

UDC

TB

中华人民共和国行业标准

TB 10012—2007

J 124—2007

P

铁路工程地质勘察规范

**Code for geology investigation
of railway engineering**

2007-08-31 发布

2007-08-31 实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

铁路工程地质勘察规范

Code for geology investigation of railway engineering

TB 10012—2007

J 124—2007

主编单位：铁道第一勘察设计院

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：2007 年 8 月 31 日

中 国 铁 道 出 版 社

2007 年 · 北 京

中华人民共和国行业标准
铁路工程地质勘察规范
TB 10012—2007
J 124—2007

*

中国铁道出版社出版发行
(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)
北京市兴顺印刷厂印

开本: 850 mm × 1168 mm 1/32 印张: 8.75 字数: 224 千字
2007年11月第1版 2007年11月第1次印刷

统一书号: 15113 · 2669 定价: 37.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

联系电话: 路(021)73170, 市(010)51873172

出版社网址: <http://www.tdpress.com>

关于发布《铁路工程地质勘察规范》的通知

铁建设〔2007〕169号

现发布《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2007),自发布之日起施行。原发《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2001)和《京沪高速铁路工程地质勘察暂行规定》(铁建设〔2003〕13号)同时废止。

本标准由铁道部建设管理司负责解释,由铁路工程技术标准所组织中国铁道出版社出版发行。

中华人民共和国铁道部
二〇〇七年八月三十一日

前 言

本规范是根据铁道部《关于印发〈2005 年铁路工程建设标准编制计划〉的通知》(铁建设函〔2005〕84 号)的要求,在《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2001,包括 2004 年局部修订条文)的基础上进行修订的。

在修订过程中,总结了近年来铁路工程地质勘察经验,吸纳了有关科研成果。

本规范共分 10 章,主要内容包括:总则,术语和符号;工程地质勘察基本内容,各类建筑物工程地质勘察,不良地质、特殊岩土工程地质勘察,新建、改建铁路工程地质勘察,施工、运营阶段工程地质工作等,另有 6 个附录。

本次修订的主要内容有:

1. 明确了铁路工程地质勘察大纲应包括的内容;
2. 增加了对规范未涉及或研究程度不深,且对线路方案、运营安全有较大影响的地质问题进行专项工程地质研究的要求;
3. 在相关章节增加了客运专线铁路对勘探和试验的要求,特别是对过渡段的勘探要求;
4. 增加了天然建筑材料场地的勘察一节;
5. 增加了多年冻土区年平均地温稳定性分区表;
6. 根据近年来铁路工程地质勘察的实践,调整了岩溶、黄土、松软土等不良地质及特殊岩土的勘察内容,强化了施工及运营阶段工程地质勘察工作的内容;
7. 增加了环境水、土对混凝土侵蚀性的判定标准。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

在执行本规范过程中,希望各单位结合工作实践,认真总结

经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见及有关资料寄交铁道第一勘察设计院（陕西省西安市西影路2号，邮政编码：710043），并抄送铁道部经济规划研究院（北京市海淀区羊坊店路甲8号，邮政编码：100038），供今后修改时参考。

本规范由铁道部建设管理司负责解释。

本规范主编单位：铁道第一勘察设计院。

本规范参编单位：铁道第二勘察设计院、铁道第三勘察设计院、铁道第四勘察设计院、西南交通大学。

本规范主要起草人：龚重远、李法昶、楼文虎、李响、陈元元、王永安、张增淮、刘薇、谭鸿增、荆志东、孟庆文、戴基、胡厚田。

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
3	工程地质勘察基本内容	7
3.1	一般规定	7
3.2	勘察大纲的编制	8
3.3	遥感图像地质解译	9
3.4	工程地质调绘	9
3.5	物 探	12
3.6	钻探、简易勘探及取样	12
3.7	原位测试	14
3.8	室内试验	14
3.9	资料综合分析和工程地质条件评价	15
3.10	文件编制	16
4	各类建筑物工程地质勘察	18
4.1	路基工程	18
4.2	桥涵工程	27
4.3	隧道工程	33
4.4	站场和房屋建筑工程	37
4.5	供水工程	41
4.6	天然建筑材料场地的勘察	42
5	不良地质工程地质勘察	46
5.1	滑坡和错落	46
5.2	危岩、落石和崩塌	48

5.3	岩 堆	50
5.4	泥 石 流	51
5.5	风 沙	53
5.6	岩 溶	54
5.7	人为坑洞	57
5.8	水库坍岸	60
5.9	地 震 区	62
5.10	放射性地区和有害气体地段	63
6	特殊岩土工程地质勘察	66
6.1	黄 土	66
6.2	膨胀土(岩)和红黏土	69
6.3	软土、松软土	72
6.4	盐 渍 土	75
6.5	岩 盐	77
6.6	多年冻土	79
6.7	填 土	84
7	新建铁路工程地质勘察	86
7.1	一般规定	86
7.2	踏 勘	86
7.3	加深地质工作	88
7.4	初 测	90
7.5	定 测	96
7.6	补充定测	101
8	改建铁路工程地质勘察	103
8.1	一般规定	103
8.2	工作内容	103
8.3	资料编制	106
9	施工阶段工程地质工作	109
9.1	工作任务	109

9.2	工作内容	109
9.3	资料编制	111
10	运营阶段工程地质工作	114
10.1	工作任务和内容	114
10.2	资料编制	115
附录 A	岩土施工工程分级	117
附录 B	物探、原位测试方法的适用条件	119
附录 C	挖方边坡坡率	123
附录 D	地基承载力	124
附录 E	岩土试验项目	134
附录 F	环境水、土对混凝土侵蚀性的判定标准	142
	本规范用词说明	144
	《铁路工程地质勘察规范》条文说明	145

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关技术经济政策，统一铁路工程地质勘察的技术要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建与改建铁路勘测设计、施工和运营阶段的工程地质勘察工作。

1.0.3 工程地质勘察应由面到点、由浅入深，分阶段开展工作，按照地质调绘、勘探测试、地质资料综合分析及文件编制的工作程序进行。工作内容应根据地区特点、工作阶段和工程要求确定。

1.0.4 工程地质勘察应查明建设工程地区的工程地质条件，为线路方案选择、各类建筑物设计、特殊岩土处理、不良地质整治、环境保护和水土保持方案的制定及合理确定施工方法等提供可靠依据。

1.0.5 工程地质工作应采用综合勘察和综合分析方法，积极应用新技术、新方法。

1.0.6 工程地质勘察工作应遵守国家、地方和相关部门有关环境保护、水土保持及安全生产等方面的法规，并做到文明勘察，保障人身与机具的安全。

1.0.7 铁路工程地质勘察，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程地质勘察 engineering geologic investigation

查明与建设工程有关的场地自然特征、工程地质和水文地质条件,并进行工程地质条件评价的全过程。

2.1.2 综合勘察 integrated survey

在研究、分析区域地质条件和进行地质调绘的基础上,采用多种工程地质勘察手段进行勘察的方法。一般包括遥感图像地质解译、工程地质调绘、物探、钻探、原位测试、室内试验等手段和方法的综合利用,及对成果资料的综合分析。

2.1.3 遥感图像地质解译 geological interpretation of remote sensing image

从工程地质及水文地质角度,通过多种手段和方法,对遥感图像地质信息识别、分析、判断,达到识别地区或场地地质条件的过程。

2.1.4 工程地质调绘 engineering geological mapping

采用收集资料、遥感解译、地质调查访问等手段,对地貌形态、地层岩性及其工程特征、地质构造、水文地质情况、不良地质现象、特殊岩土等工程地质要素进行调查、测绘,以分析地质现象,确定勘探方法,认识、评价场地工程地质条件的基本工作方法。

2.1.5 工程勘探 engineering exploration

通过人工、机械或仪器来揭示地层层序、岩土工程特征,认识地表以下地层的手段,包括物探、简易勘探(挖探、洛阳铲

勘探、小螺钻探、钎探等) 和钻探。

2.1.6 地质测试 geological determine

通过对岩、土、水样的室内试验及在地层原始状态下进行物理力学性质和水文地质条件的测试, 为工程设计或施工检验提供地质参数的手段, 包括原位测试、水文地质测试和室内试验。

2.1.7 勘探点 exploration point

各类钻孔和原位测试孔、简易勘探孔、探坑、探槽等的统称。

2.1.8 不良地质 unfavorable geological condition

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良的地质现象的统称。铁路修建和运营中经常遇到的不良地质现象有: 滑坡、错落、危岩、落石、崩塌、岩堆、泥石流、风沙、岩溶、人为坑洞(采空区)、水库坍岸、地震动峰值加速度大于和等于 $0.1g$ 地区饱和砂土和粉土的液化及断裂活动(简称地震区)、放射性地层的辐射危害(简称放射性地区)和有害气体等。

2.1.9 特殊岩土 special rock and soil

对本身具有特殊的物理、力学、化学性质, 并影响工程地质条件的岩土的统称, 主要包括黄土、膨胀土(岩)、红黏土、软土(松软土)、盐渍土、岩盐、多年冻土、填土等。

2.1.10 容许承载力 allowable bearing capacity

在保证地基稳定和建筑物沉降量不超过容许值的条件下, 地基单位面积所能承受的最大压力。

2.1.11 基本承载力 basic bearing capacity

建筑物基础短边宽度不大于 2.0 m 、埋置深度不大于 3.0 m 时的地基容许承载力。

2.1.12 极限承载力 ultimate bearing capacity

地基岩土体即将破坏时单位面积所承受的压力。

2.1.13 标准值 standard value

岩土物理力学性质参数和地基承载力, 在某一置信概率下的数值。

2.1.14 地震动参数区划 seismic ground motion parameter zonation

以地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期为指标, 将国土划分为不同抗震设防要求的区域。

2.1.15 地震动峰值加速度 seismic peak ground acceleration

与地震动加速度反应谱最大值相应的水平加速度。

2.1.16 地震动反应谱特征周期 characteristic period of the seismic response spectrum

地震动加速度反应谱开始下降点的周期。

2.2 符 号

2.2.1 岩石的物理指标

A_i ——崩解量

$CEC(NH_4^+)$ ——阳离子交换量

D_r ——相对密度

DT ——易溶盐含量

\overline{DT} ——平均含盐量

e ——天然孔隙比

F_s ——自由膨胀率

H_k ——毛细水上升高度

K_Q ——耐冻系数

I_p ——土的塑性指数

I_L ——土的液性指数

M ——蒙脱石含量

V_H ——膨胀率

V_{HP} ——加荷膨胀率

S_r ——土的饱和度

w ——土的天然含水率
 w_A ——多年冻土的总含水率
 w_p ——土的塑限
 w_L ——土的液限
 w_s ——土的缩限
 ρ ——岩土的天然密度
 ρ_s ——颗粒密度

2.2.2 岩土の力学指标

c ——黏聚力
 CU——固结不排水剪
 CD——固结排水剪
 E_s ——土的压缩模量
 N ——标准贯入试验锤击数
 P_p ——膨胀力
 P_{sh} ——湿陷起始压力
 P_u ——极限承载力
 q_u ——无侧限抗压强度
 R ——岩石单轴抗压强度
 R_c ——岩石单轴饱和抗压强度
 s_t ——土的灵敏度
 UU——不固结不排水剪
 ϕ ——内摩擦角
 S ——抗剪强度
 S_t ——十字板剪切强度
 σ_0 ——地基基本承载力

2.2.3 岩土の测试系数

$a_{0.1 \sim 0.2}$ ——压力为 0.1 ~ 0.2 MPa 时的压缩系数
 a_v ——垂直压缩系数
 a_h ——水平压缩系数

C_v ——垂直固结系数

C_h ——水平固结系数

k_v ——垂直渗透系数

k_h ——水平渗透系数

K_v ——岩体完整性指数

δ_s ——湿陷系数

δ_{zs} ——自重湿陷系数

3 工程地质勘察基本内容

3.1 一般规定

3.1.1 新建铁路工程地质勘察应按踏勘、初测、定测、补充定测开展工作，并与预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图四个设计阶段相适应，详见表 3.1.1。施工、运营阶段也应根据需要开展工程地质工作。通过各阶段工程地质勘察及工作，逐步深入认识建设工程区域及工程场地地质条件，为不同设计阶段及施工、运营维护管理搜集和提供地质资料，并预测工程活动对周边地质环境的影响。

表 3.1.1 勘察阶段与设计阶段对应表

勘察阶段名称	踏 勘	初 测	定 测	补充定测
设计阶段名称	预可行性研究	可行性研究	初步设计	施工图

3.1.2 工程地质勘察前，应充分搜集、分析现有区域和同类工程地质资料，明确工作重点，制订切实可行的勘察大纲，必要时进行实地踏勘。

3.1.3 工程地质勘察中，观测点、勘探点、测试点等地质点的布置，目的应明确，密度应根据勘察阶段、成图比例、露头情况、地质复杂程度确定。选点应具有代表性，数量和勘探深度应能控制重要地质界线和说明工程地质条件。

3.1.4 工程地质勘察应重视工程地质调绘、工程勘探、地质测试、资料综合分析和文件编制过程中的每一环节，保证地质资料准确、可靠。

3.1.5 工程地质勘察工作应根据勘察阶段、区域及工程场地地

质条件、工程类型、勘察手段的适宜性，统筹考虑勘察手段选配，开展综合勘察工作。

3.1.6 对地质条件特殊或有特殊要求的工程，应根据其特殊性，选择相适应的工程勘探、地质测试方法，获取所需的地质参数，满足工程设计要求。

3.1.7 对控制线路方案及影响铁路安全的地质复杂地段或工程地质问题，应提出进行专题地质研究的内容。

3.1.8 按照国家有关规定，在初测阶段根据工程的设置情况，提出应进行地震安全性评价的工程项目和需进行地震动峰值加速度区划界线复核地段的建议。

3.2 勘察大纲的编制

3.2.1 工程地质勘察工作开始前，应根据相关规定、委托单位（业主）的技术要求、工程设置和地质条件等编制工程地质勘察大纲。

3.2.2 工程地质勘察大纲应包括下列内容：

1 工程地质勘察概况，包括编制依据、工程概况及重大工程的分布情况、以往勘察情况；

2 地质概况，包括沿线地形及地貌特征、主要岩性及地质特征、工程地质及水文地质概况、沿线不良地质、特殊岩土的分布状况；

3 技术要求及勘察工作原则，包括主要技术要求，勘察工作的主要内容和原则，重大工程、重点不良地质及特殊岩土的勘察原则；

4 勘探方法的选用、勘探点的布置原则及主要工作量；

5 勘察工作的质量目标和质量管埋；

6 组织机构，人员及设备配置，安全保障措施；

7 计划进度安排及保证措施；

8 资料编制的原则，应交成果资料种类和数量等；

9 其他需要说明的问题。

3.2.3 勘察大纲在执行过程中应根据地质条件、工程设置和技术要求的变化进行调整。

3.3 遥感图像地质解译

3.3.1 遥感图像地质解译应根据勘察地区特点和勘测阶段，选择适宜的遥感图像种类和比例尺，必要时应进行计算机图像处理。

3.3.2 应充分利用遥感图像地质解译认识地质构造、地层岩性、水文地质特征，不良地质形态、规模，特殊岩土分布范围等自然特征，也可利用不同时期的遥感图像对区域地质条件或不良地质进行动态分析。

3.3.3 遥感图像地质解译应按建立解译标志、分析解译成果、确定调查重点、实地核对与修改、补充解译、复判的程序开展工作。

3.3.4 新建铁路的踏勘及初测阶段，特别是安排加深地质工作时，应充分利用遥感图像，并与野外工程地质调绘密切配合，为线路方案比选快速、准确地提供地质资料。

3.3.5 在地质条件复杂的山区进行大面积工程地质选线时，宜采用多片种、多层次的遥感图像地质解译和必要的计算机图像处理。解译成果应编制遥感图像地质解译图。必要时，宜编制卫星影像图或航空遥感图像略图。

3.4 工程地质调绘

3.4.1 工程地质调绘应紧密结合工程设置，采用远观近察、由面到点、点面结合的工作方法，合理、有效地布置工程勘探、地质测试工作，为线路方案比选、工程建设场地的工程地质评价和工程设计提供真实、准确的地质资料。

3.4.2 工程地质调绘应包括下列内容：

1 地形、地貌形态的成因和发育特征及其与岩性、构造等地质因素的关系，划分沿线地貌单元；

2 地层层序、成因、时代、厚度、岩土名称、胶结物，以及岩石风化破碎的程度和深度等；

3 岩层产状、接触关系、节理、裂隙等的发育情况，断裂和褶曲等的位置、走向、产状等形态特征和力学性质，断裂类型、活动程度及破碎带的范围、富水情况，新构造运动的痕迹、特点；

4 通过含水地层岩性、富水（或储水）构造、裂隙、水系和地下水埋深及井泉的调查，查明水文地质条件（补给、径流、排泄条件、地下水类型、水位及变化幅度等）；

5 大量抽取地下水引起的地面沉降、地下水水质的变化、地面塌陷、地裂缝、因灌溉或排水引起的土壤盐渍化等地质变化情况；

6 不良地质的性质、范围及其发生、发展和分布规律，特殊岩土的类型、性质、分布范围及危害程度等；

7 岩、土成分及其密实程度、含水情况、物理力学性质，膨胀土、盐渍土、软土等的水理、化学性质，划分岩土施工工程分级，其分级标准应符合附录 A 的要求；

8 既有建筑物的使用情况，地质病害、防治措施及效果。

3.4.3 工程地质调绘的范围应满足线路方案选择、工程设计和地质病害处理。地质构造复杂、不良地质发育的地段，应扩大地质调绘范围。

3.4.4 地质观测点应符合下列要求：

1 地质观测点应设置在具有代表性的岩层露头、地层接触界线、断层及重要的节理、地下水露头、不良地质界线等处；

2 地质观测点的密度应根据场地地质条件、露头情况、成图比例和工程设置情况确定；

3 地质观测点位置可采用目测法、丈量法和仪器法确定，

重要的观测点位置应采用仪器法确定。

3.4.5 地层单元的划分应根据勘察阶段、成图比例、岩性与工程的关系确定。全线工程地质图，地层单元宜划分到系，影响线路方案的地层，应划分到统；详细工程地质图，地层单元宜划分到统，地质条件复杂的应划分到组；工点工程地质图，地层单元宜划分到统，当构造复杂、不良地质发育受地层控制时，地层单元应划分到组，必要时可细划至段；对第四系地层，应按成因类型、时代及岩性进行划分。

3.4.6 工程地质图件填绘，应符合下列要求：

1 全线工程地质图（1:10 000 ~ 1:500 000），应充分利用区域地质图、卫星图像、航空图像等既有资料编制，对控制线路方案的主要地质构造和不良地质，应进行现场核对；

2 详细工程地质图（1:2 000 ~ 1:5 000）及工点工程地质图（1:500 ~ 1:10 000），对控制线路位置、重点工程的地质点及地质界线，应用仪器或其他实测方法测绘；

3 工程地质断面图的内容应充分反映与工程有关的主要地质条件，对工程设计有影响的地质界线应有地质点作依据，地质条件控制线路方案的地段应实测工程地质断面图。

3.4.7 沿线地震动参数应按现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）的规定划分。区划界线位置应依据地震动参数，结合实地地质构造线的延伸或地貌单元及工程的设置情况确定。

3.4.8 控制线路方案或影响工程设置的地质构造，宜采用追索和穿越相结合的方法，进行工程地质调查。控制线路方案和工程设置的不良地质地段，应根据其性质、规模，采用相适宜的地质调查方法。

3.4.9 工程地质调查的记录应采用文字记录与地质照片或示意图相结合，记录资料应准确可靠、条理清晰、文图相符。重要的、代表性强的观测点，应用素描图或照片补充文字说明。

3.5 物 探

3.5.1 物探方法包括电法勘探、弹性波勘探、重力勘探、磁法勘探、放射性勘探、地温勘探、孔内物探等，应根据场地地质概况和各种方法的适用性，参照附录 B 合理选用。

3.5.2 铁路工程地质勘察中，遇下列情况宜采用物探方法：

- 1 探测隐伏的地质界线、界面、岩溶洞穴、采空区、含水层等；
- 2 探测钻孔间及外延段地质情况；
- 3 测定岩土层的波速、振动强度、卓越周期等参数。

3.5.3 在地质条件复杂地段采用物探方法进行工程地质勘察时，应采用综合物探方法。

3.5.4 物探提供的成果资料，应与钻探及其他地质勘察资料综合分析、互相验证。

3.6 钻探、简易勘探及取样

3.6.1 钻探及简易勘探应根据工程要求和场地地层情况，单独或配合使用。根据勘测阶段和工程设置布置勘探点。

3.6.2 应根据勘探目的，选择适宜的钻机类型，采用合理的钻进方法，安全操作，详细记录，认真分析钻探过程和岩芯情况，保证钻探质量。

3.6.3 利用钻探方法采取原状土样时，应根据地层情况，选定钻孔孔径、取土器类型、规格及施钻方法，其技术要求应符合有关技术规程要求。

3.6.4 钻探工作应符合铁道部现行《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014) 的规定。对工程有影响的软弱夹层、软弱面（带）不得遗漏，含水层分层及水位的测量应准确。控制性重要钻孔宜与物探、原位测试等手段配合，获取多方面地质参数。

3.6.5 当需要量测地下水的水量、流向、流速等水文地质参数

表 3.6.12 土样质量等级的划分

土样等级	扰动程度	土样特征及使用条件
I	不扰动	土在原位的应力状态虽已改变,但土的结构、密度(或孔隙状态)、含水情况等均变化很小的土样。可满足土的各项物理、力学性质试验的要求
II	有轻微扰动	土的结构、密度、含水率等有较大变化的土样。此类土样可用作一般工程物理、力学项目的试验,试验结果可作为参考值与经验值对比分析后酌情使用
III	已显著扰动	土的结构等已完全破坏,只保持天然含水率的土样。此类土样只适宜做一些特定项目的试验

3.7 原位测试

3.7.1 原位测试的方法包括载荷试验、静力触探、动力触探、标准贯入试验、十字板剪切试验、预钻式旁压试验、扁板侧胀试验、应力铲试验、现场直剪试验、岩体应力试验等。在初步了解地层结构的情况下,应根据场地岩土条件、各测试方法的适用性及工程设计对岩土参数的要求综合考虑,参照附录 B 合理选择测试方法。

3.7.2 原位测试方法的选择和测试点的布置,应注意各测试方法间及其与勘探、室内试验的相互配合,并注意地质资料的综合分析对比。

3.7.3 当采用静力触探成果资料计算地基承载力时,对于长大干线或新工作地区宜在初测阶段工程地质勘察中建立适合于本地区的承载力公式,或对拟选用的公式进行验证。

3.7.4 铁路工程地质勘察中,应根据动力触探、标准贯入试验和其他试验资料及地区经验综合分析确定岩土的工程性质,不宜仅根据单孔成果资料评价其工程性质。

3.8 室内试验

3.8.1 室内试验包括岩石试验、土工试验、岩土矿物理化分析

试验、水质分析试验及天然建筑材料相关试验等，应根据岩土性质、土样质量和工程设计、施工需要确定试验项目及试验方法。岩土室内试验项目可参照附录 E 确定。

3.8.2 岩土力学性质试验宜选择与工程所处环境和状态基本相符或相似的条件进行试验。

3.8.3 对有特殊要求的试验，应会同有关人员共同研究相应的试验项目及方法，选择适用的仪器及试验步骤。

3.9 资料综合分析和工程地质条件评价

3.9.1 工程地质资料整理应采用综合分析方法。其工作应包括下列内容：

- 1 既有资料与勘察资料的综合分析；
- 2 同类地质条件下，相同勘察手段及不同勘察手段取得的地质资料的综合分析；
- 3 铁路沿线或各类工程场地地质条件的分类和综合分析；
- 4 区域地质条件或各方案地质条件的综合分析。

3.9.2 工程地质资料分析应将地质调绘、遥感图像地质解译及各类勘探、测试成果资料分类汇总，采用定性与定量相结合的综合分析方法。

1 定性分析应依据各类勘察手段获取的地质资料，进行综合分析；

2 定量分析应在定性分析的基础上进行，根据地质条件、试验测试方法，对各类地质参数分类汇总、分析对比，分析数据离散原因，剔除异常数据，分别进行数理统计。

3.9.3 岩土参数数理统计应符合下列要求：

1 岩土的物理力学指标，应按同类地质条件或同层位进行统计；

2 主要参数应按下列公式计算平均值 f_m 和标准差 σ ：

$$f_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (3.9.3-1)$$

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n f_i^2 - n f_m^2 \right) \right]^{1/2} \quad (3.9.3-2)$$

式中 f_i ——岩土物理力学指标；

n ——同类地质条件下或同层位数据个数。

3 岩土参数的变异系数 δ 应按下式确定：

$$\delta = \sigma / f_m \quad (3.9.3-3)$$

4 岩土参数的标准值应按下式确定：

$$f_k = \gamma_s \cdot f_m \quad (3.9.3-4)$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta \quad (3.9.3-5)$$

式中 f_k ——岩土参数标准值；

γ_s ——统计修正系数，正负号按不利组合取值，如计算 c 及 ϕ 值的修正系数时取负号。

3.9.4 工程地质条件评价应包括下列内容：

- 1 对工程场地稳定性与适宜性分析、评价；
- 2 对工程场地环境工程地质条件评价，在评价场地自然条件的同时，还应预测工程与场地的相互影响及可能引发的工程地质问题；
- 3 为设计提供地质参数；
- 4 根据场地地质条件，为设计提供工程措施意见。

3.10 文件编制

3.10.1 外业勘察资料应及时分析整理。在确认原始资料准确、完善的基础上，按基础资料、工点资料、综合图件、工程地质勘察报告的程序分别进行编制。

3.10.2 根据调绘、勘探和测试资料等，综合分析、评价工程建

设场地的稳定性和适宜性，提供设计参数和工程措施意见。

3.10.3 工程地质勘察成果资料应内容完整，地质参数的选择依据充分，工程措施建议合理。

3.10.4 资料编制应清晰整洁，图示规范，文字简练，结论明确。

3.10.5 同一条线路、相同工作阶段同类资料的地层划分、地质图形符号，应完全一致，图件、文字说明应相符。

3.10.6 与线路图比例尺相同的工程地质综合图件，可与线路图合并绘制。

3.10.7 全线各类工程勘探、地质测试资料，应分类整理，装订成册。

4 各类建筑物工程地质勘察

4.1 路基工程

4.1.1 一般路基工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

- 1) 地质调绘的范围应沿线路中心两侧各 100 ~ 200 m, 不良地质发育且对工程有影响的地段, 应视需要扩大调绘范围;
- 2) 分段查明地层结构、岩土性质、岩层产状及风化程度、水文地质特征等工程地质条件, 查明不良地质和特殊岩土的性质、分布及对工程的影响;
- 3) 分段、分层划分岩土施工工程分级, 查明山体稳定状态, 确定路堑边坡坡率, 评价路基基底的安全性。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 勘探点应布置在代表性工程地质横断面上, 数量及深度应能满足工程地质断面图填绘和工程设计的要求;
- 2) 应根据需要分段采取岩、土试样, 作物理、力学性质试验; 取水样作水质分析。

3 资料编制

- 1) 沿线工程地质分段说明: 按地貌和地质条件分段评价和说明地形、地貌、地层岩性、地质构造、岩土施工工程分级、挖方坡率 (见附录 C) 和地基承载力 (见附录 D)、地下水发育情况、地震动参数、土壤冻结深度, 评价地基的安全性, 提出处理措施建议;
- 2) 代表性工程地质横断面图 (注明代表地段起讫里程或

与路基横断面图合并), 比例为 1:200 或 1:500;

3) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

主要依据工程地质调绘及代表性勘探、测试资料, 编制沿线工程地质分段说明。

4.1.2 高路堤、陡坡路堤工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

- 1) 应按工点收集地质资料, 地质调绘的范围应沿线路中线两侧各 100 ~ 200 m;
- 2) 查明地面坡度、地层结构、岩土工程性质、覆盖层与基岩接触面的形态, 查明不利倾向软弱夹层或软弱结构面的性质和形态, 评价其稳定性, 查明不良地质、特殊岩土的性质、分布及对工程的影响;
- 3) 查明地下水活动情况及其对基底稳定性的影响。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 应根据基底和斜坡的特征, 结合工程处理措施, 确定代表性工程地质横断面的位置、数量及勘探和测试工作。每个工点不应少于 1 个代表性地质横断面。
- 2) 代表性地质断面上的勘探点不宜少于 3 个, 地质条件简单时不宜少于 2 个。深度应至基底持力层下或基岩面以下 3 ~ 5 m, 或满足沉降计算要求; 基底以下存在软弱地层或可能滑动面(带)时, 孔深应至该层以下 5 ~ 8 m。
- 3) 需进行基底沉降及稳定性检算时, 应取岩土试样, 做物理力学性质试验, 提供变形检算参数。主要地层的岩土试样不应少于 6 组。
- 4) 遇地下水并可能影响基底稳定时, 应作简易水文地质试验, 并取样作水质分析。

3 资料编制

- 1) 工点工程地质勘察报告或说明;
- 2) 工程地质图 (必要时绘制), 比例为 1:500 ~ 1:2 000;
- 3) 工程地质横断面图, 比例为 1:100 ~ 1:500;
- 4) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

- 1) 控制线路方案的工点应布置代表性勘探点并取样试验, 查明基底稳定情况, 填绘工程地质横断面图, 提供工程地质参数;
- 2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.3 深路堑、地质复杂路堑工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

- 1) 应按工点收集地质资料, 地质调绘的范围应包括两侧堑顶外各不小于 100 m;
- 2) 查明山坡自然状态、植被情况、既有人工边坡的稳定情况, 查明不良地质、特殊岩土的性质、分布及对工程的影响;
- 3) 查明覆盖层厚度、地层结构、成因类型及其物理力学性质, 查明覆盖层与基岩接触面的形态, 有无软弱夹层及其特征;
- 4) 查明岩层层序、厚度、产状, 岩层风化破碎程度, 软弱夹层的特征, 特别应查明倾向线路的层面或软弱结构面;
- 5) 查明断裂构造、褶皱构造、单斜构造、节理、裂隙的特征及组合形式;
- 6) 查明地下水出露位置、流量、活动特征, 评价其对路堑边坡及基底稳定的影响。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 应根据山坡的稳定性、初拟的边坡坡率及形式、水文地质条件等,确定代表性地质横断面的数量和勘探测试工作量。每个工点不应少于 1 个代表性地质横断面。
- 2) 每个代表性地质横断面上的勘探点不应少于 2 个,深度应至路基面以下 3~5 m,存在软弱结构面时应穿过软弱结构面并进入稳定地层 3~5 m。地下水发育地段,根据排水工程需要适当加深。
- 3) 可采用物探方法查明地层结构、软弱面或地下水位等,并应采用其他勘探手段进行验证;
- 4) 需进行稳定性检算地段,应取岩土试样,做物理力学性质试验;
- 5) 地下水发育地段,宜做水文地质试验,取样作水质分析。

3 资料编制

- 1) 工程地质勘察报告或说明;
- 2) 工程地质图(必要时绘制),比例为 1:500~1:2000;
- 3) 工程地质横断面图,比例为 1:100~1:500;
- 4) 节理统计分析图(必要时绘制);
- 5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

- 1) 控制线路方案、地质条件复杂的工点应布置代表性勘探点,并取样试验,填绘检算用的工程地质横断面图,提供工程地质参数;
- 2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

4.1.4 支挡建筑物工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

- 1) 应按工点收集地质资料,地质调绘应包括支挡工程以

外不少于 100 m 的范围；

- 2) 查明支挡工程地段的地貌、地层层序、岩土结构及其工程特征以及不良地质现象，判定其稳定性；
- 3) 查明建筑物基底的地层结构及岩土性质以及有无下卧的软弱夹层，提供地基承载力等；
- 4) 查明水文地质条件，评价地下水对山坡及支挡建筑物的影响；
- 5) 查明悬崖及危岩支挡建筑物的地基情况和锚固条件。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 第四系地层覆盖、岩层风化破碎、岩性软弱、地形地质条件复杂地段的重要支挡建筑物，应进行墙趾纵断面和工程地质横断面勘探测试，勘探点数量应根据具体情况确定，但不宜少于 3 个，勘探、测试深度应满足建筑物设计要求，宜达到支挡建筑物基底以下 5 m；
- 2) 挡墙基底为土层时，视需要取土样，做物理力学性质试验，路堑挡土墙必要时取墙背岩、土试样做物理力学性质试验；
- 3) 地层赋存地下水，且对支挡结构工程或基坑施工有影响时，宜做简易水文地质试验，并取水作水质分析。

3 资料编制

- 1) 工程地质勘察报告或说明；
- 2) 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:2000；
- 3) 墙趾工程地质纵断面图，比例尺视具体情况确定；
- 4) 工程地质横断面图，比例为 1:200；
- 5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

- 1) 控制线路方案、地质条件复杂的支挡建筑物工点应布置代表性勘探点，并取样试验，查明山体及基底的工

程地质条件，填绘检算用的工程地质横断面图，提供工程地质参数；

2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

1.5 改河、大型改沟工程地质勘察应包括下列内容及要求：

1 工程地质调绘

- 1) 按工点收集地质资料，地质调绘应包括改河（沟）工程主要建筑物（拦河坝、新开河道、导流及河岸防护等）两侧一定范围；
- 2) 查明改河地段及上下游一定范围内的地形地貌、地质特征及岸坡稳定情况；
- 3) 查明新开河道和坝址的地层、岩性，预测、评价岸坡及基底的稳定性和渗透特征；
- 4) 查明导流、防护等建筑物地基的工程地质条件。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 应根据新河道、拦河坝、导流和防护等地段长度、地质条件，布置勘探点。地质复杂时，各项工程的勘探点不宜少于3个，深度应超过最大冲刷深度以下5m或至建筑物基底持力层下5m。当考虑防渗要求时，勘探深度还应适当加深。
- 2) 根据工程设计要求，采取岩土试样作物理力学性质试验。
- 3) 取地表水及地下水样，进行水质分析，判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制

- 1) 工程地质勘察报告或说明；
- 2) 工程地质图（必要时绘制），比例为1:500~1:2000；
- 3) 改河中线、坝址轴线等工程地质断面图，比例尺视具体情况确定；

4) 改河及坝址等地段工程地质横断面图, 比例为 1:200 ~ 1:500;

5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

1) 应查明改河、改沟地段及其上下游一定范围内的工程地质条件, 结合河流发育及水流动态特征等, 确定工程实施的可能性;

2) 在新河槽、拦河坝等主要工程处应布置勘探点;

3) 填绘改河、改沟中线及坝址轴线工程地质纵断面图, 必要时填绘工程地质横断面图。

4.1.6 河岸防护工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

1) 应按工点收集地质资料, 地质调绘应包括需防护的河岸及其上下游一定范围;

2) 查明被防护河段及上下游一定范围内两岸的地貌、地层、岩性及地质构造特征;

3) 查明不良地质现象的发育特征, 河岸的稳定情况, 分析对工程的影响;

4) 会同有关专业调查、分析河床沉积物的成分、颗粒组成、在各种水位的可能流速下遭受冲刷的情况, 河岸及水流的变迁情况;

5) 查明防护建筑物基底的工程地质条件, 提出相应的工程措施意见。

2 工程勘探、地质测试

1) 勘探、测试的重点, 应是防护建筑物的基础工程地段;

2) 勘探深度应超过最大冲刷深度以下 5 ~ 10 m 或至建筑物基底持力层以下 5 m;

3) 取地表水及地下水样, 进行水质分析, 判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制

- 1) 工程地质勘察报告或说明;
- 2) 工程地质图 (必要时绘制), 比例为 1:500 ~ 1:2000, 应包括防护工程上下游适当距离, 必要时还应包括对岸;
- 3) 防护建筑物工程地质纵断面图 (必要时绘制), 比例尺视具体情况确定;
- 4) 防护河段工程地质横断面图, 比例为 1:200 ~ 1:500;
- 5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

- 1) 控制线路方案的防护工程应查明河床、河岸的工程地质条件及稳定情况, 必要时结合防护长度、位置及结构物类型, 布置适量勘探点, 填绘代表性工程地质横断面图;
- 2) 不控制线路方案的工点可在沿线工程地质分段说明中说明。

1.7 浸水路堤工程地质勘察应包括下列内容及要求:

1 工程地质调绘

- 1) 按工点收集地质资料, 地质调绘的范围应沿线路中心两侧各 100 ~ 200 m;
- 2) 查明线路两侧的地貌、水文地质、工程地质条件, 评价路堤基底土层在受地表水流冲刷、浸泡和路基两侧水位差作用后的稳定性;
- 3) 查明基底的地层结构, 分析受水作用和填筑路堤后可能恶化基底土层的情况, 提出工程措施意见。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 勘探点应沿中线或设防位置布置, 勘探深度应考虑可能产生管涌、流沙的深度;
- 2) 对浸水后可能恶化的基底土层应取样试验;

- 3) 取地表水及地下水样进行水质分析, 判定地下水、地表水的侵蚀性。

3 资料编制

- 1) 工程地质勘察报告或说明;
- 2) 工程地质图 (必要时绘制), 比例为 1:500 ~ 1:2000;
- 3) 线路中线或防护基础的工程地质纵断面图 (必要时绘制), 比例尺视具体情况确定;
- 4) 工程地质横断面图, 比例为 1:200 ~ 1:500;
- 5) 勘探、测试资料。

4 初测阶段的要求

可在沿线工程地质分段说明中简要说明工程地质条件。

4.1.8 客运专线铁路及时速 200 km 客货共线铁路路基工程的工程地质勘察除应符合上述规定外, 其勘探、测试工作还应满足下列要求:

1 一般路基应每隔 50 ~ 100 m 布置 1 个勘探点。当两勘探点之间地层变化较大时, 应适当增加勘探点, 必要时可布置横断面勘探。

2 高路堤、陡坡路堤、深路堑、地质复杂的路堑、支挡工程等路基工点应按地质横断面布置勘探, 且每个工点至少应设置 1 个地质横断面。地质横断面的间距不应大于 100 m, 地质条件复杂时应适当加密。地质横断面宜垂直线路布置, 必要时可按基底稳定最不利方向布置。每个地质横断面上的地质勘探点不应少于 3 个。

3 在设置各类过渡段的地段应布置勘探点, 查明基底的地质条件。

4 勘探点的深度应满足沉降计算和工程处理措施的要求。路堤工程的勘探深度不宜小于 25 m; 路堑工程勘探点的深度宜至路基面以下不小于 5 m; 当基底为硬质岩时可至路基面以下 3 m; 各类过渡段的勘探深度不应小于一般路基的勘探深度; 支

挡建筑物的勘探深度宜达到支挡建筑物基底以下 5 m, 桩基应至桩底以下 5 ~ 20 m。

5 根据工点或地貌单元地层的分布情况, 应对主要地层采取岩土试样, 每种地层的样品数量不应少于 6 组。试验项目可参附录 E 执行。

6 测试手段宜以原位测试方法为主, 并应与其他勘探、测试手段获取的地质参数进行对比、分析。

4.2 桥涵工程

2.1 大中桥、高桥、特大桥桥渡位置选择应遵循下列原则:

1 应选择在水流集中而稳定, 河床较窄, 岸坎明显、岸坡稳定, 岩层完整、地质构造简单, 基底地质条件良好的地段。

2 宜避开断层破碎带。当必须通过时, 宜正交或以大角度通过。对通过的活动性断裂, 应进行稳定性评价或专题研究。

3 宜避开大型不良地质体, 必须通过时应对其稳定性进行评价, 并采取工程防护措施。

2.2 大中桥、高桥、特大桥工程地质调绘应包括下列内容:

1 地质调绘的范围应沿河流上下游不小于 200 m。遇不良地质时, 应根据其分布情况适当扩大调绘范围。

2 调绘精度一般以 1:2000 地形图控制, 客运专线或地质复杂的特大桥、高桥可按 1:500 或 1:1000 地形图控制。

3 查明桥址地段地形地貌、地层岩性、地质构造及岸坡稳定性, 对深峡谷及陡坡地区, 必要时应进行岸坡稳定性评价; 查明断层破碎带的分布、断层活动情况及破碎带的胶结程度和含水情况; 查明墩台范围内有无软弱夹层, 提出地基稳定性评价及处理意见。

4 查明土的成因类型、物质成分、性质、结构特征、厚度、密实度、潮湿程度及下伏基岩面的形态等; 查明基岩的风化程度及分带情况。

5 查明不良地质、特殊岩土的性质和分布范围及对墩台稳定性的影响，提出工程措施意见。

6 查明墩台及调节水流建筑物等基底岩土的物理力学性质，确定地基承载力。

7 查明桥渡区水文地质特征，分析判明基坑可能涌水、流砂等情况。

4.2.3 大中桥、高桥、特大桥工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 地质条件复杂的桥基宜开展综合勘探，应以钻探和原位测试为主，并与其他勘探手段相结合。勘探点一般沿桥址纵断面方向并结合墩台位置，在墩台基础轮廓线以内沿周边或中心布置。当桥址处有不良地质或特殊岩土发育，并可能影响桥墩、台稳定时，勘探点的布置范围应酌情扩大。

2 桥基地层为粉土及砂类土时，其密实程度及地基强度的确定宜以原位测试方法为主；桥基地层为黏性土时，其压缩性和承载能力的确定宜采用室内试验与原位测试相结合的方法。地震动峰值加速度为 $0.1g$ 及以上地区的饱和粉土、砂土层，还应判定其地震液化的可能性。

3 勘探点应根据场地地质条件和桥跨设置，以能探明地基各岩土层分布和地基强度，满足场地稳定性评价要求为度。为探明深部地层结构，可根据需要布置加深钻孔。

勘探点的数量：原则上每个墩、台应有 1 个勘探点。当地层简单、地层层序有规律或覆盖层较薄、基岩面平缓且岩性单一时，结合桥跨、基础类型等，勘探点可减少；对高墩或工程地质条件复杂和岩溶发育地区，勘探点应增加。

对调节水流建筑物及附属工程，也应适当布置勘探点。

4 勘探深度

1) 基础置于土层时，勘探深度一般可根据基础类型参照表 4.2.3 确定；

表 4.2.3 特大桥、大中桥勘探深度 (m)

基础类型	黏性土、粉土、粉砂、细砂	中砂、粗砂、砾砂、碎石类土
桩 基	20 ~ 60	15 ~ 40
明挖基础	15 ~ 30	10 ~ 25

注：1 表列深度，自原地面或新开挖地面算起，已包括常见冲刷深度；如遇特殊情况或需了解深部地质情况时，可酌情增加；

2 桩基一般应钻至桩底以下 5 ~ 15 m。

- 2) 特殊岩土地段勘探深度，应同时满足桥基场地评价和地基强度评价要求；
- 3) 在岩溶发育及地下采空地段，应钻至基底以下不小于 10 m，在此深度内如遇溶洞及空洞，勘探深度应专门研究确定；
- 4) 基岩地段的勘探深度，当风化层不厚或为硬质岩时，应穿透强风化带，钻至弱风化层（或微风化层）2 ~ 3 m；当风化层很厚或为软质岩时，应根据其风化程度，按相应的土层确定钻探深度；遇到第三纪以后多次喷发的火山岩时，钻孔应适当加深；当河床有大漂（块）石，则钻入基岩的深度应不小于 5 m，并应超过当地漂（块）石的最大粒径 2 倍；
- 5) 当桥结构复杂或跨度 64 m 以上、墩高 50 m 以上以及地基为流塑状态的黏性土、饱和粉土、粉砂、软土时，勘探深度应专门研究确定；
- 6) 当地层岩性、地质构造复杂，或不良地质现象发育时，可采用物探、原位测试等手段补充、验证勘探资料，并加强综合分析评价。

5 取样、试验

- 1) 桥基为黏性土和粉土时，应分层采取原状土样作物理力学试验；较厚时，可按 1 ~ 3 m 间距取样，潮湿程度及土层结构变化时应加密取样；

- 2) 桥基为砂类土、碎石类土时，应分层取样进行颗粒分析；
- 3) 桥基为基岩时，应按地层岩性分别取代表性岩样做抗压试验；
- 4) 地震区，必要时地基土应进行剪切波速测试、地脉动测试，对场地土和场地进行评价；
- 5) 各类岩、土的试验项目应符合附录 E 的要求；
- 6) 地表水及地下水应取样进行水质分析，各含水层的渗透系数可查表取值，必要时绘制水文地质试验。

4.2.4 大中桥、高桥、特大桥资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告；
- 2 工程地质图，比例为 1:500 ~ 1:5 000；
- 3 工程地质纵断面图，横、竖比例宜一致；
- 4 墩台工程地质横断面图（必要时绘制），比例尺视具体情况决定；
- 5 墩、台基岩面起伏较大时，宜做基岩面等高线图；
- 6 勘探点工程地质柱状图；
- 7 勘探、测试资料。

4.2.5 大中桥、高桥、特大桥初测阶段工程地质勘察应遵循下列原则：

1 工程地质条件复杂且控制线路方案的特大桥、高桥、大桥，应按工点进行勘察。勘探点不宜少于 2 ~ 4 个，查明桥址地区工程地质条件，编制单独工点资料。

2 一般地段的大、中桥进行代表性地质勘探、测试，可制表说明或在沿线工程地质分段说明中阐述其工程地质条件。

3 当地形地质条件适宜时，宜采用简易勘探、静力触探、物探等勘探手段，综合评价桥址区工程地质条件。

4.2.6 小桥涵工程地质勘察应包括下列内容和要求：

- 1 工程地质调绘

- 1) 地质调绘的范围应沿线路中心两侧各 100 ~ 200 m，有不良地质或弃填土分布时，调绘范围应适当扩大；
- 2) 地形、地质简单的小桥涵，可按地貌单元进行地质调绘，搜集地层岩性及地下水位等资料；
- 3) 地质复杂及地形陡峻的小桥涵，应查明地层岩性、地质构造、天然沟岸及基底的稳定状态、隐伏的基岩斜坡、泥石流及其他不良地质现象。

2 工程勘探、地质测试

- 1) 原则上每座桥、涵应有一个勘探点，地质简单、地层单一、孔径较小的小桥及涵洞也可作代表性勘探；
- 2) 墩台面积较大、涵洞较长以及陡坡涵洞，地形地质条件复杂时，其勘探点不宜少于 2 个（陡坡涵洞及长涵洞沿涵洞轴向布置）；
- 3) 基础置于土层中，采用明挖基础类型的小桥涵，勘探深度可参照表 4.2.6 确定。基底为基岩时，宜钻进至全风化带以下 2 ~ 5 m；有软弱夹层时，勘探深度应适当加深，以查明其分布和工程性质为度；基底为特殊岩土时，勘探深度应同时满足场地评价及地基强度评价的要求；采用钻（挖）孔桩基础的小桥，勘探深度同大中桥；

表 4.2.6 小桥涵勘探深度 (m)

工程类别	碎石类土	砂类土、一般黏性土和粉土	饱和粉土、粉细砂、软土等
涵洞	3 ~ 8	4 ~ 10	10 ~ 15
小桥	4 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 25

注：表列勘探深度均由原地面或新开挖地面算起。

- 4) 箱形涵勘探深度可参照表 4.2.6 中涵洞要求适当加深；
- 5) 各类土层按同类地质条件分层取样试验，其要求可按本规范大中桥的要求办理；

- 6) 应提供地下水位, 作代表性水质分析试验, 提供含水层的渗透系数;
- 7) 地基为填土时, 应加强地质调绘、勘探、测试和试验工作, 勘探深度应至原地面或稳定持力层以下不小于 5 m; 对填土应采用综合评价方法确定其适宜性及承载力值。

3 资料编制

- 1) 地质简单的小桥涵可分段列表或逐个说明岩土名称、工程性质、岩土施工工程分级, 地下水位、地基承载力、地震动参数及土壤冻结深度等简要工程地质情况;
- 2) 地质复杂的小桥涵应单独编制工程地质勘察报告或说明、桥址工程地质纵断面图或涵洞轴向工程地质断面图, 比例为 1:100 或 1:200。

4 初测阶段的要求

应以地质调绘为主, 只进行代表性勘探、测试, 不单独编制工点资料, 可在沿线工程地质分段说明中, 按地貌单元和地质条件阐述岩土地基承载力、岩土施工工程分级、地震动参数及土壤冻结深度等。

4.2.7 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路桥涵工程的工程地质勘察除应符合上述规定外, 其勘探测试工作还应满足下列要求:

1 勘探方法宜以钻探为主, 辅以坑探、原位测试和物探方法。

2 勘探点宜逐墩布置。地质条件复杂的高桥、特大桥及采用复杂基础类型的桥梁应适当增加勘探点。地质条件简单且桥跨不大于 32 m 时, 可隔墩布置钻孔。

3 桥梁基础 (包括特大桥, 大、中、小桥, 高桥) 置于土层时, 其勘探深度可根据基础类型参照表 4.2.7—1 确定。为探明深部地层结构时, 应布置适量的加深钻孔。

表 4.2.7—1 桥梁勘探深度 (m)

基础类型	黏性土、粉土、粉砂、细砂	中砂、粗砂、砾砂、碎石类土
桩 基	40 ~ 70	25 ~ 40
明挖基础	20 ~ 40	15 ~ 35

注：1 表列勘探深度自原地面或新开挖地面算起，已包括常见冲刷深度，如遇特殊情况可酌情增加；

2 桩基一般应钻至桩底以下不少于 5 ~ 20 m。

4 涵洞基础的勘探深度可根据岩土类型参照表 4.2.7—2 确定。

表 4.2.7—2 涵洞勘探深度 (m)

工程类别	饱和粉土、粉细砂、软土等	砂类土、一般黏性土和粉土	碎石类土
涵 洞	根据沉降检算决定	15 ~ 25	10 ~ 20

注：表列勘探深度均自原地面或新开挖地面算起。

5 基底以下有软弱夹层时，勘探深度应至稳定持力层以下不小于 5 m。

6 应根据地层情况按地貌单元或墩台布置分层采取岩土试验样品，同一地层的试样数量不应少于 6 组。

4.3 隧道工程

4.3.1 隧道位置的选择应遵循下列原则：

1 隧道应选择在地质构造简单、地层单一、岩体完整等工程地质条件较好的地段，以隧道轴线垂直岩层走向最为有利；

2 隧道应避免断层破碎带，当必须穿过时，宜与之垂直或以大角度穿过；

3 隧道应避免岩溶强烈发育区、地下水富集区、有害气体及放射性地层、地层松软地带；

4 地质构造复杂、岩体破碎、堆积层厚等工程地质条件较差的傍山隧道，宜向山脊线内移，加长隧道，避免短隧道群；

5 隧道洞口应选择在山坡稳定、覆盖层薄、无不良地质之处，宜早进洞、晚出洞；

6 隧道顺褶皱构造轴线布置时，宜避让褶皱轴部破碎带，选择在地质条件较好的一侧翼部通过；

7 隧道宜避开高地应力区，不能避开时，洞轴宜平行最大主应力方向。

4.3.2 隧道工程地质调绘应符合下列要求：

1 查明隧道通过地段地形、地貌、地层、岩性、地质构造。岩质隧道应着重查明岩层层理、片理、节理、软弱结构面的产状及组合形式，断层、褶皱的性质、产状、宽度及破碎程度；土质隧道应着重查明土的成因类型、结构、成分、密实程度、潮湿程度等。

2 查明洞身是否通过煤层、气田、膨胀性地层、采空区、有害矿体及富集放射性物质的地层等，并进行工程地质条件评价。

3 查明不良地质、特殊岩土对隧道的影响，评价隧道可能发生的地质灾害，特别是对洞口及边仰坡的影响，提出工程措施意见。

4 对于深埋隧道，应预测隧道洞身地温情况。

5 深埋及构造应力集中地段，对坚硬、致密、性脆岩层应预测岩爆的可能性，对软质岩层应预测围岩大变形的可能性。

6 对隧道浅埋段及洞口段应查明覆盖层厚度、岩土体的风化和破碎程度、含水情况，评价其对隧道洞身围岩及洞口边、仰坡稳定的影响。

7 对傍山隧道，外侧洞壁较薄时，应预测偏压危害。

8 应根据地质调绘、物探及验证性钻探、测试成果资料，综合分析岩性、构造、地下水状态、初始地应力状态等围岩地质条件，结合岩体完整性指数、岩体纵波速度等，分段确定隧道围岩分级。

9 接长明洞地段，应查明明洞基底的工程地质条件。

10 当设置有横洞、平行导坑、斜井、竖井等辅助坑道时，应查明其工程地质条件。

4.3.3 隧道通过地段的水文地质工作应包括下列内容：

1 查明隧道通过地段的井、泉情况，分析水文地质条件，判明地下水的类型、水质、侵蚀性、补给来源等，预测洞身最大及正常分段涌水量，并取样作水质分析；

2 在岩溶发育区，应分析突水、突泥的危险，充分估计隧道施工诱发地面塌陷和地表水漏失等破坏环境条件的问题，并提出相应工程措施意见；

3 特长隧道及水文地质条件复杂的中、长隧道应进行专门的水文地质勘察与评价工作。

4.3.4 特长隧道、长隧道或地质条件复杂的隧道，应做好隧道地质条件的宏观控制，提出应重点监测或进行超前地质预报的方法和段落，以预防突发性地质灾害。做好配合施工工作，及时调整围岩级别和变更设计。

4.3.5 隧道工程勘探、地质测试应结合采用的施工方法进行，并符合下列要求：

1 地质条件复杂的隧道宜采用综合勘探方法。地质条件复杂的深钻孔应综合利用。

2 钻孔位置和数量应视地质复杂程度而定。洞门附近覆土较厚时，应布置勘探孔；地质复杂，长度大于1000 m的隧道，洞身应按不同地貌及地质单元布置勘探孔查明地质条件；主要的地质界线，重要的不良地质、特殊岩土地段，可能产生突泥危害地段等处应有钻孔控制；穿越城市和大江大河的隧道应按相关规定进行勘探或专题研究。洞身地段的钻孔位置宜布置在中线外8~10 m；钻探完毕，应回填封孔。

3 钻探深度应至路肩以下3~5 m；遇溶洞、暗河及其他不良地质时，应适当加深至溶洞及暗河底以下5 m。

4 钻探中应作好水位观测和记录, 探明含水层的位置和厚度, 并取样作水质分析。水文地质条件复杂的隧道, 应做水文地质试验, 测定地下水的流向、流速及岩土渗透性, 计算涌水量, 必要时应进行地下水动态观测。

5 应取代表性岩土试样进行物理力学性质试验。

6 对有害矿体和气体, 应取样作定性、定量分析。

4.3.6 隧道工程地质资料编制应包括下列内容:

1 工程地质勘察报告或说明;

2 隧道线路方案工程地质图 (必要时绘制), 比例为1:5 000 ~ 1:50 000;

3 隧道地区地质构造图 (隧道长度大于3 000 m 且地质构造复杂时绘制), 比例为1:10 000 ~ 1:200 000;

4 隧道地区水文地质图 (水文地质条件复杂时绘制), 比例为1:5 000 ~ 1:50 000;

5 隧道工程地质图 (特长隧道、长隧道、多线隧道及地质构造复杂的隧道绘制, 一般隧道视需要绘制), 比例为1:2 000 ~ 1:10 000;

6 隧道工程地质纵断面图, 比例为横1:500 ~ 1:5 000, 竖1:200 ~ 1:5 000, 横竖比例尺宜一致;

7 隧道洞身工程地质横断面图 (必要时绘制), 比例为1:200 或 1:500;

8 隧道洞口工程地质图, 比例为1:500;

9 隧道洞口工程地质纵断面图, 比例为1:200;

10 隧道洞口工程地质横断面图, 比例为1:200;

11 明洞边墙墙址工程地质纵断面图 (必要时绘制), 比例为横1:200 ~ 1:2 000, 竖1:100 ~ 1:500;

12 隧道辅助坑道 (横洞、平行导坑、斜井、竖井等) 地质图件及说明 (必要时绘制);

13 勘探、测试资料。

4.3.7 初测阶段隧道工程地质勘察应符合下列要求:

1 特长隧道、控制线路方案的长隧道、多线隧道应按工点搜集工程地质资料。

- 1) 宜采用遥感图像地质解译、地质调绘、综合物探和少量钻探相结合的方法为隧道位置和施工方法的选择、工程地质条件评价提供资料,宜沿洞身纵断面布置物探、钻探、测试工作;
- 2) 编制工程地质勘察报告或说明;
- 3) 编制隧道纵断面图,并分段提供隧道围岩分级;
- 4) 编制隧道线路方案工程地质图或隧道地区地质构造图。

2 一般隧道可作代表性勘探、测试工作,并在沿线工程地质分段说明中简要叙述隧道工程地质条件和围岩分级。

4.3.8 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路的隧道工程地质勘察工作除应符合上述规定外,还应满足下列要求:

1 隧道洞身的勘探应根据地层及地质构造发育情况,适当增加勘探与测试工作量;埋深小于 100 m 的较浅隧道或洞身段沟谷较发育的隧道,勘探点间距不宜大于 500 m;埋深较大隧道勘探点的布置应根据地质调查及物探成果专门研究确定。断层和物探异常点应有勘探点控制。

2 应充分利用物探成果和其他勘探资料,综合分析隧道的工程地质和水文地质条件,合理确定隧道的围岩分级。

3 通过粉土、黏性土、黄土地段的隧道,应根据设计需要增加渗透系数和固结系数等项目的试验。

4.4 站场和房屋建筑工程

4.4.1 站场和房屋建筑工程地质调绘应包括下列内容:

1 查明站场范围及各类厂、房建筑场地的地形地貌、地层岩性、地质构造等工程地质条件,判明场地的稳定性,并提供地基的承载力、挖方边坡坡率、岩土施工工程分级、冻结深度、地

震动参数和工程措施意见；

2 查明站场范围内不良地质和特殊岩土的分布范围、性质、稳定程度及其对建筑物的影响，提出工程措施意见；

3 查明站场及各类厂、房建筑物基底地下水类型、分布、埋深及变化幅度、侵蚀性等水文地质条件。

4.4.2 站场建筑和房屋建筑工程的勘探应满足下列要求：

1 站场建筑场地包括货场、站坪以及各段、所建筑场地，应根据场地地质情况布置勘探点；勘探点的布置范围、数量、深度及间距应根据建筑物的基础类型、建筑面积和场地地质复杂程度确定；每个地貌单元或重要建筑物均应有查明地层结构的加深勘探孔；有条件时，应采用钻探、物探、原位测试等综合勘探方法。

2 房屋建筑场地勘探点的间距应根据地质条件复杂程度确定：简单场地 50 ~ 75 m，中等场地 20 ~ 50 m，复杂场地小于 20 m。同一地貌单元内的房屋建筑场地，宜布置适量的加深钻孔，以了解深部地层结构。

3 勘探、测试深度

1) 加深钻孔应能控制地基地层结构，土层地基一般应大于压缩层下限；

2) 对一般非岩质地基，无软弱下卧层时，勘察深度自基础底面算起，对条形基础应为基础宽度的 3 ~ 4 倍，对单独柱基应为柱基宽度（或直径）的 1.3 ~ 1.5 倍（最小深度不小于 5 m），其他基础应达到持力层下 1 ~ 3 m，参照表 4.4.2 确定；

