

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

MH/T 5025 2011

P

民用机场勘测规范

Specifications for Geotechnical Investigation and Surveying of Airport

2011 4 18 发布

2011 5 1 施行

中国民用航空局 发布

中华人民共和国民用航空行业标准

民用机场勘测规范

Specifications for Geotechnical Investigation and Surveying of Airport

MH/T 5025 2011

主编单位：中国民航机场建设集团公司

批准部门：中国民用航空局

施行日期：2011年5月1日

2011•北京

前 言

本规范根据中国民用航空局 关于进行《民用机场勘测规范》编制、《民用机场总体规划》编制和《民用航空运输机场水泥混凝土道面设计规范》修订工作的函 要求，以中国民用航空局机场司为主编部门，由主编单位中国民航机场建设集团公司邀请中国建筑西南勘察设计研究院、成都军区空军勘察设计院、中国民用航空局机场司有关专业人员共同编制完成。

本规范为民航推荐性行业标准。本规范为首次编制，在编写工程中参考了国内外有关技术规范，总结和吸收了多年来机场工程中的勘测设计成果和工程建设经验，经多方面征求意见和多次专家咨询，并反复讨论和修改后，审查定稿。为提高规范质量，请有关单位在使用本规范的过程中，随时将问题和建议反馈给中国民航机场建设集团公司科技质量部（北京市北四环东路 111 号，邮编 100101，E-mail：kjzlb@cacc.com.cn），以供以后修订时参考。

本规范主编单位：中国民航机场建设集团公司

本规范主要起草人：李 强、魏弋锋、张合青、姜昌山、袁昌丰、赵跃平、李天华、
李正兴、谢春庆、姚亚波、刁永海、高 天、赵洪元、董秀丽

本规范主要审查人：顾宝和、张苏民、齐 诚、吴德勋、凌建明、杨俊峰、石俊成、
周载阳、李 立、张凤录、陈上明、朱森林、李军世、杨思坤

目 次

| | | |
|----------|---------------------|-----------|
| 1 | 总 则 | 1 |
| 2 | 术语、符号 | 2 |
| 2.1 | 术 语 | 2 |
| 2.2 | 符 号 | 4 |
| 3 | 基本规定 | 6 |
| 3.1 | 工程勘察基本规定 | 6 |
| 3.2 | 工程测量基本规定 | 8 |
| 4 | 工程测量 | 10 |
| 4.1 | 平面控制测量 | 10 |
| 4.2 | 高程控制测量 | 15 |
| 4.3 | 地形测量 | 17 |
| 4.4 | 线路测量 | 21 |
| 4.5 | 导航台站测量 | 22 |
| 4.6 | 净空障碍物测量 | 23 |
| 5 | 选址勘察 | 25 |
| 5.1 | 一般规定 | 25 |
| 5.2 | 气象条件调查 | 25 |
| 5.3 | 工程地质测绘与调查 | 25 |
| 5.4 | 工程地质勘察 | 26 |
| 6 | 初步勘察 | 28 |
| 6.1 | 一般规定 | 28 |
| 6.2 | 工程地质测绘与调查 | 28 |
| 6.3 | 工程地质勘察 | 30 |
| 6.4 | 水文地质勘察 | 31 |
| 7 | 飞行区详细勘察..... | 33 |
| 7.1 | 一般规定 | 33 |
| 7.2 | 工程地质测绘与调查 | 33 |
| 7.3 | 工程地质勘察 | 34 |
| 7.4 | 水文地质勘察 | 35 |
| 8 | 特殊性岩土勘察..... | 37 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 8.1 软弱土 | 37 |
| 8.2 湿陷性黄土 | 38 |
| 8.3 膨胀土 | 39 |
| 8.4 盐渍土 | 40 |
| 8.5 冻土 | 42 |
| 9 特殊地质条件勘察 | 44 |
| 9.1 一般规定 | 44 |
| 9.2 岩溶勘察 | 44 |
| 9.3 滑坡勘察 | 46 |
| 9.4 地震效应勘察 | 48 |
| 9.5 断裂勘察 | 50 |
| 9.6 泥石流勘察 | 50 |
| 9.7 采空区勘察 | 52 |
| 10 其他专项勘察 | 53 |
| 10.1 地表土勘察 | 53 |
| 10.2 挖方区土石材料性质及土石比勘察 | 53 |
| 10.3 地方建筑材料调查 | 55 |
| 10.4 高填方边坡工程勘察 | 55 |
| 10.5 航煤罐工程勘察 | 57 |
| 11 岩土工程监测 | 60 |
| 11.1 一般规定 | 60 |
| 11.2 软土地基工程监测 | 61 |
| 11.3 高填方工程监测 | 63 |
| 12 岩土工程分析与评价 | 65 |
| 12.1 岩土物理力学指标的分析与评价 | 65 |
| 12.2 天然地基分析与评价 | 65 |
| 12.3 地基处理分析与评价 | 66 |
| 12.4 边坡稳定分析与评价 | 66 |
| 12.5 岩溶稳定分析与评价 | 67 |
| 13 勘测成果报告 | 69 |
| 13.1 测量成果 | 69 |
| 13.2 选址勘察报告 | 70 |
| 13.3 初步勘察报告 | 71 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 13.4 飞行区详细勘察报告 | 72 |
| 13.5 岩土工程监测成果报告 | 74 |
| 附录 A 机场场地复杂程度、地基等级及飞行区指标划分 | 75 |
| 附录 B 现场原位测试项目 | 77 |
| B.1 现场原位测试项目的适用情况 | 77 |
| B.2 现场地基反应模量试验方法 | 77 |
| 附录 C 室内岩土试验项目 | 80 |
| 附录 D 主要物探方法的适用范围与技术要点 | 81 |

1 总 则

1.0.1 为适应我国民用机场工程建设发展的需要,规范民用机场工程勘察与工程测量的技术要求,提高民用机场勘测技术水平,使勘测工作具有针对性、专业性和系统性,保证勘测成果的可靠性和实用性,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建和改(扩)建民用航空运输机场工程及军民合用机场民用部分的勘察与测量。通用机场、直升机场工程的勘测可参照执行。

1.0.3 航站楼工程、道路工程、排水工程、通导航管工程、机务维修工程、消防工程、供油工程、给水供热工程、供电供气工程、生产辅助及行政生活设施、环境保护等机场工程中的建筑部分和公用设施部分的岩土工程勘察,执行《岩土工程规范》(GB50021)、《市政工程勘察规范》(CJJ56)等相应的专业工程规范的规定。

1.0.4 机场工程勘察和机场工程测量,除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准、规范的规定和机场工程建设所在地区现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

() 机场工程术语

2.1.1 机场 airport

陆地上或水面上供飞机起飞、着陆和地面活动使用的特定区域,包括建筑物、构筑物、装置和设施。

2.1.2 飞行区 airfield area

在机场上划定的供飞机起飞、着陆、滑行和停放使用的场地,包括跑道、滑行道、机坪、跑道端安全区、升降带及机场净空。

2.1.3 航站区 terminal area

机场陆、空交换区域陆侧部分的统称,包括航站楼(候机楼)、管制中心、停车楼(场)、航站楼交通及服务设施等。

2.1.4 工作区 appurtenant building area

除飞行区、航站区外,机场其他区域的统称,包括机场办公区、综合保障区、机场货运区、生活服务区等。

2.1.5 飞行区道面影响区 affected area of pavement

在跑道、滑行道、机坪等飞机地面活动区域,道面(包括道肩)下及其与道面有相互影响的一定范围,即沿道肩边线外扩 2.0m 按 1:0.75 向外放坡确定的地面范围。

2.1.6 飞行区土面区 unpaved area

道面影响区以外的其他飞行区。

2.1.7 高填方边坡稳定影响区 affected area of stabilization of fill slope

对高填方边坡的稳定性有影响的区域。

2.1.8 机场净空 aerodrome obstacle free space

为保障飞机起降安全而规定的障碍物限制面以上的空间,用以限制机场及其周边地区障碍物的高度。

() 机场工程测量术语

2.1.9 机场地理坐标 aerodrome geographic coordinates

用经度、纬度表示机场地面某一点位置的坐标,用 CGCS2000 坐标系或 WGS-84 坐标系表示。

2.1.10 机场标高 aerodrome elevation

飞机着陆区最高点的标高。

2.1.11 机场基准点 aerodrome reference point

一个标示机场地理位置的坐标点，规定为机场跑道 (多跑道时为主跑道) 中心点。

2.1.12 机场坐标系 aerodrome coordinates system

在机场建设和营运中使用的以平行于主跑道中心线为横轴、垂直跑道中线为竖轴、投影面为机场设计高程面的平面直角坐标系。

2.1.13 净空障碍物测量 obstacle survey

对机场周边地区有可能影响机场净空条件的障碍物所进行的测量工作。

() 工程勘察术语

2.1.14 机场岩土工程勘察 airport geotechnical investigation

根据机场建设工程的要求，查明、分析、评价机场建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

2.1.15 工程地质测绘 engineering geological mapping

采用收集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法，查明场地的工程地质要素，并绘制相应工程地质图件的活动。

2.1.16 原位测试 in-situ tests

在岩土体所处位置，基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态，对岩土体进行的现场测试。

2.1.17 地基反应模量 foundation reaction modulus

用于确定刚性道面下压实地基土强度类型、表征地基刚度的指标。

2.1.18 加州承载比 (CBR) californian bearing ratio

用于确定柔性道面下压实地基土强度类型、表征地基材料抵抗局部荷载压入变形的相对强度指标。

2.1.19 抗震设防烈度 seismic precautionary intensity

按国家规定的权限批准，作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般为 50 年内超越概率 10% 的地震烈度。

2.1.20 标准冻深 standard frost depth

季节性冻土地区，在地面平坦、裸露、城市之外的空旷场地中不少于 10 年的实测最大冻深的平均值。

2.1.21 土石比 natural volume ratio of soil to rock

一定范围内场地平整标高以上挖方区土石方或场外料场土石方中，土方体积与石方体积的

比例。

2.1.22 填挖比 volume ratio of fill to excavation

对规定范围内某一类土石材料，填筑压实后的压实体积与对应的开挖前天然体积的比例。

2.2 符 号

2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

e ——孔隙比；

I_L ——液性指数；

I_P ——塑性指数；

S_r ——饱和度；

w ——含水量；

w_L ——液限；

w_P ——塑限；

——密度；

ρ_d ——干密度；

w_{opt} ——最优 (佳) 含水量；

ρ_{dm} ——最大干密度。

2.2.2 岩土变形参数

a ——压缩系数；

C_c ——压缩指数；

C_v ——竖向固结系数；

C_h ——水平固结系数；

E_s ——压缩模量；

E_0 ——变形模量；

S ——沉降量。

2.2.3 岩土强度参数

——抗剪强度；

φ ——内摩擦角；

c ——粘聚力；

c_u ——不排水抗剪强度；

q_u ——无侧限抗压强度；

CBR ——加州承载比。

2.2.4 触探与标准贯入试验指标

q_c ——静力触探锥端阻力；

f_s ——静力触探侧壁摩阻力；

p_s ——比贯入阻力；

N ——标准贯入试验锤击数；

N_{10} ——轻型圆锥动力触探锤击数；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探锤击数；

N_{120} ——超重型圆锥动力触探锤击数。

2.2.5 水文地质参数

k ——渗透系数；

u ——孔隙水压力；

2.2.6 其他符号

F_s ——边坡稳定安全系数；

v_s ——地层剪切波波速；

——土的泊松比；

k_0 ——地基反应模量；

R_{sr} ——土石比；

$1:m$ ——填挖比。

3 基本规定

3.1 工程勘察基本规定

3.1.1 一般情况下,机场工程勘察应分为选址勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。对岩溶发育地区等场地条件和地基条件复杂地区的机场,应增加施工勘察阶段;对场地条件和地基条件简单的飞行区指标为 C 及以下的机场,可简化勘察阶段。

3.1.2 选址勘察应满足确定场址方案和进行预可行性研究的需要,初步勘察应满足进行可行性研究和总体规划设计的需要,详细勘察应满足进行初步设计和施工图设计的需要。各阶段勘察应依据勘察任务书的要求或勘察合同中有关勘察技术要求的约定,正确反映地形地貌、工程地质和水文地质条件,提出可靠的勘察数据和相应深度的分析评价成果,为相应的机场工程前期工作、设计、施工提供依据。

3.1.3 机场工程勘察分级,应根据机场场地复杂程度、地基等级和飞行区指标,按表 3.1.3 综合分析确定。

表 3.1.3 机场工程勘察等级划分

| 勘察等级 | 确定勘察等级的条件 | | |
|------|-------------|----------|----------|
| | 场地复杂程度 | 地基等级 | 飞行区指标 II |
| 甲级 | 一级场地 (复杂场地) | 一级、二级、三级 | C、D、E、F |
| | | 一级 | C、D、E、F |
| | 二级场地 (中等场地) | 二级、三级 | E、F |
| | | 一级 | C、D、E、F |
| | | 二级、三级 | E、F |
| 乙级 | 二级场地 (中等场地) | 二级 | C、D |
| | | 三级 | C、D |
| | 三级场地 (简单场地) | 二级 | C、D |
| 丙级 | 三级场地 (简单场地) | 三级 | C |

注:机场场地的复杂程度、机场地基等级、飞行区指标划分见附录 A。

3.1.4 场区地形条件较复杂 (挖方最大高度大于 15m) 时,勘察工作的布置应区分填方区和挖方区。按不同勘察阶段要求,对填方区进行岩土工程勘察;对挖方区应先进进行料源勘察,场地平整后再进行适当的补充勘察。填方区和挖方区的划分,根据勘察时的初定平整标高确定,并宜考虑一定的过渡区。

3.1.5 岩土分类按《岩土工程勘察规范》(GB50021) 划分标准划分。

3.1.6 各阶段勘察,应根据工程情况、场地地质条件和勘察阶段要求,针对勘察区域存在的岩

土工程技术问题,选择合适的勘察方法,并采用适宜的勘察技术和多种勘察手段进行勘察。勘察与测量采用的量测仪器、设备,应按计量规定校准和标定,勘察新技术、新方法应通过鉴定或在多项同类场地勘察与测量中取得成功应用。

3.1.7 勘探与取样应满足下列基本要求:

勘探方法的选取应符合勘察目的和岩土的特性。钻探方法、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;静力触探、动力触探作为勘探手段时,应与钻探等其他勘探方法配合使用。

野外记录和编录应由经过专业训练的人员承担,记录应真实及时,严禁事后追记。

试样的质量应满足现场与室内试验项目的试验需要,按相应的要求进行试样采取、标记、密封、运输和保存。岩土芯样应根据工程要求拍摄彩照并妥善保存。原状土的取样应满足《岩土工程勘察规范》(GB50021)要求。

勘探工作注意防止对地下管线、地下工程和自然环境的破坏,钻孔、探井和探槽完工后应妥善回填。

3.1.8 原位测试应满足下列基本要求:

原位测试方法应根据场地类型、岩土条件、设计对参数的要求、地区经验和测试方法的适用性等因素,参考附录 B 进行选用。

原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

应严格按有关试验操作规程、规定进行试验与测试。

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,结合地层条件,剔除异常数据。

根据原位测试成果,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。

3.1.9 室内土工试验应满足下列基本要求:

试验项目和试验方法,应按试验任务书要求,考虑工程要求和岩土性质的特点,参考附录 C 进行确定。

试验条件应尽可能接近实际情况,满足模拟性好、代表性强、数据误差小等要求。山区机场填方区的室内土工试验中,道面影响区的压缩试验和边坡稳定影响区的抗剪强度试验,施加的最大压力应不低于填方荷载与自重荷载之和。

试验应符合《土工试验方法标准》(GB/T50123)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T50266)和其他有关试验方法标准的规定,对试验所用仪器设备、主要技术参数作详细说明,并对试样的重要岩土性状做肉眼鉴定和简要描述。

室内土工试验各类指标的统计,一般应给出最小值、最大值、平均值、变异系数、变异性及统计数,如有取舍,应说明取舍标准;各类指标之间的相关关系要求合理、可靠,应按土

层进行统计，离散性大的要分析原因。

设计无明确要求时，道面影响区填筑土的压缩试验，击实土试样的压实度可用 95% (重型击实,下同)边坡稳定影响区填筑土的抗剪强度试验,击实土试样的压实度可用 93%和 90%。设计有明确要求时，按设计要求采用。

3.1.10 工程物探应满足下列基本要求：

机场工程物探应遵循以下工作原则：针对需要探明的工程地质问题，通过试验正确选用有效的工作方法，复杂条件下应采用多种方法综合探测；实际工作中应从简单到复杂，从已知到未知；探测工作应充分利用已有的勘察、设计、施工及物探资料；综合探测成果应进行勘探验证。

测点布设位置、数量应满足数据分析和资料解释对比的需要；测线布设应尽量避免地形和其他因素的干扰影响，应垂直于或大角度相交于探测对象或已知异常的走向，测线长度应保证异常的完整和具有足够的异常背景；测网布设应根据探测工程需要和岩土工程条件等进行，测网密度应保证异常的连续、完整和便于追踪。

机场工程勘察中主要物探方法的适用范围与技术要点可参见附录 D。

3.1.11 应根据勘察任务书和有关技术文件，在已有工作和现场踏勘的基础上，结合工程具体情况和现场实际条件，编制周密、细致的勘察大纲，合理安排勘察时间和周期，严格执行勘察质量管理体系管理的要求，保证勘察质量。

3.2 工程测量基本规定

3.2.1 选址勘测阶段的工程测量应为机场选址、预可行性研究提供基础资料；初步勘测阶段的工程测量应为机场可行性研究、总体规划设计提供基础资料；详细勘测阶段的工程测量应为机场近期工程建设初步设计和施工图设计提供基础资料。

3.2.2 选址勘测阶段工程测量应满足下列要求：

应收集选址范围内 1:10000、1:50000、1:100000 地形图、卫星影像图和已有国家控制点等资料，进行现场踏勘调查，初步查明各预选场址的地形地貌主要情况，将初步选定的跑道中轴线标绘于 1:50000 地形图上，为机场场址比选提供基础资料。

对基本具备建设条件的场址，应充分利用现有 1:10000 地形图进行修测，修测范围应满足选址和预可行性研究要求。

应根据机场场址预选、比选初步确定的跑道中轴线数据，实地测定跑道中轴线，并在跑道中心点和端点埋设半永久性标石。

根据预选场址初步确定的跑道位置测定并绘制机场净空区内障碍物平面图,图中应标明障碍物的编号、名称、位置、高程以及跑道位置。

3.2.3 初步勘测阶段工程测量,应根据批准的机场场址和测量任务书要求以及机场平面布置初步方案,设置控制点,建立测量控制网,进行首级平面和高程控制测量、1:5000 地形图测量、1:50000 净空障碍物平面图测量等测量工作。测量的范围、内容和要求应满足机场可行性研究(包括飞行程序设计)及机场总体规划要求。地形图测量范围宜覆盖机场总体规划用地范围,净空障碍物测量应对净空区障碍物进行实测,并对场外各通讯导航台站进行测量。

3.2.4 详细勘测阶段工程测量,应建立机场坐标系,根据规划建设方案和测量任务书要求确定的测量范围,进行平面与高程加密控制测量、1:1000 或 1:2000 方格网地形图测量、沟塘断面图测量、净空障碍物图测量、导航台站 1:200 地形图测量等测量工作。根据批准的机场跑道数据,实地测定跑道中轴线,在跑道中心点、端点及跑道中轴线延长线上埋设永久性标石;跑道中轴线自跑道端点向外延长线上每端最少埋设永久性标石两座,且两点间距离不宜少于 200m。

3.2.5 选址阶段、初步和详细勘测等阶段工程测量工作宜安排在相应阶段工程勘察之前进行。

3.2.6 机场工程测量以中误差作为衡量测量精度的指标,以 2 倍中误差为极限误差。

4 工程测量

4.1 平面控制测量

4.1.1 平面控制测量应符合下列规定：

首级控制网的布设，应满足机场近期建设的需要，又兼顾远期建设的发展，并应与国家高一级或同级平面控制点（网）相联测，联测点应不少于 3 个。详细勘测阶段，应建立机场坐标系，并提供相关坐标系之间的换算关系。

首级控制网的等级，应根据机场建设规模合理选择。对于加密网，在满足本规范精度指标的情况下，可越级布设或同等级扩展。

平面控制网的建立，可采用 GNSS 卫星定位测量、导线测量、三角形网测量等方法。平面控制网精度等级的划分，卫星定位测量控制网依次为三、四等和一、二级，导线及导线网依次为四等和一、二、三级，三角形网依次为三、四等和一、二级。

平面控制网的坐标系统，应满足测区内投影长度变形不大于 2.5cm/km。

4.1.2 GNSS 卫星定位测量应符合下列要求：

各等级 GNSS 卫星定位测量控制网的主要技术指标，应符合表 4.1.2-1 的规定。

表 4.1.2-1 GNSS 卫星定位测量控制网的主要技术要求

| 等 级 | 平均边长 (km) | 固定误差 A (mm) | 比例误差系数 B (mm/km) | 约束点间的 边长相对中误差 | 约束平差后 最弱边相对中误差 |
|-----|--------------|----------------|---------------------|------------------|-------------------|
| 三 等 | 4.5 | 10 | 5 | 1/150000 | 1/70000 |
| 四 等 | 2 | 10 | 10 | 1/100000 | 1/40000 |
| 一 级 | 1 | 10 | 20 | 1/40000 | 1/20000 |
| 二 级 | 0.5 | 10 | 40 | 1/20000 | 1/10000 |

各等级控制网的基线精度，可用式 4.1.2-1 表示。

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (4.1.2-1)$$

式中 σ ——基线长度中误差 (mm)；

A——固定误差 (mm)；

B——比例误差系数 (mm/km)；

d——平均边长 (km)。

卫星定位测量控制网观测精度的评定，应满足下列要求：

控制网的测量中误差，按式 4.1.2-2 计算。

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (4.1.2-2)$$

式中 m ——控制网的测量中误差 (mm) ;

N ——控制网中异步环的个数 ;

n ——异步环的边数 ;

W ——异步环环线全长闭合差 (mm) 。

控制网的测量中误差，应满足相应等级控制网的基线精度要求，并符合式 4.1.2-3 的规定。

$$m \leq \sigma \quad (4.1.2-3)$$

控制测量作业的主要技术要求，应符合表 4.1.2-2 的规定。

表 4.1.2-2 GNSS 控制测量作业的主要技术要求

| 等 级 | | 三 等 | 四 等 | 一 级 | 二 级 |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 卫星高度角 (°) | 静态 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | 快速静态 | "D | "D | 15 | 15 |
| 有效观测卫星数 | 静态 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | 快速静态 | "D | "D | 5 | 5 |
| 观测时段长度 (min) | 静态 | 20~60 | 15~45 | 10~30 | 10~30 |
| | 快速静态 | "D | "D | 10~15 | 10~15 |
| 数据采样间隔 (s) | 静态 | 10~30 | 10~30 | 10~30 | 10~30 |
| | 快速静态 | "D | "D | 5~15 | 5~15 |
| 点位几何图形强度因子 (GDOP) | | 6 | 6 | 8 | 8 |

GNSS 测量数据处理，应符合下列要求：

S 控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和复测基线校核。

同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足式 4.1.2-4~式 4.1.2-6 要求。

$$W_x, W_y, W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.1.2-4)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.1.2-5)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (4.1.2-6)$$

式中 n ——同步环中基线边的个数；

W ——同步环环线全长闭合差 (mm) 。

异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足式 4.1.2-7~式 4.1.2-9 要求：

$$W_x, W_y, W_z \leq 2\sqrt{n} \sigma \quad (4.1.2-7)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.1.2-8)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n} \sigma \quad (4.1.2-9)$$

式中 n ——异步环中基线边的个数；

W ——异步环环线全长闭合差 (mm)。

复测基线的长度较差，应满足下式要求：

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.1.2-10)$$

4.1.3 导线测量应符合下列要求：

各等级导线测量的主要技术要求应符合表 4.1.3-1 的规定。

表 4.1.3-1 导线测量的主要技术要求

| 等级 | 导线长度 (km) | 平均边长 (km) | 测角中误差 (″) | 测距中误差 (mm) | 测距相对中误差 | 测回数 | | | 方位角闭合差 (″) | 导线全长相对闭合差 |
|----|-----------|-----------|-----------|------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------|
| | | | | | | 1 _i 级仪器 | 2 _i 级仪器 | 6 _i 级仪器 | | |
| 四等 | 9 | 1.5 | 2.5 | 18 | 1/80000 | 4 | 6 | “D | $5\sqrt{n}$ | 1/35000 |
| 一级 | 4 | 0.5 | 5 | 15 | 1/30000 | “D | 2 | 4 | $10\sqrt{n}$ | 1/15000 |
| 二级 | 2.4 | 0.25 | 8 | 15 | 1/14000 | “D | 1 | 3 | $16\sqrt{n}$ | 1/10000 |
| 三级 | 1.2 | 0.1 | 12 | 15 | 1/7000 | “D | 1 | 2 | $24\sqrt{n}$ | 1/5000 |

注：1. 表中 n 为测站数。

2. 当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，一、二、三级导线的导线长度、平均边长可适当放长，但最大长度不应大于表中相应规定长度的 2 倍。

水平角观测宜采用方向观测法。方向观测法的技术要求，不应超过表 4.1.3-2 的规定。

表 4.1.3-2 水平角方向观测法的技术要求

| 等级 | 仪器型号 | 光学测微器两次重合读数之差 (″) | 半测回归零差 (″) | 一测回内 2C 互差 (″) | 同一方向值各测回较差 (″) |
|-------|--------------------|-------------------|------------|----------------|----------------|
| 四等 | 1 _i 级仪器 | 1 | 6 | 9 | 6 |
| | 2 _i 级仪器 | 3 | 8 | 13 | 9 |
| 一级及以下 | 2 _i 级仪器 | — | 12 | 18 | 12 |
| | 6 _i 级仪器 | — | 18 | — | 24 |

注：1. 全站仪、电子经纬仪水平角观测时不受光学测微器两次重合读数之差指标的限制。

2. 当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较，其值应满足表中一测回内 2C 互差的限值。

距离测量应符合下列要求：

各等级控制网的测距边，应采用全站仪或电磁波测距仪进行测距。测距仪器的标称精度，按式 4.1.3-1 表示。

$$m_D = a + b \times D \quad (4.1.3-1)$$

式中 m_D ——测距中误差 (mm)；

a ——标称精度中的固定误差 (mm)；

b ——标称精度中的比例误差系数 (mm/km)；

D ——测距长度 (km)。

各等级控制网边长测距的主要技术要求，应符合表 4.1.3-3 的规定。

表 4.1.3-3 测距的主要技术要求

| 平面控制网等级 | 仪器精度等级 | 每边测回数 | | 一测回读数较差 (mm) | 单程各测回较差 (mm) | 往返测距较差 (mm) |
|---------|-----------|-------|---|--------------|--------------|-------------------|
| | | 往 | 返 | | | |
| 四等 | 5 mm 级仪器 | 2 | 2 | 5 | 7 | $2(a+b \times D)$ |
| | 10 mm 级仪器 | 3 | 3 | 10 | 15 | |
| 一级 | 10 mm 级仪器 | 2 | - | 10 | 15 | ③ |
| 二、三级 | 10 mm 级仪器 | 1 | - | 10 | 15 | |

注：1. 测回是指照准目标一次，读数 2~4 次的过程。

2. 困难情况下，边长测距可采取不同时间段测量代替往返观测。

导线测量数据处理应符合下列要求：

一级及以上等级的控制网边长测量应测定温度、气压并进行仪器加、乘常数改正和气象改正。

导线网水平角观测的测角中误差，应按下式计算：

$$m = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f}{n} \right]} \quad (4.1.3-2)$$

