

《核电厂岩土工程勘察规范》 (征求意见稿)

《核电厂岩土工程勘察规范》编制组

二〇一一年三月

UDC

中华人民共和国国家标准



GB XXXXX-201X

核电厂岩土工程勘察规范

Geotechnical investigation code for nuclear power plants

201X-XX-XX 发布

201X-XX-XX 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

核电厂岩土工程勘察规范

Geotechnical investigation code for nuclear power plants

GB XXXXX-201X

主编部门：中国核工业集团公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：201X 年 X 月 X 日

XXXXXXXXXX 出版社

201X 北京

中华人民共和国国家标准
核电厂岩土工程勘察规范

Geotechnical investigation code for nuclear power plants
GB XXXXX-201X

*

XXXXXXXXXX 出版社、发行（地址：XXXXXXXXXX）
各地新华书店、建筑书店经销
XXXXXXXXXX 公司制版
XXXXXXXXXX 印刷厂印刷

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：XX 字数：XX 千字

201X 年 X 月第一版 201X 年 X 月第一次印刷
定价：XX 元

统一书号：XXXXX·XXXXX

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题，可寄本社退换
（邮政编码 XXXXXX）

本社网址：[http:// XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX](http://XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX)
网上书店：[http:// XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX](http://XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX)

中华人民共和国住房和城乡建设部

公 告

第 XXX 号

关于发布国家标准

《核电厂岩土工程勘察规范》的公告

现批准《核电厂岩土工程勘察规范》为国家标准，编号为 GB XXXXX-201X 为，自 201X 年 XX 月 XX 日起实施。其中，第 XXX、XXX、.....、XXX 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部 XXXXXXXX 组织 XXXXXXXX 出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

201X 年 XX 月 XX 日

前 言

根据中华人民共和国住房和城乡建设部建标函[2005]124号“2005年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)”序号为126的制订国标《核电厂岩土工程勘察规范》(合同编号为2005-2-126, 2005年8月1日)的要求, 规范编制组在深入调查研究, 认真总结国内外大量工程实际经验, 参考有关国内和国际先进标准和导则, 并在广泛征求意见的基础上, 制定本规范。

本规范共分13章3个附录, 主要技术内容包括1. 总则; 2. 术语和符号; 3. 基本规定; 4. 初步可行性研究阶段; 5. 可行性研究阶段; 6. 初步设计和施工图设计阶段; 7. 建造阶段; 8. 水工构筑物; 9. 专门岩土工程勘察; 10. 边坡工程; 11. 水文地质条件; 12. 勘察方法; 13. 岩土工程分析评价和成果报告。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文, 必须严格执行。

本规范由中华人民共和国住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释, 由主编单位负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议, 请寄送中国核电工程有限公司(地址: 北京市海淀区西三环北路117号, 邮编: 100840, 邮箱: 北京840信箱), 以供今后修订时参考。

主编单位: 中国核电工程有限公司

电力规划设计总院

参编单位: 核工业工程勘察院

核工业南京工程勘察院

环境保护部核与辐射安全中心

建设综合勘察设计研究院

核工业第二研究设计院

中兵勘察设计研究院

主要起草人: 王旭宏、戴联筠(以下以姓氏笔画为序)

邓小宁、王中平、方仁宝、毛尚之、化建新、王振超、王跃庚、宁俊栋、田胜清、吕涛、李玉民、陈立伟、杨立建、张明、李金旺、何剑、陈哲、张晓伟、杨球玉、张超琦、周群、胡双跃、项勃、顾宝和、耿学勇、莫映辉

主要审查人: (待补充)

中华人民共和国住房和城乡建设部

201X年X月

目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	2
3	基本规定.....	5
3.1	一般规定.....	5
3.2	岩土工程勘察等级.....	5
3.3	勘察阶段划分和各勘察阶段主要任务.....	6
4	初步可行性研究阶段.....	7
4.1	一般规定.....	7
4.2	勘察工作布置原则和技术要求.....	8
4.3	厂址普选工作.....	9
5	可行性研究阶段.....	10
5.1	一般规定.....	10
5.2	勘察工作布置原则及勘察工作技术要求.....	10
6	初步设计和施工图设计阶段.....	12
6.1	一般规定.....	12
6.2	勘察工作布置原则和技术要求.....	12
7	工程建造阶段.....	15
7.1	一般规定.....	15
7.2	勘察工作技术要求.....	15
8	水工构筑物.....	17
8.1	一般规定.....	17
8.2	泵房.....	17
8.3	冷却塔.....	18
8.4	堤和坝.....	18
8.5	隧道.....	19
8.6	管道.....	21
8.7	取水头部和闸门井.....	21
9	专门岩土工程勘察.....	23
9.1	断裂.....	23
9.2	不良地质作用与地质灾害.....	23
9.3	液化判别.....	25
9.4	建筑材料.....	26
10	边坡工程.....	28
10.1	一般规定.....	28

10.2	边坡勘察内容和方法.....	28
10.3	边坡稳定性评价	29
10.4	边坡监测	29
10.5	边坡勘察报告要求	30
11	水文地质.....	31
11.1	一般规定	31
11.2	水文地质勘察方法	31
11.3	水文地质评价.....	31
12	勘察方法.....	33
12.1	工程地质测绘.....	33
12.2	钻探与取样.....	34
12.3	工程物探	35
12.4	原位测试	37
12.5	室内试验	39
13	岩土工程分析评价和成果报告	41
13.1	一般规定	41
13.2	岩土的工程特性指标.....	41
13.3	地基承载力.....	42
13.4	场地和地基的稳定性、适宜性、均匀性评价	45
13.5	成果报告	45
附录 A	建筑材料试验项目表.....	47
附录 B	边坡勘察试验测试项目表.....	49
附录 C	边坡岩体质量分类.....	50
	本规范用词说明.....	53
	引用标准名录.....	54
附：	条文说明.....	55

CONTENTS

Chapter 1	General	1
Chapter 2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	2
Chapter 3	Basic Requirements	5
3.1	General Technical Principle	5
3.2	Categorization of Geotechnical Investigation	5
3.3	Investigation Stages and the Primary Tasks	6
Chapter 4	Stage of Preliminary Feasibility Study	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Arrangement Fundamental and Technical Requirements of Geotechnical Investigation.....	8
4.3	Preliminary Siting	9
Chapter 5	Stage of Feasibility Study	10
5.1	General Requirements	10
5.2	Arrangement Fundamental and Technical Requirements of Geotechnical Investigation.....	10
Chapter 6	Stage of Preliminary Design and Detailed Design for Construction	12
6.1	General Requirements	12
6.2	Arrangement Fundamental and Technical Requirements of Geotechnical Investigation.....	12
Chapter 7	Stage of construction	15
7.1	General Requirements	15
7.2	Technical Requirements of Geotechnical Investigation	15
Chapter 8	Hydraulic structures.....	17
8.1	General Requirements	17
8.2	Pump House.....	17
8.3	Cooling Tower	18
8.4	Embankment and Dam	18
8.5	Tunnel	19
8.6	Pipe	21
8.7	Intake Structure and Gate Shaft.....	21
Chapter 9	Special Geotechnical Investigation	23
9.1	Rupture.....	23
9.2	Adverse Geologic Actions and Geological Disaster	23
9.3	Liquefaction Discrimination	25
9.4	Building Material	26
Chapter 10	Slope Engineering	28
10.1	General Requirements	28

10.2	Slope Investigation and Investigation Method	28
10.3	Slope Stability Evaluation.....	29
10.4	Monitoring of Slope	29
10.5	Slope Investigation Report.....	30
Chapter 11	Hydrogeological condition	31
11.1	Hydrogeological Investigation Requirements.....	31
11.2	Hydrogeological Investigation Methods	31
11.3	Hydrogeological Evaluation.....	31
Chapter 12	Investigation Methods	33
12.1	Engineering Geological Mapping.....	33
12.2	Drilling and Sample.....	34
12.3	Engineering Geophysical Prospecting	35
12.4	In-situ Tests.....	37
12.5	Laboratory Tests.....	39
Chapter 13	Geotechnical Analysis and Evaluation and the Study Report.....	41
13.1	General Requirements	41
13.2	Engineering Property Index of Rock and Soil.....	41
13.3	Bearing Capacity of Foundation.....	42
13.4	Assessment of Stability, Suitability and Uniformity of Site and Foundation	45
13.5	Study Report	45
Appendix A	Tests on Building Material.....	47
Appendix B	Tests in Slope Investigation	49
Appendix C	Rock Mass Quality Classification in Slope Engineering	50
	Explanation of Wording in This Code.....	53
	List of Quoted Standards.....	54
	Commentary.....	55

1 总则

1.0.1 为了在核电厂岩土工程勘察中，贯彻国家积极发展核电的战略决策、执行国家有关的核电厂安全法规和技术经济政策、满足核电厂厂址选择、设计、建造和运行的要求，做到安全第一、技术可行、环境相容和经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上固定式核电厂、核供热厂、实验堆、研究堆及核燃料后处理厂，其他核工程无明确的执行规范时，也应执行本规范。

1.0.3 本规范根据核电厂的工程特点和建设程序规定了核电厂各设计阶段和各类建、构筑物的岩土工程勘察工作内容及要求，各阶段应按本规范进行岩土工程勘察。

1.0.4 核电厂岩土工程勘察，应体现核电工程的特点，同时应重视地区经验，广泛收集资料，精心勘察、精心分析，正确反映厂址的岩土工程条件，提出资料完整、评价正确的岩土工程勘察报告。

1.0.5 核电厂岩土工程勘察，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关核安全法规及标准的规定。

1.0.6 核电厂岩土工程勘察应在质量保证受控的状态下进行，勘察的全过程都应有严格的质量保证措施，并形成质量控制的文字记录。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 核电厂 nuclear power plant

依靠原子核裂变能量发电的电厂

2.1.2 核岛 nuclear island

核反应堆厂房及其紧邻的核辅助厂房。

2.1.3 常规岛 conventional island

汽轮发电厂房及与之相关的辅助厂房。

2.1.4 能动断层 capable fault

在地表或接近地表处有可能引起明显错动的断层。

2.1.5 岩土单元 soil and rock mass unit

具有相同或相近工程特性的、同一地质年代和同一地质成因的土体或岩体。

2.1.6 厂区 site area

具有确定的边界，在核电厂管理人员有效控制下的核电厂所在领域。

2.1.7 厂址 site for plant

包括核电厂厂区，取、排水建构筑物地段，码头，水厂等在内的各建构筑物场地的总称。

2.1.8 极限安全地震动(SL-2) ultimate safety ground motion

在核电厂设计基准期中年超越概率为 0.1% 的地震动，其峰值加速度不小于 0.15g。通常为核电厂可能遭遇的最大地震震动。

2.1.9 抗震 I 类建构筑物 structure of seismic category I

核电厂中与核安全有关的重要建构筑物，采用极限安全地震动进行抗震设计。

2.1.10 基岩 bedrock

地壳上部已固结的刚性地质体。在核电厂抗震设计中，剪切波速大于 700m/s 的岩土体可视为理论上的基岩。

2.1.11 岩土的工程特性指标代表值 representative values of the engineering property index for rock and soil

表征岩土的工程特性，用于设计计算指标的取值。物性指标和变形指标用平均值，强度指标用标准值，地基承载力用特征值。

2.1.12 场地或地基的稳定性 stability of the site or foundation

场地是否可能因地质灾害而失稳，地基是否可能丧失承载能力的性能。

2.1.13 地基均匀性 uniformity of the foundation

地基是否存在因水平方向性质的变化而产生差异变形，或地震动响应异常而影响工程正常使用的性能。

2.1.14 厂址或地基的适宜性 suitability of the site or foundation

厂址或地基能否满足稳定性要求，工程正常使用要求的性能。

2.2 符号

C_c ——压缩指数；

C_v ——固结系数；

c ——粘聚力；

c' ——有效粘聚力；

C_u ——不排水抗剪强度；
 D ——最大粒径；有效直径；钻孔直径；
 D_z ——阻尼比
 d_u ——上覆非液化土层厚度；
 d_w ——地下水位深度；
 d_s ——标准贯入试验点深度；
 d ——基础埋置深度；
 E ——弹性模量；
 E_d ——动弹性模量；
 E_s ——压缩模量；
 E_o ——变形模量；
 e ——孔隙比；
 F_s ——安全系数、稳定系数；
 F_{st} ——滑坡稳定安全系数、抗倾覆安全系数；
 f_{ak} ——地基承载力特征值；
 f_a ——修正后的地基承载力特征值；
 f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；
 G ——剪切模量，比重；
 G_d ——动剪切模量；
 g ——重力加速度；
 I_L ——液性指数；
 I_s ——岩石点荷载强度；
 I_p ——塑性指数；
 I_{LE} ——地基液化指数；
 k ——渗透系数、基床系数；
 K_v ——岩体完整性指数、波速比；
 N ——标准贯入试验锤击数；
 N_{cr} ——液化判别标贯锤击数临界值；
 q_u ——无侧限抗压强度；
 R_c ——岩石单轴饱和抗压强度；
 s ——基础或载荷板沉降量；
 V_p ——压缩波波速；
 V_s ——剪切波波速；
 w ——含水量，含水率；
 W_L ——液限；
 W_p ——塑限；
 γ ——重力密度(重度)；与深度有关的折减系数；
 γ_d ——干重度；
 μ ——泊松比；
 μ_d ——动泊松比；
 ρ ——质量密度(密度)；
 ρ_c ——粘粒含量；
 ρ_d ——干密度；
 σ ——总的垂直应力；

σ'_0 ——有效垂直应力；

σ_r ——剩余标准差；

τ ——抗剪强度；剪应力值；

φ ——内摩擦角；

φ' ——有效内摩擦角；

ψ ——滑坡体剩余下滑力传递系数；

δ ——变异系数；比例系数；

γ_s ——统计修正系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 核电厂岩土工程勘察应按照各勘察阶段的要求,查明厂址区的地质构造、地层岩性及地基参数、不良地质作用、地质灾害和水文地质等岩土工程条件,对场地和地基的稳定性、均匀性和适宜性,以及边坡稳定性作出合理的评价。

3.1.2 核电厂岩土工程勘察,应在踏勘调查的基础上,充分搜集、分析已有资料,根据场地复杂程度,结合需要重点查明的关键问题,制定有针对性的勘察技术方案,编制勘察工作大纲和质量保证大纲,采用或综合采用各种工程地质方法手段,完成岩土工程勘察工作。

3.1.3 核电厂建筑物可分为核岛地段、常规岛地段、水工构筑物地段、附属建筑地段等 4 个建筑地段,并应按各地段工程特点勘察。

3.1.4 核岛及其它与核安全相关建筑物场地应为核电厂岩土工程勘察的重点,应有直接的、一定的勘察工作查明其岩土工程条件。

3.1.5 岩土工程分析应贯穿于岩土工程勘察的全过程。岩土工程勘察报告,应在岩土工程分析的基础上,按不同勘察阶段的要求,分别对厂址方案、地基基础方案,以及设计、施工参数等方面作出分析、论证及建议。