3) 对需要进行变形验算的地基，部分钻孔应达到地基压缩层的计算深度，即一般土层压缩层下限为附加应力的 1/5 自重应力处，软土为 1/10 自重应力处；特殊岩土场地的勘探深度不仅应满足地基强度的要求，还应满足特殊岩土场地评价的要求。

表 4.4.2 站场建筑和房屋建筑物场地勘探数量与深度

建筑物名称	勘探数量 (孔)	勘探深度 (m)		
		卵(碎)石土, 粗圆(角)砾土、 细圆(角)砾土	砾、粗、 中砂	细、粉砂, 粉土,黏 性土
各种车库、动力车间、动车段、发电厂、1 000 人以上站房、5~6 层楼房	4~10	4~6	5~10	10~35
地道、天桥、信号楼、雨棚、修配车间、400~1 000 人站房、3~4 层楼房	2~6	3~5	5~10	10~35
给砂塔、烟囱(高 15~24 m)、照明塔、灰塔、地磅	1~3	3~5	5~10	10~35
油罐、轨道衡、转车盘、水塔、烟囱(高 25~40 m)及其他对沉降要求较高的建筑物	1~3 (厂房的钻孔数量应适当增加)	5~10	10~15	15~40

4.4.3 站场建筑和房屋建筑工程地质测试应满足下列要求:

1 建筑场地内取样和进行原位测试的勘探点数量,不应少于勘探点总数的 1/3。

2 一般建筑物场地可取代表性土样进行物理力学性质试验。在地基主要持力层内,对厚度大于 0.5 m 的软弱夹层,宜取样试验或进行原位测试工作。有条件时,应布置适量的标准贯入、静力触探或载荷试验与之配合。

3 特殊岩土的要求和试验项目,应满足特殊岩土场地评价要求。

4 勘探深度内如遇地下水时,应查明含水层的性质,并查明地下水位及其变化情况,取水样进行化学分析,判定其侵蚀性。必要时绘制简易水文地质试验。

5 在地震动峰值加速度为 0.1 g 及以上地区,对饱和砂土、

粉土层应进行地震液化判定。必要时进行地脉动测试，确定地震动反应谱特征周期。

4.4.4 集装箱结点站、区段站及以上大站场地的工程地质勘察，宜结合场地条件和建筑物布置采用钻探、简易勘探与原位测试相结合的综合勘探方法。工程地质勘察除满足本规范第 4.4.1 ~ 第 4.4.3 条的要求外，尚应满足下列要求：

1 宜在根据场地条件布置的控制性代表工程地质横断面，或根据建筑物设置布置的控制性代表地质剖面上布置勘探点。

2 勘探测试点应结合场地布置一般性勘探孔和加深的勘探孔。一般性勘探孔的深度应大于持力层的深度，加深的勘探孔深度应大于地基压缩层计算深度。

3 除应根据场地地质条件，采取代表性岩土试样进行一般物理力学性质试验外，对高大建筑物还应在压缩层范围内分层取样进行物理力学性质试验（土层较厚时，可每隔 2 ~ 3 m 取土样一组）和其他特殊岩土项目试验。

4.4.5 站场和房屋建筑工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

2 站场工程地质图（必要时绘制），比例为 1:1 000 ~ 1:5 000；

3 站场工程地质横断面图，比例为 1:200；

4 建筑物工程地质纵、横断面图，比例为 1:100 ~ 1:500；

5 勘探、测试资料。

4.4.6 初测阶段站场和房屋建筑工程地质勘察应包括下列内容：

1 初步查明站场范围内的水文地质、工程地质条件，判明建筑场地及地基的稳定性。进行代表性的勘探、测试工作，为确定建筑物的平面布置和基础类型提供工程地质资料。

2 中间站的工程地质条件在沿线分段工程地质勘察报告或说明中加以说明，不单独另出资料。

3 集装箱结点站、区段站、枢纽工程应单独编制工程地质

勘察报告或说明、站场工程地质图（必要时绘制）、代表性工程地质断面图及有关工程地质资料。

4.4.7 高层建筑、大型站房、大跨度建筑物和房屋集中区地基的工程地质勘察，应执行国家现行有关标准。

4.5 供水工程

4.5.1 供水工程地质调绘应包括下列内容：

1 查明供水构筑物场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水埋深等工程地质、水文地质条件，提供地基承载力、挖方边坡坡率和岩土施工工程分级；

2 查明影响供水建筑物和管道的不良地质和特殊岩土的性质、范围、稳定程度，分析评价环境工程地质条件，提出防渗和防蚀工程措施意见。

4.5.2 供水工程勘探应满足下列要求：

1 勘探点的布置应根据供水建筑物的具体位置、基础类型确定，地质条件复杂时应用地质剖面控制。采用管道供水时，应沿管线布孔，间距视地质条件而定。

2 勘探深度视场地地层情况而定，供水建筑物的勘探深度可比照表 4.4.2 确定。供水管道勘探深度视土质情况而定，一般应至管底埋深以下 1~2 m，特殊岩土地段应适当加深。

4.5.3 供水工程地质测试应满足下列要求：

1 一般建筑物可取代表性土样进行物理力学性质试验；

2 水塔等高大建筑物应分层取土样做物理力学性质试验，有条件时应进行原位测试试验及地脉动测试；

3 供水管道工程按沿线地质条件同类情况分别取代表性土样进行物理力学性质试验，特殊岩土地段应注意测试浸水后引起的土体或岩体物理力学性质变化情况；

4 对地基有影响的地下水应取样进行水质分析。

4.5.4 供水工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 建筑场地工程地质图（必要时绘制）；
- 3 工程地质断面图，比例为 1:200 ~ 1:1 000；
- 4 勘探、测试资料。

4.5.5 初测阶段供水工程地质勘察应满足下列要求：

- 1 初步查明供水建筑场地工程地质条件，进行必要的勘探、测试工作，为确定供水方案和建筑物的平面位置及基础类型提供工程地质资料；

- 2 各供水建筑物的工程地质条件在全线工程地质分段说明中加以说明，不列单独资料。

4.6 天然建筑材料场地的勘察

4.6.1 天然建筑材料场地的勘察应配合有关专业做好选址工作。在选定的场地开展工程地质勘察，对建筑材料的质量和储量作出评价，为工程设计提供依据。

4.6.2 天然建筑材料场地包括路基填料集中取土场地、级配碎石（或级配砂砾石）场地、混凝土用骨料场地、砌体用石料、铁路碎石道砟场等天然土、砂、石的开采场地。

4.6.3 天然建筑材料场地的勘察宜分为踏勘、初测、定测，分别与铁路工程设计阶段的预可行性研究、可行性研究、初步设计相适应。各阶段勘察应符合下列要求：

- 1 踏勘阶段应初步了解铁路工程沿线建筑材料场地可开采土、砂、石材料的类别、质量和大概的储量，必要时进行少量的勘探和取样试验工作；

- 2 初测阶段应初步查明建筑材料场地的岩（土）层结构及岩性、夹层性质及空间分布、地下水位、剥离层和无用层厚度、有用层的储量和质量、开采及运输条件和开采对环境的影响等；

- 3 定测阶段应在初测的基础上详细查明建筑材料场地的岩（土）层结构及岩性、夹层性质及空间分布、地下水位、剥离层

和无用层厚度、有用层的储量和质量、开采及运输条件和开采对环境的影响等；

4 施工图阶段可视需要对料场进行补充勘察或复查，补充勘察或复查工作应在开采前完成。

4.6.4 建筑材料场地的选择，应满足下列地质条件：

1 场地地质构造简单，地层岩性单一，岩性满足所需建筑材料标准要求、便于开采，且开采储量足够；

2 建筑材料开采不会对周边环境产生较大影响，不会形成新的或加剧周边地质灾害的发生和发展；

3 剥离与开采地层的比例经济、合理。

4.6.5 以下区域不得选作建筑材料场地：

1 重要的文化古迹、考古区；

2 疗养区、风景名胜区、旅游区；

3 各类自然保护区、水土保持禁垦区、水源涵养区；

4 不良地质发育区、地质灾害多发区；

5 当地少数民族风俗习惯保护区；

6 有特殊防洪、防震、防爆要求，国防重要设施附近等需要特别保护的区域。

4.6.6 建筑材料场地的地质调绘工作应符合下列要求：

1 查明场地及周边的地层岩性、分布、地质构造、水文地质特征及影响建筑材料开采的不良地质体的范围、类型、性质，或地质灾害的类型、发生规律及危害程度等；

2 根据场地野外地质调查，合理布置勘探点及取样试验工作；

3 根据场地地层岩性及有用层的分布，分析、评价场地内有用建筑材料的储量和质量情况。

4.6.7 建筑材料场地勘探应在地质调查的基础上进行。

1 勘探方法应根据勘察阶段和料场地质特征，采用钻探、物探、坑探等综合勘探方法；

2 勘探点间距应根据场地地形、地质条件和勘察阶段参照表 4.6.7 确定；

表 4.6.7 勘探点间距 (m)

地形地质条件	勘察阶段		
	踏勘	初测	定测
地形平坦, 有用层厚而稳定, 断层不发育, 岩层裸露。无表面剥离层	主要以调查为主, 可根据需要布置少量物探和取样试验工作	200 ~ 500	100 ~ 200
地形有起伏, 有用层在空间上呈条带状分布, 有少量无用夹层, 断层较发育, 有用层厚度变化较大, 有剥离层或剥离层分布无规律		100 ~ 200	50 ~ 100
地形起伏大, 有用层分布面积小, 厚度小, 断层发育, 岩性变化大, 风化层较厚, 普遍有剥离层		<100	<50

3 勘探孔的深度应揭穿目的层或大于预计的开采深度。

4.6.8 建筑材料场地的取样、试验工作应根据建筑材料的用途和质量评价的需要, 对有用层和无用层分别进行。

1 应根据建筑材料场地内所需建筑材料的分布, 在勘探孔内或露头选取代表性地层试样进行有关质量评价的试验。

2 试样数量应根据勘察阶段、场地大小和建筑材料的分布情况确定, 初测阶段同一类的岩(土)样一般不应少于 3 组, 定测阶段不应少于 6 组。有特殊规定的应按规定执行。

3 试验项目应根据建筑材料的用途和质量评价的需要按相关规范进行选择。

4.6.9 各类建筑材料的质量评价应根据现行的相关国家和行业标准进行。

4.6.10 建筑材料的储量计算应在初测或定测工作的基础上进行, 以场地地形及代表性地质断面所揭示建筑材料分布为依据。铁路碎石道砟场宜根据《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908—2002) 的要求, 结合矿产开采的可行性研究或

预可行性研究结果，综合评价建筑材料的“储量”、“基础储量”、“资源量”。临时石砟场可参照其执行。

4.6.11 建筑材料场地工程地质资料编制应包括下列内容：

1 地质勘察报告，应重点描述场地及周边的地层岩性、地质构造、工程地质及水文地质条件、环境地质条件，并进行建筑材料储量和质量评价，根据场地地质条件提出开采的工程措施意见；

2 工程地质图，比例 1:500 ~ 1:10 000；

3 代表性地质断面图，比例视场地大小而定，宜为 1:200 ~ 1:500；

4 勘探、试验资料。

5 不良地质工程地质勘察

5.1 滑坡和错落

5.1.1 对于沿软弱地层或结构面整体下移的山坡并具备下列条件时，应按滑坡或错落开展工作：

1 滑坡

- 1) 山坡后缘呈明显的圈椅状地貌，有较陡的后壁，其上有时可见擦痕；
- 2) 坡面不顺直呈无规则的台阶状，其上有洼地分布，坡脚有时可见鼓胀裂缝；
- 3) 前缘侵占或挤压沟（河）床，呈舌状突出，多出露泉水或湿地；
- 4) 两侧坡脚地层多有扰动和松动现象；
- 5) 有产生滑坡的记录。

2 错落

- 1) 山坡坡面呈明显下错痕迹，后壁较陡且岩体中存在陡倾角结构面；
- 2) 有产生错落的记录。

5.1.2 滑坡和错落根据滑坡体物质成分可分为黏性土（包括膨胀土）、黄土、堆积土、填土、破碎岩体、岩体滑坡；根据滑体体积可分为巨、大、中、小型滑坡；根据滑坡面埋藏深度可分为浅层、中深层、深层滑坡；层状岩体滑坡可分为顺层和切层滑坡；根据形成原因可分为自然和工程滑坡。

5.1.3 滑坡和错落地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 应绕避地质复杂的巨、大型滑坡（错落）及滑坡（错

落) 群, 避开地形零乱, 坡脚有地下水出露的山坡;

2 当滑坡、错落规模小, 地下水不发育, 整治的技术条件可行、经济合理时, 可选择在有利于滑坡、错落稳定和线路安全的部位通过;

3 线路通过稳定的滑坡、错落体时, 不宜在其上部填方或下部挖方;

4 在地貌、地质条件上具有滑坡、错落产生条件, 或因铁路修建可能产生滑坡、错落的地段, 应认真研究线路平剖面位置, 维护山体的稳定。

5.1.4 滑坡、错落地段工程地质调绘应符合下列要求:

1 调绘范围应包括滑坡、错落及其相邻地段;

2 查明滑坡、错落地段的地形、地貌、微地貌特征及其环境条件;

3 查明地层层序、岩性及滑床和错落面的形态特征、滑带土的物理力学性质, 评价其稳定程度;

4 查明地质构造和岩体结构面的产状、性质及特征, 尤其应注意对软弱结构面进行认真分析;

5 查明水文地质特征, 地表水、泉、湿地等的分布, 植被、树木等的异常;

6 查明滑坡、错落的整治建筑物地基地质条件;

7 搜集气象、地震、水文资料, 调查滑坡、错落的发展历史、危害及防治的经验教训。

5.1.5 滑坡和错落地段的工程勘探、地质测试应符合下列要求:

1 宜采用物探、挖探和钻探相结合的勘探方法。当采用钻探时, 主滑动面附近必须采用合理的钻探工艺, 严禁水钻。

2 勘探点除沿滑坡、错落轴线布置外, 在主轴两侧也应适当布置。必要时, 滑坡体外也应布置。

3 勘探深度应穿透滑动面或错落体以下不小于 3 m, 多次滑动或滑面有向深部发展的可能时, 应适当加深。

4 在钻探过程中，应注意钻进中的异常情况，软弱面、带的位置和特征，及时记录岩芯潮湿程度、地下水情况，必要时进行水文地质试验。正在活动的滑坡可设置测斜管监测滑坡动态。

5 滑动面、带、软弱夹层及其上下土层应逐层取样进行物理力学试验。

5.1.6 滑坡及错落地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图，比例为 1:500 ~ 1:2 000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1:200 ~ 1:500，断面长度应至滑坡、错落体外一定距离；
- 4 滑坡、错落轴线工程地质断面图，比例为 1:200 ~ 1:1 000，横竖比例宜一致；
- 5 滑坡区水文地质图、滑坡床等高线图、基岩等高线图等，视滑坡复杂程度和工程需要决定；
- 6 防治滑坡、错落工程的各种工程地质图件，比例尺视不同建筑物要求确定；
- 7 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料等。

5.2 危岩、落石和崩塌

5.2.1 符合下列情况时，应按危岩、落石和崩塌地段开展工作：

- 1 坡面高、陡，不平整，上陡下缓；
- 2 岩土层节理、裂隙发育，结构面多张开；
- 3 坡脚、坡面有崩塌物停积。

5.2.2 崩塌根据形成机理可分为倾倒式、滑移式、鼓胀式、拉裂式、错断式等类型。崩塌按物质成分分为黄土崩塌、黏性土崩塌和岩层崩塌。

5.2.3 危岩、落石和崩塌地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应绕避山高坡陡、岩层受节理切割严重，危岩密集分布的地段；

2 线路可通过经工程处理后能够确保山体稳定,或采用支挡结构可保证运营安全,且经过技术、经济比较合理的地段。

5.2.4 危岩、落石和崩塌地段工程地质调绘应符合下列要求:

- 1 调绘范围应包括危岩、落石、崩塌影响范围及相邻地段;
- 2 查明地形地貌和微地貌特征;
- 3 查明地层岩性、岩层结构、软质岩和硬质岩的分布和风化程度;
- 4 查明地质构造、岩体结构面的产状和裂隙性质;
- 5 查明地表水和地下水对崩塌的影响;
- 6 应结合支挡防护工程,查明支挡建筑物地基情况和锚固条件;
- 7 搜集气象、地震及有关水文资料,调查危岩、落石、崩塌发展史及当地防治经验。

5.2.5 危岩、落石和崩塌地段的工程勘探、地质测试应符合下列要求:

- 1 宜采用挖探查明被覆盖危岩体的节理裂隙发育和充填特征;
- 2 为了解危岩体的落石滚落特点,有条件时可在现场做落石试验;
- 3 必要时可对张裂隙进行变形观测。

5.2.6 危岩、落石和崩塌地段工程地质资料编制应包括下列内容:

- 1 工程地质勘察报告或说明;
- 2 工程地质图,比例为 1:500 ~ 1:2000;
- 3 工程地质横断面图,比例为 1:200 或 1:500,应测至可能崩塌的范围外 20 ~ 50 m;
- 4 垂直崩塌面的工程地质断面图、崩塌陡崖和危岩体的工程照片、正视图或素描图(必要时绘制);
- 5 节理统计图(必要时绘制);

6 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.3 岩 堆

5.3.1 对于在山坡或坡脚分布的以堆积岩块和岩屑为主的堆积体，且易产生坍塌、不均匀沉降等现象的地段，应按岩堆开展工作。

5.3.2 岩堆地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 对于松散、补给来源较丰富，地面和岩堆基底坡度较陡、地下水发育，有可能滑动，且工程处理困难的大型岩堆地段，线路宜绕避之；

2 对于基本稳定的岩堆，采用必要的工程措施后，线路亦可在岩堆体的适当部位通过。

5.3.3 岩堆地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 调绘范围应包括岩堆和补给区及其相邻地段；

2 查明岩堆补给区的地层岩性、地质构造、节理发育程度和风化程度；

3 查明岩堆的形态特征、植被及成层情况、密实程度等；

4 查明岩堆床的形态、岩性、有无软弱夹层或软弱面，分析岩堆的稳定程度；

5 查明地表水和地下水活动对岩堆稳定的影响。

5.3.4 岩堆地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 可采用物探、挖探和钻探等方法进行勘探；

2 勘探点宜沿轴线布置，两侧视需要确定；

3 勘探深度应穿过岩堆体至基床下不小于 3 m，且大于当地最大块石直径 1.5 倍；

4 在钻进中，应注意潮湿程度、地下水情况，遇软弱夹层时应取样作物理力学试验。

5.3.5 岩堆地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

- 2 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:2000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1:200 或 1:500，断面长度应至岩堆外一定距离；
- 4 岩堆轴线工程地质断面图（必要时绘制），比例为 1:200 ~ 1:1000；
- 5 勘探、测试及其他原始资料等。

5.4 泥 石 流

5.4.1 符合下列情况时应按泥石流地段开展工作：

- 1 沟口或坡脚存在大量无分选的洪流堆积物；
- 2 沟内或山坡存在滑坡堆积物或大量松散物质；
- 3 有泥石流暴发的历史记录或泥石流活动的痕迹。

5.4.2 根据泥石流的流域形态可分为沟谷型泥石流和山坡泥石流；泥石流流域按地貌形态可分为形成区、流通区和堆积区；根据固体物质成分可分为泥流、泥石流和水石流；根据规模可分为特大、大、中和小型泥石流；根据流体性质可分为黏性泥流、黏性泥石流、稀性泥流、稀性泥石流、水石流；根据泥石流暴发频率可分为高频率泥石流和低频率泥石流。

5.4.3 泥石流地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避特大型泥石流、大型泥石流或泥石流群、淤积严重的洪积扇区和大面积分布山坡型泥石流地段，应远离泥石流堵河影响范围内的河段。

2 线路通过泥石流沟时，应以大跨度桥梁、明洞或隧道通过。跨越时，应避开急弯部位和沟床纵坡变坡点，并留有足够的净空和孔跨，应根据泥石流的通过需要量和淤积厚度确定。

5.4.4 泥石流地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 宜采用遥感图像地质解译与野外地质调绘相结合的方法进行地质调绘；

2 形成区应着重调查地层岩性、地质构造、风化破碎情况，

不良地质的发育、分布情况，植被情况；调查人为活动对山坡岩体的破坏；分析可能发生泥石流的规模及对工程危害程度；

3 流通区应着重调查沟谷地貌特征，沟床变迁；分析线路通过的可能和方式；

4 堆积区应着重调查洪积物的厚度、成层情况，分析线路通过的可能和影响；

5 调查泥石流流域内的湖泊、水库、弃渣等对泥石流的影响；搜集气象、水文、地震资料，特别是泥石流暴发期间的资料；

6 调查泥石流发展史和周期，当地防治泥石流的规划措施和经验。

5.4.5 泥石流地段工程勘探、地质测试应满足下列要求：

1 可采用物探、钻探、挖探相结合的综合勘探方法；

2 结合建筑物布置勘探，采取土样进行物理力学性质试验；

3 控制线路方案的泥石流地段，取代表性试样，用比拟法做泥石流密度及所含固体物质的比重试验和含量分析；

4 对需要整治的泥石流补给源的不良地质体，按整治工程的需要布置勘探、测试工作。

5.4.6 泥石流地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

2 泥石流流域工程地质图（必要时绘制），比例为1:10 000 ~ 1:50 000；

3 泥石流工程地质图，比例为1:500 ~ 1:2 000，应包括拦截、停淤等建筑物的范围；

4 沟床工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横1:500 ~ 1:5 000，竖1:100 ~ 1:500（沟口以上的范围视需要而定，沟口以下应包括整个洪积扇）；

5 沟床工程地质横断面图（必要时绘制），比例为1:200 ~ 1:500；

6 各类建筑物的工程地质图件，比例尺视需要确定；

7 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.5 风 沙

5.5.1 符合下列特征的地段应按风沙地段开展工作：

1 整个地表覆沙，并广泛分布各种沙丘的沙漠（沙地）地段及戈壁地段；

2 表层为粉、细砂地层，由于人为活动破坏了生态平衡，形成沙漠化土地的地段。

5.5.2 根据风沙活动形成地貌形态可分为风蚀、风沙流、风积地貌；根据沙质荒漠位于的气候带及沙质情况可分为沙漠（沙地）、戈壁及沙漠化土地；根据沙漠区植被覆盖程度可分为流动沙丘（沙地）、半固定沙丘（沙地）和固定沙丘（沙地）；根据风沙危害程度可分为严重、中等和轻微风沙地段。

5.5.3 风沙地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避严重风沙地段，不宜深入大沙漠的内部，宜选择在轻微风沙地段及风蚀洼地、沿古河床、山前平原潜水溢出带或凸型地带、防风林带内侧通过；

2 线路应避开山地陡坡积沙地段，宜选在山地背风侧风影部分以外的地段通过；

3 线路走向宜顺直，与主导风向平行，采用填方，避免采用零断面和路堑；

4 线路应与当地防风沙规划相结合，宜选择在地下水埋藏较浅、接近水源和防护材料产地之处；

5 车站位置应选择在无风沙或轻微风沙地段，避开有风沙活动的隘口；站房和住宅应朝向背风一侧。

5.5.4 风沙地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 宜采用综合勘察方法，利用遥感图像地质解译，了解沙漠分布及自然特征，查明沙漠的成因、严重程度分类、分布及线路所处的沙漠部位；

2 通过不同时期遥感图像地质解译,了解沙丘移动的动态情况;

3 查明沿线风沙地貌(风蚀地貌、风积地貌、风沙流地貌)特征,划分线路通过地段沙丘(地)的类型和分布情况;

4 了解地表水、地下水分布和埋藏情况,判明有无造林条件;

5 了解沿线风沙活动规律、危害程度、防风固沙的成功经验及教训;

6 搜集沿线气温、蒸发、降水、风向、风速及其出现频率延续时间、能见度、风沙日数等资料;

7 配合有关专业调查沙生植物生态特征,了解林带的树种,配置宽度及防沙效果。

5.5.5 风沙地段工程勘探、地质测试应符合下列要求:

1 查明地层、岩性、地下水情况,取样进行矿物成分、颗粒级配及有机质含量分析;

2 必要时测试线路通过风沙流地带的输沙量,沿沙丘移动方向进行剖面取样;

3 应在丘间低地(深2~3 m)、沙丘迎、背风坡分别分层取样,测定含水率和干沙层厚度。

5.5.6 风沙地段工程地质资料编制应包括下列内容:

1 工程地质勘察报告或说明;

2 工程地质图(必要时绘制),比例为1:2000~1:5000,应包括机械防护范围;

3 工程地质横断面图,比例为1:200或1:500;

4 勘探、测试及其他原始资料。

5.6 岩 溶

5.6.1 对于地表或地下广泛分布可溶性岩层并存在各种岩溶形态,以及可溶岩地区的上覆土层曾发生地面塌陷或有土洞存在的

地段，应按岩溶地段开展工作。

5.6.2 根据岩溶埋藏条件可分为裸露型岩溶、覆盖型岩溶和埋藏型岩溶；根据岩溶发育强度可分为强烈发育、中等发育、弱发育和微弱发育的岩溶。

5.6.3 岩溶地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避岩溶强烈发育地带、可溶岩与非可溶岩的接触带、构造发育带、岩溶水富集区及岩溶水排泄带；

2 线路应绕避地面塌陷分布密集、有土洞分布的覆盖型岩溶地段；

3 线路应选择在非岩溶化地区或岩溶发育微弱、范围最窄、层数最少、顶板稳固、受岩溶水影响小的地带通过。

5.6.4 岩溶地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 应采用遥感图像地质解译和现场核对，判定岩溶分布范围和状态；

2 查明地层岩性、地质构造特征，岩溶发育与岩性、地质构造及裂隙的关系；

3 调查溶洞的分布层数，分析侵蚀基准面及其变化特征；

4 调查岩溶地貌和岩溶形态，查明岩溶与建筑物的相对位置及关系；

5 查明对线路有影响的溶洞、暗河等的顶板及洞内填充情况，评价场地的稳定性；

6 覆盖型岩溶区还应查明覆盖层的岩性与厚度、可溶岩的古地貌形态，调查地面塌陷史，预测地面塌陷的可能、对周边环境和建筑物的影响，提出预防措施；

7 对岩溶发育、形态复杂，且对线路方案影响较大的地段，应提出进行专题地质研究的建议。

5.6.5 岩溶地段水文地质调绘应符合下列要求：

1 查明地下水的分布特征，补给、径流及排泄情况，地表岩溶泉水的出露位置、水量及变化情况；

2 查明岩溶水与地表水的联系，岩溶水的垂直分带与工程设置的关系，分析深层岩溶水和承压岩溶水存在的可能性；

3 根据工程设置情况和设计要求，必要时应查明与线路密切相关的暗河系统；

4 覆盖型岩溶地段应查明地下水的层数，以及其间的水力联系，开采情况及影响半径范围，预测地面塌陷的可能，及时提出停止或限制大量开采地下水的建议；

5 评价因工程大量排泄地下水后对环境的影响；

6 预测工程封水后对地质环境可能产生的影响及应采取的对策。

5.6.6 岩溶地段必要时应在施工期间进行补充勘察或开展施工地质工作；对桥基、路堑和隧道工程应加强配合施工，对上述工程影响范围内岩溶的发育情况应进行复查。施工过程中，必要时应进行超前地质预报。

5.6.7 岩溶地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 应在全断面、整个长度范围内采用物探、并与钻探、挖探、测试等相结合的综合勘探方法。

2 勘探点的位置、深度及地质剖面布置应根据岩溶类型及建筑物需要确定。

1) 对站场、房屋建筑、路基等工程应采用综合物探方法确定物性异常范围，并采用挖探、钻探等勘探手段予以验证，查明基底岩溶洞穴或土洞的发育情况；

2) 在隧道通过的可溶岩含水地段、岩溶发育的物探异常带、断层破碎带均应布置钻孔，以查明岩溶、岩溶水等的发育情况；

3) 对桥基应根据基础类型及岩溶发育程度，每个墩台应布置1~5个勘探点，柱桩宜每桩1孔，摩擦桩每个墩台不宜少于2孔；

4) 覆盖型岩溶应根据建筑物的重要性及需要，采用网格

状布置勘探孔。

3 勘探深度应至建筑物基础以下 10 ~ 15 m, 揭露溶洞时应根据工程需要适当加深。

4 应取岩样作物理力学性质、矿物化学分析, 以及水的侵蚀性试验。

5 必要时做溶洞水示踪试验。

6 岩溶发育且形态复杂时, 施工阶段应结合工程处理措施, 采取探灌结合的方法进一步查明岩溶发育形态。

7 必要时应选择一定数量的钻孔与岩溶泉 (井), 进行不少于一个水文年的水文地质动态观测。

5.6.8 岩溶地段工程地质资料编制应包括下列内容:

1 工程地质勘察报告或说明;

2 岩溶地区综合工程地质图 (必要时绘制), 比例为 1:10 000 ~ 1:50 000, 可将岩溶地貌图及岩溶水文地质图的内容合并绘入;

3 工程地质图 (必要时绘制), 比例为 1:500 ~ 1:5 000, 应标出岩溶分布位置、各类岩溶形态及与铁路工程之间的相互关系;

4 工程地质纵断面图 (必要时绘制), 比例为横 1:200 ~ 1:2 000, 竖 1:100 ~ 1:500;

5 工程地质横断面图, 比例为 1:200 ~ 1:500;

6 洞穴或暗河的纵、横剖面图 (必要时绘制), 比例尺视需要确定, 纵、横比例宜一致;

7 勘探、测试及洞穴、暗河调绘记录, 其他原始资料。

5.7 人为坑洞

5.7.1 符合下列情况时应按人为坑洞地段开展工作:

1 正在开采或废弃的各类大型矿区、人工及半机械开采的各类小型矿区、已废弃的各类小型矿区、古窑等;

2 沿沟、河岸有矿线露头，两侧虽无现代矿点分布，但支沟沟源有矿点分布的沿沟岸两侧适当范围或沟岸至矿点间的地带；

3 人防工程、地下工程、坎儿井、枯井、采砂（石）洞、窑洞、菜窖及古墓等其他人为坑洞。

5.7.2 各类矿区根据开采状况可分为古老采空区、现代采空区和未来采空区；根据采空程度可分为大面积采空区和小窑采空区。

5.7.3 人为坑洞地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应绕避至各类矿区采空（大面积采空）影响范围外一定距离；

2 线路宜绕避密集分布的小窑采空区及时间久远难以查明的古窑及其他人为坑洞分布的密集地带；必须通过时应采取工程措施；

3 线路通过规划矿区时，应了解矿区具体规划，分析对铁路工程影响及应采取的安全措施。

5.7.4 人为坑洞地段工程地质勘察工作宜根据地区条件和矿区特点采用不同的勘察方法，查明其地质特征，提出工程措施意见。

1 对有规划、有设计、有计划开采的矿区宜采用矿区设计、实施资料、实地测量资料与区域地质资料综合分析的方法，确定采空层位及范围、提出稳定性评价和工程措施意见、预留保安矿柱的宽度等；

2 古窑、小窑采空区宜采用区域地质资料分析、实地调查访问、坑洞测量与勘探相结合方法，查明开采情况、开采的层位、坑道的宽度及高度、顶板岩体性质、采空特征、地面变形情况，提出稳定性评价和工程措施意见；

3 时间久远的其他人为坑洞地带宜采用区域地质资料、实地广泛调查访问及勘探相结合的方法，物性条件反映较好地区宜

采用物探指导钻探，以确定人为坑洞分布的层位及具体位置，提出稳定性评价及工程措施意见。

5.7.5 人为坑洞地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 搜集研究区域地质条件，访问调查人为坑洞的历史情况；
- 2 搜集既有矿区设计实施资料，分析确定矿区采空及影响范围；
- 3 查明人为坑洞地区的地层层序、岩性、地质构造，人为坑洞的开采与分布层位、范围及其稳定状况；
- 4 查明人为坑洞区地表变形特征和分布规律，结合建筑物详细调查坑洞分布、顶板厚度和洞内坑壁稳定情况，分析地段的稳定性；
- 5 调查地下水动态变化及其对坑洞稳定性影响；
- 6 查明坑洞内有害气体的类型、浓度及其对工程的影响；
- 7 调查人为坑洞区既有建筑物的变形情况和地基加固处理经验教训。

5.7.6 人为坑洞地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

- 1 应根据坑洞的类型及其顶板地层的性质确定勘探方法，物性条件较好地区应先用物探圈定坑洞分布范围和深度；
- 2 勘探点布置应结合工程和坑洞的展布情况确定；
- 3 勘探点的深度应探至最底层洞底地层以下不小于 2 m；
- 4 应采取顶板岩、土试样做物理力学性质试验。

5.7.7 人为坑洞地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图，比例为 1:2 000 ~ 1:5 000；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1:100 或 1:200，应绘出坑洞的形态，标明坑底高程；
- 4 工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横 1:500 ~ 1:5 000，竖 1:200 ~ 1:500；
- 5 坑道平面图（必要时绘制），比例为 1:200 或 1:500，应

绘出坑洞位置、方向、大小、洞内特征等，并配合必要的坑洞断面图加以说明；

6 勘探、测试及其他原始资料。

5.8 水库坍岸

5.8.1 水库地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应选择在水库预测坍岸线加适当安全距离以外通过。当采用措施能确保线路稳定，对养护、维修不增加困难，技术经济综合分析比较合理时，也可考虑在水库预测坍岸线范围以内通过。

2 线路应选择在岸坡稳定，浸水后变形较少的一侧通过；应避开有软弱夹层倾向水库一侧的岸坡，选择结构面倾向山内一岸通过。

3 考虑风浪对库岸破坏的影响时，线路宜选择在背风一侧，或与主导风向一致。

4 水库下游线路应选择在水库泄洪引起的水淹、冲刷等恶化工程地质条件范围以外通过。

5.8.2 水库地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 搜集水库地段的区域地质、水文地质和工程地质资料；

2 调查水库的岸缘形态，查明库岸的地层岩性、风化破碎程度和各类结构面特征，覆盖层与下伏基岩的接触关系；

3 查明库区不良地质的分布、性质，预测储水后可能引起复活及恶化环境地质条件等情况；

4 预测水库储水后引起地下水雍升和渗漏情况及其对线路和建筑物的影响；

5 根据不同的地貌、地质条件、水库类型和库岸情况，预测库区坍岸变形的范围及特征。

5.8.3 水库地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 查明岸坡的水文地质，工程地质条件，应布置勘探测试

点，必要时应进行水文地质勘探及试验工作；

2 水库地段勘探、测试深度应视工程类别及基础类型确定，最小深度应至水库岸坡稳定坡角线以下；

3 应分层采取试样，测试岩土的物理力学性质和水理性质；水下工程基础如为软质岩层，应进行崩解试验和抗压强度等试验。

5.8.4 水库地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 初测

- 1) 工程地质勘察报告或说明，主要阐述水库地段工程地质条件、水库设计的有关内容，预测坍岸线有关参数的确定，线路方案工程地质条件比选等；
- 2) 水库地区工程地质图，比例为 1:10 000 ~ 1:50 000，图中包括各种水位、预测坍岸线和断面位置等；
- 3) 预测坍岸变形地质断面图，比例为 1:200 ~ 1:500，图中包括各种库水位、地下水位和地下水雍升线、预测坍岸线等；
- 4) 线路概略工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横 1:500 ~ 1:5 000，竖 1:200 ~ 1:1 000；
- 5) 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

2 定测

- 1) 工程地质勘察报告或说明；
- 2) 工程地质图，比例为 1:2 000 ~ 1:5 000，图中应绘出预测坍岸线；
- 3) 工程地质横断面图，比例为 1:200；
- 4) 详细工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横 1:500 ~ 1:5 000，竖 1:200 ~ 1:1 000；
- 5) 库区不良地质和各类建筑物的工程地质资料，包括水库影响的有关资料。

3 勘探、测试、气象、地震及其他原始资料。

5.9 地震区

5.9.1 当线路通过地震动峰值加速度为 $0.1g$ 至 $0.4g$ 地区时,应按本节规定开展工作。当地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 时,应做专门研究。

5.9.2 对地震研究程度较差或地震地质条件复杂的地段,必要时提出请相关部门进行专门的地震动参数详细区划或复核的建议。

5.9.3 根据场地工程地质条件,地震区可划分为抗震有利地段和抗震不利地段。

5.9.4 地震区工程地质选线应遵循下列原则:

1 线路宜避开活动断裂带及地热异常带。难以绕避时,应对其进行专题研究,并应在断裂带或异常带较窄处以简易工程大角度通过,不宜在断裂带内设置大中桥、高桥、隧道、高填深挖等难以修复的大型建筑物。

2 线路应选择在工程地质条件良好、地形开阔平坦或缓坡地段。宜绕避严重的山坡变形、易塌陷的地下坑洞、泥石流发育区、不稳定的悬崖深谷、高耸孤立的山丘等抗震不利地段,不宜在松散的山坡堆积层上设置高桥以及高填、深挖和半填半挖路基。

3 线路宜选择在非液化土层地带或液化土层埋藏较深、范围最小的地段通过,不得以液化土层作建筑物的持力层。

5.9.5 地震区工程地质调绘应符合下列要求:

1 搜集区域地质、水文地质和沿线地震历史资料;

2 查明区域地质构造,尤其是主要断裂带和活动断裂带与线路的关系;

3 调查各类不良地质的分布、稳定状态,分析地震时发生次生地质灾害的可能性;

4 调查河流的变迁、古河道的分布、第四系地层的特征、

地下水位和可液化土的分布范围；

5 根据现行《中国地震动参数区划图》(GB 18306)，结合沿线地质情况及工程设置，划分铁路沿线地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期分区；

6 与相关单位、专业协商，提出沿线桥梁、隧道、路基及其他重大建筑物应进行专门地震安全性评价的建议。

5.9.6 地震区工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 勘探查明地震时不稳定地带和液化土层的分布，以及活动断裂带的位置和特征；

2 勘探测试点的数量与深度应根据地震动峰值加速度、地质情况、工程要求确定；

3 对饱和砂类土及粉土，可用标准贯入或静力触探、剪切波速测试等方法判别地震液化的可能和等级；

4 必要时，应进行地震动反应谱特征周期测试。

5.9.7 地震区工程地质资料编制应满足下列要求：

1 在全线有关综合性地质资料及相应的建筑物工点地质资料中，结合线路通过活动断裂带的形式、地震地质资料，提出相应的工程措施意见；

2 地基液化土的测试结果应列入相关工点及场地评价中；

3 提供地震动峰值加速度值，必要时还应提供地震动反应谱特征周期值。

5.10 放射性地区和有害气体地段

5.10.1 符合下列条件时，应按放射性地区或有害气体地段开展工作：

1 放射性地区

1) 有放射性矿床分布及放射性强度较高的地区；

2) 大范围分布酸性岩浆岩体及伟晶岩脉的地区；

3) 放射性地方病例蔓延区。

2 有害气体地段

- 1) 广泛分布煤系地层及厚层湖沼地层、工业垃圾和生活垃圾地层，部分人为坑洞分布区等；
- 2) 分布石油、天然气并有气苗或含气的闭圈构造的地区；
- 3) 附近相同地层曾发现过有害气体的地区。

5.10.2 放射性物质和有害气体的分类应符合下列规定：

- 1 放射性物质应按国家现行《放射性废物分类标准》(GB 9133)的规定进行分类；
- 2 有害气体分类可根据有害气体环境、有害气体突出危险性进行分类。

5.10.3 放射性地区和有害气体地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路应绕避已知或可能存在放射性矿床区、含大量有害气体地层地段，无法绕避时应选择较窄处通过；
- 2 车站及生活区必须设置在放射性强度或比活度符合国家现行《辐射防护规定》(GB 8703)规定的地段，不得建在放射性强度较高的地区或含有害气体的地段；
- 3 饮用水源严禁建在放射性超标的地区。

5.10.4 放射性地区和有害气体地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 搜集、研究放射性地区和有害气体地段检测资料及专项资料；
- 2 查明放射性物质和有害气体分布地段的地形地貌、地层岩性及地质构造特征；
- 3 查明地层所含放射性物质和有害气体的类型、强度、分布特征；
- 4 查明地表水、地下水含放射性物质和有害气体的种类和数量等，以及地下水补给、径流和排泄条件；

5 预测放射性物质和有害气体的释放强度，评价对工程和环境的影响，提出工程措施意见。

5.10.5 施工阶段应对放射性地段、有害气体分布地层进行监测，确保施工安全。

5.10.6 放射性地区和有害气体地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 放射性地区

- 1) 进行地面放射性总量测定；
- 2) 进行放射性水化学测试。

2 有害气体地段

- 1) 在可能储气或煤层部位应结合工程布置钻孔，其深度应按工程需要确定；
- 2) 必要时应对已确定的产生、储存、覆盖有害气体的地层取样试验。

5.10.7 放射性地区和有害气体地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图，比例尺根据需要确定；
- 3 工程地质纵、横断面图（必要时绘制），比例尺视需要确定；
- 4 勘探、测试及其他原始资料。

6 特殊岩土工程地质勘察

6.1 黄 土

6.1.1 对于勘察区工程场地分布的第四纪以来，在干旱、半干旱气候条件下，由陆相沉积的以黄色粉土颗粒为主，含碳酸钙及少量易溶盐，具大孔隙、垂直节理、抗水性差、易崩解、潜蚀，表层多具湿陷性的特殊土层，应按黄土开展工作。

6.1.2 根据黄土的堆积时代可分为全新统（ Q_4 ）、上更新统（ Q_3 ）、中更新统（ Q_2 ）、下更新统（ Q_1 ）黄土；根据黄土的成因类型可分为风积、冲积、洪积、坡积黄土；根据黄土体在一定压力下受水浸湿发生湿陷的程度可分为自重湿陷性黄土、非自重湿陷性黄土和非湿陷性黄土；根据黄土的塑性指数可分为砂质黄土和黏质黄土。

6.1.3 黄土地区的工程地质选线应遵循下列原则：

1 黄土塬、梁、峁及丘陵区线路宜选择在山坡稳定、排水条件较好地带，应避免地形零乱、沟谷深切、冲沟发育，下伏地层层面倾斜方向不利及地下水发育地带；

2 河谷线路宜利用宽谷阶地展线，宜远离低级阶地缺失的高陡岸坡地段及塬边斜坡不稳定地带；

3 线路宜避开不良地质发育及新构造活动强烈地段，必须通过时应选择合适部位并采取适宜的工程措施；

4 线路应选择在地层单一、土质干燥、湿陷性较小地带，避开地层复杂、土质软弱、含水率大和地下水发育地段，应避免与长大干渠近距离并行。

6.1.4 应根据勘测阶段、地区特点及工程类型选用工程地质勘

察方法。塬、梁、峁及丘陵地区宜采用遥感图像地质解译、地质调绘、勘探、原位测试及室内试验多种手段相结合的综合勘察方法。

6.1.5 黄土地区工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 查明黄土的分布情况，划分黄土地貌单元；
- 2 查明黄土特征，划分黄土的时代、成因类型，与下伏地层接触形态；
- 3 查明黄土陡坎、斜坡和沟谷发育的特征，不良地质分布及稳定情况，桥台岸坡及隧道洞口山坡的稳定情况；
- 4 查明黄土陷穴、洞穴、洼地等的分布范围、形态及发育规律；
- 5 查明地下水出露及季节变化情况；
- 6 查明黄土层内古土壤的分布及其膨胀性，各类夹层及其含水情况，评价其对边坡稳定性和施工安全的影响；
- 7 地表水流的汇集、排泄、浸泡、冲刷等对黄土稳定的影响；
- 8 调查访问既有建筑物、边坡的稳定情况及处理措施、效果。

6.1.6 黄土地区工程勘探应符合下列要求：

- 1 勘探点的布置应满足工程场地稳定性评价要求，用于湿陷性评价的勘探点应按工程场地及地貌单元、成因类型及土质情况分别勘探、取样。
- 2 勘探深度应满足场地稳定性和湿陷性评价及工程设计要求；作为地基时，除应大于地基压缩层深度外，非自重湿陷性黄土场地勘探深度应大于基础底面下 10 m；在自重湿陷性黄土场地，一般建筑场地在陇西、陇东—陕北—晋西地区勘探深度应至基础底面下不小于 15 m，其他地区不小于 10 m，对于大桥、特大桥、高桥、区段站及以上大站中的重要建筑物应穿透湿陷性土层。

3 采取原状土样和进行原位测试的勘探点数量，应不少于该地段勘探点总数的 50%。原状土样应采用挖探或静压取土方法。取土竖向间距一般 1~2 m，地层规律性较强时可分层取样，但间距不应大于 3 m。

4 勘探点使用完毕后，应立即用原土分层回填夯实。

6.1.7 黄土地区地质测试应满足下列要求：

1 一般工点按地貌单元、成因类型及土质的类同情况分别进行物理力学和湿陷性试验。大中桥、站场及房屋建筑工程按场地进行物理力学和湿陷性试验，高桥及其他高大建筑物场地必要时还应对在其压力范围内的 Q_2 黄土进行湿陷性试验。

2 测定黄土湿陷系数的试验压力，应自基础底面（初测阶段，自地面下 1.5 m）算起，基底下 10 m 以内的土层使用 200 kPa；10 m 以下至非湿陷性土层顶面，使用其上覆土的饱和自重土压力，当大于 300 kPa 时，仍用 300 kPa；基底压力大于 300 kPa 的桥梁及其他高大建筑物按实际压力；新近堆积黄土湿陷系数试验压力，基底下 5 m 以内的土层宜用 100~150 kPa 压力，5~10 m 和 10 m 以下至非湿陷土层顶面，应分别采用 200 kPa 和上覆土的饱和自重压力。

3 测定自重湿陷系数应计算试样上覆土的饱和自重压力。根据试样上覆土的自重压力分级加荷，每次加压不应大于 50 kPa（如上覆土的饱和自重压力小于 50 kPa，可一次加压至 50 kPa），加至试样上覆土的饱和自重压力，待下沉稳定后，试样浸水饱和，附加下沉稳定，试验终止。

4 位于地震动峰值加速度为 0.1g 及以上地区的饱和砂质黄土可参照相关规定进行地震液化判定。

6.1.8 黄土地区工程地质条件评价应结合工程类型、环境条件及黄土工程特性对工程影响作针对性评价。湿陷性黄土地基的湿陷性评价，应根据总湿陷量的计算值和自重湿陷量的计算值等因素，按表 6.1.8 判定。

表 6.1.8 湿陷性黄土地基的湿陷等级

湿陷类型		非自重湿陷性场地	自重湿陷性场地	
自重湿陷量计算值 Δ_{zs} (cm)		$\Delta_{zs} \leq 7$	$7 < \Delta_{zs} \leq 35$	$\Delta_{zs} > 35$
总湿陷量计算值 Δ_s (cm)	$\Delta_s \leq 30$	I (轻微)	II (中等)	—
	$30 < \Delta_s \leq 70$	II (中等)	* II (中等) 或 III (严重)	III (严重)
	$\Delta_s > 70$	II (中等)	III (严重)	IV (很严重)

注：* 当总湿陷量的计算值 $\Delta_s > 60$ cm、自重湿陷量的计算值 $\Delta_{zs} > 30$ cm 时，可判为 III 级，其他情况可判为 II 级。

6.1.9 黄土地区的勘察报告或说明及相关勘探测试资料等，可在各类工点资料中阐述。

6.1.10 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路黄土地区的工程地质勘察除应符合本规范第 4 章相关规定及本节规定外，还应符合下列规定：

- 1 路基工程勘探点的间距一般场地不宜大于 100 m，复杂场地不宜大于 50 m；勘探点的深度应大于 25 m 或穿透湿陷性土层；
- 2 桥基勘探点的深度应穿透湿陷土层，或桩端以下 10 ~ 20 m；
- 3 隧道通过地段的土石交界面、含水地层等应有勘探点控制；
- 4 根据工程设计需要，必要时应进行现场静载荷试验、桩基浸水试验，现场试坑浸水试验实测的自重湿陷量值与室内试验自重湿陷量计算值的对比分析。

6.2 膨胀土（岩）和红黏土

6.2.1 符合下列条件的土（岩）应按膨胀土（岩）开展工作：

- 1 富含亲水矿物，吸水显著膨胀、软化、崩解，失水急剧收缩开裂，能往复胀缩变形的黏性土，应按膨胀土开展工作；
- 2 含较多亲水矿物，含水率变化时产生较大体积变化的岩石，应按膨胀岩开展工作。

6.2.2 膨胀土（岩）地段的工程地质选线应遵循下列原则：

- 1 线路宜在地形平缓、地面平整、植被良好地段，采用浅挖低填通过；
- 2 线路宜绕避中、强膨胀土分布地带，不能避开时应以短距离通过；
- 3 线路宜避开膨胀土（岩）的山前斜坡及不同地貌单元的结合带，宜垂直于垄岗轴线通过；
- 4 线路宜避开地层呈多元结构或有软弱夹层的地段；
- 5 线路宜绕避地下水发育的膨胀土（岩）地段。

6.2.3 膨胀土（岩）地段工程地质调绘应符合下列要求：

- 1 查明地形、地貌特征，不良地质现象的分布及危害程度；
- 2 查明地层岩性、地质构造、裂隙特征、软弱夹层的性质、分布、风化程度及其分带规律等；
- 3 查明膨胀土下伏基岩的岩性、结构面特征及不良地质的发育情况；
- 4 查明地下水特征、地表水径流的汇集与排泄条件；
- 5 搜集和分析当地气象资料，确定大气影响深度；
- 6 调查既有建筑物的稳定情况，搜集建筑物防治方面的经验教训。

6.2.4 膨胀土（岩）地段工程勘探应符合下列要求：

- 1 宜采用挖探与钻探相结合的方法，钻探宜采用干钻；
- 2 勘探点的布置应按膨胀土（岩）的成因类型、地貌单元，结合建筑物设置确定；
- 3 一般地段勘探深度应大于大气影响深度；作为地基时应至持力层下不小于3m或穿透膨胀土（岩）层；具有膨胀性的红黏土地段的建筑物地基应结合工程设置考虑下伏碳酸盐岩系岩溶发育，按岩溶发育情况确定勘探深度；
- 4 膨胀土（岩）应分层取样。

6.2.5 膨胀土（岩）试验项目应包括下列内容：

- 1 岩土常规物理力学性质试验；
- 2 膨胀岩室内试验判定指标：饱和吸水率、膨胀力、自由膨胀率；
- 3 膨胀土详判指标：自由膨胀率、蒙脱石含量、阳离子交换量，结合工程需要做残余强度、膨胀率、收缩率、先期固结压力等专项试验等；
- 4 重要、高大的建筑物场地宜进行现场浸水载荷试验、剪切试验及旁压试验。

6.2.6 膨胀土（岩）场地应根据工程类型、膨胀土（岩）的分布、工程地质特征及大气影响等评价其工程地质条件。膨胀土的判定应符合现行《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)的规定；膨胀土的膨胀潜势分级应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 膨胀潜势分级

级别 分级指标	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
自由膨胀率 $F_s(\%)$	$40 \leq F_s < 60$	$60 \leq F_s < 90$	$F_s \geq 90$
蒙脱石含量 $M(\%)$	$7 \leq M < 17$	$17 \leq M < 27$	$M \geq 27$
阳离子交换量 $CEC(NH_4^+)$ (mmol/kg)	$170 \leq CEC(NH_4^+) < 260$	$260 \leq CEC(NH_4^+) < 360$	$CEC(NH_4^+) \geq 360$

注：当两项指标符合时，即判定为该等级。

6.2.7 膨胀土（岩）地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:2000；
- 3 工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横 1:500 ~ 1:2000，竖 1:100 ~ 1:500；
- 4 工程地质横断面图（必要时绘制），比例为 1:200 或 1:500；

5 勘探、测试、气象及其他原始资料。

6.2.8 在红黏土地区进行工程地质勘察时，应考虑下伏碳酸盐岩系岩溶空洞对工程的影响。当红黏土层工程性质稳定，不具膨胀性时，可按一般黏性土开展工作；当红黏土具有膨胀性时，应按膨胀土开展工作。

6.2.9 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路膨胀土（岩）和红黏土地区的工程地质勘察应符合本节的有关规定，其中路基工程勘探点的间距一般场地不宜大于 100 m，复杂场地不宜大于 50 m。

6.3 软土、松软土

6.3.1 对于在静水或缓慢流水环境中沉积形成的粉土、黏性土，具有含水率大（ $w \geq w_L$ ）、孔隙比大（ $e \geq 1.0$ ）、压缩性高（ $a_{0.1-0.2} \geq 0.5 \text{ MPa}^{-1}$ ）、强度低（ $P_u < 800 \text{ kPa}$ ）等特点，应按软土进行工程地质勘察。

虽不具备上述软土特征，但其基本承载力低、沉降不能满足工程要求的土，应按松软土进行工程地质勘察。

6.3.2 软土按其物理力学特征，可分为软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土及泥炭等类型。当粉土大部分指标满足软土指标时，可定为软粉土。

6.3.3 软土、松软土地区的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路宜绕避长大的软土、松软土地段。若绕避不经济或不可能时，应选择在软土、松软土分布最窄、厚度最小、硬底横坡较缓地段通过。

2 线路宜选择在地势较高，硬壳较厚，取土条件较好的地带通过。

3 软土、松软土地区的路基宜以路堤通过，路堤高度宜控制在设计临界高度以内，但不宜低于基床厚度。

4 在滨海平原、冲积平原和湖积平原线路位置选择应符合

下列要求:

- 1) 宜远离湖塘、人工渠道、河流及河口地段;
- 2) 宜沿河流高阶地通过;
- 3) 宜绕避古牛轭湖、埋藏谷及溺谷等软土埋藏地带;
- 4) 通过沿河谷分布的软土、松软土地带或古盆地时, 应避免从其中部通过。

5 在丘陵及山间谷地线路位置选择应符合下列要求:

- 1) 宜避开有软土、松软土分布的封闭或半封闭洼地;
- 2) 宜避免在硬底横坡较陡处通过。

6.3.4 软土、松软土地区工程地质调绘应符合下列要求:

1 查明软土、松软土地区地形、地貌特征、软土及松软土分布规律及其水文地质条件;

2 查明软土、松软土的成因类型、岩性、分布、厚度及物理力学性质;

3 查明硬壳厚度、性质及其随季节变化情况、硬底的性质及横向坡度;

4 了解既有建筑物的修建时间、加固及处理措施、施工方法、稳定状况;

5 沼泽地区应查明植物的分布和生长情况、地表水的汇流和水位季节变化、水文情况、地表水疏干条件、地下水露头及与地表水的关系。

6.3.5 软土、松软土地区工程勘探应符合下列要求:

1 宜采用以静力触探、物探、钎探、轻型螺纹钻探为主的综合勘探方法查明软土、松软土的分布范围。

2 宜采用静力触探、轻型螺纹钻探、十字板剪切试验和钻探相结合的综合勘探方法查明软土、松软土地层厚度和物理力学性质。

3 勘探点的布置应根据地段长短和建筑工程特点、地层结构、成层条件、硬底横坡等确定, 软土、松软土成层条件复杂时

应加密勘探点，必要时应进行代表性地质横断面勘探。

4 勘探、测试深度应至硬底以下 5 ~ 10 m，或至基岩层中 3 ~ 5 m。软土或松软土层较厚时，钻孔深度应不小于地基计算压缩层的深度。

5 取样钻孔应分层取代表性土样，层厚时可按上、中、下分别取原状土。必要时钻孔中应连续取芯，每 1 m 孔深取土样 2 个。

6.3.6 软土、松软土地区地质测试应符合下列要求：

- 1 使用静力触探应有钻孔和其他原位测试手段验证；
- 2 对厚层和难于取样的软土、松软土地层，宜采用静力触探、十字板剪切试验；
- 3 采取的土样应满足土工试验项目所需的规格和数量；
- 4 室内试验和原位测试项目应根据勘察阶段和工程类别确定。

6.3.7 软土、松软土地区工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:5000；
- 3 代表性工程地质横断面图，比例为 1:200，应注有地下水位及分层的物理力学性质代表数据；
- 4 工程地质纵断面图，比例尺视具体情况而定；
- 5 硬底顶面等高线图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:5000；
- 6 勘探、测试等原始资料。

6.3.8 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路软土及松软土地区的工程地质勘察应符合本节的有关规定，其中路基工程应进行代表性地质横断面勘探，路基地质横断面的间距不宜大于 100 m。每个横断面应布置 2 ~ 3 个勘探测试点，勘探测试点的间距不宜大于 50 m，地质条件复杂时，不应大于 30 m；每个工点中的取样或进行原位测试的勘探点不应少于勘探点总量的 1/3；勘探测试孔深度除满足本规范相关要求外，其深度不宜小于

25 m, 或至计算压缩层以下不少于 5 m。

6.4 盐 渍 土

6.4.1 当遇埋藏较浅的地下水沿土的毛细孔隙上升并不断蒸发, 在表层产生盐分聚集, 形成吸湿、膨胀、溶陷等工程特性的特殊地层时, 应按盐渍土开展工作。

6.4.2 土中易溶盐含量大于 0.3% 的土应定为盐渍土。当地表以下 1 m 深度内的土层易溶盐平均含量大于 0.3% 时, 应定为盐渍土场地。

6.4.3 盐渍土地段的工程地质选线应遵循下列原则:

1 线路应绕避强、超盐渍土地带, 特别是硫酸盐渍土、碱性盐渍土发育及盐沼地段, 无法绕避时宜在盐渍土分布最窄、排水条件较好、盐渍化程度较轻的氯盐渍土地段通过;

2 线路宜选择在地势较高、排水条件较好、土中含盐量低的地段以路堤通过;

3 应根据当地冻前最高地下水位、基底及填土的毛细水强烈上升高度、最大冻结深度等因素, 确定路堤的最小高度及采取的工程措施;

4 在盐渍土与软土共生地段, 应同时考虑盐渍土及软土工程地质选线要求及工程处理措施, 选择在二者处理工程均简易的地段通过。

6.4.4 盐渍土地段工程地质调绘应符合下列要求:

1 查明盐渍土分布范围, 含盐类型、含盐程度在平面上的界线;

2 查明盐渍土形成的水文地质条件、地下水动态变化规律、水质情况;

3 查明盐渍土的物理力学性质、盐分分布规律、毛细水强烈上升高度;

4 了解既有建筑物的腐蚀、破损情况;

5 收集当地降水量、蒸发量、年平均相对湿度等气象资料。

6.4.5 盐渍土地段工程勘探应符合下列要求：

1 宜采用以挖探或轻型勘探与钻探相结合的方法。

2 应根据盐渍土的分布特征合理布置勘探测试点，其间距宜不大于 200 m。大范围盐渍土地段沿线取样点的间距不宜大于 500 m。

3 勘探点的深度：桥梁、房屋及其他建筑物地基应满足工程设计要求；一般路基为 3 ~ 6 m，并应有一定数量的勘探点控制沿线地下水位变化。

4 盐渍土盐分化验取样应在干旱季节进行；在地表 1.00 m 范围内，一般按 0.00 ~ 0.05 m（盐壳厚度较大时应按实际厚度取）、0.05 ~ 0.25 m、0.25 ~ 0.50 m、0.50 ~ 0.75 m、0.75 ~ 1.00 m 分层取样。当地下水位埋深小于 1.0 m 时，可按上述间距取样至地下水位处；当地下水位较深，且 1.0 m 以下土层的含盐量仍然较高时，取样深度可适当加深，1.0 m 以下取样的间距可按 0.5 m，至地下水位。