式中 $f_{\angle A}$ ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差 (″)；

n ——计算 $f_{\angle A}$ 时的相应测站数；

N ——闭合环及附和导线的总数。

测距边的精度评定，应按式 4.1.3-3~式 4.1.3-5 进行计算：

单位权中误差：

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (4.1.3-3)$$

式中 d ——各边往、返测距离的较差 (mm)；

n ——测距边数；

P ——各边距离的先验权，其值为 $\frac{1}{\sigma_D^2}$ ， σ_D 为测距的先验中误差，可按测距仪器的标称精度计算。

任一边的实际测距中误差：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (4.1.3-4)$$

式中 m_{Di} ——第 i 边的实际测距中误差 (mm)；

P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

导线网的平均测距中误差：

$$m_{Di} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (4.1.3-5)$$

式中 m_{Di} ——平均测距中误差 (mm)。

4.1.4 三角形网测量应符合下列要求：

各等级三角形网测量的主要技术要求，应符合表 4.1.4-1 的规定。

表 4.1.4-1 三角形网测量的主要技术要求

| 等 级 | 平均边长 (km) | 测 角 中误差 (″) | 测 边 相对中误差 | 最弱边边长 相对中误差 | 测 回 数 | | | 三角形最大 闭合差 (″) |
|-----|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | | | | 1 _i 级仪器 | 2 _i 级仪器 | 6 _i 级仪器 | |
| 三 等 | 4.5 | 1.8 | 1/150000 | 1/70000 | 6 | 9 | “D | 7 |
| 四 等 | 2 | 2.5 | 1/100000 | 1/40000 | 4 | 6 | “D | 9 |
| 一 级 | 1 | 5 | 1/40000 | 1/20000 | “D | 2 | 4 | 15 |
| 二 级 | 0.5 | 10 | 1/20000 | 1/10000 | “D | 1 | 2 | 30 |

注：当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，一、二级网的平均边长可适当放长，但最大长度不应大于表中规定长度的 2 倍。

三角形网的水平角观测，宜采用方向法观测。

三角形网测量数据处理应符合下列要求：

当观测数据中含有偏心测量成果时，应首先进行归心改正计算。

三角形网的测角中误差按式 4.1.4-1 进行计算：

$$m = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (4.1.4-1)$$

式中 $m_{\hat{A}}$ ——测角中误差 (″)；

W ——三角形闭合差 (″)；

n ——三角形的个数。

当测区需要进行高斯投影时，四等及以上等级的方向观测值，应进行方向改化计算；四等网可采用简化公式。

方向改化计算采用式 4.1.4-2、式 4.1.4-3：

$$\delta_{1,2} = \frac{1}{6R_m^2} (x_1 - x_2)(2y_1 + y_2) \quad (4.1.4-2)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{1}{6R_m^2} (x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2) \quad (4.1.4-3)$$

方向改化简化计算采用式 4.1.4-4：

$$\delta_{1,2} = -\delta_{2,1} = \frac{1}{2R_m^2} (x_1 - x_2)y_m \quad (4.1.4-4)$$

式中 $\delta_{1,2}$ ——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向改化值 (″) ;
 $\delta_{2,1}$ ——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向改化值 (″) ;
 x_1y_1 、 x_2y_2 ——1、2 两点的坐标值 ;
 R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径 (m) ;
 y_m ——1、2 两点的横坐标平均值 (m) 。

4.1.5 平面控制点埋设应符合下列要求：

首级控制点宜埋设在不受工程施工影响的区域，并宜永久保存。加密控制网可视建设情况确定。

三、四等平面控制点应绘制点之记和提供照片，其他控制点可视需要而定。

在跑道中心线两端延长线上，应分别埋设 2~3 个永久性控制点，间距不宜小于 100m。

控制点应采用混凝土桩，尺寸规格应符合《工程测量规范》(GB50026) 的规定。

4.1.6 机场基准点、跑道端点、停机位等地理坐标应采用 CGCS2000 坐标系，用经、纬度表示，精确至 0.01″。跑道真方位精确至 0.1″。

4.2 高程控制测量

4.2.1 高程控制测量应符合下列规定：

机场首级高程控制点(网) 应按国家二等水准网精度施测，丘陵或山区机场可按国家三等水准网精度施测，加密网等级为三、四等。首级网应布设成环形网，加密网宜布设成附合网或结点网。

首级高程控制点(网) 应与国家控制点(网) 相联测，联测的精度应符合二等水准测量的要求，丘陵或山区机场可采用三角高程测量联测国家控制点(网) 。

每个测区或独立地段应布置不少于 3 个及以上高程控制点。

高程系统宜采用 1985 国家高程基准。

4.2.2 水准测量应符合下列规定：

水准测量的主要技术要求，应符合表 4.2.2-1 的规定。

表 4.2.2-1 水准测量的主要技术要求

| 等级 | 每千米高差全中误差 (mm) | 路线长度 (km) | 水准仪 型 号 | 水准尺 | 观测次数 | | 往返较差、附合或环线闭合差 | |
|----|-------------------|--------------|-----------------|-----|--------|-------|---------------|---------|
| | | | | | 与已知点联测 | 附合或环线 | 平地 (mm) | 山地 (mm) |
| 二等 | 2 | - | DS ₁ | 因瓦 | 往返各一次 | 往返各一次 | 4 | - |
| 三等 | 6 | 50 | DS ₁ | 因瓦 | 往返各一次 | 往一次 | 12 | 4 |
| | | | DS ₃ | 双面 | | 往返各一次 | | |
| 四等 | 10 | 16 | DS ₃ | 双面 | 往返各一次 | 往一次 | 20 | 6 |

注：1. 结点之间或结点与高级点之间，其路线的长度，不应大于表中规定的 0.7 倍。

2. L 为往返测段，附和或环线的水准路线长度 (km)； n 为测站数。

3. 数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同。

水准观测 应在标石埋设稳定后进行。各等级水准观测的主要技术要求 应符合表 4.2.2-2 的规定。

4.2.2-2 水准观测的主要技术要求

| 等级 | 水准仪型号 | 视线长度 (m) | 前后视的距离较差 (m) | 前后视的距离较差累积 (m) | 视线离地面最低高度 (m) | 基、辅分划或黑、红面读数较差 (mm) | 基、辅分划或黑、红面所测高差较差 (mm) |
|----|-----------------|----------|--------------|----------------|---------------|---------------------|-----------------------|
| 二等 | DS ₁ | 50 | 1 | 3 | 0.5 | 0.5 | 0.7 |
| 三等 | DS ₁ | 100 | 3 | 6 | 0.3 | 1.0 | 1.5 |
| | DS ₃ | 75 | | | | 2.0 | 3.0 |
| 四等 | DS ₃ | 100 | 5 | 10 | 0.2 | 3.0 | 5.0 |

注：1. 二等水准视线长度小于 20m 时，其视线高度不应低于 0.3m。

2. 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

3. 数字水准仪观测，不受基、辅分划或黑、红面读数较差指标的限制，但测站两次观测的高差较差，应满足表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差较差的限值。

水准测量的数据处理，应符合下列规定：

当每条水准路线分测段施测时，应按式 4.2.2-1 计算每千米水准测量的高差偶然中误差，其绝对值不应超过表 4.2.2-1 中相应等级每千米高差全中误差的 1/2。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.2.2-1)$$

式中 M_{Δ} ——高差偶然中误差 (mm)；

$\Delta\Delta$ ——测段往返高差不符值 (mm)；

L ——测段长度 (km)；

n ——测段数。

水准测量结束后，应按式 4.2.2-2 计算每千米水准测量高差全中误差，其绝对值不应超过本节表 4.2.2-1 中相应等级的规定。

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.2.2-2)$$

式中 M_w ——高差全中误差 (mm)；

W ——附和或环线闭合差 (mm)；

L ——计算各 W 时，相应的路线长度 (km)；

N 附和路线和闭合环的总个数。

电磁波测距三角高程测量，宜在平面控制点的基础上布设成三角高程网或高程导线。
主要技术要求应符合表 4.2.2-3 的规定。

表 4.2.2-3 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

| 等 级 | 每千米高差全中误差 (mm) | 边 长 (km) | 观测次数 | 对向观测高差较差 (mm) | 附和或环形闭合差 (mm) |
|-----|-------------------|-------------|------|------------------|------------------|
| 四 等 | 10 | 1 | 对向观测 | $40\sqrt{D}$ | $20\sqrt{A+D}$ |

注：1. D 为测距边长度 (km)。

2. 起讫点的精度等级，四等应起迄于不低于三等水准的高程点上。

3. 路线长度不应超过相应等级水准路线的长度限值。

电磁波测距三角高程观测的技术要求，应符合表 4.2.2-4 的规定。

表 4.2.2-4 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

| 等 级 | 垂直角观测 | | | | 边长测量 | |
|-----|---------------|-----|------------------------|-----------------------|----------|-------|
| | 仪器精度等级 | 测回数 | 指标差较差 (\hat{a}) | 测回较差 (\hat{a}) | 仪器精度等级 | 观测次数 |
| 四 等 | 2 \hat{a} 级 | 3 | 7 \hat{a} | 7 \hat{a} | 10mm 级仪器 | 往返各一次 |

4.2.3 水准点埋设应符合下列要求：

水准点可与平面控制点同点。二、三等水准点应绘制点之记并提供照片，其他控制点可视需要而定。

应选择适当的位置建立 2~3 个永久性水准标石，并应有保护设施。

水准点埋设的尺寸规格应符合《工程测量规范》(GB50026)的规定。

4.3 地形测量

4.3.1 地形测量应符合下列一般规定：

地形图比例尺及等高距技术要求应符合表 4.3.1-1 的规定。

地形测量的基本精度要求，应符合下列规定：

地形图图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差，不应超过表 4.3.1-2 的规定。

等高(深)线的插求点或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差，不应超过表 4.3.1-3 的规定。

地形点的最大点位间距，不应大于表 4.3.1-4 的规定。

地形测量可采用航空摄影测量、全站仪测图、GNSS-RTK 测图等方法数字化成图。

地形图的图式应采用国家测绘局制定的现行地形图图式。

表 4.3.1-1 地形图比例尺及等高距技术要求

| 测 图 比例尺 | 基本等高距 (m) | | | | 勘测阶段 |
|------------|------------|-----|-----|----|--------|
| | 平坦地 | | 丘陵地 | 山地 | |
| 1:500 | 0.25 | 0.5 | 0.5 | 1 | 详细勘测阶段 |
| 1:1000 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | |
| 1:2000 | 0.5 | 1 | 2 | 2 | |
| 1:5000 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 初步勘测阶段 |

注：1．一个测区同一比例尺宜采用一种基本等高距。

2．大于或等于 1:2000 比例尺时高程注至 0.01m，其余可注至 0.1m。

表 4.3.1-2 图上地物点的点位中误差

| 区域类型 | 点位中误差 (mm) |
|----------------|-------------|
| 一般地区、城镇建筑区、工矿区 | 0.8 |
| 水域 | 1.5 |

注：1．隐蔽或施测困难的一般地区测图，可放宽 50%。

2．1:500 比例尺水域测图、其他比例尺的大面积平坦水域或水深超出 20m 的开阔水域测图，根据具体情况，可放宽至 2.0mm。

表 4.3.1-3 等高 (深) 线插求点或数字高程模型格网点的高程中误差

| | 地形类别 | 平原地 | 丘陵地 | 山 地 |
|------|------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| 一般地区 | 高程中误差 (m) | $\frac{1}{3}h_d$ | $\frac{1}{2}h_d$ | $\frac{2}{3}h_d$ |
| 水域 | 水底地形倾角 (°) | $\alpha < 3$ | $3 \leq \alpha < 10$ | $10 \leq \alpha < 25$ |
| | 高程中误差 (m) | $\frac{1}{2}h_d$ | $\frac{2}{3}h_d$ | h_d |

注：1． h_d 为地形图的基本等高距 (m)。

2．对于数字高程模型， h_d 的取值应以模型比例尺和地形类别按表 4.3.1-1 取用。

表 4.3.1-4 地形点的最大点位间距 (m)

| 比 例 尺 | | 1:500 | 1:1000 | 1:2000 | 1:5000 |
|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 一般地区 | | 10 | 20 | 40 | 100 |
| 水域 | 断面间 | 10 | 20 | 40 | 100 |
| | 断面上测点间 | 5 | 10 | 20 | 50 |

注：水域测图的断面间距和断面的测点间距，根据地形变化和用图要求，可适当加密或放宽。

4.3.2 图根平面控制应符合下列要求：

图根平面控制可采用卫星定位、闭合 (附合) 导线、支导线等方法进行测量。

图根控制测量，宜采用 GNSS-RTK 方法直接测定图根点的坐标和高程。GNSS-RTK 方法的作业半径不宜超过 5km，对每个图根点均应进行同一参考站或不同参考站下的两次独立测量，其点位较差不应大于图上 0.1mm，高程较差不应大于基本等高距的 1/10。

图根导线测量,宜采用 6_i级仪器 1 测回测定水平角。其主要技术要求,不应超过表 4.3.2-1 的规定。

表 4.3.2-1 图根导线测量的主要技术要求

| 导线长度 (m) | 相对闭合差 | 测角中误差 (″) | 方位角闭合差 (″) |
|-------------|----------------------------|-----------|--------------|
| \sqrt{KM} | $1/(2000 \times \sqrt{A})$ | 30 | $60\sqrt{n}$ |

注: 1. A 为比例系数,取值宜为 1。当采用 1:500、1:1000 比例尺测图时,其值可在 1~2 之间选用。

2. M 为测图比例尺的分母。

3. 隐蔽或施测困难地区导线相对闭合差可放宽,但不应大于 $1/(1000 \times \sqrt{A})$ 。

对于难以布设附合导线的困难地区,可布设成支导线。支导线的水平角观测可用 6_i级经纬仪施测左、右角各 1 测回,其圆周角闭合差不应超过 40″,边长应往返测定,其较差的相对误差不应大于 1/3000。支导线平均边长及边数,不应超过表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-2 图根支导线平均边长及边数

| 测图比例尺 | 平均边长 (m) | 导线边数 |
|--------|----------|------|
| 1:500 | 100 | 3 |
| 1:1000 | 150 | 3 |
| 1:2000 | 250 | 4 |
| 1:5000 | 350 | 4 |

4.3.3 图根高程控制应符合下列要求:

图根高程控制,可采用图根水准、电磁波测距三角高程等方法进行测量。

图根水准测量的主要技术要求,应符合表 4.3.3-1 的规定。

表 4.3.3-1 图根水准测量的主要技术要求

| 每千米高差全中误差 (mm) | 附合路线长度 (km) | 仪器类型 | 视线长度 (m) | 观测次数 | | 往返较差、附合或环线闭合差 (mm) | |
|----------------|-------------|-----------|----------|---------|-------|--------------------|--------------|
| | | | | 附合或闭合路线 | 支水准路线 | 平地 | 山地 |
| 20 | 5 | DS_{10} | 100 | 往一次 | 往返各一次 | $40\sqrt{L}$ | $12\sqrt{n}$ |

注: 1. L 为往返测段、附合或环线的水准路线的长度 (km); n 为测站数。

2. 当水准路线布设成支线时,其路线长度不应大于 2.5km。

图根电磁波测距三角高程的主要技术要求,应符合表 4.3.3-2 的规定。

表 4.3.3-2 图根电磁波测距三角高程的主要技术要求

| 每千米高差全中误差 (mm) | 附合路线长度 (km) | 仪器精度等级 | 中丝法测回数 | 指标差较差 (″) | 垂直角较差 (″) | 对向观测高差较差 (mm) | 附合或环形闭合差 (mm) |
|----------------|-------------|--------------------|--------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| 20 | 5 | 6 _i 级仪器 | 2 | 25 | 25 | $80\sqrt{D}$ | $40\sqrt{2D}$ |

注: D 为电磁波测距边的长度 (km)。

4.3.4 数字高程模型 (DEM)应符合下列要求：

数字高程模型的数据源，宜采用数字地形图的等高线数据，也可采用野外实测的数据或对原有纸质地形图数字化的数据。

数字高程模型的格网间距，应符合表 4.3.4-1 的规定。

表 4.3.4-1 数字高程模型的格网间距

| 比 例 尺 | 1:500 | 1:1000 | 1:2000 | 1:5000 |
|----------|-------|---------|--------|--------|
| 格网间距 (m) | 2.5 | 2.5 或 5 | 5 | 10 |

数字高程模型的构建，宜采用不规则三角网法，也可采用规则格网法，或者二者混合使用。

数字高程模型建立后应进行检查，并符合下列规定：

对用实测数据所建立的数字高程模型，应进行外业实测检查并统计精度。每个图幅的检测点数，不应少于 20 点，且均匀分布。模型的高程中误差，按式 4.3.4-1 计算，其值不应大于表 4.3.1-3 的规定。

$$M_h = \sqrt{\frac{[\Delta h_i \Delta h_i]}{n}} \quad (4.3.4-1)$$

式中 M_h ——模型的高程中误差 (m)；

n ——检查点个数；

Δh_i ——检测高程与模型高程的较差 (m)。

对以数字地形图产品和纸质地形图数字化作为数据源所建立的数字高程模型，宜采用数字高程模型的高程与数据源同名点高程比较的方法进行检查。

4.3.5 方格网地形图测量应符合下列要求：

方格网地形图测量应采用机场坐标系，1985 国家高程基准。测量范围根据测量任务书的要求，应包括机场飞行区以及其它需要的区域。

飞行区在平原地区应进行 1:2000 的 40m×40m 方格网地形图测量，在丘陵地区应进行 1:1000 的 20m×20m 方格网地形图测量。方格网地形图测量应在地形地貌变化处加密测点。

在场区原有平面控制网和二等 (三等) 水准高程控制网的基础上，加密布设三等水准网及测量范围内 100m×100m 主方格控制网。100m×100m 主方格控制网为四等水准高程控制网，作为 20m×20m (40m×40m) 方格高程图测量控制网，其平面测量精度应满足表 4.1.3-1 中二级导线测量精度的技术要求，高程测量精度应满足表 4.2.2-2 中四等水准测量的技术要求。20m×20m (40m×40m) 方格高程点平面精度相对邻近主方格的点位中误差，不应大于方格网地形图上的 0.8mm，方格点高程测定至 0.01m，高程注至 0.01m。

主方格控制桩的布设应按机场坐标系的纵、横轴坐标每 100m 布设一个，宜布设在整百

米坐标位置。主方格控制桩宜采用直径 30mm 以上，长度不小于 400mm 的木桩。控制桩点位以直径 2.5mm，长度 30mm 的钢钉作为该点准确位置。

方格网地形图需标出高压线的等级、线塔的准确位置以及塔（杆）高度，并应根据需要测出高耸建（构）筑物的高度。

荒（漠）区（非农林用，荒地，无灌木、草丛）、乔木区（乔木林区、疏林区）、灌木区（灌木林区，无草丛）、果木区（土壤改良区）、耕植区（农作物耕植区）、草木区（牧场、草地、洼地、冲沟底部）等各类地表植物应测绘并区分标注。

地面如有冰雪，测点应真实反映原地面高程。

4.3.6 平原地区和丘陵地区方格网地形图测量，主要是满足设计进行方格网土石方计算的需要，也可用生成连续量化的等高线（等高线遇地物不断线）地形图，采用不规则三角形网计算土石方。山地地区由于高差较大，不宜进行方格网地形图测量时，根据测量任务书要求可以只作地形测量。

4.3.7 对现有沟、塘、河、堤坝等应编号并测定断面图，并测定底部淤泥层厚度。断面间距不宜大于 50m，比例尺一般为：竖向 1:50~1:100，横向 1:500~1:1000。

4.3.8 机场改（扩）建工程应按下列要求对工程涉及的现有道面高程及有关构筑物进行测量：

应沿跑道或滑行道周围布置水准点（网），采用水准仪直接后视水准点测定水泥混凝土道面板角高程或沥青道面网点高程。测点布设间距不宜大于 10m×10m，道面中线、边线及坡度变化处应有测点。

水准点（网）宜 100m 布设一点，除沿跑道或滑行道周围布设成闭合环外，还应环绕联络道布设成结点网，按表 4.2.2-2 中三等水准施测。

不得进行二次转点测定，每测一段板角高程或网点高程应重复测定一排板角高程或网点高程，其两次测定高程较差应不超过±3mm，相对邻近水准点高程中误差不大于 5mm；绘制成比例尺 1:200 或 1:500 道面板角或网点高程图，高程精确测至 1mm。

应测定现有排水沟及桥涵的位置，沟底和桥涵（洞）底、顶的高程，桥涵（洞）的长度及断面尺寸，并注明其结构型式。

4.4 线路测量

4.4.1 应根据测量任务书，按下列要求对拟建道路、排水沟渠、架空线路、助航灯光带等进行线路测量：

测量内容应包括：中心线，纵、横断面图及带状地形图。

中线测量宜采用导线法测定，应测定其线路的起点、终点、转角点的坐标。线路的起点、终点应与机场平面控制点（网）联测，其方位角闭合差不大于 $\sqrt{n} \times 60''$ （ n 为测站数），平地纵向

相对闭合差为 1/1000，横向闭合差为 50mm；丘陵、山地纵向相对闭合差为 1/500，横向闭合差为 100mm。

高程控制点可沿线路两侧每隔 200~600m 设置一点。

线路纵断面测量自线路起点始，沿所选定的线路每隔 40m 设置一桩点，助航灯光带每隔 30m 设置一桩点，地形变化处加测桩点，经转折点处，按所测定转折角及所选半径设置曲线起、中、终点，所有测点均以里程表示，线路起始点和曲线起、中、终点应有坐标及高程数据。

线路横断面测量，其间隔视线路和地形情况而定，宽度一般中线每侧 15~25m，助航灯光带及特殊线路根据测量任务书确定。

线路中桩点位精度应满足：

纵向误差： $S/1000+0.1$

横向误差：10cm

横断面测量精度应满足：

距离相对误差： $L/50+0.1$

高程误差： $h/50+L/100+0.1$

上述各式中 L ——测点至线路中桩的水平距离 (m)；

h ——测点至线路中桩的高差 (m)。

纵断面测量与现有道路、管线、沟渠等交叉时，应根据需要测定交叉角及交叉点的平面位置、高程、拟建线路与现有线路的净空高等数据。

纵断面图比例尺：水平 1:500~1:2000，垂直 1:50~1:200；横断面图比例尺：水平 1:200，垂直 1:100。

4.4.2 线路带状地形图测量应满足下列要求：

线路带状地形图测量宽度一般为中线两侧各 50m。

线路带状地形图比例尺一般为 1:500~1:2000，并按同比例尺地形图测量要求进行测量。

测量任务书对带状地形图测量的范围和比例尺有明确要求时，按任务书要求进行测量。

4.5 导航台站测量

4.5.1 导航台站测量应符合《航空无线电导航台和空中交通管制雷达站设置场地规范》(MH/T 4003) 和《航空无线电导航台站电磁环境要求》(GB6364) 的有关规定。

4.5.2 导航台站测量应包括以下内容：

根据测量任务书的要求测量近距导航台、远距导航台、超远距导航台、定向台、航向信标台、下滑信标台、指点标台、雷达站等的位置和高程。

测绘以上各台站地形图，测图比例尺宜为 1:200~1:1000。

以跑道轴线为零方向或按真北方向，测定各台站周围障碍物的方向角和遮蔽角。

测绘导航台站中心点 500m 以内的架空电力线 (标明电压等级)、架空通信线、铁路 (包括电气化铁路)、金属构筑物的方位、距离及标高。

测绘雷达站站址中心点周围 1000m 以内的现有气象雷达、高频发生器、微波站等产生有源干扰的电器设施方位、距离及标高。

测量航向台 $\pm 10^\circ$ 保护区高于航向台地面设计标高 15m 的障碍物图。

4.5.3 导航台站测量应满足下列要求：

各台站的位置点、真北方向点应埋设永久性标志，航向信标台及方向性要求较强的台站，在平行和垂直跑道方向或自真北方向起每隔 90° 便于保存位置，应埋设永久性标石。

设置在跑道中线延长线上的台站位置，以跑道端中心点起算，其偏离方向不应大于 60° ，各台站至跑道端点距离的相对误差不应大于 1/1000。

导航台 (站) 应测量障碍物遮蔽角图。遮蔽角的观测点为导航台站天线的位置中心点，自真北方向点起沿 360° 方位，每隔 $1\sim 3^\circ$ (视遮蔽角的变动剧烈程度而定) 测量一点；对障碍物，应加测其最大遮蔽角及其水平方向角。对各测量值应按方向角及遮蔽角连成曲线图，在图上应注明构成遮蔽的障碍物的性质，如山峰、铁塔及建筑群等。

导航台和雷达站应采用 CGCS2000 坐标系测量中心点的地理坐标，用经、纬度表示，精确至 0.01″。

4.6 净空障碍物测量

4.6.1 障碍物测量应按《民用机场飞行区技术标准》(MH5001) 进行。障碍物的高程宜采用 1985 国家高程基准。

4.6.2 选址勘测阶段的障碍物测量应符合下列要求：

应根据预选场址跑道位置及方位，将机场净空区内的障碍物绘制到比例尺为 1:50000 或 1:100000 的地形图上，图中应绘制跑道位置，标注障碍物的编号、名称、高程等。

天然障碍物可利用比例尺为 1:50000 或 1:100000 的地形图、航摄照片、卫星影像图等采集数据；人工障碍物 (如高塔、烟囱、高楼、高压线等) 应实地测绘。

4.6.3 初步勘测阶段的障碍物测量应符合下列要求：

测量范围应满足机场远期规划的要求。

对进近跑道障碍物限制面内的障碍物进行测量，提供障碍物的地理坐标和高程。若障碍物为树，应提供树高。若天然障碍物上建有人工障碍物，应提供人工障碍物的高程及名称。净空区内有铁路、公路、江河或高压线穿越时，应测出车、船或高压线等穿越时的最高点高程。

障碍物的测量精度应符合《民用机场飞行区技术标准》(MH5001)的有关规定。

应在机场障碍物测量成果图中标出跑道位置、障碍物,并注明每个障碍物的编号和高程,列出障碍物一览表,包括障碍物编号、名称、方向、距离和高程等。障碍物测量成果平面图比例宜为 1:50000,剖面图比例横向宜为 1:50000,竖向宜为 1:5000。

可采用与实地相符的航空摄影照片采集、GNSS 测量等各种测量方法进行障碍物测量。

当采用三点前方交会法测量障碍物的坐标和高程时,三点前方交会的主要技术要求应符合表 4.6.3 的规定。

表 4.6.3 三点前方交会的主要技术要求

| 基线边相对精度 | 测角仪器精度 | 测回数 | 半测回归零差 (\hat{a}) | 障碍物上交会角不应小于 ($^{\circ}$) |
|---------|------------|-----|-------------------------|-------------------------------|
| 1/5000 | $6\hat{a}$ | 1 | 30 | 3 |

三点前方交会障碍物测量的精度应符合以下要求:

三点前方交会公共边长的较差限制为 $5S$ (S 为测站至障碍物的距离, km)。

由三方向推算交会点的高程,经球气差改正后其中误差允许值为 $0.4S$ 。

4.6.4 详勘阶段的障碍物测量应符合下列要求:

应对初步勘测阶段的障碍物测量成果进行复核和补测。

应在机场障碍物测量成果图中标出跑道位置、障碍物,并注明每个障碍物的编号和高程,列出障碍物一览表,包括障碍物编号、名称、方向、距离和高程等。障碍物测量成果平面图比例宜为 1:10000,剖面图比例横向宜为 1:10000,纵向宜为 1:1000。