3.1.6 对岩土工程条件复杂的场地应针对具体问题进行专门勘察,不受勘察阶段的限制,并提出原位测试或原体试验、施工检测、工程监理或长期观测等专项方案和建议。

3.1.7 核电厂工程勘察所获得的岩芯是钻探工作的重要成果,各勘察阶段的钻孔岩芯应装箱,作清晰的标记,拍摄岩芯彩照,移交给业主或甲方。岩芯保留应符合下列规定:

- 1 与核安全有关的和重要的常规岛建筑物,对设计厂坪标高以下的钻孔岩芯应全部保留;
- 2 最终确定建厂的厂址,需保留的钻孔岩芯应保留至核电厂运行后 5 年。

3.1.8 钻孔及孔内测试完成后,除了设置长期观测孔以外,其余钻孔应按本规范 12 章规定封孔回填到厂址设计地坪标高。

3.2 岩土工程勘察等级

3.2.1 核电厂岩土工程勘察等级可由工程等级、场地复杂程度等级综合确定。

3.2.2 核电厂整体工程为一级工程,具体建(构)筑物工程等级等同其建(构)筑物安全等级,可按表 3.2.4 确定。

3.2.3 建筑场地的复杂程度,可分为三个等级:

1 复杂场地。地形起伏大,存在高度大于 100m 的人工边坡;地质构造复杂,厂区有多条断层通过;不良地质作用发育;岩土类型多,岩土性质变化大;核岛地段地基剪切波速 V_s 值 <700 m/s;水文地质条件复杂;50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度 $\geq 0.15g$, SL-2 高值可能大于 0.30g;

2 中等复杂场地。地形起伏较大,存在高度大于 50m 的人工边坡;地质构造较复杂,厂区有断层通过;局部有不良地质作用发育;岩土类型较多,岩土性质变化较大;核岛地段地基剪切波速 V_s 值 <1100 m/s 但 ≥ 700 m/s;水文地质条件较复杂;50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度 $\geq 0.10g$, SL-2 高值可能大于 0.20g;

3 简单场地。地形起伏不大,存在高度小于或等于 50m 的人工边坡;地质构造简单,厂区无断层通过;不良地质作用不发育;岩土类型少,岩土性质变化小;核岛地段地基剪切波速 V_s 值 ≥ 1100 m/s;水文地质条件简单;50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度 $< 0.10g$, SL-2 高值可能不大于 0.20g。

3.2.4 核电厂各类建（构）筑物应根据场地和地基失稳造成建（构）筑物破坏后果的严重性，按表 3.2.4 确定安全等级。

表 3.2.4 核电厂各类建（构）筑物安全等级

安全等级	破坏后果	建（构）筑物名称
一级	很严重	与核安全相关建（构）筑物，主要有核岛，包括核反应堆厂房（安全壳与有关的贯穿、连接件构筑物）、核辅助厂房、电气厂房（主控制室与相关建筑物）核燃料厂房及换料水池等；安全厂用水泵房及有关取水构筑物、安全水源有关构筑物（包括安全水库、储水池、引水渠道或隧洞等）、防洪堤等 常规建（构）筑物主要有常规岛、冷却塔、屋内配电装置楼等
二级	严重	除一、三级以外的其辅助生产及附属建（构）筑物
三级	不严重	材料库、汽车库、厂区围墙及临时建筑等

注：表中与核安全相关建（构）筑物按一般情况下列出，不同的堆型及机组类型对与核安全相关建（构）筑物有不同的规定，勘察时可按设计要求确定。

3.2.5 核电厂岩土工程勘察等级可按以下条件划分：

- 1 甲级：一级工程，或二级工程且为复杂场地；
- 2 乙级：除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目；
- 3 丙级：三级工程。

3.3 勘察阶段划分和各勘察阶段主要任务

3.3.1 核电厂岩土工程勘察应按照我国基本建设程序分阶段进行，勘察阶段的划分，应与核电厂的设计阶段相适应。一般情况下，可按照设计要求，分为如下几个勘察阶段：

- 1 初步可行性研究阶段勘察（简称初可研勘察）；
- 2 可行性研究阶段勘察（简称可研勘察）；
- 3 初步设计和施工图设计阶段勘察（简称设计阶段勘察）；
- 4 工程建造阶段勘察（简称施工勘察）。

3.3.2 各勘察阶段主要的任务与要求可按表 3.3.2 执行：

表 3.3.2 各阶段的勘察目的与方法

勘察阶段	勘察方法	勘察目的
初可研勘察	以搜集资料、工程地质测绘为主，辅以少量物探、钻探和测试	比选和初步确定厂址，为编制初步可行性研究报告提供勘察资料
可行勘察	以勘探、测试为主，工程地质测绘、物探为辅。重点对核岛和常规岛进行勘察，提供地基基础设计所需的各项岩土参数	最终确定厂址，为总平面布置、编制厂址选择安全评价报告、环境评价报告和可行性研究报告提供勘察资料
设计阶段勘察	以钻探、测试为主，对核岛、常规岛、附属建筑、水工构筑物、边坡工程分别进行勘察。核岛和常规岛同时满足初步设计和施工图设计要求，附属建筑和水工构筑物可分开进行。提供设计所需的各项岩土参数	为各单项工程的基础设计、编制初步安全分析报告和最终安全分析报告提供勘察资料
建造阶段勘察	现场检验、监测、地质编录和必要的补充勘察	验证前期勘测成果和设计条件，为编制最终安全分析报告提供勘察资料

注：初可研勘察前，可进行厂址普选工作。

4 初步可行性研究阶段

4.1 一般规定

4.1.1 开展初可勘察工作前，应搜集下列资料：

- 1 厂址及周边地区地质、地震、水文地质和工程地质有关文献资料及相关图件；
- 2 压覆矿产、人类活动遗址及有关地下工程资料；
- 3 1:5000~1:25000 地形图；
- 4 勘察技术任务书，应附初步的主厂区布置范围及总平面位置、初步的厂坪设计标高、拟采用的机组类型等资料。

4.1.2 本阶段勘察应在搜集已有地质资料的基础上，进行适当的工程地质测绘、水文地质调查、工程物探、钻探、原位测试和室内试验等工作，提出有关岩土工程条件“适宜”或“不适宜”的建厂意见，为初步的总平面布置提供依据。本阶段勘察应查明各候选厂址区有关岩土工程问题，满足下列要求：

- 1 查明地质构造，是否存在断层，对厂址稳定性作出初步分析；
- 2 查明地层分布、风化程度、地基参数，对核岛等主要建（构）筑物可采用的地基，以及地基稳定性、均匀性进行初步评价；
- 3 查明是否存在岩溶、塌陷、地面沉降、隆起、崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地下洞穴、地震液化等不良地质作用和地质灾害，对可能影响厂址稳定的不良地质作用和地质灾害做出初步评价；
- 4 对岸坡、斜坡及人工高边坡稳定性进行初步分析；
- 5 对水文地质条件进行调查，并做初步分析。

4.1.3 评价厂址适宜性应考虑下列因素：

- 1 厂址附近是否存在能动断层或厂址区存在的其它断层是否对地基稳定性构成影响；
- 2 是否存在影响厂址稳定的岩溶、塌陷、地面沉降、隆起、崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地下洞穴等不良地质作用和地质灾害；
- 3 是否存在与地震有关的潜在地震地质灾害，如地震液化、软土震陷等；
- 4 厂址附近有无可开采价值的矿藏，有无影响地基稳定的人类历史活动、地下工程、采空区等；
- 5 有无满足工程需要的主厂房布置场地和适宜核岛建设的地基条件；
- 6 厂址所在的水文地质单元特征和厂址周围地下水补给、径流、排泄条件是否有利于核电厂的建设；
- 7 可根据核岛等主要建（构）筑物地基的剪切波速 V_s 值、地基承载力特征值 f_{ak} 等条件按表 4.1.3 对厂址进行分类，可分为 I 类、II 类、III 类厂址。在当前条件下，I 类厂址适宜建设各种类型核电厂，II 类厂址应进行具体分析研究确定，III 类厂址不适宜建设核电厂。

表 4.1.3 厂址分类

厂址类别		剪切波速 V_s 值、岩土地基承载力特征值 f_{ak}
I 类厂址		$V_s \geq 1100 \text{ m/s}$, $f_{ak} \geq 1 \text{ MPa}$
II 类厂址	II ₁	$1100 \text{ m/s} > V_s \geq 700 \text{ m/s}$, $1 \text{ MPa} > f_{ak} \geq 0.5 \text{ MPa}$
	II ₂	$700 \text{ m/s} > V_s \geq 300 \text{ m/s}$, $0.5 \text{ MPa} > f_{ak} \geq 0.3 \text{ MPa}$
III 类厂址		$V_s < 300 \text{ m/s}$, $f_{ak} < 0.3 \text{ MPa}$

4.1.4 根据岩土工程条件对各候选厂址的适宜性进行评价，对各候选厂址的优缺点进行分析比较，推荐候选厂址顺序，明确存在问题，提出下一步开展工作的建议。

4.2 勘察工作布置原则和技术要求

4.2.1 厂址工程地质测绘与调查，应符合下列规定：

- 1 测绘范围应包括厂址及其周边地区，面积不应小于 4km^2 ，比例尺宜选用 1:5000~1:10000，具体调查范围应根据厂址周边地质环境确定；
- 2 测绘内容包括：地形地貌、地层岩性及其平面分布、断层性质及其规模与展布、岩体节理裂隙及统计，以及岩溶、塌陷、滑坡、崩塌、泥石流、火山、永久冻结带等不良地质作用；
- 3 调查采用布线踏勘、点线结合方法，对重要地质现象追踪定位。对可能的主厂房布置区应提高调查精度，必要时对覆盖层发育的主厂房区开展山地工程调查，以获取更多的地质信息。对重要的地质现象（断层、不良地质作用）应现场手绘；
- 4 将测绘范围内获取的重要的地质现象，如：断层、不良地质作用，包括可能的主厂房布置区内重要地质界线，填绘在 1:5000~1:10000 比例尺的地形图上；
- 5 结合工程地质钻孔和调查资料，至少形成 2 条贯穿厂址、相交的实测工程地质剖面或图切剖面。

4.2.2 根据厂址地形地貌和场地复杂程度等地质条件，兼顾初步的主厂房布置图，有针对性布置适当的工程地质钻探和测试，给出厂址主要工程地质分层，提供初步的岩土物理力学性质指标，了解预选核岛区及其附近的岩土分布特征，并应符合下列要求：

- 1 每个厂址勘探孔不应少于 5 个；一般情况下，应为十字交叉形布置，勘探孔间距不宜大于 500m；对岩土工程条件复杂的厂址，勘探孔数量应适当增加；钻孔深度应为预计设计地坪标高以下 30~60m；
- 2 每一主要岩、土层应采取 3 组以上的岩样、土样；
- 3 勘探孔内间隔 2~3 m 应进行标准贯入试验或动力触探一次，直至中等风化基岩面为止；
- 4 每个厂址应布置不少于 3 个波速测试孔和声波测井孔；
- 5 室内岩石试验项目应包括岩矿鉴定、密度、单轴抗压强度和岩块声波波速测试等，提供的参数包括岩石密度、（饱和、干燥）单轴抗压强度、软化系数和压缩波速度等；
- 6 土工试验项目应包括含水率、密度、土粒比重、界限含水率、颗粒分析、固结试验和抗剪强度试验，提供的参数包括天然含水量、密度、比重、孔隙比、液限、塑限、液性指数、塑性指数、颗粒级配、粘粒含量、压缩系数、压缩模量、粘聚力和内摩擦角等。

4.2.3 本阶段应根据场地岩土工程条件采用适宜的工程物探方法，查明覆盖层厚度、基岩面起伏变化特征，判断场地是否存在可能的隐伏构造、破碎带、软弱带等。

4.2.4 在河岸、海岸及山丘边坡地区，应对岸坡和边坡的稳定性进行调查，并做出初步分析和评价。

4.2.5 初可阶段水文地质调查，应根据厂址所在的水文地质环境确定调查范围，可以从厂址区外延到厂址附近周边，一般与工程地质测绘范围相同。调查方法以搜集资料为主，辅以适当的现场调查，应结合工程地质测绘和工程地质钻孔，初步了解厂址所在水文地质单元地下水水位、补给、径流、排泄特征、地下水类型及富水性，以及地下水开采状况，初步评价厂址所在的水文地质单元基本特征和水文地质条件，并调查厂址附近范围地下水的使用状况和规划利用情况。

4.2.6 当发现存在可能影响厂址适宜性的特殊工程地质现象时，宜进行专门研究。

4.3 厂址普选工作

4.3.1 厂址普选工作应充分搜集、分析、研究已有地质资料，图上确定可能厂址，进行厂址踏勘调查；必要时可对部分厂址开展针对性的工程地质调查工作。

4.3.2 厂址普选报告应对可能影响厂址稳定的不良地质作用和地质灾害，以及可能通过厂址区的断裂进行分析，对厂址的场地稳定性、地基条件等做出初步评价，分析可能的颠覆性因素，提出有关工程地质、水文地质条件方面厂址适宜性的意见。

5 可行性研究阶段

5.1 一般规定

5.1.1 可行性研究阶段岩土工程勘察前,应取得下列资料:

- 1 初可研阶段的岩土工程勘察、地震地质等资料,区域水文地质资料;
- 2 压覆矿产、人类活动遗址及有关地下工程资料;
- 3 1:1000 或 1:2000 的地形图;
- 4 岩土工程勘察技术任务书,任务书中应附可行性研究阶段的主厂区布置范围及规划总平面位置、厂坪设计标高、拟采用的机组类型等资料。

5.1.2 可行性研究阶段应查明以下内容:

- 1 查明厂区的地形地貌、地质构造、断裂展布规模及其特征;
- 2 查明厂区范围内地层的成因、时代、分布和风化特征,提供初步的静态和动态物理力学参数;
- 3 查明地质灾害和不良地质作用对场地稳定性的影响,对河岸、海岸、边坡的稳定性作出初步评价;
- 4 判断抗震设计场地类别,划分对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段,初步判定场地地震液化的可能性;
- 5 查明水文地质基本条件和环境水文地质基本特征。

5.1.3 本阶段厂址适宜性评价考虑的因素按 4.1.3 条执行。

5.2 勘察工作布置原则及勘察工作技术要求

5.2.1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1 测绘范围应为厂址及其周边地区,面积不应小于 2.0 km^2 ,比例尺宜选用 1:1000~1:2000;
- 2 测绘内容包括:地形地貌、地层岩性及分布、断层性质及规模、岩体节理裂隙及统计,以及岩溶、塌陷、滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝、地下洞室等不良地质作用;
- 3 采用布线踏勘、点线结合方法,对重要地质现象追踪定位。必要时对覆盖层发育的主厂区开展山地工程调查,对重要的地质现象应进行现场素描;
- 4 重要的地质现象和地质界线应现场直接勾绘在地形图上;
- 5 形成至少 3 条贯穿主厂区、相交的实测工程地质剖面,每个核岛不少于 1 条剖面。

