

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

P

MH/T 5025-××××
代替 MH/T 5025-2011

民用机场勘测规范

Specifications for geotechnical investigation and
surveying of airport

(征求意见稿)

202×—××—××发布

202×—××—××施行

中国民用航空局 发布

中华人民共和国行业标准

民用机场勘测规范

Specifications for geotechnical investigation and surveying of airport

MH/T 5025-xxxx

主编单位：

参编单位：

批准部门：中国民用航空局

施行日期：202×年×月×日

****出版社

202× 北京

前言

本规范是对 2011 年发布的行业标准《民用机场勘测规范》（MH/T 5025-2011）的首次修编。在修编过程中，编制组深入调研，总结吸收了 2011 年首次发布实施以来我国民用机场勘测经验和研究成果，广泛征求行业内外有关单位的意见，并与正在实施的有关国家标准进行了协调。

本次修编基本上保持了 2011 年发布的规范的总体框架和主要内容，现分为 12 章：1.总则；2.术语、符号和缩略语；3.基本规定；4.工程测量；5.选址勘察；6.初步勘察；7.飞行区详细勘察；8.特殊性岩土勘察；9.不良地质作用勘察；10.其他专项勘察；11.岩土工程分析评价；12.勘测成果与勘测数字化；另外包括 6 个附录。

本次修编的主要内容有：

- 1.适用范围增加了机场运营期；
- 2.增加了勘测的数字化术语和缩略语；
- 3.增加了勘察分区、测量和勘察纲要以及数字化的要求；
- 4.增加了遮蔽角测量、磁偏角测量、既有道面高程测量、竣工测量的要求；
- 5.修订了选址勘察资料搜集的要求，增加了首选场址工程地质勘察的要求；
- 6.修订了初步勘察工作内容，细化为新建和改扩建机场；
- 7.增加了飞行区详细勘察阶段的边坡与支挡工程、飞行区地下工程、飞行区道路工程、飞行区桥梁工程、飞行区建筑单体、飞行区地下管沟与排水沟、助航灯光基础等的勘察要求；
- 8.增加了填土、红黏土、风化岩和残积土、混合土、污染土、珊瑚岩土、冰碛土的勘察要求；
- 9.将“特殊地质条件”改为“不良地质作用”，增加了崩塌、地裂缝、地面沉降的勘察要求；

10.增加了水文地质、填筑场地、工程管线探测、机场地基病害等专项勘察要求，将“挖方区土石材料性质及土石比”改为“料源”，取消了地方建筑材料调查、航煤罐工程勘察；

11.取消了岩土工程监测的要求，该部分内容已纳入《民用机场工程监测技术规范》(MH/T ××××-××××)；

12.增加了场地分析评价、地质条件可能造成的工程风险分析评价的要求，将“天然地基分析与评价”、“地基处理分析与评价”合并为一节，取名“地基基础分析评价”，加强了边坡稳定分析评价的要求；

13.修订了测量成果和勘察报告的要求，增加了测量和勘察数字化的要求。

另外，修改了部分文字表述。

目次

1	总则	1
2	术语、符号和缩略语	4
2.1	术语	4
2.2	符号	8
2.3	缩略语	9
3	基本规定	11
4	工程测量	19
4.1	一般规定	19
4.2	平面控制测量	20
4.3	高程控制测量	29
4.4	地形测量	35
4.5	线路测量	39
4.6	导航台站及遮蔽角测量	40
4.7	净空障碍物测量	42
4.8	磁偏角测量	44
4.9	既有道面高程测量	45
4.10	竣工测量	46
5	选址勘察	50
5.1	一般规定	50
5.2	资料搜集	50
5.3	工程地质测绘与调查	51

5.4	工程地质勘察	52
6	初步勘察	54
6.1	一般规定	54
6.2	工程地质测绘与调查	55
6.3	水文地质勘察	57
6.4	工程地质勘察	58
7	飞行区详细勘察	61
7.1	一般规定	61
7.2	工程地质测绘与调查	62
7.3	水文地质勘察	63
7.4	工程地质勘察	64
8	特殊性岩土勘察	76
8.1	一般规定	76
8.2	软弱土	76
8.3	湿陷性土	78
8.4	膨胀岩土	80
8.5	盐渍岩土	81
8.6	多年冻土	83
8.7	填土	84
8.8	红黏土	85
8.9	风化岩和残积土	86
8.10	混合土	87
8.11	污染土	88
8.12	珊瑚岩土	89
8.13	冰碛土	93
9	不良地质作用勘察	96

9.1 一般规定	96
9.2 岩溶	96
9.3 滑坡	100
9.4 崩塌	102
9.5 泥石流	105
9.6 采空区	108
9.7 场地地震效应	112
9.8 活动断裂	113
9.9 地裂缝	114
9.10 地面沉降	115
10 其他专项勘察	117
10.1 一般规定	117
10.2 水文地质	117
10.3 料源	121
10.4 填筑场地	123
10.5 工程管线探测	125
10.6 机场地基病害	130
11 岩土工程分析评价	134
11.1 一般规定	134
11.2 岩土物理力学指标分析评价	134
11.3 场地分析评价	135
11.4 地基基础分析评价	138
11.5 边坡稳定性分析评价	139
11.6 地质条件可能造成的工程风险分析评价	144
12 勘测成果与勘测数字化	146
12.1 测量成果和勘察报告	146
12.2 测量和勘察数字化	146

附录 A 机场场地复杂程度与地基等级.....	149
附录 B 现场原位测试项目	151
附录 C 室内岩土试验项目	155
附录 D 主要工程物探方法的适用范围与技术要点	158
附录 E 机场工程填料分类	162
附录 F 测量成果.....	164
本规范用词用语说明.....	170
引用标准名录.....	171

1 总则

1.0.1 为适应我国民用机场高质量发展和品质工程建设的需要，规范民用机场工程测量和工程勘察的技术要求，提高民用机场勘测技术水平，充分发挥岩土工程与测绘地理信息技术，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。

【条文说明】本规范自 2011 年实施以来，广泛应用于机场工程测量、勘察、设计、监理、施工、咨询等，有效规范和指导了机场工程测量和勘察工作。为了适应我国民用机场高质量发展和品质工程建设需要，本次修编主要吸收和借鉴了以下方面的成果：现行的国家标准《工程测量通用规范》（GB 55018-2021）、《工程勘察通用规范》（GB 55017-2021）及其他规范；民航工程建设质量和安全生产管理要求；机场测量和勘察实践经验与教训；工程测量新技术、勘察数字化技术、三维地质建模技术、数字化施工技术；国内外相关行业技术成果等。

需要说明，规范是工程师的工作依据，但不能用规范制约工程师。首先，规范自身有局限性，规范无法涵盖工程实践所有情况，规范的更新也会滞后于工程技术的发展。其次是工程的复杂性和独特性，规范难以满足每个工程项目独特的地理、地质、环境条件以及功能需求，而且规范只侧重于基本的安全和质量要求。这些情况都需要工程师运用专业知识和经验进行分析和判断，而不能仅仅局限于规范的规定。

1.0.2 本规范适用于运输机场全生命周期下列各阶段的测量与勘察工作，通用机场的测量和勘察可参照执行。

1 机场选址；

2 新建和改（扩）建机场（含军民合用机场民用部分）项目预可行性研究、可行性研究、总体规划；

3 新建和改（扩）建机场（含军民合用机场民用部分）建设期的民航专业工程；

4 机场运营期的民航专业工程。

【条文说明】机场建设期指可行性研究批复后，初步设计、施工图设计、施工以及验收，至机场竣工投运。机场运营期指机场投运后的阶段，主要涉及维护保养和病害治理，不包括改（扩）建工程。

根据《民航专业工程质量监督管理规定》，民航专业工程包括：（1）飞行区场道工程（含土方、基础、道面、排水、桥梁）及巡场路、围界工程等；（2）机场目视助航工程；（3）民航通信、导航、航管、气象工程等；（4）航站楼工艺流程、民航专业弱电系统、机务维修设施、

货运系统等项目的专业和非标准设备；（5）航空卸油站、储油库、输油管线、机坪加油管线系统等供油工艺和设备。

1.0.3 机场建设期和运营期的航站楼工程、通导航管工程、机务维修工程、消防工程、供油工程、给排水工程、供冷供热工程、供电供气工程、生产辅助及生活设施等机场工程中的建筑部分和公用设施部分的测量和勘察，应执行《工程测量标准》（GB 50026）、《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《市政工程勘察规范》（CJJ 56）等规范的规定。

【条文说明】条文所列工程项目为非民航专业工程，其测量和勘察的要求在国家标准和行业标准中进行了规定。跨行业适用的通用规范有《岩土工程勘察安全标准》（GB/T 50585）、《工程岩体分级标准》（GB/T 50218）、《土工试验方法标准》（GB/T 50123）、《工程岩体分级标准》（GB/T 50218）、《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314）；建筑行业的勘察规范有《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）、《高层建筑岩土工程勘察标准》（JGJ/T 72）、《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011）、《湿陷性黄土地区建筑标准》（GB 50025）等，测量规范有《工程测量规范》（GB 50026）、《建筑变形测量规范》（JGJ 8）、《卫星定位城市测量技术规范》（CJJ/T 73）、《建筑工程建筑面积计算规范》（GB/T 50353）等；市政行业的勘察规范有《市政工程勘察规范》（CJJ 56）、《城市道路工程设计规范》（CJJ 37）、《城市桥梁设计规范》（CJJ 11）、《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61）、《城市轨道交通岩土工程勘察规范》（GB 50307），测量规范有《城市测量规范》（CJJ/T 8）、《城市地下空间测绘规范》（GB/T 51358）、《城市轨道交通工程测量规范》（GB/T 50308）；公路行业的勘察规范有《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）、《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）、《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1）、《公路工程抗震规范》（JTG B02）、《公路工程地质遥感勘察规范》（JTG/T C21-02）、《公路工程地质原位测试规程》（JTG 3223），测量规范有《公路勘测规范》（JTG C10）、《公路全球定位系统（GPS）测量规范》（JTJ/T 066）、《公路工程卫星图像测绘技术规程》（JTG/T C21-01）等。

1.0.4 机场测量和勘察提倡采用数字化技术。

【条文说明】新一代信息技术融合应用将带来科技革命和产业变革，数字中国建设已经成为国家战略。测量和勘察是工程建设的基础工作，采用数字化技术有利于推动行业数字化转型，实现测量和勘察数据生产与应用的标准化的、集成化、智能化，提高测量、勘察、设计、施工、运营的数据存储、传递、交付、应用水平，形成和沉淀数据资产，推动智慧民航战略任务在工程建设领域落地。

1.0.5 机场勘察工作宜统筹考虑勘察和设计，提倡采用岩土咨询模式。

【条文说明】勘察工作实施通常由两种方式，一种是传统的勘察设计模式，勘察和设计作为两个阶段的工作，勘察完成后将勘察报告提供设计单位；一种是岩土咨询模式，勘察设计一体化，不区分勘察和设计阶段，同步进行。早期的机场工程勘察采用勘察设计模式较多，近年来有些机场建设采用岩土咨询模式，取得了良好效果。

勘察设计模式存在一些弊端：一是技术衔接问题，勘察成果与设计需求不完全匹配，勘察和设计单位也缺乏跨阶段的技术能力；二是质量控制问题，勘察和设计独立实施存在脱节隐患，质量监控难度大；三是沟通协调方面，勘察设计跨阶段信息传递存在误差，工作节奏也需要协调；四是责任界定方面。分阶段的责任也会独立划分，出现问题时责任划分容易模糊。

提倡岩土咨询模式主要有以下几方面原因：首先，可以提高工作效率与质量。打破专业壁垒，各环节紧密衔接，专业人员从项目前期咨询就对各种因素进行综合考虑和整体规划，并在后续勘察和设计阶段持续优化。其次，增强责任落实与风险管控。责任主体相对单一明确，项目前期就全面评估可能面临的各种风险，并在后续采取针对性的措施进行管控。再次，促进技术创新与人才培养。推动不同专业技术的深度融合，有利于培养既懂勘察、又懂设计和咨询的复合型人才，提升行业的整体技术水平。最后，适应市场需求与行业发展。岩土咨询模式与国际接轨，既可以满足日益复杂的建设项目需求，也有助于提高我国工程建设行业在国际市场的竞争力。

1.0.6 机场工程测量和勘察，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号和缩略语

2.1 术语

(I) 机场工程术语

2.1.1 飞行区 airfield area

供飞机起飞、着陆、滑行和停放使用的场地，一般包括跑道、滑行道、机坪、升降带、跑道端安全区，以及仪表着陆系统、进近灯光系统等所在的区域，通常由隔离设施和建筑物所围合。

2.1.2 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）、航站交通及服务设施等。

2.1.3 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。

2.1.4 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。

(II) 机场工程测量术语

2.1.5 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。

2.1.6 机场标高 aerodrome elevation

机场可用跑道中最高点的标高。

2.1.7 机场基准点 aerodrome reference point

表示机场地理位置的指定点。

【条文说明】机场基准点即一个表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，首次确定后一般保持不变。