对机场延长跑道、新建跑道、提高机场等级等情况,应按要求对机场障碍物进行补测并复核。

5 选址勘察

5.1 一般规定

5.1.1 选址勘察阶段应完成下列主要任务：

收集区域地质、工程地质、水文地质和地震地质等有关资料，了解场址范围内的地层分布、岩性特征、地下水条件、构造特点、地震效应和不良地质作用等情况。

从地质构造、地震环境角度，分析评价场址的地震稳定性。

初步调查场址的特殊性岩土和不良地质作用，分析对机场工程的影响。

进行初步的机场环境工程地质评价和地质灾害预测，对不良地质作用的防治措施进行初步分析。

对场址的稳定性作出评价，并对机场建设的适宜性作出初步评价。

5.1.2 选址勘察阶段以收集资料、工程地质调查、现场踏勘为主，对地形、地貌、地质条件较复杂的机场场址，应辅助工程地质测绘；场址条件复杂时，对主要设施和代表性地段应进行必要的勘探，布置少量钻探或坑探。

5.2 气象条件调查

5.2.1 应调查场址及其附近区域的气象条件，统计不少于最近连续 10 年（特殊地区不少于 5 年）的各风向频率、最高气温、降水量和蒸发量的多年平均值。

5.2.2 应统计影响机场能见度和飞行安全的气象资料，以年出现坏天气日数表示，如：低能见度（按能见度小于 400m、400~800m、800~1200m 分别统计）、低云（按云高低于 400m、400~800m 分别统计）、沙尘暴、雷暴、龙卷风、风切变和强烈降水等。

5.3 工程地质测绘与调查

5.3.1 工程地质测绘与调查的范围应视预选场址及周边主要不良地质作用确定。

5.3.2 工程地质测绘与调查，宜包括下列内容：

初步调查预选场址的区域构造、抗震设防烈度和地震历史情况，判断有无影响场区稳定性的活动断裂或强地震环境。

初步调查预选场址的岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、地下采空区等不良地质作用，分析对机场工程的危害程度，对场址的稳定性作出初步评价。

初步调查预选场址地层岩性、特殊性岩土和水文地质等条件，初步分析机场工程建设可

能遇到的岩土工程问题。

初步调查地下水的类型和赋存状态，含水层的岩性特征、埋藏深度、污染情况及其与地表水体的关系。

初步调查场址附近的自然水系、水灾情况（包括水灾原因、淹没范围、持续时间等）、水利建设情况。

初步收集气象、水文、植被、土的标准冻结深度等资料。

调查有无地磁异常和影响机场修建的矿藏资源。

5.3.3 工程地质测绘与调查的成果资料宜包括综合工程地质图、洪水淹没范围图、遥感影像解译资料等。选址勘察阶段工程地质测绘的比例尺可选用 1:5000~1:50000，条件复杂时，比例尺可适当放大。

5.4 工程地质勘察

5.4.1 有下列情况之一的，应在选址勘察阶段进行必要的工程地质勘察：

场地复杂程度为一级或二级；

地基等级为一级或二级；

飞行区指标 II 为 D、E、F；

场址或场址附近没有可供参考的勘察资料。

5.4.2 选址勘察阶段的勘察工作应符合下列要求：

了解场址岩土类型、成因、时代、分布规律及一般物理力学性质指标。

了解场址地形特征、地貌类型。

了解场址环境工程地质概况，进行环境工程地质评价和地质灾害预测，初步提出防治和监测措施。

了解场址主要地质构造类型，了解有无断裂带，判断断裂带的活动性，评价场址的稳定性和断裂带对机场工程的影响。

了解场址有无特殊性岩土和需进行处理的岩土工程问题。

初步提供地基处理设计所需的岩土参数实测值或经验值。

5.4.3 勘探点宜布置在跑道中心线、典型地貌单元及拟建航站区。根据场地复杂程度和地基等级，跑道中心线上勘探点间距可采用 600~1000m。

5.4.4 勘探深度应符合下列规定：

基岩埋藏较浅时，钻孔深度可至中、微风化基岩内 1~3m；基岩埋藏较深时，钻孔深度可至较硬的稳定土层 3~5m。探坑深度根据实际情况确定。

查明地质构造的钻孔深度，按实际需要确定。

5.4.5 室内试验与原位测试应符合下列要求：

钻孔和探坑竖向取土样间距 应按地层特点和岩土的统一程度确定 ,主要岩土层应取样。

室内试验与原位测试工作内容应根据岩土类别确定，提供工程分析评价所需参数。

6 初步勘察

6.1 一般规定

6.1.1 初步勘察阶段,应按勘察任务书要求,采取合适的勘察方法和手段,对机场全场进行勘察。初步勘察宜按飞行区、航站区和工作区分别进行勘察。

6.1.2 初步勘察应依据下列资料和要求进行:

初步确定的机场总体布置图及功能分区情况;

初步确定的道面结构类型、场地设计标高;

工程测量资料;

初步勘察任务书或勘察技术要求。

6.1.3 初步勘察阶段应完成下列主要任务:

对机场建设的场地适宜性,从区域地质、水文地质、工程地质和环境工程地质条件角度,进行深入的分析与评价。

进行机场环境工程地质评价和地质灾害预测,初步提出不良地质作用的防治和监测措施建议。

对不良地质体和特殊性岩土作出初步分析、评价及处理建议。

在抗震设防烈度等于和大于 7 度的场地,对场地和地基的地震效应做出初步评价。

提出场地的初步岩土工程资料和主要的岩土设计参数。

评价场地稳定性和适宜性,对主要岩土工程问题提出技术解决方案的初步建议。

6.2 工程地质测绘与调查

6.2.1 在初步勘察阶段,对地形、地貌、地质条件较复杂的机场场地应进行工程地质测绘。对地形、地貌、地质条件简单的场地,可用调查代替工程地质测绘。

6.2.2 工程地质测绘与调查的范围,应包括机场场地及其附近区域,并根据初步查明场地工程地质条件和不良地质作用的需要而定。

6.2.3 工程地质测绘与调查,宜包括下列内容:

调查研究地形、地貌特征,划分地貌单元,分析各地貌单元的形成过程及其与地层、构造、不良地质作用的因果关系。

查明场地主要地质构造、新构造活动的形迹及其与地震活动的关系。

初步查明岩土的年代、成因、性质、厚度和分布范围，以及各种特殊性岩土的类别和工程地质特征。

初步查明岩体结构类型、风化程度、各类结构面 (尤其是软弱结构面) 的产状和性质，岩土接触面和软弱夹层的特性等。

初步查明场地土的标准冻结深度和冻土性质等。

调查岩溶、洞穴、滑坡、崩塌、泥石流、冲沟、地面沉降、断裂、地震震害、地裂缝、场地的地震效应、岸边冲刷等不良地质作用的形成、分布、形态、规模、发育程度及其对工程建设的影响。

调查人类活动对场地稳定性的影响，包括大挖大填、河流改道、人工洞穴、地下采空、灾害防治、抽水排水和水库诱发地震等。

调查场地地下水的类型、补给来源、排泄条件、历年最高地下水位、尤其是近 3~5 年最高地下水位，初步确定水位变化幅度和主要影响因素，并实测地下水位；必要时应设长期观测孔。

调查场地附近的河流、水系、水源及水的流向、流速、流量、常水位，洪水位及其发生时间、淹没范围。

收集气象、水文、植被及建筑材料等资料。

6.2.4 工程地质测绘与调查的成果资料宜包括综合工程地质图、工程地质分区图、洪水淹没范围图以及各种素描图、遥感影像解译资料、照片和文字说明等。

6.2.5 利用遥感影像资料解译进行工程地质测绘时，应有适量的现场检验地质观测点。野外工作应包括检查解译标志、解译结果和外推结果，并对室内解译难以获得的资料进行野外补充。

6.2.6 工程地质测绘与调查的比例尺可选用 1:2000~1:10000，条件复杂时，比例尺可适当放大。对工程有重要影响的地质单元体 (滑坡、断层、软弱夹层、洞穴等)，可采用扩大比例尺表示。地质界线和地质观测点的测绘精度误差在图上不宜大于 3mm。

6.2.7 地质观测点的布置、密度和定位应满足下列要求：

在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应有地质观测点。

地质观测点的密度应根据场地的地貌、地质条件、成图比例尺和工程要求等确定，并应具有代表性。

地质观测点应充分利用天然和已有的人工露头，当露头少时，应根据具体情况布置一定数量的探坑 (井) 或探槽。

地质观测点的定位应根据精度要求选用适当方法；地质构造线、地层接触线、岩性分界线、软弱夹层、地下水露头和不良地质作用等特殊地质观测点，宜用仪器定位。

6.3 工程地质勘察

6.3.1 初步勘察阶段工程地质勘察应包括下列主要内容：

初步查明场地的地形特征、地貌类型。

初步查明场地主要地质构造、断层与性质、地震烈度、工程地震特征。

初步查明场地环境工程地质概况，进行环境工程地质评价和地质灾害预测，初步提出防治和监测措施。

初步查明场地的岩土类型、成因、时代、分布规律及一般物理力学性质指标。

初步查明场地沟、塘、河、湖中的淤泥性质、分布、厚度及其对工程建设的影响。

初步查明场地有无特殊性岩土和需进行处理的岩土工程问题。

提供地基处理设计所需的基本岩土参数。

6.3.2 飞行区勘探点 (线) 的布置应符合以下要求：

飞行区勘探线可按本期道面工程范围，沿跑道中心线、平行滑行道中心线、联络道中心线布置，机坪按方格网布置。根据地形地貌条件，必要时可在垂直于跑道方向布置适量勘探线。高填方边坡位置可布置适量勘探点。

勘探线上的勘探点间距可按表 6.3.2 确定，局部异常地段应予以适当加密。

勘探点应沿勘探线布置，具体位置可根据现场地形地质条件适当调整。在每个地貌单元和不同地貌单元交接部位，应布置勘探点。

表 6.3.2 飞行区初步勘察勘探点间距

| 勘察等级 | 中心线勘探点 (m) | 方格网勘探点 (m) |
|------|------------|------------|
| 甲级 | 100~150 | 150~200 |
| 乙级 | 150~200 | 200~250 |
| 丙级 | 200~300 | 250~300 |

注：场地地质条件复杂时，间距取小值。下同。

6.3.3 航站区勘探点 (线) 的布置应符合以下要求：

勘探线、勘探点间距可按表 6.3.3 确定，局部异常地段应予以适当加密。

在每个地貌单元和不同地貌单元交接部位，应布置勘探点。

表 6.3.3 航站区初步勘察勘探线、勘探点间距

| 勘察等级 | 勘探线间距 (m) | 勘探点间距 (m) |
|------|-----------|-----------|
| 甲级 | 100~150 | 75~150 |
| 乙级 | 150~200 | 100~200 |
| 丙级 | 200~300 | 150~200 |

6.3.4 工作区勘探点 (线) 的布置应符合以下要求：

勘探线、勘探点间距可按表 6.3.4 确定，局部异常地段应予以适当加密。

在每个地貌单元和不同地貌单元交接部位，均应布置勘探点。

表 6.3.4 工作区初步勘察勘探线、勘探点间距

| 勘察等级 | 勘探线间距 (m) | 勘探点间距 (m) |
|------|-----------|-----------|
| 甲级 | 150~200 | 100~150 |
| 乙级 | 200~300 | 150~200 |
| 丙级 | 300~400 | 200~300 |

6.3.5 勘探深度应符合下列规定：

钻孔可分控制性钻孔和一般性钻孔。飞行区控制性钻孔宜占勘探孔总数的 $1/5 \sim 1/3$ ，航站区控制性钻孔宜占勘探孔总数的 $1/8 \sim 1/4$ ，工作区控制性钻孔宜占勘探孔总数的 $1/10 \sim 1/5$ ；并且每个地貌单元宜有控制性钻孔。

一般条件下，钻孔深度宜按表 6.3.5 确定。

查明地质构造的钻孔深度，按实际需要确定。

表 6.3.5 初步勘察钻孔深度

| 功能分区 | 控制性钻孔深度 | 一般性钻孔深度 |
|------|---|--------------------------|
| 飞行区 | 至微风化基岩内 1~3m；基岩埋藏较深时，至较硬的稳定土层 3~5m 且不小于 15~20m | 至基岩内 1~2m；基岩埋藏较深时，10~15m |
| 航站区 | 至微风化基岩内 1~3m；基岩埋藏较深时，至较硬的稳定土层 5~10m 且不小于 20~30m | 至基岩内 1~2m；基岩埋藏较深时，15~20m |
| 工作区 | 至微风化基岩内 1~3m；基岩埋藏较深时，至较硬的稳定土层 3~5m 且不小于 10~15m | 至基岩内 1~2m；基岩埋藏较深时，5~10m |

6.3.6 取样测试应符合下列要求：

取样的孔、坑在划定的工程地质单元内应均匀布置，其数量应不少于勘探点总数的 $1/6 \sim 1/3$ 。

钻孔和探坑竖向取土样间距，应按地层特点和岩土均匀程度确定，每一土层均应取样。场区每土层取样数量不少于 12 个。

飞行区室内试验项目可根据岩土类型按附录 C 确定，航站区和工作区室内试验项目可按相关规范确定。

6.3.7 应采取有代表性的浅层土样，进行腐蚀性分析试验，并按《岩土工程勘察规范》(GB50021) 评价地基土对水泥混凝土、混凝土中钢筋及钢结构的腐蚀性。

6.4 水文地质勘察

6.4.1 水文地质勘察应符合下列要求：

查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位及其变化幅度，当场地有多层对工程有影响的地下水时，应分层量测地下水位，并查明互相之间的关系。

查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时应设置观测孔，或在不同深度处埋设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化。

通过现场试验或室内试验，测定土层的渗透系数等水文地质参数。水文地质参数的测定应按《岩土工程勘察规范》(GB50021)执行。

6.4.2 应根据地下水的埋藏特征采取有代表性的水样进行腐蚀性分析，按照《岩土工程勘察规范》(GB50021)评价地下水对水泥混凝土、金属材料等的腐蚀性。

6.4.3 应评价地下水位变化对地基产生的影响，并提出相应的防治措施建议。

7 飞行区详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 详细勘察阶段，应按勘察任务书要求，针对场区存在的岩土工程问题，采取合适的勘察方法和手段，重点对规定范围内飞行区道面影响区和边坡稳定影响区进行勘察。

7.1.2 详细勘察应依据下列资料和要求进行：

场道平面布置和分区；

道面结构类型、地势设计方案；

地基处理或岩土工程治理的初步方案；

详细勘察任务书或勘察技术要求；

工程测量资料和初步勘察成果。

7.1.3 飞行区详细勘察阶段应完成下列主要任务：

提供详细的岩土工程资料和设计所需的岩土参数。

对场区地层结构、工程地质条件和水文地质条件进行分区分析与评价。

进一步进行机场环境工程地质评价，提出不良地质作用的防治和监测措施建议。

对不良地质体和特殊性岩土进行岩土工程分析与评价，对地基处理与土石方工程提出建议方案。

7.2 工程地质测绘与调查

7.2.1 对地形、地质条件复杂的特殊场地，详细勘察阶段应在初步勘察的基础上，对某些专门地质问题作进一步的工程地质测绘与调查。

7.2.2 工程地质测绘与调查的对象，应包括场区内的滑坡、崩塌、塌陷、洞穴、地面裂缝、泉眼、沟塘、植被等。

7.2.3 详细勘察阶段的工程地质测绘与调查，宜包括下列内容：

查明滑坡的形态特征与规模、滑裂面的地层结构与坡度、滑坡体周边地形地貌特征、地下水条件，分析滑坡的形成过程、稳定状态及发展趋势。

查明崩塌体的分布、规模、形态特征及岩土性状，分析其对工程的影响。

查明塌陷、洞穴、地面裂缝的分布、形态特征和规模，查明塌陷、洞穴、地面裂缝的类型和性质，查明其与地表水和地下水的关系，分析其对工程的影响。

查明泉眼的分布、位置、出水量，泉水的地下水类型、补给来源、排泄条件，与地表水体的关系。

查明场地土层的标准冻结深度。

7.2.4 工程地质测绘与调查的成果资料宜包括综合工程地质图、工程地质分区图、典型剖面图、照片、统计分析表和文字说明等。工程地质测绘与调查的比例尺可选用 1:500 ~ 1:2000，条件复杂时比例尺可适当放大。

7.3 工程地质勘察

7.3.1 详细勘察阶段工程地质勘察应包括下列主要内容：

查明场区地形特征、地貌类型。

查明场区地质构造、抗震设防烈度、工程地震特征及不良地震构造情况。

详细查明场区岩土类型、成因、分布规律。

详细查明场区地基土的物理力学性质和指标。

查明场区特殊性岩土的种类、分布、类别或等级。

查明不良地质作用 (岩溶、滑坡、崩塌、地震液化等) 及类似不利地质条件 (埋藏的古河道、非岩溶土洞、墓穴等) 的性质、分布、规模。

查明重要岩土工程问题 (地基处理、高填方等) 的工程地质条件。

查明沟、塘的分布、断面尺寸、形态特征，分析对工程建设的影响；查明暗浜、暗河、古河道的分布范围和岩土特征，分析其对工程的影响。

查明地表植物土状况。

7.3.2 应根据不同的使用要求和场地条件选择合适的勘察手段，道面影响区应以钻探为主，综合采用多种方法进行勘察。

7.3.3 勘探点 (线) 的布置应符合以下要求：

沿跑道中心线及其道肩边线 (填方区为道面影响区边线)、滑行道中心线布置勘探线；机坪一般情况下按方格网布置，地形复杂时应结合地形进行调整；高填方边坡区按本规范第 10.4 节规定布置。

勘探线上的勘探点间距可按表 7.3.3 确定。

表 7.3.3 飞行区详细勘察勘探点间距

| 勘察等级 | 勘探点间距 (m) | | |
|------|-----------|---------|---------|
| | 中心线勘探点 | 两侧勘探点 | 方格网勘探点 |
| 甲级 | 50~75 | 100~150 | 75~100 |
| 乙级 | 75~100 | | 100~125 |
| 丙级 | 100~150 | | 125~150 |

注：1. 跑道两侧勘探点可根据地形地貌条件与中心线勘探点间隔布置或相对布置。

2. 中心线勘探点、方格网勘探点间距含初步勘察勘探点。

勘探点应重点布置在地质条件有代表性的地带，并根据现场实际地形条件进行适当调整。每个地貌单元和不同地貌单元交接部位，应布置勘探点。在土面区可根据地形地貌条件适当布置一些勘探点。

7.3.4 控制性钻孔宜占勘探孔总数的 $1/5 \sim 1/3$ ，并且每个地貌单元应有控制性钻孔。一般场地和地基条件下，控制性钻孔深度可至中微风化基岩内 $1 \sim 3\text{m}$ ；基岩埋藏较深时，至较硬的稳定土层 $3 \sim 5\text{m}$ 且不小于 $15 \sim 20\text{m}$ 。一般性钻孔深度可至基岩内 $1 \sim 2\text{m}$ ；基岩埋藏较深时， $10 \sim 15\text{m}$ 。探坑深度根据实际情况确定。

7.3.5 软土、湿陷性土等特殊岩土地基的勘探深度应按本规范第 8 章的规定确定，高填方边坡工程的勘探深度按本规范第 10.4 节的规定确定。对于丘陵地区的高填方区段和软土地区，勘探深度应满足沉降计算的要求。对于丘陵地区的挖方段，应按本规范第 10.2 节规定进行土石材料性质及土石比勘察，其他勘探工作宜在场地平整后进行。

7.3.6 取样孔在平面上应均匀布置，其数量应不少于勘探点总数的 $1/6 \sim 1/3$ 。道槽设计标高下地基土取样竖向间距，应按地层特点和土的均匀程度确定。 $1 \sim 5\text{m}$ 深度可为 $1.0 \sim 1.5\text{m}$ ， $5 \sim 10\text{m}$ 深度可为 $2.0 \sim 2.5\text{m}$ ， 10m 深度以下可为 3.0m 。每一土层均应取样。

7.3.7 室内土工试验的项目宜根据具体地质条件和工程要求按本规范附录 C 确定，并按有关试验方法标准对土样进行试验。道槽设计标高下地基土每一土层每项岩土指标的数量一般情况应不少于 6 个；压缩性高的土层、特殊性土、受地下水影响的土层，每一土层每项岩土指标的数量应不少于 12 个。

7.3.8 对于涉及土石方工程和夯实/压实地基处理的场区内各类细颗粒土，应进行重型击实试验，提供最佳含水量与最大干密度。每种土类重型击实试验的组数应不低于 3 组，勘察等级为甲级时应不低于 5 组。

7.3.9 应根据需要测定天然状态下的地基反应模量、击实状态下的室内加州承载比，并进行不利状态修正。地基反应模量和加州承载比试验不宜少于 3 组，地基反应模量应选择有代表性的区段、土层和标高位置进行试验，室内加州承载比试验应选择有代表性土料，压实度为 95%（重型击实）。

7.3.10 应采取有代表性的道槽设计标高附近的浅层土样，进行腐蚀性分析试验，并按《岩土工程勘察规范》（GB50021）评价地基土对水泥混凝土、混凝土中钢筋的腐蚀性。

7.4 水文地质勘察

7.4.1 水文地质详细勘察应符合下列要求：

查明地下水类型、埋藏深度、赋存条件和动态变化规律。

查明场区含水层的分布规律、渗流状态及地下水和地表水的水力联系和补排关系。

查明各层土的水文地质参数。

查明场地的地下水位及其季节性变化范围。

查明机场附近范围内有无对地下水的污染源，取样分析地下水的水质情况，评价浅层地下水对混凝土、混凝土中钢筋的腐蚀性。

7.4.2 各勘探孔均应详细量测并记录初见水位、稳定水位及其量测时间。

7.4.3 工程需要时，应进行现场抽水或注水试验，综合测定地基土的渗透性。

7.4.4 应选择有代表性的勘探孔作为地下水位观测孔进行地下水季节性变化观测，结合有关工程地质测绘与调查成果，如泉水的出水量变化、地表水体分布等，分析地下水的季节性动态变化规律。

7.4.5 应分析评价地下水对工程的影响，并提出防治措施建议。

8 特殊性岩土勘察

8.1 软弱土

8.1.1 对以灰色为主的孔隙比大于 1.0、含水量大于液限的细粒土 (软土)，以及流塑、软塑的粘性土和饱和松散粉土，应按软弱土进行工程勘察。

8.1.2 软弱土勘察除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应重点包括以下内容：

查明各软弱土层的成因类型、分布范围、层理特征与结构特点。

查明各软弱土层的物理力学指标，提供沉降计算与稳定性分析所需参数。

查明暗埋的塘、浜、沟、坑及洞穴的分布、埋深及其填土情况。

调查当地的工程经验。

8.1.3 软弱土地区勘察一般应采用钎探、钻探、静力触探和十字板剪切等勘探、试验、测试相结合的综合方法，使勘探资料得以相互验证与补充。

8.1.4 勘探点的间距，除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应根据土的成因类型和地基复杂程度确定。当土层变化较大或有暗埋的塘、浜、沟、坑及洞穴时应予加密。

8.1.5 勘探孔的深度，应满足沉降计算与稳定性分析的需要，主要根据软弱土分布厚度及填方高度而定。

对均质厚层软弱土，钻孔深度应穿透软弱土层并达到预估的地基附加应力与地基土自重应力比为 0.10~0.15 时所对应的深度；当难以预估附加应力的大小时，控制性钻孔深度不宜小于 30m 并进入软弱土层下 5m。

对非均质分布的软弱土，可以地基压缩层计算深度 Z_n 作为钻孔深度。地基压缩层计算深度 Z_n 可按式 8.1.5 计算。

$$\Delta s_{j\bar{a}} = 0.025 \sqrt{E} \Delta s_{j\bar{a}} \quad (8.1.5)$$

式中 $\Delta s_{j\bar{a}}$ ——在计算深度范围内，第 i 层土的计算变形值；

$\Delta s_{j\bar{a}}$ ——在由计算深度向上取厚度为 1m 的土层计算变形值。

对非均质分布的软弱土，当底部有密实或硬塑的下卧层或岩质底板时，在查明其性质并确定具有一定厚度后，可不再深钻。

8.1.6 软弱土的取样测试应符合下列要求：

软弱土取样应采用薄壁取土器，并以压入法采取。

对所取得的软弱土样品应密封，防止水分流失和蒸发；并应置于柔软防震的样品箱中，避免在运输过程中改变其原有结构状态。

软弱土的室内试验项目可按本规范附录 C 选择。

软弱土的物理力学参数应根据室内试验、原位测试成果，结合当地经验综合确定。

8.1.7 软弱土的岩土工程评价应重点包括下列内容：

软弱土的成因类型与分布规律。

软弱土的物理力学性质。

分析软弱土地基的变形与稳定性，评价软弱土地基对工程的影响。

针对工程项目与地质环境的相互作用，结合试验与测试指标，作出工程地质评价。

对软弱土提出地基处理方案建议。

8.2 湿陷性黄土

8.2.1 在干旱、半干旱气候地区，对大孔隙、具有遇水湿陷特性的黄色粉土、粉质粘土，应按湿陷性黄土进行工程勘察。

8.2.2 湿陷性黄土勘察，除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应重点包括以下内容：

湿陷性黄土的年代、成因、厚度、分布与结构特点。

黄土的地貌单元，与下伏地层接触形态。

各湿陷性黄土层的物理、力学性质与水理性质，提供沉降计算与稳定性分析所需的参数。

黄土的湿陷类型、湿陷等级。

黄土塌陷、洞穴、冲沟、陡坎、崩塌等的分布、形态及发育规律。

当地的工程经验。

8.2.3 湿陷性黄土地区勘察一般应采用井探为主、钻探和标准贯入试验结合的综合方法。

8.2.4 勘探点的间距，除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应根据场地复杂程度和黄土的湿陷性分布情况确定，当湿陷性土层变化较大时应予以适当加密。

8.2.5 勘探孔 (井) 的深度应符合下列要求：

控制性勘探孔 (井) 深度不宜小于 20m 并进入非湿陷性土层下 3~5m；一般勘探孔 (井) 的深度应穿透湿陷性土层。

当存在高填方时，勘探孔 (井) 的深度，应满足沉降计算与稳定分析的需要，主要根据黄土分布厚度及填方高度而定：

飞行区道面影响区以地基压缩层计算深度 Z_n 作为钻孔深度，控制性勘探孔 (井) 深度尚不宜小于 30m 或进入黄土层下土层 5~10m。地基压缩层计算深度 Z_n 可按式 8.2.5 计算。

$$\Delta s_{j\bar{a}} = 0.025 \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n \Delta s_{ji\bar{a}}} \quad (8.2.5)$$

式中 $\Delta s_{ji\bar{a}}$ ——在计算深度范围内，第 i 层土的计算变形值；

$\Delta s_{\text{计算}}$ ——在由计算深度向上取厚度为 1m 的土层计算变形值。

边坡稳定影响区，勘探孔深度按本规范第 10.4 节规定执行。

8.2.6 黄土的试验测试应满足下列要求：

应按地貌单元、土层的类别分别进行物理力学和湿陷性试验。高填方条件下，尚应对高填方压力范围内的 Q_2 黄土进行湿陷性试验。

测定黄土湿陷系数的试验压力，应考虑填土荷载与自重应力的作用。

工程需要时，对飞行区道面影响区和高填方边坡稳定影响区的主要湿陷性土层，尚应进行非浸水饱和的增湿湿化试验，增湿后的饱和度可按 90% 或按设计要求确定。

8.2.7 黄土湿陷性评价应符合下列规定：

黄土地基的总湿陷量 Δ_s (cm)，按式 8.2.7 计算。

$$\Delta_s = \sum_{i=1}^n \delta_{si} h_i \quad (8.2.7)$$

式中 δ_{si} ——第 i 层土室内压缩试验测定的湿陷系数，对应的压力为自重应力、填方与道面结构附加应力之和；

h_i ——第 i 层土的厚度，从道槽设计标高（初步勘察时自地面下 1.0m）算起；计算深度应包括所有湿陷性土层。

湿陷性黄土场地的自重湿陷量按《湿陷性黄土地区建筑规范》（GB50025）第 4.4.4 条规定进行计算。

黄土湿陷性、湿陷程度、湿陷类型、湿陷起始压力、湿陷等级，按《湿陷性黄土地区建筑规范》（GB50025）第 4.4 节规定进行判定。

8.2.8 黄土的岩土工程评价应重点包括下列内容：

进行湿陷性黄土的分布规律与结构特性、地貌单元与工程地质分区评价。

确定黄土的湿陷类型、湿陷等级，对黄土湿陷性进行分区评价。

结合工程环境条件，对黄土地基的变形和湿陷性变形进行分析评价。

当浸水因素引起湿陷性土本身或其与下伏地层接触面的强度降低时，应对湿陷性黄土边坡进行稳定性评价。

对湿陷性黄土地基提出地基处理方案建议。

8.3 膨胀土

8.3.1 含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大体积变化，变形受约束时产生较大内应力的土，应按膨胀土进行工程勘察。膨胀土的判定、胀缩等级划分按《岩土工程勘察规范》（GB50021）进行。工程影响范围内的膨胀性红粘土，应按本节规定进行勘察。