5.2.2 根据厂址地形地貌和场地复杂程度等地质条件,结合总平面布置方案,进行工程地质钻探和测试工作,给出厂址工程地质分层,提供岩土物理力学性质指标。并应符合下列要求:

- 1 勘探孔应结合地形、场地复杂程度、地质条件采用网格状布置,勘探孔间距宜为 100~150m,对岩土工程条件复杂的厂址,勘探孔数量应适当增加。控制性勘探孔应按建(构)筑的位置结合地质条件布置,数量宜为勘探孔总数的 $1/3\sim 1/2$;
- 2 核岛和常规岛中轴线应布置勘探线,勘探孔间距应适当加密,并应满足主体工程布置的要求,保证每个核岛和常规岛各不少于 1 个勘探孔;
- 3 核岛区控制性勘探孔深度,应进入基础底面以下 1.5~2.0 倍反应堆厂房直径;一般性勘探孔,当基岩面埋深较浅时应进入中等~微风化岩体不小于 10m,当基岩面埋深较深时应进入压缩层底面以下 10m;
- 4 常规岛区的勘探孔深度按核岛区一般性勘探孔深度确定;
- 5 每一主要岩土层均应采取 6 组以上试样;

6 岩土室内试验除在初步可行性研究阶段列出的项目和内容外,还应包括岩石单轴压缩变形试验和土的渗透试验,提供岩石弹性模量、剪切模量、泊松比以及土的渗透系数等。

7 水样应结合水文地质调查采取,每个水文地质单元不少于 2 组,进行水质分析,判定对建筑物的腐蚀性。

5.2.3 可行性研究阶段原位测试应符合下列要求:

1 每个核岛区至少布置 1 个单孔波速测试孔,其他区域根据需要适当布置,以测定岩土层的剪切波速和压缩波速,计算动力学参数;

2 应采用声波测井测定岩体的压缩波速度,以评价岩体的完整程度和风化程度;

3 根据地层条件布置标准贯入、动力触探、静力触探、旁压试验、十字板剪切试验或扁铲侧胀试验等,宜根据场地情况布置荷载试验。

5.2.4 可行性研究阶段工程物探工作布置应与工程地质测绘和钻探工作相结合,查明基岩和覆盖层的组成、厚度和工程特性;查明基岩埋深、风化特征、风化层厚度;查明隐伏岩体的构造特征、软弱带和洞穴的分布;查明水下地层分布和基岩面起伏变化情况。工程物探工作布置应符合下列要求:

1 宜采用多种物探方法进行综合探测;

2 探测线宜垂直地层和构造线的走向布置,工程物探测线宜与地质剖面线重合;

3 每个核岛宜布置纵、横两个方向的物探测线。

5.2.5 可行性研究阶段水文地质调查包括厂区和外围区范围,厂区水文地质调查范围和比例尺均与工程地质测绘一致,外围半径 5km 范围采用 1: 25000 的比例尺,并符合下列要求:

1 水文地质调查的范围应包括厂区及其与之相邻的水文地质单元;

2 厂址区应布置 1~2 条通过核岛的实测水文地质剖面;外围区应布置 1 条通过厂址的水文地质剖面;

3 根据地质条件,对主要地层进行注水、抽水、压水试验,测求地层的渗透系数和单位吸水率;

4 必要时,厂址区应布置适当的地下水长期观测孔,定期观测和记录水位,定期取水样进行水质分析,观测周期不应少于一个水文年;

5.2.6 可行性研究阶段应根据需要,进行边坡和建筑材料的勘察。具体要求按本规范第 9、10 章和有关标准执行。

6 初步设计和施工图设计阶段

6.1 一般规定

6.1.1 本阶段包括初步设计勘察和施工图设计勘察。核岛、常规岛等主要建（构）筑物初步设计勘察和施工图设计勘察可合并进行（简称为详细勘察），但应能同时满足初步设计勘察和施工图设计勘察的技术要求；其它建（构）筑物的勘察根据设计阶段可分别进行勘察。

6.1.2 本阶段勘察应按不同的机组型式分核岛、常规岛、水工建筑和附属建筑四个地段进行，勘察工作应针对具体建（构）筑物进行布置。

6.1.3 勘察前应具备下列资料：

- 1 具有坐标系统和地形等高线的厂区建筑物总平面布置图；
- 2 工程勘察任务书及技术要求；
- 3 主要建（构）筑物结构特点、荷载组合特点、基础形式及布置、基础埋置深度；
- 4 前期工程地质勘察资料。

6.1.4 本阶段的勘察目的是在充分分析利用前期岩土勘察资料的基础上，依据确定的设计方案、技术要求，查明勘察场地的岩土工程条件和水文地质条件，对不良地质作用和地质灾害作出详细评价，获得岩土工程的设计参数，对与设计和施工有关的问题作出评价与建议，为设计和安全分析报告编制提供岩土资料。

6.1.5 本阶段勘察应满足下列要求：

- 1 查明各建筑地段的岩土成因、类别、物理性质和力学参数，并提出地基处理方案；
- 2 进一步查明勘察区内断层分布、性质及其对场地稳定性的影响，提出治理方案的建议；
- 3 对边坡进行勘察，并进行稳定性分析和评价，提出边坡设计参数和治理方案的建议；
- 4 查明建筑地段的水文地质条件；
- 5 查明对建筑物有影响的不良地质作用和地质灾害，并提出治理方案的建议。

6.1.6 应对施工和使用期间可能发生的岩土工程问题或环境地质问题进行预测，提出监控和预防措施的建议，对下一阶段的补充勘察、工程施工期间的现场检测和监测提出建议。

6.2 勘察工作布置原则和技术要求

6.2.1 本阶段应根据各类建筑物的重要性和场地地基的复杂程度确定勘探和测试内容，并按不同建筑地段实施勘察和编写勘察报告。

6.2.2 工程地质测绘工作应充分搜集前期已完成的工程地质测绘成果资料，宜根据现场地质条件的复杂程度补充适量的调查工作，布置适量的探井、探槽，查明建筑场地的重点工程地质问题。

6.2.3 核岛地段勘察应满足设计和施工的需要，钻孔布置、数量、深度及原位测试工作应符合下列规定：

1 反应堆厂房的钻孔数量不应少于 5 个，应布置在反应堆厂房周边和中部，并应满足跨孔波速测试的要求；当场地岩土工程条件较复杂时，可沿十字交叉线加密或扩大范围。勘探点间距宜为 10~30m；

2 钻孔数量应能控制核岛地段地层岩性分布，并能满足原位测试的要求。每个核岛钻孔总数不应少于 10 个，其中控制性钻孔不应少于钻孔总数的 1/2，取样与原位测试孔数量不应少于钻孔总数的 1/2；

3 控制性钻孔深度应达到基础底面以下 1.5~2 倍反应堆厂房直径，一般性钻孔深度应进入基础底面以下中等~微风化岩层 10m，土质地基和极软岩、软岩地基一般性钻孔应进

入压缩层不少于 10m;

4 应在反应堆厂房位置做跨孔法波速测试,每个反应堆测试组数应为 1~3 组,测试深度应达到基础底面以下 1.5~2 倍反应堆厂房直径,跨孔波速测试孔均应进行孔斜测量;

5 当反应堆厂房为土质地基和极软岩、软岩地基时,应进行载荷试验和旁压试验,每个反应堆不应少于 1 个载荷试验和 2 个旁压试验孔,旁压试验的测试深度为基础底面以下 1~1.5 倍反应堆厂房直径;

6 每个核岛地段应布置 1~3 组单孔波速测试,测试深度不小于基底下 10m;

7 每个核岛地段应布置 2~4 孔进行声波测井,测试深度不小于基底下 10m;

8 每个核岛地段应布置适当工作量测定地基岩土的电阻率。

6.2.4 常规岛地段勘察应满足设计和施工要求,钻孔布置、数量、深度及原位测试应符合下列规定:

1 钻孔布置应沿建筑物轮廓线、轴线或主要柱列线布置。钻孔间距和数量应考虑场地岩土条件复杂程度和建筑物的重要性,每个常规岛钻孔总数不应少于 10 个,钻孔距宜为 30~50m。其中控制性钻孔不宜少于钻孔总数的 1/3,取样与原位测试孔数量不应少于钻孔总数的 1/2;

2 对岩质地基,控制性钻孔深度应钻入基础底面下中等风化岩体不少于 3m,一般性钻孔深度应钻入中等风化岩体 1~2m;对土质地基,控制性钻孔应钻至压缩层以下不少于 10m,一般性钻孔应达到压缩层底部 3~5m;

3 每个常规岛应布置不少于 1 组检层法单孔波速测试,测试深度不小于控制性钻孔深度;

4 每个常规岛应布置适当工作量测定地基岩土的电阻率;

5 根据设计需要选择合适的方法在汽轮机厂房基底处测定地基刚度系数、阻尼比和参振质量等。

6.2.5 水工建构筑物的勘察应符合本规范第 8 章的相关规定。

6.2.6 附属建筑物地段勘察一般按初步设计和施工图设计分阶段进行,其中初步设计勘察应符合《岩土工程勘察规范》(GB50021)第 4.1.4~第 4.1.10 条规定,施工图设计勘察应符合《岩土工程勘察规范》(GB50021)第 4.1.11~第 4.1.20 条规定,也可根据任务要求直接进行施工图设计阶段勘察。附属建筑物地段每个与核安全有关的建筑物不应少于 1 个控制性钻孔,钻孔深度应达到基础底面以下中等风化基岩或剪切波速大于 700m/s 的地层 3m,对土层应钻穿压缩层,并应进行单孔波速测试。

6.2.7 当以上建筑地段发现需要查明的地质问题或建筑物平面位置有变化时,应进行适量的补充勘察工作,并应满足本节第 6.2.3~第 6.2.6 条的规定。

6.2.8 岩土试样可利用钻孔、探井、探槽采取,并符合下列要求:

1 取样孔数量不应少于钻孔总数的 1/3;

2 每个建筑地段每一主要土层的原状试样不应少于 6 组;

3 基岩应根据不同岩性和风化程度分别取样,每个建筑地段每一主要岩层应采取 6 组以上的岩样,每组试件数量不宜少于 5 个;

4 原状土试样的取样设备、操作、试样质量及储存、运输应按《原状土取样技术标准》(JGJ89)的有关规定执行;

5 岩石试样不得采用爆破法取样,每个试样的最小尺寸应大于组成岩石最大颗粒的 10 倍,试样在采取、运输、储存和制备过程中应避免岩样受损。

6.2.9 本阶段勘察的原位测试工作,除应满足本章第 6.2.3~6.2.5 条的规定外,尚应根据场地岩土性质和设计要求,选择合适的原位测试方法测求岩土的工程特性参数,每个建筑地段每一主要岩土层的原位测试数据不应少于 6 个。

- 6.2.10** 宜对场地补充进行水文地质工作，并满足以下要求：
- 1 量测钻孔水位；
 - 2 根据地质条件选择适量的钻孔进行注水试验、抽水试验和压水试验等水文地质试验，测求岩土体的渗透性参数，其中每个核岛应布置 2~3 个试段的压水试验；
 - 3 每个建筑地段应根据地下水类型分别采取不少于 2 件水样进行腐蚀性测试。

6.2.11 岩土室内试验项目可根据场地岩土类型和建构筑物的重要性按表 6.2.11 选用。核岛和其它安全相关建筑物，除了进行岩土常规物理力学试验外，尚应测定岩土的动弹性模量、动泊松比、动剪切模量、阻尼比等指标。每个建筑地段每一主要岩土层常规物理力学试验的数据不应少于 6 个，动力试验的数据不应少于 3 个。

表 6.2.11 岩土室内试验项目

岩土类型 试验项目	硬质岩	软质岩	碎石土	砂土	粉土	粘性土
岩矿鉴定	+	+	—	—	—	—
易溶盐含量	—	+	—	—	—	—
颗粒分析	—	—	√	√	√	√
比重	√	√	√	√	√	√
密度	√	√	√	√	√	√
含水率	—	√	+	√	√	√
液限、塑限	—	—	—	—	√	√
吸水性	+	+	—	—	—	—
膨胀	—	+	—	—	—	+
耐崩解性	—	+	—	—	—	—
冻融	+	+	—	—	—	—
渗透性	—	—	+	+	+	+
固结	—	—	—	—	√	√
单轴抗压强度	√	√	—	—	—	—
单轴压缩变形	+	+	—	—	—	—
三轴压缩	—	+	—	+	√	√
直剪	—	+	—	√	√	√
声波	+	+	—	—	—	—
阻尼比	+	+	—	—	—	—
动三轴/动单剪/共振柱	—	+	+	+	+	+

- 注：1 表中“√”表示应做试验项目；
- 2 表中“+”表示根据实际情况确定的试验项目；
- 3 表中“—”表示不需要做的试验项目。

7 工程建造阶段

7.1 一般规定

7.1.1 本阶段勘察主要是对前期岩土工程勘察、设计与施工成果的现场检验和工程建设开始后的现场监测，确认设计条件，对施工过程中发现的岩土工程问题提出处理意见。必要时应补充岩土工程勘察工作。

7.1.2 在本阶段勘察前，应取得如下资料 and 文件：

- 1 技术任务书；
- 2 带坐标位置的建构筑物总平面布置图和基坑负挖图，隧道、边坡施工图；
- 3 岩土工程项目设计书、施工图；
- 4 已有勘察成果。

7.2 勘察工作技术要求

7.2.1 应对核岛、常规岛、安全厂用水泵房、安全厂用水管廊基坑、安全厂用水取排水隧洞、核安全相关边坡和大型常规人工边坡等进行地质编录；宜对主厂区正挖地坪进行地质编录；应对其它建构筑物基坑进行验槽。

7.2.2 主厂区正挖地坪编录比例尺宜采用 1:500~1:1000；基坑负挖地质编录比例尺宜采用 1:100~1:200。

7.2.3 地质编录应以直观观测为主，必要时可采用回弹仪、点载荷试验、钎探等简易仪器与方法作为补充。地质编录应包括下列主要工作内容：

- 1 对施工揭露的地层岩性、岩体风化程度进行编录；
- 2 对施工揭露的地质构造、岩体结构面进行编录；
- 3 对施工揭露的地下水发育状况进行编录；
- 4 施工揭露的地质条件与前期勘察成果的对比，确认设计条件；
- 5 依据编录结果，进一步评价地基、基坑边坡、隧洞、人工边坡的稳定性；
- 6 对施工过程中发现的岩土工程问题提出处理意见或补充岩土工程勘察工作的建议。