6.4.6 盐渍土地段地质测试应符合下列要求：

1 盐渍土的平均含盐量、含盐成分应按取样厚度加权平均计算；

2 不同盐渍土及不同土质应分别采取代表性原状土样作盐渍土的物理力学性质试验，并宜用原位测试方法确定地基承载力；

3 应测定不同类型盐渍土及不同土质的毛细水强烈上升高度值；

4 沿线应采取地表水和地下水作水质分析，大范围盐渍土地区沿线地下水取样间距不宜大于 2 km；

5 根据建筑物的需要，可参照现行《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及铁道部有关铁路混凝土结构耐久性设计的规定，对环境水、土的腐蚀性进行测试和评价。

6.4.7 盐渍土的类型和盐渍化程度的判定标准应符合表 6.4.7 的规定。

表 6.4.7 盐渍化程度分类

盐渍土名称 盐渍化程度	基底及被利用土层的平均含盐量 \overline{DT} (%)		
	氯化盐渍土及 亚氯化盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土
弱盐渍土	$0.3 < \overline{DT} \leq 1.0$	—	—
中盐渍土	$1 < \overline{DT} \leq 5$	$0.3 < \overline{DT} \leq 2$	$0.3 < \overline{DT} \leq 1.0$
强盐渍土	$5 < \overline{DT} \leq 8$	$2 < \overline{DT} \leq 5$	$1 < \overline{DT} \leq 2$
超盐渍土	$\overline{DT} > 8$	$\overline{DT} > 5$	$\overline{DT} > 2$

6.4.8 盐渍土地段工程地质资料编制应包括下列内容：

- 1 工程地质勘察报告或说明；
- 2 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:2 000 ~ 1:5 000，应有不同含盐类型及含盐程度等的工程地质分区界线；
- 3 工程地质横断面图，比例为 1:200 ~ 1:500，绘上最高地下水位线；
- 4 工程地质纵断面图（必要时绘制），比例为横 1:500 ~ 1:5 000，竖 1:100 ~ 1:500，应绘最高地下水位线；
- 5 勘探、测试、气象及其他原始资料。

6.4.9 客运专线铁路及时速 200 km 客货共线铁路盐渍土地区的工程地质勘察应符合本节的有关规定，其中路基工程勘探点间距不宜大于 100 m；取样点间距宜为 100 ~ 200 m；勘探深度应穿透盐渍土层，且勘探深度不宜小于 25 m。

6.5 岩 盐

6.5.1 内陆咸水湖盆地，由于气候干旱，卤水浓缩、析盐形成表层以易溶盐为主要成分的盐壳，下部为充满易溶盐晶饱和卤水的特殊地层，当有低矿化度水补给时，极易发生溶蚀现象。遇该

类地段时应按岩盐开展工程地质勘察。

6.5.2 岩盐地段的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路通过岩盐地区时，应选择在盐壳厚、强度高、无溶洞或溶洞少而小的地带通过；

2 线路应绕避低矿化度水出露、地表水汇集及开采卤矿的地带。

6.5.3 岩盐地段工程地质勘察应采用科学研究与综合勘察相结合的方法。

6.5.4 岩盐地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 查明线路通过地带盐壳厚度、岩盐的厚度、结构，岩盐的类型，卤水的化学成分、矿化度及其平面和剖面上的分布规律，岩盐底部的地层、岩性；

2 查明地下水的类型、水位、变化幅度、水质、水量、流向、流速，承压水的水头高度等，与岩盐中卤水的水力联系，稀释卤水和溶盐程度、范围；

3 查明各类盐溶现象（溶孔、溶洞、溶陷），尤其是溶洞（明洞、暗洞）的分布、形状、大小、各溶洞间的联系、溶洞顶板的厚度和强度；

4 搜集有关盐湖开采的规模及方式、影响岩盐稳定和结构变化等的资料，分析对线路的影响程度。

6.5.5 岩盐地段工程勘探、地质测试应按下列要求进行：

1 岩盐地段应进行横断面勘探、测试，横断面间距不宜大于50m，每个横断面上的勘探孔不宜少于2个，对盐溶发育地段宜采用逐步加密勘探点或横断面的方法确定其范围；

2 勘探深度应超过基底5~6m，水文地质条件复杂时还应适当加深；

3 应充分利用工程勘探孔，探明盐底含水层分层、水质情况及联系；探测岩盐与底部低矿化度含水层有水力联系的钻孔，应严格进行分层封水、分别取样化验；钻探测试结束后应及时严

格封孔，避免给地基留下隐患；

4 可用物探方法探测岩盐中溶洞的位置、高程、形状、大小及溶洞间的联系；

5 按盐湖岩盐分段情况，不同深度分层取样进行岩盐物理力学试验及化学分析、卤水分析。

6.5.6 岩盐地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

2 工程地质图，比例为 1:2 000 ~ 1:5 000；

3 盐溶分布图，比例为 1:500 ~ 1:1 000；

4 水化学及矿化度图（地下水特别发育时绘制），可与工程地质图合并；

5 工程地质纵断面图，比例为横 1:500 ~ 1:5 000，竖 1:200 ~ 1:500，包括盐溶分布特征（盐溶特别发育时绘制）；

6 工程地质横断面图，比例为 1:200，应包括盐溶的分布特征；

7 勘探、测试及其他原始资料。

6.6 多年冻土

6.6.1 冻结状态持续二年或以上的土层（岩层），由于温度条件变化，物理力学性质随之改变，并产生冻胀、融沉等物理地质现象，应按多年冻土开展工作。对接近多年冻土区的深季节冻土，可参照多年冻土的冻胀和融沉性要求开展勘察工作。

6.6.2 根据多年冻土平面分布可分为连续多年冻土和岛状多年冻土；根据剖面分布可分为衔接和不衔接多年冻土；根据年平均地温值可分为高温极不稳定区、高温不稳定区、低温基本稳定区和低温稳定区；根据含冰量、土的类别可分为少冰冻土、多冰冻土、富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层。

6.6.3 多年冻土地区的工程地质选线应遵循下列原则：

1 线路应选择在地表干燥、少冰、平缓地带通过，避免挖

方、零断面及低填方，难以避免时应减少这些地段长度；山前线路应选择在热融泥流扇形地貌外缘的下方以路堤通过；缓坡地段宜在其上部通过；

2 线路应避免各类不良冻土现象发育地带，选择在少冰冻土地带通过；绕避含土冰层地带，避免通过富冰、饱冰冻土地带，不能绕避时宜从地势平缓、地下冰分布较窄、较薄地带通过；

3 线路通过冰椎、冻胀丘地段应在其下方以路堤通过，并留足高度；

4 线路应以路堤通过多年冻土沼泽、热融湖塘地段，其高度宜高出暖季后积水水位以上不小于 1.0 m；

5 特大、大中桥位置应选择在河流融区，避免将桥设在河流融区边缘的多年冻土不稳定地带；

6 岛状多年冻土区的隧道进出口路堑应选择在多年冻土薄且短的地段，应避开易产生热融滑坍地段，洞身应避开地下冰及地下水发育地带；

7 区段站及以上大站应选择在地形平坦、地质条件良好、冻胀及融沉最小、易于处理地段。

6.6.4 多年冻土地区工程地质调绘、研究应符合下列要求：

1 研究、分析沿线海拔高度、纬度、地貌、植被、坡向、气象等对多年冻土发育有影响的自然地理因素，收集、研究区域地温资料；

2 查明沿线多年冻土的类型及分布范围，确定多年冻土上限；

3 查明第四系地层的成因类型、地层结构、土质成分，特别是斜坡堆积物特征及其基底横坡；

4 查明多年冻土分类及富冰、饱冰、含土冰层分布规律，总含水率以及结构特征和物理力学性质；

5 查明地表水及地下水等水文地质特征、存在形态、相互

关系及其对工程建筑物的影响；

6 应分别在寒季和暖季调查多年冻土地区各类不良冻土现象的形态特征、形成条件、分布范围、发生与发展规律；

7 查明大河桥渡融区分布情况；

8 分析、研究隧道通过地段地下水（冰）发育情况、冻土融化圈对围岩强度的影响，冰层融化、水分转移可能引起的工程地质问题；

9 配合有关专业确定取弃土（渣）场、施工便道、临时房屋位置等，避免引起环境工程地质问题；

10 分析研究区域冻土地质、气候条件的变化趋势，预测冻土变化及其对工程的影响，必要时应设置站、点进行长期观测。

6.6.5 多年冻土地区工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 为查明多年冻土地区物理地质现象季节性演变特点，应在二、三、四、五月进行勘探，多年冻土上限深度勘探宜在九、十月进行；

2 应结合多年冻土设计原则确定勘探、测试深度，一般应深入多年冻土层内 20 ~ 30 m；在多年冻土较薄地段及岛状多年冻土区应有部分控制多年冻土下限深度的深钻孔；

3 岩、土试验项目除按一般岩、土物理力学性质的试验要求外，还应根据各类建筑物设计的需要，分别提供热物理及冻土力学参数，如导温系数、融化下沉系数及冻土地基承载力等；

4 为查明地温状态及其与冻土物理力学性质的关系，应按不同地貌单元及合理间距布置代表性地温长期观测钻孔，开展定时地温观测，查明沿线地温特征值在平面和剖面上的分布，观测时间的长短视工程要求而定。

6.6.6 多年冻土区应根据多年冻土在平面及剖面上的分布特征、土的含冰量及土的类别进行工程地质分区，还应根据年平均地温 (T_{ep}) 按表 6.6.6 的规定进行稳定性分区。

表 6.6.6 多年冻土年平均地温稳定性分区

稳定性分区	年平均地温值 (°C)
高温极不稳定多年冻土区	$T_{ep} \geq -0.5$
高温不稳定多年冻土区	$-1.0 \leq T_{ep} < -0.5$
低温基本稳定多年冻土区	$-2.0 \leq T_{ep} < -1.0$
低温稳定多年冻土区	$T_{ep} < -2.0$

6.6.7 多年冻土场地应根据工程类型、地质情况、地温特征值、岩土含水率及地下水情况等评价其工程地质条件。其中，多年冻土地基还应根据土的类别、总含水率及融沉系数进行融沉性分级，其标准应符合表 6.6.7 的规定。

表 6.6.7 多年冻土融沉性分级及冻土分类

土的名称	总含水率 w_A (%)	平均融沉系数 δ_0 (%)	融沉等级 及类别	冻土类别
粉黏粒质量小于 15% 的粗颗粒土 (包括碎石类土、砾 砂、粗砂、中砂， 下同)	$w_A < 10$	$\delta_0 \leq 1$	I 级不融沉	少冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土	$w_A < 12$			
细砂、粉砂	$w_A < 14$			
粉土	$w_A < 17$			
黏性土	$w_A < w_p$			
粉黏粒质量小于 15% 的粗颗粒土	$10 \leq w_A < 15$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II 级弱融沉	多冰冻土
粉黏粒质量大于 15% 的粗颗粒土	$12 \leq w_A < 15$			
细砂、粉砂	$14 \leq w_A < 18$			
粉土	$17 \leq w_A < 21$			
黏性土	$w_p \leq w_A < w_p + 4$			

续说明表 6.6.7

土的名称	总含水率 w_A (%)	平均融沉系数 δ_0 (%)	融沉等级 及类别	冻土类别
粉黏粒质量小于 15%的粗颗粒土	$15 \leq w_A < 25$	$3 < \delta_0 \leq 10$	Ⅲ级融沉	富冰冻土
粉黏粒质量大于 15%的粗颗粒土				
细砂、粉砂				
粉土				
黏性土	$w_p + 4 \leq w_A < w_p + 15$			
粉黏粒质量小于 15%的粗颗粒土	$25 \leq w_A < 44$	$10 < \delta_0 \leq 25$	Ⅳ级强融沉	饱冰冻土
粉黏粒质量大于 15%的粗颗粒土				
细砂、粉砂				
粉土				
黏性土	$w_p + 15 \leq w_A < w_p + 35$			
碎石类土、砂类土、 粉土	$w_A \geq 44$	$\delta_0 > 25$	Ⅴ级融陷	含土冰层
黏性土				
	$w_A \geq w_p + 35$			

注：1 融沉系数为冻土试样融化下沉量与冻土试样高度的比；

2 总含水率为含冰和未冻水的总质量与土骨架质量之比；

3 w_p 为塑限含水率；

4 盐渍化冻土、冻结泥炭化土、腐殖土、高塑性黏土不在表列。

6.6.8 多年冻土地区工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

2 工程地质图，比例为 1:2000 ~ 1:5000，应包括不同类型冻土及年平均地温稳定性分区界线，不良冻土现象分布情况等；

3 详细工程地质纵断面图，比例为横 1:10000，竖 1:200，注明冻土天然上限深度和冻土融沉性分级；

4 有关不良冻土现象及各类建筑物工点的工程地质资料。

6.7 填 土

6.7.1 线路通过人为活动堆填，具有成分复杂、固结时间短的土层时，应按填土开展工作。

6.7.2 根据其堆填方式可划分为杂填土、素填土、冲（吹）填土和填筑土。

6.7.3 填土地段线路和工程位置选择应遵循下列原则：

1 线路应绕避地段长、松散、厚度大的填土地段，特别是松软的冲（吹）填土、由生活垃圾、工业废料及尾矿等组成的杂填土及填土基底横坡较大地段；应选择在没有填土或填土分布较窄、厚度较薄、基底土质较好、横坡平缓的地段通过；

2 有机质含量较多的生活垃圾、对基础有侵蚀性的工业废料，弃土时间短、未经处理的填土均不得作为工程的天然地基。

6.7.4 填土地段工程地质调绘应符合下列要求：

1 查明填土的类型、厚度、分布及原地面横坡，调查弃填年代、方式、来源及工程特征；

2 查明填土的物质组成、密实程度、含水情况等；

3 调查地基范围内暗埋塘、浜、沟、坑的分布及水文地质条件，有无有毒、有害气体，腐蚀性的水、土等；

4 调查填土上永久或临时建筑物、构筑物的建筑年代、使用情况及当地建筑经验等。

6.7.5 填土地段工程勘探、地质测试应符合下列要求：

1 以填土作为路基基底时，应进行横断面勘探、测试，横断面间距不宜大于 50 m；

2 以填土作为建筑物地基时，应根据填土类型、建筑物类型、位置、重要程度布置勘探、测试孔，对可能有暗塘、浜沟、坑的地段勘探点应加密；

3 为查明填土厚度的勘探孔深度应至填土层底以下不小于 5 m；

4 当填土层较薄，其下岩土层对建筑物稳定及沉降等有影响时，应按本规范相关规定进行勘探、测试；

5 填土的物理力学性质，应采用原位测试和取样室内试验等方法确定，难以取得测试资料而又为重要工程时应进行现场载荷试验；

6 在地基持力层深度内应采取土样试验或进行原位测试；

7 应取环境水样进行水质分析，必要时应对有毒、有害气体和填土取样分析。

6.7.6 填土地段工程地质资料编制应包括下列内容：

1 工程地质勘察报告或说明；

2 工程地质图（必要时绘制），比例为 1:500 ~ 1:2000；

3 工程地质横断面图，比例为 1:200 或 1:500；

4 勘探孔工程地质柱状图；

5 勘探、测试及其他原始资料等。

7 新建铁路工程地质勘察

7.1 一般规定

7.1.1 新建铁路工程地质勘察应按踏勘、初测、定测、补充定测四阶段开展工作。地形地质条件特别复杂、线路方案比选范围较大时，宜在初测前增加“加深地质工作”。

7.1.2 工程地质勘察工作深度应满足设计要求，并与设计阶段相适应，不应超越阶段要求，亦不得将本阶段应做的工作推到下一阶段或施工中去完成。

7.1.3 工程地质勘察应根据建设项目的标准、地区特点、工程设置、勘测阶段等编制勘察大纲，确定勘察方法和工作量。每一阶段结束时，应根据工作情况，提出下阶段工程地质勘察重点及注意事项。

7.1.4 新建铁路各勘察阶段的文件编制应符合铁道部《铁路建设项目预可行性研究、可行性研究和设计文件编制办法》的有关规定。

7.2 踏 勘

7.2.1 踏勘阶段工程地质工作的任务应是了解影响线路方案的主要工程地质问题和各线路方案一般工程地质条件，为编制预可行性研究报告提供工程地质资料。

7.2.2 踏勘阶段工程地质工作应采用搜集、分析区域地质资料与遥感图像地质解译、现场踏勘相结合的工作方法，并应完成下列各项工作：

1 广泛搜集、分析区域地质资料，认真研究线路方案；

2 地质条件复杂时,进行遥感图像地质解译,拟定现场踏勘重点及需解决的问题;

3 编制踏勘阶段工程地质资料。

7.2.3 踏勘阶段的工程地质工作应包括下列内容:

1 概略了解线路通过区域的地层、岩性、地质构造、地震动参数区划、水文地质等及其与线路的关系,初步评价线路通过地区的工程地质条件;

2 对控制线路方案的越岭地段,了解其地层、岩性、地质构造、水文地质及不良地质等的概略情况,提出越岭方案的比选意见;

3 对控制线路方案的大河桥渡,了解其地层、岩性、地质构造、岸坡和河床的稳定程度等的概略情况,提出跨越地段地质条件的比选意见;

4 对控制线路方案的不良地质和特殊岩土地段,概略地了解其类型、性质、范围及其发生、发展的概况,提出对铁路工程危害程度的评估意见和对线路方案的比选意见;

5 了解沿线既有及拟建的大型水库及矿区情况,分析其对线路方案的影响;

6 了解沿线天然建筑材料的分布情况;

7 对地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 的地区,应进行地震危害的专门研究,提出线路方案的比选意见和下一阶段勘测的注意事项;

8 提出对线路方案、工程设置等有很大影响,须进行地质专题研究的课题。

7.2.4 踏勘阶段工程地质资料编制应符合下列要求:

1 全线工程地质说明,内容应包括:

1) 线路通过地区的自然地理、地层岩性、地质构造、水文地质概况、主要气象资料及地震动参数区划概况;

2) 控制线路方案的不良地质、特殊岩土、地质复杂的越

岭地段、大河桥渡、大型水库和矿区等的工程地质条件。

3) 各方案的工程地质条件评价和方案比选意见;

4) 对下阶段工程地质勘察工作的建议。

2 全线工程地质图

1) 比例为 1:50 000 ~ 1:200 000 (工程地质条件简单时, 可用 1:500 000), 可与线路方案平、纵断面缩图合并;

2) 利用区测地质和遥感图像解译资料编制, 对控制线路方案的不良地质、主要构造等可用文字说明并以图例表示于平面图的相应地段。

3 控制线路方案的不良地质、特殊岩土和地质复杂的特大桥、长隧道的工程地质平、纵断面示意图。

4 搜集的勘探、试验资料及工程地质照片等的整理。

7.2.5 当线路通过地形地质条件特别复杂、线路方案多、比选范围大时, 应在提交预可行性研究报告中提出安排“加深地质工作”要求的意见。

7.3 加深地质工作

7.3.1 应根据审查批复意见, 在线路可能通过的最大区域内, 初步查明控制和影响线路方案的地质条件, 提出初测方案范围和评价意见。

7.3.2 应采用多片种遥感图像地质解译、大面积地质调绘和综合物探相结合并辅以少量验证性钻探的综合勘察方法。

7.3.3 加深地质工作应包括下列内容:

1 初步查明测区地形地貌、气象特征、地震动参数等自然地理概况及主要地层岩性、影响线路方案的地质构造的延伸及其工程地质特征;

2 初步查明测区内不良地质及特殊岩土的性质、规模、发育特征、分布范围及对线路方案的影响程度;

3 初步查明测区内水文地质条件及对线路方案的影响程度；

4 布置少量验证性钻孔，查明控制性地质条件，并结合工程情况与物探测井、孔内原位测试相配合，尽量多地取得地质参数。

7.3.4 大面积工程地质选线应充分注意对环境工程地质条件分析，全面权衡其对线路和建筑物的稳定、施工安全、运营养护及对环境的长期影响，并应符合下列要求：

1 河谷线路应选择在地形平坦的宽谷阶地一侧，宜避开陡峻山坡，避免岩层不利结构面倾向线路的长大挖方工程；

2 越岭线路宜避开地质构造轴线，尤其应避免沿大的断层破碎带、地下水发育的地带通过；应选择在相对稳定、地层完整的地带通过；在通过大的断层破碎带时，线路应垂直或大角度斜交穿越，避免在其上迂回展线和设站；

3 线路应绕避严重不良地质、工程难以处理的特殊岩土地段，当不能绕避时，应采取切实可行的工程措施，一次根治不留后患；

4 线路宜绕避地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 的地区及新构造运动活动强烈的地段，特别是不利抗震地段，必须通过时应采用工程措施，并选择长度最短的地段通过；

5 重点桥梁、隧道及控制性路基工程应结合线路走向和工程地质条件、水文地质条件在较大范围内进行方案比选；应避免沿断裂破碎带及在地质条件复杂地带通过。

7.3.5 加深地质工作调绘范围应以批准的加深地质工作要求范围为准，包括所有线路方案在内的区域。当宏观地质条件定性需要加宽时，可适当扩大范围。

7.3.6 加深地质工作成果资料应包括下列内容：

1 线路方案研究报告。

2 工程地质勘察总报告，内容包括：勘测工作概况、自然地理概况、地层及构造、水文地质特征、主要工程地质问题及工

程措施意见、线路方案的地质条件评价及结论意见、存在的主要问题及初测中应注意事项。

必要时应增加水文地质、遥感图像地质解译和地球物理勘探等分报告。

3 地质图件, 包括:

- 1) 测区工程地质图, 比例为 1:10 000 ~ 1:50 000, 填绘内容应包括地层年代、岩性、影响线路方案的地质构造、不良地质、特殊岩土的性质、范围及水文地质情况、地震动参数及界线;
- 2) 水文地质图, 比例尺与工程地质图相同;
- 3) 遥感图像地质解译成果图, 比例为 1:100 000 ~ 1:200 000;
- 4) 地质复杂、控制线路方案的特大桥、长隧道的工程地质纵断面图 (含综合物性纵断面图), 比例尺根据需要确定;
- 5) 勘探、测试成果资料。

7.4 初 测

7.4.1 初测阶段工程地质勘察应根据预可行性研究报告审查批复意见安排工作。

7.4.2 初测阶段的工程地质勘察工作应包括下列内容:

1 查明线路可能通过地区区域地质条件, 为工程地质选线提供可靠地质依据;

2 查明推荐线路方案和线路主要比较方案工程地质条件, 对线路各方案做出评价;

3 编制初测工程地质勘察报告和为各类工程设计提供工程地质资料。

7.4.3 初测阶段工程地质勘察工作的重点应包括下列内容:

1 大面积工程地质选线应符合本规范第 7.3.4 条的规定。

2 推荐线路方案和线路主要比较方案应包括:

- 1) 查明沿线的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质特征等工程地质条件；
- 2) 初步查明各类不良地质和特殊岩土成因、类型、性质、范围、发生发展及分布规律、对线路的危害程度，提出线路通过的方式和部位；
- 3) 初步查明地质复杂及控制和影响线路方案的重大路基工点、大桥、隧道、区段站及以上大站等的工程地质条件，为各类工程位置选择和工程设计提供地质资料；
- 4) 配合相关专业对沿线大型或重点建筑材料场地进行材料质量及储量的工程地质勘察工作，并作出工程地质评价；
- 5) 对由于工程修建可能出现的地质病害，预测其发生和发展的趋势及对线路方案的影响；
- 6) 确定沿线的岩土施工工程分级；
- 7) 对重大工程地质问题开展专题研究。

7.4.4 初测阶段的工程地质调绘宜采用下列方法：

- 1 工程地质调绘宜采用野外地质调绘与遥感图像地质解译相配合；
- 2 构造复杂的地区用追索法，查明地质构造特征、性质、延伸方向；宽大断裂带应划分岩体的破碎程度，评价构造带对线路方案或工程的影响；
- 3 工程地质图应在野外实地填绘；对线路方案和工程有影响的地质界线、地质点，应采用仪器测绘。

7.4.5 初测阶段工程地质调绘内容，除应符合本规范第3.4节的规定外，尚应符合下列要求：

- 1 应统一区域地层划分标准和技术工作标准；
- 2 配合有关专业实地确定地形地质条件较复杂地段线路通过的地带，查明不良地质、特殊岩土、重点桥梁、隧道等控制和影响线路方案地段的工程地质条件，提出线路通过位置或方案比

选意见；

3 一般地段结合工程地质条件，提出工程措施意见，确定岩土施工工程分级及挖方地段岩、土成分比例；

4 搜集、汇总气象资料及土的冻结深度，并应结合地形条件划分适宜范围；

5 在短时间难以查明且影响线路方案选定的复杂地质地段或工点，必要时应建立观测站（点）进行观测。

7.4.6 初测阶段工程地质调绘宽度应满足下列要求：

1 全线工程地质图，受构造条件控制时，应调绘至线路受构造影响的范围；受其他地质条件控制时，应调绘至该条件对线路的影响范围之外；沿河谷的线路，当需要比较两岸工程地质条件时，应调绘至河谷两岸线路可能通过的范围；

2 详细工程地质图，应与线路地形图的宽度相适应；对于不良地质、特殊岩土及受地质条件控制的大桥、隧道等工点，应扩大调绘至有影响的范围。

7.4.7 初测阶段工程勘探和测试工作应符合下列要求：

1 勘探、测试工作应根据地质条件合理选配勘探测试方法，地质条件允许时应充分利用工程物探、原位测试等方法；

2 勘探、测试的重点应是控制和影响线路方案的不良地质、特殊岩土及地质复杂的重点工程，一般地段也应布置适当的勘探测试孔，避免遗漏隐蔽的工程地质问题；

3 勘探、测试孔的数量和深度，对控制和影响线路方案的工点应结合工程类别和场地地质条件确定，对一般地段应以基本查明区域稳定程度和沿线工程地质条件为原则；

4 对控制和影响线路方案的工程应根据工程要求采集水、土、岩样进行分析试验，一般地段应结合区域地质条件分段采集水、土、岩样进行分析试验。

7.4.8 初测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求：

1 工程地质勘察报告，内容包括：

- 1) 任务依据, 线路概况;
- 2) 工作概况: 包括工作时间、工作方法、人员与分工、完成工作量和既有资料利用情况等;
- 3) 自然概况: 包括线路通过地段的自然地理概况, 如山脉、水系、气象、地形、地貌等及城镇、交通情况, 地震动参数的区划概况, 土的冻结深度分布情况;
- 4) 工程地质特征: 包括沿线地层、岩性及其分布范围, 线路通过主要地质构造及与线路的关系, 各类铁路建筑物的工程地质条件;
- 5) 水文地质特征;
- 6) 主要工程地质问题: 包括沿线不良地质、特殊岩土的类型、性质、范围、分布规律及其对线路的危害程度, 处理原则;
- 7) 重点或大型建筑材料场地的工程地质评价;
- 8) 线路各方案的工程地质评价和比选意见;
- 9) 有待进一步解决的问题及定测注意事项;
- 10) 必要时附全线各类工点目录表。

2 全线工程地质图, 比例为 1:10 000 ~ 1:200 000 (工程地质条件简单时, 可采用 1:500 000), 应包括主要岩层分界线、地质构造线、代表性岩层产状、地层小柱状图、地层成因及时代, 不良地质、特殊岩土、地震动参数界线, 地质图例, 代表性工程地质横断面图及主要方案工程地质纵断面示意图或综合柱状图。对评价工程地质条件有重要意义的地质现象, 在图上填绘宽度不足 2 mm 时, 应适当扩大并加注说明。

图面地质界线填绘的宽度不宜小于 5 ~ 10 cm, 有比较线且两方案相距不远时, 中间宜予补全, 使其相连。

3 详细工程地质图, 比例为 1:2 000 ~ 1:5 000, 可与线路平面图合并, 其内容包括: 岩层分界线、成因、时代、产状、节理、断裂、褶曲等, 不良地质、特殊岩土的范围界线, 地震动参

数界线，地下水露头、地层小柱状图、地质点，地质图例、符号（绘于封面之后）。

4 工程地质纵断面图，比例为横 1:10 000，竖 1:200 ~ 1 000，也可与线路详细纵断面图合并。根据地质调绘及初步勘探成果填绘地层、岩性、地质构造、代表性勘探点，对工程有影响的地下水位，用地质图例花纹或文字与花纹结合绘制。工程地质特征栏中分段简述地质概况。

5 沿线工程地质分段说明：根据导线里程或纸上定线里程，按地形、地貌或不同工程地质条件分段编写。其内容包括：地形、地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件，不良地质和特殊岩土分布、特征、规模、发生和发展的原因、稳定性及其对工程影响的评价；不控制线路方案的路基（包括防护工程）、桥涵、隧道、站场等建筑物的工程地质条件，以及挖方边坡坡率、地基基本承载力、隧道围岩分级、地震动参数、土壤冻结深度、岩土施工工程分级及挖方工程岩、土成分比例，工程措施意见。

6 工程地质专题研究课题的研究报告（有专题研究课题时附）。

7 勘探、测试及其他原始资料：

- 1) 所有观测点、钻探、简易勘探及各类测试资料，除附有关工点外，应各有一份装订成册；
- 2) 各类物探成果资料，应按工点整理、分析说明并装订成册；
- 3) 地质照片、岩石标本、化石等分类整理。

7.4.9 初测阶段应对控制和影响线路的不良地质、特殊岩土、重大工程和技术复杂的工程编制工点资料，其编制办法应符合本规范第 4、5、6 章有关规定。控制线路方案、工程地质条件复杂的特大桥、长隧道等工点的地质资料宜单独成册。

主要比较方案应以同等精度完成上述资料。

7.4.10 可行性研究阶段地质篇的编制应符合下列要求:

1 文字说明

- 1) 地质勘察概况: 简述勘察依据、勘测范围、勘测经过、预可行性研究地质专业审批意见的主要内容及执行情况、初测工程地质勘察大纲的要点及执行情况、完成的勘探工作量及主要参考资料等;
- 2) 自然地理概况: 概述测区地形地貌、气象特征及地震动参数区划等;
- 3) 工程地质特征: 内容包括地层岩性、地质构造及地震;
- 4) 水文地质特征;
- 5) 工程地质特征: 着重说明不良地质、特殊岩土和地质复杂控制线路方案的路基、桥梁、隧道等重大工程的地质条件评价及工程措施意见;
- 6) 重点天然建筑材料场地的地质条件及对储量和质量的评价;
- 7) 地质灾害危险性评估、压覆矿产资源评估、地震安全性评价和工程地质专题研究课题的主要结论意见;
- 8) 工程建设、天然建筑材料开采对环境地质条件的主要影响;
- 9) 线路各方案的工程地质条件和评价: 着重说明受地质因素控制的选线原则, 贯通方案和主要比较方案的地质条件和评价, 方案推荐意见及依据;
- 10) 有待进一步解决的问题。

2 附 件

- 1) 工程地质专题研究课题报告 (有专题研究课题时附)。
- 2) 附图, 包括:
全线工程地质图 (含推荐方案及各主要比较方案),
比例为 1:10 000 ~ 1:200 000;

区域地质构造纲要图（区域地质构造复杂，控制线路方案时绘制），比例为 1:200 000 ~ 1:500 000；

详细工程地质图，比例为 1:2 000 ~ 1:5 000；

工程地质纵断面图，比例为横 1:10 000，竖 1:200 ~ 1:1 000（包括推荐方案和主要比较方案）。

- 3) 地质资料单独成册的工点：控制和影响线路方案地质条件复杂的特长隧道、多线隧道、特大桥、高桥及不良地质工点（也可分别附入有关专业各工点）。

7.5 定 测

7.5.1 定测阶段工程地质勘察工作应符合下列要求：

1 根据可行性研究报告批复意见，在利用初测、可行性研究报告资料的基础上，为确定线路具体位置详细查明采用方案的工程地质和水文地质条件；

2 为各类工程建筑物和建筑材料场地初步设计提供工程地质资料。

7.5.2 定测阶段工程地质勘察工作应包括下列内容：

1 准备阶段

- 1) 熟悉可行性研究资料及方案比选过程，补充搜集有关区域地质及工程地质资料；
- 2) 研究可行性研究报告批复意见及定测任务书，结合工程地质条件提出对线路方案的改善意见；
- 3) 工程地质勘察工作全面开展前，宜统一技术工作标准，提出工程地质勘察中的注意事项；
- 4) 配合有关专业进行沿线会勘，实地了解线路位置概略情况及可能出现的局部修改方案地段的工程地质条件。

2 勘察阶段

- 1) 工程地质勘察工作应采用综合勘察方法，资料整理时

应进行综合分析；

- 2) 工程地质勘察工作宜按工点进行，应结合区域地质条件，详细查明场地地质条件，合理布置勘探、测试工作。

7.5.3 定测阶段工程地质调绘应根据沿线地质特点，结合工程类型开展工作。除应满足本规范第 3.4 节的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 对有价值的局部比较方案，提供评定方案的工程地质资料及方案选择的意见；
- 2 受工程地质条件控制的地段，宜采用地质横断面选线，必要时应实地试线确定线路位置；
- 3 详细查明地形地貌形态与地层岩性、地质构造之间的关系及其对工程的影响，预测工程设置、施工可能出现的工程地质问题；
- 4 实地复核、修改、补充详细工程地质图，为绘制详细工程地质纵断面图搜集地质素材；
- 5 已设置且影响工程稳定的地质观测站（点），应继续进行观测。

7.5.4 定测阶段工程勘探工作应符合下列要求：

- 1 勘探点的布置应满足下列要求：
 - 1) 勘探点的间距，应根据地质复杂程度和不良地质、特殊岩土的性质，以及建筑物的布置范围确定；
 - 2) 工程地质断面图上地质界线的确定应以地质点为依据，代表性工程地质断面图不得少于 2~3 个地质点（包括观测点）；
 - 3) 区域地质条件规律性明显、地层简单时，可用代表性勘探点资料，提供一般建筑物的设计；
 - 4) 一般路基地段应布置适量勘探孔，以满足编制详细工程地质纵断面图要求和不遗漏对线路安全有影响的工

程地质问题。

2 勘探点的深度除应满足各类建筑工程勘探要求外，尚应满足下列要求：

- 1) 对一般基础工程应超过最大季节冻结深度及基础持力层深度；
- 2) 对受常年或季节性水流冲刷的基础工程应超过水流最大冲刷深度；
- 3) 地震动峰值加速度为 $0.1g$ 及以上地区，地基土为饱和砂土、粉土地层时，应大于地震可液化层深度；
- 4) 若第四系覆盖较薄，应结合建筑物对地基强度的要求和基岩形态、性质及其风化带的力学强度来确定，一般应超过岩层全风化带至强风化（或弱风化带），必要时至微风化带内一定深度；
- 5) 位于陡立谷坡上的基础工程，应穿透该谷坡稳定坡角线以下，并达持力层；
- 6) 探明地质构造（如断裂）、水文地质条件、不良地质和特殊岩土의勘探测试孔，应视具体情况确定。

3 下列情况的钻孔宜进行物探测井或原位测试：

- 1) 地质复杂地段的钻探，由于岩芯漏层可能对工程稳定及施工安全有影响的钻孔；
- 2) 需测定地下水水位、层数、流向、流速或渗透系数的钻孔；
- 3) 需测定岩层原始地应力和地温的钻孔；
- 4) 有特殊要求的钻孔。

7.5.5 岩土参数的测试工作应符合下列要求：

1 第四系堆积地层宜采用原位测试方法，分层提供基本承载力；

2 软土及松软土地区宜采用土工试验和静力触探、十字板剪切试验相结合的方法为工程设计提供物理、力学数据；

3 应根据工程场地条件、区域地质、不良地质和特殊岩土的发展情况，分别采取岩、土、水样进行分析试验；

4 有不利结构面危及工程稳定和施工安全时，也可选择适当地点作大面积剪切试验。

7.5.6 定测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求：

1 地质勘察资料编制工作应按资料整理程序开展工作。其中基础资料应结合场地情况，对各类地质勘察资料进行认真分析、综合对比；岩土参数结合地质条件，剔除异常数据后再分类统计。

2 各类建筑物、不良地质、特殊岩土工点，应按本规范第4、5、6章有关规定编制。

3 工程地质勘察报告应包括下列内容：

- 1) 工作概况：内容包括任务依据、工作时间、人员分工、工作方法、完成工作量、资料利用等；
- 2) 自然地理概况：内容包括线路通过地区地形地貌、交通、气象特征、土的冻结深度段落划分；
- 3) 工程地质特征：内容包括沿线地层、岩性、地质构造、水文地质特征、岩土施工工程分级、地震动参数等；
- 4) 工程地质条件评价：内容包括不良地质、特殊岩土、重点建筑材料场地、各类重点工程的工程地质条件概况、评价及工程措施意见等；
- 5) 有待解决的问题；
- 6) 全线各类工点及附件目录。

4 详细工程地质图，比例为1:2000~1:5000（补充修改可行性研究的详细工程地质图）。

5 详细工程地质纵断面图，比例为横1:10000，竖1:200~1:1000，也可与线路详细纵断面图合并，填绘地层、岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探点及对工程有影响的地

下水位线，用花纹符号或文字与花纹符号结合绘制，工程地质特征栏内分段简述地质概况。

6 勘探、测试资料及其他原始资料分类分析整理、装订成册。

7.5.7 初步设计地质篇的编制，应符合下列要求：

1 文字说明

- 1) 勘察概况：简述勘察依据、勘测范围、勘测经过、可行性研究地质篇审批意见的主要内容及执行情况、定测工程地质勘察大纲的要点及执行情况及完成的勘探工作量；
- 2) 自然地理概况：简述线路通过地区地形地貌、交通、气象特征、季节性冻土深度段落划分及地震动参数区划等；
- 3) 地质概况：内容包括沿线地层岩性、地质构造、水文地质特征；
- 4) 工程地质条件评价：简述沿线有关的不良地质、特殊岩土的分布、特征及工程处理措施、各类重点工程地质条件评价及工程措施意见、对建设项目工程地质条件的总体评价；
- 5) 地质灾害危险性评估、压覆矿产资源评估和地震安全性评价的主要结论；
- 6) 详细阐述主要天然建筑材料场地的地质条件及对储量和质量的评价；
- 7) 工程建设、天然建筑材料开采对环境地质条件的主要影响；
- 8) 补充定测及施工中应重视的工程地质问题及注意事项：主要阐述补充定测应着重解决的问题、沿线环境地质条件改变后可能引起的工程地质问题和该线施工应注意的工程地质问题。

2 附 件

- 1) 全线工程地质图, 比例为 1:10 000 ~ 1:200 000;
- 2) 详细工程地质图, 比例为 1:2 000 ~ 1:5 000;
- 3) 详细工程地质纵断面图, 比例为横 1:10 000, 竖 1:200 ~ 1:1 000;
- 4) 各类工点工程地质资料附入该专业工点资料内。

7.6 补充定测

7.6.1 补充定测阶段工程地质勘察应根据工程勘察任务书要求, 在充分利用既有工程地质资料基础上, 补充工程地质勘察工作, 提供沿线各类工程施工图设计所需工程地质资料。

7.6.2 补充定测阶段工程地质调绘工作应符合下列要求:

1 按工点核对、补充地质调绘资料。地质条件复杂工点、尚遗留地地质疑点时, 应从影响因素入手, 多角度反复调查, 详细查明场地地质条件;

2 修改、补充详细工程地质图, 为修改详细工程地质纵断面图搜集资料;

3 影响施工安全并已设点进行观测的站点, 应继续进行观测。

7.6.3 补充定测阶段工程勘探和地质测试工作应符合下列要求:

1 应在分析既有地质资料的基础上, 结合场地工程地质条件, 按施工图设计要求补充勘探、测试工作;

2 勘探测试数量与孔深应根据场地地质条件、工程设置、初步设计地质资料情况确定;

3 测试内容应根据既有工程地质资料情况及工程施工图设计所需岩、土、水参数要求确定。

7.6.4 补充定测阶段工程地质勘察资料编制应符合下列要求:

1 工程地质勘察资料整理应首先将既有地质资料和本阶段工程地质勘察资料一起汇总分析, 出现差异, 分析原因, 作出判

断，然后按程序进行；

2 工程地质勘察报告编写内容可参照定测阶段工程地质勘察报告要求编写，内容中应着重评价工程地质特征、各类工程的地质条件、施工中应注意的工程地质问题；

3 利用补充定测阶段工程地质资料，补充、修改初步设计阶段详细工程地质图和详细工程地质纵断面图；

4 各类建筑物、不良地质、特殊岩土工点资料编制，应符合本规范第4~6章的有关规定；

5 勘探、测试资料及其他原始资料应分类整理，装订成册。

8 改建铁路工程地质勘察

8.1 一般规定

8.1.1 改建铁路工程地质勘察应参照新建铁路工程地质勘察的任务进行。

8.1.2 改建铁路工程地质勘察应充分利用既有铁路的工程地质资料,借鉴既有工程建筑的经验和教训,在考虑改建和增建工程场地稳定性的同时,还应考虑既有建筑物的稳定状况及增建第二线对既有建筑物的影响。

8.1.3 改建铁路绕行线段应按新建铁路的要求开展工程地质勘察工作。

8.1.4 既有线提速工程的工程地质勘察应参照本规范中客运专线铁路及时速 200 km 客货共线铁路的有关规定进行。

8.1.5 改建铁路勘察应遵守国家有关安全和环境保护方面的法律、法规。调绘及勘探工作应确保既有线的运营及勘察人员与机具的安全,做好铁路周边环境的保护。

8.2 工作内容

8.2.1 改建铁路工程地质勘察工作应包括下列内容:

1 查明改建地段及增建第二线的地形、地貌、地层岩性、地质构造、不良地质、特殊岩土及水文地质特征,评价其工程地质条件,提出改建方案或增建第二线的左右侧选择和方案比选的意见;

2 查明改建地段及并行地段既有不良地质和特殊岩土的性
质,施工、运营以来的发展与演变情况,评价既有整治措施的效

果，提出改建或增建第二线的通过部位、方式及措施意见；

3 调查改建或并行地段各类既有建筑物的工程地质条件、稳定状况，病害发生过程及整治效果，确定增建第二线的位置和方式，提出改建或增建建筑物的工程措施意见；

4 既有线提速工程应重点查明既有路基基床部分的物质组成、密实程度、承载力，既有路基边坡的稳定性，地基条件不能满足要求的地段，路桥、路涵过渡段及新老路基拨接处的地质条件等，并提出工程措施意见；

5 既有线提速工程应查明既有隧道、桥涵工程存在的地质病害，提出整治措施意见。

8.2.2 改建铁路工程地质调绘应符合下列要求：

1 应在充分搜集和研究区域地质、既有铁路原设计、施工、竣工、病害整治等工程地质资料的基础上，详细查明沿线地质病害工点的发生、发展和演变情况、整治措施和效果，增建第二线对既有铁路的影响，查明水文地质、工程地质条件，提出综合整治的措施意见及设计所需工程地质资料。

2 地质调绘应沿既有线进行。调绘宽度可根据横断面范围、取土坑范围或堑顶排水范围确定。工程地质条件复杂或地质病害地段，应根据需要加宽调查范围。调绘重点应放在改建或增建第二线所在的一侧。绕行地段应按新建铁路工程地质调绘要求沿绕行线进行。

3 凡受工程地质条件控制，影响线路方案选择的地段，应进行较大面积的调绘，为方案比选提供依据。

8.2.3 改建既有线或增建第二线左右侧的选择，应在查明既有线两侧工程地质条件的基础上，考虑对既有病害的改善和治理，考虑对既有建筑物的影响、既有设备的利用、对运营的干扰等因素，进行技术经济综合比选。

1 增建隧道应根据工程地质条件和一线隧道情况，确定二线隧道位置和间距；应充分考虑二线隧道建设对既有隧道稳定和

运营安全的影响；

2 路堑边坡坍塌变形地段如采用清方刷坡等工程进行根除病害时，第二线可选在有病害的一侧；

3 滑坡错落地段应绕避或选择在有利于增进稳定的一侧；

4 泥石流地段宜选在既有线下游一侧；

5 风沙地段宜选在当地主导风向的背风一侧；

6 软土地段基底有明显横坡时，宜选在横坡下侧；

7 膨胀土地段宜选在地面平缓、挖方较低的一侧；

8 盐渍土地段宜选在地势较高、地下水位较低或排水条件较好的一侧；

9 水库坍岸地段不宜选在靠水库的一侧。

8.2.4 既有建筑物工程地质调查应以查明既有建筑物的工程地质条件、施工及运营期间发生的病害及整治情况，判明其稳定状态为目的。用类比法综合分析改建或增建建筑物的工程地质条件，为设计提供地质资料和可借鉴的工程措施意见。

1 既有路基工程应调查既有路基及防护、加固工程的稳定状态，必要时进一步查明其水文地质、工程地质条件。

2 既有桥涵工程应调查既有桥涵及调节、导流建筑物的稳定状态，必要时查明其水文地质、工程地质条件。

3 既有隧道工程地质调查应包括下列内容：

1) 了解既有隧道水文地质、工程地质条件及其分段围岩分级；

2) 调查既有隧道洞口堑坡、仰坡的稳定状态及其工程地质条件；

3) 调查隧道洞口、洞身施工及运营中曾发生过的工程地质问题或病害的范围、性质、原因及其变形情况、采用的整治措施与效果；

4) 调查既有隧道渗漏水地段、地下水类型、动态及整治措施与效果。

4 既有站场工程应调查既有站场、厂房基础的地质条件，地质病害的发生、发展过程及采取的处理措施与效果。

5 调查既有建筑材料场地当前的开采状况，补充建筑材料的试验工作，对其质量和储量进行工程地质评价。

8.2.5 改建铁路工程勘探、地质测试工作应符合下列要求：

1 勘探点的布置及勘探深度，应在充分利用既有资料的基础上，结合改建或增建建筑物的位置和需要，比照新建铁路工程勘探、测试要求办理；

2 既有铁路提速工程设置各类过渡段的地段应布置勘探点，查明基底地质条件；

3 对影响既有建筑物稳定及行人与行车安全的坑、孔经鉴定、测试后，应立即回填夯实。

8.3 资料编制

8.3.1 改建铁路工点工程地质资料编制应按本规范第4~6章内容和要求执行。

8.3.2 改建铁路踏勘阶段全线工程地质综合资料应包括下列内容：

1 工程地质总说明书；

2 全线工程地质图。

8.3.3 改建铁路初测阶段全线工程地质综合资料的编制应包括下列内容：

1 工程地质总说明书，内容包括：

1) 勘察概况（简述线路概况、任务依据、勘察经过、工作方法、既有资料搜集和利用及完成工作量）；

2) 自然概况（包括地形、地貌及气象特征）；

3) 工程地质特征（包括地层、岩性、构造及地震动参数）；

4) 水文地质特征；

- 5) 工程地质条件 (着重说明不良地质、特殊岩土和既有病害的性质及其对重大工程的影响与处理意见, 重点建筑材料场地的评价等);
- 6) 线路方案的工程地质评价 (包括线路左右侧选择的意见);
- 7) 有待下一阶段进一步解决的问题及注意的事项。

2 全线工程地质图, 比例为 $1:10\,000 \sim 1:100\,000$, 填绘内容与新建铁路该阶段全线工程地质图相同。

3 详细工程地质图, 比例为 $1:2\,000 \sim 1:10\,000$, 其内容和要求与新建铁路该阶段详细工程地质图相同。

4 工程地质纵断面图, 比例为横 $1:10\,000$, 竖 $1:200 \sim 1:1\,000$ 。

5 在线路既有线放大纵断面图中填绘地质, 其内容包括: 地层岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探及对工程有影响的地下水位线。在工程地质栏内分段扼要说明地质概况。

6 沿线工程地质分段说明。

7 勘探、测试资料。

8 其他有关的原始资料。

8.3.4 改建铁路定测阶段全线工程地质综合资料的编制应包括下列内容:

1 工程地质总说明书;

2 详细工程地质图;

3 详细工程地质纵断面图, 可与线路纵断面图合并;

4 辅助详细工程地质纵断面图 (在平面改动地段绘制), 比例为横 $1:10\,000$, 竖 $1:200 \sim 1:1\,000$, 亦可与线路辅助详细纵断面图合并;

5 在线路既有线放大纵断面图的工程地质栏内分段扼要说明地质概况, 其内容包括: 地层岩性、地质构造、岩土施工工程分级、代表性勘探及对工程有影响的地下水位线等;

6 沿线工程地质分段说明（必要时绘制）；

7 勘探、测试资料。

8.3.5 改建铁路补充定测阶段全线工程地质综合资料的编制，除不再编写沿线工程地质分段说明外，其他内容与定测阶段相同。

8.3.6 改建铁路可行性研究、初步设计地质篇的编制，应符合铁道部《铁路建设项目预可行性研究、可行性研究和设计文件编制办法》的规定。

9 施工阶段工程地质工作

9.1 工作任务

9.1.1 施工阶段工程地质工作应针对现场地质情况，加强监测，确保施工安全；及时根据地质条件的变化，提出改进施工方法的意见及处理措施，保障施工的正常进行；根据施工情况编录竣工地质资料。

9.1.2 施工阶段工程地质工作的任务应包括下列内容：

1 加强地质情况的监测，及时预测和解决施工中遇到的工程地质问题，以利施工顺利进行；

2 核查开挖后的工程地质情况，对受地质条件控制的工程和地质条件复杂地段，应根据实际工程地质条件，完善工程措施意见，必要时开展监测或补充勘探工作；

3 根据施工实际地质情况修正施工图件中的地质资料，编制竣工工程地质图表、说明，为运营养护、改建扩建积累资料。

9.2 工作内容

9.2.1 施工阶段工程地质工作应包括下列内容：

1 研究工程勘察地质资料，掌握沿线各类工程及不良地质、特殊岩土工点的分布情况，预测施工中可能遇到的工程地质问题，在编制实施性施工组织文件中提出施工应注意的工程地质与水文地质问题；

2 继续做好勘察阶段延续下来的观测工作及岩溶地区的勘探工作，并及时为相关工程施工提供地质资料；

3 在施工中，经常了解地层开挖情况，密切注视岩、土成

分，密实、潮湿程度，地下水情况，软弱夹层、地质构造、裂隙、破碎程度，核实、修正设计图中的工程地质资料；

4 施工中发现地质情况与施工图差异较大或遇到新的工程地质问题，在采取应急措施的同时，应提出补充勘察或改变设计的建议；

5 在地质构造复杂及山坡不稳地段，施工开挖中应密切监视变形情况，预测可能发生的地质病害，提出施工注意事项和工程处理意见，必要时应布置观测桩网进行观测；

6 应监查及监测隐伏不良地质（特别是有害气体）的分布及特征，核查工程处理措施的有效性，发现问题及时提出处理措施意见；

7 重点工程和特殊岩土地段的施工，应核查控制工程的地质条件、岩土的特殊成分、含量及其物理力学性质，必要时应对影响工程安全的层段进行地质复核与监测工作。

9.2.2 路基工程施工地质工作主要应包括下列内容：

1 监测路堑开挖过程边坡或所在山坡的稳定情况，分析、提出产生“工程滑坡”的可能性及对策；

2 对软土、沼泽地区路堤填筑时可能产生的基底滑动、失稳等变形进行监测；

3 核对支挡建筑物基坑开挖后的岩性和地基基本承载力；

4 监测滑坡整治施工过程的变形情况、地表水排水系统施工情况和作用、地下水排泄的效果等；

5 调查及预测施工中地表水恶化基坑、边坡稳定性的情况；

6 调查取土场（坑）、弃土场地对周围地质条件和地质环境的影响。

9.2.3 桥涵工程施工地质工作主要应包括下列内容：

1 核对基底或桩底地层岩性及基本承载力；

2 监测基坑地下水涌水量，以及基坑大量抽水引起周边既有建筑物变形情况。

9.2.4 隧道工程施工地质工作主要应包括下列内容：

1 隧道开挖中，核对、监测和编录工程地质条件的变化情况，必要时应进行洞外地质调查和勘探，及时修正隧道围岩分级，改进施工方案。发现坍塌预兆应分析其对继续掘进的影响，并提出应采取的工程措施。

2 监测洞口仰坡、边坡的稳定情况、完善排水系统，防止边坡失稳。

3 瓦斯隧道施工中应对煤层位置进行核查，对揭煤施工和瓦斯含量及时进行监测和复查，必要时应在揭煤前进行超前探孔钻探，预测瓦斯突出的危险性。

4 岩溶隧道施工中应对溶洞发育特征，突然涌水、涌泥进行预测，对岩溶水排泄引发的地表水或地下水疏干、地面塌陷等进行调查和预测。

5 长隧道或地质复杂的隧道在施工过程中应加强地质监测，对隧道围岩变化位置、涌水量、断层带等开展地质超前预报工作，预防突发性地质灾害的发生，保证施工顺利进行。

6 当施工弃土（渣）场及隧道排水，有恶化环境工程地质条件的趋势时，应及时提出纠正建议意见。

7 当隧道地质条件特殊，需进行动态设计或施工管理时，应配合做好相关地质工作。

9.2.5 对试验工程的效果应进行地质因素的分析 and 评价。

9.2.6 编制隐蔽工程、不良地质工点及全线的竣工工程地质图件，施工工程地质报告或说明。

9.2.7 因地质条件变化引起的变更设计，应参照本规范要求收集相关地质参数，编制相关地质图件，及时提供变更设计所需的地质资料。

9.3 资料编制

9.3.1 工程竣工后，应编制下列综合资料：

1 竣工工程地质报告，内容包括：

- 1) 工作概况：包括施工单位、施工年月、施工经过、补充勘察工作量、工程地质人员及分工等；
- 2) 工程地质特征：包括沿线的地层、岩性、构造、水文地质、工程地质以及设计中采用的各种地质数据的修改与补充；
- 3) 施工情况：有关不良地质、特殊岩土工点和地质复杂的重大工程，在施工中出现的工程地质问题的性质、特征，施工中采取的措施；
- 4) 设计文件中工程地质资料存在问题的解决过程与改进意见；
- 5) 临时运营过程中出现的工程地质问题及采取的处理措施、效果；
- 6) 对施工期间进行的试验工程中地质因素的评价或说明，观测桩、网的建立情况和观测结果的说明；
- 7) 运营养护中应注意的工程地质问题。

2 竣工工程地质纵断面图，可利用设计文件中详细工程地质纵断面图进行修正、补充。

3 施工中有关勘探、测试、照片等资料的整理。

4 施工中有关工程地质专业经验教训等方面的技术总结。

9.3.2 各类工点竣工工程地质图件应按如下要求编制：

1 路基挡墙、改河工程

- 1) 竣工工程地质报告或说明；
- 2) 竣工基础工程地质纵断面图；
- 3) 竣工工程地质横断面图，1~3个，根据需要增减，受水流冲刷的挡墙、防护基坑应注明回填土的名称。

2 桥涵工程

- 1) 竣工工程地质报告或说明；
- 2) 桥址及地质复杂的涵洞竣工工程地质纵断面图，根据

各个基坑资料修改；

- 3) 墩台竣工基坑工程地质横断面图或展视图，明挖施工、有可能受洪水冲刷的桥基坑应注明回填土名称。

3 隧道工程

- 1) 竣工工程地质报告或说明；
- 2) 洞身竣工工程地质纵断面图，包括地层、岩性、褶曲、断裂的产状，破碎带及坍塌和变形地段的性质、长度、宽度、高度，地下水出露的位置、水质、水量，分段围岩分级等；
- 3) 洞身竣工工程地质横断面图，在断裂、破碎、坍塌变形地段及土、岩交界地段应适当加密；
- 4) 断裂、破碎地段的洞身展视图，比例为 1:100 ~ 1:500，必要时应做全洞的洞身展视图。

4 房屋工程

对重大厂房、站房、高层建筑的地基，绘制代表性基坑工程地质纵、横断面图，比例为 1:100 或 1:200，并编制说明。

5 不良地质、特殊岩土工点

应根据不良地质、特殊岩土的类型，采取工程措施的性质，编制相应的竣工工程地质图件及说明。在图件上加注岩、土的物理力学数据或岩土化学试验资料等。对于滑坡工点，应将开挖后实测的滑坡面的形状、位置等资料，编制于相应的竣工工程地质断面图上。

6 有关工点在施工、临时运营期间的补充调查、勘探、观测研究等资料。

9.3.3 各类工点的竣工工程地质报告或说明应包括下列内容：

- 1 原有地质资料的概略情况及其结论；
- 2 施工过程中遇到的重大工程地质问题及其处理的经过、措施、效果、运营中应注意的事项。

9.3.4 地质条件复杂、施工过程中出现地质病害较多的工点及采用新的岩土工程方法处理的工点，应单独编写总结报告。

10 运营阶段工程地质工作

10.1 工作任务和内容

10.1.1 运营阶段工程地质工作的主要任务应是监测和预报铁路沿线地质病害的发生、发展情况，分析原因，提出防治措施。

10.1.2 运营阶段工程地质工作应包括下列内容：

1 分析、研究竣工工程地质资料，调查、了解全线工程地质条件及勘察、施工过程中的主要工程地质问题；

2 核查竣工工程地质资料，并根据现场地质和施工后情况，提出保障建筑场地及建筑物稳定必须增补的工程措施及意见；

3 对危害建筑物正常使用和行车安全的严重不良地质工点和特殊岩土病害工点，应建立或健全观测站、点，完善和补充地质病害工点的观测工作，建立、健全病害工点登记簿，施行定期观测研究；

4 由于地质因素发生险情，应立即调查其发生、发展、演变情况，根据险情发展趋势，提出抢险措施及整治方案的工程地质资料和建议。

10.1.3 运营阶段遇下列情况时应开展地质条件的观测、调查及分析工作：

1 修建在不良地质或特殊岩土地段的重要路基、桥梁、隧道、房屋等工程；

2 施工阶段整治的大型不良地质工点，需在运营期间进行长期观测，评价整治效果的工程；

3 因工程需要，勘察期间设有长期观测站、点，需在运营期间继续进行观测的项目；

4 对运营安全有威胁的其他情况。

10.1.4 对重要的建筑物，已发生下沉、开裂、倾斜等变形的建筑物，修筑在软土、松软土、湿陷性黄土、多年冻土、盐渍土、膨胀土（岩）、填土等特殊岩土上的路基、桥梁、隧道、房屋等工程，可开展地基变形监测。

10.1.5 对经整治的大型滑坡或施工期间已整治但未完全稳定的滑坡，以及分布在人为坑洞密集区、矿区、古窑采空区、水库坍岸区、危岩落石发育区、岩溶发育区等的工程，有可能危及运营安全时，可开展变形的监测。

10.1.6 对因风沙、泥石流、地下水、冻胀、融沉、地裂缝、瓦斯及其他有害气体、放射性等地质因素危及运营安全的地段，可开展危害程度、发生及发展规律等监测工作，为病害整治提供依据。

10.1.7 对与地下水有关的不良地质、特殊岩土地段，当需取得地下水动态资料才能整治其地质病害时，应布置相应的地下水动态观测工作。

10.1.8 运营铁路地质复杂、不良地质、特殊岩土病害集中的线段，有条件时可利用航空像片进行地区性动态分析，预测、预报地质病害的发生、发展情况，以便及时采取防治措施。