8.3.2 膨胀土的勘察应遵守下列规定：

勘探点宜结合地貌单元和微地貌形态布置，数量应较非膨胀土地区适当增加。

勘探孔的深度，除应满足第 5、6、7 章深度要求外，尚应超过大气影响深度。

在大气影响深度内，每个控制性勘探孔均应采取Ⅰ、Ⅱ级土试样，取样间距不应大于 1.0m，在大气影响深度以下，取样间距可为 1.5～2.0m；一般性勘探孔从地表下 1m 开始至 5m 深度内，可取Ⅲ级土试样，测定天然含水量。

8.3.3 膨胀土的室内试验，除按一般粘性土的规定进行试验外，尚应测定下列指标：

自由膨胀率；

一定压力下的膨胀率；

收缩系数；

膨胀力；

干湿循环条件下的强度和变形指标，必要时补充膨胀性粘土矿物、交换性阳离子总量、比表面积等的测试。

8.3.4 工程需要时，应进行现场浸水载荷试验。对膨胀土应进行粘土矿物成分、体积膨胀量和无侧限抗压强度试验。对各向异性的膨胀土，应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。

8.3.5 应计算土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，并划分胀缩等级。计算和划分方法可按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ112)进行。有地区经验时，亦可根据地区经验进行相应的计算与划分。

8.3.6 膨胀土的岩土工程评价应包括下列内容：

浸水条件下的地基承载力。

地基膨胀量和差异隆起量，及其对工程的影响。

膨胀土地基处理方法及注意的问题。

评判膨胀土直接作为填料的可行性，并对有关处治措施提出建议。

8.4 盐渍土

8.4.1 岩土中易溶盐含量大于 0.3%，并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性时，应按盐渍土进行工程勘察。

8.4.2 盐渍土根据其含盐化学成分和含盐量可按表 8.4.2-1 和 8.4.2-2 分类。

8.4.3 盐渍土地区的勘察，应包括下列内容：

盐渍土的成因、分布和特点；

含盐化学成分、含盐量及其在岩土中的分布；

收集气象和水文资料；

地下水的类型、埋藏条件、水质、水位及其季节变化。

表 8.4.2-1 盐渍土按含盐化学成分分类

| 盐渍土名称 | $\frac{c(Cl^{-})}{2c(SO_4^{2-})}$ | $\frac{2c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^{-})}{c(Cl^{-})+2c(SO_4^{2-})}$ |
|--------|-----------------------------------|--|
| 氯盐渍土 | >2.0 | — |
| 亚氯盐渍土 | 1.0~2.0 | — |
| 亚硫酸盐渍土 | 0.3~1.0 | — |
| 硫酸盐渍土 | <0.3 | — |
| 碱性盐渍土 | — | >0.3 |

表 8.4.2-2 盐渍土按含盐量分类

| 盐渍土名称 | 平均含盐量 (%) | | |
|-------|-----------|---------|---------|
| | 氯及亚氯盐 | 硫酸及亚硫酸盐 | 碱性盐 |
| 弱盐渍土 | 0.3~1.0 | — | — |
| 中盐渍土 | 1.0~5.0 | 0.3~2.0 | 0.3~1.0 |
| 强盐渍土 | 5.0~8.0 | 2.0~5.0 | 1.0~2.0 |
| 超强盐渍土 | >8.0 | >5.0 | >2.0 |

8.4.4 盐渍土的勘察应符合下列规定：

除应遵守本规范第 5、6、7 章规定外，勘探点布置尚应满足查明盐渍土分布特征的要求。

采取岩土试样宜在干旱季节进行，对于测定含盐离子的扰动土取样，应符合表 8.4.4 的规定。

工程需要时，应测定有害毛细水上升的高度。

盐渍土除进行常规室内试验外，尚应根据盐渍土的岩性特征，进行化学成分分析、盐胀试验和溶陷试验，必要时可对岩土的结构进行显微结构鉴定。

对于溶陷性盐渍土应进行浸水载荷试验确定其溶陷性，对盐胀性盐渍土宜现场测定有效盐胀厚度和总盐胀量。

溶陷性指标的测定可按湿陷性土的湿陷试验方法进行。

表 8.4.4 盐渍土扰动试样取样要求

| 勘察阶段 | 深度范围 (m) | 取样间距 (m) | | 取样孔占勘探孔总 数的百分数 (%) |
|------|-------------|-------------|--------|-----------------------|
| | | 硫酸、亚硫酸盐渍土 | 非硫酸盐渍土 | |
| 初步勘察 | <2.0 | 0.5 | 1.0 | 100 |
| | 2.0~5.0 | 1.0 | 1.0 | 50 |
| | >5.0 | 2.0 | 2.0 | 30 |
| 详细勘察 | <1.0 | 0.3 | 0.5 | 100 |
| | 1.0~3.0 | 0.5 | 0.5 | 100 |
| | 3.0~5.0 | 1.0 | 1.0 | 50 |
| | >5.0 | 2.0 | 2.0 | 30 |

8.4.5 盐渍土的岩土工程评价应包括下列内容：

岩土中含盐类型、含盐量及主要含盐矿物对岩土工程特性的影响；
岩土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性；
考虑水溶性影响的盐渍土地基承载力；
盐渍土对建筑材料的腐蚀性评价；
盐渍土地基处理的分析评价与建议。

8.5 冻土

8.5.1 对负温或零摄氏度以下并含有冰的土，应按冻土进行工程勘察。冻土的分类、定名和冻胀、融沉性分级按《冻土工程地质勘察规范》(GB50324)确定。

8.5.2 冻土勘察除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应重点查明以下内容：

冻土的类型、分布范围、成因和厚度；
多年冻土地基的物理、力学和热学参数；
多年冻土的融沉性分级和季节性冻土的冻胀性分级；
多年冻土上限的分布、季节融化层的成分和冻胀性；
季节性冻土多次冻融循环条件下的强度和变形指标；
冻土的地质条件及其对工程的危害程度。

8.5.3 冻土勘探点的间距，除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应根据冻土工程地质条件的复杂程度、冻土的性质等具体情况适当加密。

8.5.4 冻土勘探孔的深度，除应符合本规范第 5、6、7 章的规定外，尚应满足如下要求：

季节性冻土的勘探深度应大于年最大冻结深度。
多年冻土的勘探深度应至道面基础下 3 倍以上的冻土上限深度。

8.5.5 冻土的取样测试应满足下列要求：

季节性冻土层采取土样的竖向间距应不大于 0.5m；多年冻土层采取土样的竖向间距应不大于 1m；试样在采取、搬运、贮存、试验过程中应避免融化。

冻土物理试验应包括颗粒分析、天然含水量、含冰量、天然密度、土的液限、塑限等项目；力学试验应包括季节性冻土的冻胀率、多年冻土的融沉系数、冻土在融化状态的固结试验和剪切试验等项目。

工程需要时，可建立地温观测点，进行地温观测。

8.5.6 冻土的岩土工程评价应重点包括以下内容：

应重点阐述冻土的发育情况、特征和不良地质问题，并进行冻土工程地质评价。
对季节性冻土，应着重分析地基土冻结、融化过程中的冻胀、融沉情况和水稳性能。

对多年冻土,除了分析评价地基土融化沉降与工程建设的相互影响外,还应分析评价多年冻土的发展趋势及其对工程的影响。

评价冻土冻融引发的不良地质现象与工程建设的相互影响及危害程度。

提出冻土地基处理方案建议。

9 特殊地质条件勘察

9.1 一般规定

9.1.1 新建机场应进行地质灾害危险性评估工作,在拟建机场场地和影响范围内存在对机场安全有影响的岩溶、滑坡、泥石流、危岩和崩塌、地震和断裂带、地面沉陷、采空区等不良地质灾害作用时,应在选址勘察阶段或初步勘察阶段对地质灾害进行勘察。对特殊的地质灾害治理工程,应对地质灾害进行专门的岩土工程勘察工作。

9.1.2 不良地质灾害的勘察工作应利用多种勘探手段和先进的勘察技术,查清灾害的类型、成因、规模,采用多种方法,综合分析,对不良地质作用和地质灾害作出正确评价。

9.1.3 不良地质灾害的勘察工作应对地质灾害的稳定性和发展趋势进行评价和预测,结合整治工程的需要,建议可行的整治方案,满足灾害治理的要求。

9.2 岩溶勘察

9.2.1 当场地存在对工程安全有影响的岩溶时,应进行岩溶勘察。岩溶勘察应包括地表岩溶勘察和地下岩溶勘察。当岩溶发育、形态复杂,对机场工程有较大影响时,宜进行岩溶专项勘察或进行岩溶问题的专题研究。

9.2.2 地表岩溶勘察应符合下列要求:

选址勘察应初步查明地表岩溶的发育条件,并对其工程影响程度和发展趋势作出初步判断,对场址的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价。

初步勘察应初步查明可溶岩分布地段的地形地貌特征,查明地表岩溶的主要形态、规模大小、发育程度和分布规律,并按场地条件进行分区;查明溶蚀漏斗、溶蚀洼地等上覆土层的分布和基本岩土特征;查明地下水类型、埋藏条件、富水程度、补给、径流、排泄条件,地下水露头位置和标高、涌水量大小,地下水与地表水的水力联系,地表水的消水位置。

详细勘察应查明工程范围及有影响地段的地表岩溶的形态及分布,包括岩溶的形态、特征、形状、大小、深度、分布特征与分布规律,分析地表岩溶的工程影响,并对岩溶的治理提出建议。

9.2.3 隐伏的地下岩溶勘察,应符合下列要求:

选址勘察应初步查明溶洞、土洞的发育条件,对其危害程度和发展趋势作出初步判断,对场址的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价。

初步勘察应初步查明溶洞、土洞的发育程度、基本形态、规模大小和分布规律及其与地

层岩性、地质构造、地表水和地下水之间的关系，初步查明岩溶水的埋藏特点、补给、径流、排泄条件，地下水位标高和水位变化特点，按场地的稳定性和适宜性进行分区。

详细勘察应详细查明工程范围内填方区 (包括填挖过渡段) 溶洞和土洞的下列条件,定量分析溶洞和土洞的稳定性，并对岩溶的治理提出建议：

洞体形态及埋藏条件：埋藏深度、覆盖层厚度、洞体直径 (短轴)、洞体形状、洞体分布特征；

顶板与覆盖层状况：顶板与覆盖层岩性与性状、顶板完整情况、埋藏深度与洞径比值、顶板性状；

充填情况：充填物成分、性质、密实程度、水流冲蚀稳定性，充填量情况等；

地下水特征。

在场地初平标高后，应根据勘察任务书要求，对道面影响区和其他重要功能区域的挖方区，增加施工勘察阶段，以弥补详细勘察阶段受场地条件影响未能完成的岩溶勘察工作。施工勘察应进一步查明道面影响区和其他重要功能区域挖方区设计标高下一定范围内溶洞和土洞的下列条件，定量分析溶洞和土洞的稳定性，并对岩溶的治理提出针对性建议：

洞体形态及埋藏条件：洞体直径 (短轴)、洞体形状、洞体分布特征，挖方完成后的埋藏深度、覆盖层厚度；

顶板与覆盖层状况：挖方完成后的顶板与覆盖层岩性与性状、顶板完整情况、埋藏深度与洞径比值、顶板性状；

充填情况：充填物成分、性质、密实程度、水流冲蚀稳定性，充填量情况等。

9.2.4 对地表岩溶，宜以工程地质测绘与调查为主，结合物探、钻探等手段进行勘察；对隐伏的地下岩溶，宜采用工程地质测绘与调查、综合物探、钻探等多种手段结合的方法进行。岩溶勘察应先进行工程地质测绘和综合物探，对测绘和物探发现的异常地段，应选择有代表性的部位布置验证性钻孔。

9.2.5 地下岩溶的工程地质测绘与调查，除应遵守本规范第 5.3 节、第 6.3 节、第 7.3 节的规定外，尚应调查下列内容：

可溶性岩层的岩性特征、地层产状、分布情况、与非可溶岩层的相互关系；

溶洞、土洞和塌陷的分布、形态和发育规律；

岩面起伏、形态和覆盖层厚度；

地下水赋存条件、水位变化和运动规律；

岩溶发育与地貌、构造、岩性、地下水的关系；

溶洞、土洞和塌陷的成因及其发展趋势；

当地治理溶洞、土洞和塌陷的经验。

9.2.6 详细勘察的勘探工作应符合下列规定：

岩溶发育地段，勘探点间距应对本规范第 5、6、7 章规定的间距予以适当加密；对物探异常点应采用钻探验证，当发现或可能存在危害工程的洞体时，应加密勘探点。

当预定深度内有洞体存在，且可能影响地基稳定时，勘探深度应进入洞底基岩面下不少于 2m，必要时应圈定洞体范围。

在土洞和塌陷发育地段，可采用静力触探、轻型动力触探、小口径钻探等手段，详细查明其分布。

当需查明断层、岩组分界、溶洞和土洞形态、塌陷等情况时，应布置适当的探槽或探井。

凡人员可以进入的洞体，均应入洞勘查；人员不能进入的洞体，宜用井下电视等手段探测。

9.2.7 岩溶勘察的测试和观测应符合下列要求：

当追溯隐伏洞隙的联系时，可进行连通试验。

评价洞隙稳定性时，应采取洞体顶板岩样和充填物土样进行物理力学性质试验。

当需查明土的性状与土洞形成的关系时，可进行湿化、胀缩、可溶性和剪切试验。

当需查明地下水动力条件、潜蚀作用、地表水与地下水联系，预测土洞和塌陷的发生、发展时，可进行流速、流向测定和水位、水质的长期观测。

9.2.8 当场地存在下列情况之一时，可判定为未经处理不宜作为地基的不利地段，否则按本规范第 12.5 节继续进行分析评价。

浅层洞体或溶洞群，洞径大，且不稳定的地段；

埋藏的漏斗、槽谷等，并覆盖有软弱土体的地段；

土洞或塌陷成群发育地段；

岩溶水排泄不畅，可能暂时淹没的地段。

9.2.9 岩溶勘察报告除应符合本规范第 13 章的规定外，尚应包括下列内容：

岩溶发育的地质背景和形成条件；

洞隙、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高；

岩溶稳定性分析；

岩溶治理和监测方案的建议。

9.3 滑坡勘察

9.3.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行专门的滑坡勘察。

9.3.2 滑坡勘察应进行工程地质测绘与调查，调查范围应包括滑坡及其邻近地段。比例尺一般

可用 1:200~1:1000，用于整治设计时比例尺可用 1:200~1:500。

9.3.3 滑坡区的工程地质测绘与调查，除应遵守本规范第 5.3 节的规定外，尚应调查下列内容：

收集地质、水文、气象、地震和人类活动等相关资料；

滑坡的形态要素和演化过程，圈定滑坡周界；

地表水、地下水、泉和湿地等的分布；

树木的异态、工程设施的变形等；

当地治理滑坡的经验。

9.3.4 勘探线和勘探点的布置应根据工程地质条件、地下水情况和滑坡形态确定。除沿主滑方向应布置勘探点外，在其两侧滑坡体外也应布置一定数量勘探点。在滑坡体转折处和预计采取工程措施的地段，也应布置勘探点。勘探方法除钻探和触探外，应有一定数量的探井。

9.3.5 勘探孔的深度应穿过最下一层滑面，进入稳定地层。控制性勘探孔应深入稳定地层一定深度，满足滑坡治理需要。

9.3.6 滑坡勘察应进行下列工作：

查明各层滑坡面（带）的位置。

查明各层地下水的位置、流向和性质。

在滑坡体、滑坡面（带）和稳定地层中采取土试样进行试验。

9.3.7 滑坡勘察时，土的强度试验应符合下列要求：

滑面土体抗剪强度试验类型应根据滑面土的性质和地下水的情况选择，当滑面清楚时可进行室内或现场滑面重合剪试验，当滑面不清楚而成带状分布时，滑带宜作重塑土或原状土反复剪试验，获得滑带土的残余抗剪强度指标。

采用与滑动受力条件相似的方法。

采用反分析方法检验滑动面的抗剪强度指标。

采用多种方法进行综合评价。

9.3.8 滑坡的稳定性计算应符合下列要求：

正确选择有代表性的分析断面，正确划分牵引段、主滑段和抗滑段。

正确选用滑坡计算参数，滑坡的抗剪强度指标宜根据测试成果、反分析方法和当地经验综合确定。

有地下水作用时，应计入浮托力和水压力。

根据滑面（滑带）条件，按平面、圆弧或折线，选用正确的计算模型。

当有局部滑动可能时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定。

当有地震作用、洪水冲刷和人类活动等影响因素时，滑坡稳定性计算应考虑这些因素的影响。

进行滑坡稳定性分析应先充分考虑滑坡的地形地貌条件、地层特性、滑坡变形特征、地下水的作用和当地经验，进行滑坡稳定性的定性分析，在对滑坡类型、破坏模式、演化阶段等

进行定性分析的基础上，根据试验参数、反分析成果进行滑坡的定量分析和综合评价。

9.3.9 滑坡稳定性的综合评价，应根据滑坡的规模、主导因素、滑坡前兆、滑坡区的工程地质和水文地质条件，以及稳定性验算结果进行，并应分析发展趋势和危害程度，提出治理方案建议。

9.3.10 滑坡勘察报告除应符合本规范第 13 章的规定外，尚应包括下列内容：

滑坡的地质背景和形成条件；

滑坡的形态要素、性质和演化；

滑坡的平面图、剖面图和岩土工程特性指标；

滑坡稳定分析；

滑坡防治和监测方案的建议。

9.4 地震效应勘察

9.4.1 在机场工程勘察工作中，应收集地震地质的有关资料，了解地震断裂带的分布和性质，掌握地震活动情况，进行地震效应的评价，分析地震作用对机场工程的影响。

9.4.2 在抗震设防烈度等于或大于 7 度的地区修建机场，应进行场地和地基地震效应的岩土工程勘察，根据国家批准的地震动参数区划和有关规范的要求，提供机场抗震设计所需的有关参数。

9.4.3 根据建设场地的地质条件和地形地貌特征，按照《建筑抗震设计规范》(GB50011)的划分标准，划分抗震的有利地段、一般地段、不利地段和危险地段。

9.4.4 在机场跑道、滑行道、联络道和机坪部位选择控制性钻孔的 3~5 个孔进行波速试验，测定岩土层的剪切波速，按照《建筑抗震设计规范》(GB50011)的划分标准，根据覆盖层分布厚度确定场地类别。

9.4.5 当拟建机场内的地基土存在有饱和砂土或粉土时应进行地震液化可能性评价。液化评价时应先根据地形地貌条件、地质年代、地下水的埋藏深度和粉土的粘粒含量初步判别砂土和粉土是否有地震液化的可能性，当初步判别认为有液化的可能时，再作进一步判别。液化的判别宜采用多种方法，综合判定液化可能性和液化等级。

9.4.6 地震液化的初步判别条件按《建筑抗震设计规范》(GB50011)的要求进行。

9.4.7 地震液化的进一步判别，可采用成熟的方法进行综合判别。当采用标准贯入试验判别液化时，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。判别深度为地面下 20m 以内。

9.4.8 当采用标准贯入试验进行饱和土的液化判别时，以标准贯入试验未修正的实测锤击数与液化判别锤击数临界值进行比较。当实测锤击数小于液化判别锤击数临界值时，应判为液化土；当实测锤击数不小于液化判别锤击数临界值时，应判为非液化土。

标准贯入试验液化判别锤击数临界值按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 \left[\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w \right] \sqrt{3/c} \quad (9.4.8)$$

式中 N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；
 N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值，应按表 9.4.8 采用；
 d_s ——饱和土标准贯入点深度 (m)；
 d_w ——地下水位 (m)；
 \tilde{N} ——粘粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，应采用 3；
 \hat{A} ——调整系数，设计地震第一组取 0.8，设计地震第二组取 0.95，设计地震第三组取 1.05。

表 9.4.8 标准贯入锤击数基准值

| 设计基本地震加速度 (g) | 0.1 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |
|----------------|-----|------|------|------|------|
| 液化判别标准贯入锤击数基准值 | 7 | 10 | 12 | 16 | 19 |

9.4.9 对已经判别为液化土层的地基，应探明各液化土层的深度和厚度，按式 9.4.9 的方法计算每个钻孔的液化指数，按表 9.4.9 的划分标准综合划分地基的液化等级：

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}} \right) d_i W_i \quad (9.4.9)$$

式中 I_{LE} ——液化指数；
 n ——在判别深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数；
 N_i 、 N_{cri} ——分别为 i 点标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时应取临界值的数值；
 d_i —— i 点所代表的土层厚度 (m)，可采用与该标准贯入试验点相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；
 W_i —— i 土层单位土层厚度的层位影响权函数值 (m^{-1})。当该层中点深度不大于 5m 时应采用 10，等于 20m 时应采用零值，5~20m 时应按线性内插法取值。

表 9.4.9 液化等级

| 液化等级 | 轻 微 | 中 等 | 严 重 |
|------|---------------------|----------------------|---------------|
| 液化指数 | $0 < I_{LE} \leq 6$ | $6 < I_{LE} \leq 18$ | $I_{LE} > 18$ |

9.4.10 抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土分布区，宜判别软土震陷的可能性和估算震陷量。

9.4.11 场地或场地附近有滑坡、滑移、崩塌、塌陷、泥石流、采空区等不良地质作用时，应进行专门勘察，分析评价其在地震作用下的稳定性。

9.5 断裂勘察

9.5.1 在机场选址勘察阶段,应收集场址的地震地质和断裂带分布的有关资料,了解断裂带的性质、活动性、活动时间、活动周期、发震位置和发震震级。初步判定断裂带是活动断裂还是非活动断裂,分析评价场址的稳定性。

9.5.2 根据机场的重要性或等级,进行场址的地震安全性评价,当机场内或场址附近有断裂带分布时,应对断裂带的活动性进行专门鉴定。机场选址勘察时,对全新活动断裂带应提出避让距离的建议。避让距离应根据断裂的等级、规模、性质、覆盖层厚度、抗震设防烈度等因素,按有关标准综合确定。非全新活动断裂可不采取避让措施。

9.5.3 在初步勘察阶段,应在场址的地震安全性评价和断裂带活动性鉴定的基础上,进行断裂带的勘察工作,主要采用工程地质测绘、物探和钻探的方法查清断裂带的性质、宽度、走向、破碎带特征和工程性质。

9.5.4 在详细勘察阶段,主要采用钻探和岩土试验的方法,查清断裂带的岩土特性、破碎程度、胶结情况、物理力学性质,分析评价地层条件的不均匀性对机场工程的影响,并提出处理方案建议。

9.5.5 断裂的地震工程分类应符合下列规定:

全新活动断裂为在全新地质时期(一万年)内有过地震活动或近期正在活动,在今后一百年可能继续活动的断裂;全新活动断裂中、近期(近500年来)发生过地震震级 $M \geq 5$ 的断裂,或在今后100年内,可能发生 $M \geq 5$ 的断裂,可定为发震断裂。

非全新活动断裂:一万年以前活动过,一万年以来没有发生过活动的断裂。

9.5.6 全新活动断裂可按表9.5.6分级。

表 9.5.6 全新活动断裂分级

| 指 标 | | 活动性 | 平均活动速率 v (mm/a) | 历史地震震级 M |
|------|----------|---------------------|----------------------|----------------|
| 断裂分级 | | | | |
| | 强烈全新活动断裂 | 中晚更新世以来有活动,全新世活动强烈 | $v > 1$ | $M \geq 7$ |
| | 中等全新活动断裂 | 中晚更新世以来有活动,全新世活动较强烈 | $1 \geq v \geq 0.1$ | $7 > M \geq 6$ |
| | 微弱全新活动断裂 | 全新世有微弱活动 | $v < 0.1$ | $M < 6$ |

9.5.7 断裂带的勘察可根据机场工程的重要性的断裂带对工程影响大小提供专题研究报告。

9.6 泥石流勘察

9.6.1 拟建机场内存在发生泥石流条件或泥石流的发生影响机场安全时,应进行泥石流勘察。

9.6.2 泥石流的勘察应在选址勘察或初步勘察阶段进行,对机场工程有重要影响的泥石流应进行专门勘察。

9.6.3 泥石流勘察应查明泥石流的形成条件、类型、规模、发育阶段、活动规律，分析对机场工程建设的影响和评价机场建设的适宜性，提出防治方案的建议。

9.6.4 泥石流勘察应以收集资料、工程地质测绘与调查为主，测绘范围应包括形成区、流通区和堆积区所在的全部区域。

资料收集应包括流域内的地形图、本地的气象水文资料、区域地质与地震资料、区域内有无滑坡、崩塌体等、区域内有无泥石流发生的历史记载及其发生时间和频次、与泥石流有关的环境变化资料，包括兴修水利、道路、采矿弃渣、植被破坏等。

现场测绘与调查应包括下列内容：

地形地貌特征，包括沟谷的发育程度、切割情况，地面坡度，并划分泥石流的形成区、流通区和堆积区；

形成区的水源类型、水量、汇水条件、山坡坡度，岩层性质和风化程度；断裂、滑坡、崩塌、岩堆等不良地质作用的发育情况及可能形成泥石流固体物质的分布范围和储量；

通过区的沟床纵横坡度、跌水、急湾等特征；查明沟床两侧山坡坡度、稳定程度，沟床的冲淤变化和泥石流的痕迹；

堆积区的堆积扇的分布范围，表面形态，纵坡，植被，沟道变迁和冲淤情况；查明堆积物的性质、层次、厚度等；

泥石流沟谷的历史，历次泥石流的发生时间、频数、规模、形成过程，暴发前的降雨情况和暴发后产生的灾害情况；

开矿弃渣、修路切坡、砍伐森林、陡坡开荒和过度放牧等人类活动情况；

当地防治泥石流的经验、监测情况和治理效果。

9.6.5 在泥石流的形成区，如有滑坡、崩塌体等不良地质作用稳定性不明确或堆积体厚度不清时，应布置钻探、物探或取样进行物理力学性质试验，查清形成区物质来源、分布厚度和岩土特性。在堆积区可布置一定数量的勘探工作，查明堆积区的厚度和物质组成。

9.6.6 泥石流的工程性质评价应包括泥石流形成的物质条件、地形地貌条件、水文条件、植被发育状况、人类活动的影响。确定泥石流的形成条件、规模、活动特征、侵蚀方式、破坏方式，预测泥石流的发展趋势和危害程度，提出防治措施建议。

9.6.7 泥石流勘察报告除符合本规范第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

泥石流区的地形地貌和工程地质条件；

泥石流形成区、流通区和堆积区的分布和特征；

估计泥石流的规模，划分泥石流的类型，判定泥石流的危害程度，评价工程建设的适宜性；

提出泥石流的治理措施和监测工作的建议。

9.7 采空区勘察

9.7.1 拟建机场内有采空区时,应进行采空区的勘察工作,查清采空区的危害程度和机场建设的适宜性,为采空区的防治提供地质依据。

9.7.2 查明采空区的范围、埋藏深度、空间大小、顶板岩层厚度、地质构造特征;查明采空区顶板的完整性、塌落情况和采空空间的充填程度;查明和预测采空区的地表移动、变形特征、变形规律和发展趋势,查明其诱发其他不良地质作用的类型、位置和规模及危害,提出防治措施建议;分析评价采空区上覆岩层的稳定性,判定采空区工程场地的适宜性。