2.1.8 机场坐标系 aerodrome coordinates system

机场坐标系以跑道基准点为原点，平行于主跑道中心线为横轴、垂直跑道中线为竖轴，横轴向右、竖轴向上为增量方向，构成左手系，机场坐标系的投影面为机场设计高程面。

2.1.9 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。

2.1.10 世界大地测量系统-1984 world geodetic system-1984

WGS-84 坐标系是一种国际上采用的地心坐标系。坐标原点为地球质心，其地心空间直角坐标系的 Z 轴指向 BIH（国际时间服务机构）1984.0 定义的协议地球极（CTP）方向，X 轴指向 BIH1984.0 的零子午面和 CTP 赤道的交点，Y 轴与 Z 轴、X 轴垂直构成右手坐标系。

2.1.11 国际地球参考框架 international terrestrial reference frame

它是通过一组固定于地球表面而且假定只作线性运动的观测站的坐标及坐标变化速率组成，由国际地球自转服务局（IERS）中央局对所有观测数据进行综合分析处理，得到地面观测站的站坐标和速度场，以及相应的地球定位定向参数（EOP）。

2.1.12 磁偏角 magnetic declination

磁北线与真子午线方向之间的夹角称为磁偏角。

（III）机场工程勘察术语

2.1.13 地基反应模量 foundation reaction modulus

用于确定刚性道面下地基土强度类型、表征地基刚度的指标。

2.1.14 加州承载比 california 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。

2.1.15 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。

2.1.16 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。

2.1.17 综合工程地质图 comprehensive engineering geological map

反映勘察区内工程地质条件、水文地质条件、机场平面构型、勘探点布置情况、不良地质作用以及工程地质分区的综合性工程地质图件。

2.1.18 机场地基病害 foundation diseases of airport engineering

机场建设和运营过程由于气候因素、岩土特殊性质、地下水和不良地质作用等造成的地基失稳、冻胀与融陷、盐胀与溶陷、沉陷与塌陷、湿陷、胀缩、翻浆、过大的沉降与差异沉降等危害。

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

对高填方边坡（填方高度或边坡高度 $\geq 20\text{m}$ ）的稳定性有影响的区域。

2.1.20 不停航勘测 airport non-stop survey and measurement

在机场不关闭或者部分时段关闭并按照航班计划接收和放行航空器的情况下，在飞行区内实施测量和勘察作业。

2.1.21 料源 material sources

机场地基处理与土石方填筑以及可加工为建筑材料的土石料的来源，包括场内挖方区料源、净空障碍物处理区料源和场外取土区料源。

2.1.22 软弱土 weak soil

具有更低的承载力和更高的压缩性的特殊类型的土。包括淤泥、淤泥质土和部分冲填土、杂填土及其他高压缩性土。

2.1.23 珊瑚岩土 coral rock soil

造礁珊瑚群体死亡后，由其遗骸、各种附礁生物以及贝类和藻类等经过漫长的地质作用相互胶结而形成的岩土体。

2.1.24 环境工程地质 environmental engineering geology

人类工程、经济活动与地质环境之间的相互作用和影响。

(IV) 测量和勘察数字化术语

2.1.25 数字化 digitization

将复杂多变的信息转变为可以度量的数据，建立数字模型的过程，便于计算机进行数据处理和分析。

2.1.26 数据传递 data transmission

在数据存储的基础上，提供满足特定应用需求的结构化数据或数据服务。

2.1.27 结构化数据 structured data

按照一定规则和格式组织、意义明确的数据集合。

2.1.28 数据服务 data service

根据输入数据进行查询、计算、分析并输出满足特定应用需求的结构化数据加工过程。

2.1.29 地理信息 geographic information

与地球上的位置直接或间接相关的现象的信息，又称地理空间信息（geo-spatial information）。

2.1.30 数字高程模型 digital elevation model (DEM)

用 X、Y 域（或经纬度域）的矩形格网或三角网离散点表达地面起伏形态的数据集。

2.1.31 数字地形图 digital topographic map

以数字形式表示的地形图。

2.1.32 电子地形和障碍物数据 electronic terrain and obstacle data

对地形和障碍物数据的数字化表示和存储。

2.1.33 勘察数据 geotechnical investigation data

对勘察工作中产生的资料，利用信息技术按照统一的信息标准进行数字化加工形成的数据。

2.1.34 信息模型 information model

工程建设全生命周期或部分阶段的集合信息及非几何信息的数字化模型。

2.1.35 数字化交付 digital delivery

交付方与接收方通过数字化表达、结构化数据、BIM 等方式，进行电子文件的传递。

2.1.36 交付物 deliverables

基于数字化可供交付的成果，包括但不限于测量和勘察信息模型、基于信息模型形成的视图、表格、文档、辅助多媒体等。

2.1.37 数字化平台 digital platform

以数字化远程同步功能为基础，以数字交付文件数据为驱动，以数据库技术为存储媒介，进行测量和勘察成果交付、管理、应用的管理型平台。

2.2 符号

2.2.1 测量计算参数

a ——固定误差；

b ——比例误差系数；

f ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差；

m ——测量中误差；

w ——环线闭合差。

2.2.2 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；

w_{opt} ——最优（佳）含水量；

ρ ——密度；

ρ_d ——干密度；

ρ_{dm} ——最大干密度。

2.2.3 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。

2.2.4 岩土强度参数

CBR ——加州承载比；

c ——黏聚力；

c_u ——不排水抗剪强度；

q_u ——无侧限抗压强度；

φ ——内摩擦角；

τ ——抗剪强度。

2.2.5 触探与标准贯入试验指标

f_s ——静力触探侧壁摩阻力；

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；

p_s ——比贯入阻力；

q_c ——静力触探锥端阻力。

2.2.6 水文地质参数

k ——渗透系数；

u ——孔隙水压力。

2.2.7 其他符号

F_s ——边坡稳定安全系数；

k_0 ——地基反应模量；

R_{sr} ——土石比；

v_s ——地层剪切波波速；

ν ——土的泊松比；

$1:m$ ——填挖比。

2.3 缩略语

BIM (Building Information Modeling)

建筑信息模型

CGCS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000)

2000 国家大地坐标系

CORS (Continuously Operating Reference Station)	连续运行基准站
DEM (Digital Elevation Model)	数字高程模型
DSM (Digital Surface Model)	数字表面模型
eTOD (electronic Terrain and Obstacle Data)	电子地形和障碍物数据
GIS (Geographic Information System)	地理信息系统
GNSS (Global Navigation Satellite System)	全球导航卫星系统
IGS (International GPS service for Geodynamics)	国际地球动力学服务机构
ITRF (International Terrestrial Reference Frame)	国际地球参考框架
RTK (RealTime Kinematic)	实时动态
SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)	同步定位与建图
WGS-84 (World Geodetic System-1984)	世界大地测量系统-1984

3 基本规定

3.0.1 工程测量应按照测量纲要实施，测量工作结束后，应编制测量技术报告。测量纲要应在了解工程特性、设计意图和场地地形地貌条件的基础上，根据测量任务书或委托要求、搜集的资料和现场踏勘情况进行编制。测量工作涉及不停航勘测时，应选择对机场运营影响小的测量手段，并按相关要求编制不停航作业方案。

【条文说明】工程测量在机场选址、勘察设计、施工、运营等全生命周期的各个阶段都会涉及，包括平面控制测量、高程控制测量、地形测量、线路测量、导航台站及遮蔽角测量、净空障碍物测量、磁偏角测量、既有道面高程测量和竣工测量等，以及变形监测、净空维护、机场基本数据维护、设备安装等内容。

3.0.2 机场工程测量的平面控制应采用 CGCS2000 坐标系统，高程控制应采用 1985 国家高程基准。建立的机场独立坐标系统，应与 CGCS2000 坐标系统建立联系。需要提供 WGS-84 成果时，控制网应联测具有 WGS-84 或 ITRF 成果的 IGS 跟踪站或 CORS 连续运行参考站。

3.0.3 机场基准点、跑道入口端点、停机位、导航台站、雷达站中心点等的水平（大地）基准系统应采用世界大地测量系统—1984（WGS84（G2296））、2000 国家大地坐标系统（CGCS2000），机场地理坐标应以经、纬度表示。机场基准点、跑道入口端点、停机位、导航台站、雷达站中心点等的垂直基准系统应采用平均海平面基准。标高（高程）应以相对于大地水准面的铅垂高表示，通常采用 1985 国家高程基准。

【条文说明】WGS-84 是由美国国防部建立并维护的一种全球大地坐标系，旨在为全球范围内的定位、导航以及地球科学相关研究等提供统一的坐标参考框架。ITRF 是由国际大地测量学与地球物理学联合会（IUGG）等国际组织共同建立和维护的一个高精度、动态的地球参考框架，它综合了全球众多高精度的大地测量观测数据（如甚长基线干涉测量 VLBI、卫星激光测距 SLR、全球定位系统 GPS 以及北斗等多源数据），旨在提供一个能精确反映地球表面点位随时间动态变化的坐标参考系统。ITRF 的速度场明确描述了地球表面各点随时间的运动速度矢量情况，速度场以三维矢量的形式表示，即每个点位都有在大地经度、大地纬度以及垂直方向（对应大地高变化方向）上的速度分量，单位通常为毫米/年。ITRF 会根据新获取的测量数据定期更新其速度场以及整个参考框架，以保证其始终能准确反映地球最新的物理状态。

3.0.4 与导航相关的经纬度、标高、高度、磁偏角和方位的精度要求应满足《世界大地测量系

统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》（MH/T 4015）的规定。

3.0.5 机场工程勘察可分为选址勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段，场地条件和地基条件复杂时可增加施工勘察阶段。对场地条件和地基条件简单，飞行区指标 II 为 C 及以下的机场，可简化勘察阶段。各阶段勘察应依据勘察任务书或勘察合同中有关勘察技术要求，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。

【条文说明】根据行业特点和建设程序，机场工程的勘察阶段一般划分为三个阶段。选址阶段和预可行性研究阶段的勘察统称为选址勘察，选址勘察是为了满足确定场址方案和进行预可行性研究的需要；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，初步勘察是为了满足进行可行性和总体规划的需要；在设计阶段（包括初步设计和施工图设计）进行的勘察属于详细勘察，详细勘察需要满足初步设计和施工图设计的要求，本规范对这一勘察阶段的规定主要针对民航专业工程。对岩溶发育地区等场地条件和地基条件复杂的机场，详细勘察可能仍难以满足要求，同时也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。简化勘察阶段是指，对于条件简单的工程，几个阶段的勘察工作可以合并进行。

3.0.6 机场工程勘察等级应根据机场场地复杂程度、地基等级和飞行区指标，按表 3.0.6 划分。机场场地复杂程度与地基等级的划分应符合本规范附录 A 的规定，飞行区指标的划分应符合《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的规定。

表 3.0.6 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
	二级场地（中等场地）	一级	C、D、E、F
		二级、三级	E、F
	三级场地（简单场地）	一级	C、D、E、F
		二级、三级	E、F
	乙级	二级场地（中等场地）	二级
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

【条文说明】参考《岩土工程勘察规范》（GB 50021）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II（对应飞机机型尺寸）考虑。

3.0.7 勘察纲要编制应满足下列要求：

1 应在搜集、分析已有资料和现场踏勘的基础上，根据勘察目的、任务和现有相关技术的要求，针对拟建工程特点和场地地质条件编制；

2 勘察纲要中工作布置应包括：钻探（井探、槽探、动探）布置；地球物理勘探、原位测试的方法和布置；取样方法和取样器选择，采取岩样、土样和水样及其存储、保护和运输要求；室内岩、水试验内容、方法和数量；

3 当勘察纲要中拟定的勘察工作不能满足任务要求时，应调整勘察纲要或编制补充勘察纲要；

4 根据勘察阶段、设计需要和场地条件，确定适宜的工程地质测绘与调查、勘探、取样、测试和试验方法；

5 勘察工作涉及地铁、下穿通道、地下管线、综合管廊等建（构）筑物保护时，应按相关规定编制保护方案；

6 勘察工作涉及机场不停航勘测时，应在前期勘察成果的基础上选择对机场运营影响小的勘察手段，并按相关要求编制不停航勘测方案。

【条文说明】机场运营影响区具有净空限制严、飞行区场地进出难、夜间停航窗口时间短、周边既有设施限制多等特点。对于大型机场扩建项目，现状围界区域内勘探点数量通常较多。常规勘察的勘探点主要是钻探，钻探机械普遍笨重，需要使用装载机具搬运进入场内，每次进出场时间较长，为满足停航窗口期的要求，有效勘察时间更短，导致作业效率低、勘察周期长，因此较深的钻孔等长时间作业的勘察工作无法实施。因此，本规范提倡采用背包钻机等新技术和手段弥补传统勘察手段的不足，并减小对机场运营的影响。

3.0.8 各阶段勘察应考虑场地分区、工程地质分区、填挖分区等影响，并满足下列要求：

1 初步勘察阶段应分为飞行区、航站区和工作区进行勘察；

2 场区内地形地貌条件、工程地质条件、水文地质条件等存在明显差异时，应对场区进行工程地质分区，并针对不同分区进行勘察和评价；

3 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；对挖方区应先进行料源勘察，场地平整后再进行其他勘察。

【条文说明】工程地质分区是依据工程地质条件相似或相近的基本原则进行的区域划分，分区的目的是结合工程类型和分布进行工程地质分区评价。机场工程相对于其他行业，具有场地面积大的特点，尤其山区机场通常跨越多个地质单元，每个地质单元地质类型特征、水文地质条件、活动构造及地震效应、不良地质作用等存在明显差异，因此应分区勘察、分区评价。