10.1.9 为保证客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路的安全运营，在地质灾害易发的重点区段或针对重点工程应建立、健全巡查、监测系统，收集、积累相关资料，以便及时发现、分析、研究问题，提出评价和防治措施意见。

10.1.10 运营期间的增补工程、地质病害整治工程和抢险工程，应在收集既有勘察设计、施工、运营等地质资料的基础上，参照本规范相关要求要求进行工程地质调绘和勘探测试工作。

10.2 资料编制

10.2.1 运营阶段增补工程地质资料的编制应根据工程地质条件复杂程度予以确定：

1 工程地质条件简单的增补工程，可分析利用、补充既有（竣工和勘察）工程地质资料提供设计施工；

2 工程地质条件复杂的增补工程应按本规范第4~10章的有关要求进行调绘、勘探、测试后编制，提供设计、施工的工程地质资料并编制竣工工程地质图表说明等资料。

10.2.2 运营阶段增补工程的工程地质资料，应参照本规范第9章的有关要求编制。

10.2.3 运营阶段观测资料的编制应符合下列要求：

1 各项观测工作均应按一定格式进行记录，及时绘制成各种图表、曲线并进行分析。发现错误应进行复测，发现异常应提出应急措施。

2 在一般情况下，应逐月、逐季、逐年或根据需要定期对观测资料进行综合分析、研究，提出有针对性的意见。

3 观测工作结束后，应对观测资料进行分析、研究，整理成套。观测说明应阐述观测对象发生、发展、演变及观测过程，并有结论性意见。

附录 A 岩土施工工程分级

A.0.1 工程地质勘察中，应根据岩土性质和施工的难易程度进行岩土施工工程分级，分级标准应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 岩土施工工程分级

等 级	分 类	岩土名称及特征	钻 1 m 所需时间			岩石单轴 饱和抗压 强度 (MPa)	开 挖 方 法
			液压凿岩 台车、潜 孔钻机 (净钻分 钟)	手持风枪 湿式凿岩 合金钻头 (净钻分 钟)	双人打眼 (工天)		
I	松 土	砂类土，种植土，未经压实的填土					用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层，机械能全部直接铲挖，普通装载机可满载
II	普 通 土	坚硬的、可塑的粉质黏土，可塑的黏土，膨胀土，粉土，Q ₃ 、Q ₄ 黄土，稍密、中密的细角砾土、细圆砾土，松散的粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土，压密的填土，风积沙					部分用镐刨松，再用锹挖，脚连蹬数次才能挖动。挖掘机、带齿尖口装载机可满载、普通装载机可直接铲挖，但不能满载
III	硬 土	坚硬的黏性土、膨胀土，Q ₁ 、Q ₂ 黄土，稍密、中密粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土，密实的细圆砾土、细角砾土，各种风化成土状的岩石					必须用镐先全部刨过才能用锹挖。挖掘机、带齿尖口装载机不能满载；大部分采用松土器松动方能铲挖装载

续表 A. 0. 1

等 级	分 类	岩土名称及特征	钻 1 m 所需时间			岩石单轴 饱和抗压 强度 (MPa)	开 挖 方 法
			液压凿岩 台车、潜 孔钻机 (净钻分 钟)	手持风枪 湿式凿岩 合金钻头 (净钻分 钟)	双人打眼 (工天)		
IV	软 石	块石土、漂石土, 含 块石、漂石 30% ~ 50% 的土及密实的碎 石土、粗角砾土、卵 石土、粗圆砾土; 岩 盐, 各类较软岩、软 岩及成岩作用差的岩 石; 泥质岩类、煤、 凝灰岩、云母片岩、 千枚岩		<7	<0.2	<30	部分用撬棍及大 锤开挖或挖掘 机、单钩裂土器 松动, 部分需借 助液压冲击镐解 碎或部分采用爆 破法开挖
V	次 坚 石	各种硬质岩: 硅质页 岩、钙质岩、白云 岩、石灰岩、泥灰 岩、玄武岩、片岩、 片麻岩、正长岩、花 岗岩	≤10	7~20	0.2~1.0	30~60	能用液压冲击镐 解碎, 大部分需 用爆破法开挖
VI	坚 石	各种极硬岩: 硅质砂 岩、硅质砾岩、石灰 岩、石英岩、大理 岩、玄武岩、闪长 岩、花岗岩、角岩	>10	>20	>1.0	>60	可用液压冲击镐 解碎, 需用爆破 法开挖

注: 1 软土(软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭)的施工工程分
级, 一般可定为Ⅱ级, 多年冻土一般可定为Ⅳ级;

2 表中所列岩石均按完整结构岩体考虑, 若岩体极破碎、节理很发育或强
风化时, 其等级应按表对应岩石的等级降低一个等级。

附录 B 物探、原位测试方法的适用条件

B.0.1 工程地质勘察中，物探方法的选择应根据物性参数、基本原理、适用条件、场地条件及工程要求综合考虑，其选择原则可参照表 B.0.1 选用。

B.0.2 在地基勘察中，原位测试方法的选择应根据其适用范围、岩土类别、建筑物基础设计对参数的要求综合考虑，其选择原则可参照表 B.0.2 选用。

表 B.0.1 物探方法的应用范围及适用条件

物探方法			利用参数	基本原理	应用范围	适用条件			
电法勘探	直流电法	电测深法	电阻率	以地下岩土的电阻率、电磁场、极化率及介电常数等物理场为基础,借助物探仪器测量上述物理场的天然或人工场中,空间与时间的变化规律,结合已知地质资料通过分析和研究,推断出地下一定深度范围内,地质体的分布特性及水文地质条件	(1) 探测覆盖层、古河床、古墓,寻找砂砾建材 (2) 探测隐伏地质构造,如不同岩性陡立接触带、岩脉、断层带 (3) 探测滑坡体的滑动面 (4) 探测岩溶、地下暗河及人为坑洞 (5) 在第四系地层中和基岩断裂带及岩溶发育区寻找含水层富水带,划分咸淡水界线,测潜水流向、流速,测水库漏水点 (6) 测量电力、通讯线路的大地导电率 (7) 工程质量检测及探查地下管线	(1) 探测对象与围岩有明显电性差异 (2) 探测对象直径 D 与埋深 H 比 ≥ 0.2 (3) 信噪比 (S/N) 大于 3 (4) 单井充电法测潜水流向、流速,要求潜水深度小于 50 m; 自然电场法测流向,要求潜水深度小于 15 m,水流坡度要大;用充电法探测暗河长度应大于埋藏深度的 3 倍 (5) 交流电磁法适用于接地困难,存在高屏蔽的地区、地段 (6) 地质雷达探测的地质体间,介电常数应有一定差异			
		电测剖面法							
		高密度电法							
		自然电场法	自然电位差						
		充电法	电位						
		激发极化法	极化率衰减时						
	电磁波法	音频大地电磁法	导电性导磁性				利用人工或天然激发的地震波、声波在岩土层中传播产生的反射、折射及瑞雷波变频测深的特性,以研究地下地质体的几何形态及岩土体的物理力学参数	(1) 探测地质构造 (2) 探测覆盖层厚度、断层破碎带、滑动面、潜水位等 (3) 探测岩体动弹性模量等 (4) 探测地脉动卓越周期、桩基及建筑物基础探查 (5) 测定岩体完整性系数	(1) 折射波法:应满足 $v_2 > v_1$, 岩层视倾角与临界角之和小于 90° (2) 反射波法:应满足 $v_1\rho_1 \neq v_2\rho_2$, 地层倾角 $3^\circ \sim 5^\circ$ 时最有利
		可控源音频大地电磁法							
		甚低频率法							
		地质雷达	介电常数						
管线探测	人工或天然电磁场								
弹性波法	地震勘探	折射波法	岩土的纵波速度、横波速度、面波速度	利用人工或天然激发的地震波、声波在岩土层中传播产生的反射、折射及瑞雷波变频测深的特性,以研究地下地质体的几何形态及岩土体的物理力学参数	(1) 探测地质构造 (2) 探测覆盖层厚度、断层破碎带、滑动面、潜水位等 (3) 探测岩体动弹性模量等 (4) 探测地脉动卓越周期、桩基及建筑物基础探查 (5) 测定岩体完整性系数	(1) 折射波法:应满足 $v_2 > v_1$, 岩层视倾角与临界角之和小于 90° (2) 反射波法:应满足 $v_1\rho_1 \neq v_2\rho_2$, 地层倾角 $3^\circ \sim 5^\circ$ 时最有利			
		反射波法							
		瑞雷波法							
	超声波法	卓越周期	测定地球重力异常分布变化,分析地下地质情况				探区域地质构造、深部断层;微加重力仪探测大溶洞	探测地质体与围岩有明显密度(重力或磁)差异。探测对象规模与埋深比要足够大	
	场地波速测试								
	地脉动测试								
重力勘探		重力加速度		测定地球重力异常分布变化,分析地下地质情况	探区域地质构造、深部断层;微加重力仪探测大溶洞	探测地质体与围岩有明显密度(重力或磁)差异。探测对象规模与埋深比要足够大			
磁法勘探		磁场强度磁化强度		量测地磁场变化	探岩浆岩体界线、断层带、地下管线、考古	探测对象与围岩有放射性差异,所探对象埋深浅			
放射性勘探		岩土的 γ 、 α 射线的活度,测氡		测定岩土的天然或人工放射性 γ 活度及氡、钍衰变物的异常	探寻基岩裂隙水、断层带,测土湿度、密度、环境监测	地质体间有温度差异,或在深钻孔中测定地温变化的情况			
地温勘探		地温	用仪器测定地质体的温度异常、差异,或测定地表地温与深部地温的变化情况	划分有地温异常的深大断裂位置;研究地表与深部地温的变化规律	电测井和无线电波透视及声速测井,应在有泥浆(水)无套管的孔中进行,水文测井应在无套管或有滤管经洗井后的清水井中进行				
井下物探	电测井		电阻率	用仪器观测钻井及井间岩土物性差异所引起的天然或人工物理场变化规律,以研究井壁和井周空间地质构造,测定岩土自然状态下物理力学和水文地质参数	划分软弱夹层、风化层厚度;测断裂带、岩溶位置;测井中出水位置及水文地质参数;测岩土物理力学参数;监测地下水污染,核处理场地选址	电测井和无线电波透视及声速测井,应在有泥浆(水)无套管的孔中进行,水文测井应在无套管或有滤管经洗井后的清水井中进行			
	放射性测井		放射性活度						
	水文测井		水电阻率						
	单孔声波探测		岩土波速						
	跨孔声波探测		岩土波速						
	声速及超声成像测井		岩土弹性波速						
	孔间电磁波透射法		导电性或导磁性						
钻孔技术测量		井斜井温井径							

表 B.0.2 原位测试方法适用条件

测试方法	适用范围																		
	适用的岩、土类别							可取得的岩、土参数											
	岩石	碎石类土	砂类土	粉土	黏性土	软土	填土	剖面分层	土类鉴别	物理状态	强度参数	模量	基床系数	柔度系数	固结系数	侧压力系数	超固结比	承载力	判别液化
平板载荷试验 (PLT)	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++				++	+++	+++				+	+++	
螺旋板载荷试验 (SPLT)			+++	+++	+++	++	+				++	+++	++		+		++	+++	
单桩静载试验 (SLTP)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++							+++				+++	
现场直剪试验 (FDST)	+++	+++	+	+	++	+	+				+++	++							
十字板剪切试验 (VST)					++	+++					+++	+					+	++	
预钻式旁压试验 (PMT)	+++	++	++	+++	+++	+	++				++	+++	++			+		+++	
标准贯入试验 (SPT)			+++	++	++	+	+	++	+++	++								++	+++
动力触探 (DPT)		+++	+++	++	++	+	++	++		+		+						++	
静力触探 (CPT)			++	+++	+++	+++	++	+++	+	++	++	+						++	+++
孔压静力触探 (CPTU)			++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	++	+			++		+	++	+++
应力铲试验 (TPCT)			+	+	+	+++		++							+	++			
扁板侧胀试验 (FDT)			+	++	++	+++	+	++	++		++	++	+			+		+	
岩体应力试验	+++		多采用钻孔地应力绝对值测量, 方法有应力恢复法、水压致裂法、套芯解除法 (应力解除法) 等, 可取得原始地应力的大小和方向等参数																

注: +++ 很适用, ++ 适用, + 较适用。

附录 C 挖方边坡坡率

C.0.1 路堑边坡坡率，应根据岩土的性质、岩土体结构、岩层产状、风化程度、地貌、水文地质等因素和边坡高度，并参照自然山坡和既有人工边坡的稳定程度综合确定。

边坡高度不大于 20 m 时，可参照表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 路堑边坡坡率

岩 土 类 别		边坡坡率 ($H \leq 20$ m)
均质黏性土、塑性指数大于 3 的粉土		1:1 ~ 1:1.5
中密以上的粉土、中砂、粗砂、砾砂		1:1.5 ~ 1:1.75
碎石土，卵石土， 粗、细角砾土， 粗、细圆砾土	胶结或密实	1:0.5 ~ 1:1.25
	稍密、中密	1:1.25 ~ 1:1.5
岩 石		1:0.1 ~ 1:1.5

注：当有可靠资料和经验时，可不受本表限制。

C.0.2 黄土、膨胀土等路堑边坡坡率和边坡形式可参照《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035) 的有关规定确定。

附录 D 地基承载力

D.0.1 岩土地基承载力分为容许承载力 $[\sigma]$ 、基本承载力 σ_0 和极限承载力 P_u 。岩土地基的承载力宜采用载荷试验、理论公式计算及其他原位测试方法综合确定，也可参照表 D.0.1—1 ~ 表 D.0.1—11 确定，当有类似工程经验或用原位测试方法确定时，可不受上述各表的限制。对于重要工程，应采用载荷试验、理论公式计算、室内试验及其他原位测试等方法综合确定。

房屋、厂房等工程建筑地基承载力应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)、《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025) 等的有关规定执行。

1 岩石地基的基本承载力

表 D.0.1—1 岩石地基基本承载力 σ_0 (kPa)

节理发育程度	节理很发育	节理发育	节理不发育或较发育
节理间距 (cm)	2 ~ 20	20 ~ 40	> 40
岩石类别			
硬质岩	1500 ~ 2000	2000 ~ 3000	> 3000
较软岩	800 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 3000
软岩	500 ~ 800	700 ~ 1000	900 ~ 1200
极软岩	200 ~ 300	300 ~ 400	400 ~ 500

注：1 对于溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩的岩石等，应个别研究确定；

2 裂隙张开或有泥质充填时，应取低值。

2 碎石类土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—2 碎石类土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

土 名 \ 密实度	松 散	稍 密	中 密	密 实
卵石土、粗圆砾土	300 ~ 500	500 ~ 650	650 ~ 1 000	1 000 ~ 1 200
碎石土、粗角砾土	200 ~ 400	400 ~ 550	550 ~ 800	800 ~ 1 000
细圆砾土	200 ~ 300	300 ~ 400	400 ~ 600	600 ~ 850
细角砾土	200 ~ 300	300 ~ 400	400 ~ 500	500 ~ 700

- 注：1 半胶结的碎石类土可按密实类的同类土的表值提高 10% ~ 30%；
2 由硬质岩块组成，充填砂类土者用高值；由软质岩块组成，充填黏性土者用低值；
3 自然界中很少见松散的碎石类土，定为松散应慎重；
4 漂石土、块石土的基本承载力值，可参照卵石土、碎石土表值适当提高。

3 砂类土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—3 砂类土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

砂土名称 \ 密实度 \ 湿度	松 散	稍 密	中 密	密 实
砾砂、粗砂	200	370	430	550
中 砂	150	330	370	450
细 砂	100	230	270	350
	饱和	190	210	300
粉 砂	190	210	300	
	饱和	90	110	200

4 粉土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—4 粉土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

$w(\%)$ \ e	10	15	20	25	30	35	40
0. 5	400	380	(355)				
0. 6	300	290	280	(270)			
0. 7	250	235	225	215	(205)		
0. 8	200	190	180	170	(165)		
0. 9	160	150	145	140	130	(125)	
1. 0	130	125	120	115	110	105	(100)

- 注：1 e 为天然孔隙比， w 为天然含水率，有括号者仅供内插；
2 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段以及新近沉积的粉土，应根据当地经验取值。

5 Q_4 冲、洪积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1—5 Q_4 冲、洪积黏性土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

液性指数 I_L 孔隙比 e	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.5	450	440	430	420	400	380	350	310	270	240	220		
0.6	420	410	400	380	360	340	310	280	250	220	200	180	
0.7	400	370	350	330	310	290	270	240	220	190	170	160	150
0.8	380	330	300	280	260	240	230	210	180	160	150	140	130
0.9	320	280	260	240	220	210	190	180	160	140	130	120	100
1.0	250	230	220	210	190	170	160	150	140	120	110		
1.1			160	150	140	130	120	110	100	90			

注：土中含粒径大于 2 mm 的颗粒，按质量计占全部质量的 30% 以上时， σ_0 可酌情提高。

6 Q_3 及其以前冲、洪积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1—6 Q_3 及其以前冲、洪积黏性土地基基本承载力 σ_0

压缩模量 (MPa)	10	15	20	25	30	35	40
基本承载力 (kPa)	380	430	470	510	550	580	620

注：1 压缩模量为对应于 0.1 ~ 0.2 MPa 压力段的压缩模量；

2 当压缩模量小于 10 MPa 时，其基本承载力可按黏性土表 D.0.1—5 确定。

7 残积黏性土地基的基本承载力

表 D.0.1—7 残积黏性土地基基本承载力 σ_0

压缩模量 (MPa)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
基本承载力 (kPa)	190	220	250	270	290	310	320	330	340

注：本表适用于西南地区碳酸盐类岩层的残积红土，其他地区可参照使用。

8 软土地基的承载力

1) 容许承载力 $[\sigma]$ 可按下式计算：

$$[\sigma] = \frac{1}{k} 5.14 C_u + \gamma h \quad (D.0.1)$$

式中 h ——基础底面的埋置深度 (m)：对于受水流冲刷的，由冲刷线算起；不受水流冲刷者，由天然地面算起；

γ ——基底以上土的天然重度的平均值 (kN/m^3): 如持力层在水面以下, 且为透水者, 水中部分应采用浮重度; 如为不透水者及基底以上水中部分土层无论透水性质如何, 均应采用饱和重度;

CU——不排水抗剪强度 (kPa);

k ——安全系数, 可视软土的灵敏度及建筑物对变形的要求等因素选用 1.5 ~ 2.5。

2) 一般建筑物基础, 其基本承载力也可按表 D. 0. 1—8 确定。

表 D. 0. 1—8 软土地基基本承载力 σ_0

天然含水率 (%)	36	40	45	50	55	65	75
基本承载力 (kPa)	100	90	80	70	60	50	40

9 黄土地基的基本承载力

表 D. 0. 1—9 新黄土 (Q_3 、 Q_4) 地基基本承载力 σ_0 (kPa)

液限 w_L	天然含水率 孔隙比 e $w(\%)$	5	10	15	20	25	30	35
24	0.7		230	190	150	110		
	0.9	240	200	160	125	85	(50)	
	1.1	210	170	130	100	60	(20)	
	1.3	180	140	100	70	40		
28	0.7	280	260	230	190	150	110	
	0.9	260	240	200	160	125	85	
	1.1	240	210	170	140	100	60	
	1.3	220	180	140	110	70	40	
32	0.7		280	260	230	180	150	
	0.9		260	240	200	150	125	
	1.1		240	210	170	130	100	60
	1.3		220	180	140	100	70	40

- 注: 1 非饱和 Q_3 新黄土, 当 $0.85 < e < 0.95$ 时, σ_0 值可提高 10%;
 2 本表不适用于坡积、崩积和人工堆积等黄土;
 3 括号内表值供内插用;
 4 液限含水率试验采用圆锥仪法, 圆锥仪总质量 76g, 入土深度 10 mm。

表 D.0.1—10 老黄土 (Q_1 、 Q_2) 地基基本承载力 σ_0 (kPa)

w/w_L \ e	<0.7	$0.7 \sim 0.8$	$0.8 \sim 0.9$	>0.9
<0.6	700	600	500	400
$0.6 \sim 0.8$	500	400	300	250
>0.8	400	300	250	200

- 注：1 老黄土黏聚力小于 50kPa，内摩擦角小于 25° ，表中数值应适当降低 20% 左右；
2 w 为天然含水率， w_L 为液限， e 为天然孔隙比；
3 液限含水率试验采用圆锥仪法，圆锥仪总质量 76g，入土深度 10 mm。

10 多年冻土地基的基本承载力

表 D.0.1—11 多年冻土地基基本承载力 σ_0 (kPa)

序号	土 名	基础底面的月平均最高土温 ($^\circ\text{C}$)					
		-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.5
1	块石土、卵石土、碎石土、粗圆砾土、粗角砾土	800	950	1 100	1 250	1 380	1 650
2	细圆砾土、细角砾土、砾砂、粗砂、中砂	600	750	900	1 050	1 180	1 450
3	细砂、粉砂	450	550	650	750	830	1 000
4	粉土	400	450	550	650	710	850
5	粉质黏土、黏土	350	400	450	500	560	700
6	饱冰冻土	250	300	350	400	450	550

- 注：1 表列数值不适用于含盐量和泥炭化程度分别超过表 D.0.1—12 及表 D.0.1—13 中数值的多年冻土；
2 本表序号 1~5 类地基承载力适合于少冰冻土、多冰冻土，当序号 1~5 类的地基为富冰冻土时，表列数值应降低 20%；
3 含土冰层的承载力应实测确定；
4 基础置于饱冰冻土的土层时，基础底面应敷设厚度不小于 0.20~0.30 m 的砂垫层。

表 D.0.1—12 盐渍化冻土的盐渍程度界限值

土 类	碎石类土、砂类土	粉 土	粉质黏土	黏 土
盐渍程度 (%)	≥ 0.10	≥ 0.15	≥ 0.20	≥ 0.25

表 D.0.1—13 泥炭化冻土的泥炭化程度界限值

土 类	碎石类土、砂类土	粉土、黏性土
泥炭化程度 (%)	≥3	≥5

D.0.2 岩土地基的极限承载力应根据现场载荷试验及静力触探计算公式获取，也可按表 D.0.2—1 ~ 表 D.0.2—11 确定。

1 岩石地基的极限承载力

表 D.0.2—1 岩石地基极限承载力 P_u (kPa)

节理发育程度	节理很发育	节理发育	节理不发育或较发育
节理间距 (cm)	2 ~ 20	20 ~ 40	> 40
岩石类别			
硬 质 岩	4 500 ~ 6 000	6 000 ~ 9 000	大于 9 000
较 软 岩	2 400 ~ 3 000	3 000 ~ 4 500	4 500 ~ 9 000
软 岩	1 250 ~ 2 400	2 100 ~ 3 000	2 700 ~ 3 600
极 软 岩	500 ~ 750	750 ~ 1 000	1 000 ~ 1 250

注：1 对于溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩的岩石等，应个别研究确定；

2 裂隙张开或有泥质充填时，应取低值。

2 碎石类土地基的极限承载力

表 D.0.2—2 碎石类土地基极限承载力 P_u (kPa)

密实度	松 散	稍 密	中 密	密 实
土 名				
卵石土、粗圆砾土	800 ~ 1 000	1 300 ~ 1 600	1 800 ~ 2 100	2 500 ~ 2 800
碎石土、粗角砾土	600 ~ 800	1 000 ~ 1 200	1 400 ~ 1 700	2 000 ~ 2 200
细圆砾土	400 ~ 600	650 ~ 750	1 000 ~ 1 200	1 500 ~ 1 800
细角砾土	350 ~ 500	600 ~ 750	800 ~ 1 000	1 250 ~ 1 500

注：1 半胶结的碎石类土可按密实类的同类土的表值提高 10% ~ 30%；

2 由硬质岩块组成，充填砂类土者用高值；由软质岩块组成，充填黏土者用低值；

3 自然界中很少见松散的碎石类土，定为松散者应慎重；

4 漂石土、块石土的极限承载力值，可参照卵石土、碎石土表值适当提高。

3 砂类土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—3 砂类土地基极限承载力 P_u (kPa)

砂土名称	密实度		松 散	稍 密	中 密	密 实
	湿 度					
砾砂、粗砂	与湿度无关		400	740	860	1100
中 砂	与湿度无关		300	660	740	900
细 砂	稍湿或潮湿		200	460	540	700
	饱 和			380	420	600
粉 砂	稍湿或潮湿			380	420	600
	饱 和			180	220	400

4 粉土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—4 粉土地基极限承载力 P_u (kPa)

$w(\%)$ e	10	15	20	25	30	35	40
0.5	744	707	(660)				
0.6	558	539	521	(502)			
0.7	465	437	419	400	(381)		
0.8	372	353	335	316	(307)		
0.9	298	279	270	260	242	(233)	
1.0	242	233	223	214	205	195	(186)

注：1 e 为天然孔隙比， w 为天然含水率，有括号者仅供内插；
2 在湖、塘、沟、谷与河漫滩于段以及新近沉积的粉土，应根据当地经验取值。

5 Q_4 冲、洪积黏性土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—5 Q_4 冲、洪积黏性土地基极限承载力 P_u (kPa)

液性指数 I_L 孔隙比 e	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.5	837	818	800	781	744	707	651	577	502	446	409		
0.6	781	763	744	707	670	632	577	521	465	409	372	335	
0.7	744	688	651	614	577	539	502	446	409	353	316	298	279
0.8	707	614	558	521	484	446	428	391	335	298	279	260	242
0.9	595	521	484	446	409	391	353	335	298	260	242	223	186
1.0	465	428	409	391	353	316	298	279	260	223	205		
1.1			298	279	260	242	223	205	186	167			

注：土中含粒径大于 2 mm 的颗粒，按质量计占全部质量的 30% 以上时， σ_0 值可酌情提高。

6 Q_3 及以前冲、洪积黏性土地基的极限承载力

表 D.0.2—6 Q_3 及其以前冲、洪积黏性土地基极限承载力 P_u

压缩模量 (MPa)	10	15	20	25	30	35	40
极限承载力 (kPa)	730	826	902	979	1056	1114	1190

注：1 压缩模量为对应于 0.1~0.2MPa 压力段的压缩模量；
2 压缩模量小于 10MPa 时，其极限承载力可按黏性土表 D.0.2—5 确定。

7 残积黏性土地基的极限承载力

表 D.0.2—7 残积黏性土地基极限承载力 P_u

压缩模量 (MPa)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
极限承载力 (kPa)	380	440	500	540	580	620	640	660	680

注：本表适用于西南地区碳酸盐类岩层的残积红土，其他地区可参照使用。

8 软土地基的极限承载力

表 D.0.2—8 软土地基极限承载力 P_u

天然含水率 (%)	36	40	45	50	55	65	75
极限承载力 (kPa)	179	161	143	125	107	90	72

9 新、老黄土地基极限承载力

表 D.0.2—9 新黄土 (Q_3 、 Q_4) 地基的极限承载力 P_u (kPa)

液限 w_L	天然含水率 孔隙比 e	5	10	15	20	25	30	35
	$w(\%)$							
24	0.7		460	380	300	220		
	0.9	480	400	320	250	170	(100)	
	1.1	420	340	260	200	120	(40)	
	1.3	360	280	200	140	80		
28	0.7	560	520	460	380	300	220	
	0.9	520	480	400	320	250	170	
	1.1	480	420	340	280	200	120	
	1.3	440	360	280	220	140	80	

续说明表 D. 0. 2—9

液限 w_L	天然含水率 $w(\%)$	5	10	15	20	25	30	35
	孔隙比 e							
32	0.7		560	520	460	360	300	
	0.9		520	480	400	300	250	
	1.1		480	420	340	260	200	120
	1.3		440	360	280	200	140	80

- 注：1 非饱和 Q_3 新黄土，当 $0.85 < e < 0.95$ 时， P_u 值可提高 10%；
2 本表不适用于坡积、崩积和人工堆积等黄土；
3 括号内表值供内插用；
4 液限含水率试验采用圆锥仪法，圆锥仪总质量 76g 入土深度 10 mm。

表 D. 0. 2—10 老黄土 (Q_1 、 Q_2) 地基极限承载力 P_u (kPa)

w/w_L \ e	<0.7	$0.7 \sim 0.8$	$0.8 \sim 0.9$	>0.9
<0.6	1400	1200	1000	800
$0.6 \sim 0.8$	1000	800	600	500
>0.8	800	600	500	400

- 注：1 老黄土黏聚力小于 50 kPa，内摩擦角小于 25° ，表中数值应适当降低 20% 左右；
2 w 为天然含水率， w_L 为液限， e 为天然孔隙比；
3 液限含水率试验采用圆锥仪法，圆锥仪总质量 76g，入土深度 10 mm。

10 多年冻土地基的极限承载力

表 D. 0. 2—11 多年冻土地基的极限承载力 P_u (kPa)

序号	基础底面的月平均最高 土温 ($^\circ\text{C}$)	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.5
	土 名						
1	块石土、卵石土、碎石土、粗圆砾土、粗角砾土	1600	1900	2200	2500	2760	3300
2	细圆砾土、细角砾土、砾砂、粗砂、中砂	1200	1500	1800	2100	2360	2900
3	细砂、粉砂	900	1100	1300	1500	1660	2000

续表 D.0.2—11

序 号	土 名	基础底面的月平均最高土温(℃)					
		-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.5
4	粉 土	800	900	1 000	1 120	1 420	1 700
5	粉质黏土、黏土	700	800	900	1 000	1 120	1 400
6	饱冰冻土	500	600	700	800	900	1 100

- 注：1 表列数值不适用于含盐量和泥炭化程度分别超过表 D.0.1—12 及表 D.0.1—13 中数值的多年冻土；
- 2 本表序号 1~5 类适合于少冰冻土、多冰冻土，当序号 1~5 类为富冰冻土时，表列数值应降低 20%；
- 3 含土冰层的承载力实测确定；
- 4 基础置于饱冰冻土的土层时，基础底面应敷设厚度不小于 0.20~0.30 m 的砂垫层。

D.0.3 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路各类岩土的地基承载力宜采用载荷试验或其他原位测试方法，并应根据其对沉降的特殊要求进行专门研究确定。

附录 E 岩土试验项目

E. 0. 1 岩土试验项目和试验方法应根据岩土性质、试样性质、工程性质选定。岩土力学性质试验应与其在工程中所处的环境和状态基本一致或相似。试验项目和方法应符合表 E. 0. 1—1 及表 E. 0. 1—2 的规定。

E. 0. 2 多年冻土的试验项目，应根据冻土特性和工程性质选定。试验项目和方法应符合表 E. 0. 2 的规定。

E. 0. 3 不良地质环境及特殊岩土条件下的铁路工程所选用的岩土试验项目，应根据需要并对照表 E. 0. 1—1 及表 E. 0. 1—2 确定。

E. 0. 4 时速 200 km 客货共线铁路、客运专线铁路工程的试验项目除参照本附录选用外，还应根据工程的实际情况及设计要求确定。

表 E.0.1—1 岩石试验项目

岩石类型	工程类型	密度	颗粒密度	吸水率	黏土矿物	黏粒含量	矿物鉴定	化学分析	抗拉试验	抗压试验		抗剪试验	耐冻系数	崩解性	三轴抗压试验	膨胀试验			
		ρ	ρ_s	w					σ_t	干	湿					自由膨胀率	膨胀率	饱和吸水率	膨胀力
		ρ	ρ_s	w					σ_t	R	R_c	τ	K_Q	A_i	σ_i	F_s			P_p
		g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	kPa	MPa		kPa		%	kPa	%	%	%	kPa
硬质岩	隧 道	+	+	(+)			(+)		(+)	+	+		(+)						
	桥涵、挡土墙、大型 厂房、高路堤等地基	+	+	+			(+)		(+)	+	+				(+)				
软质岩	隧 道	+		+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)						
	桥涵、挡土墙、大型 厂房、高路堤等地基	+		+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
	深 路 堑	+		+	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)	(+)	(+)					

注：1 有括号者表示按需要确定；

2 本表所列试验项目按工程施工图设计要求考虑；

3 采用隧道掘进机施工时，尚应增加岩石硬度试验、岩块弹性波速度测试项目。

表 E.0.1—2 土的物理力学性质试验项目

土的名称	工程类别		天然含水率	天然密度	颗粒密度	天然孔隙比	饱和度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	颗粒分析	相对密度	渗透系数		压缩系数		固结系数		次固结系数	剪 切 试 验						
														垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平		快剪	固结快剪	慢剪	往复剪	三 轴 剪		
																									不固结 不排水	固结不 排水	固结 排水
		w	ρ	ρ_s	e	S_r	w_L	w_p	I_p	I_L		D_r	k_v	k_h	a_v	a_h	C_v	C_h		$c\phi$		$c\phi$	$c\phi$	UU	CU	CD	
		%	g/cm ³	g/cm ³		%	%	%			%		cm/s		MPa ⁻¹		cm ² /s										
砂类土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+	+	+					+	(+)		(+)												
	隧道等洞室		+	+	+		+					+	(+)														
	边坡及稳定检算		+	+	+		+					+		(+)													
粉土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+	+		+	+	+		+	(+)		(+)						+						
	隧道等洞室		+	+	+	+		+	+	+		+			(+)						(+)				(+)		
	边坡及稳定检算		+	+	+	+		+	+	+		+									+		(+)	(+)	(+)		
黏性土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+	+		+	+	+	+			(+)		(+)					+				(+)		
	隧道等洞室		+	+	+	+		+	+	+	+					(+)					(+)				(+)		
	边坡及稳定检算		+	+	+	+		+	+	+	+										(+)		(+)	(+)	(+)		
黄土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基		+	+	+	+		+	+	+	+					+					(+)				(+)		
	隧道等洞室		+	+	+	+		+	+	+	+										+				(+)		
	边坡及稳定检算		+	+	+	+		+	+	+	+										+				(+)		
软土	表层硬壳	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基	+	+	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
	下部软土		+	+	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		(+)	(+)	(+)	
盐渍土			+	+	+	+		+	+	+	+	(+)		(+)													
膨胀土	原状		+	+	+	+		+	+	+	+	(+)		(+)								(+)			(+)		
	重塑	+	+	+	+		+	+	+	+					(+)						(+)	+		(+)			

续表 E.0.1—2

土的名称	工程类别	湿陷性试验			毛细管 水上升 高度	无侧 限抗 压强 度	灵敏 度	崩解 量	有机 质含 量	易溶 盐含 量	中溶 盐含 量	难溶 盐含 量	土化 学全 量分 析	黏土 矿物 分析	膨胀土判别指标				收缩试验			击实试验	
		湿陷 起始 压力	湿陷 系数	自重 湿陷 系数											自由 膨胀 率	蒙脱 石含 量	阳离 子交 换量	膨胀 力	缩限	线缩 率	体缩 率	最优 含水 率	最大 干密 度
		P_{sh}	δ_s	δ_{sh}											F_s	M		P_p	w_s	e_{si}	e_s	w_{opt}	ρ_{dmax}
		kPa													%	%		kPa	%	%	%	%	g/cm ³
砂类土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基																						
	隧道等洞室																						
	边坡及稳定检算																						
粉土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基																					(+)	(+)
	隧道等洞室																						
	边坡及稳定检算																						
黏性土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基																					(+)	(+)
	隧道等洞室																						
	边坡及稳定检算																						
黄土	路堤、挡土墙、桥涵、厂房等地基	+	+	+							(+)	(+)										(+)	(+)
	隧道等洞室	(+)	(+)	(+)							(+)	(+)											
	边坡及稳定检算										(+)	(+)											
软土	表层硬壳					(+)			+														
	下部软土					(+)	(+)		+														
盐渍土					+					+			(+)										
膨胀土	原状							+		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	+	(+)	+	+	+		
	重塑																		(+)		(+)		

注：1 有括号者表示按需要确定；

2 本表所列试验项目，按工程施工图设计要求考虑。

表 E.0.2 多年冻土试验项目

土的名称	工 程 类 别	总含水率	颗粒密度	天然密度	塑限	液限	颗粒分析	有机质含量	盐渍度	冻土干密度	体积含冰率	水的相成分		饱和度	冻胀力	冻结强度	融化压缩		融化后密度	融化后剪切		导热系数		导温系数		容积热容量	
												未冻含水率	相对含冰率				融化下沉系数	压缩系数		凝聚力	内摩擦角	融	冻	融	冻	融	冻
w_A	ρ_s	ρ	w_p	w_L		ζ	ξ	ρ_d	i_v	w_h	i_0	S_r	τ_d		δ	α	ρ_t	c	ϕ	λ_f	λ_n	α_f	α_n	C_f	C_n		
%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	g/cm ³	%	%	%	%	kPa	kPa	%	MPa ⁻¹	g/cm ³	kPa	0	W/(m·℃)	m ² /h		kJ/(m ³ ·℃)				
黏性土	隧 道	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	桥涵、房屋、高填陡坡路堤、挡土墙等地基	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)	+	+	+		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	路 堑	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	+	+	+	+		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	填 料	+		(+)*	+		+		(+)																		
粉土	隧 道	+	(+)	(+)	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	桥涵、房屋、高填陡坡路堤、挡土墙等地基	+	(+)	(+)	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	路 堑	+	(+)	(+)	+	+	+	(+)	(+)	(+)	+	+	+		(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	填 料	+		(+)*	+	+	+		(+)																		
砂类土	隧 道	+		+			+		(+)		+			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	桥涵、房屋、高填陡坡路堤、挡土墙等地基	+		(+)			+		(+)		+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	路 堑	+		(+)			+		(+)					(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
	填 料	+					+		(+)																		

注：1 + 为定测和补充定测应做试验项目，初测时应做常规和代表性冻土特征项目；

2 (+) 为需要时才做的试验项目；

3 * 指最大干密度，需要时还应做夯后的 w 、 ρ 、 c 、 ϕ ；

4 有机质含量试验项目，土质为黑色土及泥炭时做；

5 盐渍度试验项目在地表有盐霜地段做；

6 导热系数、导温系数、容积热容量、冻胀力、冻结强度、抗剪强度、融化系数及融化后体积压缩系数可查表获得。

附录 F 环境水、土对混凝土侵蚀性的判定标准

F.0.1 环境水、土对混凝土侵蚀类型和侵蚀程度的判定标准应符合表 F.0.1 的规定。

表 F.0.1 环境水、土对混凝土侵蚀类型和侵蚀程度的判定

化学侵蚀类型		环境作用等级			
		H1	H2	H3	H4
硫酸盐 侵蚀	环境水中 SO_4^{2-} 含量 (mg/L)	$200 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 600$	$600 < \text{SO}_4^{2-} \leq 3000$	$3000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 6000$	$\text{SO}_4^{2-} > 6000$
	强透水性环境土中 SO_4^{2-} 含量(mg/kg)	$2000 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 3000$	$3000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 12000$	$12000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 24000$	$\text{SO}_4^{2-} > 24000$
	弱透水性环境土中 SO_4^{2-} 含量(mg/kg)	$3000 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 12000$	$12000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 24000$	$\text{SO}_4^{2-} > 24000$	—
盐类结 晶侵蚀	环境土中 SO_4^{2-} 含量 (mg/kg)	—	$2000 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 3000$	$3000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 12000$	$\text{SO}_4^{2-} > 12000$
酸性侵蚀	环境水的 pH 值	$5.5 \leq \text{pH} \leq 6.5$	$4.5 \leq \text{pH} < 5.5$	$4.0 \leq \text{pH} < 4.5$	—
二氧化 碳侵蚀	环境水中侵蚀性 CO_2 含量(mg/L)	$15 \leq \text{CO}_2 \leq 40$	$40 < \text{CO}_2 \leq 100$	$\text{CO}_2 > 100$	—
镁盐侵蚀	环境水中 Mg^{2+} 含量 (mg/L)	$300 \leq \text{Mg}^{2+} \leq 1000$	$1000 < \text{Mg}^{2+} \leq 3000$	$\text{Mg}^{2+} > 3000$	—

- 注：1 对于盐渍土地区的混凝土结构，埋入土中的混凝土结构遭受化学侵蚀；当环境多风干燥时，露出地表的毛细吸附区内的混凝土遭受盐类结晶侵蚀；
- 2 对于一面接触含盐环境水（或土），而另一面临空且处于干燥或多风环境中的薄壁混凝土，接触含盐环境水（或土）的混凝土遭受化学侵蚀，临空面的混凝土遭受盐类结晶侵蚀；
- 3 当环境中存在酸雨时，按酸性环境考虑，但相应作用等级可降一级。

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

《铁路工程地质勘察规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.2 根据《铁路主要技术政策》(铁科技〔2004〕78号)的规定，本次规范的全面修订是以时速200 km以下客货共线铁路的工程地质勘察要求为基础编制、修订的。为适应铁路建设的发展，本次修订还增加了对客运专线铁路及时速200 km客货共线铁路工程地质勘察技术要求的内容。由于我国目前还未建成一条真正意义的客运专线铁路，各类工程对地基地质条件的要求是否会产生新的地质问题等，都需要通过相当时间认真地分析研究和实践检验后才能确定。目前在建客运专线铁路的勘察成果还需经过大量实践过程的检验。铁道部在《关于执行或采用铁路工程建设标准有关事宜的通知》(铁建设〔2004〕140号)中也指出，“时速300~350公里客运专线铁路地质勘察除参照执行《京沪高速铁路工程地质勘察暂行规定》(铁建设〔2004〕13号)外，尚应根据具体项目沿线地形地质特点，按规定编制详细的地质勘察大纲报建设单位（或勘察委托单位）审定后执行”。为此，在实际工作中，对于客运专线铁路及时速200 km客货共线铁路的工程地质勘察工作，除应符合本规范规定外，还应视项目具体情况，作出必要的补充规定，明确需要增加或加深的工作内容和要求。

1.0.3 铁路工程地质勘察分阶段开展工作，就是坚持由浅入

深、不断深化的认识过程，逐步认识沿线区域及场地工程地质条件，准确提供不同阶段所需地质资料。特别在地质条件复杂地区，若不按阶段进行工程地质勘察，轻者会给后期工作造成被动，形成返工浪费，重者会给运营阶段留下无穷后患。

工程地质工作是多工序、多工种的综合性工作，其工序应该是先搜集、熟悉区域地质资料，再进行工程地质调绘，而后进行工程勘探、地质测试，最后综合分析、整理资料。它与其他专业（线路、路基、桥梁、隧道、站场、房建等）关系密切，为比选线路方案及选择建筑物场地，地质工作必须先行一步，以查明线路通过区域的地质条件及工程建筑设置地段的工程地质条件，为线路方案比选及建筑场地选择提供可靠地质资料；在线路走向、各类建筑物的位置、类型、式样布置确定之后，有针对性地开展深入的工程地质勘察工作，为工程设计搜集必要的地质资料。因此，地质工作又有滞后的一面，工作中必须考虑地质工作的这种特点，既要考虑工序的先后，还要考虑专业的衔接，合理安排工作，才能保障地质勘察工作有条不紊地顺利进行。

1.0.4 2006年1月6日发布的《铁路建设工程勘察设计管理办法》（铁道部令第26号）第七条中规定，“铁路建设工程勘察设计应高度重视环境保护和水土保持工作”，这对工程地质专业来说尤为重要，在评价自然工程地质条件的同时，还应评价工程建设和施工对环境地质条件的影响，应结合自然条件、工程设置，从工程地质专业角度提出环境保护、水土保持方案意见。

1.0.5 工程地质勘察是铁路工程建设的基础工作，采用新技术、新方法是促进勘察技术发展、提高地质勘察质量的基础。自铁路建设开展工程地质勘察工作以来，经历了单一勘察手段、多手段配合、综合勘探手段应用的发展过程，这个过程实际就是不断采用新技术、新方法的过程。我们正处在科技高速发展的时代，工程勘察必须注意开发新技术、应用新方法才能适应铁路建设的需要。如在地质图件编制中推广计算机CAD成图是铁路设

计一体化的需要。因此，要求地质技术人员一方面应掌握该项应用技术，另一方面也要开发、完善应用软件，促进该项技术的发展。卫星影像和航空摄影图像的应用，不仅大大节省了地质人员的劳动强度，也使地质调查更具针对性，地质图件更加美观、直观；新的物探方法、仪器、解译软件的开发和利用，也使物探工作有了长足的进步，已成为工程地质勘察中不可缺少的重要手段；钻探及原位测试设备的更新也使其应用领域不断拓展；多种勘察手段和分析方法的综合应用、多种勘察程序的探索，也使不良地质和特殊岩土勘察取得了新的进展。因此，新技术、新方法的应用十分必要。

铁路工程线长点多，工程类型多，地质条件多变，工程地质勘察难度较大。特别是在近几年客运专线铁路及铁路路网配套建设中，长大干线经过的地域广，地形地质条件十分复杂，仅采用地质调绘、钻探，在短时间内查清大范围的地质条件，为线路方案选择、工程选址、工程设计提供准确地质资料，是有困难的。为此，近几年在地质条件复杂地区，广泛采用了综合勘察方法，并取得了良好效果。综合勘察方法就是根据地形、地质条件、工作阶段、工程类型等，采用多种勘察手段密切配合，使取得的地质资料互相验证、取长补短，以最少的勘探工作量达到最佳的勘察效果；在地质资料整理过程中采用综合分析方法，就是将不同手段取得的地质资料进行对比，与既有工程进行类比，达到提高地质资料质量的目的。

工程地质人员在掌握本专业技术的同时，还应熟悉物探、原位测试等勘探、测试手段的工作原理、适用性，掌握一定的解译知识，并能据以提供地质参数，这样才能使勘察手段运用得当，解译的地质问题及获取的地质参数能做到为工程所需。

根据工程类型选择勘察手段，要求地质人员还应了解相关专业知识和工程与地质条件间的关系。只有了解工程设计所需地质资料，又熟悉用什么方法去获取，才能合理运用综合勘察方法，

灵活选择勘察手段，使之相互配合，取得最佳勘察效果。

1.0.6 在进行工程地质钻探、坑探或洞探、物探（特别是地震勘探）、原位测试等工作时，常因工作特点对周边自然环境、水源、居民的生产与生活等产生影响，对既有铁路的运营安全产生影响，也经常会对工作人员和机具的安全造成威胁。因此，勘察全过程都应遵守国家、地方政府和相关部门的有关环境保护、水土保持、安全生产等方面的规定；尊重当地，特别是少数民族地区的风俗习惯；注意勘察场地周围的自然环境、地质条件和安全生产条件，严格执行相关规范和操作规程，做到文明勘察，保证人身和机具的安全。

3.1.1 根据铁道部关于《铁路建设项目预可行性研究、可行性研究和设计文件编制办法》的规定，铁路工程地质勘察按踏勘、初测、定测、补充定测开展工作，分别与铁路大中型项目决策阶段的预可行性研究、可行性研究和设计阶段的初步设计、施工图四个阶段相适应，其最大特点是将原初测、初步设计的大部分地质工作提前到可行性研究阶段进行。设计阶段由原初步设计、技术设计、施工图三阶段调整为初步设计、施工图两阶段，工程简单、设计原则明确的小型项目，经主管部门同意还可按施工图一阶段设计，适应了铁路建设与发展的需要。

按新的勘测阶段开展地质勘察工作，使铁路基本建设满足“投资估算与初步设计概算的出入不得大于10%”的国家规定有了基础，可为建设项目投资决策提供科学依据，避免和减少决策失误，也将提高建设项目投资的综合效益。

3.1.2 铁路工程地质勘察的准备工作是地质工作的必要环节，充分收集、分析既有资料即可了解区域地质情况，明确工作重点，又是节约勘察成本的重要手段。只有重视这一环节，做好这一工作，才能保障参加工程地质勘察技术工作的人员任务明确、心中有数地进行实地勘察。

充分收集、分析现有资料，利用前人的资料是了解区域地质

情况、明确工作重点、节省勘察工作量的重要手段。对区域地质条件认识、地层划分等需要在地质勘察中统一的技术问题，应在地质勘察准备阶段组织勘察技术人员现场踏勘，统一认识标准，这是搞好工程地质勘察的基础。

3.1.3 地质点的布置是铁路工程地质勘察的基础工作。该工作的目的是通过对地质点的研究和综合分析去认识区域或场地地质条件。由于工作阶段、成图比例及地质条件复杂程度不同，要求地质点布置的密度也不一样。在同一地段或范围内往往可能有地质复杂、地质简单并存的情况；还有可能地质简单地段工程复杂，地质复杂地段反而工程简单。因此硬性规定地质点的密度，显然不尽合理。故只作了“数量和勘探深度应能控制重要地质界线和能说明工程地质条件”的原则规定。

关于孔深的要求是考虑在以往勘察中多重视地质点的平面控制，因勘探深度不够而影响工程设计的事例时有发生。因此，地质点布置不仅应考虑平面地质条件，也应考虑工程对地质剖面的要求。

3.1.5 根据工作阶段选择勘察手段开展综合勘察，是取得良好勘察成果的必要条件。前期研究工作阶段地质勘察的主要目的是了解和查明控制和影响线路方案的宏观地质条件；设计阶段主要是详细查明工程场地的地质条件。勘察目的不同，选择的勘察手段也应有差别。实际工作中应根据工作阶段特点，选择适宜的勘察手段，以取得良好勘察效果和经济效益。

3.1.6 根据特殊要求进行的勘探、测试工作，是指非一般工程都作的勘探、测试工作。如岩体初始应力场的评估、动力参数测试、放射性同位素测试等。只有结合地区特点或工程需要选择勘探、测试方法，才能取得满意效果。

3.1.7 在铁路新线勘察中，特别是在客运专线铁路和时速200 km客货共线铁路的勘察中常会遇到一些新的、复杂的地质问题，如在京沪高速铁路勘察中遇到的下蜀黏土、松软土，郑西客

运专线勘察中的湿陷性黄土等，就是因为建设标准对地基沉降要求的提高而引发的新的地质问题，它不仅直接影响着线路方案、工程建筑物方案的选择、工程处理措施等，也影响着工程地质勘察要求和勘探量的确定，为此应尽早提出进行工程地质专项研究的项目和内容，或对某个地质问题提前开展专项工作的建议（可参见第 7.2.3 条条文说明）。

3.1.8 根据《中华人民共和国防震减灾法》和《地震安全性评价管理条例》的规定，“重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程，必须进行地震安全性评价”。因此，在勘察期间（一般是在初测阶段），应根据铁路建设的工程设置情况、地震动峰值加速度和地质条件等，提出需要进行地震安全性评价工程项目的建议，以配合建设单位及时委托“具有相应资质的地震安全性评价单位”开展工作。对地震动峰值加速度较高、研究程度较差或活动性断裂发育的地区，或在地震动峰值加速度区划界线附近设置有较大工程，必要时应提出进行地震动峰值加速度区划界线的复核或详细区划工作的建议。

需要进行地震安全性评价的项目一般为，在地震动峰值加速度大于等于 $0.1g$ 地区建设的特大桥、高桥、长隧道或特长隧道、大型路基工程、大型或特大型供水工程、大型或特大型旅客站房等。

3.2

2006 年 1 月 6 日发布的《铁路建设工程勘察设计管理办法》铁道部令第 26 号第三十条规定，“铁路勘察实行勘察大纲审查制度。勘察单位应依据项目建议书或可行性研究报告批复意见、规程规范编制勘察大纲，业主或建设管理单位应对勘察大纲组织审查，审查后的勘察大纲为工程勘察合同的组成部分”。2004 年 10 月 30 日铁道部发布的《关于加强铁路工程地质勘察工作的通知》（铁建设函〔2004〕644 号）中也规定建立工程地质勘察大

纲审查制度。“由勘察单位在初测、定测前分别编制工程地质勘察大纲。工程地质勘察大纲的内容应包括勘察工作的内容、方法、质量要求和计划工作量，重大工程、不良地质、特殊地质（岩土）工点勘察工作的内容、方法和工作量，计划进度及完成日期，提交资料的种类和数量及其他。初测、定测阶段勘察大纲由建设单位组织审查”。根据上述文件的要求，本规范增加了本节，规定了勘察大纲应包括的主要内容。批准后的工程地质勘察大纲既是勘察单位的主要工作依据，也是建设单位和工程地质勘察监理单位审查和监理勘察单位的重要内容。

3.3.3 遥感图像地质解译是先进的地质调绘方法，但也有其局限性。遥感图像虽然真实地记录了地质体的信息，但由于种种外界因素的影响，图像失真或假像难以避免；由于比例关系，有些地质现象在遥感图像上较难区分等等。因此，遥感图像地质解译工作应遵循循序渐进、由浅入深的认识规律，按程序开展工作。控制和影响线路方案或工程设置的地质构造、不良地质、特殊岩土等解译都必须进行现场核对，以做到提供的控制和影响线路方案及工程设置的地质条件准确、可靠，确保线路方案比选及工程选址正确。

3.3.5 多种遥感手段和多片种的配合，能克服单一片种的局限性。利用不同比例遥感图像及计算机信息处理，可提高遥感图像的解译水平。采用遥感手段既可以进行地区宏观分析，又可以指导地面地质工作，大大减轻了地质人员的劳动，减少了地面调绘的盲目性，提高了大面积地质调绘的质量。例如，西康线秦岭越岭隧道通过地区地形异常困难，越岭地区是一个极其复杂的地质构造断褶带，仅在地面进行大面积地质调绘，地质工作深度、广度不够，选线依据不足。为做好大范围越岭隧道方案比选工作，地质调绘工作采用遥感图像地质解译与地面地质调绘相结合的方法，遥感图像采用了三个高度的摄像层次（卫片、航片）、五个片种（黑白片、彩红外片等）进行地质解译，并指导地面地质

工作，取得了良好的效果。

3.4.3 地质调绘的范围应根据线路工程设置所影响的范围确定，一般为线路两侧各 100 ~ 200 m。在为评价不良地质、特殊岩土对工程的影响，评价重大工程的地质条件时，应根据需要适当扩大。如为评价滑坡对线路方案的影响，调查范围应包括整个滑坡范围，即一般应“上山到顶、下山到河（沟）”。

3.4.4 地质观测点的调绘是地质调查的重要手段之一。地质观测点应具有代表性，一般应布置在岩层出露较好的地方、地层分界点、断层及节理发育带、不良地质界线、地下水出露点等处，以量测地层、断层、节理等的产状，确定土石分界点的位置。观测点布置的目的应明确，根据地质点的类型确定。

地质观测点应针对地质点的类型进行描述，如岩层露头观测点应重点描述岩石的时代、成因、名称、颜色、主要矿物、胶结物、结构、构造、风化程度、岩石的坚硬程度、岩体的完整程度、岩层厚度、岩层的产状、节理发育程度及其充填情况等；第四系沉积物中的粗颗粒土应重点描述土的名称、成因类型、颗粒级配及其形状、颗粒的母岩成分、风化程度、充填程度及充填物成分、胶结程度、密实程度、潮湿程度等；对细颗粒土应重点描述土的名称、成因类型、夹杂物的成分及含量百分数、土的密实程度和潮湿程度等；土石分界线类的观测点应重点说明土石的接触关系；不良地质类观测点应重点说明不良地质的类型、特征、严重程度、与地下水的关系等。观测点一般应辅以地质照片、示意图等，以表明观测点的位置、方位及相对尺寸。重要的、距离线路较远的或根据地形地物确定位置困难的观测点应采用仪器法进行量测。

3.4.5 与 1996 年版《铁路工程地质技术规范》(TBJ 12) 相比，2001 年版《铁路工程地质勘察规范》在对详细工程地质图的地层单元划分方面作了如下修改：将“宜划分到统”改为“宜划分到统，地质条件复杂的应划分到组”；工点工程地质图，当构

造复杂、不良地质发育受地层控制时，“宜划分到组”改为“应划分到组”。精度要求也有所提高。由于地质条件受地层岩性、地质构造因素控制作用越来越明显，若划分过粗，地层单元在工程地质条件评价中起不到应有的作用。提高地层单元划分精度，有利于复杂山区的地质调绘及地质条件的评价工作。

3.4.6 工点工程地质图的比例由原来的 1:500 ~ 1:5 000 改为 1:500 ~ 1:10 000。要求填图比例范围增大是由于近十几年来的特长隧道工程增多，地质条件复杂的长大隧道的工程地质图如仍采用 1:5 000，其图幅往往不能满足工程地质条件评价和附属坑道设计的需要。作此修订，更符合工程设计的要求。

3.4.7 沿线地震动参数划分是铁路工程抗震设计的基础。根据国家标准《中国地震动参数区划图》(GB 18306) 结合地质构造线、地貌单元和工程设置，实地确定地震动峰值加速度分界线，是工作中通常采用的方法。应注意避免将较大工程位于不同的地震动参数区。

3.5.3 物探方法均需具备一定物性条件，主要研究一定深度范围地层的物理性质。因此结合地区特点、地层构造情况，充分利用探测对象的物性条件开展综合物探，将取得的资料互相验证、互相补充，是提高物探解译精度的有效方法。根据场地地质条件，使用多种物探手段采用点、线、面结合的方法综合勘探，从多项物性参数及不同勘探深度研究地质体，就能达到多层次、立体化认识区域或场地地质条件的目的。

3.5.4 物探是通过采集天然或人工物理场的分布状态信息，分析、研究、了解地质体的物理性质和几何形态的勘探方法。但是不同物性和不同形态的地质体物理场的分布状态有可能相同；地质体的几何参数与物性参数作某种相对变化时，物理场的分布可以不变，因此造成物探信息的多解性。要取得正确的解译，就必须掌握地质体的物性参数或几何参数，必须有适当的已知地质资料，才能保障物探解译精度。因此，本规范规定，物探资料应与

钻探及其他已知的地质勘察资料进行对比、分析、互相验证。

3.6.2 为保证钻探质量，应参照《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014) 的规定，选择适宜的钻进方法。为下列目的进行的钻探中，一般选用干钻、无泵反循环、双层岩芯管或其他有效钻进方法：

(1) 查明粉土、黏性土、软土、松软土、膨胀土的物理力学性质；

(2) 查明砂类土的颗粒成分；

(3) 查明黄土的湿陷性；

(4) 判明岩层的风化和破碎程度；

(5) 查明地下水情况；

(6) 查明地基土液化的可能性；

(7) 查明滑坡的滑床与滑面（带）；

(8) 多年冻土地区进行地温观测；

(9) 采用冲洗液钻进不能保证钻探质量时。

3.6.10 整理、保存的代表性岩芯，一般应保存至基础施工完成或整个工程竣工，有特殊要求的则根据需要确定。

3.6.11 提供极限状态下的工程设计的岩土参数应是与工程建筑同一置信概率统计下的标准值。进行岩土参数概率统计要求参加的子样数最少为 6 个。因此同类地质条件下的岩土试样不能少于 6 组，以保障岩土参数子样满足统计子样的个数。

3.6.12 土样的质量直接影响室内试验的成果和质量。现场采取土样时，应根据勘察、试验和工程设计的需要，按相关规定，选用不同的取样方法和设备分别采取。当需要进行土的密度、收缩、膨胀、湿化、毛细水上升高度、渗透、固结、黄土湿陷、三轴压缩、直接剪切、残余强度、无侧限抗压强度等试验时，一般选用 I 级土样。

《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014—98) 第 9.4.1 条第 1 款规定，采取土样应根据试验目的、允许的扰动程度，按说明表