7.2.4 基坑验槽以直观观测为主，对土质地基可采用钎探或其它简易机具进行检验。验槽应包括下列主要内容

- 1 岩土分布及其性质；
- 2 地下水情况；
- 3 地基条件与前期勘察成果的对比，确认设计条件；
- 4 对施工过程中发现的岩土工程问题提出处理意见或补充岩土工程勘察工作的建议。

7.2.5 对桩基工程和地基处理效果应进行检验：

1 桩基工程应通过试钻或试打，检验岩土条件是否与勘察报告一致。如遇异常情况，应提出处理措施。当与勘察报告差异较大时，应建议进行施工勘察。单桩承载力的检验，应采用载荷试验与动测相结合的方法。对大直径挖孔桩，应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况；

2 地基处理效果的检验方法和内容应根据地基处理方法和场地条件综合确定。除载荷试验外，尚可采用钻孔探验、室内试验、静力触探、圆锥动力触探、标准贯入试验、旁压试验、工程物探等方法进行检验。

7.2.6 与核安全有关的建构筑物，在建造期间应进行监测，常规建筑物宜根据场地条件、岩土特点、建筑物重要性等来确定是否开展监测工作。建构筑物运行期间的监测由设计确定。建构筑物的监测可包括如下内容：

- 1 基坑工程监测内容包括支护结构应力应变、坑壁变形、基坑周边的地面变形、对邻

近工程和地下设施的影响、地下水位、地下水渗漏、深基坑开挖引起的基底回弹或隆起监测等；

2 建筑物变形监测包括沉降、水平位移、倾斜的监测；

3 边坡监测应符合本规范第 10 章的规定；

4 隧洞监测内容包括洞壁的应力应变、支护结构应力应变、地下水位、地下水渗漏、对邻近工程和地下设施的影响以及施工造成的振动、噪声对周围环境的影响监测等；

5 堤、坝的变形监测包括沉降和水平位移监测。

7.2.7 大面积填方工程应进行监测，监测内容宜包括施工过程中的土体变形、孔隙水压力监测和地面沉降的长期观测。

7.2.8 不良地质作用与地质灾害、地下水的监测根据需要开展，监测内容应符合《岩土工程勘察规范》（GB50021）的规定。与核环境影响有关的地下水监测按核电厂环境监测大纲执行。

8 水工构筑物

8.1 一般规定

8.1.1 核电厂水工构筑物勘察宜按初步设计阶段勘察、施工图设计阶段勘察和工程建造阶段勘察进行。各勘察阶段的工作内容和深度，应与设计阶段相适应。

8.1.2 勘察工作内容、方法和工作量应根据下列因素确定：

- 1 勘察阶段；
- 2 建（构）筑物与核安全的相关性、安全等级、工程规模及结构特点；
- 3 场地岩土工程条件的复杂程度及研究程度；
- 4 工程设计和施工的要求；
- 5 当地类似工程建设经验。

8.1.3 核电厂水工构筑物根据其与其核安全的相关性，划分为核安全相关水工构筑物和常规水工构筑物。

8.1.4 水工构筑物勘察主要应包括下列内容：

- 1 查明场地地形、地貌、地质构造特征；
- 2 查明场地内岩土层的类型、成因、分布及工程特性，提供设计和施工所需的岩土参数；
- 3 查明不良地质作用及对工程稳定性的影响，并提出防治措施的建议；
- 4 查明场地水文地质条件；
- 5 进行岩土工程分析评价。

8.1.5 核安全相关水工构筑物勘察除应满足 8.2~8.7 节相应条款外，还应满足如下规定：

- 1 勘探点间距取 8.2~8.7 节中相应规定的较小值，勘探孔深度应取较大值，对于土质地基或隧洞，至少有 1 个钻孔进入中等~微风化基岩或剪切波速 $V_s > 700\text{m/s}$ 的地层 3m；
- 2 施工图设计阶段勘察波速测试除应进行单孔波速测试外，必要时宜布置适当数量的跨孔法测试孔。波速测试孔深度除应满足控制性钻孔深度外尚应满足基岩剪切波速 $V_s > 700\text{m/s}$ ，当覆盖层厚度超过 80 米时，测试深度应不小于 80 米；
- 3 对土质地基，除剪切波速外，尚应通过室内试验提供土的动力参数；
- 4 岩石室内试验应提供静态和动态参数。

8.2 泵房

8.2.1 泵房勘察应着重研究以下主要问题：

- 1 对岸边泵房应查明岸坡形态、冲淤及变化情况、最高及最低水位、地表水与地下水的补排关系、水的运动对岸坡稳定性的影响，分析评价基坑开挖对岸坡稳定性的影响；
- 2 提供基坑设计和施工所需的岩土参数，抗浮水位，分析评价基坑开挖边坡的稳定性，提出基坑开挖坡角建议值或边坡支护设计方案建议，提出基坑开挖控水（排水、隔水、降水、截水）措施的建议。

8.2.2 勘察方法应符合下列规定：

- 1 应充分收集利用厂址区已有资料，补充必要的工程地质调查和测绘，进一步查明对泵房可能有影响的地质构造、不良地质作用；
- 2 初步设计阶段勘察勘探点的布置应根据场地工程地质条件复杂程度和建筑物的规模综合确定，每个泵房宜布置 1~3 个钻孔。岩质地基勘探孔深度应钻至基底以下中等~微风化岩石 5~10m。土质地基孔深应钻至压缩层以下不小于 10m，预计深度内遇基岩应钻入中等~微风化岩石不小于 3m；

3 施工图设计阶段勘察勘探孔应沿建筑物周边和轴线布置,并考虑基坑开挖边坡或支护设计的需要,勘察范围宜适当扩大至开挖边界以外。勘探点间距宜为 25~50m,遇地质条件复杂、地层变化较大时宜加密勘探点。岩石地基控制性钻孔深度应达到基底标高以下中~微风化岩石 5~10m,一般性钻孔进入基底标高以下中~微风化岩石 3~5m;土质地基控制性勘探孔深度应钻至压缩层以下不小于 10m,一般性钻孔应钻穿压缩层 3~5m;若有岸坡滑动时,所有钻孔均应钻入最深滑动面以下 3~5m;控制性钻孔应不少于钻孔总数的 1/3;

4 宜布置波速测试孔,测求各岩土层的纵波和横波速度,划分场地类别,计算岩土的动力弹性模量、动剪切模量、动泊松比;

5 对于岩石地基宜采用声波测试查明岩体完整程度、软弱夹层的分布,划分基岩风化程度等级;

6 宜选用抽水试验、注水试验和压水试验等水文地质测试方法,测求各岩土层的渗透性参数。

8.3 冷却塔

8.3.1 冷却塔的勘察应着重查明、研究地基的均匀性和漏水对地基岩土性质的影响。

8.3.2 勘察方法应符合下列规定:

1 应充分收集利用厂址区已有资料,补充必要的工程地质调查和测绘,进一步查明可能对冷却塔有影响的地质构造、不良地质作用;

2 初步设计阶段勘察勘探点应沿环基和冷却塔内部呈网格状布置,冷却塔中心应布置勘探点。勘探点间距根据场地工程地质条件复杂程度确定,宜为 50~100m。勘探孔深度应进入基底以下 30~40m,需采用桩基时孔深应钻至可能的桩端持力层以下 10~15m,预计深度内遇基岩应钻入中~微风化基岩不小于 5m;

3 施工图设计阶段勘察对于拟采用天然地基的勘察场地,勘探点应沿环基和内部构筑物柱网布置,勘探点间距宜为 25~50m,勘探孔深度应钻入基底以下 30~40m,并满足下卧层验算和地基变形计算深度要求,预计深度内遇基岩应钻入基底以下中~微风化基岩不小于 5m。对于拟采用桩基的勘察场地,勘探点的平面布置和深度应满足桩基勘察的有关要求;

4 宜布置波速测试孔,测求各岩土层的纵、横波速度,划分场地类别,计算岩土的动力弹性模量、动剪切模量、动泊松比;

5 对于岩石地基宜采用声波测试查明岩体完整程度、软弱夹层的分布,划分基岩风化程度等级;

6 宜选用抽水试验、注水试验和压水试验等水文地质测试方法,测求各岩土层的渗透性参数;

7 勘探深度范围内的每一地层,均应采取原状试样进行室内试验,或者选用合适的原位测试方法进行原位测试,提供设计所需参数,取原状样和原位测试孔不应少于勘探孔总数的 2/3。

8.4 堤和坝

8.4.1 堤和坝的勘察应着重解决以下主要问题:

1 查明岸边和水底地貌形态;

2 查明滑坡、崩塌、冲刷、潜蚀、淤积等不良地质作用的分布规律,评价其对工程建设的影响;

3 查明特殊性岩土分布和工程性质,评价其对工程建设的影响;

4 提供地基设计、地基处理所需的岩土参数,提出地基处理方案的建议。

8.4.2 勘察方法应符合下列规定:

1 宜通过收集资料或工程地质调查与测绘、海域工程物探,查明陆域和地形地貌、地质构造特征、不良地质作用的分布;

2 初步设计阶段勘察勘探线宜平行堤、坝轴线布置 1~3 条勘探线,勘探点间距宜为 100~200 m,地质条件复杂时应适当加密。控制性钻孔深度应钻至地面以下 40m,一般性钻孔应钻至地面以下 30m。预计深度内遇基岩应钻入基岩 2~3m;遇坚硬的土层或密实的碎石土层,孔深可酌情减少;遇软弱土层应视情况加深或钻穿软弱土层。控制孔应不少于钻孔总数的 1/3。取原状土样孔不应少于钻孔总数的 1/3,其余勘探孔为原位测试孔;

3 施工图设计阶段勘察勘探线应平行于堤、坝轴线布置,堤、坝中心线布置主勘探线,主勘探线两侧各布置一条辅助勘探线,主勘探线上勘探点间距宜为 30~100m,辅助勘探线上勘探点间距宜为 60~200m。工程地质条件复杂时应适当加密勘探点。主勘探线和辅助勘探线上的钻孔应能形成横断面。

控制性钻孔深度应满足稳定性和变形验算的要求,或进入基岩不小于 3 m,一般性勘探孔深度应穿过主要受力层,进入稳定硬土层 2~3 m。控制孔应不少于钻孔总数的 1/3。取样和原位测试孔不宜少于钻孔总数的 2/3,对于软土宜采用十字板剪切试验测定土的不排水抗剪强度和灵敏度。

8.5 隧道

8.5.1 初步设计阶段勘察应采用工程地质测绘、工程物探、钻探、原位测试及室内试验等勘察手段,初步查明隧道沿线工程地质条件和水文地质条件,为初步设计提供依据。隧道初步设计阶段勘察应包括以下内容:

- 1 查明隧道沿线地形、地貌特征;
- 2 查明隧道沿线地层岩性、地质构造特征及岩体的风化程度;
- 3 查明隧道区地下水的类型、补给、径流、排泄条件,地表水体的分布及其与地下水的关系;
- 4 查明不良地质作用与地质灾害、特殊性岩土对隧洞的影响;
- 5 查明场地地震地质背景;
- 6 查明地应力分布及最大主应力作用方向,地温是否异常及有害气体的分布;
- 7 提供有关物理力学参数;
- 8 对隧道围岩进行分类,分析评价洞体和洞口的稳定性;
- 9 分析评价隧道穿越地段的地面建筑物、地下构筑物等已有工程和隧道的相互影响。

8.5.2 初步设计阶段勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000,测绘范围为隧道外侧各 50m,对于隧道进出口及不良地质作用发育地段应根据实际情况确定测绘范围;

2 对于前期资料和勘察过程中发现的隐伏断层、构造破碎带、溶洞等宜采用浅层地震剖面法或其它有效物探方法进行查明;

3 勘探孔宜布置在隧道外侧 3~5m 处,对于水下隧道宜布置在隧道外侧 6~8m 的位置。勘探孔布置应根据场地地质条件确定,且不宜少于 3 个勘探孔,在洞口位置和洞身不同地貌、不同地质单元处均应有勘探孔控制。采集试样和原位测试勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 2/3;

4 土质隧道钻孔应进入设计洞底标高以下 10~20m,预定深度内遇基岩或稳定分布的硬土层孔深可适当减小;岩质隧道钻孔应进入设计洞底标高以下中等风化~微风化岩层 3~5m;

5 勘探揭露的每一主要地层均应取样,当有地下水时应采取水样;当存在有害气体时应测试有害气体成分和含量;当地温异常时应测定地温;对于高应力区应测定地应力;

6 对岩质隧道宜进行波速测试和声波测井试验；
7 对于土质隧道和全风化、强风化岩石应根据岩土层的性状选用适当的原位测试方法，测试岩土体的物理力学指标；

8 钻孔应进行水位观测，选用抽水试验、压水试验等水文地质试验测定岩土体的水文地质参数。采用合适的方法测定含水层的孔隙水压力。

8.5.3 施工图设计阶段勘察应对隧道工程地质条件和水文地质条件进行详细评价，为隧道施工图设计、各段洞身掘进方法、支护及衬砌类型提供工程地质参数和依据。施工图设计阶段勘察应包括如下内容：

- 1 进一步查明隧道沿线地形、地貌特征；
- 2 查明隧道沿线地层岩性及地质构造特征。对于岩质隧道应着重查明岩体的风化程度，破碎带的位置、规模、产状和力学性质，结构面特征及其与隧道的组合关系；对于土质隧道应着重查明特殊性岩土分布及工程性质；
- 3 查明隧道区地下水的类型、水位、补给、径流、排泄条件，地表水体的分布及其与地下水的关系。预测开挖期间出水状态、涌水量，评价地下水对建筑材料的腐蚀性；
- 4 查明不良地质作用与地质灾害的类型、性质、分布，分析评价其对隧道的影响，并提出防治措施的建议；
- 5 对于深埋及高地应力地区的隧道，坚硬、致密、性脆岩体应预测岩爆的可能性，较软岩应预测塑性变形的可能性；
- 6 分段进行隧道围岩工程地质分类，确定各类围岩的物理力学参数，评价洞口和洞体的稳定性，提出隧道开挖方式、围岩支护及排水措施等建议；
- 7 查明隧道位置及邻近地段的地面建筑和地下构筑物及管线情况，预测隧道开挖可能产生的影响，并提出防护措施建议；
- 8 当需要采用掘进机开挖隧道时应查明岩石的抗磨性，在含有大量石英或其它坚硬矿物的地层中应查明其含量；
- 9 采用盾构法施工隧道应重点查明卵砾石地层、高灵敏度软土、松散砂层、承压水含水层、软硬混合地层及地层中障碍物的分布情况，并评价其对盾构施工的影响。