9.7.3 采空区勘察以收集资料、工程地质测绘与调查为主,了解采空区的地层结构、地质构造、水文地质条件;收集矿床分布图,了解矿层的分布、层数、层厚、埋藏深度,已有采空区的分布范围、开采时间、开采方法,塌落时间、塌落情况,顶板处理措施;收集与地表变形有关的观测和计算资料,采空区内充填和积水情况,采空区附近抽水排水时对采空区变形的影响;查清地表塌陷特征、塌陷范围、变形大小、稳定情况与发展趋势;地表塌陷坑、塌陷台阶、塌陷裂缝的位置、形状、规模、深度、延伸方向、发展趋势,地表变形与采空区、区域地质构造、开采边界、工作面推进方向的关系;地表塌陷引起的其他不良地质作用的类型、分布位置、规模等。

9.7.4 通过测绘与调查方法不能查明采空区特征和分布范围不清楚时,应采用综合物探和钻探相结合方法进一步查明采空区的分布情况,物探方法的选择应结合地形与采空区埋深而定。

9.7.5 应根据地表移动特征、地表移动所处阶段、地表变形值的大小和上覆岩层的结构特征,对采空区的稳定性进行评价。

9.7.6 根据采空区的埋藏深度、影响范围、地面变形特征和采空区的稳定情况,进行机场工程建设的适宜性评价。

9.7.7 对采空区的发展和变形趋势进行分析和预测,对采空区的防护、治理和变形监测提出建议。

9.7.8 采空区勘察报告除符合本规范第 13 章的规定外,尚应重点包括下列内容:

采空区的地形地貌、场地工程地质条件和水文地质条件。采空区分布情况及基本特征、变形特点和变形发展情况。

采空区形成历史、分布情况、基本特征、变形特点和变形发展情况。

评价采空区不同地段的稳定性、变形规律及其对机场的危害程度。评价场地的稳定性及机场建设的适宜性。

论证由于采空区地表塌陷引起的斜坡失稳、山体崩塌等不良地质作用对机场工程的危害,并提出防治措施建议。

10 其他专项勘察

10.1 地表土勘察

10.1.1 地表土除按《岩土工程勘察规范》(GB50021)进行岩土分类外,尚应根据其地表植物状况按表 10.1.1 进行分类。

表 10.1.1 地表土按地表植物状况分类

| 地表土类别 | 地表植物情况 | |
|-------|--------|----------------|
| 地表素土 | 荒(漠)区 | 非农林用,荒地,无灌木、草丛 |
| | 乔木区 | 乔木林区、疏林区 |
| | 灌木区 | 灌木林区,无草丛 |
| 植物土 | 果木区 | 土壤改良区 |
| | 耕植区 | 农作物耕植区 |
| | 草木区 | 牧场、草地、洼地、冲沟底部 |

10.1.2 分布于场区表面,含植物根茎和有机杂质,结构松散、稳定性差的土应判定为植物土。

10.1.3 地表土勘察应符合以下要求:

应结合钻探进行,必要时宜布置适量的坑探。探坑的深度应穿透地表土层。

查明地表土的分布、厚度、含水量、有机质含量、物质成分、颗粒级配、均匀性和密实性。

对场区地表素土和有机质含量低于 5%的植物土进行重型击实试验,测定其最优含水量和最大干密度。

10.1.4 地表土的岩土工程评价应符合下列要求:

对道面影响区范围内的填方区地表素土和有机质含量低于 3%的植物土,阐明其分布和成分,判定其均匀性,评价其压缩性和密实度,分析植物土中有机质降解对工程的影响。

对有机质含量 3~5%的植物土作为场内填料的适宜性进行分析和评价。

10.2 挖方区土石材料性质及土石比勘察

10.2.1 对初步确定的场地设计标高、障碍物限制面以上的挖方区及场外取土区进行料源勘察时,应按勘察任务书要求进行土石材料性质及土石比勘察。

10.2.2 挖方区料源除按《岩土工程勘察规范》(GB50021)进行岩土分类外,应根据开挖难易程度按表 10.2.2 进行土、石分级。

表 10.2.2 土、石按开挖难易程度分级

| 土、石等级 | 土、石类别 | 代表性土、石名称 | 开挖难易程度 |
|-------|-------|---|---------------------------|
| | 松 土 | 植物土、中密或松散的砂土和粉土、软塑的粘性土 | 用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层 |
| | 普通土 | 稍密或松散的碎石土 (不包括块石或漂石)、密实的砂土和粉土、可塑的粘性土 | 部分用镐刨松，再用锹挖，以脚蹬锹需连蹬数次才能挖动 |
| | 硬 土 | 中密的碎石土、硬塑粘性土、风化成土块的岩石 | 必须用镐先整个刨过才能用锹挖 |
| | 软 石 | 块石或漂石碎石土、泥岩、泥质砂岩、弱胶结砾岩，中风化~强风化的坚硬岩或较硬岩 | 部分用撬棍或十字镐及大锤开挖，部分用爆破法开挖 |
| | 次坚石 | 砂岩、硅质页岩、微风化~中等风化的灰岩、玄武岩、花岗岩、正长岩 | 用爆破法开挖 |
| | 坚 石 | 未风化~微风化的玄武岩、石灰岩、白云岩、大理岩、石英岩、闪长岩、花岗岩、正长岩、硅质砾岩等 | 用爆破法开挖 |

10.2.3 应充分结合初步勘察成果，采取综合的勘察手段和勘察方法，进行土石材料性质及土石比勘察。挖方区的土石比勘察，一般情况下应优先采用综合的物探手段，查明岩石面分布情况，并在有代表性地段，有针对性地布置钻孔，验证物探成果。在岩石面起伏大以及存在大量孤石、风化石的地区，则应以钻孔方法为主、物探方法为辅，查明土、石分界面。

10.2.4 土石比勘察的勘探点间距不宜大于 80m。

10.2.5 应充分结合物探和初勘成果，根据地形条件，在山顶和山腰间 (至初步确定的场地设计标高) 适当布置勘探孔。详细查清各分区或每座山 (至初步确定的场地设计标高) 的土石方量及其土石比。

10.2.6 应根据土、石类别和等级分别统计各种土、石的方量。土石比可按式 10.2.6 进行计算。

$$R_{SR} = \left(\frac{10 \sum V_{Si}}{\sum V_{Si} + \sum V_{Ri}} \right) : \left(\frac{10 \sum V_{Ri}}{\sum V_{Si} + \sum V_{Ri}} \right) \quad (10.2.6)$$

式中 R_{SR} ——某统计范围内的土石比，以 $n:(10-n)$ 表示；

$\sum V_{Si}$ ——统计范围内可用于填方各类土 (包括松土、普通土和硬土) 的自然体积的总和；

$\sum V_{Ri}$ ——统计范围内可用于填方各类石 (包括软石、次坚石和坚石) 的自然体积的总和。

10.2.7 对用于场区填料的各类土、石应测定天然密度，通过试验确定细粒土的类别和塑性指数、粗粒土颗粒级配以及岩土的最大干密度，按设计要求的密实度计算并且提供各类岩土的填挖比。岩土的填挖比可按式 10.2.7 进行计算。有条件时，应通过现场填筑试验确定填挖比。

$$1:m = 1: \frac{d_1}{d_0} \quad (10.2.7)$$

式中 $1:m$ ——某类岩土的填挖比；

$\tilde{\rho}_1$ ——设计的压实填土、石干密度。对土， $\tilde{\rho}_1 = \tilde{\rho}_{om} \times R_d$ ， $\tilde{\rho}_{om}$ 为最大干密度， R_d 为设

计的压实度；

ρ_{d0} ——天然状态下土、石干密度。

10.2.8 对细粒土，除常规土工试验外，必要时应进行易溶盐含量和击实土的湿陷性试验、胀缩性试验。

10.2.9 对击实土应根据工程情况进行有关物理力学特性试验，并对各类土、石作为场内填料的适宜性进行分析和评价。

10.3 地方建筑材料调查

10.3.1 应对块石、片石、碎石、砂砾石、砂、石灰、粉煤灰或其他工业废渣等地方建筑材料进行调查，查明各种材料的产地、储量、质量、开采与运输条件、价格等情况。

10.3.2 对材料质量的调查应符合下列要求：

对于石料场，应鉴定岩石的种类、强度、矿物成分、胶结物及胶结程度、风化和节理程度、有无软弱夹层，以及可开采的品种。用于水泥混凝土的碎石材料，尚应查明石料中有无蛋白石、玉髓等活性二氧化硅成分。

对于砂场，应查明砂的组成成分、颗粒形状和级配、洁净程度。必要时应查明砂料中有无活性二氧化硅成分。

对于砾石、卵石、漂石料场，应查明料场分布特点、埋藏条件、岩石种类、强度、颗粒大小、颗粒形状和级配、强度和风化程度。

对于石灰、粉煤灰和其他工业废渣料场，应收集其有效化学成分、物理性能的试验资料。

10.3.3 无现成材质试验资料时，应按《公路工程集料试验规程》(JTG E42)进行下列材料试验：

对水泥混凝土用碎石，应进行压碎指标值、坚固性、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、表观密度、松散堆积密度等试验，必要时应进行碱集料反应试验。

对沥青道面面层用碎石，应进行集料压碎值、洛杉矶磨耗损失、与沥青的粘附性、坚固性、细长扁平颗粒含量、软石含量、表观密度、吸水率、磨光值等试验。

对水泥混凝土用砂，应进行颗粒分析、含泥量、泥块含量、云母含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、表观密度、松散堆积密度等试验，必要时应进行碱集料反应试验。

10.4 高填方边坡工程勘察

10.4.1 对高填方边坡工程，应对边坡稳定影响区进行专门勘察。

10.4.2 高填方边坡工程勘察应依据如下图纸和资料：

机场总体规划平面图、平整区边线定位图、地势设计图、场地平整设计标高 (坡顶线设计标高) ;

坡顶填方高度、初步确定的边坡坡度、边坡工程范围 ;

高填方边坡工程范围内和相关区域的地形图 ;

场地及其附近已有的勘察资料、环境条件资料 ;

地基处理或岩土工程治理的初步方案 ;

勘察任务书或勘察技术要求。

10.4.3 当地形地质条件较复杂时,高边坡工程勘察应进行工程地质测绘与调查,调查范围应包括高填方边坡及其邻近地段。比例尺可选用 1:200~1:1000。用于高填方边坡地基处理设计时,比例尺应选用 1:200 ~1:500。

10.4.4 边坡区工程地质测绘与调查,除应遵守本规范第 7.2 节的规定外,尚应重点包括下列内容 :

边坡区的地形形态和微地貌特征 ;

边坡区的冲洪积堆积物、坡积物、崩塌堆积物的分布与性状 ;

地表水、地下水、泉和湿地等的分布 ;

周边地区的自然边坡坡度、性状与坡面情况 ;

当地边坡工程的经验。

10.4.5 高填方边坡工程勘察应满足下列要求 :

查明高填方边坡工程范围内及周边区域的地形地貌特征。

查明有无影响边坡稳定的不良地质作用。

查明各土层的类型、分布、厚度、状态和结构特征,特别是相对软弱土层的形态特征、分布规律、坡度。

查明岩土的物理力学指标,重点查明各岩土层的抗剪强度指标。

查明地下水分布特征及其与地表水的相互作用关系。

10.4.6 勘探线和勘探点的布置应根据边坡范围、工程地质条件、地下水情况和地形形态确定。除沿高边坡主要典型断面布置勘探线外,在其两侧可根据实际情况布置一定数量勘探线。一般宜在坡顶、坡脚及其中间布置勘探点,勘探点间距不宜大于 50m,在地形突变处和预计采取工程措施的地段,应布置勘探点。勘探方法除钻探和触探外,可根据土质条件,布置一定数量的探井。

10.4.7 勘探深度应满足边坡稳定分析和工程治理的需要。所有勘探孔应穿过相对软弱层并穿过最深潜在滑裂面进入稳定地层一定深度。进入稳定地层的深度应满足表 10.4.7 的规定。

10.4.8 在边坡稳定影响深度内,根据土质条件分别进行动力触探试验、静力触探试验和十字板剪切试验,并采取土试样进行室内剪切试验;当边坡高度超过 20m,顺坡填筑且土质条件

复杂 (如软弱土、混合土等) 时, 宜进行现场剪切试验。

表 10.4.7 边坡勘察勘探深度进入稳定地层的要求

| 稳定地层情况 | | | 勘探孔进入稳定地层深度 (m) | |
|--------|------|---|-----------------|---------|
| 软硬等级 | 岩土类别 | 代表性土石名称 | 控制性勘探孔 | 一般勘探孔 |
| | 普通土 | 稍密或松散的碎石土 (不包括块石或漂石)、密实的砂土和粉土、可塑的粘性土 | 5.0~10.0 | 2.0~3.0 |
| | 硬土 | 中密的碎石土、硬塑粘性土、风化土块的岩石 | 3.0~5.0 | 1.0~2.0 |
| | 软岩 | 块石或漂石碎石土、泥岩、泥质砂岩、弱胶结砾岩, 中风化~强风化的坚硬岩或较硬岩 | 2.0~3.0 | 0.5~1.0 |
| | 次硬岩 | 砂岩、硅质页岩、微风化~中等风化的灰岩、玄武岩、花岗岩、正长岩 | 1.0~2.0 | — |
| | 坚硬岩 | 未风化~微风化的玄武岩、石灰岩、白云岩、大理岩、石英岩、闪长岩、花岗岩、正长岩、硅质砾岩等 | 0.5~1.0 | — |

注: 地形条件不利时取大值、坡高超过 50m 时取大值。

10.4.9 土的强度试验应根据岩土条件和实际情况确定, 并应符合下列要求:

进行室内快剪和固结快剪试验。

应有一定数量的三轴剪切试验。

应对用作边坡区填土的击实土进行室内剪切试验。

剪切试验的最大竖向压力应不低于高填方边坡附加荷载与地基土自重应力之和。

10.4.10 应按本规范第 12.4 节进行边坡稳定性计算, 并符合下列要求:

根据边坡顶面标高和边线位置, 选择有代表性的分析断面;

根据试验测试成果确定强度指标, 应考虑地下水条件, 采用正确的计算模型;

选择若干综合坡比。

10.4.11 高填方边坡稳定性的综合评价应包括下列内容:

对场区地层结构、工程地质条件和水文地质条件, 从高填方边坡稳定性的角度进行分析与评价。

对不良特殊地质条件和特殊性岩土, 进行岩土工程分析与评价, 提出边坡稳定影响区地基处理方案建议。

进行边坡稳定分析, 复核建议参数的合理性, 提出高填方边坡工程设计方案的建议。

提出设计所需的岩土工程资料和岩土参数。

10.5 航煤罐工程勘察

10.5.1 航煤罐勘察应完成以下主要任务:

详细查明各个航煤罐地基压缩层深度内的岩土分布。

提供航煤罐地基与基础设计所需的岩土参数。

查明影响地基稳定的不良地质条件。

对航煤罐地基处理方案及基础型式提出建议。

10.5.2 航煤罐勘察应依据以下资料和要求：

附有航煤罐平面位置的地形图 (1:500~1:2000)；

罐的容积、几何尺寸、荷载大小；

基础型式、埋置深度及有关技术要求。

10.5.3 航煤罐详细勘察应符合下列要求：

详细查明压缩层内岩土类型、成因、分布规律。

详细查明压缩层内地基土的物理力学性质和指标。

查明场地地震效应，提出场地抗震设防烈度。

查明地下水类型、埋藏深度、动态变化规律及其对混凝土的腐蚀性。

查明不良地质作用的性质、分布情况。

查明场区的标准冻深。

查明场区特殊性岩土的种类、分布、类别或等级。

10.5.4 勘探点数量根据航煤罐的容积和场地复杂程度，按表 10.5.4 进行确定。

表 10.5.4 航煤罐勘探点数量

| 航煤罐容积 (m^3) | 场地复杂程度 | | |
|---------------------------|--------|--------|------|
| | 复杂场地 | 中等复杂场地 | 简单场地 |
| 10000 | 7~9 | 5~7 | 4~5 |
| 3000~5000 | 5~7 | 4~5 | 3~4 |
| 1000~2000 | 3~4 | 2~3 | 1~2 |
| 500 | 1~2 | 1 | 1 |

注：1. 场地复杂程度，按《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 划分。

2. 当为罐群时，勘探点数量可适当减少。

3. 罐中心应布置 1 个勘探点，其余在罐周边均匀布置。

10.5.5 勘察深度可根据航煤罐的容积和地基土条件按表 10.5.5 确定，并应满足沉降计算、地基处理与基础设计的要求。

表 10.5.5 航煤罐勘探孔深度 (m)

| 航煤罐容积 (m^3) | 软弱土 | 一般粘性土、粉土及砂土 | 密实砂土及碎石土 |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 5000~10000 | $1.2\sim 1.5D_t$ | $1.0\sim 1.2D_t$ | $0.8\sim 1.0D_t$ |
| 2000~3000 | $1.5\sim 2.0D_t$ | $1.2\sim 1.4D_t$ | $0.8\sim 1.0D_t$ |
| 500~1000 | $2.0\sim 2.5D_t$ | $1.4\sim 1.6D_t$ | $0.8\sim 1.0D_t$ |

注：1. 表中 D_t 为航煤罐罐体直径。

2. 当遇到基岩时，应钻穿强风化层，至中等风化层 1m。

3. 当软弱土层厚度小于表中深度时，以穿透软弱土层并进入一般土层一定厚度为原则。
4. 罐中心钻孔采用大值，周边孔采用小值。

11 岩土工程监测

11.1 一般规定

11.1.1 机场岩土工程监测应包括以下任务：

监测施工与使用期间的安全。

把握变形规律，预测沉降量，为合理确定道面施工时间提供依据。

为信息化施工和优化设计提供依据。

为工程建设评价与使用状况评价提供依据。

11.1.2 监测工作应依据如下资料：

场道平面图、道面结构类型、土石方计算图与地势设计图；

地基处理、土石方工程与边坡工程设计文件；

有关岩土工程勘察资料、地形图；

总体工程建设安排、工程施工计划；

地基处理、土石方填筑施工资料；

监测技术要求。

11.1.3 监测工作开展前，应根据工程的具体情况进行监测方案设计。监测方案设计的内容应包括：总体监测方案、监测项目、仪器设备型号与精度、监测系统布置图、监测点设置方法、监测实施细则与监测工作量。

11.1.4 工程监测使用的平面坐标系统及水准高程系统应与设计、施工和运行诸阶段的控制网坐标系统相一致。监测基准点应设在稳定区域内，并有可靠的保护装置。基准点埋设可参照《国家水准测量规范》（GB12897、GB12898）的有关规定执行。

11.1.5 传感器件应预先标定，应有足够的精度、稳定性和耐久性。观测仪器使用前应进行全性能检查和校验。观测仪器的操作和保养应按照使用说明和保养制度进行，易出故障或测读数异常的仪器应及时更换或修理。

11.1.6 监测点应根据工程的监测对象、规模、特点和具体情况，按照监测技术要求进行针对性的布设。监测点应设在观测数据容易反馈的部位，地基条件差、地形变化大的部位均应设置观测点，不同项目的监测点宜布置在同一监测横断面上。对有可能在监测中损耗或在施工过程中损坏的监测点，监测点布置时应考虑一定的损耗量和损坏量。

11.1.7 监测时间间隔应按下列原则确定，并在工程施工和运行阶段严格按照设计或合同文件要求进行监测。

各项目的時間间隔应根据施工进度和建设计划确定。

监测时间间隔应保证数据的完整性。

时间间隔应先短后长，既要保证监测数据的有效性，也要考虑监测工作的合理性。

11.1.8 每次监测应按照规定格式记录、整理、汇总，对取得的监测数据应及时进行分析，建立完备的信息管理系统，保证监测信息的准确性和及时性，为工程提供信息化施工依据。监测数据显示地基变形与稳定出现异常情况时，应准确作出判断，并及时通报建设单位以便采取应对措施。

11.2 软土地基工程监测

11.2.1 机场软土地基工程监测包括道面区软土地基变形、应力监测以及边坡区安全监测。

11.2.2 监测项目宜按表 11.2.2 所列内容选择，若工程需要可适当增加其他监测项目。

表 11.2.2 软土地基工程监测项目

| 监测项目 | | | 监测方法 | 道面区软土地基 | | 软土地基填方边坡 | |
|------------|-------|------|--------|-------------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| | | | | $S_1=20\sim50\text{cm}$ | $S_1>50\text{cm}$ | $H'=2\sim8\text{m}$ | $H'>8\text{m}$ |
| 位移 | 表面位移 | 垂直位移 | 沉降标 | \checkmark | \checkmark | \checkmark | \checkmark |
| | | 水平位移 | 位移观测标 | | \checkmark | \checkmark | \checkmark |
| | 内部位移 | 垂直位移 | 分层沉降标 | | \checkmark | | \checkmark |
| | | 水平位移 | 测斜管 | | | \checkmark | \checkmark |
| 压力 (应力) | 孔隙水压力 | | 孔隙水压力计 | \checkmark | \checkmark | \checkmark | \checkmark |
| | 土压力 | | 土压力计 | | \checkmark | | \checkmark |
| 其他 | 地下水位 | | 水位监测孔 | \checkmark | \checkmark | \checkmark | \checkmark |

注：1. 表中 S_1 为计算的地基总沉降量， H' 为边坡高度。

2. \checkmark 为应做项目， \checkmark 为选做项目。

3. 需要进行水平位移监测时，位移观测标即为沉降标。

11.2.3 道面区监测点布置

表面位移 (沉降) 监测点应沿跑道、平行滑行道中心线布置，间距一般为 50~100m，地基均匀性差、总沉降量大时取小值；计算沉降量最大处、地层分布异常处应设监测点，填挖交界处、地面坡度突变地段应酌情增设观测点；垂直跑道方向应在相应的道肩边线位置设置一定数量的监测点。联络道、其他滑行道可参考上述原则布置。机坪区域的监测点可按方格网布置，监测点间距一般为 50~100m。表面位移 (沉降) 监测点，在道面施工完成后，应尽快转移到道面上相应的平面位置继续观测。

内部位移监测点，应根据工程的具体情况选 1~2 个典型断面布置，一般沿跑道中心线布置一个典型断面。每个典型断面，宜布置 3~5 个 (孔) 监测点，测点 (孔) 应布置在有代表性钻孔附近。每个监测点 (孔) 的分层沉降标 (环) 沿垂直方向均匀布置，埋设间距不宜大于 5m，

总数不宜少于 4 个，代表性地层和原地基表面应埋设沉降标 (环)。

孔隙水压力和土压力监测点应根据工程需要和具体情况布置，在平面上应埋设在内部位移监测点附近。孔隙水压力测点沿深度布设应根据需要确定，一般每种土层均应有测点，土层较厚时一般每隔 3~5m 设一个测点，埋置深度宜至压缩层底。

应根据工程需要，设置水位监测孔进行地下水位监测。

11.2.4 边坡监测点布置应符合下列要求：

表面位移监测点，应沿边坡的典型位置布置监测断面。每个监测断面应分别在坡顶、坡脚、坡面上、坡顶内侧及坡脚外侧布置监测点。坡脚外侧监测点 (边桩) 应结合稳定分析在潜在滑裂面与地面的切面位置布设。

内部位移监测点 (测斜管)，应根据工程需要在表面位移监测断面上布置，埋设于地基土体水平位移最大的平面位置。每个监测断面宜分别在坡顶、坡面上和坡脚外侧布置监测点。

孔隙水压力和土压力监测点，应根据工程需要和具体情况布置，在平面上应埋设在内部位移监测点附近。孔隙水压力监测点宜设置在潜在滑裂面附近。

地下水位监测点宜在坡顶和坡脚位置设置。

11.2.5 监测时间与监测周期应符合下列要求：

土石方施工期间，监测频次要求每填筑一层宜观测一次，如果两次填筑间隔时间较长时，每周至少观测一次。如遇降雨、变形异常等情况，应增加监测频次。

土石方施工完工至道面施工前，监测频次要求每周至少一次。

道面施工期间至竣工，监测频次要求每半月至少一次。

机场运行期间，监测频次要求运行初期半年内每月一次，以后每三月一次。如变形趋于稳定则适当放宽，否则应适当加密观测频次。运行期的监测时间应视变形稳定情况而定。

监测基准点应定期复测。

11.2.6 监测点埋设应符合以下要求：

观测点应在软土地基处理之后埋设，并在土石方填筑前观测到稳定的初始值。

测点标杆安装时应严格按照规定进行，安装稳固，对露出地面的部分应设置保护装置。在观测期应采取有效措施加以保护或专人看管。还应在标杆上竖有醒目的警示标志。测量标志一旦遭受碰损，应立即复位并复测，以保证观测数据的连续性。

边桩一般采用钢筋混凝土预制，并在桩顶预埋不易磨损的测头。边桩应埋设稳固，埋置深度以地表下不小于 1.0m 为宜。

测斜管内纵向的十字导槽应润滑顺直，管端接口密合。测斜管埋设时应采用钻机导孔，导孔要求垂直，偏差率不大于 1.5%。测斜管埋设时，管内的十字导槽应对准主要监测方向。

孔隙水压力传感器和土压力计选型应与被测土体应力状况相适应。

11.3 高填方工程监测

11.3.1 高填方工程监测包括道面区高填方地基变形监测和高填方边坡监测。当道面区填方高度大于 10m 或计算的地基总沉降量大于 0.2m 时,应对高填方地基进行变形监测;当填方边坡高度大于 20m 或填方边坡下地基存在软弱土层时,应对高填方边坡工程进行变形监测。

11.3.2 监测项目宜按表 11.3.2 所列内容选择,若工程需要可适当增加其他监测项目。

表 11.3.2 高填方工程监测项目

| 监测项目 | | | 监测方法 | 道面区高填方地基 | | 高填方边坡 | |
|------------|---------|------|--------|---|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| | | | | $H=10\sim30\text{m}$ $S_l=20\sim50\text{cm}$ | $H>30\text{m}$ $S_l>50\text{cm}$ | $H'=20\sim40\text{m}$ | $H'>40\text{m}$ |
| 位移 | 表面位移 | 垂直位移 | 沉降标 | $i\tilde{n}$ | $i\tilde{n}$ | $i\tilde{n}$ | $i\tilde{n}$ |
| | | 水平位移 | 位移观测标 | | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{n}$ | $i\tilde{n}$ |
| | 内部位移 | 垂直位移 | 分层沉降标 | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{n}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{n}$ |
| | | 水平位移 | 测斜管 | | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{n}$ |
| 压力 (应力) | 孔隙水压力 | | 孔隙水压力计 | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ |
| | 土压力 | | 土压力计 | | $i\tilde{o}$ | | $i\tilde{o}$ |
| 其他 | 地下水位 | | 测斜管 | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ |
| | 坡脚盲沟出水量 | | 量水池 | | | $i\tilde{o}$ | $i\tilde{o}$ |

注:1. S_l 为计算的地基总沉降量,表中 H 为填方高度, H' 为边坡高度(坡顶、坡脚高差)。

2. $i\tilde{n}$ 为应做项目, $i\tilde{o}$ 为选做项目。

3. 需要水平位移监测时,位移观测标即为沉降标。

11.3.3 道面区高填方地基监测点布置应符合下列要求:

表面位移(沉降)监测点应沿跑道、平行滑行道中心线布置,间距一般为 50~100m,填方高度大、地面坡度大时取小值;填方高度最大处或计算沉降量最大处应设监测点,填挖交界处、地面坡度突变地段应酌情增设观测点;当垂直跑道方向地面坡度较大时,应在相应的道肩边线位置增设监测点。联络道、其他滑行道可参考上述原则布置。机坪区域的测点按方格网布置,测点间距一般为 50~100m。表面位移(沉降)监测点,在道面施工完成后,应尽快转移到道面上相应的平面位置继续观测。