3.6.12 选择土样直径和取土器类型。

本次规范修订，对《铁路工程地质钻探规程》中土试样类别的划分进行了分析。由说明表 3.6.12 可知，扰动土中“显著扰动”和“完全扰动”两类在可进行的试验项目和取样方法上没有本质的区别，为此在本规范中合并为一类（Ⅲ类），即“已显著扰动”类。

说明表 3.6.12 土试样类别、直径和取土器类型

类 别	扰动程度	试 验 目 的	土样直径（mm）		选用取土器类型
			黏性土	黄 土	
原状土	不扰动	土类定名、含水率 密度、强度试验、 固结试验	≥100	≥120	薄壁取土器、回转 取土器、探坑取样
	轻微扰动	土类定名、含水 率、密度	≥100	≥120	薄壁、厚壁、回转 取土器
扰动土	显著扰动	土类定名、含水率			标准贯入器、回转 取芯合金钻头、螺 旋提土钻等采取
	完全扰动	土类定名			

3.7.2 原位测试数据与岩土强度特性、变形特性乃至物质组成诸因素有关。这些因素又因土质状态、结构不同而异，且往往具有地区特点。因此在工程地质勘察中，应强调各种原位测试方法之间及与勘探、室内试验的配合使用，以便通过综合勘察方法，取得多种地质参数，并经综合分析，达到获取符合实际情况的地质参数的目的。

3.7.3 地基承载力直接影响铁路工程建筑物基础类型的选择，影响建设项目投资预算精度。为保障在可行性研究阶段提供工程设计的地基承载力的可靠性，要求新建铁路在初测阶段建立适宜沿线地区性承载力计算公式或对拟选用公式进行验证是十分必要的。

3.8.1 室内试验应根据工程类型、岩土性质及它们在建筑工程中所处的受力情况及性态等，选择与实际相适宜的试验项目和方

法，保障室内试验成果资料准确、可靠、适用。

3.8.2 岩石力学性质试验项目包括膨胀压力试验、单轴抗压强度试验、单轴压缩变形试验、点荷载试验、抗拉试验、抗剪断强度试验、抗剪强度（直剪）试验、三轴抗压强度试验等。

土的力学性质试验项目包括固结试验、直接剪切试验、排水直接剪切试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验、 K_{30} 和 E_{vd} 平板载荷试验、黄土湿陷性试验、膨胀力试验等。

上述力学性质的试验要求其试验条件应尽可能地与工程相关岩土体所处条件相似，因此对试验压力有较严格的要求。

例如，饱和土体受到压力后，土中的部分孔隙水逐渐排出，作用在土骨架上的有效应力逐渐增加，土体积随之压缩，直到变形达到稳定为止，这一变形过程称为固结；非饱和土体在外力作用下，孔隙中的气体排出或压缩主要取决于有效应力的变化，土体的这种变形称为压缩。黄土的湿陷性也是在上述压缩变形的基础上再浸水，测试其附加沉降的特性。

一般土的固结、压缩试验要求试验的最大压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和。压缩系数和压缩模量应在 $e-p$ 曲线上取土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和段的孔隙比和压力值进行计算。确定先期固结压力，计算压缩指数、回弹指数、固结系数等都与有效自重压力和附加压力有关。

黄土湿陷性试验也规定：基底下10 m以内的土层应用200 kPa，10 m以下至非湿陷黄土层顶面，应用上覆土的饱和自重压力（当大于300 kPa压力时，仍用300 kPa）；当基底压力大于300 kPa时，宜用实际压力；对压缩性较高的新近堆积黄土，基底下5 m以内的土层宜用100~150 kPa压力，5~10 m和10 m以下至非湿陷性黄土层顶面，应分别用200 kPa和上覆土的饱和自重压力。

由此可见，上述试验都与试验时的压力密切相关。在进行固结（压缩）试验时，一般加压至300 kPa。为此，在要求进行固

结、压缩试验时，如有效自重压力与附加压力之和大于 300 kPa 或有特殊要求时，地质人员应提供试验的最后一级压力值。在湿陷性黄土地区，当建筑物的基底压力大于 300 kPa 时，也应提供基底的实际压力，以便试验人员确定试验的最后一级压力值。

3.9.1 同类地质条件是进行地质资料类比的基础。由于评价对象不同，具体划分依据也不一样。进行岩土地基评价时，“同类地质条件”从宏观上包括地层的年代、成因，从微观上包括层位和岩土性质。只有上述四个条件相同的岩土层，才具备进行类比的基本条件；同类地质条件地段是指地貌、地层（包括年代、成因、岩性）及环境条件（如地下水、地表水的影响）基本相同的地段，只有同类地段，其工程地质条件才可类比。

3.9.2 定性分析是通过对线路或工程场地的地质勘察，并经过地质资料汇总分析后得出的综合性概念认识。场地的地质条件、场地的适宜性可进行定性分析。定量分析是将同类地质条件下的试验、测试数据，进行数理统计后得出的参数结果。定量分析一般应在定性分析的基础上进行。对岩土的强度、变形及稳定性问题宜采用相关测试数据、物理力学参数等进行定量评价。铁路工程设计岩土参数的定量分析，一直沿用定值法。为适应工程设计改革的需要，2001 年版《铁路工程地质勘察规范》就已对岩土取样、岩土参数统计分析提出了相应要求。

3.9.3 由于岩、土层的不均匀性，采用相同岩、土层的试样和相同试验方法测定的数据通常都具有离散性，并有一定分布规律。为了给工程设计提供一个既有代表性又有一定可靠度的岩土参数值，本规范规定了对岩土试验测试数据进行数据统计的方法。为保障数据统计结果的代表性和可靠性，统计过程应按下列顺序进行：

(1) 根据地质条件、试验测试方法，分别汇总同类岩土参数。

(2) 剔除有明显错误的数值。

(3) 计算统计系列数据的平均值 f_m 、标准差 σ 、离差 d ，并根据下式进行判别，剔除异常数据：

$$|d| > g\sigma \quad (\text{说明 3.9.3})$$

式中 $d = f_i - f_m$ ；

g ——不同判定方法所采用的系数。

剔除异常数据的常用方法有：三倍标准差法 (Pauta)、肖维耐法 (Chauvenet) 和格拉布斯法 (Grubbs)。当采用三倍标准差法时， $g = 3$ ；当采用其他两种方法时， g 值由说明表 3.9.3 查得。

说明表 3.9.3 肖维耐法及格拉布斯法的 g 值

n	肖维耐法	格拉布斯法		n	肖维耐法	格拉布斯法	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$			$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	1.68	1.67	1.75	16	2.16	2.44	2.75
6	1.73	1.82	1.94	18	2.20	2.50	2.82
7	1.79	1.94	2.10	20	2.24	2.56	2.88
8	1.86	2.03	2.22	22	2.28	2.60	2.94
9	1.92	2.11	2.32	24	2.31	2.64	2.99
10	1.96	2.18	2.41	30	2.39	2.75	3.10
12	2.03	2.29	2.55	40	2.50	2.87	3.24
14	2.10	2.37	2.66	50	2.58	2.96	3.34

注： α 为统计参数的风险概率。

(4) 剔除异常数据后，对余下的数据重新计算 f_m 、 σ 、 d ，按选定的原则重新进行判别和剔除，直至不再有异常数据。

(5) 以往为工程设计提供的岩土参数多是范围值和经验值，无概率意义。当勘察手段少，岩土参数少、单一，无法进行数理统计时，采用经验值法是可取的。随着勘察手段日益增加，地质参数逐渐数据化，工程采用可靠度设计，岩土参数必须进行数据统计才能适应工程勘测设计科学的发展。条文中所列岩土参数标准值的计算式是在风险率 $\alpha = 0.05$ 的条件下的简化计算式，工程

设计要求不同，应采用不同风险率的标准值。数据处理方法虽然比较科学，但是由于地质条件千变万化，因此工作中宜根据岩土参数平均值、范围值、标准值、变异系数及工程地质条件综合分析提供岩土参数。

3.9.4 铁路工程地质条件评价是在综合分析工程地质调绘、遥感图像地质解译、工程勘探、地质测试及搜集既有资料的基础上，结合工程特点和要求进行的，评价内容包括定性、定量和工程措施意见。规范在评价方面包含环境工程地质条件评价要求。由于工程设置和施工引起地质环境变化，并引发新的工程地质问题时有发生。常见的工程地质问题有：隧道开挖引起地下水大量渗漏，影响洞顶居民生活，例如大瑶山隧道施工中就曾因洞内涌水引起洞顶地面坍塌和泉水干涸；不当取土，引起工程滑坡，更是屡见不鲜；施工不当破坏本来脆弱的风沙植被，引起风沙活动加剧，是在干旱、半干旱气候条件下表层为粉、细砂地层常见的地质病害。现要求工程地质评价中，在考虑工程建设场地地质条件的同时，还应考虑工程设置与自然环境的相互影响，预测其变化规律，合理利用改造地质环境，防止工程地质问题发生。

3.10.2 对工程建设场地稳定性和适宜性的评价是地质人员在通过调绘、勘探、测试等勘察手段后需进行的一项重要分析和论证工作，也是对前阶段工作内容和质量的检查。分析和评价工作的主要内容包括：勘探、测试、调绘等原始资料的可靠性和准确性的分析、评价，以及在此基础上对测试资料的统计分析；线路地质条件的综合分析，如地层岩性、地质构造、地下水分布特征等对线路方案、工程设置的影响与评价；不良地质的性质、发展趋势、对工程影响程度的分析、判断，设计所需地质参数的分析，工程措施建议；特殊岩土地段的性质、物理力学参数及对线路方案和工程设置的影响程度，工程措施建议；针对重大工程的地质条件的分析和评价，如对特大桥基底的地层结构、各层的基本承载力、基底持力层位置的推荐、地下水水位及基坑涌水量的

预测、基坑边坡稳定性和基底沉降的分析等。

4.1.1 一般路基工程地质调绘的分段应根据地形、地貌、工程地质条件、工程类别等因素划分。为避免因工程简单而忽视工程地质调绘精度的倾向，特指出要注意调查不良地质和特殊岩土分布、性质及其对工程的影响。如在低洼地段要注意是否有软土，在沉积岩地段要注意路堑边坡是否有顺层滑动的可能等，应避免由于工程简单、地质工作不细而遗漏工程地质问题。总之，要克服“重桥隧，轻路基”的思想。

根据《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)第7.1.5条的规定，地质调绘工作还应重视对路基地基表层松散土层天然密度和力学性质（承载能力）的评价。当地基表层土的密实程度小于规定的压实密度或有松散土层存在时，应提出相应的工程措施建议。

代表性工程地质横断面的宽度应包括路基工程所涉及的范围，如路堤坡脚、路堑边坡以外一定范围，一般与路基横断面的宽度一致。为表示不良地质或特殊岩土发育的相关情况，工程地质横断面的宽度应适当增加。

4.1.2 高路堤是指填方路堤边坡垂直高度大于20 m的路基工程；陡坡路堤是指修筑在地面横坡等于或大于1:2.5坡面上的路堤。

高路堤、陡坡路堤及下文中的深路堑、地质复杂的路堑、路基支挡建筑物、改河、大型改沟工程、河岸防护、浸水路基工程的勘察都应按土工结构物认真对待，布置合理的勘探、测试工作，查明基底、边坡等地质条件，预测施工及运营期间可能出现的工程地质及环境地质问题，提出工程措施意见。

高路堤、陡坡填土路堤的工程地质勘察，主要是查明基底稳定情况。从既有线调查所见，路堤病害绝大多数是由于路堤基底有软弱夹层，或有地下水未处理或处理不当引起。

查明基底问题，一是对第四系地层应查明其厚度、物理力学

性质，查明有无软弱层和软弱夹层的存在，若第四系地层覆盖较薄，还应查明基岩横坡形态；对沉积岩地段应注意岩层产状及岩层中的软弱夹层，查明厚度、软弱层的性质，并分析稳定情况等。二是查明地下水问题，要查明地下水出露的范围，并搜集有关的地下水活动情况，判明对基底稳定性的影响。

根据工程地质调绘结果，应选择适当位置，布置勘探、测试工作。代表性控制断面是指填方边坡最高及工程地质条件较差的地段；勘探深度应视地层情况和路堤高度而定，并应能确定稳定斜坡或基岩横坡形态和岩层性质、地下水埋藏深度及特征，满足取样、试验的要求。

4.1.3 深路堑一般是指挖方边坡垂直高度大于 20 m 的路基工程。而《京沪高速铁路工程地质勘察暂行规定》第 4.1.3 条将边坡高度大于 10 m 的路堑即划为“深路堑”。因此，对于客运专线铁路，当路堑边坡垂直高度大于 10 m 时，即应按“深路堑”工点收集相关地质资料。

地质复杂的路堑是指路堑边坡分布有较厚的不稳定坡积层、软弱夹层、全风化或强风化岩层、不利结构面发育且倾向线路、地下水发育等地质条件的路堑工程。上述地质条件直接威胁路堑边坡的稳定，勘察中应特别重视该类路堑的勘探与评价工作。

深路堑、地质复杂路堑，工程地质勘察中应特别注意分析在施工中或施工后由于环境地质条件变化，可能出现的崩塌、滑坡等不良地质现象，并分别说明其发展的可能性和对线路的影响。当岩层倾向线路时，则需调查层面间有无层间错动，有无软弱夹层，并作出有无顺层滑动可能的评价。

应根据工程地质调绘结果，进行横断面勘探、测试工作。地质横断面的间距及勘探深度、数量及其位置应视地质复杂程度而定。多年冻土地区应结合冻土天然上限深度、冻土类型及分布进行勘探。如地层复杂，含水层水量较多，需做排水设施时，应进行水文地质试验，提供有关数据。

4.1.4 支挡结构发展较快,锚杆、锚索、桩基已普遍用于路基支挡工程。这类支挡工程勘探不同于挡墙工程的地基勘探。锚杆、锚索工程主要是查明被锚固地层岩性的物理力学性质,为锚固工程设置提供依据,勘探点的布置和勘探深度应结合锚固范围及地层岩性确定;桩基勘探应按其受力情况确定。无论何种支挡建筑的工程勘探测试,都应以满足工程设计为原则。为保障支挡结构设计,并能控制住场地地质条件,提出了不宜少于3个勘探测试点的勘探要求。

4.1.5 改河、改沟工程,过去曾有不少教训,在采取此项工程措施时,应持慎重态度。工程地质勘察应着重查明新河道的地质条件及坝址和导流建筑物基础的地质条件。

4.1.8 客运专线铁路及时速200 km客货共线铁路路基工程在工后沉降方面较一般铁路有更严格的要求。为使支撑轨道的基础刚度不发生突变,使轨道纵向基础刚度更趋均匀,对路基提出了设置过渡段的要求。上述两类铁路对工程地质勘察的要求内容基本一致。由于客运专线铁路及时速200 km客货共线铁路路基工程与一般铁路在地质调绘方面没有太大的区别,因此本条主要规定了勘察工作中有关勘探点的布置、勘探深度和测试取样方面的要求,特别是对各类过渡段勘探的要求。

过渡段一般设置在路堤与桥台,路堤与横向结构物,路堤与路堑,土质、软质岩和强风化的硬质岩路堑与隧道等建筑物的衔接处,过渡段的长度与路堤高度有关,具体可参考相关设计规范确定。强调在设置各类过渡段的地段应布置勘探点是为了查明过渡段基底的地质条件,为过渡段的设计提供地质依据。

关于客运专线勘探点的间距,在相关规定中有如下规定:一般路基沿中线每隔50~100 m布置1个勘探点;高路堤和陡坡路堤、深路堑、支挡工程等,当地质条件简单时,每隔50~70 m布置1个代表性地质横断面,每个横断面上至少应有1个勘探点;地质条件复杂时每隔30~50 m布置1个代表性地质横断面,

每个地质横断面上至少应布置 3 个勘探点，并要求上述每个工点不应少于两个钻孔。《客运专线无砟轨道铁路设计指南》第 4.1.3 条则规定，地质勘察横断面沿线路方向间距不大于 50 m，横断面上的地质点不应少于 3 个。

关于客运专线勘探点的深度，本次修订前专门开展了《客运专线路基与桥涵工程地基勘探深度研究》(以下简称《勘探深度研究》)。控制勘探深度的因素是客运专线对路基工后沉降量的严格要求。各类线路对路基工后沉降量的要求详见说明表 4.1.8—1。

说明表 4.1.8—1 各类线路对路基工后沉降量的要求

速度 (线路类型) (km/h)	140 (I 级)	重载	160	200	300 以上	无砟轨道
允许工后沉降 (cm)	30	30	20	15	5 ~ 10	1.5 ~ 3
沉降速率 (cm/年)		10	5	4	2 ~ 3	

注：本表摘自《新建时速 200 公里客货共线铁路设计暂行规定》(铁建设函〔2005〕285 号)第 4.4.3 条条文说明。

工后沉降量与上部荷载 (路堤高度)、地基的地质条件和压缩层厚度密切相关。以地基地质条件为黏性土、粉土、砂土为例，设其容重的平均值为 18 kN/m^3 ，路堤填土的容重为 19 kN/m^3 ，则天然地基压缩层的厚度如说明表 4.1.8—2。

说明表 4.1.8—2 路基填土高度与压缩层深度关系

填土高度 (m)	影响深度 (m)		备 注
	单线 (8.8 m 宽)	双线 (13.6 m 宽)	
2	15	17	按基底附加应力 小于 0.1 倍自重 应力处的深度控 制
3	18	20	
4	22	24	
5	25	27	
6	28	30	
7	31	34	

路基设计要求勘探深度应在检算深度以下 5 ~ 10 m。一般地区填土高度为 4 m 时，检算的深度达 25 ~ 35 m。以哈大客运专线为例，地基地质条件以黏性土、砂类土和黄土为主，路基设计检算中，填土高度与要求的勘探深度存在说明表 4.1.8—3 所示关系。

说明表 4.1.8—3 填土高度与勘探孔深度的关系

填土高度 (m)	2	3	4	5	6	7
勘探孔深 (m)	23	28	32	37	41	45

根据以上要求，目前几条客运专线的勘探情况如说明表 4.1.8—4。

说明表 4.1.8—4 客运专线路基工程的勘探情况

客运专线名称	勘探深度 (m)	检算深度 (m)	主要地层情况
京 沪	35 ~ 60	25 ~ 60	黏性土、砂类土、软土
郑 西	30 ~ 35	25 ~ 35	湿陷性黄土、黏性土
秦 沈	一般 25	30	黏性土、砂类土
哈 大	25 ~ 45	20 ~ 45	黏性土、砂类土、黄土
石 太	10 ~ 25		黄土、黏性土、砂类土
京津城际	40 ~ 60	20 ~ 70	软土、黏性土、砂类土
京 郑	30 ~ 45		黏性土、黄土、砂类土
沪 宁	一般不小于 35	25 ~ 60	黏性土、砂类土、软土

地基地质条件好，如为碎石类土或基岩时，勘探深度可适当减小；当地基为沉降较大的一般土或软土、松软土时，勘探深度应加深。

《勘探深度研究》在研究了相关标准的规定、当前多条客运专线勘探的实际情况和设计检算的实例分析后提出如下建议，可供实际工作中参考。

当基底下不存在可压缩层，即地层为碎石类土、基岩时，勘

探深度可参照说明表 4.1.8—5 执行；当基底存在压缩层时，勘探深度一般在 25 ~ 50 m 之间，具体应根据工后沉降量的要求、路堤高度、地基土性质等通过检算确定；深厚的软土地基应进行单独计算，以确定勘探深度。

说明表 4.1.8—5 路基勘探深度表

路基形式或地基地质条件	勘探深度要求
一般路基	一般路堤孔深 10 ~ 25 m；路堑孔深至路基面以下 5 m，为硬质岩时，应至路基面以下 2 ~ 3 m
高路堤、陡坡路堤	深度应至基岩面以下 3 ~ 5 m，或满足地基稳定和沉降计算要求；基底以下存在软弱地层或可能滑动面（带）时，孔深应至该层以下 5 m
深路堑、地质复杂路堑	深度应至路基面以下 3 ~ 5 m，或满足稳定及沉降计算的要求，存在软弱结构面时，应穿过软弱结构面并进入稳定地层 3 ~ 5 m
支挡建筑物	一般宜达到支挡建筑物基底以下 5 m
软土路基	当软土较薄时，应至下卧硬底层 5 ~ 10 m，或下伏基岩内；当软土很厚时，孔深应不小于附加应力相当于土层自重应力的 10 % 处的深度
松软土路基	当松软土较薄时，勘探测试孔深应达松软土层底以下 5 m，或下伏基岩内；当松软土很厚时，孔深应不小于附加应力等于土层自重应力的 10 % 处的深度与变形比法确定的深度中的大值，或达硬层（硬塑土或中密以上的砂层）以下 5 m

注：以上路基工程基础如采用桩基时，勘探深度应至桩尖以下 5 ~ 10 m。

试验样品的采取和数量要求，是考虑数值统计分析的需要，使提供的地质参数更科学和更具代表性。客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路新增加的试验项目，多是由于无砟轨道对沉降要求特别高而引起的。如在对地基改良后（或模拟改良后）的土体，应进行其渗透性、剪切强度、固结系数、湿陷系数等试验，以及时修正设计、检验施工效果。

4.2.1 据《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—2005)，桥梁按其长度分类如说明表 4.2.1。

说明表 4.2.1 桥梁按长度分类表

分类名称	特大桥	大 桥	中 桥	小 桥
桥梁长度	500 m 以上	100 m 以上至 500 m	20 m 以上至 100 m	20 m 及以下

注：桥梁长度系指桥台挡砟前墙之间的长度。拱桥系指拱上侧墙与桥台侧墙间两伸缩缝外端之间的长度；刚架桥系指刚架顺跨度方向外侧间的长度。

高桥系指墩高大于 50 m 的桥梁。

大中桥、高桥、特大桥桥渡位置的选择宜避开断层破碎带。一般来说，断层破碎带的岩性较为松软，当墩台置于此地带，特别是置于破碎带与完整岩层接触处时，由于软硬不均，将给基础处理造成困难，故应尽量避免。所谓避开是指避免将墩台直接置于断裂带上，尤其是软硬岩层的接触带上。避开的办法可采用：调整线路平面位置至在断裂带最窄处通过，或用调整墩台位置的办法，不使墩台基础直接置于此带上；若断裂带较宽，应设法使最少量的墩台置于其上等。地质工作主要是查清断层破碎带的产状、规模、性质及其工程地质条件，并据以提出相应的工程措施。

活动断裂带的危害，一方面要考虑是否是发震断裂，有可能由于地震触发引起断裂的再错动，而造成工程建筑物的直接破坏；另一方面要考虑由于升降或水平运动对工程的影响和地应力对工程结构的破坏。在该类地带又位于地震区时，不宜设置大型工程建筑物。当必须通过时，应按国家有关规定请有关部门作出地震稳定性评价，使桥位的选择依据充分，万无一失。

4.2.2 跨越深切峡谷、沟谷的岸坡稳定性问题是山区铁路经常遇到的工程地质问题。在岸坡陡立地段如何设置桥墩台关系到工程的安危，进行岸坡稳定性评价是该类地段工程地质调绘的重点之一。黄土地区陡立岸坡地段通常采用桥基设置在稳定坡角线以下以保障工程安全；基岩地区陡立岸坡地段也应根据地层岩性、结构面特征、水文地质特征及水文条件等进行工程地质条件的综合分析，作出岸坡稳定性评价，为工程基础设置提供依据。

土的结构特征是指土层中特殊的结构状态，如夹杂物或包含

物、大孔性、垂直节理、网状裂隙及其他较大或较长的裂隙、软弱夹层、透镜体等。

水文地质特征，除地下水水位及其变化幅度、水化学特征外，尚需查明渗透系数等，为估算基坑可能涌水、流沙等情况提供依据，并据以考虑施工排水设施、基坑开挖防护措施及施工方法等。

4.2.3 工程勘探、地质测试强调了综合勘探手段的采用以降低勘探费用、满足工程设计要求的选用原则。根据桥梁建设实践及在多种地貌单元或岩性多变地层上的铁路桥梁发生不均匀沉降的原因分析，查明基底深部岩土地层的分布规律是十分必要的，为此提出了为探明深部地层结构，可根据需要布置加深钻孔的要求。

地层简单、地层层序有规律或覆盖层较薄、基岩面平缓且岩性单一时，可酌情减少钻孔。一般较大的河流，河床及两侧阶地上的地层分布是有一定规律的，可以减少部分钻孔。一般可隔墩或隔两墩布置一孔，跨度小时也可隔三墩布一孔，但不能距离太远，最好不超过 60 ~ 70 m，否则就控制不了地层的变化，特别是当可能有被掩埋的古河道存在、地层中有软弱夹层或浅滩与主槽有变化时。

桥墩台基础具下列情况时，应增加勘探量：

(1) 岩溶发育地段或有人为坑洞时，应多布置一些钻孔，以查明基底轮廓线内是否有岩溶或洞穴存在。岩溶发育时，还应适当布孔查明基础轮廓外一定距离是否有岩溶分布，为基底处理和桥跨布置作参考。

(2) 墩台建于隐伏的基岩斜坡上时，应视基岩斜坡纵、横向变化布置勘探孔。基岩斜坡比较规律，探明一个方向至少应有 2 孔，探明两个方向至少应有 3 个勘探点。

沉井基础，特别是位于地下水位以下水量较大、沉井较深的基础，当基岩面不平整（包括基岩斜坡）或遇大的漂石、块石

等时，会造成沉井下沉困难，甚至使沉井歪斜，应特别注意。此类情况应沿每个沉井周边布置不少于 2~3 个钻孔。

(3) 墩台基底或附近遇到断层破碎带影响墩台稳定时，应增加钻孔。勘探孔应不限于基础轮廓内，主要应查明其宽度、延伸方向及破碎带和两侧完整岩层的工程地质条件。

(4) 岩性强度差异较大的地层应增加勘探孔，查明界面的产状及两种岩层的工程地质条件。

水流调节建筑物及附属工程的勘探点布置，应视地质情况而定。地面情况若与墩台一致时，可参考该墩台的工程地质条件；提供设计所需工程地质资料。若距离较远时，应布置适量勘探，据以提供设计所需工程地质资料。

因为一般性钻孔和控制性钻孔只是在深度上有所区别，故本次修订取消了上述提法，相应列出“为探明深部地层结构，可根据需要布置加深钻孔”的条文。表 4.2.3 也进行了相应调整，表中所列的勘探深度增加了深度的范围值，使用时可根据地层情况、冲刷深度、基础类型和了解深部地层结构的需要等综合分析确定。勘探深度表是根据基础类型确定的，它是在分析沙通、邯长、通霍等线 276 座桥基勘探资料与设计施工检验情况后制定的，特殊情况可酌情增减，如通霍线西辽河桥局部冲刷达 13.5 m。而平原地区特别是滨海地区的河流，非但无冲刷尚有淤积，故遇此特殊情况，应专门研究确定勘探深度。

关于岩溶勘探深度问题：根据经验，一般基底以下溶洞完整顶板有 10 m 厚时，对其上的墩台基础即无影响，故勘探深度定为基底以下 10 m。若在此深度遇到溶洞，再钻 10 m，如再遇到溶洞，则应专门研究。上述原则与 1976 年部颁《铁路工程地质勘测规则》(TB12) 第 80 条 2 之③基本上是一致的。这一原则经使用尚未发生过问题，故本次仍基本沿用。

基岩勘探深度应穿透强风化带进入弱风化带 2~3 m，此时承载力可达到大于等于 500 kPa，一般可满足桥梁设计要求。特

殊情况下应视基底应力需要适当加深，钻至微风化或未风化基岩。当风化层很厚，基础不可能置于未风化的岩层时，则应根据风化后的岩性，比照相应的松散地层确定钻探深度。

第三纪以后多次喷发的火山岩，由于堆积时间短，其间可能夹有松散地层，故遇此种火山岩，应适当加深，以免遗漏基底下存在的松散地层。

当河床有大漂（块）石时，钻入基岩深度应超过地面所见漂（块）石的最大粒径，以免误定岩土界面。

结构复杂或跨度 64 m 以上的桥梁和墩高 50 m 以上的高桥，由于跨度大和墩高对地基要求特殊，常规孔深不一定能满足设计要求，应根据需要专门研究确定。

对流塑状态的黏性土、饱和粉、细砂、粉土、软土等松软地层，一般应穿透，但当厚度很大时，则需视基底处理方法而定，故在钻探过程中要及时研究确定孔深。

一般黏性土和粉土应分层取原状土，一般取样间距为 1 ~ 3 m，层厚时每隔 3 m 取原状土一组，主要考虑土层性质不可能是上下一致的，若取样间距过大，土层性质又有变化时，将遗漏影响基底应力的必要依据。采用指标统计时，参加统计的数据愈多，提供的数据精度也愈高。薄层者无法多取，而厚层者从钻孔实际情况考虑，每隔 3 m 取一组原状土是可行的。

砂类土、碎石类土应分层取样试验。密实度是确定地基承载力的依据。砂类土采取原状土样很困难，用标准贯入试验确定密实度是国内外常用的方法，故纳入本规范作为鉴别砂类土密实度的方法。碎石类土的密实程度以往多用经验推估，缺少科学性，随着原位测试技术的发展，采用动力触探锤击数提供地基承载力值比较科学。

硬质岩承载力远大于工程的实际需要，而较软岩、软岩和极软岩则不然，故确定岩石地基的承载力需做岩石抗压试验或根据原位测试数据分析确定。

“剪切波速测试”、“地脉动测试”主要是抗震的要求，特在此加以强调。

按岩石种类取代表性岩石样品问题，系指不必每个工点都取样，可在一定地段取代表性岩石样品进行试验。

“取样进行水质分析”的目的一般为查明水质情况，研究水对混凝土的侵蚀性。地表水、地下水受污染时，特别应注意取样化验。

“水文地质试验”是指明挖基础或沉井基础的桥梁工程设计，应考虑排水问题，需通过水文地质试验给出渗透系数和涌水量。

4.2.4 工程地质图在地形地质条件复杂时作，有影响桥墩台稳定的地质问题时必须作，地形平坦、地层单一者可不作。

墩台工程地质横断面图：某些墩台基底地质复杂，仅在纵断面图上显示不出横向变化时，需补充横断面图。一般遇断裂、岩溶、采空洞穴、基岩斜坡、软弱地层时绘制。

勘察资料包括钻探、物探、挖探及其他简易勘探资料。测试资料除土样、岩样、水样的试验资料外，尚包括各类现场测试资料（如标贯试验、动力触探试验、静力触探试验、十字板剪切试验、抽（提）水试验及其他现场测试资料等）。

4.2.5 地质复杂的特大桥、高桥、大桥影响线路方案的选择，因此在初测阶段进行该类场地勘探测试，才能保障工程选址合理、方案比选的依据充分，而且也可作为初测阶段工程投资预算提供可靠依据。

4.2.6

1 工程地质调绘

地质简单的小桥涵系指地形简单、地层岩性单一、沟谷或两岸无不良地质现象者。在该条件下，同一地貌单元地质情况往往是相似的。

地质复杂系指地质构造、地层岩性、天然沟床的稳定状态、

隐伏基岩的斜坡及泥石流等其他不良地质现象较复杂和发育。具有上述情况的小桥涵，应逐个查明影响工程设置的地质条件，为工程设计提供地质资料。

2 工程勘探、地质测试

地貌单元一致且地质简单、地层单一、无松软地层分布的涵洞，经调查在一定范围内工程地质条件不会有大的变化时，可进行代表性勘探、测试。勘探点间距可视具体地质情况而定。小桥及孔径大于等于 2 m 的涵洞宜按工点逐个进行勘探。

表 4.2.6 所列勘探深度较 1996 年局部修订版《铁路工程地质技术规范》(TBJ12) 要求有适当加深，是基于铁路小桥涵地基病害原因分析中得出勘探深度不够的认识，有的下卧软弱层未被揭示，该处理的地基未处理，导致病害发生的现象时有发生。因此布置工程勘探或地质测试孔位时，应考虑场地地质条件可能存在的软弱夹层，避免孔深不够给工程留下后患。

小桥涵基岩地基内，当全风化带很厚，钻至全风化带 2 ~ 5 m，其基本承载力一般可达 200 ~ 300 kPa，也能满足小桥涵设计的要求。若风化层较薄，情况会更好。

基底为特殊岩土时，是指基底为软土、黄土、膨胀土等。地基为软土时，除应满足地基基本承载力外，尚应考虑满足压缩变形的要求；地基为黄土时，除应满足承载力要求外，尚应考虑满足湿陷性黄土场地评价的要求等。特殊土地基场地可按同类地质条件取代表性土样试验分析评价。

箱形桥要求地基承载能力一般高于涵洞而低于一般梁式小桥，故勘探深度采用涵洞与一般小桥的中间值。

小桥涵查明地下水位和作代表性水质分析，必要时进行水文地质试验，是因为水位和水质对桥涵基础设置都有关系，水质矿化度高或受污染时对混凝土砌体有侵蚀性。故依据地下水、地表水所处地质条件或污染情况取代表性水样十分必要。所述抽（提）水试验，系指采用明挖基础和沉井基础，且地下水严重影

响施工开挖时，应提供水文地质参数。

弃填土由于成分复杂、均匀性差、密实度不均匀、压缩性高、强度低，一般不能作为桥涵地基。主要调绘填土物质成分、填土密度、堆积年限。填筑土、堆积年限较长且厚度较大的素填土、冲填土应提供承载力，其承载力值可采用动探、载荷试验等原位测试手段确定。

4 初测阶段的要求

因为可行性研究主要解决线路方案、工程数量和投资预算问题，小桥涵不进行设计，因此该阶段进行地质勘察时小桥涵仅做代表性勘探。

4.2.7 客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路与一般铁路在桥涵工程地质勘察方面的区别主要表现在勘探点布置的密度、勘探深度、取样数量等。勘探点的布置和勘探深度应根据地质调绘和工程的基础类型确定，不应生搬硬套规范的规定。

为满足客运专线桥梁工后沉降量的要求，桥涵的勘探深度主要应根据地质条件、基础沉降的检算深度及基础的埋置深度确定，一般为基础埋置深度与其下压缩层厚度之和。对于桩基础，一般要求钻孔深度在桩端以下 20 m 左右。几条客运专线桥梁的勘探深度如说明表 4.2.7。

说明表 4.2.7 客运专线桥涵工程的勘探情况

客运专线名称	勘探深度 (m)	检算深度 (m)	主要地层情况
京沪	45 ~ 60	一般 50	黏性土、砂类土、软土
郑西	60 ~ 80, 最大 100	60 ~ 80	湿陷性黄土、黏性土
哈大	50 ~ 70, 最大 80	65 ~ 80	黏性土、砂类土、黄土
石太	20 ~ 80		黄土、黏性土、砂类土
京津城际	60 ~ 70	大于 60	软土、黏性土、砂类土
京郑	30 ~ 65		黏性土、黄土、砂类土
沪宁	一般不小于 55, 最大 80	一般 50	黏性土、砂类土、软土

为配合本次修订开展的《客运专线路基与桥涵工程地基勘探深度研究》课题，在检算和分析多条位于黏性土、粉土、砂类土和湿陷性黄土等地基条件的客运专线桥梁的勘探成果后，认为基础面以下黏性土压缩层的厚度一般为 25 m 左右，粉土和砂类土稍小。因此，客运专线桥涵工程的勘探深度可参照本规范第 4.2.7 条表 4.2.7—1 和表 4.2.7—2 执行。当遇到特殊地层（如软弱地层、膨胀性地层、岩溶发育地段等）或桥梁结构本身有特殊要求时，勘探深度应根据具体情况研究确定。

4.3.1 根据《铁路隧道设计规范》(TB 10003) 的规定，隧道按长度分类如说明表 4.3.1。

说明表 4.3.1 铁路隧道按长度分类表

分类名称	特长隧道	长 隧 道	中长隧道	短 隧 道
隧道长度	全长 10 000 m 以上	全长 3 000 m 以上至 10 000 m	全长 500 m 以上至 3 000 m	全长 500 m 及以下

注：隧道长度系指进出口洞门端墙墙面之间的距离，即以端墙面与内轨顶面的交线同线路中线交点计算。计算时，双线隧道以下行线为准，位于车站的隧道以正线为准，设有通风帘幕的洞口以帘幕洞门为准。

隧道通过岩溶地段施工中，经常遇到的问题有：大量的突泥冒水、涌水或季节性涌水；洞穴松散堆积物的大量坍塌以及特大溶洞难于通过；基底下存在洞穴而且洞穴顶板厚度不足，造成基底稳定性不可靠；因隧道开挖后引起的水文地质条件改变而出现的问题等。在西南铁路修建过程中，岩溶危害较大。总的来看，多数是属于情况不明、选线不当所造成。重视勘测阶段的工程地质选线和勘察工作，充分注意岩溶发育情况及工程地质条件，选择好隧道位置十分重要。岩溶是隐蔽的不良地质现象，工程勘察期间难于将岩溶全部查明，施工中遇到溶洞、处理岩溶，有时还是难以避免的。因此，岩溶发育区、地下水富集区在隧道选线时应绕避，以免

遗留后患。

4.3.2 铁路隧道工程地质勘察的重要内容之一是根据隧道围岩的岩体或土体特征、岩石的坚硬程度、岩体的完整程度、风化程度等地质条件，考虑地下水、高地应力的影响，围岩的纵波速度，隧道的埋藏深度等因素后，综合评价隧道的围岩分级。根据现行《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2005) 第 3.2.7 条的规定，隧道围岩分级见说明表 4.3.2—1。

说明表 4.3.2—1 铁路隧道围岩分级

围岩级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态 (单线)	围岩弹性纵波速度 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和完整状态		
I	极硬岩 (单轴饱和抗压强度 $R_c > 60$ MPa): 受地质构造影响轻微, 节理不发育, 无软弱面 (或夹层); 层状岩层为巨厚层或厚层, 层间结合良好, 岩体完整	呈巨块状整体结构	围岩稳定, 无坍塌, 可能产生岩爆	> 4.5
II	硬质岩 ($R_c > 30$ MPa): 受地质构造影响较轻微, 节理较发育, 有少量软弱面 (或夹层) 和贯通微张节理, 但其产状及组合关系不致产生滑动; 层状岩层为中厚层或厚层, 层间结合一般, 很少有分离现象, 或为硬质岩偶夹软质岩石	呈巨块或大块状结构	暴露时间长, 可能会出现局部小坍塌; 侧壁稳定; 层间结合差的平缓岩层顶板易塌落	$3.5 \sim 4.5$
III	硬质岩 ($R_c > 30$ MPa): 受地质构造影响严重, 节理发育, 有层状软弱面 (或夹层), 但其产状及组合关系尚不致产生滑动; 层状岩层为薄层或中层, 层间结合差, 多有分离现象, 硬、软质岩石互层	呈块 (石) 碎 (石) 状镶嵌结构	拱部无支护时可能产生小坍塌, 侧壁基本稳定, 爆破震动过大易塌	$2.5 \sim 4.0$

续说明表 4.3.2—1

围岩级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态 (单线)	围岩弹性纵波速度 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和完整状态		
Ⅲ	较软岩 ($R_c = 15 \sim 30$ MPa); 受地质构造影响较重, 节理较发育; 层状岩层为薄层、中厚层或厚层, 层间结合一般	呈大块状结构	拱部无支护时可能产生小坍塌, 侧壁基本稳定, 爆破震动过大易塌	2.5 ~ 4.0
Ⅳ	硬质岩 ($R_c > 30$ MPa); 受地质构造影响极严重, 节理很发育; 层状软弱面 (或夹层) 已基本破坏	呈碎石状压碎结构	拱部无支护时, 可产生较大的坍塌, 侧壁有时失去稳定	1.5 ~ 3.0
	软质岩 ($R_c \approx 5 \sim 30$ MPa); 受地质构造影响严重, 节理发育	呈块 (石) 碎 (石) 状镶嵌结构		
	土体: (1) 具压密或成岩作用的黏性土、粉土及砂类土 (2) 黄土 (Q_1 、 Q_2) (3) 一般钙质、铁质胶结的碎石土、卵石土、粗角砾土、粗圆砾土、大块石土	(1) 和 (2) 呈大块状压密结构, (3) 呈巨块状整体结构		
Ⅴ	岩体: 软岩, 岩体较破碎至极破碎; 全部极软岩 ($R_c < 5$ MPa) 及全部极破碎岩 (包括受地质构造影响严重的破碎带)	呈角砾碎石状松散结构	围岩易坍塌, 处理不当会出现大坍塌, 侧壁经常小坍塌; 浅埋时易出现地表下沉 (陷) 或塌至地表	1.0 ~ 2.0
	土体: 一般第四系坚硬、硬塑黏性土、稍密及以上、稍湿或潮湿的碎石土、卵石土、粗圆砾土、细圆砾土、粗角砾土、细角砾土、粉土及黄土 (Q_3 、 Q_4)	非黏性土呈松散结构, 黏性土及黄土呈松软结构		

续说明表 4.3.2—1

围岩级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态（单线）	围岩弹性纵波速度 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和完整状态		
Ⅵ	岩体：受构造影响严重呈碎石、角砾及粉末、泥土状的断层带	黏性土呈易蠕动的松软结构，砂性土呈潮湿松散结构	围岩极易坍塌变形，有水时土砂常与水一齐涌出；浅埋时易塌至地表	< 1.0（饱和状态的土 < 1.5）
	土体：软塑状黏性土、饱和的粉土、砂类土等			

注：1 表中“围岩级别”和“围岩主要工程地质条件”栏，不包括膨胀性围岩、多年冻土等特殊岩土。

2 层状岩层的层厚划分：巨厚层为层厚大于 1.0 m；厚层为层厚大于 0.5 m 且小于等于 1.0 m；中厚层为厚度大于 0.1 m 且小于等于 0.5 m；薄层为厚度小于 0.1 m。

关于围岩基本分级，《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2005)附录 A 作了如下规定：

(1) 分级因素及其确定方法。

①围岩基本分级应由岩石坚硬程度和岩体完整程度两个因素确定；

②岩石坚硬程度和岩体完整程度，应采用定性划分和定量指标两种方法综合确定。

(2) 岩石坚硬程度可按说明表 4.3.2—2 划分。

说明表 4.3.2—2 岩石坚硬程度的划分

岩石类别		单轴饱和抗压强度 R_c (MPa)	代 表 性 岩 石
硬质岩	极硬岩	$R_c > 60$	未风化或微风化的花岗岩、片麻岩、闪长岩、石英岩、硅质灰岩、钙质胶结的砂岩或砾岩
	硬岩	$30 < R_c \leq 60$	弱风化的极硬岩；未风化或微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、灰岩、钙质胶结的砂岩、结晶颗粒较粗的岩浆岩等

续说明表 4.3.2—2

岩石类别		单轴饱和抗压强度 R_c (MPa)	代 表 性 岩 石
软质岩	较软岩	$15 < R_c \leq 30$	强风化的极硬岩；弱风化的硬岩；未风化或微风化的云母片岩、千枚岩、砂质泥岩、钙泥质胶结的粉砂岩和砾岩、泥灰岩、泥岩、凝灰岩等
	软岩	$5 < R_c \leq 15$	强风化的极硬岩；弱风化至强风化的硬岩；弱风化的较软岩和未风化或微风化的泥质岩类；泥岩、煤、泥质胶结的砂岩和砾岩等
	极软岩	$R_c \leq 5$	全风化的各类岩石和成岩作用差的岩石

(3) 岩体完整程度可按说明表 4.3.2—3 划分。

说明表 4.3.2—3 岩体完整程度的划分

完整程度	结 构 面 特 征	结 构 类 型	岩体完整性指数(K_v)
完整	结构面 1~2 组，以构造型节理或层面为主，密闭型	巨块状整体构造	$K_v > 0.75$
较完整	结构面 2~3 组，以构造型节理、层面为主，裂隙多呈密闭型，部分为微张型，少有充填物	块状构造	$0.75 \geq K_v > 0.55$
较破碎	结构面一般为 3 组，以节理及风化裂隙为主，在断层附近受构造影响较大，裂隙以微张型和张开型为主多有充填物	层状结构，块石、碎石状结构	$0.55 \geq K_v > 0.35$
破碎	结构面大于 3 组，多以风化型裂隙为主，在断层附近受构造作用影响大，裂隙宽度以张开型为主，多有充填物	碎石角砾状结构	$0.35 \geq K_v > 0.15$
极破碎	结构面杂乱无序，在断层附近受构造作用影响大，宽张裂隙全为泥质或泥夹岩屑充填，充填物厚度大	散体状结构	$K_v \geq 0.15$

(4) 围岩的基本分级可按说明表 4.3.2—4 确定。

说明表 4.3.2—4 围岩基本分级

级别	岩 体 特 征	土 体 特 征	围岩弹性纵波速度 (km/s)
I	极硬岩, 岩体完整	—	>4.5
II	极硬岩, 岩体较完整 硬岩, 岩体完整	—	3.5 ~ 4.5
III	极硬岩, 岩体较破碎 硬岩或软硬岩互层, 岩体较完整 较软岩, 岩体完整	—	2.5 ~ 4.0
IV	极硬岩, 岩体破碎 硬岩, 岩体破碎或较破碎 较软岩或软硬岩互层, 且以软岩为主, 岩体较完整或较破碎 软岩, 岩体完整或较完整	具压密或成岩作用的黏性土、粉土及砂类土, 一般钙质、铁质胶结的粗角砾土、粗圆砾土、碎石土、卵石土、大块石土, 黄土 (Q_1 、 Q_2)	1.5 ~ 3.0
V	软岩, 岩体破碎至极破碎 全部极软岩及全部极破碎岩, 包括受构造影响严重的破碎带	一般第四系坚硬、硬塑黏性土, 稍密及以上、稍湿、潮湿的碎 (卵) 石土、粗圆砾土、细圆砾土、粗角砾土、细角砾土、粉土及黄土 (Q_3 、 Q_4)	1.0 ~ 2.0
VI	受构造影响很严重, 呈碎石、角砾、粉末、泥土状的断层带	砂类土、饱和的粉土、软塑状黏性土等	<1.0 (饱和状态的土 <1.5)

隧道围岩级别的修正应符合下列规定:

- ①围岩级别应在围岩基本分级的基础上, 结合隧道工程的特点, 考虑地下水状态、初始地应力状态等必要的因素进行修正。
- ②地下水状态的分级宜按说明表 4.3.2—5 确定。

说明表 4.3.2—5 地下水状态的分级

级 别	状 态	渗水量 [L/(min·10m)]
I	干燥或湿润	<10
II	偶有渗水	10~25
III	经常渗水	25~125

③地下水对围岩级别的修正，宜按说明表 4.3.2—6 进行。

说明表 4.3.2—6 地下水影响的修正

围岩基本分级 地下水状态分级						
	I	II	III	IV	V	VI
I	I	II	III	IV	V	—
II	I	II	IV	V	VI	—
III	II	III	IV	V	VI	—

④围岩初始地应力状态，当无实测资料时，可根据隧道工程埋深、地貌、地形、地质、构造运动史、主要构造线与开挖过程中出现的岩爆、岩芯饼化等特殊地质现象，按说明表 4.3.2—7 评估。

说明表 4.3.2—7 初始地应力场评估基准

初始地应力状态	主 要 现 象	评估基准(R_c/σ_{max})
极高地应力	硬质岩：开挖过程中时有岩爆发生，有岩块弹出，洞壁岩体发生剥离，新生裂缝多，成洞性差	<4
	软质岩：岩芯常有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有剥离，位移极为显著，甚至发生大位移，持续时间长，不易成洞	

续说明表 4.3.2—7

初始地应力状态	主 要 现 象	评估基准(R_c/σ_{\max})
高地应力	硬质岩: 开挖过程中可能出现岩爆, 洞壁岩体有剥离和掉块现象, 新生裂缝较多, 成洞性较差	4~7
	软质岩: 岩芯时有饼化现象, 开挖过程中洞壁位移显著, 持续时间较长, 成洞性差	

注: R_c 为岩石单轴饱和抗压强度 (MPa), σ_{\max} 为最大地应力值 (MPa)。

⑤初始地应力对围岩级别的修正宜按说明表 4.3.2—8 进行。

说明表 4.3.2—8 初始地应力影响的修正

围岩基本分级 初始地应力状态	I	II	III	IV	V	VI
	I	II	III 或 IV ^①	V	VI	—
极高地应力	I	II	III 或 IV ^①	V	VI	—
高地应力	I	II	III	IV 或 V ^②	VI	—

注: ① 围岩岩体为较破碎的极硬岩、较完整的硬岩时定为 III 级, 围岩岩体为完整的较软岩、较完整的软硬互层时定为 IV 级;

② 围岩岩体为破碎的极硬岩、较破碎及极破碎的硬岩时定为 IV 级, 围岩岩体为完整及较完整软岩、较完整及较破碎的较软岩时定为 V 级。

⑥隧道洞身埋藏较浅, 应根据围岩受地表的影响情况进行围岩级别的修正。当围岩为风化层时, 应按风化层的围岩基本分级考虑; 围岩受地表影响时, 应较相应围岩降低 1~2 级。

深埋隧道由于受地温梯度影响, 洞身有可能出现高地温。因此, 有条件时可应用测井法测试当地地温梯度预测深埋隧道的地温。襄渝线大巴山隧道长 5.3 km, 根据地温梯度的计算, 预计地温可能高达 33℃ 以上, 有影响施工的可能。而在勘测阶段所钻四个钻孔, 测得的隧道设计高程附近温度仅 13℃~15℃, 与施工中所测洞内实测最高地温仅相差 1℃。因此, 建议深埋隧道利

用钻孔测井法测量隧道设计高程附近的地温，提供给设计，这样较切合实际。

围岩产生岩爆、大变形是深埋隧道施工中产生的两类不同变形形式的地质病害。分析其产生的原因，主要与地应力大小、围岩特征、地质构造特征有关，但目前尚无适宜的判据。尤其在勘测设计阶段，预测隧道围岩岩爆或大变形，更无确切可靠的方法，有待在实践中总结。深埋隧道中，遇坚硬、致密、性脆、干燥的岩层，在高地应力作用下可能产生岩爆，影响隧道施工。在成昆铁路关村坝隧道、西康铁路秦岭特长隧道施工中都有过这样的实例。软质围岩产生大变形曾是辛普仑隧道施工中的主要障碍。该隧道是连接瑞士和意大利的深埋隧道，在意大利侧离入口 4.5 km 处导坑中钙质云母片岩由于高地应力的作用完全塌落。尽管坑道的顶部、底部及两侧使用整圆木支护，但没过多久整圆木全部被压碎，掌子面消失。国内隧道施工中也同样遇到过围岩大变形。如南昆线家竹箐隧道，软质、非膨胀围岩，拱底无衬砌，最大变形达 2 m，拱顶衬砌被挤破，最大变形达 0.8 m，边墙被挤破，最大变形达 0.3 m，造成施工一度受阻。鉴于上述原因，深埋隧道和地质构造活动强烈地带的隧道应在工程勘察期间注意地应力的测试，结合围岩情况预测施工地质灾害：高地应力地区的软质岩隧道应考虑大变形问题；高地应力地区的硬质围岩隧道应考虑岩爆问题。

当隧道洞身两侧岩体严重不对称时就可能产生偏压。位于可能产生偏压的地质构造部位，施工中可能产生岩体顺层滑动。偏压严重者，在浅埋地段可破坏原有山坡稳定性，形成山体错落。产生偏压的地质构造条件是：围岩基本分级为Ⅲ及Ⅲ级以上者；岩层（或断层面等）走向与线路中线交角 $\alpha < 30^\circ$ ，岩层层面在洞身横断面上的视倾角（ $\beta_{\text{视}}$ ）在 $20^\circ \sim 70^\circ$ 之间（成昆线红层的资料是 $15^\circ < \beta_{\text{视}} < 65^\circ$ ）。

在进行隧道工程地质调绘时，同时应研究其水文地质特征及其与地质构造和地貌等的关系，以便对隧道的工程地质、水文地质条件进行全面了解和评价。

在进行隧道围岩分级时，应充分利用地质调绘、物探、钻探及试验资料，综合分析评价。尤其对深埋隧道，更应发挥物探手段的作用，利用围岩的纵波速度、岩体完整性指数、地应力测试参数等综合分析判定。

4.3.3 水文地质工作是隧道地质工作的一个重要方面。为防止突然或大量涌水，危及施工人员及设备的安全，条文提出要“预测洞身最大及正常的分段涌水量”。隧道洞身涌水量的预测是个错综复杂的问题，受地层岩性、地质构造等多因素的控制，计算参数较多，且难以确定，因而很难进行精确的计算。常用的计算方法有：根据水文地质试验资料进行计算；利用导坑涌水量实测资料推算隧道洞身涌水量；用水文地质比拟法计算洞身涌水量；用水均衡法计算洞身涌水量等。这些方法都是经验公式，有各自的适用范围和边界条件，隧道涌水受各种具体条件影响很大，地质条件千变万化，很难保障选择的计算公式符合实际。因此，为了计算出隧道洞身较符合实际的涌水量，必须详细查明场地地质条件，选择几种较适宜的计算方法进行计算，然后与工程地质条件相类似的已建成或在建隧道进行对比，相互核对，分析使用。

特长隧道或水文地质条件复杂的中、长隧道穿过的岩性及地质构造条件复杂、各段岩性含水条件、富水情况差别较大，为预测隧道施工中的最大涌水量和正常涌水量，防止突然涌水造成的地质灾害，应进行专门的水文地质勘察与评价工作。

4.3.4 在勘察设计阶段，对特长隧道、长隧道或地质条件复杂的隧道应通过调查及勘探，做好地质条件的宏观控制，重点划分隧道通过地段的岩带、断层带和富水带。岩带应根据岩性、岩质软硬、层厚、产状、节理发育程度、裂隙充填情况、软弱结构面

的发育情况等进行划分；断层带应根据断层带的宽度、组成物质、松散情况及含水程度等进行划分；富水带应根据各类地层的含水情况、分别提出各段的最大涌水量（突然涌水量）和正常涌水量。据此确定隧道各段的围岩分级，并提出施工中应重点进行监测或地质超前预报的段落，预报方法、手段及主要设备，预报的主要内容等。配合施工阶段应积极采用新技术、新设备、新方法开展地质超前预报工作，如采用高密度电法、声波反射法、地质雷达法、红外线法等物探方法，超前水平钻探方法，洞内地质编录与洞外地质调查相结合的方法等。勘察人员应对地质超前预报的成果资料进行综合分析、研究，及时做好预报突发性地质灾害，调整围岩级别的划分段落，及时变更设计等配合施工工作。

4.3.5 隧道多采用钻爆法施工，但随着技术的不断进步，使用隧道全断面掘进机施工的隧道工程越来越多。为此，在隧道的工程地质勘察中应考虑施工方法这一因素。隧道全断面掘进机法施工对工程地质调绘的要求方面没有本质的差别，其勘察要点也是要求：查明隧道围岩节理裂隙的发育情况、隧道围岩分级、有无软弱围岩或在地应力作用下产生塑性变形的围岩，以及膨胀性围岩等；查明断层及软弱破碎带及其富水情况；查明隧道的水文地质条件等。而在勘探和测试方面则有一些影响掘进机选型、设计和施工效率方面的特殊要求，如岩石的强度、硬度、耐磨程度等。所以，当隧道确定采用全断面掘进机法施工后，勘探和测试工作除应按常规施工方法（钻爆法）进行勘探测试工作以外，还应结合全断面岩石掘进机法所需的地质参数进行勘探和测试工作，根据《铁路隧道全断面岩石掘进机法技术指南》的规定，地质参数的测试项目包括：岩石强度——岩石的抗压强度、抗拉强度、弹性模量；岩石硬度——岩石的耐磨性或可钻性指标、岩石的组构及石英含量；围岩完整性——岩体结构面的发育程度（如岩体的完整性指数 K_v 或岩体体积节理数

J_v)，优势结构面对隧道稳定性和掘进机掘进的影响程度；其他地质参数——隧道围岩的地应力状态，围岩地下水水质及涌水量等。

当隧道地质构造和水文地质条件简单时，钻孔数量可适当少一些；当地质条件复杂时，钻孔数量宜适当增加。对于覆土较厚的洞门，应布置勘探孔，查清地质情况。

根据铁道部《关于印发〈铁路隧道设计施工有关标准补充规定〉的通知》(铁建设〔2007〕88号)的要求，对长度大于1000m隧道勘探点提出了“地质复杂，长度大于1000m的隧道，洞身应按不同地貌及地质单元布置勘探孔查明地质条件；主要的地质界线，重要的不良地质、特殊岩土地段等应有钻孔控制”的布孔原则，实际工作中应按此规定执行。

穿越城市或大江大河的隧道一般具有埋深较浅、穿越地下管线或建筑物，勘探测试工作有其特殊的要求，故应按相关规定进行勘察工作，一般可参照现行的《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》(GB 50307)、《地铁设计规范》(GB 50157)等规范要求，并根据拟采用的施工方法、隧道结构类型、工程地质及水文地质条件等进行工程地质勘察工作。

4.3.8 客运专线铁路和时速200km客货共线铁路的隧道工程具有开挖断面大、防水及沉降要求高、洞内设施复杂等特点。因此，要求在进行隧道工程地质勘察中，应结合上述特点，采用多种勘察手段，经综合分析后确定隧道的围岩分级。勘探和试验工作量也应根据设计需要适当增加。

埋深较浅的隧道和洞身段沟谷发育的隧道是指隧道埋深浅，或洞身通过沟谷地段，勘探点深度在100m以内，用一般勘探手段可查明其地质条件的隧道。埋深较大的隧道是指要通过多种物探手段，并需配合深度大于100m的钻孔才能查明其地质条件的隧道。埋深较大的隧道其钻孔深度往往较大，交通也不方便，钻探费用高，为了查明隧道地质条件应先进行地质调查及物探工

作，在此基础上通过认真分析、研究，有针对性地在断层、物探异常带、岩溶发育带、富水带等布置较深的钻孔，以验证调查及物探成果。

4.4.2 场地工程地质条件的复杂程度可按下列情况考虑：

(1) 简单场地：地形平缓，地貌、地层简单，无不良地质或特殊岩土发育，或不良地质、特殊岩土的类型、分级强度较弱，且单一的场地；

(2) 中等场地：地形起伏较大，地貌、地层较复杂，不良地质现象局部发育，特殊岩土的类型或分级强度较复杂的场地；

(3) 复杂场地：地形起伏很大，地貌、地层复杂，不良地质现象广泛发育，特殊岩土分类或强度对工程影响严重，大面积的弃填土场地，地下水影响明显的场地。

铁路站场及各类房屋建筑物类型多而分散，勘探工作同工业与民用建筑物的勘察规范要求有所不同。因此，本规范对中、小站房及零星一般房屋建筑物规定了表 4.4.2 的勘探要求。表中根据近年来在粉、细砂、粉土及黏性土地区修筑建筑物的基础类型有所变化，原勘探深度作了适当调整；为适应当前铁路建设的形势，删去了为蒸汽机车而设的“水鹤”、“煤塔”等字样；增加、补充了“对沉降要求较高的建筑物”的内容，这主要是针对客运专线铁路建设的动车段厂房、大型的变电所、调度集中的房屋设施、大型给水所等，其勘探孔的数量宜 4~10 个。