8.5.4 施工图设计阶段勘察方法应符合下列规定：

- 1 本阶段的测绘工作主要是对初步设计勘察阶段测绘工作进行补充完善，进一步查明隧道进出口部位工程地质条件、隧道沿线不良地质作用的发育情况。；
- 2 对于前期资料和勘察过程中发现的隐伏断层、构造破碎带、溶洞等应采用钻探与合适的工程物探方法进一步查明；
- 3 勘探孔宜布置在隧道外侧 3~5m 处，对于水下隧道宜布置在隧道外侧 6~8m 处。勘探孔的位置和数量应视地质条件的复杂程度而定，勘探孔间距宜为 50~150m，岩石隧道、工程地质条件简单、洞顶埋深较大的隧道可取较大值，土质隧道、浅埋隧道宜取较小值；隧洞进出口处、不同的地质单元、重要的不良地质作用发育地段、特殊岩土分布地段均应有钻孔控制，工程地质条件复杂地段宜适当加密勘探孔；
- 4 勘探孔深度可按本节 8.5.2 条的规定执行；
- 5 采集试样和原位测试勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2，原位测试及水文地质试验的要求应满足本节第 8.5.2 条的相关规定。

8.5.5 在工程建造阶段应在隧道开挖或导洞开挖过程中进行地质编录，结合监测成果，检查验证前期勘察的地质资料和结论，对可能出现的地质问题进行预报，当发现与勘察资料有较大出入时应及时修正围岩工程地质分类，提出修改设计和施工方案的建议。水下隧道宜采用超前勘探来验证前期资料，预报前方地质情况。

8.6 管道

8.6.1 管道勘察应着重查明以下内容：

- 1 管道沿线地形地貌、地质构造特征，不良地质作用和特殊性岩土分布范围及对管道工程的影响；
- 2 管道穿越或跨越铁路、公路、河谷、沟渠地段的岩土工程条件，管道穿越河谷的地段尚应对河床、岸坡的稳定性进行评价；
- 3 环境水和土对管道材料的腐蚀性；
- 4 存在饱和砂土、粉土的场地应按有关规定进行液化判别；
- 5 当采用非开挖工法时，除应查明岩土工程条件外，尚应分析评价施工可能产生的地面沉降及对地上和地下建构筑物的影响。

8.6.2 勘察方法应符合下列规定：

- 1 工程地质调查和测绘宜在初步设计阶段进行，范围为管道两侧各 50m，测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000；施工图设计阶段主要针对前期工作遗留的工程地质问题、不良地质作用发育地段和管道穿、跨越地段进行必要的补充调查测绘工作；
- 2 初步设计阶段勘察宜根据地形地貌、工程地质分区布置勘探工作量，不同地貌单元、不同地质单元应有勘探孔控制，对可能采用穿越或跨越的地段宜布置勘探孔，取样和原位测试孔不宜少于勘探孔总数的 2/3。勘探孔深度宜进入管道或支墩底标高以下不小于 5m，遇软弱地层应适当加深；管道穿越河谷地段勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下 5m；
- 3 施工图设计阶段勘察勘探孔应沿管道中线布置，勘探孔间距应视地质条件复杂程度和工程的重要性确定，沿线勘探孔间距宜为 50~200m，在每个地貌单元及交界处、管道转角处均应布置勘探孔；每个穿越或跨越地段不宜少于 2 个勘探孔，管道穿越河谷地段勘探孔数量不应少于 3 个。取样和原位测试孔不宜少于勘探孔总数的 1/2。勘探孔深度应钻至管道底标高以下 5m，预计深度内遇软弱土层应适当加深，遇基岩时可适当减少孔深；
- 4 勘探孔宜选择钻探和静力触探试验相结合的方法；
- 5 对于水文地质条件复杂、地下水位高出管道底标高的场地，或需要降低地下水位施工时，应选择合适的水文地质测试方法，提供岩土体水文地质参数；
- 6 应采取地下水和土试样进行腐蚀性分析试验，判断地下水和土对管道的腐蚀性。

8.7 取水头部和闸门井

8.7.1 取水头部和闸门井勘察应重点查明岸坡形态、冲淤及变化情况、最高及最低水位、地表水与地下水的补排关系、水的运动对岸坡稳定性的影响、岸边滑坡及崩塌对岸坡稳定性和场地稳定性的影响。

8.7.2 勘察工作应符合下列规定：

- 1 初步设计阶段宜开展工程地质调查和测绘，重点查明岸滩变迁及水动力地质作用对岸滩变迁的影响、不良地质作用的分布等；
- 2 初步设计阶段勘察勘探孔应根据场地工程地质条件的复杂程度和构筑物的平面位置进行布置，并宜有垂直于岸线的勘探线，勘探孔间距宜为 50~100m。勘探孔深度应根据实际地质条件和构筑物特征综合确定，控制性勘探孔深度应钻穿压缩层，一般性勘探孔应达到设计基底标高以下 5~8m，当预计深度内遇基岩时，控制性勘探孔应进入中等风化~微风化岩石不小于 3m，一般性勘探孔应进入中等风化~微风化岩石不小于 1m；控制性孔不少于勘探孔总数的 1/2；
- 3 施工图设计阶段勘察勘探孔应根据建筑物轮廓按周边和中心布置，同时应满足基坑设计、施工和岸坡稳定性评价的需要，勘探孔间距宜为 15~50m，遇地质条件复杂时宜加密

勘探孔。勘探孔深度与初步设计阶段勘察勘探孔深度相同。若有岸坡滑动时，所有钻孔均应钻入最深滑动面以下 3~5m。控制性孔不应少于勘探孔总数的 1/3。当采用桩基时，勘探点的平面布置和深度应满足桩基勘察的有关要求；

4 取样和原位测试孔不宜少于勘探孔总数的 1/2。对于软土层可选用静力触探试验、旁压试验和十字板剪切试验等原位测试方法，进行分层、测定土的模量、强度等指标；

5 宜采用波速试验测定岩土弹性波传播速度(纵波和横波)，划分场地类别，计算岩土的动力弹性模量、动力剪切模量、动力泊松比。

9 专门岩土工程勘察

9.1 断裂

9.1.1 核电厂断裂勘察应查明断裂的位置、规模和性质，分析其活动性，评价其对工程建设可能产生的影响。

9.1.2 初步可行性研究阶段的断裂勘察，应通过工程地质测绘、井探、槽探、钻探和必要的工程物探，查明地面出露断裂的位置、规模和性质，根据本阶段的地震地质调查结果，确认断裂的活动性。对于非能动断层，应初步评价其对地基的影响。

9.1.3 可行性研究阶段的断裂勘察，应通过工程地质测绘、井探、槽探、钻探和必要的工程物探，查明新发现的地面出露断裂的位置、规模和性质，根据本阶段的地震安全性评价结果，确认断裂的活动性。对于可能通过核岛、常规岛和其它与核安全有关的抗震 I、II 类建筑物地基的非能动断层，宜采用适当的原位测试和室内试验方法如波速测试、动力触探、密度试验等，查明其主要的工程特性指标，评价其对场地和地基的影响，必要时应提出避让的建议。

9.1.4 厂坪开挖整平后，对开挖揭露的断裂应进行详细的编录，查明其平面分布、产状、规模、性质、破碎带宽度、围岩特征等；对于新发现的断裂，尚应查明其活动性。对于非能动断层，当其通过或可能通过与核安全有关的建筑物尤其是核岛建筑物场地时，应采用适当的原位测试和室内试验方法，如波速测试、动力触探、密度试验等，测定密度、波速、动剪切模量、动弹性模量、动泊松比等主要物理力学指标，评价其对场地和地基的影响，提出处理方案的建议，场地条件许可时应提出避让的建议。

9.1.5 建筑物基坑开挖后，应验证上覆地层中的断裂是否延伸到地基，或者发现新的断裂。对于新发现的断裂，应查明其活动性。对于非能动断层，当其通过与核安全有关的建筑物尤其是核岛建筑物地基时，应针对此断裂进行勘察，评价断裂对地基的影响，提出处理方案的建议，并应符合以下规定：

- 1 对开挖揭露的断裂进行详细的编录，结合井探、槽探和典型剖面研究，查明其平面分布和产状，断距，断层物质或软弱夹层的性质、结构、胶结状态、风化程度、破碎带宽度、围岩特征；
- 2 必要时应采用钻探、工程物探等方法查明断裂的竖向分布；
- 3 对于具有一定宽度的破碎带，应采用波速测试和/或室内试验，测定波速、动剪切模量、动弹性模量、动泊松比、阻尼比等动力学参数；根据评价需要和破碎带特征，可采用动力触探、载荷试验、现场剪切试验等原位测试方法和密度试验、剪切试验等室内试验方法，提供破碎带的密度、模量、抗剪强度等物理力学指标和承载力；
- 4 必要时，勘察范围应扩大至场地开挖范围之外。

9.2 不良地质作用与地质灾害

9.2.1 拟建厂址或其附近存在对工程安全有影响的不良地质作用与地质灾害时，应进行不良地质作用与地质灾害勘察。

9.2.2 不良地质作用与地质灾害勘察除满足本规范的规定外，尚应满足《岩土工程勘察规范》(GB50021)的有关规定。

9.2.3 岩溶勘察应符合下列要求：

- 1 岩溶勘察应查明场地岩溶及地表塌陷的形态、分布、规律及岩溶发育程度，评价场地和地基的适宜性，并提出处理措施；
- 2 初步可行性研究阶段勘察应通过工程地质测绘、工程物探和必要的钻探，基本查明

岩溶的发育条件、发育程度，并对其危害程度和发展趋势作出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性作出基本评价；

3 可行性研究阶段勘察应采用工程地质测绘、工程物探、钻探和必要的测试相配合的综合勘察方法，查明岩溶和地面塌陷的形成条件、分布和发育规律，预测其发展趋势，评价场地岩溶发育程度及处理难易程度，并按场地岩溶的发育程度进行分区；

4 初步设计和施工图设计阶段勘察应采用以钻探为主的多种勘察方法，进一步查明建筑场地岩溶洞隙、土洞、地表塌陷的分布、发育程度和规律，以及基岩面的起伏情况，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议；

5 建造阶段勘察应针对某一地段或尚待查明的专门问题进行补充勘察。

9.2.4 滑坡勘察应符合下列要求：

1 滑坡勘察应查明滑坡的范围、规模、地质背景、性质，分析其产生的原因，评价其稳定性和危害程度，预测其发展趋势，提出防治方案或整治措施的建议；

2 初步可行性研究阶段勘察应通过工程地质测绘和必要的工程物探或钻探，查明滑坡的地质背景、形成条件和规模，并对其危害程度和发展趋势作出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性作出基本评价；

3 可行性研究阶段勘察应采用工程地质测绘、勘探和必要的测试等多种方法，进一步查明滑坡的范围、规模、性质，评价其稳定性和危害程度，预测其发展趋势，提出防治方案或整治措施的建议；

4 设计阶段勘察应采用勘探、原位测试、室内试验，及必要的工程地质测绘，进一步查明滑坡的各要素及影响滑坡稳定性的因素，提供滑坡稳定性评价和滑坡防治或整治所需的岩土参数，提出防治方案或整治措施；

5 当滑坡可能影响与核安全有关的抗震 I、II 建构筑物的安全时，其稳定性评价应符合本规范第 10 章的要求。

9.2.5 危岩和崩塌的勘察应在初步可行性研究阶段或可行性研究阶段完成，以工程地质测绘为主，应查明危岩和崩塌的分布范围、规模、类型及稳定程度，评价其危害程度，并对工程场地适宜性作出评价，提出防治方案的建议。

9.2.6 泥石流的勘察应符合下列要求：

1 泥石流的勘察应查明其形成条件、类型、规模、发育阶段、活动规律，并对工程场地适宜性作出评价，提出防治方案的建议；

2 泥石流的勘察应在初步可行性研究阶段进行，以工程地质测绘和调查为主，测绘和调查范围应包括厂址至分水岭的全部地段；测绘比例尺，对全流域宜采用 1: 25000~1: 1: 50000，对流域中下游和厂址区宜采用 1: 5000~1: 10000；

3 当需要对泥石流采取防治措施时，应进行勘探测试，进一步查明泥石流堆积物的性质、结构、厚度、固体物质含量、最大粒径、流速、流量、冲出量和淤积量等。

9.2.7 不良地质作用的岩土工程勘察报告，除应遵守本规范第 13 章的要求外，尚应包括下列内容：

1 不良地质作用的地质背景和形成条件；

2 对于岩溶，给出洞隙、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高；对滑坡，提供滑坡的形态要素、性质、平面图、剖面图和岩土工程特性指标；对围岩和崩塌，提供危岩和崩塌区的范围、类型；对泥石流，划分泥石流类型，阐明形成区、流通区、堆积区的分布和特征，提供专门工程地质图；

3 分析和评价不良地质作用对场地稳定性、适宜性的影响；

4 不良地质作用防治和监测的建议。

9.3 液化判别

9.3.1 当地坪下存在饱和砂土或粉土时，应进行地震液化可能性判别。

9.3.2 与核安全有关的建筑物的地震液化判别应至地面以下 20m 深度。液化判别宜采用多种方法综合判别。当采用《建筑抗震设计规范》（GB50011）规定的标准贯入试验判别法时，其中标准贯入锤击数基准值 N_0 宜按公式 9.3.2 进行计算，在设计未提供设计基准地面地震动峰值加速度时可按表 9.3.2-2 采用。

$$N_0 = \frac{\sum_{i=1}^3 \Psi_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^3 \Psi_i} \quad (9.3.2-1)$$

$$\Psi_i = \exp \left[- \left(\frac{a - b_i}{c_i} \right)^2 \right] \quad (i=1, 2, 3) \quad (9.3.2-2)$$

式中： N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值；

Ψ_i ——计算系数；

a ——建筑物验算地点的设计基准地面地震动峰值加速度（g）；

N_i, b_i, c_i ——计算参数，按表 9.3.2-1 采用。

表 9.3.2-1 计算参数

i	N_i	b_i (g)	c_i (g)
1	4.5	0.125	0.054
2	11.5	0.250	0.108
3	18.0	0.500	0.216

表 9.3.2-2 抗震 I、II 类建筑物标准贯入锤击数基准值

设计基准基岩地震动峰值加速度（g）	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
抗震 I 类建筑物	10	13	14	15	16	17
抗震 II 类建筑物	7	10	11	12	13	14

9.3.3 其它常规建筑物的地震液化判别，除设计另有规定之外，均应按《建筑抗震设计规范》（GB50011）的规定执行。

9.3.4 地震液化判别的勘察应符合以下要求：

1 每一建筑地段或单体建筑场地，为判别液化布置的勘探点不应少于 3 个，勘探孔深度应大于液化判别深度；

2 当采用标准贯入试验判别液化时，应按每个试验孔的实测击数进行。在需作判定的土层中，试验点的竖向间距宜为 1.0~1.5m，每层土的试验点数不宜少于 6 个；

3 当考虑建筑物地基共同作用判断抗震 I 类建筑物地基液化时，应提供砂土和粉土的抗液化强度指标，并宜提供砂土和粉土的动强度。

9.3.5 凡判别为可液化的场地，应按《建筑抗震设计规范》（GB50011）的规定确定其液化指数和液化等级。

9.3.6 与核安全有关的抗震 I、II 类建筑物地基判别为液化时，应对地基采取有效抗液化措施，以全部消除液化影响。对其它建构筑物，应根据建构筑物重要程度、地基的液化等级，采取合适的抗液化措施。