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。

3.0.9 每一阶段的勘察应充分利用既有勘察资料，并可根据既有勘察资料对本阶段勘察的勘探、测试、取样和试验工作量进行适当精简。

【条文说明】本规范规定的勘察工作量确定原则为，拟建场区未曾进行过勘察或没有可资利用的既有勘察资料的情形。如拟建场区已经过前期勘察且具有可利用的勘察资料，能够为岩土工程分析提供可靠的依据，精度、样本数量等能满足统计分析的技术要求，则可以将其包含在勘察方案内，合理减少勘察工作量和现场作业周期。

3.0.10 岩土分类应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

【条文说明】各行业勘察对岩土分类的规定不一致，机场勘察涉及非民航专业工程时，容易因各行业规范执行问题导致岩土分类产生混乱。为规范勘察资料编制和便于使用，本规范规定按《岩土工程勘察规范》（GB 50021）进行岩土分类、定名。

3.0.11 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。

【条文说明】钻探、坑探（或井探）、工程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。

3.0.12 工程地质测绘与调查应满足下列要求：

1 岩石出露或地貌、地质条件较复杂的场地应进行工程地质测绘。对于地质条件简单的场地，可用调查代替工程地质测绘；

2 工程地质测绘与调查应与建设方案相结合，为机场建设方案比选、工程场地选址以及勘探、测试工作量的拟定等提供依据；

3 工程地质测绘与调查应广泛搜集、分析场地及周边的各种既有地质资料，需要时可结合遥感解译及勘探手段进行；

4 对控制路线方案或影响工程结构设置的地质界线，应采用追索法、穿越法进行工程地质测绘与调查。

【条文说明】工程地质测绘与调查是工程勘察的重要工作方法，可以查明地质条件（全面了解测区的地层岩性、地质构造、地形地貌、水文地质等条件，为工程建设提供基础地质资料）、分析工程地质问题（判断可能存在的诸如滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用，评估对工程的影响）、提供设计依据（为工程的选址、设计、施工等提供地质方面的依据，确保工程的安全与稳定）。在工程不同阶段都有重要作用，选址、预可行性研究、可行性研究阶段，帮助选择地质条件相对良好的场地，避开不良地质区域；机场建设阶段，为基础设计等提供地质参数和建议，对施工中出现的地质问题进行及时分析和处理；机场运营阶段，可以监测地质条件变化，为机场安全运营提供保障。

工程地质测绘与调查的主要内容包括：（1）地形地貌：研究地形起伏、地貌类型及成因等，如山地、平原、河谷等地貌对工程建设的影响；（2）地层岩性：确定地层的时代、岩性特征等，不同岩性的力学性质和稳定性不同；（3）地质构造：查明褶皱、断层等构造的分布等，影响工程岩体的稳定性和渗透性；（4）水文地质条件：调查地下水的类型、水位等，地下水可能引起地基沉降等问题；（5）不良地质作用：识别滑坡、泥石流等不良地质现象，评估危害程度；（6）人类工程活动：了解如开挖、填方等活动对地质环境的影响。

3.0.13 勘探与取样应满足下列要求：

1 钻探工艺、钻进方法和孔径应满足岩土鉴别、岩心采取率、岩土试样和水样采取、地下水位观测、孔内测试的要求。选择静力触探、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；

2 各类勘探均应同步进行现场记录，不得事后追记。钻探编录应按钻进回次逐项编写；；

3 岩、土、水取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色照片并妥善保存。原状土的取样应满足《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的要求；

4 现场勘探测试应预防对地下管线、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。

3.0.14 原位测试应满足下列要求：

1 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，按照本规范附录 B 选择；

2 应按有关试验操作规程、规定进行试验与测试；

3 分析原位测试成果资料时，应分析仪器设备、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。

3.0.15 室内土工试验应满足下列要求：

1 试验项目、方法和依据的技术标准应根据勘察目的、场地地质情况、任务书或项目合同，可按照本规范附录 C 选择；

2 试验条件应与岩土工程分析的工况与相应的地基工程性状相对应，满足模拟性好、代表性强、数据误差小等要求。位于山区机场填方区的道面影响区的压缩试验和位于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；

3 试验应符合《土工试验方法标准》（GB/T 50123）、《工程岩体试验方法标准》（GB/T 50266）和其他有关试验方法标准的规定，并对试样的重要岩土性状做肉眼鉴定和简要描述。试验成果报告应对试验所用仪器设备、主要技术参数作详细说明；

4 室内土工试验各类指标的应分层统计，统计结果应包括最小值、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。应校核各类指标之间的相关关系的合理性，离散性大的要分析原因；

5 工程设计无具体要求时，道面影响区填筑土的压缩试验，所用击实土试样的压实度可用 95%（重型击实试验）；边坡稳定影响区填筑土的抗剪强度试验，所用击实土试样的压实度可用 93%和 90%（重型击实试验）。工程设计有明确要求时，应符合设计要求。

【条文说明】高填方条件下的压缩试验和抗剪强度试验，需要注意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。

3.0.16 工程物探应满足下列要求：

1 针对需要探明的工程地质问题，宜通过前期试验正确选用有效的方法；复杂条件下应采用多种方法综合探测，对综合探测成果应进行勘探验证；工程物探工作方案宜从简单到复杂；应充分利用已有的勘察、设计、施工及工程物探资料；

2 测点布置位置、数量应满足数据分析和资料解释对比的需要；测线布置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；测网布置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；

3 主要工程物探方法可根据本规范附录 D 选择确定。

【条文说明】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工程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。

3.0.17 水和土的腐蚀性评价应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定，水和土对建筑材料腐蚀的防护，应符合《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB 50046）的规定。

3.0.18 勘察和测量需要进行监测时，监测工作应符合《民用机场工程监测技术规范》（MH/T ××××-××××）的规定。

3.0.19 拟建工程场地或者附近工程问题复杂，对工程安全或投资有影响且常规勘察无法查清楚

时，应进行专项勘察，并满足下列要求：

1 专项勘察的工作量及勘察阶段，应根据勘察内容的复杂程度、前期勘察成果、工程建设经验及对项目建设影响程度等因素综合确定；

2 专项勘察应在已有的勘察资料的基础上，结合常规勘察进行针对性查明特定的地质问题或工程问题，可单独编制勘察纲要和专项勘察报告。

【条文说明】专项勘察是指除了要进行常规勘察的内容外，针对特殊的工程地质问题和现象进行的深入、全面、细致的勘察。本规范第5章~第7章为常规勘察内容，第8章~第10章的特殊性岩土、不良地质作用和其他专项勘察属于专项勘察内容。专项勘察在勘察范围、勘察方法、勘察阶段等方面具有特殊性或者存在需要特别注意的问题。在具体的工程项目中，可能存在专项勘察内容，也可能不存在。存在专项勘察的内容时，专项勘察可以不单独实施，在各勘察阶段的勘察工作中统筹考虑、一并实施，勘察报告也可以不单独出具。如果专项勘察对象的情况复杂或重要性突出，也可能单独作为一项勘察任务，专门组织实施，勘察报告也可以独立成册或成为独立章节。

特殊性岩土勘察与常规勘察阶段一致，除满足常规勘察的技术要求外，还需满足特殊性岩土的要求；不良地质作用主要包括岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、采空区、地震和断裂带、地面沉陷等，一部分在选址勘察阶段或初步勘察阶段进行，有的需要在详细勘察阶段继续勘察，岩溶和采空区较为复杂，在施工勘察阶段仍需进行勘察；其他专项勘察主要包括水文地质、料源、填筑场地、工程管线探测和机场地基病害等，可在初步勘察、详细勘察阶段结合常规勘察任务分阶段开展，也可根据场地地质条件、机场建设和运营维护需求等不分阶段单独开展专项勘察。

3.0.20 水文地质勘察应满足下列要求：

1 水文地质勘察应分阶段开展，条件复杂时可开展水文地质专项勘察，不同勘察阶段的结果，应满足设计阶段的要求；

2 应根据工程特点和场地水文地质条件复杂程度，采取测绘与调查、工程物探、钻探、井探和测试等多种手段和方法，进行水文地质综合分析评价。

【条文说明】水文地质勘察是查明水文地质条件、解决水文地质问题的重要工作，可以查明地下水情况（了解地下水的类型、埋藏条件、分布规律等基本情况）、评价水资源（对地下水的水量、水质进行评价）、预测水文地质问题（预测在工程建设和运营过程中可能出现的如基坑涌水、地面沉降等水文地质问题，为工程设计和施工提供技术支持）。

水文地质勘察主要内容包括：（1）水文地质测绘与调查：调查地形地貌、地层岩性、地质构造等与地下水有关的因素，分析地下水的补给、径流、排泄条件；（2）工程物探：利用物探方法，如电法、地质雷达等，探测地下含水层的分布和富水性；（3）水文地质钻探与井探：采取岩芯，确定含水层的位置、厚度、岩性等，还可进行抽水试验等获取水文地质参数；（4）水样采集与分析：采集地下水样，分析其化学成分、物理性质等，评价对工程的腐蚀性；（5）地下水动态监测：对地下水的水位、水温、水质等进行长期监测，掌握其变化规律。

3.0.21 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。

3.0.22 测量和勘察采用新技术时应满足下列要求：

- 1 应根据场地条件、阶段和建设类型等条件进行选择；
- 2 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 应用的勘测新技术宜与传统勘测手段相结合；
- 4 机场运营期的勘测新技术应用应满足机场不停航施工、无线电传输和电磁环境的要求。

【条文说明】本规范提倡采用新的技术和手段弥补传统勘察手段的不足。目前机场采用的勘测新技术包括：合成孔径雷达（InSAR）、多源多期遥感卫星影像 AI 识别、LiDAR 三维模型和遥感、岩土芯样物理、力学参数综合测试仪、勘察随钻监测仪器、粗粒土填料岩土参数综合测试仪、岩芯风化程度 AI 识别技术和微动勘探等。

3.0.23 测量和勘察采用数字化技术，应符合数据存储、数据传递、数字化应用以及可扩展性、安全性和保密性的规定，并满足下列要求：

- 1 数据存储应满足数据生产、管理、共享、开发等全流程应用需求，并适应 GIS、BIM 应用的需求；
- 2 数据传递应在数据存储的基础上，通过数据挖掘、计算、分析，向勘察、设计、施工、运营提供满足特定应用需求的结构化数据和数据服务；
- 3 数字化应用应包括数据的采集与处理、成果数据的制作以及数据的管理与应用等；
- 4 数据存储和传递的安全性、保密性应符合《计算机信息系统安全保护等级划分准则》（GB 17859）的规定。

【条文说明】测量和勘察数字化是指在工程测量和勘察工作中，充分利用信息技术，实现测量和勘察数据采集、处理、分析、管理和成果展示等环节的数字化、自动化和智能化，以提高测量和勘察效率、质量和效益，促进测量和勘察转型升级。数字化技术可以提高工作效率、提升数据准确性、降低成本、促进协同合作。

测量和勘察数字化的主要内容包括：（1）数据采集信息化：利用无人机航测、地质雷达、数字化勘探等先进设备，自动采集地形、地质等数据，并可通过人员设备定位等手段，满足勘测质量数字化平台监管要求；（2）数据处理与分析数字化和智能化：通过地理信息系统（GIS）、建模软件等，对采集到的数据进行处理、分析和建模，包括对地形、地质构造和地层进行三维建模，满足 BIM 应用需求，还可采用人工智能技术拓展智能化应用场景；（3）勘测管理数字化：通过勘测数字化平台，实现测量和勘察全过程管理，包括项目立项、任务分配、进度跟踪、质量控制、成果交付、成果应用等；（4）成果展示数字化：利用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等技术，将测量和勘察成果以更加直观、生动的方式展示给用户。

4 工程测量

4.1 一般规定

4.1.1 工程测量应满足下列要求：

- 1 选址勘察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；
- 2 初步勘察阶段的工程测量应为可行性研究、总体规划提供基础资料；
- 3 详细勘察阶段的工程测量应为初步设计和施工图设计提供基础资料；
- 4 各勘察阶段的工程测量宜安排在相应阶段工程勘察之前进行；
- 5 机场建设期除详细勘察阶段的工程测量外，其他测量工作应满足工程验收等要求；
- 6 机场运营期的测量工作应满足机场维保基础资料、机场地基病害治理等要求；
- 7 测量工作开始前，应编制测量纲要。

【条文说明】工程测量经常和工程勘察同一阶段开展，这些测量工作与勘察阶段相对应，成果服务于相应勘察阶段。有的测量工作和勘察阶段无关，比如工程验收前的测量、机场运营期维护保养的测量等，成果需要满足相应测量委托的要求。

4.1.2 选址勘察阶段工程测量应符合下列规定：

- 1 应搜集选址范围内 1:10000、1:50000、1:100000 地形图、卫星影像图、相应比例尺 DEM 数据、GIS 数据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线标绘于 1:50000 地形数字产品上，为机场场址比选提供基础资料；
- 2 对基本具备建设条件的场址，应充分利用现有 1:10000 地形图或 GIS 数据进行修测，修测范围应满足选址和预可行性研究要求；
- 3 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，并在机场基准点、各跑道中心点、跑道入口和跑道末端中心点埋设半永久性标石；
- 4 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。

4.1.3 初步勘察阶段工程测量应符合下列规定：

1 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工作；

2 测量的范围、内容和要求应满足机场总体规划、可行性研究（包括飞行程序设计）、《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的要求；