内部位移监测点应根据工程的具体情况选 1~2 个典型填方段布置。每个典型填方段,宜沿跑道道肩边线填方高的一侧布置 2~3 个(孔)监测点。每个监测点(孔)的分层沉降标(环)沿垂直方向均匀布置,埋设间距不宜大于 10m,总数不宜少于 4 个,原地基表面应埋设沉降标(环)。地面坡度大或原地基条件复杂时,在跑道道肩边线的另一侧相对位置应增设一个测点(孔)。

孔隙水压力和土压力监测点,应根据工程需要和具体情况选 1~2 个典型填方段布置,在平面上应埋设在内部位移监测点附近。孔隙水压力监测点设置在地基土中,可在地基土比较

软弱、地下水条件复杂时设置；土压力监测点设置在填筑体中，可在地形条件复杂时设置。

地下水位宜利用内部位移监测点 (测斜管) 进行监测。

11.3.4 高填方边坡监测点布置应符合下列要求：

表面位移监测点应沿垂直坡顶线方向布置监测断面，通过坡脚线最低处断面为主要监测断面。每个监测断面应分别在坡顶、坡脚、坡面上和坡顶内侧布置监测点，坡面上测点一般设置在马道上，竖向间距可为 15~30m。

内部位移监测点应根据工程的具体情况选 1~2 个典型填方边坡布置。每个典型填方段，宜沿表面位移监测断面布置 1~2 个内部位移监测断面。每个监测断面应分别在坡顶、坡面上和坡顶内侧布置监测点，坡面上测点一般设置在马道上，竖向间距可为 25~40m。内部位移监测点附近应有表面位移监测点。

孔隙水压力和土压力监测点应根据工程需要和具体情况选 1~2 个典型填方段布置，在平面上应埋设在内部位移监测点附近。孔隙水压力监测点设置在原地基中，一般在原地基土比较软弱、地下水条件复杂时设置；土压力监测点设置在填筑体中，一般在地形条件复杂时设置。

地下水位监测点，当工程需要时，利用内部位移监测点 (测斜管) 进行监测。

盲沟出水量监测点，地下水条件复杂、泉眼较多时，在坡脚处设置。

11.3.5 监测时间与监测周期应符合以下要求：

道面区高填方地基表面沉降监测，开始监测的前三天，宜每天监测一次；半个月內，宜每三天监测一次；一个半月內，宜每周监测一次；一个半月后，可每半个月监测一次。

除道面区地基表面沉降监测外的其他应力监测项目，土石方施工期间，每填筑 2~5m 宜观测一次，且间隔时间不宜超过一周；土石方施工完工后，一个月内宜每周观测一次，一个月后宜每半个月观测一次。

道面施工后的变形监测时间，半个月內，宜每三天观测一次；一个半月內，宜每十天观测一次；一个半月后，宜每月观测一次。

以上所有监测项目，当监测的数据变化较大时，应缩短观测时间间隔；反之，可适当延长监测时间间隔；降雨后应尽快进行监测，并适当增加监测频次。

12 岩土工程分析与评价

12.1 岩土物理力学指标的分析与评价

12.1.1 应对下列岩土物理力学指标，按岩土层进行统计与分析：

岩土的天然密度、天然含水量；
粉土和粘性土的孔隙比；
粘性土的液限、塑限、塑性指数和液性指数；
岩土的压缩性、抗剪强度等力学特征指标；
岩石的吸水率、单轴抗压强度指标；
特殊性岩土的各种特征指标；
标准贯入试验和圆锥动力触探试验锤击数；
静力触探锥尖阻力、侧壁摩阻力和比贯入阻力；
现场与室内 CBR 值；
地基反应模量；
其他原位测试指标；
挖方区作为料源的岩土击实性指标 (最大干密度、最佳含水量)。

12.1.2 按岩土层提供的各项试验指标应提供其平均值、最大值、最小值、标准差、变异系数和统计数量。岩土工程评价时所选用的参数值，宜与相应的原位测试成果或原型观测反分析成果比较，经修正后确定。

12.1.3 对道面影响区，应着重统计分析和评价岩土的压缩性等变形指标。统计的压缩性指标对应的压力，应与填土与道面结构荷载作用下对应的压力相当。

12.1.4 对边坡稳定影响区，应着重统计分析和评价岩土的 c 、 ϕ 值等抗剪强度指标。对不同试验方法得出的室内试验指标、现场原位测试指标进行综合对比分析，对异常数据进行鉴别、取舍，提出相应的标准值。当边坡稳定影响区存在软弱土层时，应分别统计分析不同试验方法和不同试验条件下的抗剪强度指标。

12.2 天然地基分析与评价

12.2.1 应对天然地基进行下列分析与评价：

场地和地基的稳定性；
地基土的均匀性；

地基土强度及变形指标特征值建议值。

12.2.2 地基土的均匀性评价，应综合分析如下因素进行判定：

主要地基土层跨越的地貌单元或工程地质单元；

主要压缩土层厚度变化情况；

各钻孔地基沉降计算深度范围内压缩模量当量值的比值。

12.2.3 应对填方地基、软土地基、湿陷性黄土地基进行变形分析与评价。天然地基的沉降计算可采用分层总和法。沉降计算的附加荷载可按填土荷载+道面结构荷载考虑；计算深度可按本规范第 8 章相关规定考虑。

12.3 地基处理分析与评价

12.3.1 当道面区天然地基沉降量较大或地基土强度较低时，应进行地基处理分析与评价，提出地基处理建议方案，并复核岩土参数建议值的可靠性和合理性。

12.3.2 对特殊土地基应进行各种处理方法的适用性对比分析，初步从施工可行性、技术可靠性和经济合理性等方面进行评价，提出建议方法。

12.3.3 应对地基处理建议方案提出设计与施工所需的岩土参数和注意事项，分析有关的工程环境问题。

12.4 边坡稳定分析与评价

12.4.1 应根据取得的勘察数据、地势设计方案，分析研究影响边坡稳定性的工程地质条件。

12.4.2 对填方边坡稳定影响区，应根据初步确定的边坡填方设计标高进行不同条件下的边坡稳定分析，通过边坡稳定分析检查勘察范围是否满足边坡稳定分析要求，同时复核边坡勘察中抗剪强度参数建议值的合理性，进而提出有关边坡坡度设计的建议。

12.4.3 边坡稳定分析可采用式 12.4.3 进行分析计算。当地基比较均匀或为软土地基时，宜采用圆弧滑裂面；当边坡稳定影响区原地基存在高程变化较大的相对软弱层时，宜采用折线滑裂面。

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j) + T_n} \quad (12.4.3)$$

$$\text{式中 } \Psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \tan \varphi_i \quad (12.4.3-1)$$

$$\prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j = \Psi_i \cdot \Psi_{i+1} \cdot \Psi_{i+2} \cdots \Psi_{n-1} \quad (12.4.3-2)$$

$$R_i = N_i \tan \varphi_i + C_i L_i \quad (12.4.3-3)$$

$$N_i = W_i (\cos \alpha_i - K_h \sin \alpha_i) \quad (12.4.3-4)$$

$$T_i = W_i (\sin \alpha_i + K_h \cos \alpha_i) \quad (12.4.3-5)$$

以上各式中

F_s ——边坡稳定安全系数；

W_i ——第 i 条块段滑体所受的重力 (kN/m)；

R_i ——作用第 i 条块段滑体的抗滑力 (kN/m)；

N_i ——作用于第 i 条块段滑动面的法向分力 (kN/m)；

$\tilde{\varphi}$ ——第 i 条块段滑面的内摩擦角 (°)；

C_i ——第 i 条块段滑面的内聚力 (kPa)；

L_i ——第 i 条块段滑面的长度 (m)；

\tilde{A} ——第 i 条块段滑面的倾角 (°)，反坡时为负；

T_i ——作用于第 i 条块段滑面上的切向分力 (kN/m)，出现与滑动方向相反的切向分力时， T_i 应取负值；

λ_i ——第 i 条块段的剩余下滑力传递至第 $i+1$ 条块段的传递系数 ($j=i$)；

K_h ——水平地震系数，按抗震设防烈度对应的水平加速度 a 取值：

$$K_h = \frac{a}{g} \quad (12.4.3-6)$$

12.4.4 当边坡稳定影响区地基土比较软弱或边坡高度较大、放坡条件不利时，应从合理提高地基土的综合抗剪强度出发进行地基处理分析。对软土地基应分析其固结排水的强度增长特性；顺坡填筑的高填方边坡，当建议采用高挡墙或加筋陡坡时，应对高挡墙或加筋陡坡下地基承载力和抗剪强度参数进行分析与评价。

12.4.5 针对可能采用的地基处理方案，应提供地基处理设计和施工所需的岩土特性参数，并提出建议和注意事项，分析有关的工程环境问题。

12.5 岩溶稳定分析与评价

12.5.1 应根据岩溶的类型、大小、埋深、顶板基岩完整程度等因素，对隐伏性岩溶进行岩溶稳定分析与评价。在道面区存在有可能影响地基稳定的较大规模溶洞或土洞时，应进行专门研究，提供专门的研究评价报告，提出处理方案的建议。

12.5.2 应从洞隙形态与埋藏条件、顶板情况、岩性及层厚、裂隙状况、充填情况以及地下水等方面，对溶洞和土洞的稳定性进行定性分析与评价。

12.5.3 对工程有影响的溶洞和土洞，应从以下方面进行半定量或定量分析与评价：

洞体围岩稳定性分析：将溶洞视为开挖洞体，采用岩石力学方法进行洞体围岩稳定性分

析；

近似结构稳定性分析：将溶洞顶板视为梁、板，按梁、板结构进行抗弯和抗剪稳定性分

析；

散体理论稳定性分析：将溶洞顶板视为松散介质，按松散坍塌、坍塌平衡的方法进行稳定性分析。

12.5.4 对隐伏的溶洞和土洞，当判定为不稳定时应提出处理方案建议。

13 勘测成果报告

13.1 测量成果

13.1.1 选勘阶段应提供下列测量成果：

工程测量报告书

选勘依据和工作概况；

说明经踏勘调查各预选机场场址的地形地貌情况。

拟选场址 1:10000 地形图 (修测)。

拟选场址 1:50000 或 1:100000 净空障碍物平面图。

13.1.2 初勘阶段应提供下列测量成果：

工程测量报告书

报告书主要内容应包括测量依据、任务情况、控制点 (网) 的布置、与国家控制点联测情况、标石的埋设、点之记、采用的仪器设备、施测的方法、平差计算方法、所用软件、控制点 (网) 达到的精度、各坐标系之间的换算关系等。

平面、高程控制点 (网) 布置图及成果。

控制网平差计算书。

跑道端点和中心点的经纬度，跑道的真方位角。

全场 1:5000 地形图。

净空障碍物平面图。

13.1.3 详勘阶段应提供下列测量成果：

工程测量报告书

报告书的主要内容应包括测量依据、首级控制点 (网) 的复测，加密控制点 (网) 的布置、点之记、标石的埋设、施测的方法、平差软件、主方格点 (网) 的测量方法、方格网地形图测量方法、成图软件、测量的精度、各种不同比例尺地形图测图的范围等。

平面、高程控制点 (网) 布置图及成果。

控制网平差计算书。

任务书要求的各种比例尺地形图、方格网地形图。

沟浜、灌渠及池塘的纵横断面图。

线路测量成果。

净空障碍物测量成果。

导航台 (站) 测量成果。

改(扩)建工程需提供涉及改(扩)建工程范围内的道面板角点高程图。

其他任务书要求需要提供的测量成果。

按照《工程测量规范》(GB50026)的规定应提交的其它有关资料。

13.1.4 应按测量任务书和合同要求提供装订完整、足够数量的测量报告和图件资料，并提供便于使用的上述测量成果电子文件。

13.2 选址勘察报告

13.2.1 选址勘察报告应包含下列内容：

前 言

勘察目的、依据、任务和要求；

勘察方法和手段；

勘察工作情况和取得的勘察成果。

机场工程地质、水文地质条件和评价

区域地质条件；

工程地质条件；

水文地质条件；

自然水系、水位情况；

机场场地与地基稳定性的基本分析与评价；

机场环境工程地质问题预测。

场址气象条件

风向；

气温；

降水量和蒸发量；

坏天气。

结论和建议

场址主要地质构造、地形地貌特征；

场址水文情况；

场址气象条件；

岩土工程问题处理的初步意见；

场址环境工程地质条件与机场建设的相互关系和影响；

场址工程地质条件对建设机场适宜性影响的初步评价；

地方建筑材料情况。

13.2.2 报告应附下列资料：

附 图

勘探点平面布置图 (1:5000~1:10000)；
机场所在区域综合地质构造图 (1:50000~1:100000)；
综合工程地质图 (1:5000~1:10000)；
控制孔、取样孔、测试孔柱状图；
场址附近河流的洪水位淹没范围图 (1:5000~1:10000)；
勘探点主要数据一览表；
其他需要的图表。

试验、测试成果资料

岩土试验指标综合成果表；
原位测试成果表；
室内试验成果表。

其他专题勘察报告资料

13.3 初步勘察报告

13.3.1 初步勘察报告应包含下列内容：

前 言

勘察目的、依据、任务和要求；
勘察方法、手段、仪器设备；
取得的勘察成果；
勘察工作情况和完成的主要工作量。

机场工程地质条件和评价

场地工程地质分区；
场地工程地质条件；
场地水文地质条件；
各主要持力层工程地质评价；
机场场地与地基稳定性分析与评价；
机场环境工程地质问题预测。

结论和建议

场址主要地质构造、地形地貌特征；
基本岩土参数的分析与选用；

岩土工程问题处理的初步建议；
场地环境工程地质条件与机场建设的相互关系和影响；
场地工程地质条件对建设机场适宜性影响的初步评价；
地方建筑材料情况；
对详勘工作的建议。

13.3.2 报告应附下列资料：

附 图

勘探点平面布置图 (1:2000~1:5000)；
机场所在区域综合地质构造图 (1:10000~1:50000)；
综合工程地质图 (1:5000~1:10000)；
场地地下水等水位线图 (1:2000~1:5000)；
机场跑道、平行滑行道、机坪等工程地质剖面图 (1:500~1:1000)；
钻孔柱状图；
不良地质体的分布图 (1:2000~1:5000)；
场地附近河流的最高洪水位淹没范围图 (1:2000~1:10000)；
地方建筑材料分布图 (1:2000~1:10000)；
勘探点主要数据一览表；

⑪其他需要的图表。

试验、测试成果资料

岩土试验指标综合成果表；
原位测试成果表；
室内试验成果表。

工程物探勘察成果资料。

其他专题勘察报告资料。

13.4 飞行区详细勘察报告

13.4.1 飞行区岩土工程详细勘察报告应包含下列内容：

前 言

勘察目的、依据、任务和要求；
勘察方法、手段、仪器设备；
取得的勘察成果；
勘察工作情况和完成的主要工作量。

机场工程地质条件和评价

机场工程地质条件和工程地质分区；
岩土参数的统计与分析；
地基土工程地质条件评价；
地下水条件，水与土对建筑材料的腐蚀性；
机场场地与地基稳定性具体分析与评价；
挖方区填料的可挖性与压实性分析，填挖比；
机场环境工程地质问题分析。

结论和建议

对勘察任务书中提出的问题和要求作出技术结论；
岩土参数的分析与选用；
抗震设防烈度，场地与地基地震效应评价；
场地土的标准冻结深度；
岩土利用、整治、改造方案及其分析；
地基处理方案建议；
工程施工和运行期间可能发生的岩土工程问题的预测和预防措施建议。

13.4.2 报告应附下列资料：

附 图

勘探点平面布置图；
综合工程地质图 (1:5000~1:10000)；
工程地质分区图 (1:2000)；
机场地下水等水位线图 (1:2000)；
特殊土分布厚度等位线图 (1:2000)；
基岩顶面等位线图 (1:2000)；
机场跑道、滑行道、机坪工程地质剖面图 (1:500~1:1000)；
控制孔、取样孔、测试孔柱状图；
勘探点主要数据一览表；
岩土工程计算简图及计算成果图表；

⑪岩土利用、整治、改造方案的有关图表；

⑫其他需要的图表。

试验、测试成果资料

岩土试验指标综合成果表；
原位测试成果表；

室内试验成果表。
工程物探勘察成果资料。
其他专项勘察报告资料。

13.5 岩土工程监测成果报告

13.5.1 阶段性成果报告应包括下列内容：

与监测阶段相应的工程概况。
监测阶段的气象条件。
监测项目及监测点布置图。
各项监测数据的整理、统计及监测成果的历时曲线。
监测数据异常情况分析判断、巡查情况。
监测成果数据的变化分析、评价和发展预测。
对有关设计与施工的建议。

13.5.2 总结报告应包括下列内容：

工程概况与监测工作概况。
监测依据与技术标准。
监测项目及监测点布置图。
监测设备与监测方法。
监测频率。
各项监测成果的全过程历时曲线。
监测成果数据的发展变化分析、整体评价和未来沉降预测。
结论与建议。

附录 A 机场场地复杂程度、地基等级及飞行区指标划分

A.0.1 机场场地的复杂程度根据场地条件按下列规定划分：

符合下列条件之一者为一级场地 (复杂场地)：

- 抗震设防烈度等于或大于 8 度,分布有存在潜在地震液化可能性砂土、粉土层的地段；
- 不良地质作用强烈发育；
- 地质环境已经或可能受到强烈破坏；
- 地形地貌复杂或飞行区填方高度大于或等于 20m；
- 滩涂或填海造地场地。

符合下列条件之一者为二级场地 (一般场地)：

- 抗震设防烈度等于 7 度，分布有存在潜在地震液化可能性砂土、粉土层的地段；
- 不良地质作用一般发育；
- 地质环境已经或可能受到一般破坏；
- 地形地貌较复杂或飞行区填方高度大于或等于 10m。

符合下列条件者为三级场地 (简单场地)：

- 抗震设防烈度等于或小于 6 度的场地；
- 不良地质作用不发育；
- 地质环境基本未受破坏；
- 地形地貌简单或飞行区填方高度小于 10m。

注：从第 条开始，向第 、 条推定，以最先满足的为准。第 A.0.2 条亦按本方法确定地基等级。

A.0.2 机场地基等级根据地基情况按下列规定划分：

符合下列条件之一者为一级地基：

- 岩土种类多，性质变化大，地下水对工程影响大，且需特殊处理；
- 软弱土、湿陷性土、膨胀土、盐渍土、多年冻土等特殊岩土，以及其他情况复杂，需作专门处理的岩土。

符合下列条件之一者为二级地基：

- 岩土种类较多，性质变化较大，地下水对工程有不利影响；
- 除本条第一款规定以外的特殊性岩土。

符合下列条件者为三级地基：

- 岩土种类单一，性质变化不大，地下水对工程无影响；
- 无特殊性岩土。

A.0.3 飞行区指标 和和主要机型与飞行区指标的关系分别见表 A.0.3-1 和表 A.0.3-2。

表 A.0.3-1 飞行区指标

| 飞行区指标 | 翼 展 (m) | 主起落架外轮外侧边间距 (m) |
|-------|-----------|------------------|
| A | < 15 | < 4.5 |
| B | 15 ~ < 24 | 4.5 ~ < 6 |
| C | 24 ~ < 36 | 6 ~ < 9 |
| D | 36 ~ < 52 | 9 ~ < 14 |
| E | 52 ~ < 65 | 9 ~ < 14 |
| F | 65 ~ < 80 | 14 ~ < 16 |

表 A.0.3-2 主要机型与飞行区指标 关系

| 主要飞机型号 | 飞行区指标 | 翼 展 (m) | 主起落架外轮外侧边间距 (m) |
|--------------|-------|-----------|------------------|
| ERJ145 | B | 20.0 | 4.8 |
| CRJ200/700 | B | 21.3/23.2 | 3.2 |
| ARJ21 | C | 27.3 | 4.7 |
| A320 | C | 33.9 | 8.7 |
| B727-100/200 | C | 32.9 | 6.9 |
| B737 | C | 25.8~35.8 | 6.4 |
| A300 | D | 44.8 | 10.9 |
| A310 | D | 43.9 | 10.9 |
| B707 | D | 39.9~44.4 | 7.9 |
| B727 | D | 39.9 | 7.5 |
| B757 | D | 38.0 | 8.7 |
| B767 | D | 47.6 | 10.8 |
| A330 | E | 60.3 | 12.0 |
| A340 | E | 60.3 | 12.0 |
| B747 | E | 59.6~64.9 | 12.4 |
| B777 | E | 60.9 | 12.8 |
| A380 | F | 79.8 | 14.3 |

附录 B 现场原位测试项目

B.1 现场原位测试项目的适用情况

B.1.1 机场工程勘察中现场原位测试项目的适用情况见表 B.1.1。

表 B.1.1 现场原位测试项目

| 测试项目 | 岩土类别 | | | | | 测试参数 | | | | | |
|----------|------|-----|----|----|----|------|------|-----|------|------|----|
| | 碎石类土 | 砂类土 | 粉土 | 粘土 | 软土 | 强度参数 | 变形参数 | 承载力 | 物理状态 | 液化判别 | 分层 |
| 载荷试验 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | | | |
| 现场直剪试验 | √ | √ | √ | √ | | √ | | | | | |
| 标准贯入试验 | | √ | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | √ | √ |
| 动力触探试验 | √ | √ | | | | √ | | √ | √ | | √ |
| 静力触探试验 | | √ | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | √ | √ |
| 十字板剪切试验 | | | | √ | √ | √ | | √ | | | |
| 扁铲侧胀试验 | | | √ | √ | √ | √ | √ | | | | √ |
| 旁压试验 | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | √ | | | |
| 地基反应模量试验 | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | | | | |
| 地基回弹模量试验 | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | | | | |

注：√为适用项目，√为可用项目。

B.2 现场地基反应模量试验方法

B.2.1 地基反应模量试验是一种特定条件下的载荷试验，可用于测定承载板下应力主要影响范围内岩土特定条件下的变形特性。

B.2.2 地基反应模量试验应布置在有代表性的地点，每个地质单元或代表性场地不宜少于 3 个。

B.2.3 地基反应模量试验的技术要求应符合下列规定：

试坑直径不应小于承载板直径的三倍，开挖试坑时应避免对坑底地基土的扰动，保持其原状结构和天然湿度，整平后表面铺设不超过 5mm 厚的细砂找平，并尽快安装试验设备。

承载板应用水平尺校正以保证处于水平状态，加荷作用点应与承载板中心对中。

承载板采用圆形钢板，直径为 750mm，厚度不宜小于 25mm；当地基强度较高（稍密以上的砂砾石、碎石）时，应采用直径逐步缩小的 3~4 块钢板叠加，以保证承载板的刚性。

承载板变形量测采用 2~3 个百分表，精度不应低于±0.01mm，对称安置于距板边约 5mm

位置，表架支点距承载板中心应不小于 1.5m。

加载反力装置可用堆载平台反力装置或后轴重不小于 100kN 载重汽车加设反力架装置。

加荷采用 200~300kN 千斤顶，精度不应低于 $\pm 1\text{kN}$ 。试验加载方式采用分级维持荷载沉降相对稳定的方法。连续加载前，先用 15.4kN 荷载预压 1~2 次，以使承载板与地基表面紧密接触，卸载稳压 1min 后开始按表 B.2.3 的规定连续加载，加载级数不应少于 5 级。各级荷载施加后，每间隔 1min 测读一次沉降。

地基反应模量试验在加载试验完成后，还应进行测点地基土的含水量和密度试验。含水量试验在承载板下 10~20cm 处取样；密度试验选择在紧靠测点旁适当位置，采用灌砂法或环刀法进行试验。

当测点地基土的含水量为非饱和状态时，还应在紧靠测点旁适当位置，采取原状土样进行浸水与不浸水条件下对比的室内压缩试验。压缩试验的垂直压力为 70kPa，浸水试样要求在施压前达到饱和状态。

表 B.2.3 地基反应模量试验的加载分级及加载时间

| 加载分级 | 累计分级载荷 (kN) | 单位压力 (kPa) | 分级加载时间 |
|------|----------------|---------------|---------------------------------|
| 0 | 15.46 | 34 | 沉降速率小于 0.25mm/min， 且不少于 3min |
| 1 | 30.93 | 69 | |
| 2 | 46.39 | 103 | |
| 3 | 61.85 | 137 | |
| 4 | 77.31 | 172 | |
| 5 | 92.76 | 206 | |

B.2.4 应及时对试验数据进行整理分析，绘制 $p-s$ 曲线 (荷载-沉降曲线)，并按下列方法计算现场测得的地基反应模量：

对于一般地基：

$$k_u = \frac{P_B}{1.27} \quad (\text{B.2.4-1})$$

对于坚硬地基 (承载板下沉量小于 1.27mm)：

$$k_u = \frac{70}{l_B} \quad (\text{B.2.4-2})$$

式中 k_u ——现场测得的地基反应模量 (MN/m^3)；

P_B ——承载板下沉量为 1.27mm 时所对应的单位面积压力 (kPa)；

l_B ——承载板在单位面积压力为 70kPa 时所对应的下沉值 (mm)。

B.2.5 应根据原状样浸水与不浸水条件下的室内压缩试验结果，按式 B.2.5 对现场测得的地基

反应模量进行不利季节修正计算。

$$k_0 = \frac{d}{d_u} k_u \quad (\text{B.2.5})$$

式中 k_0 ——不利季节条件下的地基反应模量 (MN/m^3) ;

k_u ——现场测得的地基反应模量 (MN/m^3) ;

d ——原状试样在 70kPa 压力下的压缩变形量 (mm) ;

d_u ——原状试样浸水饱和后在 70kPa 压力下的压缩变形量 (mm) 。

B.2.6 地基反应模量试验成果报告，应包括下列内容：

试验所采用的加载方式；

试验时近期天气情况；

试验时地基土的含水量；

地基土密度；

地基反应模量实测值与修正值。

附录 C 室内岩土试验项目

C.0.1 机场工程勘察中室内岩土试验项目的适用情况见表 C.0.1。

表 C.0.1 室内岩土试验项目

| 试验项目 | | 道面影响区 | | | | | | 边坡稳定影响区 | | | | | | | |
|-----------|----|-------|----|-----|----|----|-----|---------|-----|----|-----|----|----|-----|-----|
| | | 砂类土 | 粉土 | 粘性土 | 软土 | 黄土 | 盐渍土 | 膨胀土 | 砂类土 | 粉土 | 粘性土 | 软土 | 黄土 | 盐渍土 | 膨胀土 |
| 天然含水量试验 | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 密度试验 | | | √ | √ | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 颗粒密度试验 | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 颗粒分析 | | √ | √ | | | | √ | √ | √ | √ | | | | √ | √ |
| 界限含水量试验 | | | √ | √ | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 相对密度试验 | | √ | | | | | | | √ | | | | | | |
| 击实试验 | | | √ | √ | | √ | | √ | | √ | √ | | √ | | √ |
| 承载比试验 | | √ | √ | √ | | | | | | | | | | | |
| 渗透试验 | 垂直 | | √ | √ | √ | √ | | | | √ | √ | √ | √ | | √ |
| | 水平 | | √ | √ | √ | √ | | | | | √ | √ | | | |
| 固结试验 | | | √ | √ | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | | √ |
| 次固结试验 | | | √ | √ | √ | √ | | | | | | | | | |
| 直接剪切试验 | 快剪 | | | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| | 固快 | | √ | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| | 慢剪 | | | | | | | | | √ | √ | √ | √ | | √ |
| 反复直剪试验 | | | | | | | | | | | √ | √ | | | |
| 三轴压缩试验 | UU | | | √ | √ | √ | | | | √ | √ | √ | | | √ |
| | CU | | √ | √ | √ | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ | | √ |
| | CD | | | | | | | | | √ | √ | √ | √ | | |
| 无侧限抗压强度试验 | | | | | √ | | | | | | | √ | | | |
| 湿陷/溶陷试验 | | | | | | √ | √ | | | | | | √ | √ | |
| 膨胀试验 | | | | | | | | √ | | | | | | | √ |
| 收缩试验 | | | | | | | | √ | | | | | | | √ |
| 易溶盐试验 | | | | | | | √ | | | | | | | √ | |
| 有机质含量试验 | | | | √ | √ | | | | | | | √ | | | |