9.4 建筑材料

9.4.1 天然建筑材料勘察应查明各种天然建筑材料的分布、储量、质量、开采和运输条件，为工程合理开采利用提供依据。

9.4.2 天然建筑材料料场选择应遵守以下原则：

- 1 技术上可行、经济上合理，尽可能减少对环境产生不利影响；
- 2 先近后远，先集中后分散，并注意各种料源的比较；
- 3 不占或少占耕地、林地，确需占用时，应保留还田、还林土层；
- 4 应避免因料场的开挖而影响临近建筑物的安全和危及岸滩、边坡稳定；
- 5 宜有较好的开采和运输条件；
- 6 当核电厂场地施工开挖渣料质量符合要求时，宜优先利用开挖渣料。

9.4.3 天然建筑材料勘察宜划分为普查、初查及详查三个阶段，并宜在核电厂的施工图设计阶段之前完成。

9.4.4 普查阶段的勘察内容，应符合下列规定：

- 1 勘察工作宜在规划工程场地 40km 范围内进行；
- 2 收集当地有关天然建筑材料开采和使用情况的资料；
- 3 了解勘察范围的地形地貌、地层岩性、周边环境条件；
- 4 了解勘察范围内可用的天然建筑材料种类、分布位置、质量，估算其储量。

9.4.5 初查阶段的勘察内容，应符合下列要求：

- 1 对砂砾料应初步查明料层的厚度、物质组成及颗粒级配、夹层的分布及性质，地下水位、上覆无用层厚度等；对石料应初步查明地层岩性、夹层分布、矿物及化学成分，风化分带，结构面发育程度及充填物，覆盖层厚度、饱和极限抗压强度、碱活性等物理、化学、力学性质；
- 2 初步查明各种天然建筑材料的储量和质量，各料场的开采和运输条件；
- 3 各种天然建筑材料初查储量应达到设计需要量的 2.5~3.0 倍。

9.4.6 详查阶段的勘察内容，应符合下列要求：

- 1 查明砂砾料的成因、结构、层次、物质组成、颗粒级配，夹层的空间分布与性质，地下水位，上覆无用层厚度等；
- 2 查明石料的岩性、矿物和化学成分、结构特征、夹层的空间分布，风化分带，结构面发育程度及充填物性质，覆盖层厚度等；饱和极限抗压强度、碱活性等物理、化学、力学性质；
- 3 查明各种天然建筑材料的储量、质量，各料场的开采、运输条件，并应考虑开采对环境的不利影响；
- 4 各种天然建筑材料详查储量应达到设计需要量的 1.5~2.0 倍；
- 5 评价人工边坡的稳定性。

9.4.7 天然建筑材料勘察工作的布置，应遵守下列原则：

- 1 遵循由面到点，由地面到地下，由近到远的原则，先进行地质调查与测绘，然后再因地制宜地综合利用各种勘探手段；
- 2 应当根据料场情况、地下水位、岩土特性和勘察阶段，选择钻探或井探等勘探方法；石料宜以洞探、钻探为主，坑探为辅；当采用物探手段时，应根据地形和岩土物性条件选择物探方法；
- 3 勘探剖面应根据地形地貌和地质条件布置，宜沿岩相和岩性变化大的方向布置，勘探点应采用先疏后密，逐步增加并形成网格状；
- 4 取样组数和试验项目应根据天然建筑材料的种类、用途、料场面积、均匀性和勘察

阶段等确定。天然建筑材料试验项目详见附录 A。

5 料场地形图测量比例尺应根据料场的情况来确定，一般为 1：10000~1：2000。

9.4.8 天然建筑材料勘察报告，阐明各料场的位置、储量、质量、开采和运输条件等内容，并附必要的图件。

9.4.9 天然建筑材料勘察除满足本规范的规定外，尚应满足《混凝土结构设计规范》（GB50010-2002）的有关规定。

10 边坡工程

10.1 一般规定

10.1.1 核电厂人工边坡分为核安全相关边坡和常规边坡。

10.1.2 核安全相关边坡为边坡坡脚外小于 1.4 倍边坡高度范围,或坡脚外 50m 范围内存在核安全相关建构筑物的边坡,及其他可能对核安全相关建构筑物安全产生影响的边坡。

10.1.3 核电厂边坡勘察宜划分为初步勘察、详细勘察和施工勘察三个阶段。对于核安全相关边坡和大型常规边坡应进行专门的岩土工程勘察。

10.2 边坡勘察内容和方法

10.2.1 边坡初步勘察可与厂区可研勘察合并或同时进行。边坡初步勘察以搜集资料为主,并进行工程地质测绘和必要的勘探及测试工作,初步查明边坡区的地形地貌、边坡岩性和分布特征、地质构造、水文地质条件、不良地质作用特征及分布等,初步判断边坡的可能破坏模式并评价边坡的稳定性。边坡初步勘察宜符合以下要求:

1 搜集边坡区有关资料:地质、水文、气象资料;周边范围自然边坡和已有人工边坡的设计资料和稳定性情况;边坡附近建构筑物布置、结构类型、安全等级等资料;

2 工程地质测绘应包括边坡区和可能对边坡稳定性有影响的地段,测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000,至少有 2 条通过边坡主要断面的实测工程地质剖面;

3 勘探点宜结合厂址区勘察布置,对于核安全相关边坡或大型常规边坡,坡顶和坡脚均应布置钻孔,间距一般为 100m~200m;至少有一条纵向勘探剖面,每个勘探剖面上不少于 3 个勘探点;坡脚勘探孔深度应进入边坡坡脚地形剖面最低点以下不小于 3m,坡顶钻孔应穿过最深潜在滑动面进入稳定地层不小于 5m;

4 根据场地条件可适当开展工程物探工作,并结合钻探,初步查明边坡区的覆盖层厚度、分布,大型地质构造、地下水分布等;

5 进行少量原位测试和室内岩土力学试验,初步提供边坡岩土体及重要结构面的物理力学参数;

6 对于核安全相关边坡和大型常规边坡在初勘阶段宜设立地下水长期观测孔,进行地下水动态监测。

10.2.2 边坡详细勘察应查明边坡的工程地质条件、水文地质条件、工程地质类别、岩土体及主要结构面物理力学参数等,对边坡岩体进行质量分级和稳定性分类,分析边坡变形破坏模式,验算边坡的稳定性。边坡详细勘察宜符合以下要求:

1 工程地质测绘范围应包括边坡区及可能对边坡稳定性有影响的地段,平面测绘比例尺宜为 1:500~1:1000,剖面测绘比例尺宜为 1:200~1:500。对于核安全相关边坡以及大型常规边坡,不宜少于 3 条纵向工程地质实测剖面;

2 岩质边坡勘探范围宜包括边坡区和坡顶以外不小于 1 倍边坡高度范围,土质边坡勘探范围宜包括边坡区和坡顶外不小于 1.5 倍边坡高度的范围,以及其他可能对边坡稳定性有影响的范围;

3 勘探线宜垂直边坡走向布置,勘探点间距应根据地质条件和边坡重要性确定。核安全相关边坡勘探线间距不宜大于 30m,勘探点间距不宜大于 20m;常规边坡勘探线间距不宜大于 50m,勘探点间距不宜大于 40m。勘探点包括钻孔、探井、探槽或探洞等,每条勘探线不宜少于 3 个钻孔。坡脚位置钻孔深度进入坡脚地形剖面最低点和支护结构基底以下不小于 3m,其他钻孔应穿过最深潜在滑动面进入稳定层不小于 5m,最深潜在滑动面的位置可根据实际工程地质条件确定;

4 边坡区主要岩土层和软弱层应采取试样，每一土层采取试样不应少于 6 组，每一岩性层不应少于 9 组，软弱层宜连续取样；对边坡稳定性起控制作用的岩土层剪切强度试验试样不宜少于 9 组；核安全相关边坡，对边坡稳定起控制作用的岩土层的剪切强度试验试样不宜少于 12 组；

5 试验和测试项目应根据边坡的地质条件、规模、重要性等特点确定，可按照附录 B 执行；试验样品和现场试验地点应具有代表性。对控制边坡稳定性的软弱结构面，宜进行原位剪切试验；对核安全相关边坡和大型常规边坡，必要时可进行岩体应力测试、波速测试、动力测试、孔隙水压力测试和模型试验；

6 抗剪强度指标，应根据室内试验和原位测试结果综合分析，并结合当地经验确定，同时宜采用反分析法验证。

10.2.3 对于核安全相关边坡和大型常规边坡均应该开展边坡施工勘察。边坡施工勘察应配合施工开挖进行地质编录，核对、补充前阶段的勘察资料，必要时，进行施工安全预报，提出修改设计的建议。施工勘察中地质编录精度不宜小于 1:200。

10.3 边坡稳定性评价

10.3.1 边坡稳定性评价应在确定边坡破坏模式的基础上进行，可采用工程地质类比法、图解分析法、极限平衡法、数值分析法进行综合评价。边坡各区段条件不一致时，应分区段评价。

10.3.2 对于岩质边坡宜采用附录 C 中的方法进行岩体质量等级划分，综合评价边坡岩体质量类别。

10.3.3 边坡稳定性验算宜同时开展极限平衡计算和静力数值分析。对于核安全相关边坡宜开展动力数值分析，若边坡三维效应明显可建立三维边坡模型进行稳定性验算。

10.3.4 在进行边坡稳定性验算时应考虑地震作用。

10.3.5 常规边坡的抗震设防烈度可采用地震基本烈度，且不应低于边坡破坏影响区内建筑物的设防烈度。

10.3.6 核安全相关边坡的抗震稳定性计算，应计入水平与竖向地震作用在不利方向的组合；采用拟静力法考虑地震作用时，地震作用中的水平地震系数宜取 0.3，竖向地震系数宜取 0.2；对于破坏机制比较复杂的大型边坡，宜采用时程法进行分析，并与拟静力法的抗震稳定性分析结果加以对比，综合判断边坡的抗震稳定性。

10.3.7 对存在地下水渗流作用的边坡，稳定性分析应考虑地下水对边坡稳定性的影响。

10.3.8 边坡稳定性评价时，核安全相关边坡稳定性系数应不小于表 10.3.7 规定的稳定性系数要求，否则应对边坡进行处理。常规边坡稳定性系数宜取 1.20~1.35。

表 10.3.7 边坡稳定性系数

极限平衡法	静力数值分析法	动力数值分析法
1.5	1.5	1.2

10.3.9 对于核安全相关边坡和重要的常规边坡可开展可靠度分析。

10.4 边坡监测

10.4.1 对于核安全相关边坡和大型常规边坡应进行监测，监测内容根据具体情况可包括边坡位移、变形、地下水动态、爆破影响和易风化岩体的风化速度等。

10.4.2 对于核安全相关边坡宜布设 2~3 个监测断面，每个断面上表面位移监测点不宜少于 3 个，地下水位测点不宜少于 2 个，其他监测项目测点不宜少于 1 个。

10.4.3 边坡监测包括施工期间监测和竣工后的长期监测，竣工后的监测时间不少于 2 年。

10.5 边坡勘察报告要求

10.5.1 勘察报告编制依据的原始资料，应进行整理、检查、分析后方可作为报告编制的依据。

10.5.2 边坡岩土工程勘察报告除应符合本规范 13 章的规定外，尚应论述下列内容：

- 1** 边坡的工程地质条件和岩土工程计算参数；
- 2** 分析边坡的可能破坏模式，选择恰当的计算方法，分析计算边坡稳定性；
- 3** 分析建在坡顶、坡上建筑物的稳定性，以及边坡对边坡下建筑物的影响；
- 4** 提出最优坡形和坡角的建议；
- 5** 提出不稳定边坡整治措施和监测方案的意见。

11 水文地质

11.1 一般规定

11.1.1 核电厂厂址初步可行性研究阶段和可行性研究阶段均应开展水文地质调查工作。

11.1.2 初步可行性研究阶段厂址水文地质调查工作以搜集资料为主,主要包括厂址及附近区域水文地质、水文、气象、地下水利用及规划资料。

11.1.3 可行性研究阶段宜开展厂址附近 5 公里半径范围内的环境水文地质调查工作。工作以搜集资料为主,进行适当的外业工作,其主要内容包括:

- 1 搜集厂址及附近区域水文地质、水文、气象资料;
- 2 查明厂址附近范围地下水的类型、水位、动态变化,含水层的特征;查明地下水的补给、径流、排泄条件;查明包气带土壤特征及含水量等;
- 3 详细调查厂址附近范围地下水利用现状及规划资料,查明取水点水文地质条件,特别是工业、民用供水开采地段地下含水层介质的物理、化学特征及水文地质参数。评价地下水污染途径及对居民的可能影响;
- 4 查明厂址所在的水文地质单元基本特征,及其与相邻水文地质单元的水力联系,分析地表水与地下水的水力联系;
- 5 查明地表水及地下水水化学特征;
- 6 编制环境水文地质调查报告,绘制 1:2.5 万厂址附近范围水文地质图和通过厂址的水文地质剖面图。

11.1.4 宜在厂址可行性研究阶段勘察工作中布置适量的长期水文地质观测孔,对有关层位的地下水进行长期观测。

11.2 水文地质勘察方法

11.2.1 水文地质勘察方法应根据场地水文地质条件及其对建(构)筑物的影响选用,并应符合《岩土工程勘察规范》(GB50021)第 7.2 节的相关规定。

11.2.2 钻探中遇地下水时应量测初见水位和稳定水位,对工程有影响的多层含水层应分层量测稳定水位。

11.2.3 宜采用抽水试验确定地下水涌水量和含水层渗透性。

11.2.4 宜采用渗水试验或注水试验确定地表浅部包气带的渗透性。砂土和粉土可采用试坑单环法,黏性土可采用试坑双环法。试验深度较大时,可采用钻孔法,钻孔注水试验适用于各类土层。

11.2.5 宜采用压水试验确定岩体试段的透水率,分析评价岩体的透水性、充填性质和岩体的完整性。

11.2.6 测定地下水流向可用几何法,量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔(井)。测点间距按岩石的渗透性、水力梯度和地形坡度确定,宜为 50~100m。应同时量测各孔(井)内水位,确定地下水的流向。若钻孔数量较多,也可采用等水位线法确定地下水流向。地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