3 宜建立电子地形障碍物数据 eTOD，内容包括 DEM/DSM/障碍物 GIS 数据库及相应图片等成果形式；

4 净空障碍物测量应对净空区障碍物进行实测，并对规范要求的各通讯导航台站及遮蔽角进行测量。

4.1.4 详细勘察阶段工程测量应符合下列规定：

1 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、净空障碍物图测量及磁偏角测量、导航台站 1:200 地形图测量、环境平面图测量等工作，宜根据上述成果资料建立 GIS 数据库；

2 根据批准的机场跑道数据，实地测定跑道中心线，在跑道中心点、跑道入口端点及跑道中心线延长线上埋设永久性标石；跑道中心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，且两点间距离宜不小于 200m。

4.1.5 工程测量精度应符合下列规定：

1 应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；

2 机场基准点、跑道端点、停机位等采用机场地理坐标表示时，应精确至 0.01"，采用平面直角坐标表示时，应精确至 1mm，跑道真方位应精确至 0.1"。

4.2 平面控制测量

4.2.1 平面控制测量应符合下列规定：

1 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，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；

2 详细勘察阶段，应建立机场坐标系，并提供包括但不限于 WGS-84 坐标系与 CGCS2000 坐标系的转换、地方坐标系与 CGCS2000 坐标系的转换、机场坐标系与 CGCS2000 坐标系的转换关系。相关坐标转换模型的选用、数据处理及精度要求应符合《大地测量控制点坐标转换技术规范》（CH/T 2014）的规定；

3 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；

4 平面控制网的建立，可采用 GNSS 卫星定位测量、网络 RTK 测量、单基准站 RTK 测量、导线测量、自由设站测量等方法。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，网络 RTK 测量依次为一、二、三级和图根级，导线及导线网依次为四等和一、二、三级；

5 机场改扩建时已有平面控制网的区域，宜沿用原有坐标系；当跑道长度发生变化或无平面控制网时，应重新建立机场坐标系，并保证测区内不出现坐标负值；

6 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 25mm/km。

【条文说明】WGS-84 坐标系和 CGCS2000 坐标系都是地心坐标系，它们的坐标原点都位于地球质心，在定义上有相似之处，但在参考椭球的参数等细节方面存在一定差异。地方坐标系有多种形式，常见的有基于高斯投影建立的城市平面直角坐标系，一般会根据所在区域的中央子午线等因素进行投影分带（如 3°带或 6°带），将地球表面的大地坐标转换为平面直角坐标。机场坐标系以国家大地坐标系（如 CGCS2000）为基础，通过在机场区域内选取合适的坐标原点（如航站楼的某个角点、跑道一端点等），确定坐标轴方向（常使纵轴平行于跑道中心线方向等），并采用合适的投影方式（如高斯投影）将大地坐标转换为平面直角坐标，形成适用于机场内部使用的坐标系，便于机场内各类设施（跑道、滑行道、建筑物等）的定位和布局规划。在建立 CGCS2000 坐标系或地方坐标系与机场坐标系的联系时，可能存在抵偿面坐标系，该坐标系为过渡系统。

如果新增加跑道与原跑道不平行，需要对该跑道新建机场坐标系，并对坐标系进行编号，予以区分。若在施工过程中涉及（钢结构、导航设施、变形监测等）精度较高的测量，则需要基于机场坐标系，建立符合相应规范要求的平面控制网，投影长度变形不受上述指标约束。

4.2.2 用经纬度表示的机场地理坐标，应使用 WGS-84 测地参考数据表示。WGS-84 坐标获取方法应符合《世界大地测量系统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》（MH/T 4015）的规定，采用 GNSS 建立测量控制点的实施准则应符合《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314）的规定，新布设的 GNSS 控制网应与附近已有的国家高等级 GNSS 点进行联测，数据处理时应以适当数量和分布均匀的 IGS 站的坐标和原始观测数据为起算数据，控制网中测量控制点间相对精度应小于 0.1m。采用 GNSS 建立测量控制点的观测等级应不低于 C 级；若联测 IGS 跟踪站，联测点应不少于 3 个且分布均匀。平面控制点埋设应符合下列规定：

1 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；

2 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；

3 在跑道中心线两端延长线上，应分别埋设 2 至 3 个永久性控制点，控制点的间距宜不小于 100m；

4 控制点应采用混凝土桩，尺寸规格应符合《工程测量标准》（GB 50026）的规定。

4.2.3 GNSS 卫星定位测量应符合下列规定：

1 各等级 GNSS 卫星定位测量控制网的主要技术指标应符合表 4.2.3-1 的规定；

表 4.2.3-1 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	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$
四等	2	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$
一级	1	≤ 10	≤ 20	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
二级	0.5	≤ 10	≤ 40	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

2 各等级控制网的基线精度应按式 4.2.3-1 计算；

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2} \quad (4.2.3-1)$$

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）。

3 卫星定位测量控制网观测精度的评定应符合下列规定：

1) 控制网的测量中误差，按式 4.2.3-2 计算；

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (4.2.3-2)$$

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）。

2) 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 4.2.3-3 的规定。

$$m \leq \sigma \quad (4.2.3-3)$$

4 GNSS 控制测量观测的主要技术要求应符合表 4.2.3-2 的规定：

表 4.2.3-2 GNSS 控制测量观测的主要技术要求

等级	三等	四等	一级	二级
接收机类型	多频或双频	多频或双频	双频或单频	双频或单频
仪器标称精度	5mm+2×10 ⁻⁶	5mm+2×10 ⁻⁶	10mm+2×10 ⁻⁶	10mm+2×10 ⁻⁶
观测量	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
卫星高度角 (°)	≥15	≥15	≥15	≥15
有效观测卫星数	≥5	≥4	≥4	≥4
有效观测时段长度 (min)	≥60	≥40	≥10	≥10
观测时段数	≥1.6	≥1.6	≥1.6	≥1.6
数据采样间隔 (s)	5~15	5~15	5~15	5~15
PDOP	≤6	≤6	≤8	≤8

【条文说明】《工程测量标准》(GB 50026)与《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》(GB/T 18314)关于GNSS控制测量的观测时段长度不一致,为提高同步环解算通过率,本规范采用《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》(GB/T 18314)有效时段数和观测时段长度的规定。

5 GNSS 测量数据处理,应符合下列规定:

- GNSS 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 4.2.3-4~式 4.2.3-6 的要求;

$$W_x, W_y, W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.2.3-4)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.2.3-5)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (4.2.3-6)$$

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 4.2.3-7~式 4.2.3-9 的要求;

$$W_x, W_y, W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.2.3-7)$$

$$W = (W_x^2 + W_y^2 + W_z^2) \quad (4.2.3-8)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (4.2.3-9)$$

- 复测基线的长度较差,应满足式 4.2.3-10 的要求;

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.2.3-10)$$

4.2.4 网络 RTK 测量应符合下列规定：

- 1 网络 RTK 测量应在 CORS 系统的有效服务区域内进行；
- 2 网络 RTK 观测前接收机设置的平面收敛阈值应不超过 20mm，垂直收敛阈值应不超过 30mm；
- 3 网络 RTK 测量的技术要求应符合表 4.2.4-1 的规定。

表 4.2.4-1 网络 RTK 平面测量技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	点位中误差 (mm)	边长相对中误差	基准站等级	流动站到单基准站间距离 (km)	测回数
一级	≥500	≤50	≤1/20000	—	—	≥4
二级	≥300	≤50	≤1/10000	四等及以上	≤6	≥3
三级	≥200	≤50	≤1/6000	四等及以上	≤6	≥3
				二级及以上	≤3	
图根	≥100	≤50	≤1/4000	四等及以上	≤6	≥2
				三级及以上	≤3	

- 4 网络 RTK 测量一测回观测应符合下列规定：
 - 1) 观测前应对仪器进行初始化；
 - 2) 观测值应在得到 RTK 固定解且收敛稳定后开始记录；
 - 3) 每测回的观测时间应不少于 10s，应取平均值作为本测回的观测结果；
 - 4) 经度、纬度应记录到 0.00001″，平面坐标和高程应记录到 0.001m。
- 5 测回间应对接收机重新进行初始化，测回间的时间间隔应超过 60s；
- 6 测回间的平面坐标分量较差应不超过 20mm，垂直坐标分量较差应不超过 30mm，应取各测回结果的平均值作为最终观测成果；
- 7 当初始化时间超过 5min 仍不能获得固定解时，宜断开通信链路，重新启动 GNSS 接收机进行初始化。当重新启动 3 次仍不能获得固定解时，应选择其他位置进行测量；
- 8 网络 RTK 控制测量应符合下列规定：
 - 1) 控制点应布设不少于 3 个两两通视或不少于 2 对相互通视的点；
 - 2) 控制点测量应采用三脚支架方式架设天线进行作业；测量过程中仪器的圆气泡应严格稳定居中；

3) 控制点应采用常规方法进行边长、角度或导线联测检核，导线联测应按低一个等级的常规导线测量的技术要求执行。网络 RTK 平面控制点检核测量技术要求应符合表 4.2.4-2 的规定：

表 4.2.4-2 网络 RTK 平面控制点检核测量技术要求

等级	边长检核		角度检核		导线联测检核		坐标检核 (mm)
	测距中误差 (mm)	边长较差的相对 中误差	测角中误差 (")	角度较差限差 (")	角度闭合差 (")	边长相对闭合 差	
一级	≤ 15	$\leq 1/14000$	≤ 5	≤ 14	$\leq 16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$	≤ 50
二级	≤ 15	$\leq 1/7000$	≤ 8	≤ 20	$\leq 24\sqrt{n}$	$\leq 1/6000$	≤ 50
三级	≤ 15	$\leq 1/4000$	≤ 12	≤ 30	$\leq 40\sqrt{n}$	$\leq 1/4000$	≤ 50
图根	≤ 20	$\leq 1/2500$	≤ 20	≤ 60	$\leq 60\sqrt{n}$	$\leq 1/2000$	≤ 50

注：n 为测站数。

9 当一、二级卫星定位网的观测采用动态作业模式时，可采用网络 RTK 测量技术。

4.2.5 单基准站 RTK 测量应符合下列规定：

1 基准站可设置在已知点位上，也可任意点设站；当在已知点位设站时，应对中整平，天线高量取应精确至 1mm；

2 应检查电台和接收机的连接，并应核对电台频率，在手簿中应输入基准站坐标、高程并设置仪器高类型及量取位置、天线类型、仪器类型、电台播发格式、作业模式、数据端口、蓝牙端口等设备参数；

3 对测区已有的转换参数应进行现场检查，精度满足要求后，应直接利用；

4 对无转换参数的测区，应在周边及中部选取不少于 4 个已知点进行点校正获取转换参数，转换参数的平面精度应不大于 20mm，高程精度应不大于 30mm；

5 单基准站 RTK 测量的作业半径不宜超过 5km，单基准站 RTK 测量应符合本规范第 4.2.4 条的规定；

6 当单基准站 RTK 测量用于地形测量、线路测量和竣工测量等工程测量时，基准站等级应不低于二级。

4.2.6 导线测量应符合下列规定：

1 各等级导线测量的主要技术要求应符合表 4.2.6-1 的规定：

表 4.2.6-1 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"级 仪器	2"级 仪器	6"级 仪器		
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	4	6	—	5	≤1/35000
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	2	4	$10\sqrt{n}$	≤1/15000
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	1	3	$16\sqrt{n}$	≤1/10000
三级	1.2	0.1	12	15	1/7000	—	1	2	$24\sqrt{n}$	≤1/5000

注：1 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，但最大长度应不大于表中相应规定长度的 2 倍。

2 水平角观测宜采用方向观测法。方向观测法的技术要求应不超过表 4.2.6-2 的规定。

表 4.2.6-2 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"级仪器	1	6	9	6
	2"级仪器	3	8	13	9
一级及以下	2"级仪器	—	12	18	12
	6"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。

3 距离测量应符合下列规定：

1) 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 4.2.6-1 计算。

$$m_D = a + b \times D \quad (4.2.6-1)$$

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)。

2) 各等级控制网边长测距的主要技术要求, 应符合表 4.2.6-3 的规定。

表 4.2.6-3 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	$\leq 2(a+b \times D)$
	10 mm 级仪器	3	3	≤ 10	≤ 15	
一级	10 mm 级仪器	2	—	≤ 10	≤ 15	—
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。

4 导线测量数据处理应符合下列规定:

1) 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;

2) 导线网水平角观测的测角中误差, 应按式 4.2.6-2 计算:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left(\frac{f_{\beta}^2}{n} \right)} \quad (4.2.6-2)$$

式中: f_{β} ——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_{β} 时的相应测站数;

N ——闭合环及附和导线的总数。

3) 测距边的精度评定, 应按式 4.2.6-3~式 4.2.6-5 计算:

单位权中误差:

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (4.2.6-3)$$

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:

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (4.2.6-4)$$

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：

$$m_{Di} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (4.2.6-5)$$

式中： m_{Di} ——平均测距中误差 (mm)。

4.2.7 三角形网测量应符合下列规定：

- 1 各等级三角形网测量的主要技术要求应符合表 4.2.7-1 的规定：

表 4.2.7-1 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 (")
					0.5"级仪器	1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器	
三等	4.5	1.8	≤1/150000	≤1/70000	4	6	9	—	7
四等	2	2.5	≤1/100000	≤1/40000	2	4	6	—	9
一级	1	5	≤1/40000	≤1/20000	—	—	2	4	15
二级	0.5	10	≤1/20000	≤1/10000	—	—	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，但最大长度应不大于表中规定长度的 2 倍。