注：1. √为适用项目，√为可用项目；

2. 膨胀试验包括自由膨胀率试验、膨胀率试验、膨胀力试验；

3. 道面影响区以获取变形参数为主，边坡稳定影响区以获取强度参数为主。

附录 D 主要物探方法的适用范围与技术要点

D.0.1 主要物探方法在机场工程中的适用范围见表 D.0.1。

D.0.2 机场工程中应用的主要物探方法技术要点见表 D.0.2。

表 D.0.1 机场工程主要物探方法的适用范围

| 物探方法 | | 适用范围 | | | | | | |
|-------|------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|-----|---------------|-------------|
| | | 覆盖层、风化带及基岩面起伏形态 | 隐伏断层、破碎带及裂隙密集带 | 滑坡、洞穴、岩溶、采空区 | 软土层、透镜体、卵砾石层 | 地下水 | 地下管线、地下构筑物及古墓 | 土层分布及地球物理特性 |
| 弹性波法 | 瑞雷波法 | √ | √ | √ | √ | | √ | √ |
| | 折射波法 | √ | | √ | √ | √ | | |
| | 反射波法 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| | 透射波法(CT) | | √ | √ | | | √ | √ |
| 电磁波法 | 地质雷达法 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | |
| | 电磁剖面法 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | |
| 电法 | 电测深法 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| | 高密度电法 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 井中探测法 | 井间层析成像(CT) | √ | √ | √ | √ | | √ | |
| | 钻孔电视 | √ | √ | √ | √ | | √ | |

注：√为适用方法，√为可用方法

D.0.2 机场工程中应用的主要物探方法技术要点

| 物探方法 | | 参数 | 探测目的 | 探测条件 | 探测要点 |
|-------|------------|--------|-------------------------------|---|--|
| 弹性波法 | 瑞雷波法 | 面波 | 探测覆盖层、基岩风化带、断层、破碎带和地下洞穴,加固效果等 | 地表相对平坦;被探测层位于地表或埋深不大;目标体与周围介质间存在波速差异 | 宜采用多道瞬态面波测试方法;有针对性地布置测试点;应与钻孔和其他物探方法密切配合 |
| | 折射波法 | 折射波 | 探测覆盖层、基岩埋深、风化带、破碎带及滑坡等 | 层状介质;被探测界面的下层波速大于上层波速;被探测层有一定厚度,界面相对稳定并有延续性;界面在折射临界角范围内(界面的视倾角与折射临界角之和小于 90°) | 宜采用间隔连续观测系统,相遇时距曲线法;合理布置测线与测点;与钻探密切配合 |
| | 反射波法 | 反射波 | 探测层状地层、断层及地下洞穴等 | 地层界面下相对平缓连续;层面上下介质存在明显的波阻抗差异;探测对象厚度大于有效波长的 $1/4$ | 足够高主频、高阻尼系数的检波器和震源;合理布置测线与测点,保证最佳反射效果;与钻孔和其他物探方法配合 |
| | 透射波法(CT) | 透射波 | 测试地层波速,探测局部不均匀体、地下洞穴 | 目标体与周围介质存在明显波速差异;孔间距小于30m | 检波器紧贴井壁;保证地震波射线的有效覆盖和正交性 |
| 电磁波法 | 地质雷达法 | 介电常数 | 探测层状地层、基岩面、洞穴、道面基础及地下构筑物的空间分布 | 目标体与周围介质存在明显的介电常数差异;目标体上方无低阻屏蔽层及导电干扰物 | 选择合适的工作频率;与钻探密切配合验证 |
| | 电磁剖面法 | 电磁传导 | 探测电磁传导异常的地质体、地下管线与构筑物的空间分布 | 目标体为相对良导线状体,且埋深不宜过大 | 选择合适的工作频率及收发距,与钻探密切配合验证 |
| 电法 | 电测深法 | 电阻率 | 探测隐伏构造、洞穴、地下水源及埋藏物、地层分布 | 各层电阻率有明显差异;地电层次不多,被探测的各层有一定厚度;有一定数量中间层电阻资料,测层与地面交角小于 20° ;无场地地电干扰 | 根据对象规模、埋深和地电条件选用电测设备;电极距应能满足探测深度和资料解释的要求;应避免周围电场干扰 |
| | 高密度电法 | 电阻率 | 探测结构特征,推断裂缝、洞穴、透镜体等的断面分布 | 目标体与周围介质存在明显的电阻率差异;无场地地电干扰 | 保证电流场的恒稳;电测设备既要保证抗干扰性也要满足分辨率要求; |
| 井中探测法 | 井间层析成像(CT) | 电磁吸收系数 | 确定井间异常分布,推断洞室、裂缝、破碎带等位置 | 目标体与周围介质存在明显的电性差异;孔间距小于40m;无金属物干扰 | 选择合适的工作频率和天线;孔口用金属板屏蔽 |
| | 钻孔电视 | 水下影像 | 观测井壁状况及地层岩性 | 干孔或清水孔、无套管 | 图像应清晰可辨;应能确认方向 |

中华人民共和国民用航空行业标准

民用机场勘测规范

MH/T 5025 2011

条文说明

目 次

| | |
|--------------------|----|
| 1 总 则 | 85 |
| 2 术语、符号 | 85 |
| 3 基本规定 | 87 |
| 3.1 工程勘察基本规定..... | 87 |
| 3.2 工程测量基本规定..... | 89 |
| 4 工程测量 | 89 |
| 4.1 平面控制测量..... | 89 |
| 4.2 高程控制测量..... | 89 |
| 4.3 地形测量..... | 89 |
| 4.5 导航台站测量..... | 89 |
| 5 选址勘察 | 90 |
| 6 初步勘察 | 90 |
| 6.1 一般规定..... | 90 |
| 6.2 工程地质测绘与调查..... | 90 |
| 6.3 工程地质勘察..... | 91 |
| 6.4 水文地质勘察..... | 91 |
| 7 飞行区详细勘察..... | 91 |
| 7.1 一般规定..... | 91 |
| 7.2 工程地质测绘与调查..... | 91 |
| 7.3 工程地质勘察..... | 92 |
| 7.4 水文地质勘察..... | 92 |
| 8 特殊性岩土勘察..... | 92 |
| 8.1 软弱土 | 92 |
| 8.2 湿陷性黄土..... | 93 |
| 8.3 膨胀土 | 93 |
| 8.5 冻 土 | 93 |
| 9 特殊地质条件勘察..... | 95 |
| 9.1 一般规定..... | 95 |
| 9.2 岩溶勘察..... | 95 |
| 9.3 滑坡勘察..... | 96 |
| 9.4 地震效应勘察..... | 96 |

| | | |
|-----------|-----------------------|------------|
| 9.5 | 断裂勘察..... | 97 |
| 9.6 | 泥石流勘察..... | 97 |
| 9.7 | 采空区勘察..... | 97 |
| 10 | 其他专项勘察..... | 98 |
| 10.1 | 地表土勘察..... | 98 |
| 10.2 | 挖方区土石材料性质及土石比勘察..... | 99 |
| 10.3 | 地方建筑材料调查..... | 100 |
| 10.4 | 高填方边坡工程勘察..... | 100 |
| 12 | 岩土工程分析与评价..... | 101 |
| 12.1 | 岩土物理力学指标的分析与评价..... | 101 |
| 12.3 | 地基处理分析与评价..... | 102 |
| 12.4 | 边坡稳定分析与评价..... | 103 |

1 总 则

1.0.1 机场工程是专业性和系统性强、阶段明显的建设工程,包括诸多的建筑工程和土木工程类型,有以旅客航站楼为代表的单体建筑工程和设施,也有以跑道为代表的飞行区工程。编制本规范,既要解决机场工程前期工作没有行业勘测规范可依据的现状,又要解决建设实施阶段现有勘测规范不能满足机场工程专业性和系统性要求的问题。因此,本规范试图协调和处理好与机场工程勘测相关的主要国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021)和《工程测量规范》(GB50026)的关系,遵循其原则性的规定,并考虑非民航专业工程直接依据现有规范,体现国家标准、专业工程规范、地方规范和行业标准要协调采用的要求。

1.0.3 本勘测规范包括机场工程勘察和机场工程测量。机场工程勘察以飞行区勘察为主,并结合机场工程特点对地表土勘察、土石比勘察和高填方边坡工程勘察等专项勘察作了规定;机场工程测量以控制测量、地形测量和净空测量为主。航站楼等单体工程、道路、排水工程等专业工程可依据相关专业勘察和测量规范。

1.0.4 由于机场勘察范围较广,涉及的岩土工程问题多,机场工程的勘察与测量工作不仅要兼顾专业性、行业性和地区性,还要注意阶段性和各阶段勘测成果的衔接,以合理的勘测工作量提供可靠的勘测数据和勘测资料。

2 术语、符号

2.1.1 鉴于一般勘察单位对机场工程的接触和了解较少,本规范对勘察工作中涉及的主要机场工程术语进行了引用和规定,以便勘察单位掌握和使用。本规范分别引用或借鉴《国际民用航空公约附件十四-机场》、《机场飞行区技术标准》(MH5001)和民用机场其他规范,由于机场工程术语民航专业性比较强,非民航专业勘测人员难于理解和把握直接引用的术语,故对部分术语的表述进行了适当调整,以便于使用者的理解和把握。

机场飞行区指标 (aerodrome reference code): 即机场基准代号,由有关飞机的性能特性和尺寸的两个要素(飞机基准飞行场地长度、飞机翼展和主起落架外轮间距)组成,以表征机场飞行区的基本特性。

飞行区包括以下主要构筑物或区域:

跑道 (runway): 用于飞机起飞和着陆的一块特定的长方形场地。跑道两端为防吹坪。

滑行道 (taxiway): 飞行区内用于飞机滑行的规定通道,包括平行滑行道、快速出口滑行道、联络道等。

机坪 (apron): 飞行区内用于飞机上下旅客、装卸货物、加油、停放或维修的特定场

地，包括站坪、货机坪、停机坪等。

升降带 (runway strip)：跑道延长线两侧的一块特定场地，其作用是减小飞机在冲出跑道时遭受损坏的危险，并保障飞机在起飞或着陆时在其上空安全飞过。

跑道端安全区 (runway end safety area)：位于跑道延长线上与升降带相接的一块用于减小飞机在过早接地或冲出跑道时遭受损坏的地区。

本规范中提出飞行区道面影响区、飞行区土面区和高填方边坡稳定影响区等概念，是将机场规划设计中飞行区道面区、土面区等平面性概念，从岩土工程角度转变为空间性概念，以适应地形条件复杂时工程的实际情况。

与机场净空相对应的是障碍物 (obstacle)，其定义是：位于飞机地面活动的地区上的，或突出于为保护飞行中的飞机而规定的限制面之上的、一切固定的和活动的物体，或是这些物体的一部分。

2.1.2 主要对机场工程相关的测量术语进行规定和引用。

机场地理坐标

一般根据当地资料情况，采用 1954 年北京坐标系、1980 年西安坐标系或 CGCS2000 坐标系之一进行测量，并按要求换算成 WGS-84 坐标系。

2008 年 7 月 1 日开始启用的我国大地坐标系 CGCS2000 坐标系与 WGS-84 大地坐标系基本一致，CGCS2000 数据可替代 WGS-84 数据。

常用的大地坐标系地球椭球基本参数表

| 参 数 | 1954 年北京坐标系 | 1980 年西安坐标系 | CGCS2000 坐标系 | WGS-84 坐标系 |
|----------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 长半轴 a (m) | 6378245 | 6378140 | 6378137 | 6378137 |
| 短半轴 b (m) | 6356863.0188 | 6356755.2882 | 6356752.31414 | 6356752.3142 |
| 扁 率 f | 1/298.3 | 1/298.257 | 1/298.257222101 | 1/298.257223563 |
| 第一偏心率平方 e^2 | 0.006693421622966 | 0.00669438499959 | 0.00669438002290 | 0.00669437999013 |
| 第二偏心率平方 e'^2 | 0.006738525414683 | 0.00673950181947 | 0.00673949677548 | 0.006739496742227 |

机场标高

机场标高对应的跑道位置，当跑道采用单向坡度时为跑道端点，当采用双向坡度时常为跑道中心点。

机场基准点

机场基准点是机场地理信息的一个主要标志点，一般标注机场基准点的经纬度和高程。需要注意的是，跑道中心点不一定是跑道中心线上的最高点。机场基准点经批准后，将保持不变。

机场坐标系

机场坐标系中原点的位置常由机场的主体设计单位设定，一般以保证机场近期和远期建设所在区域的坐标值不为负为原则。机场坐标系的纵、横轴的数值增减与常规测量坐标系一致，

横坐标以 B 或 P 表示,纵坐标以 A 或 H 表示。在以 A/B 表示的坐标系中,一般以 1m 为一个坐标单位;在以 P/H 表示的坐标系中,一般以 20m 或 40m 为一个坐标单位。

2.1.3 对机场工程勘察中的主要工程勘察术语进行引用和规定。

3 基本规定

3.1 工程勘察基本规定

3.1.1 《公路工程地质勘察规范》(JTJ064)划分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段;《铁路工程地质勘察规范》(TB10012)新建铁路工程地质勘察划分为踏勘、加深地质工作、初测和定测四个阶段;《水利水电工程地质勘察规范》(GB50287)则划分为规划、可行性研究、初步设计和技施设计四个勘察阶段。其他行业勘察或勘测规范中,一般按三阶段进行勘察阶段划分。

根据行业特点和建设程序,机场工程的勘察阶段总体上划分为三个阶段。鉴于选址工作和预可行性研究在机场建设中的重要性和特殊性,第一阶段勘察划分为选址勘察;机场工程可行性研究工作和总体规划工作紧密相联,对应阶段的勘察划分为初步勘察;在初步设计和施工图设计的工程实施阶段,相应的勘察则划分为详细勘察。

对岩溶发育地区等场地条件和地基条件复杂的山区机场,受场地地形条件限制,场地平整前勘察工作难于直接到位,同时考虑到勘察的经济性和成果的有效性,需要增加施工勘察阶段,在场地初步平整后进行补充勘察。

3.1.2 机场工程建设一般可分为前期工作和建设实施两大阶段。前期工作可分为选址、预可行性研究、可行性研究和总体规划等阶段,机场建设实施阶段分为初步设计、施工图设计和施工建设阶段。机场勘测工作要满足前期工作和建设实施工作的需要。

根据行业特点、机场建设程序和经验,机场工程立项(预可行性研究),场址论证复查十分重要,阶段工作联系紧密,因此本规范合并这一时期的勘测工作,确定为选址勘察,重点是查清机场场址的环境工程地质条件,评价机场建设场地的稳定性并为机场建设投资匡算提供基础资料。机场工程可行性研究重点是提出建设方案和估算建设投资,总体规划方案对建设方案和估算投资的影响十分显著,本规范确定这一时期的勘察工作为初步勘察,重点是评价机场工程场地的建设适宜性,查明不同场区工程地质作用并为研究机场工程建设方案和估算投资提供基础资料。机场工程初步设计和施工图设计主要是论证和比选确定设计方案,编制投资概算并满足工程建设招投标的要求,这一阶段的勘测工作要区分不同的专业工程,具有针对性。本规范主要是针对民航专业飞行区工程设计的需要进行勘测工作的规定,确定为飞行区详细勘测。在相应的设计阶段,机场工程航站区中的航站楼、工作区中生产服务和行政配套的建筑物和设施可以遵循国家标准、专业工程和地方规范的规定。

飞行区是机场主体工程之一,是机场建设的关键工程,通常先行开展飞行区的地基处理或土石方工程施工,为了满足建设需要,在勘察工作内容和深度上本规范合并了选址与立项、可研与规划、初步设计与施工图的阶段要求,旨在保证勘察成果系统性和深度要求的前提下,满足飞行区岩土工程专业性和建设工期通常紧迫的要求。

3.1.3 参考《岩土工程勘察规范》(GB50021),对机场工程勘察进行分级规定,即综合场地复杂程度、地基等级和工程规模(重要性)三方面因素进行分级。鉴于无论哪个级别的机场都很重要,工程重要性以飞行区指标(对应飞机机型尺寸)考虑,并按第三因素进行规定。

3.1.4 机场工程一般以挖填平衡为原则,实际工程中挖方区的岩土是填方区土石方的料源。在过去的工程勘察中,对填方区和挖方区不作区分,在挖方区也进行大量的原状土力学性质试验,不仅造成浪费,而且影响岩土物理力学指标的正确统计与评价。因此本规范规定,应区分填方区和挖方区,条件具备时分别进行勘察,明确规定挖方区按料源进行勘察,场地平整后对工程影响范围内未勘察的区域(挖方区)再进行详细勘察。

3.1.5 机场道面工程设计一般按公路工程的岩土分类,但在实际勘察中,不同阶段的岩土分类容易混乱,平面构型调整时航站区与飞行区站坪相连附近也容易出现岩土分类混淆。因此,本规范规定按《岩土工程勘察规范》(GB50021)统一进行岩土分类、定名。

3.1.6 钻探、坑探(或井探)、物探和原位测试等勘探方法,各有其功能和特点。单纯的一种或两种勘探方法,难以合理解决复杂的岩土工程勘察问题。因此,本规范提倡应根据工程情况、场地地质条件和勘察阶段要求,针对勘察区域存在的岩土工程问题,在分析研究的基础上,采用综合的勘察手段进行勘察。充分发挥各种勘察方法的优势,规避其劣势,通过合理组合,达到既解决工程勘察问题又工期合理、经济节省的效果。

由于城市发展和建设用地的限制,机场建设的地形地质条件越来越复杂,遇到的工程地质问题越来越多,工程技术难度也越来越大,因此,本规范鼓励新技术、新方法的应用,但同时也强调要保证勘测数据和成果的可靠性。

3.1.7 本规范对勘探和取样方法,提出了原则性规定和基本要求,具体操作要求可依据相关规范,本规范不再作具体规定。

3.1.8 本规范对原位测试方法,提出了原则性规定和基本要求,除地基反应模量试验(一般勘察单位接触较少)外,其他原位测试方法的具体操作要求可依据相关规范,本规范没有作具体规定。

3.1.9 本规范对室内土工试验,提出了原则性规定和基本要求,并重点强调高填方条件下,压缩试验和抗剪强度试验,施加的最大垂直压力应与工程条件一致。压缩试验主要是用于取得道面影响区高填方段地基土和填筑土的变形参数,抗剪强度试验主要是用于取得高填方边坡稳定影响区地基土和填筑土的抗剪强度参数。

3.1.10 本规范对工程物探,规定了工作原则和基本要求,并在附录 D 中提出了机场工程主要

物探方法的适用范围与技术要点。具体工程物探方法的技术要求有相关规范可依据。

3.1.12 鉴于机场勘察工作的专业性、复杂性和特殊性，本规范强调编制勘测大纲的重要性。

3.2 工程测量基本规定

3.3.1 工程测量基本要求是根据机场选址、预可行性研究、可行性研究、总体规划和初步设计、施工图设计不同阶段的需要相应提出，要求的内容结合了我国民用机场建设的经验和具体做法。对于支线机场和具备条件的大型机场，初勘和详勘两个阶段的测量常常一次性进行详勘阶段的测量。

4 工程测量

4.1 平面控制测量

4.1.2 GNSS 卫星定位包括美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 Galileo、我国的 Compass 等系统。GNSS 卫星定位测量的技术要求、观测精度评定及作业要求、数据处理引用《工程测量规范》(GB50026)的规定。

4.1.3 导线测量的技术要求、水平角观测要求、距离测量要求、导线测量数据处理引用了《工程测量规范》(GB50026)的规定。

4.1.4 三角形网测量主要技术要求、观测、数据处理引用了《工程测量规范》(GB50026)的规定。

4.2 高程控制测量

4.2.2 水准测量的主要技术要求、水准观测的主要技术要求、水准测量数据处理、电磁波测距三角高程测量引用了《工程测量规范》(GB50026)的相关规定。

4.3 地形测量

4.3.3 依据机场建设的特点和满足地势设计、土石方调配、土石方计算的需要，提出了初步勘测阶段、详细勘测阶段地形图比例尺及等高距要求。由于位于拟建机场区域内的城镇建筑区、工矿区等需要拆迁，故与一般地区一样，图上地物点的点位中误差统一为 0.8mm。

4.5 导航台站测量

4.5.3 遮蔽角曲线图是以方向角为横坐标轴，遮蔽角为纵坐标轴，按纵横坐标不同比例尺绘制的曲线图。

5 选址勘察

5.2 气象条件调查一般由气象部门调查整理并提供有关资料,主要用于评价场址的飞行条件。场址确定后,则由建设单位委托气象部门,在有代表性地点建立气象观测站,根据空管部门提出的气象观测技术要求,进行专门的气象观测。

6 初步勘察

6.1 一般规定

6.1.1 在机场场址批准和预可行性研究评估批复后,机场建设进入可行性研究和总体规划阶段,此时勘察工作相应进入初步勘察阶段。在初步勘察阶段,需要对机场全场进行勘察,初步查明场地地质条件,评价场地的适宜性,为初步确定主要岩土工程问题的技术解决方案提供基础资料。

6.2 工程地质测绘与调查

6.2.1、6.2.2 机场工程选址勘察阶段,进行了简单的工程地质测绘与调查工作。查明场地及其附近的地貌、地质条件,对场地的适宜性作出评价具有重要意义,因此在初步勘察阶段,继续安排工程地质测绘与调查内容。

6.2.3 对于工程地质测绘与调查的内容,本条强调与工程的紧密结合,着重于针对工程的实际问题,强调对岩溶、洞穴、泉、滑坡、软弱夹层等对工程有特殊意义的地质单元体的测绘与调查。由于场地附近河流的水位标高以及洪水位,对机场标高的确定至关重要,因此,亦应对其进行测绘与调查。

6.2.4 素描图、遥感影像解译资料和照片是重要的工程地质测绘与调查成果资料,需要予以重视并加强对其分析、整理,因此规定在成果资料整理中应包括其内容。

6.2.5 设置现场检验地质观测点,一般是根据机场场地范围和场地的复杂程度进行确定。由于机场场地范围大,监测工作量以可以满足遥感影像资料解译需要进行布置。

6.2.6 考虑到机场场地范围,工程地质测绘与调查的比例尺一般用 1:2000~1:10000,条件复杂时用 1:2000,条件简单时用 1:5000~1:10000。对工程有重要影响的地质单元体(滑坡、断层、软弱夹层、洞穴等),规定采用扩大比例尺表示,是为了满足分析与设计需要。

6.2.7 地质观测点的布置是否合理,是否具有代表性,对于成图的质量至关重要,故本条作了规定。定位方法,应根据精度要求,适当选用。目测法适用于小比例尺的工程地质测绘;半仪器法适用于中等比例尺的工程地质测绘;仪器法适应于大比例尺的工程地质测绘;卫星定位系统可适应于各种比例尺的工程地质测绘。

6.3 工程地质勘察

6.3.1~6.3.4 初步勘察阶段,需要对机场全场的地质条件作出初步分析和评价。根据机场场地初步的功能分区,分为飞行区、航站区和工作区三个区,分别提出不同的勘探点(线)布置要求。对于挖方区,先按本规范第 10.2 节规定进行土石材料性质及土石比勘察,其他勘探工作则在场地平整后进行,是为了保证勘察资料的针对性和可靠性并减少勘察工作量。

6.3.5 本节规定了一般条件下的勘察深度,对特殊土和特殊地质条件,勘察深度分别在特殊土和特殊地质条件勘察中规定。

6.4 水文地质勘察

6.4.1 地下水的赋存和渗流状态对工程的影响是显而易见的,当工程需要降低地下水位时,需要根据各地层的岩土性质和渗透系数,选取合适的降水方法,因此,在进行水文地质勘察时,应通过现场或室内试验测定土层的渗透系数。

7 飞行区详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 在机场可行性研究评估批复和总体规划审查批准后,机场建设进入实施性的初步设计和施工图设计阶段。此时,需要对确定的场区进行针对性勘察,机场勘察工作进入详细勘察阶段。在详细勘察阶段,主要对需要解决的岩土工程问题,即飞行区道面影响区的沉降控制和填方边坡稳定影响区的稳定性控制所涉及的岩土对象,进行详细勘察。

7.1.2 现场勘察工作开展前,掌握上部道面结构设计资料、熟悉机场规划设计图纸、理解工程设计意图、了解机场工程建设对象和把握勘察技术要求,是机场飞行区详细勘察工作针对性的基本保证。在以往的机场勘察中,时有因交流沟通不够、对设计意图理解出现偏差,造成勘察工作布置偏离工程需要的情况。因此,勘察工作中,勘察技术人员应与设计人员保持良好的沟通和交流,密切联系、相互配合,随时把握设计变动情况,及时解决勘察过程中遇到的技术问题,尽可能保证勘察工作与勘察成果的有效性。

7.1.3 飞行区详细勘察阶段以取得详细的岩土工程资料和设计所需的岩土参数为主,具有鲜明的工程针对性,应根据工程设计意图、可能采取的工程施工方案,在分析利用已有勘察资料的基础上,结合面临的工程问题,开展针对性的岩土工程勘察工作。

7.2 工程地质测绘与调查

7.2.1 机场工程初步勘察阶段,已经进行了较深入和全面的工程地质测绘与调查工作。在详细

勘察阶段,对地形、地质条件复杂的特殊场地,对某些专门地质问题,继续安排工程地质测绘与调查内容,目的是进一步解决针对性问题,即从服务于设计和施工的角度,为工程治理提供依据。

7.2.2 机场场内的滑坡、崩塌、塌陷、洞穴、地面裂缝、泉眼、沟塘、植被等,是工程中必须解决的具体问题,因此,需要在初勘阶段工作的基础上,从工程治理的角度对其进行进一步的工程地质测绘与调查。

7.2.3 对机场场内的滑坡、崩塌、洞穴、泉眼、沟塘、植被等,查清其分布、规模和形态特征,不仅是确定工程处理措施的依据,也是确定工程数量的依据。

7.2.4 详细勘察阶段工程地质测绘与调查的成果资料,主要是根据调查对象情况,采用相应的一种或多种方法进行表述,以提供可供设计采用的工程地质图件。

7.3 工程地质勘察

7.3.1 本条规定详勘阶段的勘察要求,重点是针对机场面临的岩土工程问题,从地层结构特征和岩土参数方面,详细查明岩土工程条件,同时作为综合的勘察成果,强调应包含以前的勘察成果,以保证报告的完整性、全面性、系统性和综合性。

7.4 水文地质勘察

7.4.1 机场飞行区工程中,地下水的影响主要是软弱土、湿陷性土、膨胀土等地基条件下地下水位变化对道面沉降或隆起的影响,岩溶等特殊地质条件下地下水动态变化对地基稳定性的影响等。因此,在软弱土地区、岩溶地区应加强对地下水的勘察。压缩层深度内细粒土土层的渗透系数,则是软弱土地区、高填方区需要重点查明的内容。

8 特殊性岩土勘察

8.1 软弱土

8.1.1 非沿海软土地区机场工程勘察中,常常遇到岩土工程性质类似于软土的 软弱土 ,如流塑、软塑状态粘性土和饱和松散粉土等,按照《岩土工程勘察规范》(GB50021),其定名不能划为软土。以往的勘察中,常将其按一般土对待,致使设计和工程实施过程中低估甚至忽视了对工程的不利影响,给多个机场带来了地基沉降过大或边坡失稳等程度不同的工程损失。