4.4.4 为适应集装箱的存放、装卸和搬运作业的需要，集装箱结点站的集装箱场地地面应采用混凝土硬化。集装箱作业场地（包括装卸、搬运机具的通道）以及存放场地面，应能满足搬运机具轮压和集装箱堆载的要求。因此，在集装箱结点站的勘察中应重视场地地层承载能力和沉降特征的勘察。区段站及其以上大站规模大、建筑物多，本条所列要求也仅是为控制该类大站场地地质条件所进行的一般性勘探要求。站内设施的设计一般较线路勘测晚一个阶段，待站内工程或设施的位置确定后再根据其重要

程度按有关规定布置勘探、测试工作是适宜的。

4.4.7 高层建筑、大型站房、大跨度建筑及房屋集中区等重要建筑设施不同于一般中、小型站房和小型建筑，它们的地基勘察应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)、《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72) 等进行。

4.5

本节的供水工程指的是供水构筑物工程。该项工程的地质勘察仅限于工程的地基勘察，而不包括供水水文地质工作。供水工程地质勘察的特殊要求是应注意该类工程对地基变形的敏感性和地基岩土对水的敏感性（例如膨胀性和湿陷性）。

4.6

本节是根据铁道部《关于发布〈铁路工程岩土分类标准〉（铁建设〔2004〕148号）和〈铁路工程地质勘察规范〉两项标准局部修订条文的通知》修订、编制的。在以往的勘察中，对填料取土场和永久石砟场的工程地质工作不够重视，造成设计、施工阶段变化较大。在当前的设计和施工中，环境保护意识大大增强，路基填料多采用集中取土的方式，已取消了过去多采取的在路基两侧取土的做法；石砟场的设计也不仅只考虑取石的需要，对周围的环境保护、水土保持等也提出了更高的要求。这些都要求场地的地质勘察工作应进一步加强，因此增加本节非常必要。考虑路基用级配碎石和级配砂砾石、混凝土粗细骨料、砌体用石材等同属天然建筑材料，所以将上述天然建筑材料工程地质勘察的要求也纳入本节，节名改为“天然建筑材料场地的勘察”。

4.6.3 在实际工作中，也可根据设计要求进行一次定测。当初测成果表明建筑材料场地地层简单、建筑材料合格且储量满足设计要求时，也可不再进行定测。

本规范“初测”的勘探精度相当于《固体矿产地质勘探规范总则》(GB 13908—2002)“普查”或“详查”阶段的勘查要求；本规范“定测”的勘探精度相当于《固体矿产地质勘探规范总则》(GB 13908—2002)“勘探”阶段的勘查要求。

4.6.4 剥离地层一般指覆盖于有用层上的第四系地层、风化层、无用夹层、断层破碎带等；开采地层指可用地层。剥采比 = 剥离层体积/可利用地层体积。一般要求建筑材料场地选址时剥采比应低于 0.2:1。

4.6.5 本条特别规定了不得选作建筑材料开采场地的区域，主要是根据环境保护法、水土保持法、文物保护法等要求规定的。在选址过程中，应特别遵守国家的相关法律、法规和当地少数民族的风俗习惯。当选择的场址可与整治不良地质或防治地质灾害相结合时，在保证施工及生产安全、不破坏环境的前提下，可考虑在不良地质区选址。

4.6.7 勘探点的布置应根据地形地质条件和勘察阶段的要求确定。对于表 4.6.7 中“地形地质条件”栏，一般应从地形条件、有用层和无用层的分布情况、地质条件的复杂程度三方面进行综合分析、评价，不能仅根据一方面的情况决定勘探量的布置。如地形有起伏，可能基岩裸露，有用层稳定，这时勘探点的间距可适当增大；地形平坦的场地，可能覆盖层较厚，岩层中无用夹层、断层分布较多，勘探点的间距就应考虑适当加密。

4.6.8 本条和第 4.6.9 条主要规定了路基填料、路基基床表层用级配碎石和级配砂砾石、混凝土用天然粗细骨料、铁路碎石道砟和砌体用石料的质量评价标准和为满足这些评价标准应进行的试验项目。现将有关标准、规定介绍如下，供参考：

(1) 关于路基填料的评价标准，主要根据《铁路工程岩土分类标准》或《铁路路基设计规范》中有关填料分级标准进行评价；试验项目可参照本规范附录 E “表 E.0.1—2 土的物理力

学性质试验项目”中砂类土、粉土、黏性土、黄土、软土、盐渍土、膨胀土中“路堤”所规定的试验项目进行选择。

根据《京沪高速铁路工程地质勘察暂行规定》(铁建设〔2003〕13号)第4.4.1条,客运专线路基填料的试验项目为:

“土:一般样品做天然含水率、液塑限、黏粒含量、粉粒含量;代表性样品做压实试验(含无侧限抗压强度、压后快剪)、承载比试验(CBR)。

砂、卵、砾石:做筛分(不均匀系数、曲率系数)和小于0.5 mm 颗粒的液塑限,粉、细、中砂加做压实试验、承载比试验(CBR)。

级配砂砾石:做筛分、细长及扁平颗粒含量、黏土团及有机物含量和粒径小于0.5 mm 颗粒的液塑限。

风化岩石:风化成土状或砂状的做筛分、压实试验、承载比试验(CBR),小于0.5 mm 颗粒的应做液塑限;风化成块状的硬质岩石应对其压碎性和压实性进行试验;易风化的软质岩应测试其崩解量、压实性、膨胀性等指标,并应进行现场填筑试验。”

(2) 关于级配碎石、级配砂砾石的评价标准和试验项目,可参考《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)、《新建时速200~250公里铁路设计暂行规定(上册)》(铁建设〔2005〕140号)、《新建时速300~350公里客运专线铁路设计暂行规定(上、下)》(铁建设〔2007〕47号)和《铁路碎石道床底砟》(TB/T 2897—1998)等的相关规定。

《铁路路基设计规范》第5.3节“级配碎石、级配砂砾石”中规定:

级配碎石或级配砂砾石填料的粒径级配应分别符合表5.3.1—1(即说明表4.6.8—1)和表5.3.1—2(即说明表4.6.8—2)的规定,且0.5 mm 筛以下的细集料中通过0.075 mm 筛的颗粒含量应小于等于66%。

说明表 4.6.8—1 级配碎石的粒径级配范围

方孔筛边长 (mm)	0.075	0.1	0.5	1.7	7.1	16	25	45
过筛质量百分率 (%)	0~7	0~11	7~32	13~46	41~75	67~91	82~100	100

说明表 4.6.8—2 级配砂砾石的粒径级配范围

级配 编号	通过筛孔 (mm) 质量百分率 (%)								
	50	40	30	20	10	5	2	0.5	0.075
1	100	90~100	—	65~85	45~70	30~55	15~35	10~20	4~10
2	—	100	90~100	75~95	50~70	30~55	15~35	10~20	4~10
3	—	—	100	85~100	60~80	30~50	15~30	10~20	2~8

级配碎石或级配砂砾石的质量应符合《铁路碎石道床底砟》的有关规定。

《铁路碎石道床底砟》中对底砟材料的技术要求如下：

底砟材料可取自天然砂砾材料，也可由开山块石或天然卵石、砾石经破碎、筛选而成。

底砟材料的粒径级配应符合表 1（即说明表 4.6.8—1）的规定。

在粒径大于 16 mm 的粗颗粒中带有破碎面的颗粒所占的质量百分率不少于 30 %。

底砟材料的性能：

粒径大于 1.7 mm 的集料的洛杉矶磨耗率不大于 5 %。

粒径大于 1.7 mm 的集料的硫酸钠溶液浸泡损失率不大于 12 %。

粒径小于 0.5 mm 的细集料的液限不大于 25 %，其塑性指数小于 6 %。

黏土团及其他杂质含量的质量百分率小于等于 0.5 %。

《新建时速 200 ~ 250 公里铁路设计暂行规定（上册）》第 4.3.2 条规定：

基床表层应采用级配碎石或级配砂砾石等材料，其材料规格及压实标准应符合下列规定：

采用级配碎石时：

碎石粒径、级配及材料性能应符合铁道部现行《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》的规定。

与上部道床碎石及下部填土之间应满足 $D_{15} < 4d_{85}$ 的要求。当与下部填土不能满足此项要求时，基床表层应采用颗粒级配不同的双层结构，或在基床底层表面铺设土工合成材料。当下部填土为改良土时，可不受此项规定限制。

采用级配砂砾石时：

颗粒的粒径、级配应符合表 4.3.2—2（即说明表 4.6.8—3）的规定。

说明表 4.6.8—3 砂砾石级配范围

级配 编号	通过筛孔（mm）质量百分率（%）									
	60	50	40	30	20	10	5	2	0.5	0.075
1	100 ~ 97	100 ~ 95	99 ~ 90	90 ~ 84	94 ~ 76	85 ~ 65	77 ~ 54	67 ~ 40	51 ~ 23	23 ~ 3
2	—	100	100 ~ 90	93 ~ 80	85 ~ 65	70 ~ 45	55 ~ 30	35 ~ 15	20 ~ 10	10 ~ 4
3	—	—	100	100 ~ 90	95 ~ 75	70 ~ 50	55 ~ 30	30 ~ 15	20 ~ 10	10 ~ 4
4	—	—	—	100	100 ~ 85	80 ~ 60	50 ~ 30	30 ~ 15	20 ~ 10	10 ~ 4

级配曲线应接近圆滑，某种尺寸的粒径不应过多或过少。

与上部道床及下部填土之间应满足 $D_{15} < 4d_{85}$ 的要求。当与下部填土之间不能满足此项要求时，基床表层应采用颗粒级配不同的双层结构，或在基床底层表面铺设土工合成材料。当下部填土为改良土时，可不受此项规定限制。

颗粒中细长及扁平颗粒含量不应超过 20 %；黏土团及有机物含量不应超过 2 %。

粒径小于 0.5 mm 的细集料的液限应小于 25 %，其塑性指数应小于 6。

《新建时速 300 ~ 350 公里客运专线铁路设计暂行规定（上、下）》（铁建设〔2007〕47 号）第 4.3.2 条规定：

级配碎石的碎石粒径、级配及材料性能应符合铁道部《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》的规定。

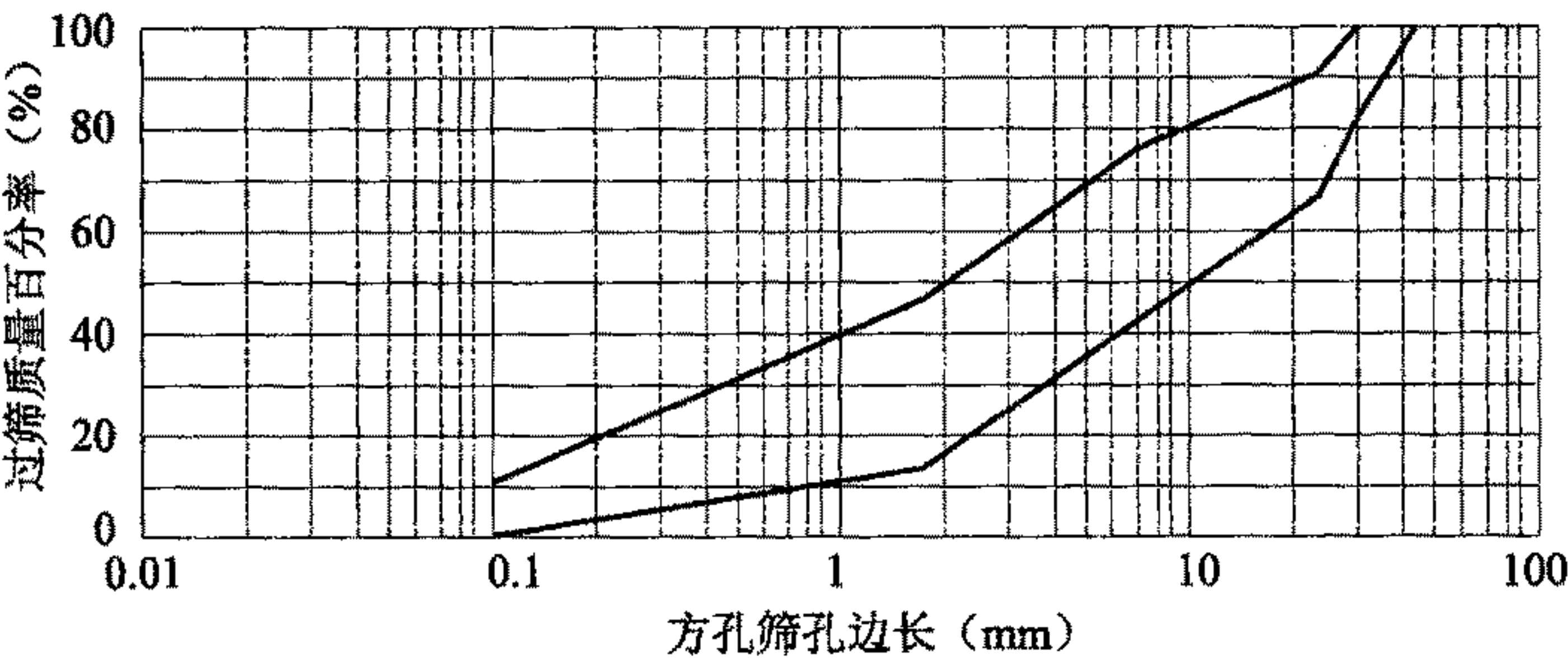
《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》中规定：

基床表层级配碎石材料由开山块石、天然卵石或砂砾石经破碎筛选而成。

基床表层级配碎石粒径级配应符合表 1（即说明表 4.6.8—4）的规定，且其不均匀系数 $U = D_{60}/D_{10}$ 不得小于 15，0.02 mm 以下颗粒质量百分率不得大于 3 %。粒径曲线如图 1（即说明图 4.6.8—1）所示。

说明表 4.6.8—4 基床表层级配碎石粒径级配

方孔筛边长（mm）	0.1	0.5	1.7	7.1	22.4	31.5	45
过筛质量百分率（%）	0 ~ 11	7 ~ 32	13 ~ 46	41 ~ 75	67 ~ 91	82 ~ 100	100



说明图 4.6.8—1 基床表层级配碎石粒径级配曲线

道砟与基床表层级配碎石、基床表层级配碎石与下部填土之间应满足 $D_{15} < 4d_{85}$ 的要求。

在粒径大于 22.4 mm 的粗颗粒中带有破碎面的颗粒所占的质量百分率不少于 30 %。

基床表层级配碎石材料性能：

粒径大于 1.7 mm 颗粒的洛杉矶磨耗率不大于 30 %。

粒径大于 1.7 mm 颗粒的硫酸钠溶液浸泡损失率不大于 6 %。

粒径小于 0.5 mm 的细颗粒的液限不大于 25 %，塑性指数小于 6。

不得含有黏土及其他杂质。

因此，级配碎石或级配砂砾石的试验项目主要为：颗粒分析、洛杉矶磨耗率、硫酸钠浸泡损失率、黏土团及其他杂质含量、细颗粒的液限及塑性指数、细长及扁平颗粒含量、级配碎石原材料的饱和单轴抗压强度。

(3) 关于混凝土粗细骨料的评价标准和试验项目，可参考铁道部现行的《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB 10424)、《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》(铁建设〔2005〕160 号)、《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》(铁建设〔2005〕157 号)、建设部《普通混凝土用砂、石质量及检验方法》(JGJ 52) 等规定。混凝土粗、细骨料的试验项目主要为：粗骨料(卵石、碎石)应进行颗粒级配、压碎指标值、坚固性指标值、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、硫化物及硫酸盐含量、有机质含量、碱活性等试验，必要时进行表观密度、堆积密度、孔隙率、吸水率、软弱颗粒含量、轻物质含量、岩石抗压强度试验等；细骨料应做颗粒级配、含泥量、泥块含量、硫化物及硫酸盐含量、云母含量、轻物质含量、有机物含量、氯离子含量、碱活性等试验，必要时进行表观密度、堆积密度、孔隙率、细度模数等试验。

关于细骨料：

《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》第 6.2.2 条规定，“拌制混凝土所用的细骨料，应按批进行检验，其颗粒级配、细度模数应符合现行《普通混凝土用砂、石质量及检验方法》(JGJ 52) 的规定，含泥量、泥块含量应符合本标准附录 B 的规定”。

《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》的“附录 B 混凝土用细骨料其他指标”规定如下：

天然砂中有害物质含量应符合表 B.0.1（即说明表 4.6.8—5）的规定。

说明表 4.6.8—5 天然砂中有害物质含量

序号	项 目	混凝土强度等级		
		< C30	C30 ~ C50	> C50
1	含泥量（按质量计，%）	≤5.0	<3.0	<2.0
2	泥块含量（按质量计，%）	<1.0	<0.5	<0.5
3	硫化物及硫酸盐含量（折算成 SO ₃ ，按质量计，%）	<1.0	<1.0	<0.5
4	云母含量（按质量计，%）	≤1.0	≤1.0	<0.5
5	轻物质（比重小于 2，如煤、贝壳等）含量（按质量计，%）	≤1.0	≤1.0	≤1.0
6	有机物含量（用比色法试验）	颜色不应深于标准色。当深于标准色，则应按水泥胶砂强度检验方法进行强度对比试验，抗压强度比不应小于 0.95		

注：1 泥系指天然砂中粒径小于 0.075 mm 的颗粒；

2 泥块系指砂中原粒径大于 1.18 mm，经水浸洗、手捏后小于 0.6 mm 的颗粒；

3 对有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土用砂，含泥量不应大于 3%；

4 当砂中发现有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时，应进行专门检验，仅在确认满足混凝土耐久性要求时，方可使用。

当采用海砂拌制混凝土时，钢筋混凝土中海砂的氯离子含量不得大于 0.06%（以砂质量的百分率计，下同）。

预应力混凝土不宜用海砂。当必须使用海砂时，必须经淡水冲洗，其氯离子含量不得大于 0.02%。

采用山砂拌制强度等级低于 C30 的混凝土时，其压碎指标值不得大于 35%，级配应控制在 I、II 区内。

不应采用砂岩轧制机制砂。当采用机制砂、混合砂拌制强度等级低于 C30 的混凝土时，其颗粒级配在 I、II 区中 0.15 mm 筛孔的累计筛余可酌情放宽 5% ~ 10%，有害物质含量应符合表

B.0.4（即说明表 4.6.8—6）的规定。

说明表 4.6.8—6 机制砂、混合砂有害物质含量

序 号	混 凝 土 强 度		< C30
	项 目		
1	石粉含量（小于 0.075 mm 颗粒，按质量计,%）	* MB < 1.40	≤10
		* MB ≥ 1.40	≤5.0
2	泥块含量（按质量计,%）		≤0.5
3	硫化物和硫酸盐含量（折算为 SO ₃ ，按质量计,%）		≤1.0
4	云母含量（按质量计,%）		≤1.0
5	坚固性指标（用硫酸钠饱和溶液法检验，经 5 次循环后质量损失率,%）		≤8
6	压碎指标值（按质量计,%）		<25
7	有机物含量（用比色法试验）		颜色不应深于标准色。当深于标准色，则应按水泥胶砂强度检验方法进行强度对比试验，抗压强度比不应小于 0.95

- 注：1 本表适用于白云石、石灰岩、花岗岩和玄武岩经爆破、机械轧制的机制砂；
- 2 当混凝土等级等于或大于 C20 需使用机制砂时，应经过试验，确认符合质量要求时方可使用；
- 3 混合砂系指由机制砂和天然砂混合制成的砂。
- * MB 为亚甲蓝值，表示每千克 0 ~ 2.36 mm 粒径试样所消耗的亚甲蓝克数。用于判定人工砂中粒径小于 0.075 mm 颗粒含量主要是泥土还是与被加工母岩化学成分相同的石粉的指标。

拌制混凝土用细骨料的碱活性指标应符合设计要求。新选原料产地、同产地更换矿山以及连续使用同一产地达两年或实际需要时，应进行碱活性检验。检验方法应符合《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 砂浆棒法》(TB/T 2922.3)、《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 岩石柱法》(TB/T 2922.4) 以及《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 快速砂浆棒法》(TB/T 2922.5) 的

有关规定。

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52) 第 3 章中对混凝土用砂颗粒级配、细度模数的规定如下:

砂的粗细程度按细度模数 * μ_f 分为粗、中、细、特细四级, 其范围应符合以下规定:

粗砂 $\mu_f = 3.7 \sim 3.1$

中砂 $\mu_f = 3.0 \sim 2.3$

细砂 $\mu_f = 2.2 \sim 1.6$

特细砂 $\mu_f = 1.5 \sim 0.7$

注: * 细度模数是表示砂子粗细程度的指标, 按下式计算:

$$\mu_f = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.32} + A_{0.16} - 5A_5}{100 - A_5}$$

式中 μ_f ——细度模数;

$A_5 \sim A_{0.16}$ ——筛孔分别为 5 mm、2.5 mm、1.25 mm、0.63 mm、0.32 mm、0.16 mm 筛上的累计筛余百分数。

砂筛应采用方孔筛。砂的公称粒径、砂筛筛孔的公称直径和方孔筛筛孔边长应符合表 3.1.2—1 (即说明表 4.6.8—7) 的规定。

说明表 4.6.8—7 砂的公称粒径、砂筛筛孔的公称直径和方孔筛筛孔边长尺寸 (mm)

砂的公称粒径	砂筛筛孔的公称直径	方孔筛筛孔边长
5.00	5.00	4.75
2.50	2.50	2.36
1.25	1.25	1.18
0.630	0.630	0.600
0.315	0.315	0.300
0.160	0.160	0.150
0.080	0.080	0.075

除特细砂外, 砂的颗粒级配可按公称直径 0.630 mm 筛孔的累计筛余量 (以质量百分率计, 下同) 分成三个级配区, 见表

3.1.2—2（即说明表 4.6.8—8），且砂的颗粒级配应处于表 3.1.2—2（即说明表 4.6.8—8）中的某一区内。

说明表 4.6.8—8 砂颗粒级配区

级 配 区 公称粒径（mm）	I 区	II 区	III 区
	累计筛余（%）		
5.00	10 ~ 0	10 ~ 0	10 ~ 0
2.50	35 ~ 5	25 ~ 0	15 ~ 0
1.25	65 ~ 35	50 ~ 10	25 ~ 0
0.630	85 ~ 71	70 ~ 41	40 ~ 16
0.315	95 ~ 80	92 ~ 70	85 ~ 55
0.160	100 ~ 90	100 ~ 90	100 ~ 90

砂的实际颗粒级配与表 3.1.2—2（即说明表 4.6.8—8）中的累计筛余相比，除公称粒径为 5.00 mm 和 0.630 mm〔表 3.1.2—2（即说明表 4.6.8—8）斜体所标数值〕的累计筛余外，其余公称粒径的累计筛余可稍有超出分界线，但总超出量不应大于 5%。

配制混凝土时宜优先选用II区砂。当采用I区砂时，应提高砂率，并保持足够的水泥用量，满足混凝土的和易性；当采用III区砂时，宜适当降低砂率；当采用特细砂时，应符合相应的规定。

配制泵送混凝土，宜选用中砂。

关于粗骨料：

《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》第 6.2.3 条规定，“拌制混凝土所用的粗骨料，应按批进行检验，其颗粒级配、压碎指标值、针片状颗粒含量应符合本标准附录 C 的规定”。

《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》的“附录 C 混凝土用粗骨料指标”规定如下：

粗骨料的颗粒级配范围应符合表 C.0.1（即说明表 4.6.8—9）的规定。

说明表 4.6.8—9 粗骨料的颗粒级配范围 (%)

级配情况	筛孔尺寸 (方孔筛, mm)	2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90
	公称粒径 (mm)	累计筛余 (%)											
连续粒级	5 ~ 9.5	95 ~ 100	80 ~ 100	0 ~ 15	0								
	5 ~ 16	95 ~ 100	85 ~ 100	30 ~ 60	0 ~ 10	0							
	5 ~ 19	95 ~ 100	90 ~ 100	40 ~ 80	—	0 ~ 10	0						
	5 ~ 26.5	95 ~ 100	90 ~ 100	—	30 ~ 70	—	0 ~ 5	0					
	5 ~ 31.5	95 ~ 100	90 ~ 100	70 ~ 90	—	15 ~ 45	—	0 ~ 5	0				
	5 ~ 37.5	95 ~ 100	95 ~ 100	70 ~ 90	—	30 ~ 65	—	—	0 ~ 5	0			
	5 ~ 63	95 ~ 100	95 ~ 100	85 ~ 95	60 ~ 80	45 ~ 70	—	30 ~ 40	15 ~ 20	—	0 ~ 5	0	
	5 ~ 75	95 ~ 100	95 ~ 100	80 ~ 95	—	60 ~ 80	—	—	30 ~ 60	—	15 ~ 20	0 ~ 5	0
单粒级	9.5 ~ 19		95 ~ 100	85 ~ 100	—	0 ~ 15	0						
	16 ~ 31.5		95 ~ 100	—	85 ~ 100	—	—	0 ~ 10	0				
	19 ~ 37.5			95 ~ 100	—	80 ~ 100	—	—	0 ~ 10	0			
	31.5 ~ 63				95 ~ 100	—	—	75 ~ 100	45 ~ 75	—	0 ~ 10	0	
	37.5 ~ 75					95 ~ 100	—	—	70 ~ 100	—	30 ~ 60	0 ~ 10	0

注: 1 累计筛余按质量计 (%);

2 公称粒径的上限为该粒级的最大粒径。

粗骨料的强度可用岩石的抗压强度（岩石试件尺寸为 50 mm × 50 mm × 50 mm 的立方体或直径与高度均为 50 mm 的圆柱体）或压碎指标值表示；岩石的抗压强度与混凝土强度等级之比不小于 1.5，粗骨料的压碎指标值应符合表 C.0.2（即说明表 4.6.8—10）的规定。

说明表 4.6.8—10 粗骨料压碎指标值（%）

混凝土强度	≥ C30			< C30		
岩石种类 粗骨料种类	沉积岩	深成岩、 变质岩	喷出岩	沉积岩	深成岩、 变质岩	喷出岩
碎石	≤10	≤12	≤13	≤16	≤20	≤30
卵石	≤12			≤16		

- 注：1 表中“压碎指标值”按质量损失百分率计（%）；
2 沉积岩包括石灰岩、砂岩等，深成岩包括花岗岩、正长岩、橄榄岩等，变质岩包括片麻岩、石英岩；喷出岩包括玄武岩和辉绿岩等。

粗骨料的坚固性指标应符合表 C.0.3（即说明表 4.6.8—11）的规定。

说明表 4.6.8—11 粗骨料坚固性指标（%）

混凝土所处的环境条件	结构或构件类型	
	混凝土结构	预应力混凝土结构
最冷月平均气温低于 0℃ 的地区，并经常处于潮湿或干湿交替状态下的混凝土	≤8	≤5
其他条件下使用的混凝土	≤12	≤8

- 注：1 表中“坚固性指标”为经硫酸钠饱和溶液浸泡 5 次循环后的质量损失率（%）；
2 当粗骨料未达到本表规定的坚固性指标，但在混凝土试验中具有足够的抗冻性时，可根据情况接纳采用；
3 粗骨料吸水率小于 0.5% 时，可不作坚固性试验；
4 有腐蚀性介质作用或经常处于水位变化区的地下结构，或有抗疲劳、抗磨、抗冲击等要求的混凝土所用的粗骨料，其坚固性指标不应大于 8%。

粗骨料中有害物质含量应符合表 C.0.4（即说明表 4.6.8—12）的规定。

说明表 4.6.8—12 粗骨料中有害物质含量

项 目	混 凝 土 强 度	
	≥ C30	< C30
针、片状颗粒总含量（按质量计，%）	≤12	≤25
含泥量（按质量计，%）	≤1.0	≤2.0
泥块含量（按质量计，%）	≤0.25	
硫化物及硫酸盐含量（折算成 SO ₃ ，按质量计，%）	≤1.0	≤1.0
氯化物（以 NaCl 计，%）	0.03	—
卵石中有机质含量（用比色法试验）	颜色不应深于标准色。当深于标准色，则应按水泥胶砂强度检验方法进行强度对比试验，抗压强度比不应小于 0.95	

- 注：1 有抗渗、抗冻或其他特殊要求的混凝土所用的粗骨料，应符合表中 ≥ C30 混凝土技术要求；
- 2 当粗骨料中发现有颗粒状硫酸盐或硫化物杂质时，应进行专门检验，在确认能满足耐久性要求时可使用；
- 3 凡颗粒长度大于该颗粒所属相应粒级的平均粒径 2.4 倍者为针状颗粒，厚度小于平均粒径 0.4 倍者为片状颗粒；平均粒径指该粒级上、下限粒径的平均值。

拌制混凝土用粗骨料的碱活性指标及检验应符合本标准 B.0.5 条的规定。

关于混凝土用粗细骨料中常见的含碱活性成分，在《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法：岩相法》（TB/T 2922.1—1998）中指出，碱活性矿物包括两类：一类为硅酸类矿物，包括蛋白石、方英石、磷石英、微晶石英（粒径小于 30 μm）、玉髓、严重波状消光石英、火山玻璃、燧石、人工硅质玻璃等；另一类为碳酸盐类矿物，主要为细小菱形白云石晶体（粒径小于 50 μm），有时晶体周围还存在不溶的黏土基质。

（4）关于砌体用石料的评价标准和试验项目，可参考《铁

路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 和《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》的相关规定。

《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 对石料的质量作了如下要求:

石料强度等级应以边长为 70 mm 的立方体试件在浸水饱和状态下的抗压极限强度表示。当采用边长为 200 mm、150 mm、100 mm 或 50 mm 的立方体长工件时, 其抗压极限强度应分别乘以 1.43、1.28、1.14 或 0.86 的换算系数。石料的强度等级应分为 MU120、MU100、MU90、MU80、MU70、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15 和 MU10。

石料的强度等级应符合设计要求。当设计未提出要求时, 应符合下列规定:

片石、块石不应小于 MU40, 用于附属工程的片石不应小于 MU30;

粗料石、半细料石及细料石 (包括拱石) 不应小于 MU60;
破冰体镶面石不应小于 MU100。

浸水和潮湿地区主体工程的石料软化系数, 不应小于 0.8。对于沉井填心、拱桥填心及各类防护工程的石料, 可不考虑软化系数的要求。

在最冷月平均气温低于 -15°C 或在 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 的地区使用的石料, 其抗冻性指标应分别符合冻融循环 25 次或 15 次的要求, 且表面无破坏迹象。

《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》第 8 章的相关规定摘录如下:

砌体采用的石材应质地坚硬、不易风化、无裂纹, 表面的污渍应予清除。

石材强度等级应以边长 70 mm 的立方体试件在浸水饱和状态下的抗压极限强度表示。当边长为 200 mm、150 mm、100 mm 或 50 mm 的立方体试件时, 其抗压极限强度应分别乘以 1.43、

1.28、1.14 或 0.86 的换算系数。

砌体工程所用石材和混凝土砌块的强度等级应符合设计要求，石材的其他品质指标尚应符合下列规定：

在最冷月平均气温低于 -15°C 或 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 的地区使用的石材，其抗冻性指标应分别符合冻融循环 25 次或 15 次的要求，且表面无破坏迹象；

浸水和潮湿地区主体工程的石材软化系数不得小于 0.8。

石料的类别、形状、规格和质量还应符合《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》附录 D 的要求。

附录 D “砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求”的规定如下：

砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求应符合表 D.0.1（即说明表 4.6.8—13）的规定。

说明表 4.6.8—13 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求

序号	类 别	形 状	规 格 和 质 量
1	普通片石	形状不规则	石块中部厚度不小于 15 cm
2	镶面片石	形状不规则	有两个大致平行面，厚度不小于 15 cm，其他尺寸大于厚度
3	块 石	形状规则大致方正	稍加修整，厚度不得小于 20 cm，长度和宽度不小于厚度
4	镶面块石	形状规则大致方正	外露面稍加修凿，凹入深度不大于 2 cm，尺寸同块石。外露面向内修凿的进深不小于 7 cm，但尾部的宽度和厚度不大于修凿的部分。丁石的长度不小于顺石宽度的 1.5 倍
5	粗料石	形状规则的六面体	经粗加工，表面不允许凸出，凹入深度不大于 2 cm，厚度不小于 20 cm，宽度不小于厚度，长度不小于厚度 1.5 倍。外露面修凿进深不得小于 10 cm，且修凿面应与外露面垂直，每 10 cm 应凿 4~5 条纹。丁石长度应比相邻顺石宽度大 15 cm

续说明表 4.6.8—13

序号	类别	形状	规格和质量
6	细料石	形状规则的六面体 或按设计要求	经细加工, 表面不允许凸出, 凹入深度 不大于 1 cm, 尺寸同粗料石

因此, 石料的试验项目主要为: 饱和极限抗压强度、抗冻性指标、软化系数等。

(5) 关于铁路碎石道砟的评价标准和试验项目, 可参考现行《铁路碎石道砟》(TB 2140—90) 和《新建时速 300 ~ 350 公里客运专线铁路设计暂行规定 (上、下)》(铁建设〔2007〕47 号) 中对道砟的技术要求。

《铁路碎石道砟》第 3.1 条规定, “道砟由开山块石破碎、筛选而成, 根据材质性能和参数指标按表 1 (即说明表 4.6.8—14) 的规定分为一级道砟和二级道砟”。

说明表 4.6.8—14 道砟材质分级指标

性能	参 数	一级道砟	二级道砟	评 级 方 法	
1. 抗 磨耗、 抗冲 击性 能	(1) 洛杉矶磨耗率 LAA (%)	$LAA < 27$	$27 \leq LAA < 32$	若三个参 数的指标 分属两个 等级, 则 以两个指 标所在的 等级为准; 若三个指 标分属一、 二级和不 合格, 则 划为二级	道砟的最 终等级以 性能 1、 2、3 中的 最低等级 为准。一 级、二级 道砟, 均 应满足 4、 5、6 三项 性能的要 求
	(2) 标准集料冲击 韧度 IP	$IP > 95$	$80 < IP \leq 95$		
	(3) 石料耐磨硬度 系数 $K_{\text{干磨}}$	$K_{\text{干磨}} > 18$	$17 < K_{\text{干磨}} \leq 18$		
2. 抗 压碎 性能	(1) 标准集料压碎 率 CA (%)	$CA < 9$	$9 \leq CA < 14$	若两个参 数的指标不 在同一等级, 以低的等级 为准	
	(2) 道砟集料压碎 率 CB (%)	$CB < 18$	$18 \leq CB < 22$		

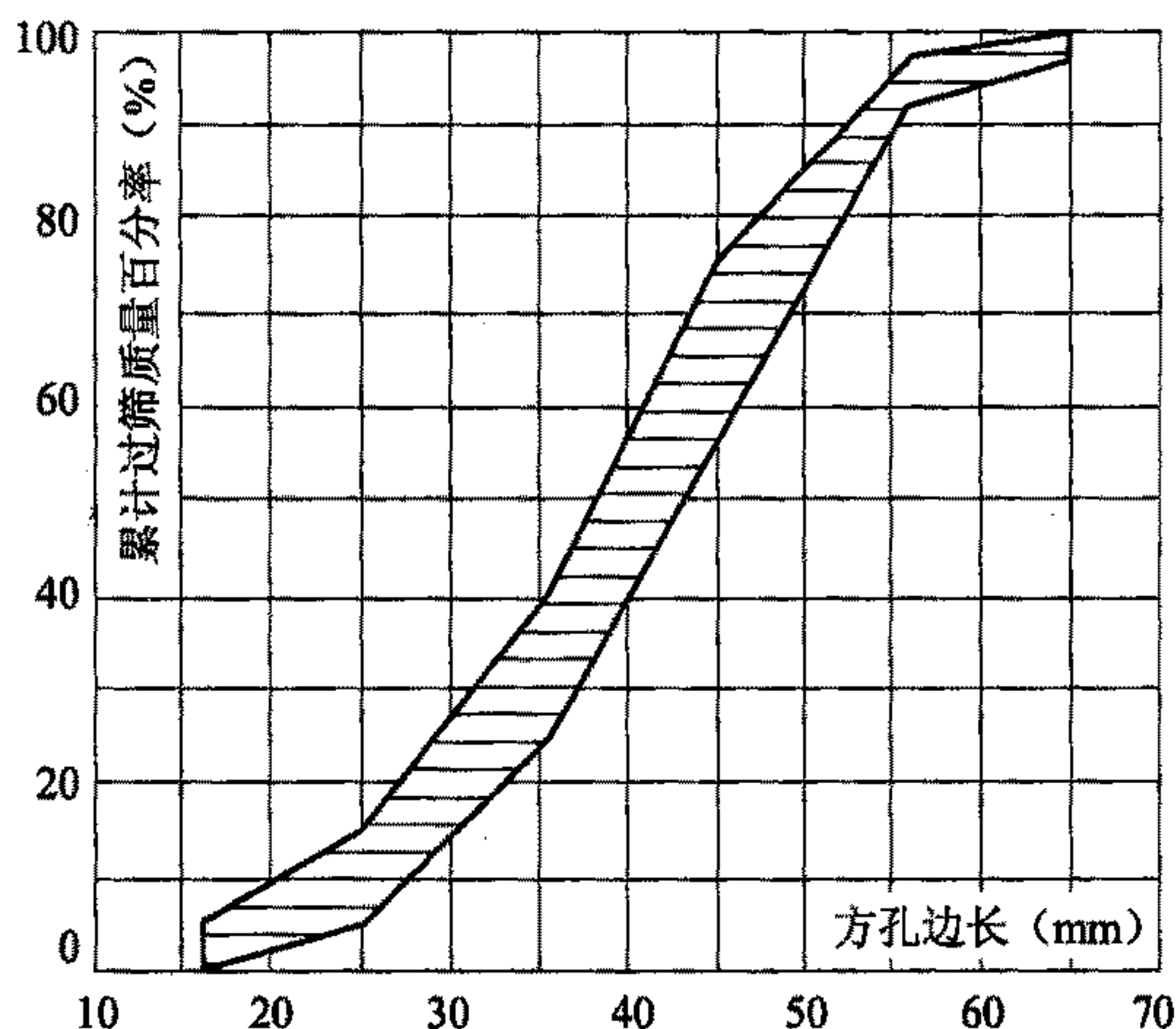
续说明表 4.6.8—14

性能	参 数	一级道砟	二级道砟	评 级 方 法	
3. 渗水性	(1) 渗透系数 P_m (10^{-6}cm/s)	$P_m > 4.5$	$3 < P_m \leq 4.5$	在四个参数中, 以其中两个指标最高的等级为准; 若这两个指标最高的等级不在同一级别, 则以其中较低的等级为准	道砟的最终等级以性能 1、2、3 中的最低等级为准。一级、二级道砟, 均应满足 4、5、6 三项性能的要求
	(2) 石粉试模件抗压强度 σ (MPa)	$\sigma < 0.4$	$0.4 \leq \sigma < 0.55$		
	(3) 石粉液限 LL (%)	$LL > 20$	$20 \geq LL > 16$		
	(4) 石粉塑限 PL (%)	$PL > 11$	$11 \geq PL > 9$		
4. 抗大气腐蚀破坏	硫酸钠溶液浸泡损失率 (%)	<10			
5. 稳定性	(1) 密度 (g/cm^3)	>2.55			
	(2) 容重 (g/cm^3)	>2.50			
6. 软弱颗粒	饱水单轴抗压强度 (MPa)	≤ 20		软弱颗粒含量少于 10% (质量比)	

《铁路碎石道砟》第 3.4 条规定, “道砟的级配应符合表 2 (即说明表 4.6.8—15) 的规定, 其级配曲线示于图 1 (即说明图 4.6.8—2)”。

说明表 4.6.8—15 道 砟 级 配

方孔筛孔边长 (mm)	16	25	35.5	45	56	63
过筛质量百分率 (%)	0 ~ 5	5 ~ 15	25 ~ 40	55 ~ 75	92 ~ 97	97 ~ 100



说明图 4.6.8—2 一、二级道砟级配曲线

《铁路碎石道砟》第 3.5 条“道砟颗粒形状及清洁度指标”规定，“①针状指数不大于 50%，片状指数不大于 50%；②黏土团及其他杂质含量的质量百分率不大于 0.5%；③粒径 0.1 mm 以下的粉末含量的质量百分率不大于 1%”。

《新建时速 300～350 公里客运专线铁路设计暂行规定（上、下）》（铁建设〔2007〕47 号）第 5.2.4 条规定，道床“应采用特级道砟，并符合相关技术条件的要求”。在该条的条文说明中阐明，“特级道砟相关技术要求执行《350 km/h 客运专线特级碎石道砟暂行技术条件》（铁科技〔2004〕120 号）”。

《350 km/h 客运专线特级碎石道砟暂行技术条件》（铁科技〔2004〕120 号）对“特级道砟”的相关技术要求如下：

道砟由开山块石破碎筛分而成，颗粒表面全部为破碎面。

道砟材质性能应符合表 1（即说明表 4.6.8—16）的规定。

说明表 4.6.8—16 特级道砟性能参数指标

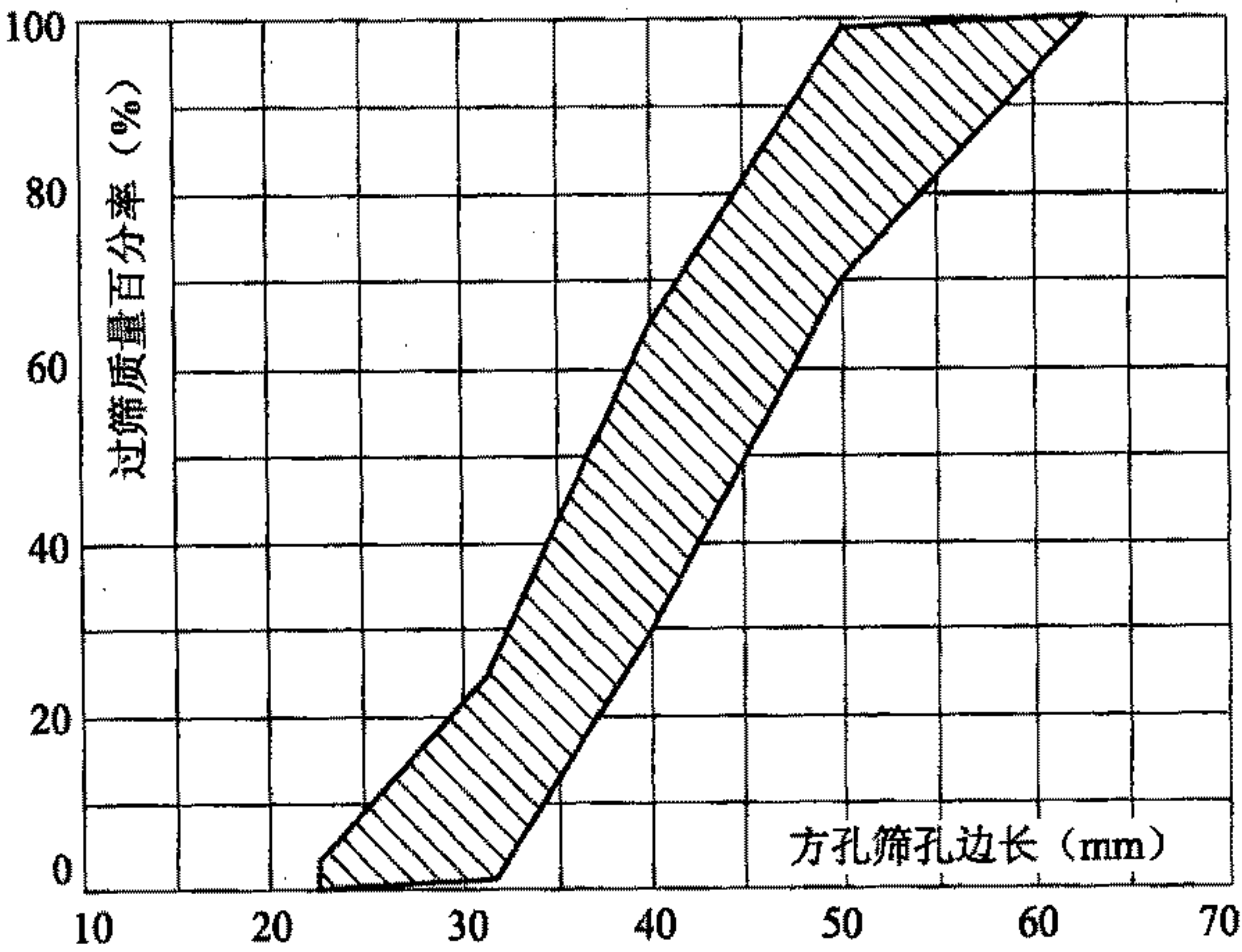
性 能	参 数	指 标	评 定 方 法	
			单项性能评定	综合评定
抗磨耗、抗冲击性能	洛杉矶磨耗率 LAA (%)	$LAA \leq 18$	必须达标	各项性能必须全部满足要求
	标准集料冲击韧度 IP	$IP \geq 110$	至少一项参数达标	
	石料耐磨硬度系数 $K_{\text{干磨}}$	$K_{\text{干磨}} > 18$		
抗压碎性能	标准集料压碎率 CA (%)	$CA < 8$	两项参数同时达标	
	道砟集料压碎率 CB (%)	$CB < 17$		
渗水性能	渗透系数 P_m (10^{-6} cm/s)	$P_m > 4.5$	至少有两项参数达标	
	石粉试模件抗压强度 σ (MPa)	$\sigma < 0.4$		
	石粉液限 LL (%)	$LL > 20$		
	石粉塑限 PL (%)	$PL > 11$		
抗大气腐蚀破坏	硫酸钠溶液浸泡损失率 (%)	< 10	必须全部达标	
稳定性能	密度 (g/cm^3)	> 2.55		
	容重 (g/cm^3)	> 2.50		
软弱颗粒	饱水单轴抗压强度 (MPa)	≤ 20		

道砟粒径级配应符合表 2（即本规范说明表 4.6.8—17）的规定，其级配曲线如图 1（即本规范说明图 4.6.8—3）所示。

说明表 4.6.8—17 特级道砟粒径级配

粒 径	筛分机底筛和面筛孔边长 (mm)] 31.5 ~ 50					
级 配	方孔筛孔边长 (mm)	22.4	31.5	40	50	63
	过筛质量百分率 (%)	0 ~ 3	1 ~ 25	30 ~ 65	70 ~ 99	100
颗粒分布	方孔筛孔边长 (mm)	31.5 ~ 50				
	颗粒质量百分率 (%)	≥50				

注：检验用方孔筛系指用金属丝编织的标准方孔筛。



说明图 4.6.8—3 特级道砟级配曲线

颗粒形状和清洁度：

针状指数不大于 20 % ，片状指数不大于 20 % 。

粒径 0.5 mm 以下颗粒含量的质量百分率不大于 0.6 % ；粒
径 0.063 mm 以下粉末含量的质量百分率不大于 0.5 % 。

出厂道砟需经清洗，道砟不得含黏土及其他杂质，保持颗粒
表面清洁。

饱水单轴抗压强度小于 20 MPa 的软弱颗粒和其他杂石不得
而大于 2 % 。

因此，碎石道砟的试验项目主要为：天然及饱和状态下道砟原材料的单轴抗压强度、洛杉矶磨耗率、标准集料冲击韧度、石料耐磨硬度系数、标准集料压碎率、道砟集料压碎率、渗透系数、石粉试模件抗压强度、石粉液限、石粉塑限、硫酸钠溶液浸泡损失率、密度、容重、软弱颗粒的饱水单轴抗压强度及其含量、道砟级配试验、针状和片状颗粒含量试验、黏土团及其他杂质含量试验、粉末（小于 0.1 mm 或 0.5 mm 颗粒）含量试验等，必要时应进行岩石磨片鉴定。

关于取样的要求：

一般应对场地内的所有地层进行取样和试验，以判定有用层和无用层。对土、砂原状土样的取样，一般应在试坑壁按要求的间隔取样，或利用专用取土器在钻孔内取样。对土、砂砾石层（包括路基填料、级配砂砾石、级配碎石等）的扰动土样可采用在试坑内刻槽的方法选取代表性的试样，槽的断面宽度一般为 30 cm、深 40 cm，最小宽度和深度应大于最大粒径长轴的 2 倍，特大漂石可在坑壁就地测量。一般取样数量为土 20 ~ 25 kg、砂 8 ~ 10 kg、砾石类不少于 20 ~ 30 kg。进行原状土试验的土样数量一般每组不少于 3 筒；铁路碎石道砟的碎石试样：碎石粒径（方孔筛）60 ~ 70 mm，质量 240 kg；块石试样：长 × 宽 × 高分别为 200 mm × 160 mm × 140 mm 的块石 4 块，如岩石的层理明显，应增加取样方向平行于层理方向的块石 2 块。

4.6.9 当前铁路用天然建筑材料可参照下列标准的要求进行评价：

（1）路基填料的质量可参照现行《铁路工程岩土分类标准》（TB 10077）附录 A “路基填料分组的要求”或《铁路路基设计规范》（TB 10001）第 5.2 节的要求进行评价；

（2）级配碎石、级配砂砾石的质量可参照《铁路路基设计规范》（TB 10001）第 5.3 节、《铁路碎石道床底砟》（TB/T 2897）、

《新建时速 200 ~ 250 公里铁路设计暂行规定 (上册)》(铁建设〔2005〕140 号)、《新建时速 300 ~ 350 公里客运专线铁路设计暂行规定 (上、下)》(铁建设〔2007〕47 号)、《既有线提速 200 km/h 技术条件 (试行)》(铁科技函 747 号)、《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》(科技基〔2005〕101 号) 等对基床的相关要求进行评价;

(3) 铁路碎石道砟的质量可参照现行《铁路碎石道砟》(TB/T 2140) 和《350 km/h 客运专线特级碎石道砟暂行技术条件》(铁科技〔2004〕120 号) 关于特级道砟的要求进行评价;

(4) 混凝土骨料的质量可参照现行《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ 52)、《普通混凝土用碎石、卵石质量标准及检验方法》(JGJ 53)、《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB 10424) 附录 B “混凝土用细骨料其他指标”、附录 C “混凝土用粗骨料指标” 的要求进行评价, 还应参照现行《铁路混凝土工程施工质量验收补充规定》(铁建设〔2005〕160 号) 附录 D “混凝土用细骨料的技术要求” 和附录 E “混凝土用粗骨料的技术要求”、《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》(铁建设〔2005〕157 号) 第 4.3 节 “细骨料” 和第 4.4 节 “粗骨料” 的有关规定进行评价。

(5) 砌体石料的质量可参照现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 和《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB 10424) 的相关要求进行评价。

4.6.10 填料或其他小型建筑材料场地的储量计算, 应分别有用层和无用层计算, 并考虑适当扣除开采过程中损失的部分。

大型永久石砟场的储量评价应符合国家标准《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908—2002, 以下简称《总则》) 的规定。该《总则》规定, “根据矿产资源/储量的经济意义、可行性评价和地质可靠程度, 将固体矿产资源/储量分为储量、基础

储量和资源量三大类 16 种类型”。

“储量”是指“经过详查或勘探，达到了控制的和探明的程度，在进行了预可行性研究或可行性研究后，扣除了设计和采矿损失，能实际采出的数量。经济上表现为在生产期内，每年的平均内部收益率高于行业基准内部收益率。储量是基础储量中的经济可采部分，又可分为可采储量、探明的预可采储量及控制的预可采储量 3 个类型”。

“基础储量”是指“经过详查或勘探，达到了控制的和探明的程度，在进行了预可行性研究或可行性研究后，经济意义属于经济的或边际经济的那部分矿产资源。基础储量又可分为两部分，即经济基础储量和边际经济的基础储量”。

“资源量可分为三部分，即内蕴经济资源量、次边际经济资源量和预测资源量”。

由以上规定可知，储量评价时应考虑地质勘查的可靠程度，还要考虑社会、经济、工艺等因素。如该《总则》规定的“可采储量”是“在勘探地段内，达到了探明的程度……经可行性研究，在对矿床的开采、选冶、经济、市场、法律、环境、社会和政府因素的研究，并扣除了受这些因素影响而不能开采的部分后，被证实为在当时开采是经济的那部分即谓可采储量，可供矿山建设设计利用。地质和可行性评价的可信度高”。

提供永久石砵场储量计算的地质勘察资料的精度，应达到该《总则》中“详查”和“勘探”阶段的技术要求。

地质储量的计算方法一般采用“平均厚度法”、“平行断面法”和“三角形法”。

平均厚度法：适用于地形平缓、岩性单一、岩层厚度均匀的场地。计算时先在平面图上圈定储量计算的范围，求其面积，然后根据圈定面积内有用层的平均厚度求出有用层的体积，此即为储量。当地形、地层复杂时，可将面积划小进行计算。

平行断面法：先对已做勘探的地质断面和现场实测的与之平

行的断面进行每个断面有用层面积的计算，然后计算相邻两断面间有用层的体积，各断面间的体积相加后即为储量。

三角形法：常用于勘探点（网）布置不规则的场地。计算时多以勘探点为顶点，划出若干个三角形，求出三角形面积，再根据勘探点上有用层厚度计算该三角形内有有用层的体积，各三角形中有用层体积之和即为储量。

5.1.1 滑坡产生主要受地层结构、地质构造和水文地质条件等因素的控制，它多发生在有易滑地层，有软硬岩石互层或层间结构面错动、有软弱夹层及动水压力等地段。

5.1.4 对于岩质滑坡查明地质构造是重要的。滑坡发生的原因以及滑动周界的范围大小往往与地质构造有直接关系，应加强对各类结构面的调绘与分析。

调查访问当地居民对了解大滑坡的历史情况很有好处。如宝成线白水江2号滑坡，当地居民反映200年前山体曾崩塌过，后经调绘得到了证实。

工程地质勘察中不但要注意对“自然滑坡”的识别与防治，同时还需对工程可能引起的滑坡给予足够重视。根据成昆线等6条干线的统计，“工程滑坡”（因施工开挖造成的滑坡）占整治滑坡总数的75%以上。因此，对那些虽然在自然状态下稳定，但由于工程施工、环境地质条件改变可能造成失衡的山坡（如在基岩山坡上有厚层的坡积层，或软硬岩层相间并倾向线路，且有地下水活动），在地质调绘时，应加以特别注意，应全面分析各类结构面的形态，特别应注意不利结构面的调查分析，准确地判明或预测山坡因工程活动而可能引起的稳定性变化，是非常重要的。对此，勘测设计、施工甚至运营部门都应充分重视。在勘测设计阶段，工作要做够，不仅注意山坡自然形态调查分析，还应考虑工程设置后，特别是开挖临空后，对不利结构面的稳定性评价；在施工阶段，要坚持合理的作业程序和科学的施工方法；在运营阶段，要加强山坡的养护和观察。同时，还应注意人为活

动对滑坡稳定的影响（如灌溉、弃渣、开山采石等）。

在工程地质调绘中，尚须注意并调查了解错落向滑坡转化的可能性。

5.1.5 滑坡地区的勘探工作对于滑动面和水文地质情况都要给予充分的注意，对复杂地段还应在滑体外布置必要的钻孔，进行地层、岩性和地下水情况的对比。

滑动面（带）的鉴定，是一项细致、复杂又十分重要的工作，既要防止仅凭少数钻孔中的软弱夹层或含水点确定滑动面，也要防止简单地把堆积层与基岩接触面作为滑动面。要综合分析，互相验证，慎重判认：

（1）要充分利用地质调绘成果，结合滑坡周界、可能滑动层位、水文地质条件等资料确定滑动面。必要时，取样进行岩矿电子扫描鉴定，根据矿物排列的方式与方向确定滑动面及滑动方向。

（2）要区分构造擦痕与滑坡擦痕。一般情况下，构造擦痕常有烘烤现象；滑坡擦痕，多将构造擦痕切断，滑面底常有薄层黏土富集。

（3）土质滑坡可能有数层软弱夹层，其滑面也可能不是单一的，可能是数个塑性滑面的组合。

（4）勘察中应注意地层产状、层位的变化、钻探中的异常情况（如塌孔、缩孔、卡钻、落钻等），以及土石结构有无扰动等现象。

《铁路工程地质钻探规程》（TB 10014—98）第 4.10.1 条规定，“滑坡钻探应采用干钻、无泵反循环或双层岩芯管方法进行”。

5.2.1 在地形陡峻（坡度常大于 55° ，高度大于 30 m）、岩层裂隙发育的地区，特别是在脆硬岩石地段或软硬岩互层地段或岩体结构面的倾角较陡其走向大致平行河流的陡坡或峡谷地段及卸荷裂隙发育地段，都具有产生危岩、崩塌和落石现象可能。而路堑

开挖后形成高陡边坡，往往出现卸荷裂隙，进一步发展也会产生崩塌和落石现象。如宝天、宝成、鹰厦等线，崩塌和落石占病害工点的很大一部分。

崩塌和落石多在久雨或暴雨之后发生。坍塌体顶端先有裂缝出现，节理缝隙扩大，断层破碎带或构造面风化加深，地表水下渗，地下水流变浊，边坡有小型的局部坍塌落石，甚至能听到岩石变形挫动的响声。但这些预兆不太明显，不易为人们所察觉。崩塌不但发生于坚硬岩体组成的山坡，在软弱岩体以及土体的陡坡地带也会发生。

5.3.1 工程地质勘察中要注意岩堆与坡积层的区别，坡积层主要是指沿山坡坡面堆积而成的覆盖物；岩堆则是在重力作用下发生的，以岩块和岩屑堆积为主，多见于陡坡坡脚。岩堆其表面坡度与堆积物的安息角相近，常处于极限平衡状态。

5.3.3 岩堆地区即使植被良好，但在遇到周期性暴雨或坡脚被破坏时，往往顺坡产生泥石流或坍塌。

陡崖下的岩堆，在降雨量较大时因雨水下渗和基岩中地下水补给，可能在堆积床或沿某个堆积层形成饱水带，而造成崩塌性滑坡。对位于线路上方的岩堆体，如用路基或桥涵在其下方通过，就应对其稳定性进行分析、检算。

5.4.1 泥石流是由于降水（暴雨、融雪、冰川）而形成的一种夹带大量泥、砂、石块等固体物质的特殊洪流。

泥石流介于块体运动与水力运动之间，呈稀性紊流、黏性层流或塑性蠕流等状态运动，它形成过程复杂，暴发突然，来势凶猛，破坏力强，是不可忽视的一种地质灾害。

对纵坡陡峻的黏性泥石流，因沟床粗糙率降低，其流速与流量都可能很大，还有巨大漂石被夹带移动，此种危害应予以重视。

对大规模暴发而时间间隔较长的泥石流，因间隔期间沟床呈现一般山区河沟的状况，似乎没留下多少痕迹，易造成已稳定的错觉。但当其条件成熟时，往往暴发规模较大的泥石流。实践经

验告诉我们，在泥石流沟分散，现状表现威胁较轻的地段，往往由于重视不足，工程做的不够，因而问题出现的反而较多；而在泥石流沟集中、现状表现威胁较重的地段，由于重视充分，工程措施加强，所以问题反而少。

每一条泥石流沟每次暴发时其性质及流量等都不会相同，而在同一场泥石流的全过程中，峰前、峰后与洪峰时也完全两样。因此要重视调查研究，掌握泥石流的发展规律，并预测最不利的情况。

5.4.3 在泥石流地区选线时，其线路平面位置最好选在沟床最狭窄，沟岸及纵坡冲淤总趋势稳定，无漫流改道之虞，危害相对较轻的地段。但该段可能下切或旁蚀作用较强，在调查测绘中应特别注意。