- 2 三角形网的水平角观测，宜采用方向法观测；

- 3 三角形网测量数据处理应符合下列规定：

- 1) 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；
- 2) 三角形网的测角中误差按式 4.2.7-1 计算；

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (4.2.7-1)$$

式中： m_{β} ——测角中误差 (")；

W ——三角形闭合差 (")；

n ——三角形的个数。

- 3) 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。方向改化应按式 4.2.7-2、式 4.2.7-3 计算，方向改化简化可按式 4.2.7-4 计算。

$$\delta_{1,2} = \frac{\rho''}{6R_m^2}(x_1 - x_2)(2y_1 + y_2) \quad (4.2.7-2)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{\rho''}{6R_m^2}(x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2) \quad (4.2.7-3)$$

$$\delta_{1,2} = -\delta_{2,1} = \frac{\rho''}{2R_m^2}(x_1 - x_2)y_m \quad (4.2.7-4)$$

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）。

4.2.8 自由设站测量应符合下列规定：

1 自由设站测量可用于各等级控制网的加密及在机场改（扩）建或监测时需要临时设站或传递坐标的测量，也可用于独立工程控制网的建立与加密测量；

2 作业前，应对周边既有控制点进行检查校核，并应选用符合要求且不少于 3 个控制点作为交会基准，设站点各观测方向之间的夹角宜为 $30^\circ \sim 120^\circ$ ；

3 四等及四等以上控制网的自由设站加密测量宜采用测角精度不低于 2″级、测距精度不低于 5mm 级的全站仪；四等以下的加密测量宜采用测角精度不低于 6″级、测距精度不低于 10mm 级的全站仪；

4 自由设站水平角观测应采用方向观测法，自由设站法的主要技术要求应符合本规范第 4.2.6、4.2.7 条的有关规定。若需分组观测，应采用同一归零方向，并重复观测一个方向；

5 自由设站距离测量宜与水平角观测同时进行，边角同测时的距离测回数宜与角度测回数相同，且半测回间的距离互差及测回间的距离互差，对于 5mm 级全站仪应不大于 7mm，对于 10mm 级全站仪应不大于 15mm；

6 作业时，宜同时测定测站的温度与气压值进行距离观测值气象改正，温度读数宜精确至 0.2°C ，气压读数宜精确至 0.5hPa；

7 自由设站的测量步骤应符合《工程测量标准》（GB 50026）的规定。

4.3 高程控制测量

4.3.1 高程控制测量应符合下列规定：

1 机场首级高程控制点（网）宜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；

2 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规定，丘陵或山区机场可采用三角高程测量联测国家控制点（网）；

3 每个测区或独立地段应布置不少于 3 个高程控制点；

4 机场改扩建时已有高程控制网的区域，应沿用原有高程控制网；无高程控制网时宜建立新的高程控制网。

【条文说明】在拟建场址半径 80KM 内无高程控制点成果，或者在海岛、荒漠、无人区等无法进行水准测量，且无法采用精密三角高程测量方法时，可采用卫星高程测量，用以解决测区高程基准缺失的问题；测区内存在山地、高山地、丹霞地貌、喀斯特地貌、雅丹地貌、花岗岩地貌、火山岩地貌、石英砂岩峰林地貌等特殊地貌时，可用精密三角高程测量的方法建立高程控制网。采用卫星高程测量时，应按省级似大地水准面精化成果，参考《区域似大地水准面精化基本技术规定》（GB/T 23709）进行，如果测区是海岛等，还应符合《水运工程测量规范》（JTS 131）的规定，以及《世界大地测量系统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》（MH/T 4015）关于基准点的 WGS-84 高程异常精度应优于 0.1m 的规定。

4.3.2 高程控制点埋设应符合下列规定：

1 高程控制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；

2 应选择适当的位置建立 2 至 3 个永久性水准标石，并应有保护设施；

3 高程控制点埋设的尺寸规格应符合《工程测量标准》（GB 50026）的规定。

4.3.3 水准测量应符合下列规定：

1 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 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 w	
					与已知点联测	附合或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
二等	2	—	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	—
三等	6	≤50	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
			DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面		往返各一次		

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、附和或环线闭合差 w	
					与已知点联测	附和或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
四等	10	≤ 16	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$2Q\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$

注：1 结点之间或结点与高级点之间，其路线的长度，应不大于表中规定的 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。

2 水准观测应在标石埋设稳定后进行。各等级数字水准仪观测和光学水准仪观测的主要技术要求分别应符合表 4.3.3-2 和表 4.3.3-3 的规定：

表 4.3.3-2 数字水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	水准尺类别	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)	测站两次观测的高差较差 (mm)	数字水准仪重复测量次数
二等	DSZ1	条码式因瓦尺	50	1.5	3.0	0.55	0.7	2
三等	DSZ1	条码式因瓦尺	100	2.0	5.0	0.45	1.5	2
四等	DSZ1	条码式因瓦尺	100	3.0	10.0	0.35	3.0	2
	DSZ1	条码式玻璃钢尺	100	3.0	10.0	0.35	5.0	2

注：1 二等数字水准测量观测顺序，奇数站应为后一前一前一后，偶数站应为前一后一前一前。

2 三等数字水准测量观测顺序应为后一前一前一后；四等数字水准测量观测顺序应为后一后一前一前。

3 水准观测时，若受地面振动影响时，应停止测量。

表 4.3.3-3 光学水准仪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	DS1、DSZ1	50	1.0	3.0	0.5	0.5	0.7
三等	DS1、DSZ1	100	3.0	6.0	0.3	1.0	1.5
	DS3、DSZ3	75				2.0	3.0
四等	DS3、DSZ3	100	5.0	10.0	0.2	3.0	5.0

注：1 二等光学水准测量观测顺序，往测时，奇数站应为后一前一前一后，偶数站应为前一后一前一前；返测时，奇数站应为前一前一后一前一前，偶数站应为后一前一前一后。

2 三等光学水准测量观测顺序应为后一前一前一后；四等光学水准测量观测顺序应为后一后一前一前。

3 二等水准视线长度小于 20m 时，视线高度应不低于 0.3m。

4 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 水准测量的数据处理应符合下列规定：

1) 当每条水准路线分测段施测时，应按式 4.3.3-1 计算每千米水准测量的高差偶然中误差，其绝对值应不超过表 4.3.3-1 中相应等级每千米高差全中误差的 1/2；

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.3.3-1)$$

式中： M_{Δ} ——高差偶然中误差（mm）；

Δ ——测段往返高差不符值（mm）；

L ——测段长度（km）；

n ——测段数。

2) 水准测量结束后，应按式 4.3.3-2 计算每千米水准测量高差全中误差，其绝对值应不超过表 4.3.3-1 中相应等级的规定。

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.3.3-2)$$

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。

4.3.4 卫星高程测量应符合下列规定：

1 在大范围内没有高程控制点成果，或者在荒漠、无人区等无法进行水准测量时可采用卫星高程测量；

2 卫星定位高程测量可适用于五等高程测量。若需采用卫星定位技术进行更高等级的高程测量，特别是较大区域范围的高程测量或跨河高程传递，则应进行专项设计与论证，并应符合本规范高程精度的相关要求；

3 卫星定位高程测量作业宜与平面控制测量一起进行，并应符合本规范第 4.2 节的规定；

4 卫星定位高程测量的水准点联测应符合下列规定：

1) 卫星定位高程网宜与四等或四等以上的水准点联测；联测的高程点宜分布在测区的四周和中央；若测区为带状地形，联测的高程点应分布于测区两端及中部两侧；

2) 联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 1.5 倍，相邻联测点之间距离宜小于 10km；

3) 地形高差变化大的地区应增加联测的点数，联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 2 倍。

5 卫星定位高程测量数据处理应符合下列规定：

- 1) 应利用区域似大地水准面精化成果或当地的重力大地水准面模型、资料；
- 2) 对联测的已知高程点应进行可靠性检验，应剔除不合格点；
- 3) 对于地形平坦的小测区，可采用平面拟合模型；对于地形有起伏的大面积测区，宜采用曲面拟合模型或采用分区拟合的方法进行；
- 4) 拟合高程计算应不超出拟合高程模型所覆盖的范围。

6 对卫星定位高程测量成果，应进行检验，检验点数应不少于 3 个，且不少于全部高程点的 5%；高差检验可采用相应等级的水准测量方法或电磁波测距三角高程测量方法进行，高差较差的限值应按式 4.3.4 计算：

$$V_h = 30\sqrt{D} \quad (4.3.4)$$

式中： V_h ——高差较差的限值（mm）；

D ——检查路线的长度（km）。

7 卫星高程测量不宜用于道面高程施工控制测量。

4.3.5 精密三角高程测量应符合下列规定：

1 在地形起伏明显、存在较大高差变化的山区或丘陵区域，高程联测时使用智能型全站仪，按三角高程测量原理，采用对向观测的方式，精度应达到国家二、三等水准测量的要求；

2 精密三角高程测量不宜用于指导道面施工测量，道面施工应采用几何水准测量的方法进行；

3 精密三角高程测量水准点的布设应符合下列规定：

1) 路线尽量沿交通便利、视野开阔的山地及河流布设；

2) 二等精密三角高程测量附合路线，长度应不超过 350km。结点之间的距离不超过 160km，在山区和困难地区可适当放宽，但应不大于上述各指标的 1.5 倍。特殊困难地区可进行支测，长度应不超过 150km；

3) 三等精密三角高程测量附合路线，长度应不超过 150km；结点之间的距离不超过 70km，在山区和困难地区可适当放宽，但应不大于上述各指标的 1.5 倍。特殊困难地区可进行支测，长度应不超过 80km；

4 精密三角高程测量水准点的布设密度及测量精度应符合《国家一、二等水准测量规范》（GB/T 12897）和《国家三、四等水准测量规范》（GB/T 12898）的规定；精密三角高程测量每站观测前应观测气压、温度等气象元素；精密三角高程测量的棱镜应使用特制棱镜架，其安装误差不得大于 0.1mm；精密三角高程测量采用单程观测，支线采用往返观测；精密三角高程测量测站设置应符合表 4.3.5-1 的规定，对向观测测回数应符合表 4.3.5-2 的规定，测站观测限差应符合表 4.3.5-3 的规定。

表 4.3.5-1 对向观测边长度及视线高度

等级	对向观测边长度 (m)	视线高度 (m)
二等	<1000	>1.5
三等	<1200	>1.2

表 4.3.5-2 对向观测测回数

等级	对向观测边长 D (m)	测回数
二等	D≤100	2
	100<D≤500	4
	500<D≤800	6
	800<D<1000	8
三等	D≤200	2
	200<D≤700	4
	700<D<1200	6

注：一测回是指仪器分别盘左、盘右观测高低棱镜各一次。

表 4.3.5-3 测站观测限差

等级	各测回竖直角及指标差较差 (")	测距读数差 (mm)	各测回测距较差 (mm)	高低棱镜高差较差 (mm)
二等	5	3	3	4√S
三等	5	3	3	12√S

注：S 为观测边长，单位为 km。

5 精密三角高程计算方法宜为：正向观测高差按式 4.3.5-1 计算，反向观测高差按式 4.3.5-2 计算，正反观测高差取平均值可得同时对向观测高差按式 4.3.5-3 计算；

$$H_n - H_m = D_{mn} \sin \alpha_{mn} - \frac{S}{\rho''} (\epsilon_m - \epsilon_{cp}) + \frac{1-K_m}{2R} S^2 - \frac{ae^2}{2} (B_n - B_m)^2 \cos^2 B_{cp} + i_m - v_n \quad (4.3.5-1)$$

$$H_m - H_n = D_{nm} \sin \alpha_{nm} - \frac{S}{\rho''} (\epsilon_n - \epsilon_{cp}) + \frac{1-K_n}{2R} S^2 - \frac{ae^2}{2} (B_m - B_n)^2 \cos^2 B_{cp} + i_n - v_m \quad (4.3.5-2)$$

$$H_n - H_m = \frac{1}{2} (D_{mn} \sin \alpha_{mn} - D_{nm} \sin \alpha_{nm}) - \frac{S}{2\rho''} (\epsilon_m - \epsilon_n) \quad (4.3.5-3)$$

式中：H_m、H_n——分别为 M、N 两点的高程；

i_m——仪器高；

v_n ——目标高；

D_{mn} ——M 点观测 N 点的斜距；

α_{mn} ——M 点对 N 点观测的竖直角；

S ——M、N 点经气象改正后的斜距在参考椭球上的投影；

ϵ_m ——M 点在照准方向上的垂线偏差分量；

ϵ_{cp} ——M、N 点在照准方向上的垂线偏差分量平均值；

K_m ——M 点到 N 点的积分折光系数；

R ——M、N 点的平均曲率半径；

a ——参考椭球长半轴；

e^2 ——参考椭球第一偏心率；

B_m 、 B_n 、 B_{cp} ——分别为 M、N 点的纬度和平均纬度。

6 精密三角高程测量的数据处理应符合下列规定：

- 1) 一条精密三角高程路线测量完成后，应进行测段高差和路线高差的计算；
- 2) 精密三角高程测量应进行正常水准面不平行改正计算；
- 3) 二等精密三角高程测量应进行重力异常改正计算；
- 4) 精密三角高程测量应进行符合路线或环线闭合差改正计算；
- 5) 以上计算应符合《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897) 和《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898) 的规定。