11.2.7 孔隙水压力测试应根据地质条件 and 设计、施工的需要确定。

11.2.8 对于不同水文地质单元的地下水应分别采取水试样,水试样的采取和试验项目应符合《岩土工程勘察规范》(GB50021)第 12 章的规定。

11.3 水文地质评价

11.3.1 在可研阶段,可根据地下水开采条件、地下水特征和厂址地质条件按表 11.3.1 将厂

址划分为与核环境影响有利和不利条件两种类型。

表 11.3.1 有利和不利条件划分

厂址 条件	地下水开采情况	地下水特征			地质条件
		潜水位埋深 H(m)	运动速 度 V(m/d)	与其它开采含水层 之间的关系	非饱和带岩性
有利 条件	厂址附近没有重要的 地下水取水点	较深 H>10	低 V<1	不连通	低孔隙中渗透性的松 散层或岩石
不利 条件	厂址附近地下水被广 泛开采	较浅 H<10	高 V>1	连通	多孔隙高渗透性的松 散层

11.3.2 应按照《岩土工程勘察规范》（GB50021）相关规定的要求，评价水文地质条件对工程建设的影响。

12 勘察方法

12.1 工程地质测绘

12.1.1 工程地质测绘的任务是查明厂址及其邻近地段的地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质作用、地表水与地下水情况。

12.1.2 工程地质测绘主要在初步可行性研究阶段和可行性研究阶段进行。在工程建造阶段可进行地质编录工作；当遇特殊工程地质问题时，可做补充工程地质调查工作。

12.1.3 工程地质测绘的范围应包括厂址及其邻近地段，初步可行性研究阶段工程地质测绘面积不应小于 4.0km^2 ，实测穿过主厂区的工程地质剖面不少于 2 条；可行性研究阶段工程地质测绘面积不应小于 2.0km^2 ，实测穿过主厂区的工程地质剖面不少于 3 条。

12.1.4 工程地质测绘应搜集的基础资料包括：厂址及其周围地区地形地貌、工程地质、水文地质、地震地质、构造地质、矿产地质、水文气象资料，以及航片或卫片的解译成果等。

12.1.5 工程地质测绘前应进行现场踏勘，确定实测地质剖面的位置，确定测绘方法和路线，确定重要地质现象的调查方案。

12.1.6 工程地质测绘的方法，初步可行性研究阶段宜采用全面查勘法，可行性研究阶段宜采用横穿越法或界线追索法。

12.1.7 各勘察阶段工程地质测绘的比例尺和精度应满足下列要求：

1 初步可行性研究阶段测绘比例尺宜选用 1: 5000~1: 10000；可行性研究阶段测绘比例尺宜选用 1: 1000~1: 2000；工程建造阶段测绘比例尺宜选用 1: 100~1: 500；实测工程地质地质剖面的比例尺宜为 1: 1000~1: 2000；

2 对工程有影响的地质单元体（断裂、裂隙带、滑坡、软弱夹层、洞穴、地下水出露点等），可采用扩大比例尺表示；

3 地质界线、实测工程地质剖面 and 地质观测点的测绘精度，在图上不应低于 3mm。

12.1.8 地质观测点的布置应符合下列要求：

1 地质界线、地质单元体均应布置地质观测点；

2 地质观测点的间距一般不大于 30m，在与核安全有关建筑物附近的地质界线、地质体、不良地质作用、地下水出露点以及岩脉、围岩接触关系复杂地段，地质观测点应适当加密；

3 地质观测点应充分利用天然和已有的人工露头，第四系覆盖区或露头较少地段，可布置一定数量的探槽、探井；

4 地质观测点应采用仪器定位，也可采用能满足精度要求的全球定位系统（GPS）定位。

12.1.9 工程地质测绘应包括下列内容：

1 查明地形地貌特征，划分地貌单元；研究微地貌特征及其与地层、构造和不良地质作用的关系；

2 查明岩土的名称、时代、成因、性质、厚度、接触关系和分布；对岩层应了解产状、节理裂隙的发育程度、风化程度；对土层应区分新近沉积土、各种特殊性土；

3 查明岩体结构类型、结构面、软弱结构面的产状和性质，岩土接触面和软弱夹层的特性等；

4 查明岩溶、洞穴、滑坡、泥石流、危岩崩塌、地面沉降等不良地质作用的形态、分布、规模和性质；

5 查明海、湖、河岸的类型、形态，水流对岸坡的冲刷作用，影响岸坡稳定的不利影响因素；

6 查明地下水的类型,补给、径流、排泄条件,井、泉的位置,含水层的岩性特征、埋藏深度、水位变化,地下水与地表水的关系;

7 调查人类活动情况,如人工洞穴、地下采空区、古井古墓等;

8 搜集气象、水文、地震、矿产等资料,调查洪水标高和淹没范围。

12.1.10 各阶段工程地质测绘均应编写专题报告。主要包括下列内容:

1 任务来源;

2 完成工作量;

3 自然地理概况;

4 区域地质概况;

5 厂区工程地质条件;

6 厂区水文地质条件;

7 不良地质作用;

8 自然边坡;

9 结论。

12.1.11 工程地质测绘报告宜附下列图件及必要的文字说明:

1 实际材料图;

2 综合工程地质图;

3 工程地质分区图;

4 综合工程地质柱状图;

5 实测工程地质剖面图;

6 断层、节理、裂隙统计图;

7 探槽、探井展示图;

8 工程地质素描图;

9 需要编制的其他图表。

12.1.12 原始资料应包括地质观测点和实测剖面的现场记录、素描图、照片,岩石定名试验报告等内容。

12.2 钻探与取样

12.2.1 钻探方法可根据岩土类别和勘察要求按照《岩土工程勘察规范》(GB 50021)选用。

12.2.2 钻探口径和钻具规格应符合现行国家标准的规定。成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

12.2.3 钻探应符合下列规定:

1 土层钻孔孔径不小于 91mm,基岩区钻孔孔径不小于 75mm。孔径应满足取样和测试的要求;

2 对土层宜采用岩芯管全断面取芯回转钻进,遇碎石类土等地层时,可选用振动回转钻进或冲击钻进。对于砂土、粉土、碎石类土宜采用泥浆护壁或套管跟进的钻进方法。粘性土采取率不小于 85%,粉土、砂土采取率不小于 65%;

3 对基岩宜采用双管单动岩芯管和金刚石钻头全断面连续取芯。完整岩体岩芯采取率不小于 85%,破碎岩体岩芯采取率不小于 65%。当需确定岩石质量指标(RQD)时应采用 75mm 口径(N 型)双管单动岩芯管和金刚石钻头钻具。

4 地下水位以上的土层宜进行干钻,钻进中遇地下水位时,应停钻量测初见水位和稳定水位,量测完水位后方可采用冲洗液钻进;

5 在土层及全、强风化岩层中钻进回次进尺应满足分层精度、取样和原位测试间距的要求,且不宜大于 2m;完整岩层中钻进回次进尺应不超过岩芯管的长度;软质岩石和破碎

岩体中钻进应控制回次进尺，每回次进尺不大于 2m；

6 钻进、测试、取样深度和分层深度的量测精度不应低于 $\pm 5\text{cm}$ ；

7 钻机必须安装平稳，开钻前检查立轴的垂直度。深度大于 100m 或需要进行跨孔波速试验的钻孔应进行孔斜测量，孔斜应每 100m 小于 1° ，钻进过程中宜每 25m 测量一次孔斜，当孔斜超出规定时，应及时采取纠斜措施；

8 钻孔岩芯应按深度顺序从左到右、自上而下排列于岩芯箱内，填写回次牌，岩芯应及时用油漆编号。需长期保存的岩芯，岩芯箱上应标注工程名称、设计阶段、孔号、孔口高程、箱号、起止深度、钻探日期等；

9 岩芯应及时拍摄彩色照片，编录完成后将需要保留的岩芯存入岩芯库妥善保管；

10 钻探竣工后，除需要保留的观测孔外应及时封孔，基岩钻孔应采用普通水泥浆液（水灰比 0.5~0.6）封孔，土层钻孔应采用原土或粘土球分层捣实回填。

12.2.4 钻孔记录和编录应符合下列要求：

1 现场记录应由经过专业培训的人员承担，记录应真实、准确、及时；

2 钻探过程中应认真填写钻探报表，记录所有的钻进过程，包括钻进难易程度、操作手感、钻进时间、变换钻具、增加钻杆，护壁方式、记录回次进尺和岩芯采取长度、编写回次岩芯编号等工作；

3 在钻进过程中遇到涌水、漏水、逸气、卡钻、掉钻、掉块等异常情况时，及时记录其深度，并做相应的测量；

4 岩芯应按回次及时鉴别描述，计算回次岩芯采取率和岩石质量指标（RQD），统计节理裂隙条数及其倾角和充填情况；

5 岩土层描述内容应符合《岩土工程勘察规范》（GB50021）的相关规定。

12.2.5 取样应符合下列要求：

1 土试样的采取应符合《岩土工程勘察规范》（GB50021）第 9.4 条款的相关规定；

2 砂土、粉土层原状样宜采用内环刀取砂器采取，并应及时就近进行试验；

3 土样采取应根据地层的均匀性及试验要求确定，在地基主要受力层内取样间距宜为 1~2m，当土层厚度较大时可适当放大取样间距。遇地层复杂时应增加取土密度。厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体应采取土试样，当取样有困难时应采用原位测试方法测定其性质；

4 岩石样品可在岩芯中选取或在探井、探槽中刻取。样品采取应有代表性，每组岩石样品宜在同一钻孔相近深度段内采取，当一组样品无法在同一钻孔内取齐时，可在相邻钻孔相同岩性段内补取。样品采集的数量及总长度应根据试验项目确定，每块样品的尺寸应能满足试块加工及试验要求；

5 岩石样品应按不同岩性、不同风化程度分别采取，取样位置应综合考虑地基基础、边坡、围岩等岩土工程评价的需要及拟建物的重要性；

6 易软化、崩解岩石应及时取样，包装蜡封，妥善保存，样品应尽快送试验室试验。

12.3 工程物探

12.3.1 工程物探应结合工程需要和勘察场地条件合理布置，可选方法包括电法勘探、地震勘探、层析成像、地球物理测井等。

12.3.2 电法勘探应符合下列规定：

1 电法勘探可选用高密度电法、电剖面法等；

2 电法勘探的工作条件和仪器设备性能应满足相关要求；

3 高密度电法的工作布置应综合考虑干扰源、地形条件、装置形式、电极排列数量、探测深度、探测精度等因素；电剖面法的工作布置应综合考虑地质构造带和岩性分界面的走向、任务要求、探测对象的规模和埋深等因素；

4 采用高密度电法进行分层、局部不良地质体探测宜选择对称四极装置，进行岩性分界探测宜选择双向三极装置、微分装置、三极装置，探测浅层不均匀地质体宜选择偶极装置；采用电剖面法探测非水平的构造带、划分岩性界面、探测岩溶可选用双向三极装置、三极装置、二极装置、微分装置，探测局部不良地质体可选用对称四极装置、偶极装置，探测浅层不均匀地质体可选用偶极装置；

5 极距选择应充分考虑探测精度和探测深度的要求；

6 高密度电法和电剖面法的测线应呈直线布置，电极在测线方向上的偏差应小于极距的 1%，在垂直测线方向的偏差应小于该极距的 5%，且有效探测范围应覆盖被探测对象；

7 电法勘探的资料解释应充分结合自身的数据特征和已知地质界面、钻孔等资料进行，通常应提供工作布置图、成果图和成果解释图等。

12.3.3 地震勘探应符合下列规定：

1 地震勘探可选用浅层折射波法、浅层反射波法和瑞雷波法；

2 地震勘探的工作条件和仪器设备性能应满足相关要求；

3 工作布置应根据任务要求、探测方法、探测目的体的规模与埋深等因素综合确定；

4 观测系统在符合探测任务要求并保证有效波连续对比追踪的前提下，应采用简便的观测系统；

5 检波器间距、类型和固有频率应根据选用方法、探测任务要求、地球物理条件确定，同一测线上的道间距应相同，检波器应位置准确，埋置条件一致，检波器不能安置在原设计点位时，可沿垂直测线方向移动，其偏移距离应小于道距的 1/5；

6 进行水域地震勘探时，可根据目的要求选用不同的工作方法，工作过程中应及时测量水边线高程和沿测线的水深，当水位变化超过 0.5m 时，应进行校正；

7 应根据地震波的不同特征，采用合适的方法进行波的对比，旅行时读数应符合相关要求；

8 平均速度和有效速度的选取应充分利用现场的钻孔资料，并考虑近地面介质不均匀性、低速带与下伏层厚度的相对变化的影响，当地层低速带厚度变化引起有效速度明显变化时，应进行低速带校正；

9 地震勘探的数据处理应根据各自的数据特征采用不同的方法进行处理，资料解释应充分利用测区内有关地质、钻探及其他物探资料；

10 地震勘探成果图件通常应包括工作布置图、成果地质解释剖面图或平面图；瑞雷波勘探成果图件通常应包括工作布置图、波速-深度曲线图、深度-频率曲线图、层速度和层深度剖面等值线图等。

12.3.4 层析成像应符合下列规定：

1 层析成像可选用地震波速度层析成像（简称地震波 CT）和电磁波吸收系数层析成像（简称电磁波 CT）；

2 被探测目的体与周边介质之间存在电性或弹性波速度差异，具有电性差异的应选用电磁波 CT，具有弹性波速度差异的应选择地震波 CT；同时存在电性和弹性波速度差异的可根据条件选择其中一种，当条件复杂时可选用多种 CT 方法；

3 所选用的仪器设备性能应满足相关要求；

4 应根据任务要求选择合适的孔间距和测点间距，孔间距通常为 40 米左右，测点间距不宜大于 1 米；

5 宜采用一发多收的扇形观测系统，发射点间距宜与接收点间距一致，在同一剖面上进行多个孔间 CT 观测时，应保持观测系统一致；

6 地震波 CT 的钻孔应进行井斜测量，以进行地震波速校正；电磁波 CT 应通过现场试验选择仪器的工作频率和对应天线，当同一剖面进行多组电磁波 CT 时，应使用相同的频

率，并在地球物理条件相对简单的孔段进行三孔法同步观测，以确定初始场强和背景值；

7 应根据地球物理条件、观测系统、成像精度、分辨率和探测任务要求建立数学物理模型进行反演，并根据 CT 图像速度或吸收系数的分布规律，结合被测区域的地层岩性、地质结构等进行地质推断解释；

8 层析成像成果图件宜包括 CT 图像、射线分布图、CT 解释成果图，同一剖面的多组 CT 剖面可拼接成成果剖面图。

12.3.5 地球物理测井应符合下列规定：

1 地球物理测井可选用电测井、声波测井、井斜测量等；

2 用于地球物理测井的仪器设备性能应满足相关技术要求；

3 测井电缆长度标记误差应小于 1%，且每测 10 口井应检查标记一次；

4 电测井、声波测井时宜将孔壁冲洗干净，测点点距宜为 20-40cm，井斜测量的测量点距应按任务要求确定；

5 测井数据或曲线的深度比例尺宜与钻孔柱状图的比例尺一致，同一测区宜采用同一深度比例尺，并根据地质资料、测井数据或曲线来确定横向比例尺，在保证曲线记录不超值的情况下选用大比例尺；