一般说来，泥石流扇的扇顶、扇腰部位危害最为严重。因为此处泥石流漫流范围宽，各沟槽流势多变，淤积速度快，搬运及冲击力强。而扇缘部位处于泥石流末端，搬运及冲击力弱，淤积速度慢，因而危害稍轻些。线路选在扇缘处通过的也不少。但对于峡谷段泥石流，须特别注意主河水流切割对扇缘的影响。

山坡型泥石流虽然规模小，但暴发突然、破坏力强，预测困难，在大暴雨或特大暴雨的激发下常成群成带发生，危害极大。因此在季风气候区铁路沿山坡较陡（ $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ）、坡面较长、较平整、坡积层较薄（ $< 3\text{ m}$ ）。下伏基岩透水性较差的斜坡地段时，应考虑山坡泥石流发生的可能性。

在泥石流强、主河势弱的地段，要考虑到泥石流堵江断流的可能性。

当泥石流及其他不良地质现象在主河两岸犬牙交错分布时，应认识到主河主流往复摆动的严重性，不但要调查泥石流扇缘在泥石流发生时的冲或淤，更要预测到若干年后，因主河主流的偏移而发生性质相反的变化。

5.4.4 泥石流是山区自然地质灾害之一。典型的泥石流流域，

从上游到下游一般可分为形成区、流通区和堆积区。形成区为陡峻山区，汇水面积较宽，山坡裸露，松散固体物质储量丰富，常有滑坡、崩塌存在；流通区沟床较顺直，沟谷较窄两侧山坡较稳定，纵坡较上游平缓；沉积区一般都是沟谷出口之外，纵坡平缓，地形开阔，泥石大量堆积。还需注意堆积区范围常伸入流通区，从而使该处具有流通区及泥石流扇顶的双重性质。而当老泥石流扇缘出现新泥石流扇时，早期泥石流的堆积区也可能成为近期泥石流的形成区或流通区。工程地质调绘应根据线路通过泥石流流域的特点开展工作。

对泥石流形成区主要调查了解、确定泥石流物质补给来源，是以构造破碎岩体为主，还是以第四系堆积物为主或是以不良地质现象的滑坡坍塌体为主。

对泥石流的流通区首先应查明、确定收缩口及位置，然后应对泥石流在此处的下切能力和下切深度或旁蚀强度有足够的估计。特别是以隧道通过收缩口处沟底时，初测阶段应摸清沟床基岩情况和水文地质情况。

对泥石流的堆积区，应根据洪积物的厚度及成层情况查明泥石流的规模和暴发强度，根据洪积扇各层的沉积及分布特点分析泥石流暴发时的主流线变化情况。

对各种工程弃渣及山坡毁林造田、水土流失、水库溃决而形成、复活或加剧的泥石流危害情况应引起重视。如成昆线有些泥石流就是人为因素促使其发生、发展的。

地震是激发或加重泥石流危害的一个因素。凡地震动峰值加速度等于或大于 $0.1g$ 的山区，在其他条件相同的情况下，则更应该研究产生泥石流的可能，应查明沟的中上游有无山体坍塌可能形成堤坝堵塞而蓄水，给下游工程造成隐患等。

5.5.1 在干旱、半干旱及半湿润气候条件下，表层主要由松散的粉、细砂物质组成。植被稀少的地段，当风力大于起沙风速时，沙粒常随风流动（包括风的吹蚀和沉积）形成活动的沙丘、

沙堆，掩埋房屋、农田、道路，污染环境，增大机械磨损。该类地区的铁路还常因沙流掩埋钢轨、堵塞道心等造成行车事故。因此在铁路工程地质勘察中，应首先确定风沙地区范围，而后考虑如何根据其特点选择线路位置和为固沙工程搜集地质资料。从风沙地貌学和工程地质角度确定风对松散沙物质的吹蚀、搬运、堆积的过程，称作风沙作用，所形成的地貌称作风沙地貌，主要类型有沙漠（沙地）、戈壁及沙漠化土地，这些统称为风沙地区。有松散的沙层是该类地区的物质条件，气候干旱、常年有大于起沙风速的风是气候条件，沙层无覆盖或植被稀少是必备条件。三方面条件的共同作用和不同组合，形成不同的风沙类型。

5.5.2 风沙危害程度是铁路工程地质选线应考虑的重要问题之一。其分类包括严重、中等、轻微三类。

严重风沙地段包括：大面积（ $>10\text{ km}^2$ ）的高大、密集流动沙丘、风沙流动频繁的地区；大面积稀疏、低矮流动沙丘，沙丘年移动大于 10 m ；风力强大（常年有10级以上大风）的严重沙漠化土地地段；沙源丰富的山口及每米断面年输沙量大于 10 m^3 的戈壁风沙流地带。

中等风沙地段包括：大面积半固定沙丘和部分流动沙丘为主的地区，其中沙丘年移动 $5\sim10\text{ m}$ ；风蚀明显、沙层疏松、深厚的沙地及中度沙漠化土地；每米断面年输沙量 $5\sim10\text{ m}^3$ 的戈壁风沙流地带。

轻微风沙地段包括：半固定沙丘地区有零星的流动沙丘分布；植被遭受破坏，大风时有风沙流活动；轻微沙漠化土地；每米断面年输沙量小于 5 m^3 的戈壁风沙流地带。

5.5.3 风沙地区铁路工程地质选线，当以顺其风向，利于沙流通过而不掩埋工程为前提。严重风沙地段风大沙多、防沙工程艰巨且不能保障一劳永逸，因此应尽量绕避。如包兰铁路巴彦高勒至乌达段，采用现行两跨黄河方案，绕避乌兰布和沙漠，实践证明这样的选择是正确的。固定沙丘、半固定沙丘地带及防护林

带，风力搬运减弱，有利于植物生长，线路选择在这些地带通过是适宜的，但应注意施工时对地表植被的破坏，避免使沙丘复活；古河道地形较开阔，又是地下水储存和植物生长的地带；风蚀地带虽有风蚀之害，但较易于防护。上述地段是风沙地区线路通过适宜地段。

在山地陡坡积沙地段，由于松散沙层与下覆基岩软硬不均，对沙层稳定检算和基岩面坡度的测定都有一定难度，线路以避绕为宜。风沙流通过山地背风测风影区时产生涡流，易发生积沙，且无法防治，故线路应在风影区以外的地带通过。

线路走向与主风向平行，可减少路基的沙埋和风蚀；当线路与主导风向垂直，容易造成沙埋道心。风沙通过路堑时，产生明显的旋涡运动，风力显著降低积沙严重；不填不挖地段也最容易积沙；路堤是风沙地区最好的路基断面形式，遇路堤时风沙流通条件较好，对行车安全影响小，路堤面积沙也可借风力吹走，清沙工作简便。实践证明，风沙地区路堤高度不小于1m为宜。

风沙地段，在有水源保障的条件下，采用防护林带固阻风沙改造自然是治本的合理方案。我国包兰铁路在迎水桥、沙坡头通过腾格里沙漠前缘的一段，就是造林固沙比较成功的一例。

5.6.1 岩溶又称喀斯特，是可溶性岩层如碳酸盐类的石灰岩、白云岩以及硫酸盐类的石膏等受水的化学和物理作用产生沟槽、裂隙和空洞，以及由于空洞顶板塌落使地表产生陷穴、洼地等侵蚀及堆积地貌形态特征和地质作用的总称。

5.6.4 岩溶地区，一般在初测阶段开展岩溶普查工作。在大面积的普查工作中，要充分利用航片进行预判，在预判的基础上再开展野外地质调绘工作。

在地质调绘的同时，要研究本地区地表水系与地下水系的排泄条件，调查了解地表干谷与地下暗河的可能分布位置，使铁路在平面上避开暗河发育的地段。

岩溶发育强度与岩溶地区的地层、岩性、地质构造、岩层层

理、节理裂隙特征和地下水的侵蚀作用密切相关，因此在调查测绘中要查明本地区的地质构造、岩性特征和水文地质条件等，以便分析岩溶发育程度、分布范围，以圈定强岩溶化区与弱岩溶化区的界限。

在覆盖型岩溶区，由于地下水的活动常形成地面塌陷和土洞等。地面塌陷和土洞的形成对工程危害极大，轻者危及工程建筑物的安全，重者颠覆行进中的列车，给国民经济建设造成不可弥补的重大损失。例如津浦线泰安站、浙赣线分宜站等都位于覆盖型岩溶区，都有地面塌陷威胁列车安全、限速运行的记录，是投重资进行地基处理后，才恢复正常运行。

“岩溶发育、形态复杂”的岩溶地段是指在正常勘察阶段，采用一般常规物探和钻探方法不易查清，且对线路方案的确定和工程设置有较大影响的地段。遇此情况往往要进行较大范围的地质调查、水文地质试验，选用更先进的勘探方法，研究线路方案和工程设置的类型等，所以应提出进行专题地质研究的建议。

5.6.5 水文地质调绘是岩溶地段的主要的工作内容之一。岩溶地段的水文地质垂直分带包括充气带、季节变动带、完全饱和带和深循环带。各带的含水条件不同、水流运动规律也不同。查明岩溶水的垂直分带与工程设置的关系是为了在判定岩溶水对工程的影响程度时，可以从宏观的角度评价岩溶的发育程度、地下水的水量、流向等，进而评价岩溶水对工程的影响。

覆盖型岩溶地区的地面塌陷与覆盖层的渗透性、地表水的强烈下渗、受季节影响或人为大量抽水影响造成地下水位的波动等因素密切相关，地面塌陷往往发生在枯水期和丰水期的过渡期间，以及人口稠密、生产生活需要大量抽取地下水的地方。为此，对铁路通过的覆盖型岩溶地段调查地下水的赋存条件、开采情况、水位下降的影响范围，及时提出停止或限制开采地下水的建议十分必要。

5.6.6 在勘察期间要完全查明岩溶发育情况是很困难的，为此

应特别加强岩溶发育地段的配合施工工作。根据近年来的经验，对桥基的基坑、隧道的隧底及拱顶、路堑的基底在施工基本完成时进行岩溶发育程度的复查，对岩溶地段的隧道施工开展超前地质预报，是保证施工及运营安全的有力措施。

5.6.7 岩溶地段的勘探应采用综合手段，使取得的地质资料相互补充、相互验证。一般在初测阶段，应先使用物探方法，然后布置必要的钻孔加以验证；在定测阶段，应视工程的需要布置物探剖面 and 勘探测试孔。必要时，在施工至路基设计高程时，对路基，隧道等建筑基底以下的岩溶发育情况进行补充勘探。

勘探点、线的布置，应根据勘测阶段、建筑物等需要综合考虑。

钻探深度应结合工程类型考虑，作为地基时从溶洞的顶板安全厚度考虑，太薄则不安全；作为建筑物环境（包括围岩和边坡）时，一方面应考虑环境条件的要求，另一方面还应考虑基底岩溶顶板安全厚度要求。对于覆盖型岩溶一般应穿透覆盖层至下伏完整基岩。

水文地质工作应视工程的需要，做简易水文地质观察或必要的系统观测、联通试验、抽水试验等工作，以满足岩溶水文地质计算和评价岩溶发育程度的要求。

对岩溶形态复杂的地段，在勘察阶段要完全查明岩溶的发育情况是不可能的，针对这种情况在实际工作中往往在施工阶段结合处理措施（如灌浆方法）采取“探灌结合”的方法，即在对勘察资料分析研究的基础上，区别不同的岩溶发育区段，采用不同的钻孔间距或处理深度，边探查边灌浆，以达到工程处理的目的。

对于重点工程地区，必要时，应选择一定数量的钻孔与岩溶泉（井），进行不少于一个水文年的水文地质动态观察。

5.7.1 人为坑洞是指有地层规律可循，并沿某一特征地层挖掘的坑洞，如煤矿（窑）、掏金洞、掏沙坑、坎儿井、防空洞、墓

穴、菜窖、窑洞、枯井等。人为坑洞的采空程度和稳定性分区是该类地段工程地质勘察必须解决的问题。由于开采矿体不同和开采时期不同，采空程度差异很大；影响采空区稳定性的因素众多，地质勘察积累的资料较少，在规范中一直未列出划分标准。近几年随着铁路建设的发展，通过开采矿区、规划矿区及小窑采空区的铁路越来越多，上述问题更加突出。为适应铁路建设需要，本次规范规定了按采空程度和开采现状分类的方法，并希望在使用过程中注意积累资料，补充完善分类标准。

铁道第一勘察设计院对近 20 年来在梅七、西韩、阳涉、孝柳、侯月、神朔、包西等线通过煤系地层的采空问题进行了深入调查、分析，提出了企业划分标准。

(1) 界定小煤窑的标准：小煤窑主要指人工开挖、一般不进行支护或仅进行简单支护靠顶板自稳条件开采的煤窑。采用巷道式采煤，主巷道呈网格状，支巷道间距 25 ~ 30 m，支巷道一般宽 2.0 ~ 2.5 m、高 2.0 ~ 3.0 m，一般采用房柱式开采，最后形成的采空仓一般长 25 ~ 30 m、高 6 m、宽 6 m。

(2) 界定小窑采空和大面积采空标准：当保留煤柱宽大于采空坑洞宽度的 4 ~ 5 倍时，定为小窑采空；当保留煤柱宽度小于采空宽度的 4 ~ 5 倍时，定为大面积采空。

(3) 对采空区的稳定性认识：小煤窑采空区由于采空坑洞宽度小，不考虑采空移动盆地，应根据工程性质和重要程度采用不同措施。大面积采空区必须考虑采空移动盆地，工程设置在影响范围外一定距离。

在“小窑采空”和“大面积采空”的界定中，还应注意“回采率”和“采空程度”两个不同的概念。“回采率”是指被开采矿体体积与开采范围内总矿体积之比；“采空程度”是指被开采矿层面积与开采范围总面积之比。现代开采的小矿，尽管规模小，但从机械化程度、通风设备、支撑条件都大于、好于解放前小窑的开采条件。这类小矿在巨厚层矿体开采中，由于支撑条

件和开采设备落后，造成“回采率”低，但“采空程度”还是较高的，对工程的危害程度也大。因此，“采空程度”评价时应注意上述不同含义，不可将小矿随意划归“小窑采空”，应视其具体采空程度而定。

5.7.4 有设计、有计划开采的矿区和规划矿区，将矿区设计、实施资料移放在线路平面图上与该段区域地质资料综合分析后圈定移动盆地或保留煤柱。

小窑采空区，开采多为乱采乱挖，要确定其采空范围则必须经过实地调查、坑洞测量、结合该段区域地质资料，初步圈定采空范围。用钻探和物探查明坑洞含水和采空范围。根据区域地质资料和钻探资料获取采空层位的埋深和顶板地层物理力学性质。

时间久远的古窑采空区，由于时间久远知情人少，坑洞坍塌又不能实地测量，采空范围及采空程度确定十分困难。为达勘察目的，可采用广泛访问、了解地区开采历史、开采方式、开采能力、开采设备、年开采量、开采时段，分析区域地质资料及水文地质情况，初步确定开采层位，圈定采空范围和采空程度。有条件时，应以物探为先导指导钻探验证采空范围。

5.7.5 查明人为坑洞发育地段的地层层序和人为坑洞的开采层位十分重要。只有查明其发育层位，才能有针对性地开展勘探工作，确定勘探方法和勘探深度，也才能有针对性提出工程措施建议，确定处理的方法和深度，或基础埋置深度等。

人为坑洞中的小煤窑、古窑以及居民分布密集地区的人防工程、窑洞、古墓、菜窖等，在勘察期间往往不易查清，除采取必要的勘探手段外，还应十分重视调查、访问的作用。

人为坑洞稳定性评价，应根据采空程度和坑洞顶板地层的物理力学性质进行。大面积采空，根据开采矿体的范围、矿层的倾斜程度、上覆地层的物理力学性质确定移动盆地。根据工程性质确定线路通过位置。小窑采空区，根据采空上覆地层物理力学性质进行评价。

铁一院通过在陕西、山西煤系地层小窑采空区的铁路建设,根据前述的小煤窑开采情况和该地区煤层主要位于石炭、二叠系泥页岩夹砂岩地层的特点,提出了该地区小煤窑采空稳定性评价标准,即:当基岩顶板厚度 $<30\text{ m}$ 时,为可能塌陷区,要求所有工程均需处理;当基岩顶板厚度等于 $30\sim 60\text{ m}$ 时,为可能变形区,重点工程应处理;当基岩顶板厚度 $>60\text{ m}$ 时,为基本稳定区,一般工程不处理,重大工程结合其重要性单独考虑。其中顶板为第四系土层时,按 $3:1$ 换算为基岩(即 3 m 土层换算为 1 m 岩层)。依据上述标准,在阳涉、孝柳、侯月、神朔等线小煤窑采空区进行工程处理,经过施工、运营考验尚未发生工程地质问题。

5.8.2 预测水库坍岸是水库地区工程地质勘察的一项重要工作,它直接影响线路位置的确定。水库坍岸预测是一项复杂工作,目前我国虽积累了一定勘测经验,但对某些岸坡再造数据仍多凭经验,所以在具体工作中,应多搜集有关水库的资料,并参考经验数据,用类比法预测水库坍岸。

5.9.1 国家标准《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)直接采用地震动参数(地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期)划分,不再采用地震基本烈度。本规范相关条文按照《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)的规定,采用地震动参数进行修编。为便于过渡,现将 GB 18306 附录 D 中表 D1“地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照表”介绍如下:

说明表 5.9.1 地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照表

地震动峰值加速度分区 (g)	<0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	≥ 0.4
地震基本烈度	$< \text{VI}$	VI	VII	VII	VIII	VIII	$\geq \text{IX}$

我国是一个多地震的国家,为此,在地震动峰值加速度大于 $0.1g$ 的地区铁路建筑物必须按抗震要求进行设计。地震区的工

程地质勘察工作，除应符合一般地区的勘察要求外，尚需对场地进行分类及评价，预测和考虑未来地震对铁路工程的影响程度，并提出相应的工程措施建议。

鉴于我国发生地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.4g$ （原为七度、八度、九度）的地震区域比较广，并积累了一定的抗震经验，结合国民经济条件，《铁路工程抗震设计规范》设防范围规定将地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.4g$ （原为七度、八度、九度）地区按地震区开展工作，以提供抗震设计所需的工程地质资料。但是，这并不意味着地震动峰值加速度大于 $0.4g$ （原大于九度）的地震区就不能修建铁路。

1976 年唐山地震时，仍有一些铁路建筑物经受了地震动峰值加速度大于 $0.4g$ （原为十度、十一度）的考验。地震动峰值加速度大于 $0.4g$ （原大于九度）地震区的地震系数，抗震设计还缺乏实践经验，设计时需要哪些地质资料和参数无明确标准，为此对地震动峰值加速度大于 $0.4g$ （原大于九度）地震区的工程地质勘察需进行专门研究。此外，对抗震有特殊要求的、技术特别复杂的、修复特别困难的建筑物和新型结构，如锚杆挡土墙、拱桥、柔性桥墩、多线隧道和明洞、隧道喷锚衬砌等，也要根据设计时的特殊需要，研究确定工程地质勘察内容。

5.9.2 地震研究程度较差的地区是指人迹罕至的地区，如青藏高原、天山、昆仑山等地区，地震地质条件复杂的地区是指活动断裂发育区和地震动峰值加速度较高（ $\geq 0.4g$ ）的地区等。

5.9.3 “抗震有利地段”和“抗震不利地段”的划分，应根据场地的地形、地貌、地质条件和勘探测试资料，并结合建筑物的具体情况（如建筑物的位置、工程的规模、重要程度等）综合分析判定。

抗震有利地段一般指：地形开阔、平坦，山坡平缓；稳定的基岩出露区；第四系地层沉积均匀，等效剪切波速大于 250 m/s 的中硬土和坚硬土场地（如中密或密实的碎石类土，中密的砾

砂、粗砂，坚硬的黄土等)；地下水位埋深较大；地震动峰值加速度小于 $0.1g$ 的地区。

抗震不利地段一般指：地形陡峻的峡谷，自然边坡高陡的不稳定地段；地质构造复杂，活动断层发育地段（如深大断裂发育地段、发震断裂地段、多条断层交汇地段）；滑坡、崩塌、岩堆、泥石流、人为坑洞及岩溶发育的不良地质地段，河流岸坡不稳定地段；层状岩石的倾角较陡，或节理发育，有不利结构面发育的地段；第四系沉积物松散；在沉积细颗粒为主的地区，等效剪切波速小于、等于 250m/s 的地段；地下水位埋藏浅，饱和液化土层发育的地段（如饱和粉土、粉细砂发育地段，淤泥或淤泥质土发育地段，古河床或古沟床、水塘、暗浜等发育地段）；地震动峰值加速度大于等于 $0.1g$ 的地区。

5.9.4 活动断裂当前分歧较大的是活动断裂的时限，传统的观念已多不采用，多数认为是指第四纪以来（包括中更新世、全新世等）有过活动的断裂。地震区的线路，其震害主要反映在两个方面：一是由地震造成地面破坏而导致铁路工程建筑物破坏，如由于地震而引起的斜坡失稳，山坡变形，饱和砂土、粉土液化地基土失效等造成建筑物的破坏。这种震害属于间接的，但它的影响面大。二是由地震的振动直接造成工程建筑物的破坏，这种破坏虽然是直接的，但也受场地的工程地质条件影响。

地震区应以预防为主，线路应尽量选择在地震有利的地段，绕避不利地段，并采用对抗震有利的建筑物通过。国内地震区的各类工程都证明了这一点，如 1979 年云南通海和 1974 年昭通地震，有的公路选在抗震不利的地段通过，地震后产生严重的崩塌、滑坡，整治困难，只好改移线路。

我国的地震绝大多数是构造地震，其成因和地震影响范围都受地质构造的控制。地壳的不同部位受到挤压、拉伸、旋扭等力的作用，在薄弱部位产生断裂变动，这是产生地震的主要原因。因此我们一般是根据断层的活动性来推测地震发生的可能。一般

强烈的地震多发生在活动性强的大断裂带的拐弯、分叉、两端和几个断裂的交汇处。在发震断层及其邻近地区，不仅地震动峰值加速度有明显增高的趋势，而且还往往伴随有地表错动，对工程建筑物破坏极大。如 1970 年通海地震时，正位于发震断层上的小红坡一号、二号两座小桥遭到严重破坏，而相距不到 3 km 的曲红桥（三孔 12 m 石拱桥）因不在发震断层上而基本完好。在国外也有许多实例说明活动断裂带内不宜设桥梁、隧道等重大建筑物。如美国加利福尼亚州南太平洋铁路 3 ~ 6 号隧道，洞身穿过活动断裂带，1952 年克恩郡地震时，在地层断裂处，洞身错移。日本丹那隧道的超前排水隧洞，经过活动断层，1930 年地震时，由于断层错动，使隧洞洞身横向移开 2.18 m 之多，致使隧洞废弃。因此，应尽量绕避这些地段，或选择破碎带最窄地段通过，不宜与之平行。同时在此地段内不宜修建重大的或难于修复的建筑物如隧道、大桥和高桥等，最好以低路堤通过活动断裂带。

严重山坡变形是指山坡岩层破碎、风化严重、地下水及地表水丰富，并有崩塌、滑坡、错落等严重变形，在地震力作用下，往往引起这类山坡变形加剧，使铁路工程遭到严重破坏。松散山坡堆积层，是指近代的山坡堆积，一般较松散，受震后易产生沿基岩面滑动的大型堆积层滑坡，这类滑坡对铁路建筑物的破坏作用极大，震后不易抢修。易塌陷的地下坑洞指地下采空区、溶洞、暗河等，地震时易引起顶板破裂而塌陷，使铁路工程遭受严重破坏。悬崖深谷、高耸孤立的山丘，往往多出现在新构造运动比较剧烈的地区，沟谷下切严重，形成“V”形谷，两岩高陡，在地震时易产生崩塌、滑坡等现象。1974 年云南昭通地区地震后发生几处大型滑坡、崩塌，如老虎口大滑坡、手扒岩大滑坡等。

在上述不利地段，不宜修建抗震性能差的重大建筑物如高填、深挖、半挖半填路基工程，大、高桥等，应尽量选择抗震性

能强的建筑物通过，最好是绕避这些不利地段或选择影响程度较轻、范围较小的地段通过。

饱和砂土、粉土在地震时可能产生液化现象，而使其承载力大幅度降低，甚至完全消失，这是造成平原地区铁路工程建筑物破坏的主要原因之一，如通海、昭通、溧阳、海城及唐山地震，都有许多实例能说明这一点。1975 年海城地震，长大线位于山前丘陵区，虽然遭受地震动峰值加速度为 $0.2g \sim 0.4g$ （原为八、九度）地震影响，但震害轻微；而沟海线（沟帮子—海城）位于退海平原上，下部有可液化粉、细砂及粉土，虽只遭受地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.15g$ （原为七度）地震影响，但由于液化而使地基失效，造成桥墩台向河心滑移，使许多桥梁遭受到严重破坏。唐山地震时，京山线上有五座桥位于地震动峰值加速度大于 $0.4g$ （原为十、十一度）地震区，由于下部是较坚硬的黏土，震害并不严重，而永定新河和蓟运河桥，下部有可液化层，虽分别遭受地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.15g$ 和 $0.4g$ （原为七度和九度）地震影响，但都破坏严重。所以本规范规定应尽量选择在非液化地段或可液化层埋藏较深及最窄地段通过，并且不应将可液化层直接作建筑物的持力层。

5.9.5 地震区工程地质调绘包括：

（1）向有关的地震、地质部门搜集与地震有关的资料，调查及分析的内容主要包括铁路沿线地区的地震历史、区域地质构造、主要活动断裂带、温泉及热水的分布情况等，尤其近期活动断裂的性质、位置、产状、破碎带宽度和岩性及其与线路的关系，以摸清沿线地区的地震活动趋势及地质构造背景，对地震给铁路工程造成的可能影响有一个总体了解。

（2）通过调查测绘、勘探试验，查明线路各不同地段的场地条件，主要包括：各类不良地质（如滑坡、崩塌、塌陷等）的规模、性质及其在地震影响下复活的可能性，地层岩性和断层破碎带的分布范围、地形地貌、水文地质、可液化层和可

溶岩的分布状况等,估计地震后发生崩塌、滑坡、塌陷、地基失效等次生地质灾害的可能性及其对铁路工程的影响,划分对抗震有利和不利地段。

(3) 根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)提供的地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期分区,结合场地的工程地质条件,具体划分地震动峰值加速度及地震动反应谱特征周期的区段和线路里程。

(4) 本次修订增加了与有关单位和专业协商确定需进行地震安全性评价工点的内容。按国家颁布的《中华人民共和国防震减灾法》和《地震安全性评价管理条例》的要求,“重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程必须进行地震安全性评价”。为此,规定应与相关政府管理部门、建设单位协调,与相关的路基、桥涵、隧道、房建等相关专业协商,确定需要进行地震安全性评价的工程项目。

5.9.6 液化深度与砂的密实度、黏粒含量、地下水埋深、地表非液化土层覆盖厚度和地震动峰值加速度等均有密切关系。从1975年海城地震的几个实例来看,地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.15g$ (七度)的最大液化深度不超过15 m,地震动峰值加速度为 $0.2g \sim 0.3g$ (八度)的液化深度可达18 m,地震动峰值加速度大于 $0.4g$ (九度)地区未搜集到实测资料,暂按20 m考虑。

判定饱和砂土、粉土液化可能性的方法,是根据我国解放以来几次大地震时饱和砂土、粉土液化情况的分析,特别是1975年海城地震时砂土、粉土液化情况的分析,同时参考了国外资料,认为采用标准贯入试验方法进行判别较为合适。将静力触探试验结果用于砂土液化判别,是铁路部门在我国乃至世界最早进行的尝试。

《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)适用于一般工程,对于重点工程、有特殊要求的工程或位于复杂工程地质条件地区应进行专门研究,必要时应进行地震动反应谱特征周期测试。

5.9.7 根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)的要求,在地质资料编制中增加了地震动参数的内容。

5.10.1 放射性和有害气体因最近才列入规范,实际工作的经验尚嫌不足,在执行过程中应注意积累资料,不断完善。

放射性系指不稳定的原子核在自发衰变过程中,放出带有一定能量的粒子,或以电磁辐射的形式释放能量的现象。

原生放射性核素可分为长寿命独立放射性核素和铀系、钍系、锕铀系三个天然放射性衰变系列。放射性辐射的 α 、 β 、 γ 粒子,可造成人体细胞电离,导致各类癌症和白血病。

有害气体系指对人体或工程会造成危害的天然气体,如在煤系地层中会有的瓦斯气体、油气田中的天然气、部分人为坑洞、杂填土中常会有沼气、部分温泉露头的硫化氢等有害气体。有害气体尤其是煤层瓦斯对隧道的设计和施工安全影响最大。在瓦斯隧道勘察中除应查明地形、地貌、工程地质及水文地质条件外,还应着重收集、调查邻近地区煤矿和油气田地区的相关资料,如瓦斯含量、瓦斯赋存和突出、瓦斯等级、通风方式、历史记载等;查明隧道通过的地层层序、煤层的层数、产状,隧道通过的具体里程和长度;煤的主要物理性质和瓦斯含量、瓦斯压力、瓦斯放散初速度等。必要时应布置专门的勘探点,进行煤层瓦斯的取样。施工中对于揭露的煤层,应取样复测煤层的瓦斯含量和其他参数,并随时进行瓦斯的检测。

近年来,在人们认为不会产生有害气体的地层中也发生了可燃气体燃烧或爆炸的事件。如达成线炮台山隧道施工中发生的可燃性气体燃烧事故,就是因为埋藏于地下深处的天然气沿侏罗系地层中的裂隙上升造成的。因此,在勘察中应重视有害气体的勘察工作,并注意积累有害气体勘察的经验。

6.1.1 黄土是我国北方广泛分布的特殊土,主要分布在秦岭、伏牛山以北的华北、西北、东北广大地域。由于黄土形成及存在的气候条件和特殊性质形成了其特殊的地貌形态和不良地质现

象。因此，应结合工程特点、黄土特征及与工程有关的工程地质问题，有针对性地开展工程地质勘察工作，查明黄土特征、地区差异及环境条件，作出切合实际的场地评价。

6.1.5 黄土的特征致使黄土地区的地面切割严重，形成了千沟万壑的地形、地貌形态，铁路跨越这些沟壑是经常遇到的情况。黄土冲沟呈现的特点是沟深、坡陡，其深度可达几十米甚至上百米，很多坡度达 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。以往铁路跨越这些深陡的冲沟时多以路堤的形式通过，由于路堤的沉降过大，常造成较多的路基病害。因此，今后在这类地区修建铁路，以桥通过的比例将会很大；冲沟两侧如路堑挖方较大时，也可能以隧道通过，在这种情况下有两个问题应予以考虑。一是这些深陡的岸坡附近的不良地质现象（如浅层滑动、错落、陷穴、坡脚冲蚀等）对岸坡稳定性的影响；二是岸坡上设置的桥台和洞门的基础的稳定性。在设计中可能出现桥台深入到路堑或隧道中的情况。出现这种情况时，要根据线路通过处存在的不良地质现象，确定稳定的边坡线，对不稳定地段在选线时应考虑绕避。不能绕避时，在设计中应考虑进行处理和加固，对建筑物基础的设置位置和深度应进行专门的评价、检算和分析。

黄土陷穴在黄土地区是普遍存在的一种不良地质现象，自然情况下主要分布在黄土台塬的边缘地带、沟谷岸坡、沟床底部等地形陡峻处。在黄土台塬边缘，或地面横坡较大处，或跨越冲沟时，铁路路基修筑后上游侧形成积水等情况也可能形成新生的陷穴。黄土陷穴有的可达到很大的规模（如数立方米甚至数十立方米），通道很长。位于线路下面会造成重大隐患，曾发生过不只一次颠覆列车的重大事故。位于黄土台塬边缘或黄土边坡附近则可能造成边坡坍塌。黄土陷穴的另一个特征是，它是不断变化的，小的可以发展成大的；原来没有的，在条件具备时，可以产生出新的。同时它又比较隐蔽，有的口小，下面大；有的有进口，但出口很难找到；有时真正大的洞穴还在距发现的进口很远处。

对于黄土陷穴，勘察阶段必须在线路两侧一定范围内查明其分布、规模，并做出对线路危害程度的分析评价，提出处理措施意见。设计时要充分考虑线路构筑物修建以后，由于地表地形、构筑物的变化，可能形成新的陷穴的不利条件（如上游侧造成积水）。尤其是线路经过台塬边缘时，以及地面横坡比较大时，一定要注意新生黄土陷穴的形成可能和危害。

6.1.6 ~ 6.1.7 黄土地区的工程勘探取样深度和测试要求，历来是该特殊土的重点问题之一。本次规范修订采用了与现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004) 相协调的原则，还根据铁路工程特点补充修订了如下内容：

(1) 黄土地区勘探取样的地区要求，根据铁路建设在豫西三门峡和晋南侯月线遇到的自重湿陷土层深达 13 ~ 16 m 的情况，规定了该两地区一般建筑物自重湿陷性场地勘探取样深度至基础底面下不小于 15 m 的要求。

(2) 湿陷性试验压力修订情况：

① Q_4 、 Q_3 黄土地区基底下 10 m 以内湿陷性试验压力采用 200 kPa 的原因：根据黄土地区采用载荷试验、静力触探、土工试验等方法确定的 Q_4 、 Q_3 黄土的地基基本承载力多为 100 ~ 200 kPa，与原规定湿陷性试验压力 300 kPa 相差较大，用其测试结果评价场地显然不切合实际；在同一地点由于建筑物不同（如同一车站的房屋和桥涵）按以前规定用不同的测试压力，有时出现不同的判定结果，也不合理；由于标准不同，湿陷性试验压力不同，也不利于资料交流。

② 本次修订的第 6.1.7 条第 2 款与《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004) 第 4.3.3 条第 4 款一致。

(3) 规定高桥及其他高大建筑，必要时对其压力范围内的 Q_2 黄土也应进行湿陷性试验，是根据路内外一些工程在其压力影响范围内的 Q_2 黄土上部仍有湿陷性提出的。例如，侯西线汾河三级阶地暴露的 Q_2 黄土地层在 400 kPa 压力下湿陷系数达

0.0824; 蒲城电厂资料表明, 黄土湿陷性土层厚达 38 m, Q_2 黄土地层上部也具有湿陷性。

(4) 采取原状土推荐了挖探和原位静压取土方法。根据铁路工程地质勘察实践, 在取样竖向间距的规定方面, 较国家标准稍灵活了一些。

关于饱和黄土地震液化判定的问题, 在现行《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001) 第 4.3.3 条中规定了饱和砂土和饱和粉土初步判别不液化或不考虑液化影响的标准, 其中明确提出“不含黄土”, 理由是“关于黄土的液化可能性及其危害在我国的历史地震中虽不乏报导, 但缺乏较详细的评价资料, 在建国以后的多次地震中, 黄土液化现象很少见到, 对黄土的液化判别尚缺乏经验, 但值得重视……有待进一步研究”。《铁路工程抗震设计规范》中对黄土的液化判定标准也没有明确。为解决实际工作中的问题, 可参照上述两规范对饱和粉土或粉质黏土的判定标准进行黄土的液化判定。

6.1.8 本次修订对湿陷性黄土场地的评价标准进行了一些改动, 划分湿陷等级的“总湿陷量计算值”(在现场采取不同深度的不扰动土样, 通过室内浸水压缩试验在上覆土的饱和自重压力下测定、计算)的界限值由原来的 30 cm、60 cm 改为现在的 30 cm、70 cm, 以与现行《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025—2004) 第 4.4.7 条保持一致。

6.1.9 黄土地区地质资料的整理与其他特殊岩土类型不同。软土、膨胀土可单独作为一个工点进行地质调查、勘探、试验资料的归纳和整理, 而黄土一般是在路基、桥涵、隧道、站场、滑坡、错落、窑洞(人为坑洞)、地震区等工点资料中分别阐述黄土的地质特征, 为设计提供资料。

6.1.10 对于自重湿陷性黄土层中的桩基, 在浸水条件下土体产生湿陷, 将出现负摩擦力, 在桩基设计中应作为荷载予以考虑。负摩擦力值的大小, 在相关规范中给有经验值, 可供设计使用。

负摩擦力大小受两个因素影响：一个是负摩擦力发生的部位，即中性点位置；另一个是负摩擦值的大小。一般认为，室内试验确定的自重湿陷性黄土分布段便是产生负摩擦力的段落。但有时由于黄土敏感性偏低，现场实际发生的负摩擦力分布段有可能小于由室内试验确定的自重湿陷性段，这样将影响设计的合理性。为合理确定中性点位置及负摩擦力值的大小，应在现场进行桩的浸水试验。该试验规模较大，技术上的难度也较大，但技术比较成熟。

从黄土性质的变化规律看，由西北向东南，土的塑性指数趋大，天然含水率增高，湿陷性应有一定减弱。《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)对关中地区(Ⅲ区，从宝鸡到三门峡)的湿陷性黄土是这样描述的：“低阶地多属非自重湿陷性黄土，高阶地和黄土塬多属自重湿陷性黄土。湿陷性黄土层厚度：在渭北高原一般大于10 m；在渭河流域两岸多为4~10 m，秦岭北麓地带有的小于4 m。地基湿陷等级一般为Ⅱ~Ⅲ级，自重湿陷性黄土层一般埋藏较深，湿陷发生较迟缓”。但地处该区的郑西客运专线，最近的勘察资料表明，该区的自重湿陷性土层厚度远远超过规范的描述，一般为15~18 m，有的超过25 m。这样大的深度，自重压力很高，有的超过400 kPa，等于在高压下测定湿陷系数。而自重湿陷量的实测值与计算值的差异随地域差别很大。对其差异，规范用修正系数 β_0 表示，并对 β_0 取值作了规定：陇西地区为1.5，陇东—陕北—晋西地区为1.2，关中地区为0.9，其他地区为0.5。按规范的规定，郑西铁路客运专线自重湿陷性黄土问题较突出的三门峡西至华阴段 β_0 显然应该取0.9。但值得注意的是原《湿陷性黄土地区建筑规范》(GBJ 25—90)规定，关中地区的 β_0 本是0.7，2004年修订规范时才改为0.9。而修改所依据的五地的试验资料（见该规范第4.4.4条条文说明）均远离郑西客运专线。而该线所处的渭河高阶地又尚无黄土自重湿陷量的实测值与计算值的对比试验资料。为能

较客观地评定该段黄土的湿陷等级，准确判断湿陷性对线路工程的危害，结合客运专线如此重大的工程，进行一定的现场试验显然很有必要。

6.2.1 膨胀岩是指含大量亲水矿物，当含水率变化时，产生较大的体积变化的一类岩石。常见的膨胀岩有弱—中等胶结的黏土岩和硬石膏、无水芒硝、钙芒硝等岩石，以及含黄铁矿、白铁矿的岩石和断层泥等。泥岩的膨胀力与风化程度关系极大，一般全、强风化泥岩的膨胀力比中等风化的大1~4倍。根据近几年铁路工程建设和科研成果，《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)列出了膨胀岩的野外地质特征和室内试验判定指标。但膨胀岩无论从试验方法和判别标准都不成熟，希望在执行中积累资料，不断完善标准。

在对膨胀岩进行试验饱和吸水率试验、膨胀力试验和自由膨胀率试验时，往往碰到岩石遇水即崩解的问题，导致试验无法继续进行。对于自由膨胀率试验，在《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)及相关规范中规定了对易崩解的岩石可比照膨胀土的试验方法进行试验，也给出了相应的判别指标。对于易崩解岩石的膨胀力试验和饱和吸水率试验，没有可供选择的试验方法与判别标准。在当前的情况下，建议将膨胀岩粉碎成土后，按膨胀土进行阳离子交换量和蒙脱石含量的试验，并参照膨胀土的判定指标，间接判定膨胀岩的膨胀性。

膨胀土具有吸水显著膨胀软化，失水急剧收缩开裂的特性，对一般轻型建筑物有破坏作用，且不易修复。因此，在提供膨胀土承载力时，应慎重考虑气候的影响。实践证明，在膨胀土表层受气候作用影响的深度范围内（一般为1~3m），承载力的衰减状况明显且幅度较大，特别经过一次严重干旱以后再浸湿时，地基强度有较大的降低，这是膨胀土的一种特性。故采用浅基础时，其容许承载力应结合实际作适当调整，必要时尚应采取保湿或防水的特殊措施。

膨胀土地区地质病害较普遍，常见的有表土溜坍。施工期间对堑坡的及时加固、路堤填料的选用和处理，尤其是基床变形的防治，以及地基的必要处理等，都直接关系到工程的质量，因此，必须强调施工中应注意的问题。

6.2.3 大气影响深度是自然气候作用下，由降水、蒸发、地温等引起土的胀缩变形的有效深度。在我国，根据现有资料，大气影响深度一般为 3 ~ 5 m。大气影响急剧层的深度是大气影响特别显著的深度，一般为大气影响深度的 0.45 倍。确定大气影响深度，一般应收集降水量、蒸发量、气压、地温、雨季和旱季的持续时间等主要气象资料。

6.2.8 红黏土是热带、亚热带湿热气候条件下，碳酸盐系岩石经历了不同程度的红土化作用而形成的一种含较多黏粒、富含铁铝氧化物的红色黏性土。它具有较特殊的工程特性，虽然孔隙比较大、含水较多，但却常有偏低的压缩性和较高的强度，失水裂隙发育，是一种区域性特殊土。

部分红黏土的工程性质与一般黏性土相似，可不作为特殊土考虑，但大部分红黏土具有膨胀土的特性，应按膨胀土对待，故与膨胀土共列为一章。在该类地区开展工程地质勘察时，一方面应注意下伏基岩的岩溶问题，另一方面还应注意积累该类土的工程特性，以便全面认识它。

6.3.1 本次修订根据客运专线勘察和设计的实践提出了“松软土”的概念，其定义和判定指标是根据本次修订的调研项目《松软土的定义及判定标准的研究》提出的。

“松软土”与工程密切相关，因为时速 200 km 客货共线铁路和客运专线铁路对路基工程的工后沉降量要求的提高，作为基底的部分土体满足不了工后沉降标准，需要对其进行处理。松软土是指那些虽达不到软土的指标，但承载力较低，或沉降不能满足工程要求，一般工程须对其进行工程处理的土，如饱和黄土，含水量较大的粉土、黏性土等。松软土的判定指标可根据秦沈、京

沪、郑西、哈大、武广、沪宁、京津城际等线的勘察、设计实践，《京沪高速铁路工程地质勘察暂行规定》和《新建时速300~350公里客运专线铁路设计暂行规定》等的要求，各类铁路的速度目标值，及线路对工后沉降量的具体要求，经分析后参照说明表 6.3.1 执行，即达不到该表要求的地基土为“松软土”。

说明表 6.3.1 地基土的判定条件

岩 性	地 基 土 条 件
粉、细砂	$P_s \geq 5 \text{ MPa}$ 或 $N \geq 10$
粉 土	$P_s > 3 \text{ MPa}$ (不含粉土) 或 $[\sigma] \geq 0.15 \text{ MPa}$
粉质黏土、黏土	$P_s > 1.2 \text{ MPa}$ (不含软土) 或 $[\sigma] \geq 0.15 \text{ MPa}$
黄 土	$P_s > 3 \text{ MPa}$ 或 $[\sigma] \geq 0.18 \text{ MPa}$

注： P_s 为静力触探比贯入阻力； N 为标准贯入试验锤击数； $[\sigma]$ 为容许承载力。

6.3.4 在软土和松软土工程地质调绘中，还应注意对“软粉土”的调查。该类土在物理力学指标上不符合软土规定，但强度低、工程性差，处理不当会造成病害。因此，应认真对待，查明其分布、厚度及特殊工程性质，以便采取针对性工程措施。

6.3.5 软土、松软土地区的工程地质勘察主要是查明软土、松软土在平面和剖面上的分布和其物理力学性质，据以评价软土、松软土对铁路工程建筑物的影响。工程地质勘察中，最常用的原位测试方法是静力触探和十字板剪切试验，这两种测试方法和钻探、土工试验配合，能较好地查明软土、松软土地基的分层及其物理力学性质。在软土、松软土地区路基工点，常采用横断面勘探方法，即在测绘的基础上，选择控制路基稳定和变形的代表性地质横断面布置勘探和原位测试孔。在勘探测试横断面之间的线路上，也应布置适量的勘探测试孔。为满足设计精度的需要，规定了勘探测试横断面布置要求。重要工点

的钻孔中，应有一定数量的取样钻孔。根据工程设置的要求，必要时可考虑全孔取样。

6.4.2 盐渍土的定义为与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)一致，采用“土中易溶盐含量大于0.3%的土应定为盐渍土”的表述。第6.4.7条也作了相应的改动。

6.4.3 盐渍土地段毛细水上升可直接造成路堤填土吸水软化、次生盐渍化、冻胀和盐胀等病害的发生。为保障盐渍土地区路基安全，规定了路堤最小高度计算办法。其中测定毛细水强烈上升高度值是勘测阶段必须完成的任务。测定方法有：直接观测法、曝晒前后含水率曲线交会法和塑限与含水率曲线交会法（黏性土、粉土以塑限含水率，砂类土以最大分子含水率控制）。测定盐渍土毛细水强烈上升高度时，要求测试点的地下水埋深必须大于毛细水强烈上升高度值；采用曝晒后含水率曲线法时地下水深度大于毛细水强烈上升高度与蒸发强烈影响深度之和。具体测试方法如下：

(1) 试坑直接观测法：在开挖试坑1~2d后，直接观察坑壁干湿变化情况，变化明显处至地下水位距离，为毛细水强烈上升高度。

(2) 曝晒前后含水率曲线交会法：分别在开挖试坑的当时和曝晒1~2天后，沿坑壁分层（间距15~20m）取样，测定其含水率并绘含水率曲线，两曲线最上面的交点至地下水位距离为强烈毛细水上升高度。

(3) 塑限与含水率曲线交会法：在试坑壁每隔15~20cm，取样测定天然含水率，并根据土质成分，黏性土、粉土测定塑限、砂类土作筛分和测定最大分子吸水量，绘制天然含水率分布曲线和塑限含水率或最大分子吸水量竖线，竖直线段与含水率曲线最上面的交点至地下水位距离为毛细水强烈上升高度。

6.4.4 盐渍土地区的填料来源往往很困难，判定土的可用性与当地的气象条件有密切关系，为此在地质调绘时，应注意收集相

关的气象资料。

6.4.5 盐渍土的取样深度一般规定为 1 m，是考虑盐渍土场地（地区）的含盐量一般集中在地表 1 m 范围内。但往往会遇到地下水位较高（小于 1 m）的情况，或遇到地下水位较低（大于 1 m），且 1 m 以下至地下水位的土层中仍有较高的含盐量的情况。为此，本次修订增加了以上两种情况取样的规定。

6.4.6 本次修订增加了对盐渍土地区土的腐蚀性进行测试和评价的要求。试验项目除了应结合工程设置按本规范附录 E 对盐渍土进行试验外，对于大面积的房屋建筑，应采用《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）的规定对土进行 pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 等项目的试验；铁路沿线应按现行《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》（铁建设〔2005〕157 号）的规定取环境土进行 SO_4^{2-} 的试验。

6.4.7 盐渍土的工程性质因所含易溶盐性质不同而异，对铁路工程的影响和危害也不同。

氯盐渍土具有较强的吸湿性和保湿性，若路堤填土中氯盐含量不能为土中水分溶解时，过饱和的盐分便结晶析出，赋存于土颗粒之间协同土颗粒起骨架作用；湿季随土中含水率增加，盐晶溶解，土的孔隙度增加、密度降低。当土中氯盐含量大于 8% 时，干湿季节变化盐分结晶和溶解才明显影响路堤的稳定，因此将氯盐含量大于 8%，作为一般地区填料和基底的界限值。

硫酸盐渍土最突出的工程特性是膨胀，又称胀盐。硫酸盐渍土中所含易溶盐的主要成分是硫酸钠，俗称芒硝，其溶解度在温度 32.4℃ 时为最大，也是失去结晶水的临界温度，低于此温度时过饱和或粉末状的硫酸钠都吸收 10 个水分子变成晶体芒硝（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ），体积增大，相当于无水硫酸钠的 3.1 倍；高于这个温度时结晶的硫酸钠又失去结晶水变成无水芒硝，体积相对缩小。随着温度的升降，硫酸钠时而吸水体积膨胀，时而脱水

体积缩小，如此反复致使土体结构破坏，强度降低。根据多年的科研成果及现场调查发现，当基底及填料中硫酸钠含量较小时其吸水失水过程对土层及路基影响也较小，当硫酸钠含量超过2%时，其膨胀量才能对路基产生明显危害。因此将硫酸钠含量2%作为填料和基底的界限值。

碱性盐渍土以含碳酸钠、碳酸氢钠为主，其他易溶盐极少，碳酸盐水溶液呈强碱性反应，含有大量吸附性阳离子（钠离子），有较强的亲水性。在碱性盐渍土遇水后，钠离子与土中黏粒、胶粒相互作用，在其周围形成稳固的结合水薄膜，颗粒间的黏聚力降低，因而相互分散，引起土体膨胀，呈现出过高的塑性持水性、压缩性和崩解性。

路基工程对各类盐渍土含盐量的要求如说明表 6.4.7。

说明表 6.4.7 路基工程对土层容许含盐量的要求

盐渍土类型	路基基底和填料容许含盐量 \overline{DT} (%)
氯盐渍土	$5 \leq \overline{DT} < 8$ （一般为5%，如加大夯实密度，可提高其含盐量，但不得大于8%*）
亚氯盐渍土	$\overline{DT} \leq 5$ （其中硫酸钠的含量不得大于2%）
亚硫酸盐渍土	$\overline{DT} \leq 5$ （其中硫酸钠的含量不得大于2%）
硫酸盐渍土	$\overline{DT} \leq 2.5$ （其中硫酸钠的含量不得大于2%）
碱性盐渍土	$\overline{DT} \leq 2$ （其中易溶的碳酸盐含量不得大于0.5%）

注：*干燥度大于50、年降水量少于60mm、年平均相对湿度小于40%的内陆盆地，路基填料和基底土在不受地表水浸泡时可不受氯盐含量的限制。

在对盐渍土根据含盐性质进行分类时，可能出现既符合碱性盐渍土的标准又符合其他盐渍土标准的情况，考虑碱性盐渍土对工程的危害远远大于其他类型的盐渍土，当遇此情况时，应定名为“碱性盐渍土”，再不考虑其他盐渍土的定名；盐渍化程度也仅根据碱性盐渍土的平均含盐量进行分类。

干燥度为该地蒸发力（即最大可能蒸发量）与该地年降水

量的比值。

6.5

岩盐是西北内陆咸水湖盆由于气候干旱湖水浓缩、析盐而形成的一种特殊地层。青藏铁路西格（西宁—格尔木）段通过察尔汉盐湖，岩盐最厚达 30 余米，表面为干涸坚硬的盐壳，下部为盐晶相互镶嵌或巨粒（30 ~ 40 mm）集合呈块状，晶体间为饱和卤水充填（地下水位 0.4 ~ 0.7 m）。容许承载力值可达 150 ~ 1 600 kPa，作为一般建筑物的地基强度是足够的；20 世纪 70 年代建成通车的青藏铁路西格段，30 余公里通过察尔汉盐湖，未发生地基强度问题。因此，在特定气候和环境条件下，在盐湖岩盐地区修筑铁路是可行的。

盐湖岩盐地区修建铁路应分析研究盐湖是处于继续浓缩发展过程，还是处于积水退化的过程，要从宏观上（如湖盆受构造作用的升降、水文地质条件的变化、气候的转变等）给予评价。

盐湖岩盐地区修筑铁路由于低矿化度水和淡水渗入、溶解。潜蚀盐晶导致盐溶（如形成溶孔、溶洞等），使岩盐的强度降低。溶洞顶部盐壳厚度减小，引起盐壳塌陷，威胁路基安全。因此，在西北及类似干旱气候条件下的内陆湖盆的岩盐地区进行工程地质勘察时，应重点查明和注意的问题有：

- （1）盐岩的类型、结构、厚度。
- （2）既有盐溶溶洞的分布范围，溶洞的大小、形状、层数及其在平面和剖面上的相互关系。
- （3）促进和形成盐溶低矿化度水（或淡水）的补给条件。
- （4）地表自然淡水及矿区淡水的排泄和汇集条件。
- （5）对探测盐湖底部水文地质条件的钻孔测试结束后，注意封孔质量。

6.6.2 在多年冻土区工程地质勘察中，为了从宏观上评价线路通过地区的工程地质条件，一般需进行工程地质分区。工程地质

分区应根据勘察阶段的不同要求,由粗到细地逐步进行,以综合提出线路方案或场地冻土工程地质条件的评价意见,多年冻土地基的利用原则及应采取的工程措施建议。作为第一级多年冻土的分区,应根据多年冻土的分布划分出片状多年冻土区和岛状多年冻土区。第一级分区应反映多年冻土的分布范围、岩性特征、厚度、海拔高程、纬度、气象特征、地形地貌特征、地层岩性和地质构造特征、主要不良地质现象等。第二级多年冻土的分区应根据年平均地温(T_{cp})进行划分。 $T_{cp} \geq -0.5^{\circ}\text{C}$ 时为高温极不稳定区; $-1.0^{\circ}\text{C} \leq T_{cp} < -0.5^{\circ}\text{C}$ 时为高温不稳定区; $-2.0^{\circ}\text{C} \leq T_{cp} < -1.0^{\circ}\text{C}$ 时为低温基本稳定区; $T_{cp} < -2.0^{\circ}\text{C}$ 时为低温稳定区。第二级年平均地温分区除应反映第一级分区内容外,还应反映不同地温多年冻土的分布范围、厚度,融区的类型、分布范围及特征,多年冻土层与活动层的衔接关系,年平均气温及降水量等。第三级多年冻土的分区应根据多年冻土的含冰特征、地基土的物理力学性质划分为少冰冻土地段、多冰冻土地段、富冰冻土地段、饱冰冻土地段和含土冰层地段,主要应反映不同类型多年冻土的分布范围、冻土厚度、冻土的融沉性及年平均地温、季节融化深度、融区的季节冻结深度、活动层土的冻胀性、植被及雪盖特点、多年冻土的物理力学特征和热物理特征、多年冻土的水文及水文地质条件、不良冻土现象的类型及分布等。

6.6.3 多年冻土有其特殊的物理力学性质,该类地区分布有各种特有的物理地质现象。铁路工程地质选线应在了解冻土分布特点、工程性质的基础上,对其特有的各种物理地质现象和冻土本身特殊的物理力学性质间的关系特别加以注意,使选择的线路尽量绕避和缩短通过不良冻土现象分布地段。本规范中的选线要点均是在总结东北大小兴安岭及青藏高原多年来铁路勘测经验的基础上形成的。特别是东北大兴安岭牙林和嫩林铁路,从勘测设计、施工、运营至今的实践检验,提供了大量、宝贵的经验与教训。尽量避免或减少挖方、低填浅挖及零断面地段长度,是因为这些地

段的路基容易产生冻胀及融沉病害，而且一般均比其他地段病害严重，不容易彻底根治，所以在多年冻土地区选线中应当多填少挖，尽量避免或减少挖方、低填浅挖及零断面地段的长度。

6.6.4 地温特征值是冻土的年平均地温、地温年变化深度、活动层底面以下的年平均地温、年最高地温和年最低地温的总称。现规范较原规范地温变化的要求内容更具体，并能代表冻土地区的特点。

冻土总含水率包括冻土的含冰和未冻水的总量，需要取冻土样做实验确定，是多年冻土分类和确定其工程性质的主要依据。

强调应分别在寒季和暖季对多年冻土区的各种不良冻土现象进行调查，是为了更准确地掌握冻胀和融沉引起的物理地质现象。如对冰椎、冻胀丘等的调查宜在冬、春季进行，对多年冻土上限、热融湖塘、热融滑塌等的调查宜在夏、秋季进行。

查明冻土地区隧道地下水情况是从大兴安岭已通车隧道病害教训中得出的。冻土地区隧道病害以地下水造成的病害最为严重，可造成衬砌开裂、掉落、洞顶挂冰、轨面积冰等病害。一般需要修建泄水洞、深埋水沟等排水设施予以处理。如牙林线岭顶隧道开始未注意对地下水的处理，致使衬砌大量开裂，洞内积冰挂冰，无法通车，在弄清地下水情况后，修建了泄水洞，消除了病害。嫩林线西罗厅2号隧道泄水洞设计施工存在问题，通车不久即造成衬砌大片开裂掉落，冬季洞内大量积冰，至今尚在整治处理中。呼中支线翠岭2号隧道，由于泄水洞处在多年冻土中，地下水在泄水洞中逐渐冻结，最后堵塞泄水洞，地下水从路基面上冒出，最终不得不采用鼓风机送入暖风，融化积冰的办法。相反，没有地下水的隧道一般都没有病害。所以隧道工程在勘察期间应着重调查弄清地下水情况，以便考虑隧道位置选择或采取相应的防排水措施。

多年冻土区环境条件脆弱，环境被破坏后很不容易恢复，因此提出从环境工程地质角度分析取土、弃土、施工便道、临时房

屋等位置选择的要求。在勘测时期就注意分析该类问题，可以避免由于取土、弃土、施工便道、临时房屋位置不当造成环境地质条件恶化的问题。

冻土变化包括由于气温变化引起的冻土分布变化和由于工程设置环境条件变化而引起的冻土变化，这些都是冻土地区工程地质勘察应考虑的重点问题。结合地区和工程特点分析预报冻土变化，对工程设计和使用都是有益的。冻土地区生活环境恶劣，多缺少气象台站，地区气象资料缺乏或较少，常不能满足冻土地区工程需要。要取得气温变化、地温特征值、冻土含水率变化等数据，不是仅在勘测时间就能解决的问题，必要时应适当超前设站观测，为铁路选线和工程设计积累资料。

6.6.5 设计原则采取保持冻结状态时，勘探深度应至设计人为上限以下适当深度，其深度根据工程基础类型考虑。人为上限值可根据建筑物及其基础形式通过热力计算决定。但因其是受多种因素影响而产生的综合结果，如气温、水温、地温、海拔高度、纬度、地貌、朝向、植被、土的颗粒组成、地表水潜流程度和施工条件等影响因素，目前采用的热传导计算方法均不适用于桥涵地基多维传热的情况，同时有关参数误差较大，因此目前还缺乏理论解法，亦无成熟的经验公式和可靠资料。勘测时可结合本地区冻土的稳定情况，深入调查已成桥涵建筑物人为上限的变化规律及其与天然上限的关系，作为确定该地区桥涵地基冻土上限的依据。

《青藏铁路多年冻土区工程勘察暂行规定（试行）》中对勘探深度有如下规定：路基工程中，路堤一般不小于8~10 m，且不得小于2倍的多年冻土上限深度；路堑一般应至路基面以下相当于2倍的多年冻土上限深度。桥涵工程中，一般应不小于20 m，当遇有富冰冻土、饱冰冻土或含土冰层时，还应酌情加深或穿透；小桥涵不得浅于12 m，且应大于2倍多年冻土的天然上限。隧道工程中，当地层为基岩时，应至路肩以下4~5 m；当