4.4 地形测量

4.4.1 地形测量应符合下列规定：

- 1 地形图比例尺、等高距、基本精度及地形点的最大点位间距等技术要求应符合《工程测量标准》(GB 50026) 的规定；
- 2 地形测量可采用低空数字摄影测图、全站仪测图、GNSS-RTK 测图、地面三维激光扫描测图、移动测量系统测图、机载激光雷达扫描测图等方法数字化成图；
- 3 地形图的图式应符合《国家基本比例尺地图图式第 1 部分：1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》(GB/T 20257.1)、《国家基本比例尺地图图式第 2 部分：1:5000、1:10000 地形图图式》(GB/T 20257.2) 和《民用运输机场工程对象分类和编码标准》(MH/T 5070) 的规定；
- 4 地形图要素分类代码宜按《基础地理信息要素分类与代码》(GB/T 13923) 执行。数据格式应符合《地理空间数据交换格式》(GB/T 17798) 规定的格式或通用的 GIS 软件数据格式。

4.4.2 图根平面控制应符合下列规定：

- 1 图根平面控制可采用卫星定位、闭合（附和）导线、支导线等方法进行测量；
- 2 GNSS 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，其点位较差应不大于图上 0.1mm，高程较差应不大于基本等高距的 1/10；
- 3 图根导线测量，宜采用 6"级以上仪器一测回测定水平角。其主要技术要求，应不超过表 4.4.2-1 的规定：

表 4.4.2-1 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 (")	
		首级控制	加密控制	首级控制	加密控制
$\leq \alpha \times M$	$\leq 1 / (2000 \times \alpha)$	20	30	$40 \sqrt{n}$	$60 \sqrt{n}$

注：1 α 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，但对于工矿区现状图测量，不论测图比例尺大小，M 应取值为 500。
 3 施测困难地区导线相对闭合差应不大于 $1 / (1000 \times \alpha)$ 。

- 4 对于难以布设附和导线的困难地区，可布设成支导线。支导线的水平角观测可用 6"级以上仪器观测左、右角各 1 测回，其圆周角闭合差应不超过 40"。边长应往返测定，其较差的相对误差应不大于 1/3000。支导线平均边长及边数，应不超过表 4.4.2-2 的规定。

表 4.4.2-2 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

4.4.3 图根高程控制应符合下列规定：

- 1 图根高程控制，可采用图根水准、电磁波测距三角高程和 RTK 图根高程等方法进行测量；
- 2 图根水准测量的主要技术要求，应符合表 4.4.3-1 的规定：

表 4.4.3-1 图根水准测量的主要技术要求

每千米高差全中误差 (mm)	附和路线长度 (km)	仪器类型	视线长度 (m)	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	
				附和或闭合路线	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、附和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，其路线长度应不大于 2.5km。

3 电磁波测距三角高程的主要技术要求，应符合表 4.4.3-2 的规定：

表 4.4.3-2 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)	附和路线长度 (km)	仪器精度等级	中丝法测回数	指标较差 (")	垂直角较差 (")	对向观测高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
20	≤5	6"级仪器	2	25	25	$80\sqrt{D}$	$40\sqrt{\Sigma D}$

注：D 为电磁波测距边的长度 (km)。

4 RTK 图根高程控制测量作业方法，应独立进行 2 次高程测量，2 次独立测量的较差应不大于基本等高距的 1/10，符合要求后应取 2 次独立测量的平均值作为最终成果。其他技术要求应符合表 4.4.3-3 的规定：

表 4.4.3-3 RTK 图根控制测量的主要技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	边长相对中误差	起算点等级	流动站到单基准站间距离 (km)	测回数
图根	>100	<1/4000	三级及以上	≤5	≥2

注：对于通视困难地区相邻点间距离可缩短至表中数值的 2/3，边长较差应不大于 20mm。

4.4.4 数字高程模型 (DEM) 应符合下列规定：

1 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；

2 数字高程模型的格网间距，应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 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

3 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；

4 数字高程模型建立后应进行检查，并符合下列规定：

1) 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，应不少于 20 点，且均匀分布。模型的高程中误差应按式 4.4.4 计算，其值应符合《工程测量标准》（GB 50026）的规定；

$$M_h = \sqrt{\frac{[\Delta h_i \Delta h_i]}{n}} \quad (4.4.4)$$

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）。

2) 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。

4.4.5 方格网地形图测量应符合下列规定：

1 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；

2 飞行区应进行比例尺为 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；

3 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 方格高程图的测量控制网，其平面测量精度应满足本规范第 4.2 节中二级导线测量精度的技术要求，高程测量精度应满足本规范第 4.3 节中四等水准测量的技术要求。20m×20m 方格高程点平面精度相对邻近主方格的点位中误差，应不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；

4 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 的钢钉做为该点准确位置；

5 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；

6 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；

7 地面如有冰雪，测点应真实反映原地面高程。

【条文说明】方格网宽度越小，计算结果的精度越高，尤其在地形变化较大的地区，采用 20m×20m 方格网更好地反映实际地形情况，所以基于测量精度、地形适应性、工程需求等情况，选择 20m×20m 方格网较合理。

4.4.6 平原地区和丘陵地区的土石方计算，可以在方格网地形图测量后通过计算完成，也可利用生成连续矢量化的等高线地形图，采用不规则三角形网计算土石方工程量，但其计算精度不得低于采用方格网测量数据的计算精度。

【条文说明】方格网测量数据的计算精度取决于多种因素，包括方格网尺寸的选择、地形特征、测量规范和方法等。在实际应用中的方格网尺寸一般根据具体的地形条件和项目要求来确定，以确保计算结果的准确性。

4.4.7 对现有沟、塘、河、堤坝等应编号、测量断面图，结合勘察成果，在断面图中标注底部淤泥层厚度。断面测量时，其间距宜不大于 50m，在地形变化复杂或者地形特征点需要高精度反映时应根据现场条件加密，断面图的比例尺一般为：竖向 1:50~1:100，横向 1:500~1:1000。

4.4.8 机场改（扩）建工程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，并注明其结构形式。

4.4.9 对地形要素，宜根据行业要求按《基础地理信息 1:10000 地形要素数据规范》（GB/T 33462）、《基础地理信息 1:50000 地形要素数据规范》（GB/T 33183）提供相应的数据接口。

4.5 线路测量

4.5.1 应根据测量需求，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：

- 1 测量内容宜包括中心线、纵横断面图及带状地形图；
- 2 测量方法可采用低空数字摄影测图、全站仪测图、GNSS-RTK 测图、地面三维激光扫描测图、移动测量系统测图、机载激光雷达扫描测图等方法数字化成图；
- 3 中线测量宜采用导线法、网络 RTK 或单基准站 RTK 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 $60''$ \sqrt{n} ，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；
- 4 高程控制点可沿线路两侧每隔 200m~600m 设置一点，可采用水准测量、三角高差测量方法；

5 线路纵断面测量宜自线路起点始，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；

6 线路横断面测量，其间隔应视线路和地形情况而定，宽度一般中线每侧 15m~25m，助航灯光带及特殊线路根据测量任务书确定，宜采用全站仪法、网络 RTK、单基准站 RTK 或机载激光雷达等方法；

7 线路中桩点位精度应满足：纵向误差不大于 $S/1000+0.1$ ，横向误差不大于 100mm；横断面测量精度应满足：距离相对误差不大于 $L/50+0.1$ ，高程误差不大于 $h/50+L/100+0.1$ ；

8 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；

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

【条文说明】条文中 n 为测站数， L 为测点至线路中桩的水平距离 (m)， h 为测点至线路中桩的高差 (m)。

4.5.2 线路带状地形图测量应符合下列规定：

- 1 线路带状地形图测量宽度宜为中线两侧各 50m；
- 2 线路带状地形图比例尺宜为 1:500~1:2000，并按同比例尺地形图测量要求进行测量；
- 3 可采用低空数字摄影、全站仪、移动测量系统、机载激光雷达扫描等测量方法进行数字化成图。

4.6 导航台站及遮蔽角测量

4.6.1 导航台站测量应符合《民用航空通信导航监视台（站）设置场地规范 第 1 部分：导航》（MH/T 4003.1）、《民用航空通信导航监视台（站）设置场地规范 第 2 部分：监视》（MH/T 4003.2）和《航空无线电导航台（站）电磁环境要求》（GB 6364）的规定。

4.6.2 导航台站测量应包括下列内容：

- 1 根据测量需求测量无方向信标台、航向信标台、下滑信标台、指点信标台、全向信标台、测距仪台、地基增强系统地面站的位置和高程；
- 2 测绘以上各台站地形图，测图比例尺宜为 1:200~1:1000；
- 3 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；

4 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（含电气化铁路）、金属构筑物的方位、距离及标高；

5 测绘《民用航空通信导航监视台（站）设置场地规范 第 2 部分：监视》（MH/T 4003.2）要求的雷达台站场地保护区内干扰源、障碍物的方位、距离及标高；

6 测量航向信标天线中心前向 $\pm 10^\circ$ 、距离航向信标天线 3000m 的区域内高于航向信标台地面设计标高 15m 的障碍物图。

4.6.3 导航台站测量应符合下列规定：

1 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；

2 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，其偏离方向应不大于 60° ，各台站至跑道端点距离的相对误差应不大于 1/1000；

3 导航台站和雷达站测量时，平面坐标系应采用 CGCS2000，高程基准采用 1985 国家高程基准，中心点的机场地理坐标用经纬度，精确至 $0.01''$ ，测量资料用于飞行程序设计时，坐标系应转换为 WGS-84。

4.6.4 环境平面图绘制应符合下列规定：

1 环境平面图可选择 1:10000、1:5000、1:2000 比例尺的地形图或卫星影像图作为底图；

2 环境平面图的比例尺根据反映内容的详细程度宜为 1:2000~1:20000；

3 环境平面图的测量范围根据需求宜包含机场内部核心区、机场净空保护区、及电磁环境影响区等。

4 导航台站天线相对于机场跑道的关系位置：以相对于跑道中心点的方位和距离为准；

5 导航台站场地环境平面图的方位标线统一用磁方位角表示，并每隔 22.5° 标出一条；距离标线可按实际需要规定，如每圈代表 100m 或 200m 均可，但需在各注中加以说明；

6 图中按国家标准规定的地图符号，标出建筑物、公路、铁路、机场跑道、金属架空线缆等；

7 地形地物所占据的水平张角及水平距离，应按实测数据标出。

4.6.5 根据测量需求测量近距导航台、远距导航台、超远距导航台、定向台的遮蔽角。

4.6.6 遮蔽角以跑道轴线为零方向或按真北方向起沿 360° 方位，每隔 $1^\circ\sim 3^\circ$ （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，也可在适当比例的等高线地图上计算获得。

4.6.7 遮蔽角起点的平面位置应根据要求选择跑道端、导航台站、雷达站作为起点；遮蔽角起点的高程应同地形测量的高程一致。

4.6.8 遮蔽角测量采用电子经纬仪或全站仪直接施测障碍物平面位置、高度和遮蔽角；若全站仪不便观测，可测量障碍物位置和高度，计算出各障碍物的遮蔽角。

4.6.9 遮蔽角测量可采用航空摄影测量的方法，利用航天影像测绘、星载合成孔径雷达成像 SAR、机载激光雷达、倾斜摄影测量以及无人机航测的方法采集测区数据，通过对生成的 DEM 模型与人工方法相结合，计算并统计障碍物遮蔽角。

【条文说明】遮蔽角主要是根据地形地物的高程数据以及观测点（如雷达站、通信基站等）和目标点（被探测或通信的对象所在位置）的位置关系来计算的，目的是确定两点之间的连线与通过观测点的水平线之间的夹角，以判断地形地物对信号传播或视线的遮挡情况。

4.6.10 遮蔽角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。遮蔽角图应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。

4.7 净空障碍物测量

4.7.1 障碍物测量的范围应满足《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）中锥形面、内水平面、内进近面、进近面、过渡面及复飞面等限制面要求，不同限制面内障碍物的判断依据应符合《民用机场净空障碍物遮蔽原则应用指南》（MH/T 5062）的规定。

4.7.2 选址勘察阶段的障碍物测量应符合下列规定：

1 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 的地形图上或导入至相应的 GIS 数据库中，图或 GIS 数据中应包含跑道位置，标注障碍物的编号、名称、高程等；

2 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、合成孔径雷达、航天摄影、机载激光雷达、移动扫描等采集数据；人工障碍物（如高塔、烟囱、高楼、高压线等）应实地测绘。

4.7.3 初步勘察阶段的障碍物测量应符合下列规定：

1 测量范围应满足机场远期规划的要求；

2 对进近跑道障碍物限制面内的障碍物进行测量，提供障碍物的机场地理坐标和高程。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；

3 障碍物的测量精确度应符合《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）关于航空数据质量要求的规定；

4 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；

5 可采用与实地相符的航空摄影图像、航天摄影图像、GNSS 测量、机载激光雷达、合成孔径雷达、倾斜摄影测量、移动测量系统、前方交会、极坐标等等各种测量方法进行障碍物测量；

6 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 4.7.3 的规定：

表 4.7.3 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 (")	障碍物上交会角应不小于 (°)
1/5000	6"	1	30	3

7 三点前方交会公共边长的较差限制应为 $5S$ (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应为 $0.4S$ 。