8.1.2 从软弱土地基处理的角度出发,本规定强调对软弱土的勘察需要注意查明软弱土的均匀性、排水固结条件和固结历史,注意借鉴当地类似工程经验。

8.1.3 实践证明,静力触探是软弱土地区十分有效的原位测试方法,其最大优点在于精确的分层;用十字板剪切试验可测定内摩擦角近似为零的软弱土强度。因此,软弱土地区勘察应以

钻探、静力触探等多种方法相结合为原则。

8.1.4 软弱土地区勘探点的布置,既要考虑地基变形计算的要求,又要考虑稳定性分析和工程治理的需要。本条规定了沉降控制条件下的勘察深度,边坡稳定控制条件下的勘察深度,在10.4节有关边坡勘察中规定。

8.1.5 由于机场填土荷载属于大面积荷载,其附加应力随深度衰减很小,针对软弱土地基的勘探深度一般较大。浦东机场地基属于典型的软土地基,当时建设一跑道时,未发现有古河道分布,故对古河道区域未进行特殊处理。当上部填土荷载和道面结构荷载施加后,沉降观测数据表明,对于埋深在40~60m的古河道,上部荷载虽不大,但影响是很明显的。

8.1.6 软弱土易扰动,保证取土质量非常重要,故本条作了专门规定。

8.1.7 在软弱土地基修建机场,最突出的问题是变形和稳定,因此,软弱土的岩土工程评价,应特别关注软弱土地基的变形与稳定。软弱土的沉降计算可采用分层总和法或土的应力历史法,并应根据当地经验进行修正,必要时应考虑软弱土的次固结效应。

8.2 湿陷性黄土

8.2.7 黄土地基的总湿陷量按《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025)式4.4.5计算,不考虑侧向挤出, ψ 值取1.0。

8.3 膨胀土

8.3.1 由于膨胀岩在工程中较少遇到,本节只对膨胀土作出规定。

8.3.2 勘探点的间距、勘探孔的深度和取样数量是根据膨胀土的特殊性规定的。大气影响深度是膨胀土的活动带,应适当增加试样数量。

8.3.3 本条所提指标是判定膨胀土,评价膨胀潜势,计算分级变形量和划分地基胀缩等级的主要依据,因此,一般情况下都应测定。

8.3.4 对重要的和有特殊要求的工程场地,宜采取多种测试方法对膨胀土进行综合分析和评价。膨胀土常具各向异性,故应测定不同方向的胀缩性能。

8.5 冻土

8.5.1 《冻土工程地质勘察规范》(GB50324)对冻土的分类、定名和冻胀、融沉性分级,作了详细规定,本规范直接引用。

8.5.3 冻土的工程性质除取决于其岩性成分外,更重要的还取决于其含冰量和温度等。因此,从工程角度看,冻土在平面上和剖面上的变化较一般土要复杂得多。为了查明冻土的地质条件及其对工程的影响,其勘探点数量和深度比一般地区要大。

8.5.5 钻取冻土试样一方面要保证取岩芯时不致融化,另一方面要保证在土样正式试验之前的

存储与运输环节中不致失态，因此需要特别小心，并采取特殊的措施。

机场工程中对冻土的研究与监测资料很少，因此在典型的工程地质、水文地质不良地段，应尽可能进行系统的地温观测和其他相关的研究。

9 特殊地质条件勘察

9.1 一般规定

9.1.1 我国的地质灾害作用相当普遍,对于机场工程尤其是山区地段建设的机场工程,不良地质灾害非常发育,地质灾害给机场工程带来的影响不可忽视,因此本章主要对岩溶、滑坡、地震和断裂、泥石流、采空区等不良地质作用的勘察工作提出了专门的要求。

9.1.2 不良地质灾害作用种类繁多,成因复杂,要查清其分布形态往往非常困难,因此在勘察工作中宜采用多种勘察手段,如钻探和测试技术、遥感技术、物探技术和地理信息系统等综合分析,相互验证,正确判断,避免单一的勘察方法影响勘察精度和评价的可靠性。

9.2 岩溶勘察

9.2.1 在岩溶发育地区,在地表和地下能发现各种不同的岩溶形态,地表岩溶如落水洞、溶槽、溶沟、溶蚀漏斗、溶蚀洼地等;地下岩溶包括溶洞、土洞、地下暗河和溶蚀塌陷等。它们对机场工程安全带来影响,因此要通过勘察来查清各种岩溶的形态和规模,在机场建设时进行有效治理。故本条强调要进行岩溶勘察。

9.2.2 地表岩溶的勘察,在选址勘察阶段主要是对场地的稳定性和工程建设的适宜性作出初步评价;在初步勘察阶段主要是初步查明各种岩溶形态和发育条件;在详细勘察阶段主要是详细查明各种岩溶形态,分析对机场工程的影响,提出治理建议。因此,对地表岩溶勘察按勘察阶段规定不同的勘察要求。

9.2.3 地下岩溶的勘察,在选址勘察阶段主要是对溶洞、土洞的稳定性和工程建设的适宜性作出初步评价;在初步勘察阶段主要是按场地进行稳定性定性评价,并进行适宜性分区;在详细勘察阶段主要是详细查明各种岩溶形态,定量分析各种地下岩溶的稳定性和使用过程中的稳定性,分析对机场工程的影响,提出治理建议。因此,对地下岩溶勘察也按勘察阶段规定不同的勘察要求。

在山区机场,地形高差较大,在勘察工作中可根据需要将挖方区和填方区的勘察分开进行。当挖方区有岩溶分布时,可在场地开挖到初平标高后对地下岩溶进行详细的勘察,这样机具设备容易安置,钻孔深度减少,物探工作精度提高,从而减少勘察工作量,保证勘察精度。

9.2.4 在岩溶的勘察工作中,地表岩溶是出现在地表面,工程地质测绘是主要的勘察方法;地下岩溶发育在地下,勘察手段则需要在工程地质测绘的基础上应用钻探、物探等多种手段结合进行,并在物探发现的异常地段,布置验证性钻孔。

9.2.5 地下岩溶一般隐伏在地表以下,除大直径的溶洞可以直接到洞内查看以外,只能通过地表形态进行分析判断,在进行工程地质测绘时,可通过访问、查看塌陷形态、地下水出露等进

行综合判断。同时应通过实地调查和搜集资料的方式,了解岩溶的类型、复杂程度和当地的治理经验。

9.2.6 岩溶地区详细勘察工作量的布置,以查清地下岩溶形态、满足评价要求为目的,主要是综合考虑岩溶发育特征,采用钻探、物探和原位测试相结合的办法,勘探点的深度还需要根据勘察时的成果进行调整,以保证勘察成果的可靠性和勘察工作量的合理性。

9.2.7 岩溶勘察的测试、试验、追索、验证和观测是岩溶勘察的组成部分和基本手段,在具体项目实施时,一般根据建设项目的重要性和地质条件的复杂性进行选择,本条主要根据解决的问题而针对性采用的测试手段提出了基本规定。

9.2.8 本条对稳定性差、埋深浅、强发育的岩溶进行了进一步评价的规定,目的是从工程安全性出发,强调对岩溶发育的地段进行详细的分析和评价工作。

9.3 滑坡勘察

9.3.1 如机场附近或机场建设场地内存在滑坡时,滑坡的勘察工作一般在机场的初步勘察阶段或详细勘察阶段中进行,如果在初步勘察阶段或详细勘察阶段没有进行滑坡勘察,而该滑坡可能对机场安全带来影响、需要进行治理时,则在补充勘察阶段进行专门的滑坡勘察。

9.3.5 滑坡勘察时的深度控制以查清滑坡体分布形态为目的,同时考虑可能的治理措施所需要的勘察深度要求。

9.3.6 滑坡勘察的主要任务是查清滑面的位置、地下水的活动性、滑体和滑面的力学参数,这是滑坡勘察的基本要求,也是滑坡进行稳定分析所需要的基本资料。

9.3.7 滑坡稳定性评价所需要的滑面强度参数直接影响滑坡稳定评价的可靠性,因此对有关试验和取值评价进行规定。滑面参数综合取值评价是指采用多种试验、类比分析和反演分析的方法综合取值评价。

9.3.8 本条未提供滑坡稳定计算的数学模型,但对滑坡稳定性计算应考虑的因素和注意的问题提出了要求,并强调根据滑坡的形态和发育条件进行稳定性评价。

9.3.9 本规范提倡采用综合评价的方法进行滑坡的稳定性评价,并分析发展趋势和危害程度,进而提出治理方案的建议。

9.4 地震效应勘察

9.4 本节的内容主要参照了《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版)第5.7条和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第4章的内容编写。在9.4.2条和9.4.10条中规定了抗震设防烈度等于或大于7度的地区应进行场地和地基地震效应的岩土工程勘察和软土震陷量评价,比《岩土工程勘察规范》(GB50021)的标准提高了一度,主要是考虑了近几年发生的汶川地震、攀枝花地震、玉树地震中,成都双流机场、九黄机场、玉树机场、攀枝花机场及丽江机

场的使用经验而提出来的。

9.5 断裂勘察

9.5 对于机场工程，断裂带的勘察工作非常重要，从选址阶段开始，在地震地质方面首先需要关注机场场址及附近范围内断裂带的性质和活动性，进行地震安全性评价和活动性鉴定，对活动断裂研究避让要求，对非活动断裂提出工程处理措施。昆明新机场距离具有活动性的小江断裂有 9 公里，满足了避让要求。在机场内有几条小断裂带，其中 F10 断裂带穿过航站楼和东西两个主跑道，但这些断裂带经过安全性评价和活动性鉴定属于非活动断裂，适宜工程建设，因此，在进行岩土工程勘察时，重点安排在查明 F10 断裂带的性质和评价对机场工程的影响。

9.6 泥石流勘察

9.6.1 在地质灾害中，泥石流带来的影响是很大的，因此，山区机场建设需重视泥石流对机场工程的影响，如有泥石流不良地质作用，应进行泥石流的勘察和治理工作。

9.6.2 由于泥石流及其灾害影响的特殊性，当机场有泥石流现象时，泥石流的勘察需要在机场的选址勘察或初步勘察阶段进行，以解决机场场址或场地的适宜性问题。当出现对机场安全有影响的泥石流时，则需要进行专门的勘察，评价其对机场工程的影响并提出治理建议。

9.6.3 本条主要是规定泥石流勘察应完成的主要任务，在实际工作中根据泥石流的规模和影响程度确定工作的深度。

9.6.4 工程地质测绘是泥石流勘察的主要手段，在进行现场勘察时，应按要求进行细致的测绘与调查工作，划分出泥石流的三大区域，查明每个区域的特征和分布形态。

9.6.5 泥石流的勘察以工程地质测绘为主，工作的重点是形成区，其次是堆积区，如果采用工程地质测绘不能完全查清两个区域的物质组成和岩土特性，需要采用钻探、物探和其他试验方法进一步查明。

9.6.6 泥石流的工程评价根据泥石流规模和工程重要程度，进行稳定性评价、对机场工程的影响分析和机场建设适用性评价。

9.7 采空区勘察

9.7.1 采空区是一种特殊的地质作用，治理工作的难度较大，对工程建设影响较大，在进行治理之前进行勘察工作是很必要的。故本条强调要进行采空区的勘察工作，为采空区的防治提供地质依据。

9.7.2 本条主要是规定采空区勘察应完成的主要任务，在实际工作中根据采空区的规模和影响程度确定工作的深度。

9.7.3 采空区的勘察方法主要是以工程地质测绘与调查为主，本条主要是规定工程地质测绘与

调查的主要内容,主要包括三个方面:一是采空区地质条件资料的收集,第二是采空区的分布、结构情况和开采时间的调查,第三是地面变形特征的测绘和有关变形资料的收集。

9.7.4 有些古老的采空区,资料不全,地下分布不清楚,通过工程地质测绘与调查的方法很难查清楚,借助物探和钻探验证的方法进一步查明采空区的分布是必要的。

9.7.5 本规范未对采空区的稳定性评价提出评价的具体方法和标准要求,可根据工程的重要性参照有关规范和手册的评价方法进行。

9.7.7 全面了解采空区的分布情况和变形的实测数据的基础上,对采空区的发展和变形趋势进行分析和预测,是为采空区的治理、避让和场地的有效利用提供依据。

10 其他专项勘察

10.1 地表土勘察

10.1 机场建设场地范围大,地表土往往有多种类型,其中植物土分布范围广,场区地形条件复杂、地面交通条件差、弃土或倒运费用比较高,如何有效利用场区内的植物土是机场建设中需要解决的迫切现实问题。为此,本规范将地表土勘察作为机场工程的专项勘察之一,通过专项勘察为地表土的综合利用提供基础资料。

影响地表土利用的主要因素是有机质含量、含水量和可压实性。一般情况下,有机质含量低于 3%时,地表土可按一般土进行土方调运和填筑压实;有机质含量 3~5%时,地表土可就近调配到填方厚度不大的土面区进行填筑压实;对富含有机质肥效较高的植物土,可调配到土面区顶面,以作地表植被之用。勘察中应根据工程具体情况和设计意图进行针对性的勘察。

10.2 挖方区土石材料性质及土石比勘察

10.2.1 机场工程采用 高削低填,高出场地标高以上的部分为挖方,挖出的土与石作为填方区的填筑料源。由于土与石压实后的体积变化不同,与开挖前原状土或石的体积相比,压实后土方的体积变小,石方压实后的体积变大,在挖填基本平衡(挖多少填多少)的设计原则下,挖方区土石比将决定机场场地平整标高;此外,土与石的单方工程造价相差甚远。土石比勘察的准确与否,对机场建设起着至关重要的影响。因此,土石比勘察是机场工程勘察中最重要的内容之一。

设计初步估计或确定的场地平整标高,在不同的设计阶段会有所变化,而场地平整标高变化,土石比也相应发生变化。因此,土石比勘察一定要根据相应设计阶段或勘察阶段的勘察任务书要求进行土石材料性质及土石比勘察。

10.2.2 影响土石方工程单方造价的主要因素是岩土的开挖难易程度,土方开挖容易,单方造

价低，石方开挖较难，单方造价高，因此岩土除按《岩土工程勘察规范》(GB50021) 相关规定进行岩土分类、定名外，尚应按岩土的开挖难易程度进行分级。岩土按开挖难易程度进行分级时，参考了公路工程勘察规范，考虑到勘察时爆破打眼的难易程度无法确定，因此没有取用爆破打眼条件因素。

10.2.3 如何以合理的、节约的勘察工作量，比较准确地查清机场的土石比，一直是机场工程勘察中的一个难题。由于地形复杂，以往山区机场建设中，土石比勘察的结果大多数与实际情况有较大出入。鉴于机场工程土石比勘察的特殊性，单纯的一种勘探方法无法取得有效的勘察数据，因此本规范强调采取综合的勘察手段和勘察方法，进行土石材料性质及土石比勘察。

10.2.4 土石比勘察的对象一般是山头，原始地面坡度大，交通问题难于解决，钻探设备难于进场，勘探极其艰难，钻探工作量应尽量减少，因此综合物探是土石比勘察中值得提倡的勘察手段。但由于地形地质条件的复杂性，综合物探的准确性也常常受到影响，为此有必要通过钻探方法对物探成果进行验证。

10.2.5 山顶和山腰间的覆盖土层厚度往往差别较大，土石比勘察需要根据至初步确定的场地设计标高以上各分区或每座山的大小与规模，分别在山顶和山腰间布置勘探钻孔，钻机进场困难时可采用坑探。坑探是土石比勘察中常用的勘探方法，但其不足之处是土 软质岩石 硬质岩石渐变时，难以挖到硬质岩石层，无法确定真正的基岩顶面；此外，覆盖土层较厚时，坑探也难以达到要求的深度。

10.2.6 土石比的计算是先分别对初步确定的场地设计标高以上各分区或每座山的土方量、石方量以及土石比，再汇总出全场总的土石比。本规范推荐采用机场中习惯使用的土石比表述方法 $n:(10-n)$ ，如 4:6。

机场工程中常常遇到大量的混合土，对混合土的土石比勘察相对比较复杂。当混合土中的粗颗粒粒径不超过分层填筑碾压控制粒径（如 30cm）时，可以很容易地确定为 土；当混合土中的粗颗粒（如漂石）粒径超过分层填筑碾压控制粒径但小于挖掘机可开挖装车粒径时，开挖时不需要爆破，但对超粒径的漂石需要考虑解爆，整体上仍然按 土 划分，但需要考虑解爆石方量；当粗颗粒（如孤石）粒径超过挖掘机可开挖装车粒径时，对超粒径的孤石，则需要按 石 来划分。对后两种情况，尤其是第三种情况，由于勘察手段的限制，对土石比进行准确判断的难度很大，很容易出现误判，工程中常出现最后施工确定的石方量与勘察时的预估大相径庭的情况。因此，工程地质测绘与调查时要特别注意。

此外，在岩溶地区，土石比勘察时要注意岩面的起伏变化（如石芽、石槽等）对石方量计算的影响，并剔除洞穴、裂隙等的体积。

10.2.7 填挖比是土石方工程设计中的一个重要参数，对土石方填挖平衡影响很大。填挖比与设计的压实度有关，在设计明确前，道面区重型击实压实度可按 95% 考虑，土面区重型击实压实度可按 90% 考虑。

10.2.8 对湿陷性黄土、红粘土和盐渍土等特殊岩土，当其作为填料时，也应考虑其湿陷性、胀缩性和盐胀性等问题。因此，应根据区域性情况，进行室内击实土的相应试验。

10.2.9 对挖方区填料，首先应通过击实试验，提出各类土的最佳含水量和最大干密度，评价土料的可压实性。在击实试验成果中，应标明击实试验方法（减水法或增水法）、土的塑限和定名。

10.3 地方建筑材料调查

10.3.1 场区内有砂石料时，应结合挖方区勘察，优先考虑调查并使用。

10.4 高填方边坡工程勘察

10.4.1 机场工程中的边坡包括挖方区边坡和填方区边坡。对以跑道中心线两侧 150m（飞行区指标为 3、4 时）为起点、按 1:7 的坡度进行净空控制的区域，挖方区边坡不需要进行边坡稳定性的评价，只需要对沿跑道两侧 1:7 坡终止位置外的挖方区边坡进行稳定性勘察，为开挖边坡的设计提供勘察资料。因此，机场边坡工程勘察的重点是高填方边坡工程勘察。

高填方边坡工程涉及工程地质、水文地质、岩土力学、地基处理、支护结构、锚固技术、坡面排水与护面、施工与监测等诸多方面。由于勘察、设计、施工不当，甚至完全忽视勘察，机场高填方边坡工程时有滑塌、垮塌和浪费现象，造成严重的工程与经济损失，有的还带来机场安全运行问题。因此，本规范将高填方边坡工程勘察作为机场勘察中的重点专项之一，对高边坡工程勘察的任务与针对性要求提出明确规定。

10.4.2 与一般的单体工程勘察相比，机场高填方边坡工程勘察中，其地形条件复杂、工程范围在初期阶段不完全确定、不利因素多、客观工作条件差等特点更加突出。因此，本规范强调勘察技术人员应了解机场工程对象、熟悉机场规划设计图、理解工程设计意图。

10.4.4 由于机场高填方边坡工程的特殊性，钻探工作难度大，工程地质测绘与调查显得更加重要。

10.4.5 本条主要明确高填方边坡工程勘察工作应满足基本要求，强调勘察的着眼点是影响高填方边坡稳定的地层结构特征、岩土层尤其是相对软弱层的抗剪强度指标、地下水情况等因素。

10.4.6 边坡的破坏一般沿垂直于边坡方向滑动失稳，因此勘探线原则上应沿垂直于边坡方向布置。勘探点的位置可根据现场条件进行适当调整，但对勘探点的平面位置和孔口高程要求测量准确。地形变化大时，勘察时除对勘探点进行测量外，还需要在垂直于边坡方向的勘探线上增加一定数量的地面高程测点，以保证用于边坡稳定分析的地质剖面的准确性。

10.4.7 高填方边坡工程勘察勘探深度首先需要揭露影响边坡稳定的相对软弱土层。当条件比较复杂时，可以利用已有勘察资料，在勘探前对典型剖面进行试分析，正确把握稳定地层，以保证勘探深度满足设计要求，同时节省勘察工作量。

10.4.8 高边坡工程勘察的重点是取得代表性边坡剖面关键土层的抗剪强度参数。直接或间接现场原位测试,是获取和把握关键土层抗剪强度参数的重要依据。因此,应保证有足够数量的现场原位测试。

土的抗剪强度指标与土的含水量和原状结构有密切关系,对强度试验土样,在取土、保存和运输过程中应特别注意避免扰动、保持密封并及时进行试验。

10.4.9 对含水量较高、渗透系数较低的软土和其他软弱土层,一般以快剪试验为主进行直剪试验;当需要考虑对软弱土层进行处理时,则应以固结快剪试验为主进行直剪试验。对渗透系数较高(如粉土)的土层,一般以固结快剪试验为主进行直剪试验。

填方边坡的压力分布本身比较复杂,而且边坡设计坡度和坡顶设计标高没有完全确定,给高填方边坡稳定影响区竖向压力的选取带来一定困难,因此,试验的最大竖向压力以取大一些为宜。实际试验时,可以根据初步确定的边坡高度和设计坡度,按试样所在位置所对应的压力,增加一级荷载考虑。

进行室内剪切试验的击实土,其土样的压实度和含水量应满足设计要求,设计没有明确要求时,土样的压实度可按 93% (重型击实) 含水量可按对应的饱和度为 90% 时的含水量进行控制。

10.4.10 勘察阶段进行基本的高填方边坡稳定计算是必要的,但不宜复杂化。其目的主要是检验勘察数据正确性、检查勘察范围和勘察深度是否满足要求、复核勘察参数的合理性,并为提出针对性建议方案提供依据。有些机场工程中,少数勘察技术人员不掌握边坡稳定分析的基本方法、不了解边坡设计中关注的核心问题,现场布置的勘探点代表性不够、提出的室内土工分析任务书偏离边坡问题,安排不少的无关性试验,而关键土层的抗剪强度试验不够甚至缺失。既造成浪费,也耽误勘察工作时间,还影响对问题的判断。因此,本规范强调勘察阶段对高填方边坡稳定问题进行必要的分析与计算,既是工程勘察技术现状所需,也试图加强勘察技术人员的工程概念,拓宽工作思路。

10.4.11 高填方边坡的稳定性受多种因素的影响,对其进行综合评价难度比较大。已有的机场工程勘察中,在综合分析评价的基础上提出合理建议坡比和中肯地基处理建议方案的情况比较少,但作为岩土工程勘察的基本要求和发展方向,本规范提倡机场工程勘察中加强综合分析评价工作,进而提高勘察报告质量和勘察技术水平。

12 岩土工程分析与评价

12.1 岩土物理力学指标的分析与评价

12.1.2 对道面影响区,变形指标是工程中需要考虑的主要因素,因此强调统计与分析地基土

的变形指标,对高填方还需要统计与分析填土(室内击实土)的变形指标。高填方地基变形的非线性比较明显,设计计算中需要采用不同荷载条件下的变形指标,因此,道面影响区的土层岩土参数统计,除按一般方法进行统计分析外,还需要直接给出对应于各级荷载下的 φ 值,即回到给出初始的数据。

12.1.4 以前的工程勘察中,对土层抗剪强度指标中的内聚力 c 和内摩擦角 φ 的分析与统计,是将两者作为分离的、独立的指标分别进行平均值、标准差和变异系数的计算,进而提出标准值。这种分析与统计方法,忽视了内聚力和内摩擦角之间的关联性(实际上是一个指标的两个参数)、内摩擦力与内摩擦角的非等价性以及实际工程中的垂直压力条件,给勘察资料的准确性带来一定影响,某种意义上也是对《岩土工程勘察规范》(GB50021)中有关岩土参数分析与统计规定的误解。为此,本规范以条文说明的方式,提出如下建议的抗剪强度指标分析与统计方法。

根据单组抗剪强度试验结果,采用线性回归的方法,确定该组的 c_i 值。

对若干组抗剪强度试验,根据标准差、变异系数和统计数量统计内聚力标准值 c 。

对相应组抗剪强度试验,根据标准差、变异系数和统计数量分别统计 φ_j 值, j 为对应的垂直压力等级。当 $j=4$ 时, φ_j 即为垂直压力400kPa时的抗剪强度标准值;当 $j=0$ 时, φ_j 为垂直压力0时的抗剪强度标准值,即中确定的内聚力标准值 c 。

按下式计算内摩擦角 φ_j 标准值:

$$\varphi_j = \arctan \frac{\sigma_j - c}{\sigma_j}$$

式中 φ_j 垂直压力为 σ_j 时的内摩擦角标准值;

σ_j 强度试验中垂直压力为 σ_j 时的抗剪强度标准值(kPa);

c 内聚力标准值(kPa);

σ_j 对应于 j 的垂直压力(kPa)。

当 c 、 φ_j ($j=1, 2, \dots$)出现非线性变化时,可视情况对其进行线性回归或其它曲线回归分析。

需说明的是, c 、 φ_j 的统计方法与通常的统计方法无异,不进行最后的回归分析时,粘聚力标准值 c 是相同的,差异之处在于 φ_j 值的处理方法不同。

12.3 地基处理分析与评价

12.3.2 对软土地基,可先进行浅层处理与深层处理的定性对比分析。考虑浅层处理时,对换填法、强夯法等方法进行对比分析;考虑深层处理时,对堆载预压排水固结法、强夯置换法、碎石桩法、搅拌桩法等方法进行对比分析。

对湿陷性黄土地基,可先进行湿陷性部分消除和完全消除的定性对比分析。考虑部分消除湿陷性时,对部分换填法、强夯法、灰土/素土挤密桩法等方法进行对比分析;考虑完全消除

湿陷性时，对强夯法、强夯置换法、孔内深层强夯法、灰土/素土挤密桩等方法进行对比分析。

12.4 边坡稳定分析与评价

12.4.2 由于机场工程中的边坡稳定问题主要是填方条件下，尤其是高填方、顺坡条件下高边坡的稳定问题，由于地质条件复杂、工程技术问题突出，大多数情况下都需要进行专门的研究。勘察阶段的边坡分析工作，主要是通过分析计算，把握勘察范围、勘察深度和关键的抗剪强度指标，为专门的研究提供可靠的基础资料。

12.4.3 本规范推荐的计算方法与国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)中的第5.5.5条折线滑裂面边坡稳定计算相同，分析中可不考虑坡顶荷载作用。同时，将圆弧滑裂面的计算式统一到折线滑裂面计算式中，即按圆弧形折线滑裂面进行计算。

静力条件下($K_h=0$)传递系数法是原《岩土工程勘察规范》(GB50021-1994)中的建议方法，由于该方法不是全部满足平衡条件的极限平衡分析方法，规范施行后即引起了广泛的讨论和争议。因该方法中假定的条间力作用方向问题，在相邻滑面的倾角变化较大，尤其是滑面出现反坡时，使其计算结果与精确解存在较大差异，甚至出现异常情况。在《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)中没有再建议使用该方法。由于该方法的实用性，《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)中再次推荐了使用该不平衡推力传递法，并在条文说明中提出了计算中应注意可能出现的问题。

本规范中建议使用该方法是基于：

在使用条件满足的前提下，即在相邻滑面的倾角变化不大的情况下，该方法计算的误差 不大。

该方法便于分析与把握局部不利地层对边坡稳定的不利影响。

计算式12.4.3中没有包含地下水作用的影响，当存在地下水渗流作用时，可按有关规范考虑。此外，对地震力的影响，有以下两点需要注意：

没有考虑地震时垂直方向加速度的影响；

地震力直接作用于各条块，没有考虑地震时边坡地基的阻尼作用和边坡坡体竖向分布的放大效应。这点与水利、建筑(结构)等行业有关规范不同，而与公路、港口、铁路等行业有关规范包括国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)中隐含的假设相同。