地层为第四系地层时，应至路肩以下 8 m，且不浅于相当 2 倍多年冻土上限的深度。房屋建筑工程中，一般的勘探深度为 10 ~ 25 m，加深钻孔的深度一般为 15 ~ 35 m。

6.6.6 多年冻土的年平均地温指地表以下一年内地温相对恒定深度处的温度，与纬度、海拔高度、地表覆盖条件、地层岩性、含冰量、地热条件等都有密切关系。根据青藏高原多年冻土大量科研及实测资料分析，地温相对恒定的深度一般为地表以下 15 ~ 20 m。多年冻土的稳定性与冻土的含冰量和年平均地温密切相关。当多年冻土年平均地温接近零度时，在一定的环境条件下，多年冻土的稳定性只取决于冻土中的含冰量；当多年冻土年平均地温较低时，地温对减少融化速率的作用则明显增大。多年冻土的年平均地温决定土的热交换动态、冻结过程的特点以及影响着冻土的物理力学性质和热学性质。

多年冻土年平均地温 (T_{ep}) 分区的标准是根据青藏公路、青藏铁路及其他多年冻土区的经验确定的。当 $T_{ep} \geq -0.5$ 时，为高温极不稳定区，地基中存在的冰包裹体具有极大的塑性，它的热状态极不稳定，在气候变暖及人类工程活动的影响下，冰包裹体极易融化，具有极低的冻土强度；当 $-1.0 \leq T_{ep} < -0.5$ 时，为高温不稳定区，地基中含有较多的未冻水，在一年或多年的地温动态影响下，冻土中的未冻水分会发生强烈的相变和迁移；当 $-2.0 \leq T_{ep} < -1.0$ 时，为低温基本稳定区，地基的热状态较为稳定，其工程性质介于稳定区与不稳定区之间；当 $T_{ep} < -2.0$ 时，为低温稳定区，地基的热状态最为稳定，水分迁移过程极弱，冰包裹体具有明显脆性，冻土的强度很高。

青藏高原以外的其他地区在进行多年冻土年平均地温分区时，可根据当地纬度、海拔高程、地层岩性、含冰量、地表覆盖情况等，参照表 6.6.6 进行。

6.6.7 在已使用多年的《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2001) 的基础上，对“表 6.6.7 多年冻土融沉性分级”，根据现

行国家标准《冻土工程地质勘察规范》(GB 50324—2001)进行了修订,并与该标准一致。

6.7.2 杂填土是指填土成分复杂,含有大量生活垃圾、建筑垃圾的填土,或由矿渣及其他工业废料、尾矿等组成的填土;素填土是指由碎石类土、砂类土、粉土和黏性土等一种或几种土质组成,不含其他杂物或含杂物很少的填土;冲(吹)填土是指由水力冲填泥砂组成的填土;填筑土是指按一定标准,控制成分、密度、含水量,经分层压实或夯实的填土。

6.7.3 填土地区线路和建筑物位置选择的基本原则是:在保证既有建筑物和新建路基(建筑物)稳定的前提下,选择在填土土质均一、密实度和稳定性较好或虽然稍差但经采取措施后也能保证稳定的地段。当地基承载力等于或大于 $80 \sim 150 \text{ kPa}$ 时,可满足一般路基和一般工业与民用建筑物对地基应力的要求。对有机质含量较高的生活垃圾和对基础有侵蚀性的工业废料等杂填土,未经处理不宜作为工程的天然地基。

在既有矿山尾矿坝堆积场、弃土场附近或在既有铁路附近修建不等高铁路路基或建筑物时,对上述地段的填土基底斜坡的稳定性要进行工程地质评价。

6.7.4 对填土地段进行工程地质调查测绘的目的在于查明填土类型、厚度并评价其作为工程的天然地基的适宜性,据以提出工程措施建议。

弃土成分和弃土方式决定填土类型。填土的工程性质、厚度、水文地质情况及基底斜坡影响建筑物的稳定性。弃土年限及弃土成分对填土密实程度有密切的影响,粗颗粒土在自重压力作用下压密时间较细粒土所需时间短。一般认为,黏性土 10 年以上,粉土、砂类土 5 年以上,其沉降就已趋于稳定。

在城市附近,需十分重视生活垃圾填埋场的调查。已经封闭的垃圾填埋场地往往上面覆盖了一定厚度的土层,甚至种上庄稼,不易被发现,勘察中应重视调查访问和通过加强勘探查明该

问题。矿渣或工业废料堆积场地，成分为粗颗粒土的素填土一般回填不密实，其中有很大的孔隙，且不易查清，对铁路工程危害很大，勘察中应十分重视这一问题。

暗埋的塘、浜、沟、坑中土质较软时是造成建筑物不均匀沉降的主要原因之一，同时这些储水体的水质都有不同程度的污染，对地下混凝土砌体有无侵蚀性，要取环境水、土进行分析判定。

地基承载力主要取决于填土类型及密实程度，填土形成年限愈长，承载力愈高。目前国内各地所积累的经验多是工业与民用建筑方面的，铁路部门在这方面尚无成熟经验，对测试及评价也无明确规定，因此搜集填土地区有关单位的研究、试验、处理方法和建筑经验，对我们评价勘测区域内的填土是有一定帮助的。

6.7.5 通过工程勘探、地质测试手段了解填土组成成分、厚度、物理力学性质，以便对填土工程地质条件进行评价和为地基处理提供数据。

为适应我国重载和高速铁路发展的需要，铁路勘探、测试工作应从多方面、多手段剖析填土工程性质。布置勘探、测试点的目的：其一是查明填土的厚度和基底起伏情况；其二是满足设置工程强度要求。对于一般路基基底和建筑物地基应满足承载能力和沉降检算要求，其勘探深度可按土的压缩层厚度考虑。

在填土底部，如发现有软土或松软土，基底工程地质条件发生变化时，应按本规范软土、松软土地区工程地质勘察要求办理。如填土底部为黄土，则应按本规范第6.1节的勘察要求进行工作，查明其湿陷性特征。

勘探断面间距和每个勘探断面勘探孔数、孔深，是根据工程类别、建筑物重要程度、类型、位置、岩土（场地）工程勘察等级、填土种类，参考相关规范等综合确定的。

由于填土种类、类型不同，适用其测试的手段和方法也不完全相同，所以应根据填土的种类类型，采用不同的测试方法。比

如有的可以取原样进行室内试验分析，有的取不了原样则需在现场进行原位测试（如在现场进行动探测试、地基系数（ K_{30} ）试验）等。又由于填土往往成分复杂、土质松软、密实程度多具不均匀性，而地基承载力又与填土的种类类型、成分和密实程度有着密切的关系，所以规定对填土必须进行勘探测试。鉴于目前对填土承载力的确定尚无完整的系统的成熟的方法，所以采用对大量测试试验数据进行统计分析方法，采用工程地质条件对比法综合研究确定。对重要建筑物，应根据地质条件进行现场载荷试验。

填土主要试验项目有颗粒级配、液限、塑限、天然含水率、密度（对于杂填土应在现场用大容积法测定）、压缩性、湿陷性。对冲吹填土的固结度，对有膨胀性的填土要按膨胀土要求测定各项膨胀性指标。

7.1.1 根据铁道部《铁路建设项目预可行性研究、可行性研究和设计文件编制办法》的要求，新建铁路设计程序按预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图四阶段开展工作。从深度和广度上看，它较改革前加强了设计前期工作，增加了预可行性研究，加深了可行性研究工作精度，将原初测和初步设计的大部分工作，特别是线路、地质工作提前到该阶段进行，使建设项目的技术经济论证评价基础扎实，线路方案比选依据可靠，工程数量和投资估算比较准确，为项目决策提供客观、科学依据，避免和减少决策失误，提高建设项目投资的综合效益，为后期设计打下较为扎实的基础。

铁道部《铁路建设项目预可行性研究、可行性研究和设计文件编制办法》要求在新建铁路与改建铁路的可行性研究阶段、初步设计阶段都要编制地质篇，说明在铁路建设中越来越重视地质工作。

工程地质勘察工作按四个设计阶段相对应的踏勘、初测、定测、补充定测开展工作。勘测阶段仍沿用原名称，但工作中应注意每个勘测阶段的实际要求内容，注意由于设计阶段的变动引起

的勘察要求也有所不同。

7.2.3 本次修订增加了在踏勘阶段应提出进行工程地质专题研究课题的内容。一般遇到下列情况需进行工程地质专题研究：

①由于建设标准的提高，原规范条文不能满足勘察、设计的需要；②遇到新的工程地质问题，没有成熟的工程处理措施或建设经验；③线路经过地区有较长地段工程地质条件复杂，且研究程度较差等。对一些相关学科的研究内容，可委托具有相应资质的单位进行，如地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 的地区、活断层、地裂缝、地震地质、瓦斯等有害气体发育地区、岩溶特别发育的地区、放射性地区及雪害的评价和研究等。

7.3.1 线路方案比选是新建、改建铁路勘测中一项重要的工作，如果工程地质勘察工作的深度和广度不够，线路方案比选难免失误，会给下一阶段工作造成被动或给铁路运营留下无穷后患，复杂地区更是如此。根据近十几年来新建、改建铁路在地质复杂山区开展加深地质工作的经验，本次修订增加了加深地质工作的要求。

7.3.3 加深地质工作，是在地质条件特别复杂，涉及长大隧道、特大桥等重大工程项目选址，影响线路方案因素众多，需要进行较大范围方案比选，而在初测前安排的工作。该工作是以工程地质工作为重点，但鉴于选线工作的综合性，不能简单地看作单纯的地质工作，应视为初测前重大方案研究比选中必不可少的工作环节。因此应由项目总体牵头，线路、路基、桥梁、隧道等有关专业密切配合，搜集较大面积的地质调绘资料或加深的地质勘察资料，深入进行多方案线路研究，提出线路方案技术经济综合比选论证意见。

7.3.4 工程地质选线的实质是从工程地质条件的角度选择线路方案，绕避那些严重的和难于处理的不良地质、特殊岩土、地质条件复杂的地段，以免给铁路运营留下后患；对不能绕避的不良地质、特殊岩土、地质复杂地段或工点，应提出切实可行的工程

措施。

7.4.3 “地质复杂”除指不良地质、特殊岩土发育外，一般还针对地层、岩性、地质构造、水文地质条件复杂而言。如地层紊乱、层序层次不易判明；岩性混杂、风化严重，软、硬、松、密物质规律性差；堆积层与基岩接触面较陡；地质构造复杂、倾斜不利、断裂交错、挤压破碎严重、破碎带宽；地下水规律性差，流向、流速、流量不定，含水地层紊乱；还包括新构造运动发育地区（如青藏高原地区）、风雪危害严重地区等。

“控制和影响线路方案”从场地条件是指严重不良地质、特殊岩土地段，以及场地和环境地质条件复杂、斜坡稳定性差、地基松软或存在严重影响地基安全等其他因素的地段；从工程角度是指越岭、跨越大河桥渡的地段，以及工程艰巨、技术复杂、处理困难、土石方工程集中、控制工期的重大路基、桥、隧工程设置地段或线路方案较多、易引起长距离线路方案变动的地段。为做好上述地段的选线工作，必须借助一定的设计才能说明方案的技术条件和经济合理性时，要求工程地质工作必须认真作细。

如有“专题研究项目”，应在本阶段开展工作。一般是广泛收集资料，结合现场地质条件开展专题研究，其成果经分析整理后，提出对勘察、工程设置、处理措施等方面的指导性意见，为勘察、设计提供理论和实践经验方面的依据。

7.4.8 “全线工程地质图”中的“主要方案工程地质纵断面示意图或综合柱状图”的意思，一方面根据各单位的制图习惯不同可各自选用；另一方面可根据地区特点选用上述两种表示方法中的一种。如在山区选用主要方案工程地质纵断面图，而在平原地区则可采用综合柱状图。

“沿线工程地质分段说明”是“详细工程地质图”的说明，是为不需要编制单独工点资料的地段提供工程地质资料，同时也是进行方案局部改动的依据资料。

7.4.10 本规范将可行性研究阶段编制地质篇的要求也列入条

文。地质篇是该阶段设计文件中的一部分。地质篇的内容依据初测工程地质勘察资料和可行性研究工程设计资料编制。编制地质篇是该阶段对区域地质条件和场地地质条件从感性认识到理性认识过程的一部分。将该篇编制要求列出使工程地质技术人员在勘察时就有目标,避免遗漏项目或内容。

地质篇的内容增加了环境地质条件评价的要求,这就要求在工程地质条件评价的同时,还应评价工程设置后与环境条件的相互作用及可能产生的工程地质问题。

7.5.7 初步设计文件增加了编制地质篇的要求。本篇是在定测资料和初步设计资料基础上编制而成。其内容重点是工程地质条件评价和施工中应注意的工程地质问题,为顺利施工和避免施工过程中出现地质问题提供的地质依据和保障。

8.2.1 在改建铁路工程地质勘察的工作内容中,本次修订增加了关于既有线提速工程应进行路基基床勘探与评价、既有隧道与桥涵工程地质病害调查的内容,这主要是考虑到这是当前一项经常遇到的工作。

根据现行《既有线提速 200 km/h 技术条件 (试行)》(铁科技函〔2006〕747 号)的规定,桥梁主要是关于梁部稳定性的评价,对于地质勘察的主要内容还是查明桥梁墩、台基础的地质条件及其稳定性;既有线涵洞在提速工程中的主要问题是涵洞顶至轨底的填方厚度不足。保持一定厚度涵顶填方的目的,第一是为了保证涵顶到路基线路刚度的平顺过渡,防止线路的支撑刚度在涵顶处出现突变,从而影响列车运行的平稳性和舒适性;第二是为了降低列车荷载对涵洞的冲击作用。为此,要求涵洞顶至轨底的填方厚度不小于 1.2 m,达不到要求的应结合路基工程进行加固处理。

既有线提速工程要求“既有隧道原则上应在整治病害的基础上保留使用”。既有隧道在经过多年运营后极易产生渗漏水、衬砌结构开裂变形、隧底翻浆冒泥等病害。为此,工程地质勘察

工作的内容主要是查明隧道因地质原因产生的病害，提出整治措施。

在既有线提速工程中，工程地质勘察工作主要针对路基工程。根据现行《既有线提速 200 km/h 技术条件（试行）》（铁科技函〔2006〕747 号）的规定，“路基提速改造工程应在详细查明既有路基状况、消除路基病害的基础上，重点加强路基基床，改善路桥、路涵过渡段及新老路基拨接处特性，做好路基排水和边坡防护工作。对路基不稳定地段还应进行地基加固”。为此，在工程地质勘察中应对路基基床（即包括基床表层与底层）进行勘探与评价，对路基边坡（包括路堤与路堑边坡）的稳定性进行评价，对设置过渡段的地方进行勘探和评价等。

关于路基基床的勘察与评价：根据路基各部分工作的特点，应区分基床与基床以下路基，对基床还应区分基床表层和基床底层分别进行评价。根据路基动应力分析，基床范围仍取道床以下（或设计标准道床底面以下）2.5 m 深度，基床表层厚度 0.6 m、基床底层厚度 1.9 m。对既有路基基床的要求可参照说明表 8.2.1 进行评价。

说明表 8.2.1 对既有路基基床的要求

层位	填 料	粉土、黏性土	除粉砂外的砂类土	碎石类土	基床结构要求
	压实指标				
表 层	压实系数 K	≥ 0.91	—	—	表层为 A 组填料，或表层虽由 A、B、C ($I_p \leq 12$, $w_L \leq 32$) 组填料组成，但其顶部为碎石和厚度不小于 0.2 m、孔隙度小于 18% 的级配碎石或级配砂砾石
	相对密度 D_r	—	≥ 0.75	≥ 0.75	
	基本承载力 σ_0	$\geq 0.18 \text{ MPa}$			
底 层	压实系数 K	≥ 0.89	—	—	
	相对密度 D_r	—	≥ 0.70	≥ 0.70	
	基本承载力 σ_0	$\geq 0.15 \text{ MPa}$			

既有路堤基床以下部分的压实标准应不小于压实系数 0.89 或相对密度 0.7。

对于路基基床宜采用收集既有病害资料、物探、钻探或试坑取样、动探、标准贯入静力触探、深层核子密度仪、螺旋板荷载试验仪等手段相结合的方法进行勘探和评价。

关于路基边坡的稳定性,按照《既有线提速 200 km/h 技术条件(试行)》(铁科技函〔2006〕747 号)的规定,“路堤边坡和易风化的软质岩、强风化或构造破碎的硬质岩以及土质路堑(含碎石土、卵石土等地层)的边坡坡面(含边坡平台、侧沟平台)均应进行防护或加固”。为此,在工程地质勘察中应确定边坡的地层岩性,评价其稳定性,并提出工程措施意见。

过渡段对行车的平稳性和舒适度有较大影响,对线路的技术条件和车辆性能造成破坏。《既有线提速 200 km/h 技术条件(试行)》(铁科技函〔2006〕747 号)规定,“既有路、桥过渡段和涵洞顶至轨底高度小于 1.2 m 的路涵过渡段应作加固处理”。既有线有许多未经专门设计和特殊填筑施工的过渡段,因此在提速改造工程中应重视过渡段的勘探。过渡段的长度应根据相关规范确定,一般路涵过渡段长度不小于 15 m,路桥过渡段长度不小于 20 m。

8.2.3 既有铁路平面的改善和增建第二线左右侧的选择,原则是使既有地质病害不因改建或增建第二线而恶化。所列第二线左右侧选择的九项要点是根据多年来京广、浙赣、沪宁、陇海等线增建第二线的经验总结出来的。

增建隧道与既有线隧道间的最小净距需根据地质调查后确定的围岩分级、洞室的宽度、施工方法及既有线隧道的运营状况等,参照《铁路隧道设计规范》(TB 10003)确定,一般可参照说明表 8.2.3 确定。

说明表 8.2.3 两相邻单线隧道间的最小净距 (m)

围岩级别	I	II ~ III	IV	V	VI
净 距	$(1.5 \sim 2.0)B$	$(2.0 \sim 2.5)B$	$(2.5 \sim 3.0)B$	$(3.0 \sim 5.0)B$	$>5.0B$

注： B 为隧道开挖断面的宽度 (m)。

8.2.5 考虑到既有线已经过多年行车的考验，在增建第二线的设计中，采用与既有线相同的基础类型和埋置深度，一般是合理的。当采用新的基础类型时，应按要求进行勘探。

本次修订重点增加了应在设置各类过渡段的地段布置勘探点的要求。

8.3

改建铁路工程地质勘察平面、纵断面资料的填绘和整理一般按照“改哪段填哪段，改什么填什么”的原则进行，即一般填绘绕行（包括单绕和双绕）地段和改建地段的地质资料，文字资料也应重点说明绕行及改建地段的地质情况，利用既有线且没有改建工程的地段，地质资料可适当简化。

9.1.1 本次修订在本条和第 9.2.1 条都增加了施工监测、确保施工安全方面的内容。施工中应特别重视因地质原因引起的事故，如施工不当产生的工程滑坡，岩溶地区突然的地面塌陷或地表水的漏失，泥石流的突然暴发，桥梁基坑或隧道施工中发生的突然涌水、塌方，隧道开挖过程发生的岩爆、有害气体的燃烧或爆炸等。对上述威胁施工安全的地质条件，除在勘察期间应十分重视外，在施工的整个过程中都应对施工影响范围内地质条件的变化和地质灾害发生的可能性进行监测或预报，以确保施工进度和人身安全。根据施工图设计，还应对有特殊要求的建筑物进行地基沉降的观测。

9.1.2 施工阶段工程地质工作是对勘察地质工作的检验。尽管勘测阶段资料做得比较细致，但由于自然界复杂多变，工程地质

资料不可能完全如实地反映工程地质条件和准确地预见施工中可能出现的地质问题。特别是地质条件复杂及隐蔽的不良地质、特殊岩土地段更是如此。因此，在施工阶段开展工程地质工作十分必要。

9.2.1 为做好施工阶段工程地质工作，首先应熟悉和了解施工地段各类工程和不良地质、特殊岩土工点的分布情况、场地情况，参与施工组织或施工方案的编制工作，从工程地质角度提出施工中应注意事项及施工地质工作安排意见。

施工期间工程地质工作的重点应放在不良地质、特殊岩土、重点工程及地质复杂地段。工作中应注意开挖工程的地质条件变化及对建筑物稳定性的影响，注意塌方前兆、涌水量的变化。地质人员应多看多思考，及时发现情况，分析原因，处理可能发生的地质问题，从工程地质角度保障施工安全和进度。

铁路建设中经常遇到某些采用新技术或需要通过试验工程取得、修正设计参数的工程，当与地质因素有关时，应提供相关地质参数，并从地质角度分析工程措施的效果。

9.2.4 本条特别提出在长隧道或地质复杂隧道施工中应开展地质监测和超前地质预报工作。其手段多采用地面地质调查和勘探、洞内地质调查和编录、洞内勘探（包括物探、钻探）或其他地质测试方法等。预报和监测的内容主要为隧道开挖岩性和节理裂隙的变化情况、水文地质条件（涌水量、涌水段落、水质）的变化与预测、有害气体的发生及预防、地应力条件的变化、塌方的预测、隧道围岩分级的变化等，以便及时提出工程措施建议，预防突发性地质灾害，保证工程顺利进行。

10.1.1 运营期间铁路工程地质工作将直接影响运营质量，铁路运营部门应有进行铁路工程地质工作的组织机构、人员，并按有关规定、规范要求工作进行，对沿线既有地质病害进行定期观测，调查和积累资料，建立健全工点登记簿（病害履历），及时提出防治措施。运营期间铁路工程地质工作的主要任务是：

(1) 对沿线已有的地质病害工点和不良地质地段进行监测,做好病害工点的履历登记,为养护维修及改建、扩建积累资料。

(2) 对新产生的地质病害工点做到及时发现,及时调查和勘测工作,为病害整治设计提供必要的资料。

(3) 对地质资料进行分类或按工点整理归档,以备查用。

10.1.2 运营铁路工程地质工作的主要内容是随时清楚地掌握全线严重不良地质工点的变化情况,预报病害工点可能发展趋势,补充搜集必要的工程地质资料。为此,必须做好搜集和了解有关全线的工程地质资料和工作的工作。

新线临管运营和新线交验期间是熟悉和了解全线工程地质条件的最好场合和时机。在这种场合,既可以了解到勘测、施工过程中的主要工程地质问题,进行必要的现场勘察核对,也可以听取得到勘测、设计、施工以及全线严重不良工点的地质情况介绍和核收、查阅竣工工程地质资料等。因此,这是做好运营铁路工程地质工作的首要工作。

运营铁路工程地质工作内容,既不同于新线勘测设计期间及施工的工程地质工作,也不同于运营期间的单纯养护管理工作,它的重点就放在全线病害工点或病害地段,以及新线移交的、经整治后尚需进行一段时间观测的不良地质工点上,定期调查记录它们的状态。对那些尚不十分稳定或由于地形地貌、水文地质等条件的变化有不稳定趋势的工点或地段,应定期进行调查测绘和必要的勘探、试验、观测工作,并分析研究它们的稳定状况和发展趋势,对有恶化发展演变趋势的工点应及时发出预报,提出整治措施意见和防治工程设计所需的各项工程地质资料,建立健全和按时填写病害工点的登记簿。除此之外,遇有不良地质病害险情发生或不良地质病害有所发展,均应立即调查测绘其发生、发展、演变情况,布置必要的勘探试验工作,提出抢险措施及整治方案所需的工程地质资料。

10.1.3 对沉降敏感的重要的建筑物(如特大型站房、重要的

厂房、高耸建筑物), 或已发生变形、开裂、下沉的建筑物, 为保证其正常使用, 及时发现问题, 应开展地基沉降变形的监测。如对修建在软弱不均匀地基上或某些特殊土地基上的桥涵、路基和房屋等建筑物, 应进行沉降观测, 以便掌握地基土的变形特征、对建筑物的影响, 必要时应及时采取整治措施, 保证建筑物在安全、稳固状态下使用。沉降观测的观测网(点)、基线(点)的设置和观测方法等应按相关规范、规定执行。

10.1.5 运营阶段对分布在滑坡地段、人为坑洞密集区、矿区、水库坍岸区、危岩落石发育区、岩溶发育区的铁路工程进行变形监测是一项重要的工作, 如为掌握滑坡的活动性和发展规律, 为整治滑坡提供设计依据, 验证整治措施效果, 并为既有线改建、增建积累资料。因此, 在运营期间要对新产生的滑坡和虽经施工整治但仍不稳定的滑坡进行观测, 以便研究确定对其需采取整治和相应的整治措施; 对已基本根治的大型滑坡, 为验证整治效果, 亦应在原有观测网或新建观测网的基础上, 对滑坡体的变形发展和支挡建筑物的变形, 继续观测 2~3 年。如在 2~3 年内滑坡变形停止(或变形明显减少趋于停止), 且建筑物未发现变形, 即可认为滑坡已趋向稳定, 整治工程达到预期效果, 观测工作可以停止, 但仍宜结合春检和秋检进行一般调查工作。

滑坡变形观测包括位移方向、变形量和移动速率、高程升降, 观测方法一般分为简易观测和布网观测两种。具体采用哪种方法, 可根据滑坡的大小、移动速度与特征、对行车和建筑物安全使用影响程度、观测周期和地形形态等条件确定。滑坡变形明显、滑移速度较快、对行车和建筑物安全使用影响较大时, 宜采用布网观测; 虽然变形不甚明显、滑移速度较慢但允许观测周期很长时, 亦可采用布网观测, 否则可采用简易观测。

滑坡观测网(点)、基线(点)的设置和观测方法等应按铁

路工程地质有关规范、规定执行。

附录 A

岩土施工工程分级是铁路工程建设投资概算编制的主要依据之一。原《铁路工程地质技术规范》中的“土石工程分级”名称不够确切，本次修订更名为“岩土施工工程分级”。另外，十多年来铁路工程土石方施工无论在施工方法、施工技术，还是在施工机械方面均有了较大发展，为适应目前铁路建设投资概算编制的需要，专门立项进行了岩土施工工程分级的研究。

专题研究中，对各工程局、勘察设计院等 21 个单位进行了调研。铁一院还组织在兰新复线、包兰复线、侯月、广梅汕、神朔、宝中等线建设中配合施工人员进行座谈、讨论，从多方面了解到常用的施工方法、施工技术、施工机械情况及各类岩土施工难度及施工中岩土工程分级不合理部分。多数单位的意见认为：原岩土工程分级标准已使用多年，比较简便，野外便于操作，基本可满足设计、施工概算编制精度的需要，可不必作大的变动。因此本次修订遵循宜粗不宜细、使用方便、可操作性强的原则，岩土施工工程分级仍维持六级不变，仅对意见比较集中且又有修改依据的岩土，适当调整了施工工程分级，增加了按岩石强度进行分级的分界标准，对原表中的施工方法、施工机具作了修改或增补。岩土施工工程分级主要修订、变更情况如下：

(1) 软塑粉质黏土、潮湿及饱和粉土，由于施工中粉质黏土黏附机具，粉土开挖坡坎易溜坍，给施工带来一定困难，由原Ⅰ级变更为Ⅱ级；

(2) 稍、中密的碎石土、卵石土、粗角砾土、粗圆砾土，密实的细圆砾土、细角砾土直接采用挖掘机及普通装载机施工比较困难，必须部分松动后才能挖掘装载，故将原Ⅱ级修订为Ⅲ级；

(3) 含块石、漂石 30% ~ 50% 的土及密实的碎石土、卵石土、粗角砾土、粗圆砾土, 仅采用部分松动仍不能挖掘、装载, 必须部分采用撬棍、十字镐及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动, 部分借助液压冲击镐解碎或采用爆破法开挖, 故将原Ⅲ级变更为Ⅳ级;

(4) 对软土、多年冻土也作了一般情况的定级规定。

另外, 根据铁道部《关于发布〈铁路工程岩土分类标准〉和〈铁路工程地质勘察规范〉两项标准局部修订条文的通知》(铁建设〔2004〕148号)的规定, 为了与国际多数国家的土颗粒分类标准一致, 原规范中的碎石、卵石与角砾、圆砾的分界粒径由原来的 20 mm 改为 60 mm; 20 ~ 60 mm 的颗粒改名为“粗角砾”、“粗圆砾”, 2 ~ 20 mm 的颗粒由“角砾”、“圆砾”改称“细角砾”、“细圆砾”。为此, 表 A.0.1 中各栏相关部分均作了修改。本规范第 4.4.2 条中的表 4.4.2 和附录 C、附录 D、附录 E 等的相关部分也作了修改。

附录 B

物探、原位测试技术的推广应用为地质综合勘察提供了基础。只有了解他们的适用条件, 又熟悉各类工程设计所需地质参数, 才能根据地质环境条件选择适宜的方法。本次规范修订对在铁路工程勘察中使用的物探、原位测试方法进行了汇总, 旨在推广综合勘察技术广泛应用。原位测试是提高测试岩、土层力学指标精度的有效方法, 应大力推广, 可结合岩土条件和原位测试方法选用。物探方法是利用岩土物性参数探测深部地质体的方法, 由于每一物探方法主要研究地层的一、二个物理性质, 勘探一定深度范围, 因此宜结合场地条件开展综合物探。

附录 C

本附录只作为提供路堑挖方边坡坡率建议时的参考依据之

一。为确定挖方边坡坡率，还应十分重视既有自然山坡及人工边坡稳定性的调查、分析，从而提出符合实际的稳定边坡坡率的建议。对于黄土、膨胀土边坡坡率更应慎重对待，除应调查、分析既有边坡的稳定性以外，还应进行土的物理力学性质试验，以及气候因素、地下水等作用的分析和稳定性的检算等，综合以上因素提出稳定边坡坡率的建议。

C.0.2 关于膨胀土的边坡坡率，《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035—2002) 第 4.2.1 条和第 4.2.2 条规定如下：

(1) 膨胀土（岩）路堑边坡坡率应根据岩土的性质、软弱层和裂隙的组合关系、气候特点、水文地质条件，以及自然山坡、人工边坡的稳定坡度综合确定。

(2) 边坡设计应遵循“缓坡率、宽平台、加固坡脚和适宜的坡面防护相结合的原则”。边坡坡率及平台宽度视边坡的高度和土质可按说明表 C.0.2—1 设计，边坡高度大于 10 m 时应做个别设计，必要时与隧道通过方案作比较。

说明表 C.0.2—1 膨胀土路堑边坡坡率和平台宽度

膨胀性 边坡高度 (m)	边坡坡率			边坡平台宽度 (m)			侧沟平台宽度 (m)		
	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
<6	1:1.5	1:1.5 ~ 1:1.75	1:1.75 ~ 1:2.0	可不设			1.0	1.0 ~ 2.0	2.0
6 ~ 10	1:1.75	1:1.75 ~ 1:2.0	1:2.0 ~ 1:2.5	1.5 ~ 2.0	2.0	≥2.0	1.5 ~ 2.0	2.0	≥2.0

关于黄土的边坡坡率，《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035—2002) 第 5.2.2 条规定如下：

应根据黄土的地貌单元、时代成因、构造节理、地下水分布、降水量、边坡高度、施工开挖方法，并结合自然或人工稳定边坡坡率和稳定检算综合分析确定，亦可按说明表 C.0.2—2 确定。

说明表 C.0.2—2 黄土路堑边坡坡率

黄土名称	适用地区	边坡坡率		
		$H \leq 10\text{ m}$	$10\text{ m} < H \leq 20\text{ m}$	$20\text{ m} < H \leq 30\text{ m}$
全新世坡积黄土 (Q_4^{dl})	①	1:0.75 ~ 1:1		—
	②	1:0.5 ~ 1:0.75	1:1 ~ 1:1.25	
全新世冲积、洪积黄土 ($Q_4^{al,pl}$)	①	1:0.5 ~ 1:0.75		—
	②	1:0.3 ~ 1:0.5	1:0.75 ~ 1:1	1:1 ~ 1:1.25
晚更新世坡积黄土 (Q_3^{dl})	①	1:0.5 ~ 1:0.75		—
	②	1:0.5 ~ 1:0.75	1:1 ~ 1:1.25	
晚更新世风积黄土 (Q_3^{eol})	①	—		—
	②	1:0.3 ~ 1:0.5	1:0.5 ~ 1:0.75	1:1
晚更新世冲积、洪积黄土 ($Q_3^{al,pl}$)	①	1:0.3 ~ 1:0.5		—
	②	1:0.3 ~ 1:0.5	1:0.5 ~ 1:0.75	1:1
中更新世黄土 (Q_2)	①	1:0.5 ~ 1:1		—
	②	1:0.3	1:0.5	1:0.75
早更新世黄土 (Q_1)	①	—		—
	②	1:0.3	1:0.5	

- 注：1 适用地区栏内①是指华北、东北平原及内蒙古高原东部地区，②是指黄土高原、豫西等地区。
- 2 表列边坡坡率是指单一土层，若为多种土层，可根据不同时代成因土层性质的差异及其在边坡中所占比例，综合考虑确定。
- 3 阶梯形边坡的分级坡率，对均质土层可取同一坡率值，对非均质土层可选用不同坡率值。
- 4 当堑顶坡度小于 20° 时，不计其对边坡坡率的影响；当为 $20^\circ \sim 35^\circ$ 时， Q_4 黄土边坡高度大于 20 m、 $Q_3^{al,pl}$ 黄土边坡高度大于 25 m 时，边坡坡率可放缓一级（按 0.25 计）；当大于 35° 时，应通过稳定检算确定。
- 5 对 Q_2 、 Q_1 黄土尚应考虑构造裂隙对边坡稳定性的影响。

附录 D

根据获取和确定承载力参数的方法、手段的不同及设计所需参数的不同，地质人员应区别提供不同的承载力值。本规范的

“基本承载力”是表示岩土体在比例界限以内，以弹性变形为主，地基稳定且满足沉降要求，并且基础埋置深度不大于 3 m、基础宽度不大于 2 m 时的地基承载能力；“极限承载力”是岩土体达到极限破坏点，变形以塑性变形为主，沉降变形明显增大时的地基承载力值；“容许（允许）承载力”（或地基承载力设计值）是指设计阶段根据基本承载力值进行深、宽修正，并满足稳定及沉降要求后的地基承载力值。《岩土工程勘察规范》中的“地基承载力基本值”是根据室内试验成果查表确定的承载力值；“地基承载力标准值”是根据修正后的原位测试成果，或对上述承载力基本值在某一置信概率下按规定进行回归统计，或根据当地经验进行分析修正后提供的地基承载力值（相当于本规范的“基本承载力值”）。

因为客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路对沉降有特殊要求，“基本承载力”的概念在这里有所变化。所谓“满足沉降要求”已不是一般意义的要求，所以对于客运专线铁路和时速 200 km 客货共线铁路工程地基的承载力应慎重研究确定。一般应采用多种勘察手段，参考工程实例，并结合工程实际情况确定。

本附录规定了岩、土地基基本承载力和极限承载力表。各类土的基本承载力表，是根据荷载试验与土的物理力学性质指标的对比资料及国内外规范综合考虑编制的。由于地基的地区差别，岩土岩性差别和岩土本身的不均匀性，承载力值千差万别。地基承载力表尽管分类列出了各类岩土的地基承载力，但远不能将自然界情况包罗进去。地基承载力表仅适用于没有实测资料的一般工程；承载力值是指基础短边宽 $b \leq 2 \text{ m}$ 、埋藏深度 $h \leq 3 \text{ m}$ 的地基容许承载力（或该条件下的极限承载力）。高桥、大桥、特大桥、高层建筑等大型工程均应按现场载荷试验、理论公式计算及采用其他原位测试方法综合分析后确定。

2001 版《铁路工程地质勘察规范》是在 1996 年局部修订版

的基础上,按《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)增加了粉土的承载力表,并对岩石、碎石类土、砂类土、新黄土承载力表作了局部调整。为适应铁路工程可靠度设计理论的实施,还列出了岩土地基极限承载力表。按可靠度理论进行工程设计,地基承载力采用极限标准值,岩土地基承载能力的安全系数结合工程的重要程度与工程结构一起考虑,因此岩土极限承载力不另考虑安全系数。岩土地基承载力的变异系数是反映岩土地基均匀性的指标,由岩土物理力学统计指标计算确定。在工作中应参考岩土变异系数和场地其他地质条件、环境条件确定地基承载力值。采用可靠度理论进行工程设计,岩土参数应是进行数理统计提供的标准值,数理统计理论要求子样数不少于6个。因此按可靠度理论进行设计的工程,相同地质条件下的岩土样数不应少于6组,以保障数理统计的可靠性。

(1) 岩石地基的承载力

岩块强度和破碎程度,是决定岩石地基承载力的主要因素,故以这两个指标制表。对裂隙性质、方向及充填物等因素的影响,在附注中给出。该表主要是根据72份荷载试验(以比例界限作为基本承载力),并参考国内外有关规范和建筑经验提出的。

根据《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001)将岩石按极硬岩、硬岩、较软岩、软岩、极软岩分类制表。硬质岩(极硬岩和硬岩)地基承载力不控制工程设置,故没有再细分。根据国家标准《工程岩体分级标准》(GBJ 50218—94),极软岩的承载力基本值小于500 kPa,同样铁路工程勘测中遇到的成岩程度极差(半成岩)及风化成土状、砂砾状等极软岩的承载力都小于500 kPa,因此,本规范在岩石按新的分类标准调整的同时,对各类岩石地基承载力也作了调整和修正。

制定岩石地基极限承载力的资料主要来源于铁道、水利水电、煤炭、金属矿山、港工等部门岩体力学试验资料,利用室内

测定的岩石强度间接确定岩体强度，即准岩体强度，结合铁道部门的实际情况，利用室内岩石单轴抗压强度对岩体进行分类，对 800 多个试验结果进行了统计，确定了不同类型岩石的单轴抗压强度。结合岩体的节理发育程度及岩体的龟裂系数，确定了岩石地基承载力。变异系数硬质岩为 0.198，较软岩为 0.152，软岩为 0.333，极软岩为 0.334。

水对岩石承载力的影响由于资料不足，不能给出准确数值。现场遇到这些情况，需个别研究确定。当利用易风化的岩石作为地基时，应特别注意岩石浸水后可能发生的变化，如岩石的水理性能、风化速度等，适当选取 σ_0 ，必要时应通过荷载试验确定。

(2) 碎石类土地基承载力

影响碎石类土承载力的因素很多，如碎石类土的成因类型，碎石颗粒的成分、大小、含量、充填物性质、密实程度、胶结情况等，但为了简化制表起见，本表主要按密实程度作为归类指标。由于大部分碎石类土压缩性低，基底沉降量小，完成沉降过程快，因此变形不是主要控制因素，故其基本承载力是按比例界限或破坏荷载的 1/3 取值。

碎石类土地基基本承载力表是从 196 份荷载试验资料中，选用了其中内容较全的 151 份，经过归纳分析对比后制定的。对于某些不能以密实程度所概括的其他物性则在附注中予以说明，作为选择数值的次一级因素。

由于《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001) 将碎石类土的密实度由原来的“密实、中密、松散”三级调整为“密实、中密、稍密、松散”四级。将原来的中密划分为中密和稍密，该两类没有定量界定标准，其承载力值也无法界定，只能根据所在承载力范围中间分开。由于是仅从数值范围内调整，故应注意在使用中积累资料，补充完善承载力表。

根据 175 组可利用的试验资料，按卵石土、碎石土（包括粗圆砾土和粗角砾土）、细圆砾土、细角砾土的四个密实程度分

别进行统计分析，得到各种土不同密实程度的极限承载力的均值、变异系数等指标。将各均值按 0.95 的置信概率确定范围值，经调整后得出各类土不同密实程度的极限承载力范围值。对各碎石类土变异系数的统计分析，最后得出变异系数 0.21 为综合采用值。

(3) 砂类土地基承载力

砂类土地基基本承载力是原《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85) 所订，本规范予以沿用。该表的制订是依据 73 份荷载试验资料进行归并的，由于荷载试验的代表性差，绝大部分试验没有做到极限荷载，而且还有部分资料不全，故未能得出较好的归并成果。但根据目前国内各地砂类土承载力经验数值，并结合铁路几十年来的实践，认为表列数值基本是可行的。

由于《铁路工程岩土分类标准》(TB 10077—2001) 对砂类土密实度的分级进行调整，原资料中确定其密实度的标准贯入试验资料不足，采取了依据静力触探资料确定其密实度，而后把承载力平均值与现规范中的数值进行对比分析，最后确定了修订后的稍密和中密砂类土承载力。

根据收集到的有关资料，采用荷载试验结果统计分析和理论公式计算两种方法对砂类土极限承载力进行了分析研究。综合分析的结果，并且预留一定的安全度，对砂类土安全系数 K 取 2.0。变异系数采用统计分析中的中砂和粉砂的综合值 0.248。

(4) 粉土地基的承载力

①编表资料主要来源于铁路桥梁地基可靠度规改原始资料中的黏性土部分，即从大量的黏性土原始资料中将 I_p 小于等于 10 的粉土单分出来，独立编制粉土地基的基本承载力表，总计筛选出 38 组可以利用的数据。

②粉土承载力表编制与分析。通过分析资料，发现粉土的基本承载力与其天然孔隙比和天然含水率有密切的关系，因此可以把粉土的承载力与其天然孔隙比和天然含水率作二元回归分析。

二元线性回归分析：

通过对 38 组承载力与天然孔隙比和天然含水率的线性回归分析，得到二元线性回归方程为

$$f = 594.68 - 339.55e - 6.99w$$

式中 f ——基本承载力 (kPa)；

e ——天然孔隙比；

w ——天然含水率。

此回归方程的复相关系数为 0.819，剩余方差为 39.36。对其进行 F 检验，结果为高度显著性。

二元自然对数线性回归分析：

同样对 38 组承载力与天然孔隙比和天然含水率的二元自然对数线性回归分析，得到其回归方程为

$$\ln f = 6.41 - 1.56 \ln e - 0.54 \ln w$$

式中 f ——基本承载力 (kPa)；

e ——天然孔隙比；

w ——天然含水率。

此回归方程的复相关系数为 0.841，剩余方差为 0.182。对其进行 F 检验，结果为高度显著性。

③通过以上分析，考虑剩余方差的误差，对表中数值进行了调整，得出粉土的地基基本承载力。

④粉土地基参照黏性土安全系数取 1.86 求取极限承载力标准值，变异系数取 0.291。

(5) Q_4 冲、洪积黏性土地基的承载力

Q_4 冲、洪积黏性土（一般黏性土）的基本承载力，是以满足其强度和变形要求的基本条件为前提，以我国各地 342 份荷载试验资料为依据编制的。荷载试验使用的承压板面积为 $1000 \sim 5000 \text{ cm}^2$ 。但由于荷载试验的 $P-S$ 曲线较短，未能做到极限荷载，故未能采用极限荷载进行确定，因此参考了国内外经验，在 $P-S$ 曲线上取下沉量 $S = 0.02b$ （ b 为荷载板宽度）对应的压力

作为基本承载力，在少数资料中，沉降量未达到 $0.02b$ 之前， $P-S$ 曲线上出现了明显的拐点，即以拐点作为基本承载力。

Q_4 冲、洪积黏性土，一般物性指标，如天然含水率 (w)、孔隙比 (e)、液限 (w_L)、塑限 (w_p)、塑性指数 (I_p) 液性指数 (I_L) 等，试验简单，易于求得，且能够近似地表达这类土的承载力特性，加之荷载试验资料中这类指标较齐全可靠，所以统计时，考虑了 I_p 、 w_L 、 I_L 、 w 、 e 等，经过多种分组统计比较，最后选用了 I_L 、 e 两个指标建表。

本次修订首先把剔除了粉土后的资料进行了统计分析，考虑到粉土只占原黏性土中的一小部分，并且粉土的承载力一般比同条件的黏性土低，另外现规范中黏性土承载力表已经过了多年的使用验证，剔除 I_p 小于等于 10 的粉土后，承载力表总体偏于安全，所以没有修订黏性土的基本承载力表。希望在使用过程中注意积累资料，完善黏性土承载力表。

黏性土的极限承载力标准值表的编制工作主要依据所收集到的荷载试验资料，即对现有的 87 份较完善的资料进行处理，确定出容许承载力、极限承载力及安全系数；安全系数与现行规范的基本承载力表值相乘便得极限承载力标准值表，其安全系数 $K = 1.86$ 。

变异系数的确定是将 Q_4 土层资料放在一起进行统计分析，这就要知道 Q_4 土层的 e 和 I_L 的平均变异性，有了这种变异性就可以确定统计分析范围，从而得到该范围内的承载力变异系数，然而 e 和 I_L 的平均变异系数因缺乏资料很难统计得出。但是通过计算发现各不同范围统计得出的变异系数相差不大，因此对 Q_4 冲、洪积土给出单一的变异系数 0.291。

(6) Q_3 及以前冲、洪积黏性土地基的承载力

Q_3 及以前黏性土（老黏性土），在荷载试验加压范围内沉降量很小，承载力值很高。由于土的物性指标很难反映土的结构强度，所以单用物性指标确定承载力是不合理的。但在力学指标中

c 、 ϕ 值资料不齐全，而且多未注明其试验方法，亦难以利用，故按室内压缩模量 E_s ，采用 53 份资料统计，得下列方程：

$$\sigma_0 = 308.9 + 0.79E_s \quad (\text{相关系数 } r = 0.52)$$

式中 σ_0 ——基本承载力 (kPa)；

E_s ——压缩模量 (MPa)。

对于 $E_s < 10$ MPa 的老黏性土，因缺少资料，上式不适用，建议按 Q_4 冲、洪积黏性土予以考虑。

极限承载力标准值表编制工作类似于 Q_4 冲、洪积土，数据来源于 29 份较完整的资料，取安全系数 $K = 1.92$ ，变异系数为 0.218。

(7) 残积黏性土地基的承载力

残积黏性土，在山区分布很广，参加本表编制的荷载试验资料主要是西南地区的“红土”（这部分资料比例较大，该土系碳酸盐类岩石风化而成），东北地区的花岗岩残积土，江西的页岩、砂岩残积土等，其承载力值都比较高，因而用 E_s 做统计，较为合理，统计时共用 58 份得回归方程为

$$\sigma_0 = 85.73E_s^{0.4} \quad (\text{相关系数 } r = 0.76)$$

式中 σ_0 ——基本承载力 (kPa)；

E_s ——压缩模量 (MPa)。

其表中数值仍然沿用原表。

残积黏性土的地基极限承载力不考虑土的强度参数，只考虑压缩模量，则其基本承载力的安全系数 $K = 2.0$ ，变异系数为 0.36。

(8) 软土地基承载力

软土地基承载力的计算公式，改用了著名的条形基础的极限荷载公式（普朗特 1921，太沙基 1943，汉森 1966），一般认为它是目前国内外广泛使用较为合理的公式。对于正方形基础、圆形或矩形基础，承载量因素 $N_c = 5.14$ 可以提高，而对灵敏度较高的软土 CU 值又有所降低，结合国内大量工程实践的经验。

安全系数可采用 $m = 1.5 \sim 2.5$ ，一般正方形、圆形基础或土的灵敏度高时，可采用 1.5，而条形、矩形基础或土的灵敏度低时可采用 2.5。

饱和软黏土的天然含水率与强度存在唯一的关系，土的颗粒比重在 2.7 左右，因此含水率为 36%，孔隙比接近 1.0；而当含水率为 75% 时，孔隙比为 2.0。本规范对于小桥和涵洞等一般建筑物基础的基本承载力，系引自《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ 7—74) 的“沿海地区淤泥和淤泥质土容许承载力表”。

实际软土地基上的建筑物，常常受地基变形控制，因而强调在地基土强度检算的同时要检算下沉量，并应符合有关规定。

软土极限承载力标准值表依据收集的荷载试验资料，但资料中土的室内物理指标不多，无法进行对比分析，难以将土的天然含水率和极限承载力进行统计分析，只有根据极限承载力与基本承载力的统计回归公式间接求出天然含水率与极限承载力的关系。软土基本承载力的安全系数为 1.79，变异系数为 0.29。

(9) 黄土地基承载力

黄土地基基本承载力是分别按 Q_4 、 Q_3 及 Q_2 、 Q_1 进行归类分析的，它和原来《铁路桥涵设计规范》(TBJ 2—85) 所推荐的基本承载力有较大的改动。

① 新黄土 (Q_4 、 Q_3) 地基基本承载力

新黄土 (Q_4 、 Q_3) 包括湿陷性和非湿陷性黄土，但不包括坡积、崩积和人工堆积层。荷载试验 σ_0 的确定，采用比例界限 (p_1) 值，或以下沉量 $S \approx 0.06b$ (b 为荷载板宽度) 对应压力作为极限荷载 (p_2)，再除以二倍安全系数确定之；其 σ_0 对应之 S 平均值为 $0.0075b$ ，大于 $0.01b$ 者仅占 13.4%，最大为 $0.02b$ ，故强度、沉降均能满足要求。

新黄土实测对比资料计 305 组，来源于甘、青、宁、陕北、晋西北 (共 164 组)，以及关中、豫、晋东南、冀、鲁等地区，

其中 Q_4 黄土 158 组, Q_3 黄土 147 组。通过各种组合回归分析, 择优选取了不分地区的 (Q_4 、 Q_3) 混合统计的公式为

$$\sigma_0 = 16.73 - 14.69e - 0.793w + 1.026w_L \quad (\text{tf/m}^2)$$

(相关系数 $r = 0.616$, 剩余标准差 $s = 5.68$)

根据对 305 组实测对比数据内值验证, 并考虑了埋深 1.5 m 的深度修正值约为 30 kPa (3 tf/m²), 对回归公式计算 σ_0 值作了局部调整, 编制出新黄土地基基本承载力表。

本表 σ_0 值与原《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85) 新黄土地基基本承载力表的 Q_4 黄土 σ_0 值基本相同。根据对 Q_3 黄土实测资料的反复验证和工程建筑的实践检验, 当 $0.85 < e < 0.95$ 时, σ_0 值确比 Q_4 黄土为高, 故在本表附注中作了提高 15% 的规定, 比原《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85) 更符合实际。

资料来源于铁一院多年来所做的和收集的路内外共计 500 余份荷载试验、土工试验及 234 组静力触探对比资料。重新接荷载试验统一取值标准, 确定极限承载力、比例界限拐点值和 $P_{0.06}$ 值 ($S/d = 0.06$ 的对应荷载), 然后在和土工试验资料一起进行统计分析。分析结果表明, 黄土极限承载力约为其基本承载力的 2.0 倍, 变异系数为 0.333。

②老黄土 (Q_2 、 Q_1) 地基基本承载力

老黄土对比资料共 36 组, 来源于甘、宁、陕、晋、鲁等地区。荷载试验 σ_0 值的确定, 多以比例界限或小于比例界限值确定之, 其 S/d 平均值为 0.006, 最大为 0.016。择优选取回归公式为

$$\sigma_0 = 195 - 132.4e - 35.2w/w_L \quad (\text{tf/m}^2)$$

(相关系数 $r = 0.69$, 剩余标准差 $s = 19.1$)

将实测 σ_0 幅度值、平均值与回归值比较, 提出偏于安全的推荐值, 最高 σ_0 值控制在 700 kPa (70 tf/m²) 以内, 已用于桥涵基础的设计和施工, 效果良好。考虑到山东地区的老黄土工程性质稍差, 一般比表中 σ_0 值偏低 100 ~ 200 kPa (10 ~ 20 tf/m²),

故在本表附注中作了相应规定。

本次修订依据收集到的 36 组资料统计得出老黄土极限承载力为其基本承载力的 2.0 倍, 变异系数为 0.433。

(10) 多年冻土地基的承载力

确定多年冻土地基承载力的因素主要为颗粒成分、含水率和地温, 在相同地温和含水率状况下, 一般是碎石类土的承载力最大, 砂类土次之, 黏性土最小。冻土的强度一般是随着含水率增大而提高, 至饱和状态时达到最大值, 往后则随着含水率的增大而减弱, 直至接近于冰的强度。但是随着含水率的增大, 冻土的流变性迅速增大, 使其持久, 强度迅速减小。当冻土中有冰夹层时, 则其强度往往表现出冰的性质。表中规定的基本承载力, 只适用于少冰冻土和多冰冻土。反之对干燥的碎石类土和砂类土或含水率小于 10% 的黏性土, 不论负地温高低, 其基本承载力可按非冻土确定。试验和工程实践表明, 冻土的承载力是随着地温降低而增大的, 故表中按负地温给定承载力。原规范月平均最高土温 $-2^{\circ}\text{C} \sim -3.5^{\circ}\text{C}$ 间隔太大, 2001 年版《铁路工程地质勘察规范》修订时调整了多年冻土地温分档。由于没有资料只能从数值上内插, 希望在使用过程中积累资料完善承载力表。

国外各种地基规范, 对冻土的承载力, 表达方式不尽一致, 有的采用基本承载力, 有的采用极限强度。本规范根据我国实际情况, 结合理论计算和室内试验资料进行了综合分析, 按照多年冻土的分类分别给出其基本承载力值。表中数值约为冻土瞬时的单轴极限抗压强度的 $1/6 \sim 1/8$, 有一部分土的承载力值是根据球模试验仪测定的长期黏着系数 c 确定的。

多年冻土极限承载力标准值表的编制工作主要依据所收集到的研究成果, 这些资料包括 1985 年桥规对“多年冻土承载力表”的说明; 1996 年中华人民共和国行业标准《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ118—98); 青藏高原多年冻土承载力试验结果等。根据这些资料的研究成果, 多年冻土地基的

极限承载力均是容许承载力或比例极限的 2.0 倍。因此将现行桥规中地基基本承载力表中的数值乘以 2.0 作为冻土地基的极限承载力值。

关于其变异系数，建议参照林业设计规范采用 0.274。

E.0.1 岩土试验项目表内的物理力学性质试验项目编制说明：

(1) 本表试验项目以满足一般设计要求为主，对一些因科研或积累资料所需的项目和设计特需的项目，应根据实际需要增加。

(2) 粉土命名依据塑性指数和颗粒级配。

(3) 地震区饱和砂土、粉土的液化判定所进行的颗粒分析和深度要求，应按现行《铁路工程抗震设计规范》执行。

(4) 沼泽土的试验项目同软土。

(5) 碎石类土的颗粒级配一般都用目力鉴定，未列入表内。

(6) 土的物理力学性质试验项目带括号者中粉土、黏性土的快剪试验选择时应根据土的渗透性和潮湿程度确定选用快剪或三轴快剪。直接快剪试验规定仅适用于渗透系数小于 10^{-6} cm/s 的黏性土。考虑到部分黏性土、粉土及大部分黄土呈坚硬或硬塑状态时在快剪试验过程不会或较少造成孔隙水流失对试验成果影响不大，这类土仍可用直接快剪试验，不属此情况时应选用三轴快剪试验。其他带括号的试验项目说明见说明表 E.0.1。

说明表 E.0.1 土的物理力学性质试验项目中带括号者的说明

土 类	工程类型	试验项目	表内带括号项目试验条件
黏性土 粉土	隧 道	压缩试验	拱脚以下部分
		天然快剪	洞顶以上 20 m 至钻孔终了范围内
黄土		湿陷试验	(1) 明洞基础 (2) 按地貌单元做代表性试验
		天然快剪	洞顶以上 20 m 至钻孔终了范围内 (或至隧道路肩设计高程以下 5 m)

续说明表 E.0.1

土 类	工程类型	试验项目	表内带括号项目试验条件
黏性土 粉土	桥涵基底	压缩试验	(1) 下列情况下的黏性土及黄土应取样做压缩试验: ①超静定结构的基础 ②当相邻墩台的地基土有明显不同, 或相邻跨度特别悬殊而必须考虑其沉降差时 ③湿陷性黄土、软土桥梁基础 ④跨越桥和跨线渡槽下的净高需预先考虑沉降量时 (2) Q_3 及以前冲(洪)积黏性土、坚硬黏性土及残积黏性土
		天然快剪	(1) 软土及软塑、流塑状黏性土 (2) 桩基、沉井、柱基分层做代表性试验 (3) 基底斜坡坡度大于 1:2 的墩台
		饱和快剪	水库区可能被水浸泡的基础
		有机物含量	含有机质黏性土、粉土
黏性土 粉土	房建基底	压缩试验	(1) 软土及土质软硬不均地基 (2) 工业主厂房、大型站房 (3) 三层以上多层民用房屋 (4) 水塔及转车盘
		天然快剪	软土及软塑状黏性土
		有机物含量	含有机质黏性土、粉土
黏性土 粉土	挡土墙基底	压缩试验	Q_3 及以前冲(洪)积黏性土、坚硬黏性土及残积黏性土
		天然快剪	(1) 基底斜坡坡度大于 1:2 的挡墙 (2) 软土及软塑、流塑状黏性土
		饱和快剪	水库区浸水挡墙
	高 填	天然快剪	基底下有软土或软塑状黏性土夹层时
		饱和快剪	基底土层可能被水浸泡时
	陡坡填方	饱和快剪	基底土层可能被水浸泡时
	路堤填料	夯后饱和快剪	修筑的路堤可能受水浸泡时
		毛细水上升高度	修筑的路堤可能受水浸泡时

续说明表 E. 0. 1

土 类	工程类型	试验项目	表内带括号项目试验条件
软土	软土路基	天然快剪、固结快剪、三轴快剪	(1) 采用桩基时，每个工点 2/3 样品做天然快剪，1/3 样品做三轴快剪 (2) 采用沙桩、沙井或边界排水良好时，每个工点 2/3 样品做固结快剪，1/3 样品做三轴快剪 (3) 若一个工点同时存在上列两种情况时，则每个点的样品各做 1/3 的天然快剪、固结快剪、三轴快剪 (4) 上列三种快剪对每个样品仅做一种快剪
膨胀土		天然快剪	结合建筑区及大型工点分类做代表性试验
		膨胀压力	同上
		收缩系数	同上

E. 0. 2 本次修订对表 E. 0. 2 “多年冻土试验项目” 主要进行了如下修改：

原表中的“塑性指数”是通过塑限和液限计算得出，“孔隙比”是通过总含水率、天然密度、颗粒密度等计算而得。因此，将这两个试验项目删去，改为塑限和液限。

颗粒分析包括筛析法、密度计法和移液管法，适用于对 60 mm至 0. 075 mm 的土，可满足原表中“筛分”、“小于 0. 5 mm 含量”和“大于 0. 075 mm 含量”的要求，故将此三项试验项目合并，改为“颗粒分析”。

根据国家标准《冻土工程地质勘察规范》(GB50324) 和《青藏铁路多年冻土区工程勘察暂行规定 (试行) 》，将“冻土骨架密度”改为“冻土干密度”，将“容积热系数”改为“容积热容量”。

原表注 6 中提及“冻胀力”和“冻结强度 (原表中可能误为抗压强度) ”，但表中未见，为全面起见，在试验项目表中增加上述两个项目。

根据上述项目的调整，对各类工程应做的项目也进行了调整。

附录 F

“附录 F 环境水、土对混凝土侵蚀性的判定标准”摘自《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》(铁建设〔2005〕157 号)。在进行铁路工程地质勘察时，可将其作为环境水（包括地表水和地下水）、土对混凝土是否具有侵蚀性的判定标准。当进行大面积厂房或房屋的岩土工程勘察时，应按现行《岩土工程勘察规范》(GB50021) 的相关规定和标准执行。