【条文说明】若障碍物为成片树林，应提供单棵树木最大高度及平均树高。同时由于树林内可能存在地势起伏、土壤肥力差异、树种分布不均等情况，不同区域的树木高度会有所不同。将树林按照一定的标准划分成多个子区域（比如依据方位、与跑道的距离、地形变化等划分），分别统计每个子区域内树木的高度范围（即该区域内树木高度的最小值到最大值区间），有助于更细致地掌握树林高度的空间分布特征。

障碍物水平位置测量的精确度应满足在以跑道入口为圆心、半径为 13km 的范围内，测量误差不超过 $\pm 1m$ ；在 13km~25km 的范围内，测量误差不超过 $\pm 2m$ ；在 25km~46km 的范围内，测量误差不超过 $\pm 3m$ ；在 46km~60km 的范围内，测量误差不超过 $\pm 5m$ 。障碍物高度测量的精确度应满足测量误差不超过 $\pm 0.5m$ 。

1 区通常是距离机场跑道较近且对飞机起飞、降落安全至关重要的核心区域。一般是以跑道两端为基准，沿着跑道中心线向两侧及向外延伸一定距离所涵盖的范围。比如，往往从跑道端向外延伸可能 10 公里左右，向两侧延伸宽度根据机场等级等因素有所不同，大致在几公里范围，整体形成一个围绕跑道端的特定区域。该区域障碍物高程测量误差不超过 $\pm 0.5m$ 。2 区是在 1 区基础上向外进一步延伸的区域，其范围的界定通常是从 1 区边界开始再向外拓展一定距离，例如向外延伸距离可能在 10~20 公里左右，同样向两侧也有相应宽度延伸，其整体范围相较于 1 区更大，涵盖了飞机在起飞、降落过程中稍远距离但依然关键的飞行路径周边区域。该区域障碍物高程测量误差不超过 $\pm 1m$ 。3 区又是在 2 区基础上继续向外扩展的部分，其向外延伸距离一般在 20~30 公里左右，两侧的宽度范围也进一步加大，已经涉及到距离机场跑道更远一些

的周边空域了。该区域障碍物高程测量误差不超过 $\pm 1.5\text{m}$ 。4区是机场净空管理区域中最外围的部分，是在3区边界基础上再向外拓展，延伸距离更远，范围涵盖了机场周边更广阔的空域。该区域障碍物高程测量误差不超过 $\pm 2\text{m}$ 。

4.7.4 详勘阶段的障碍物测量应符合下列规定：

- 1 应对初步勘察阶段的障碍物测量成果进行复核和补测；
- 2 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，并提交GIS格式数据；
- 3 对机场延长跑道、新建跑道、提高机场等级等情况时，应按要求对机场障碍物进行补测并复核。

【条文说明】障碍物数据随着机场1-4区域发生变化，相应精度也将发生变化。障碍物数据应定期更新，以确保其准确性和时效性。对于机场周边环境变化较快的区域，如正在进行大规模建设或存在频繁活动的区域，数据更新频率应相应提高。一般情况下，建议至少每年对障碍物数据进行一次全面更新，对于重点区域可每季度或每月进行一次局部更新。

4.7.5 净空障碍物测量成果除成果图外宜建立电子地形障碍物数据eTOD，并在模型的创建、使用和管理时符合《民用运输机场建筑信息模型应用统一标准》(MH/T 5042)的要求。宜对净空限制面内的障碍物进行三维建模。

4.8 磁偏角测量

4.8.1 甚高频全向信标台、无方向性信标导航台、仪表着陆系统航向台天线、微波着陆系统方位天线、及其他无线电导航设施处应测量磁偏角。磁偏角的测量范围应满足《航空器运行目视和仪表飞行程序设计规范》(AC-97-FS-005R1)的应用要求。

4.8.2 磁偏角应使用质子矢量磁力仪和磁通门磁力仪，在磁场强度变化均匀处进行测量，测量过程中应避免磁暴和强磁干扰，技术要求和测试方法应符合《地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第1部分：磁通门磁力仪》(DB/T 30.1)、《地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第2部分：质子矢量磁力仪》(DB/T 30.2)的规定。

4.8.3 磁力仪测点的选取应符合下列规定：

- 1 在测量跑道地磁场时，可沿着跑道中心线，从跑道一端开始，间隔50m或100m设置一个测点，同时在跑道两侧向外延伸一定范围，每隔10m或20m横向布置测点，以此全面覆盖跑道及周边可能影响飞机飞行的区域；

2 在测量整个机场区域包括停机坪、航站楼、导航台站周边等地磁场整体特征时，测点布局应覆盖到机场内各个功能区，并适当延伸至机场边界外一定距离，确保能反映出机场与周边环境的地磁场相互影响情况；

3 测点应远离大型人工电磁干扰源，包括高压线、变电站、大型通信基站等；

4 测点应避开天然干扰源，包括含有大量磁性矿物质的岩石露头区域等；

5 测点应考虑地形地貌的影响。

4.8.4 磁偏角的数据类型、精度和完好性等级应符合《世界大地测量系统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》（MH/T 4015）的规定。

4.8.5 磁偏角应注明测定时间，磁偏角用度、分表示，精确至 0.1'，不确定度应优于 1'；磁偏角年变率用分、秒表示，精确至 1"，不确定度应优于 1'。

【条文说明】磁偏角的不确定度是与磁偏角测量结果相联系的一个参数，它表征了被测量的真值在某个给定置信水平下可能所处的范围大小。不确定度是用来衡量测量结果可信赖程度的一个指标，表示真实的磁偏角有多大可能性落在测量值附近的某个区间内。磁偏角的精度表示测量结果与真实磁偏角值接近的程度，它反映了测量的准确程度和精细程度。磁偏角的不确定度和精度是衡量磁偏角测量质量的重要指标，在实际测量和应用中，需要综合考虑各种因素，尽量减小不确定度，提高测量精度，以满足不同领域对磁偏角准确数据的需求。

4.8.6 磁方位角可通过测定真方位角和磁偏角计算获取。真方位角采用 GNSS 测量测定，磁偏角采用磁通门磁力仪测定，磁偏角与真方位角、磁方位角的关系应按式 4.8.6 计算：

$$A_{\text{磁}} = A_{\text{真}} - \delta \quad (4.8.6)$$

式中： $A_{\text{磁}}$ ——磁方位角（'）；

$A_{\text{真}}$ ——真方位角（'）；

δ ——磁偏角（'）。

【条文说明】磁方位角是以磁子午线北端为起始方向，按照顺时针方向旋转至目标方向线所形成的水平夹角。磁方位角的取值范围是 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，主要用于确定目标相对于观测点的方向，是基于地球磁场方向来描述方向关系的一个角度概念。

4.9 既有道面高程测量

4.9.1 机场改（扩）建工程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。沥青道面网点布设间距宜不大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ，跑道中线、边线及坡度变化处应有测点。

4.9.2 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，按本规范第 4.3.3 条三等水准要求施测。

4.9.3 沥青道面应根据道面的等级、规模按设计要求测量格网或分仓处节点高程。混凝土道面应测量混凝土板角处的高程，当混凝土板块发生错台，且错台高差大于 5mm 时，应对板角各点高程进行逐一测量；错台高差小于 5mm 时，该点高程宜取相邻无错台板块对应位置板角高程的平均值。

【条文说明】混凝土道面错台是指由于基础不均匀沉降、荷载作用影响、温度变化及伸缩缝问题等形成的高差错台。

4.9.4 道面高程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 $\pm 3\text{mm}$ ，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。

4.9.5 道面高程点抽查应符合下列规定：

- 1 机场跑道的着陆区、起飞区等部位抽查率宜不低于 15%~20%；
- 2 机场滑行道、停机坪等部位的抽查率宜不低于 10%~15%；
- 3 抽查点位的选取应包含跑道中心线、跑道两侧边缘以及跑道中心线与两侧边缘之间的位置。

4.9.6 道面或板角高程也可利用全站仪三角高程法或地面三维激光扫描的测量方法，测量后应使用几何水准测量方法进行抽查验证，并进行精度评定，要求相对邻近水准点高程中误差不大于 5mm。

4.9.7 道面分仓图可采用全站仪方法、低空摄影测量方法获取。道面分仓图的比例尺应为 1:200 或 1:500。在跑道中心线、道面板块角点、各类标志线等关键位置的平面测量误差应小于 $\pm 1\text{mm}$ ；在滑行道的平面测量误差应小于 $\pm 2\text{mm}$ ；在停机坪区域的平面测量误差应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。

4.10 竣工测量

4.10.1 机场建设工程项目应进行竣工测量，竣工总图应采用数字竣工图。竣工测量应在航站楼、货运库（楼）、航管楼与塔台、飞行区及其他配套设施等竣工后进行。

4.10.2 地下工程竣工测量应在覆土前进行，由于施工方法限制无条件在覆土前进行时，应测量内部轮廓线的四角、转角和结构厚度等，以此计算外部轮廓线位置。

4.10.3 竣工测量的内容应包括机场建（构）筑物外部轮廓线的测量、四至距离测算、建（构）筑物的高度测量、地形图测绘、管线竣工测量、建筑面积测量及建设工程竣工测量成果报告书编制等。

4.10.4 竣工测量应测量机场基准点坐标。对于单跑道机场，机场基准点一般位于跑道的中心；对于多跑道机场，机场基准点一般位于主跑道的中心；如果机场基准点不位于跑道中心，应直接测量实际的机场基准点位置处坐标。

4.10.5 竣工测量应测量各条跑道的跑道中心点坐标。

4.10.6 竣工测量应测量机场标高。对于单跑道机场，应测量跑道中线上最高点位置处的标高作为机场标高；对于多跑道机场，应测量每条跑道中线上最高点位置处的标高，取其中最高点的标高作为机场标高。同时应测量机场标高点处的高程异常。

4.10.7 竣工测量应测量跑道入口的经纬度坐标、标高以及高程异常。跑道入口的测量点应符合《世界大地测量系统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》（MH/T 4015）的规定。

4.10.8 竣工测量应测量航站楼、机场内各类导航台、气象站等保障飞行安全的重要构筑物的平面位置、尺寸、高度以及室内外地坪高程等信息。

4.10.9 竣工测量应测量跑道灯光设施（跑道边灯、中线灯、入口灯等）的位置、高程以及灯光的间距等；应测量机场内各类引导标记牌、指示标识（滑行道引导标记牌、跑道入口标识等）的位置、角度、尺寸等；应测量机场排水管道的走向、管径、坡度以及检查井、雨水口等排水设施的位置和高程。机场建（构）筑物外部轮廓线的测量应符合下列规定：

- 1 应测量建（构）筑物外部轮廓线和规划文件中标注坐标的建（构）筑物外轮廓点位；
- 2 建（构）筑物外部轮廓线平面图形、次要点位及其附属配套设施应实测，宜采用极坐标法测量。

4.10.10 建（构）筑物外轮廓点位的测量作业方法和精度要求，应符合下列规定：

- 1 条件点测量可采用双极坐标法、前方交会法、GNSS RTK 法或量距法等方法；
- 2 采用双极坐标法、前方交会法时，点位较差应不大于 50mm，成果取用平均值；采用前方交会法时，交会角度宜在 30°~150°之间，且交会距离宜小于 100m；采用 GNSS RTK 法时，作业方法和精度要求应符合本规范第 4.2.3 条的规定；
- 3 采用量距法时，采用钢尺量距或手持激光测距仪测距时，应采用单程双次丈量方法，两次量距较差应在±20mm 之内，成果取用平均值。

4.10.11 机场建（构）筑物四至距离测量应符合下列规定：

- 1 主要角点距四至的距离测量应满足以下要求：
 - 1) 四至边界应与规划文件中所示的四至边界一致，涉及规划用地红线和规划道路时，应复核其变更情况；

2) 四至周边建筑未建时，可不计算间距，也可依据其设计坐标计算，并应在测量平面图上注明：“此建筑未建，间距以设计坐标计算”；

3) 四至周边建筑正建，无法实测时，可依据该建（构）筑物的初始验线测量成果计算，并应在测量平面图上注明：“此建筑正建，间距以初始验线成果计算”；

4) 建（构）筑物与四至的距离测量可使用钢尺或手持激光测距仪实地量测，也可解析计算相关尺寸；采用钢尺量距或手持激光测距仪测距时，应采用单程双次丈量方法，两次量距较差应在 20mm 之内，成果取用平均值；

5) 建（构）筑物的四至距离应与规划文件中标注的位置、数据一一对应。

2 四至边界点坐标宜实地测量，作业方法和精度要求应符合本规范第 4.10.9 条的规定，也可利用验线的测量成果。

4.10.12 机场建（构）筑物的高度测量应符合下列规定：

1 应测量建（构）筑物的高度、层数和建（构）筑物室外地坪的高程；

2 建（构）筑物的高度测量可采用电磁波测距三角高程测量、钢尺或手持激光测距仪测量等方法；采用电磁波测距三角高程测量法时，应变换仪器高或觇标高测两次；采用钢尺量距或手持激光测距仪测距时，应采用单程双次丈量方法；两次测量值的较差应不大于 100mm，成果取用平均值；

3 平屋顶建（构）筑物的高度，应测量女儿墙顶到室外地坪的高度及女儿墙高；室外地坪指建筑外墙散水处，当建筑不同位置的散水高程不一致时，以计算建筑高度相关方向的散水平均位置为室外地坪；