6 应根据各种测井曲线的分层特征，对不同参数曲线进行对比分析，结合地质、钻探等资料，按物性和地质名称分层，确定地层或地质体的深度和厚度；

7 声波测井的资料解释和推断，应先从宏观上把全孔划分为若干个声速不同的厚层，求取这些层的平均波速，然后再分析各个异常，做出地质推断并划分出薄层；对斜孔的井斜测量应绘制钻孔在水平面和垂直面上的投影图；

8 同一钻孔中进行的电测井、声波测井，宜绘制在同一张综合测井成果图上，并保持深度坐标的一致，其成果应以文字形式反映到综合测井曲线解释图上，地质剖面上有多个钻孔，或钻孔比较稠密的测区，应在完成单个钻孔的测井解释图基础上，绘制整个剖面的地质解释剖面图。

12.3.6 地球物理勘探成果判释时，应考虑其多解性，区分有用信息与干扰信号。需要时应采用多种方法探测，进行综合判释，并应有已知物探参数和一定数量的钻孔验证。

12.4 原位测试

12.4.1 原位测试应符合下列规定：

1 原位测试方法应根据岩土工程条件、勘察阶段、建筑物的重要性、设计对参数的要求、地区经验和测试方法的适用性等因素选用；

2 根据原位测试结果，利用地区性经验估算岩土工程特性参数和对岩土工程问题做出评价时，应与室内试验和工程反算参数作对比，检验其可靠性；

3 原位测试中使用的仪器设备应在检验和标定的合格期内；

4 测试点与测试部位的选定应具有代表性；

5 采用新的测试技术时应与其它测试方法相配合，并经过实践取得经验后方可使用；

6 分析原位测试成果资料时，应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验的影响，结合岩土条件，剔除异常数据。

12.4.2 载荷试验应满足下列要求：

1 载荷试验适用于各类土和岩石。应根据试验条件、试验深度等选择浅层平板载荷试验、深层平板载荷试验、螺旋板载荷试验；

2 载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不宜少于 3 个，当场地内岩土体不均时，应适当增加。浅层平板载荷试验宜布置在基底标高处；

3 载荷试验可用于测定各类地基岩石的承载力，也可用于测定各类土和极软岩的变形

模量和基准基床系数。

12.4.3 静力触探试验应满足下列要求：

1 静力触探试验适用于软土、一般性黏土、粉土、砂土和含少量碎石的土。静力触探可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头；

2 静力触探试验可测定比贯入阻力 (p_s)、锥尖阻力 (q_c)、侧壁摩阻力 (f_s) 和贯入时的孔隙水压力 (u)；

3 根据静力触探资料，利用地区经验，可进行力学分层，估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力、沉桩阻力，进行液化判别等。根据孔压消散曲线可估算土的固结系数和渗透系数。

12.4.4 圆锥动力触探试验应满足下列要求：

1 圆锥动力触探试验的类型可分为轻型、重型和超重型三种。轻探适用于浅部的填土、砂土、粉土、粘性土，重探适用于砂土、中密以下的碎石土、极软岩，超重探适用于密实和很密的碎石土、软岩、极软岩；

2 根据圆锥动力触探试验击数和地区经验，可进行力学分层，评定土的均匀性和物理性质（状态、密实度）、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力，查明土洞、滑动面、软硬土层界面，检测地基处理效果等。

12.4.5 标准贯入试验应满足下列要求：

1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、一般黏性土以及风化岩石；

2 标准贯入试验锤击数 N 值，可对砂土、粉土、黏性土的物理状态，土的强度、变形参数地基承载力、单桩承载力，砂土和粉土的液化，成桩的可能性等作出评价；有经验的地区也可用来划分岩石的风化程度。

12.4.6 十字板剪切试验应满足下列要求：

1 十字板剪切试验可用于测定饱和软黏性土 ($\psi \approx 0$) 的不排水抗剪强度和灵敏度；

2 十字板剪切试验点的布置，对均质土竖向间距可为 1m，对非均质或夹薄层粉细砂的软黏性土，宜先作静力触探，结合土层变化，选择软黏土进行试验；

3 十字板剪切试验成果可按地区经验，确定地基承载力、单桩承载力，计算边坡稳定，判定软黏性土的固结历史。

12.4.7 旁压试验应满足下列要求：

1 旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、残积土、极软岩和软岩等；

2 旁压试验应在有代表性的位置和深度进行，旁压器的量测腔应在同一土层内。试验点的垂直间距应根据地层条件和工程要求确定，但不宜小于 1m，试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于 1m；

3 根据初始压力、临塑压力、极限压力和旁压模量，结合地区经验可评定地基承载力和变形参数。根据自钻式旁压试验的旁压曲线还可测求土的原位水平应力、静止侧压力系数、不排水抗剪强度等。

12.4.8 波速测试应满足下列要求：

1 波速测试适用于测定各类岩土体的弹性波速度，可根据任务要求，采用单孔法、跨孔法；

2 单孔法波速测试测点垂直间距宜取 1m；

3 核岛区每组跨孔波速测试应设置一个振源孔和至少两个接收孔，振源孔和接收孔应布置在一条直线上，测点垂直间距宜取 1m；宜采用多种振源。

12.4.9 钻孔弹模测试

1 可根据岩体的完整程度和坚硬程度选择恰当的测试仪器，如钻孔压力仪、钻孔膨胀仪、钻孔弹模计。

2 测试段岩性的力学性质应基本一致；不同岩层都应有代表性测点，基础底面以下20~30 m深度之内，每隔5m一个测点，超过20~30 m，每隔10m一个测点；

3 根据各级加荷压力和对应的孔径变形量，绘制压力—孔径变形量关系曲线，计算岩体的弹性模量或变形模量。

12.4.10 为满足专门评价需要或某些特殊测试目的时，尚可采用其它原位测试方法，如测定岩土体本身、岩土体沿软弱结构面、岩体与其它材料接触面的现场剪切试验，测定岩体变形参数的承压板法、钻孔变形试验，测定地应力的岩体原位应力测试，测定地基刚度系数和阻尼比的激振法测试等。

12.4.11 原位测试的仪器设备和操作方法应符合《岩土工程勘察规范》(GB50021)和相应测试标准的规定。

12.5 室内试验

12.5.1 岩土性质的室内试验项目和试验方法应根据岩土的性状特点和工程要求确定。试验条件应尽可能接近实际，并与设计和施工状态相一致，需要时应考虑岩土的原位应力场和应力历史、工程活动引起的新应力场和新边界条件等因素。

12.5.2 岩土性质室内试验的仪器和具体操作应符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)和《地基动力特性测试规范》(GB/T 50269)的规定。

12.5.3 制备试样前，应对岩土的重要性状做肉眼鉴定和简要描述。

12.5.4 根据室内试验结果确定岩土单元的工程特性指标时，应注意岩土试样与实际岩土体的差别，考虑实际岩土体的非均质性、非等向性和不连续性的程度，并与相关的原位测试或原型观测成果比较，综合确定。

12.5.5 土的透水性指标可由渗透试验提供。常水头试验适用于砂土和碎石土；变水头试验适用于粉土和黏性土；透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数，计算渗透系数。土的渗透系数取值应与野外抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

12.5.6 土的压缩性指标可由固结试验提供。用于地基沉降计算时，试验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的压力段。当考虑土的应力历史进行沉降计算时，应进行高压固结试验，在估计的先期估计压力之后进行一次卸荷，提供先期固结压力、压缩指数和回弹指数。需要分析沉降历时关系时，应提供固结系数。需要考虑开挖基坑地基土的回弹变形时，应提供回弹指数和回弹模量。

12.5.7 在厚层高压缩性软土上修筑建、构筑物时，宜测定次固结系数。

12.5.8 土的抗剪强度试验应根据土层条件、建筑物性质、施工速率、计算方法等进行选择。对非核安全相关的建筑物，当地基排水条件好、加荷速率较慢的情况，或经过预压固结的地基，可采用三轴固结不排水试验或固结快剪试验；其余情况均应采用三轴不固结不排水试验或快剪试验。

12.5.9 当需要采用室内试验测定土的动力性质时，可采用振动三轴试验或共振柱试验。

12.5.10 岩石单轴抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度，并提供极限抗压强度和软化系数。岩石的弹性模量和泊松比可根据单轴压缩变形试验测定。对各向异性明显的岩石应分别测定平行和垂直层理面的强度。对性质受水影响的岩石，宜测定天然状态下的单轴抗压强度。

12.5.11 岩石三轴压缩试验宜根据其应力状态选用四种围压，并提供不同围压下的主应力差与轴向应变关系、抗剪强度包络线和强度参数 c 、 φ 值。

12.5.12 岩石直剪试验宜针对工程需要，选择岩石或节理面、滑动面、断层面、岩层层面

等不连续面进行，并提供 c 、 φ 值和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

12.5.13 当无法取得完整试样时，可由点荷载试验和声波速度测试结果间接确定岩石的强度。

12.5.14 岩石的动力性质参数宜根据声波测试的结果，结合经验确定。

12.5.15 土和水的腐蚀性试验应符合国家现行标准《土工试验方法标准》(GB/T50123)，《水利水电工程地质勘察水质分析规程》(DL/T 5194)，腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的规定。

,

,

4~7

8~11

1

13.2.4-1

(13.2.4-2)

(13.2.4-3)

13.2.5

	0.10		0.35
	0.20		0.30
	0.10		0.30
	0.35		0.30
	0.30		0.25

13.2.6-1

13.2.6-2

S

k

1100m/s

13.3.3 ()

m/s	kPa	m/s	kPa
500	400	1500	5000
700	600	2000	15000
1100	1200	2500	30000

()

$$a_k = \frac{a_{k0}}{a_{k1}}$$

a_k

kPa

kPa

(13.3.4)

0.1 0.2

0.5

0.2 0.5

$$r = \frac{b}{d} + \frac{c}{m} + \frac{e}{k}$$

b

d

c

13.3.5

6m

6m

(13.3.5)

43

k()	b	d	c
10	1.202	2.017	5.769
11	1.314	2.166	5.996
12	1.436	2.326	6.236
13	1.570	2.498	6.488
14	1.718	2.684	6.754
15	1.880	2.884	7.033
16	2.058	3.101	7.328
17	2.254	3.336	7.639
18	2.470	3.589	7.968
19	2.708	3.863	8.315
20	2.970	4.160	8.682
21	3.261	4.482	9.071
22	3.581	4.831	9.482
23	3.936	5.210	9.919
24	4.329	5.622	10.382
25	4.765	6.071	10.874
26	5.248	6.559	11.398
27	5.786	7.091	11.955
28	6.384	7.672	12.548
29	7.051	8.306	13.181
30	7.794	9.000	13.856
31	8.625	9.760	14.578
32	9.554	10.592	15.351
33	10.596	11.506	16.178
34	11.765	12.511	17.066
35	13.079	13.617	18.019

k()	b	d	c
36	14.559	14.837	19.044
37	16.229	16.183	20.148
38	18.116	17.671	21.338
39	20.253	19.320	22.624
40	22.678	21.150	24.014
41	25.436	23.184	25.519
42	28.579	25.449	27.153
43	32.171	27.976	28.929
44	36.284	30.803	30.862
45	41.006	33.970	32.970
46	46.443	37.528	35.275
47	52.721	41.534	37.799
48	59.990	46.056	40.569
49	68.436	51.174	43.616
50	78.278	56.982	46.974
51	89.790	63.592	50.686
52	103.302	71.140	54.799
53	119.226	79.785	59.369
54	138.067	89.721	64.460
55	160.457	101.184	70.149
56	187.187	114.457	76.528
57	219.253	129.891	83.703
58	257.922	147.916	91.803
59	304.809	169.062	100.982
60	361.999	193.995	111.426

13.3.3

13.3.4

13.3.6

$$a = a_k + b \cdot (-3) + d \cdot m \cdot (-0.5) \tag{13.3.6}$$

	b	d
	0	1.0
	0.5	2.0
	1.0	3.0

700m/s

700m/s

,

8

8

A

A.0.1

1		*	*	*	*	*	*
2				*	*	*	*
3				*	*	*	*
4				*	*	*	*
5				*	*	*	*
6							
7				*		*	
8				*	*	*	*
9					*		*
10							
11							
12					*		*
13			*		*		*
14							
15	SO ₃						
16							
17							
18					*		*
19							
*							

A.0.2

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	SO ₃	

A.0.3

1		

2		
3		
4		
5		
6		
7	SO ₃	
8		
9		
10		

A.0.4

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

A.0.5

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

B

B.0.1

B.0.2

C

C.1.1

		BQ
I		>550
II		550~451
III		450~351
IV	~ ~	350~251
V	~	250

BQ C.1.1
o 90 3 250 C.1.1
MPa

CSMR

CSMR RMR , RQD

F₁ F₂ F₃
F₄

W 1 2 3 4 C.2.1

C.2.1 C.2.2

0.57 34.3 C.2.2

H— m

RMR RMR 5 RQD

1	MPa		>10	4~10	2~4	1~2	<1
			250~100	100~60	60~30	30~15	15~5
			15~10	8	5	3	2~0
2	RQD %		90~100	75~90	50~75	25~50	<25
			20	17	13	8	3
3	cm		200~100	100~50	50~30	30~5	<5
			20~15	13	10	8	5
4							
			6	4	2	1	0
		mm		<5	>5	<5	>5
			6	4	2	2	0
		mm		<0.1	0.1~1	1~5	>5
			6	5	4	1	0
		mm	<1	1~3	3~10	10~20	>20
			6	4	2	1	0
			6	5	3	1	0
5							
		Lu	<0.1	0.1~1	1~10	10~100	>100
			15	10	7	4	0

F_1 F_2 F_3
 c d i
 c d i C.2.3

P	$1 = j_s $	>30	30 ~20	20 ~10	10 ~5	<5
T	$1 = j_s - 180 $					
P T	F_1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	$2 = j $	<20	20 ~30	30 ~35	35 ~45	>45
P	F_2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
T	F_2	1	1	1	1	1
P	$3 = j_s$	>10	10 ~0	0	0 ~(10)	< 10
T	$3 = j_s^+$	<110	110 ~120	>120		
P T	F_3	0	5	25	50	60
P	T	s	j	s	j	

C.2.4

	1.0
	0.8~0.9
	0.7

m

C.2.5

F4	+5	+10	+8	0	8

CSMR

C.2.6

	V	IV	III	II	I
w	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100

GB 50021
GB 50007
GB 50011
GB 50267