4 室外地坪高程测量应符合本规范第 4.3 节的规定；

5 坡屋面或其他曲面屋顶建（构）筑物的高度，一般测量建（构）筑物屋面下檐口至室外地坪的高度，当屋顶坡度大于 30°时，测量坡屋顶高度一半处至室外地坪的高度；

6 阶梯式建筑应测出不同楼层的高度。

4.10.13 竣工测量地形图测绘应符合下列规定：

1 竣工测量地形图应在建（构）筑物竣工后进行实地测绘；

2 竣工测量地形图的测绘应符合本规范第 4.4 节的规定；

3 竣工测量地形图数据宜采用《地理空间数据交换格式》（GB/T 17798）规定的格式或通用的 GIS 软件数据格式进行存储和交换；

4 竣工测量地形图的民航专业图式、符号编绘应符合《民用航空运输机场图编绘规范》（MH/T 4019）的规定。

4.10.14 地下管线竣工测量应符合下列规定：

1 测量宜采用解析法，并应搜集有关资料，制定测量方案；

2 测量的技术要求应符合下列规定：

1) 地下管线竣工测量精度应满足地下管线点的平面位置测量中误差应不大于 50mm（相对于该管线点起算点），高程测量中误差应不大于 30mm（相对于该管线点起算点）；

2) 地下管线竣工测量应在覆土前进行；当条件不具备时，应在覆土前设置管线待测点，将设置的位置引到地面上，并绘制点之记；

3) 平面控制测量、图根点布设方法和要求应符合本规范第 4.2 节的有关规定；

4) 地下管线竣工测量应符合《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61）的规定，实地逐项调查属性内容；

5) 对于采用非开挖技术施工的地下管线竣工测量，精度应满足地下管线点的平面位置测量中误差应不大于 50mm（相对于该管线点起算点），高程测量中误差应不大于 30mm（相对于该管线点起算点）。

3 成果数据应满足数据入库的要求。

4.10.15 机场竣工测量建筑面积的测量应符合下列规定：

1 建筑面积的测量应包括建（构）筑物地上主体、地下主体及附属设施的面积测量。

2 建筑面积的外业数据采集应符合下列规定：

1) 外业数据采集的精度要求应符合《城市测量规范》（CJJ/T 8）的规定；

2) 外业数据采集可采用实地量距法或坐标解析法，也可采用其他能符合相应精度要求的测量方法；

3) 外业数据采集可使用鉴定合格的钢尺、手持激光测距仪、全站仪等测量仪器，也可采用其他能符合精度要求的测量仪器；

4) 外业数据采集应绘制建筑物各层测量草图，测量草图的绘制和现场记录应符合《房产测量规范》（GB/T 17986）的规定。

3 外业数据采集完成后，应核查建筑物中的技术层、夹层、暗层、地下层、阳台、卫生间、楼顶等隐蔽地方。

4 建筑面积计算处理应符合《建筑工程建筑面积计算规范》（GB/T 50353）的规定。

4.10.16 机场竣工后应进行净空障碍物复测，复测成果除成果图外宜建立电子地形障碍物数据 eTOD。

4.10.17 竣工测量应提交纸质成果和数字成果，数字成果应符合《民用运输机场工程对象分类和编码标准》（MH/T 5070）、《民用运输机场建筑信息模型设计应用标准》（MH/T 5071）及地理信息相关国家标准的规定。

5 选址勘察

5.1 一般规定

5.1.1 选址勘察应包括下列工作内容：

- 1 搜集区域地质、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；
- 2 从地质构造、地震环境角度，分析评价场址的地震稳定性；
- 3 初步调查场址的特殊性岩土和不良地质作用，分析其对机场工程的影响；
- 4 进行环境工程地质初步评价和地质灾害预测，对不良地质作用提出防治措施初步建议；
- 5 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；
- 6 当有多个拟选场址时，应从机场工程的影响、场址稳定性和建设适宜性等多种因素综合比选分析。

【条文说明】建设和环境是互相制约的，人类活动可以改造环境，但环境也制约工程建设，据联合国的调查，由于环境恶化，在原有的居住环境中，已无法生存而不得不迁移的“环境难民”，全球至少有 2400 万人之多。因此工程建设尚应考虑是否会形成新的环境工程地质问题。

5.1.2 选址勘察阶段应以搜集资料、工程地质调查和现场踏勘为主，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；场地条件复杂时，应对主要设施和代表性地段应进行勘探。

5.2 资料搜集

5.2.1 选址勘察阶段资料搜集宜包括下列内容：

- 1 区域地质构造、地形地貌、水文、水文地质、地震等资料；
- 2 地层岩性、特殊性岩土和不良地质作用及工程防治经验资料；
- 3 百年一遇洪水淹没范围资料；

- 4 矿藏资源分布资料；
- 5 重要文物分布资料；
- 6 历史卫星遥感影像资料；
- 7 初步确定的机场总体方案及竖向标高资料。

5.2.2 选址勘察阶段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。

5.2.3 选址勘察阶段应统计影响机场能见度和飞行安全的气象资料。

【条文说明】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。机场能见度和飞行安全的气象资料一般以年出现坏天气日数表示，如：低能见度（按能见度小于 400m、400m~800m、800m~1200m 分别统计）、低云（按云高低于 400m、400m~800m 分别统计）、沙尘暴、雷暴、龙卷风、风切变和强降水等。

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针对预选场址及周边主要地质灾害发育情况和不良地质作用影响确定。

5.3.2 工程地质测绘与调查宜包括下列内容：

- 1 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，判断有无影响场址稳定性的活动断裂或强地震环境；
- 2 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；
- 3 初步调查预选场址地层岩性、特殊性岩土等条件，初步分析机场工程建设可能遇到的岩土工程问题；
- 4 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，以及地下水不良作用；
- 5 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；
- 6 初步搜集气象、水文、植被、土的标准冻结深度等资料；
- 7 调查有无地磁异常和影响机场修建的矿藏资源；
- 8 调查有无重要文物分布。

5.3.3 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。

5.3.4 工程地质测绘与调查的成果资料宜包括综合工程地质图、洪水淹没范围图、遥感影像解译资料等。

5.4 工程地质勘察

5.4.1 存在下列情形时，应在选址勘察阶段进行必要的现场勘察工作：

- 1 场地复杂程度为一级或二级；
- 2 地基等级为一级或二级；
- 3 飞行区指标 II 为 D、E、F；
- 4 场址或场址附近没有可供参考的勘察资料；
- 5 选址勘察阶段的首选场址。

5.4.2 选址勘察阶段的勘察工作宜包括下列内容：

- 1 应了解场址岩土类型、成因、时代、分布规律及一般物理力学性质指标；
- 2 应了解场址地形特征、地貌类型；
- 3 应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；
- 4 应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；
- 5 应了解场址有无特殊性岩土和需进行处理的岩土工程问题；
- 6 应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 600m~1000m。

5.4.4 勘探深度应符合下列规定：

1 基岩埋藏不大于 20m 时，勘探深度宜进入中、微风化岩层（岩体）内 1m~3m 且最小孔深不小于 15m；基岩埋藏大于 20m 时，勘探深度宜进入较硬的稳定土层内 3m~5m 且最小孔深不小于 20m。探坑深度根据实际情况确定；

2 查明地质构造的钻孔深度，按实际需要确定。

【条文说明】较稳定土层一般包括硬塑状态粘性土，中密及以上粉土、砂土、碎石土等。

5.4.5 室内试验与原位测试应满足下列要求：

- 1 钻孔和探坑竖向取土样间距，应按地层特点和岩土的不均匀程度确定，主要岩土层均应取样；
- 2 室内试验与原位测试工作内容应根据岩土类别确定，并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 初步勘察阶段宜按飞行区、航站区和工作区分别进行勘察。

【条文说明】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，初步查明机场场地地质条件，评价场地的适宜性，为初步确定主要岩土工程问题技术解决方案提供基础资料。机场可行性研究阶段的初步勘察包含所有建设内容而不区分是否属于民航专业工程，主要原因如下：

(1) 全面评估建设条件。全面勘察可以把握整体地质条件，机场建设涉及大面积区域，无论民航专业工程如跑道、滑行道，还是非民航专业工程如航站区建筑、配套市政设施等，都处于同一地质环境中。对整个场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质等进行全面勘察，能了解整体地质状况，判断是否存在如软土、滑坡、岩溶等不良地质条件及其对各类工程的影响。另外也便于水文条件统一考量，统一勘察可掌握整个机场区域的地表水和地下水分布、水位变化、水流方向等，为机场整体排水系统设计提供依据，避免因局部勘察导致对水文条件认识不足，造成工程水患或排水不畅等问题。

(2) 确保整体规划科学性。可行性研究阶段需对机场平面布局进行整体考虑，明确各功能区的位置和规模。全面勘察能提供完整地质资料，便于从地质角度合理确定飞行区、航站区、工作区等的布局，考虑工程地质条件对不同功能区的适宜性，如避免在地质不稳定区域设置重要设施。

(3) 准确估算投资成本。一方面为了全面掌握工程难度，包含所有建设内容的勘察，能让决策者和设计者全面了解各部分工程的建设难度和技术要求。对于民航专业工程和非民航专业工程，不同的地质条件可能导致基础处理方式、施工工艺等不同，准确评估这些因素是合理估算工程投资的基础。另一方面为了全面计算工程投资，全面勘察可避免在投资估算中遗漏某些工程内容或对相关工程的工程量、工程费用计算不准确。包括民航专业工程、配套工程的潜在问题和费用。

(4) 满足项目审批要求。项目审批部门需要全面了解机场建设的可行性和合理性，包括所有建设内容的相关资料。同时，机场建设涉及多个行业，如民航管理部门、城市规划部门、环保部门等，全面的勘察内容有助于各行业管理部门从不同角度对项目进行审查和监管。

6.1.2 初步勘察应包括以下工作内容：

- 1 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，进行深入的分析评价；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 提出场地的初步岩土工程资料和主要的岩土设计参数；
- 6 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。

6.1.3 初步勘察应依据下列资料进行策划：

- 1 初步确定的机场总体布置图及功能分区情况；
- 2 初步确定的道面结构类型、场地设计标高；
- 3 拟建场区工程测量资料；
- 4 初步勘察任务书或勘察技术要求。

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建设影响区域，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确定。

【条文说明】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的工作内容。

6.2.3 工程地质测绘与调查宜包括下列内容：

- 1 搜集气象、水文、植被、建筑材料，场地附近的水系、水源及地表水和地下水的流向、流速、流量、常水位、洪水位及其发生时间、淹没范围等资料；

2 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；

3 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；

4 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 年至 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；

5 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；

6 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；初步查明场地土的标准冻结深度和冻土性质等；

7 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；

8 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。

【条文说明】对于工程地质测绘与调查的内容，本条强调与工程紧密结合，着重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 工程地质测绘与调查的成果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。

【条文说明】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 利用遥感影像资料解译进行工程地质测绘时，应有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。

【条文说明】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 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，比例尺可适当扩大。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宜不大于 3mm。

【条文说明】考虑到机场场地范围实际情况，工程地质测绘与调查的比例尺一般为 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），条文提出采用扩大比例尺表示，是为了满足分析与设计的需要。

6.2.7 地质观测点的布置、密度和定位应满足下列要求：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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。

【条文说明】地质观测点是在地质调查、勘察等工作中，为观察和研究地质现象而设置的具有代表性的特定地点，用于记录地质信息、分析地质条件，包括进行岩性观测、地质构造观测、测量和记录地层的产状、水文地质观测、地质灾害迹象观测等。地质观测点的位置选择需要考虑地质特征代表性、地质现象完整性，选在能突出反映当地主要地质特征，地质现象出露完整、清晰的地方，并且便于观察和操作。

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，卫星定位系统适应于各种比例尺的工程地质测绘。

6.3 水文地质勘察

6.3.1 水文地质勘察应满足下列要求：

- 1 应初步查明含水层和隔水层的类型、赋存条件，地下水类型、补给、径流和排泄条件，地下水位和动态变化规律，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，需要监测时应设置长期观测孔；
- 2 应初步查明场地地下水赋存、渗流状态和不同含水层间地下水相互关系，并初步划分水文地质单元；
- 3 应通过现场试验或室内试验，测试道面影响区和边坡稳定影响区代表性土层的渗透系数等水文地质参数。水文地质参数的测试应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

【条文说明】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。

6.3.2 腐蚀性分析应根据地下水的埋藏特征采取代表性水样，按照《岩土工程勘察规范》（GB 50021）评价地下水对混凝土结构、混凝土中钢筋、钢结构等的腐蚀性。

6.3.3 水文地质勘察应初步评价原场地、场地形成过程和形成后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。

6.4 工程地质勘察

6.4.1 工程地质勘察应满足下列要求：

- 1 初步查明场地的地形特征、地貌类型；
- 2 初步查明场地主要地质构造、断层性质、明确场地的地震烈度；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 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；
- 6 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；
- 7 提供地基处理、基础工程、基坑工程、边坡及支挡工程等设计所需的岩土参数。

6.4.2 飞行区勘探点（线）的布置应符合下列规定：

- 1 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。地形地貌条件复杂时可在垂直于跑道方向布置勘探线。高填方边坡位置可布置勘探点；
- 2 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。每个地貌单元和不同地貌单元交接部位应布置勘探点；
- 3 新建机场和改扩建机场飞行区勘探线上的勘探点间距可按表 6.4.2-1 和表 6.4.2-2 确定，局部异常地段应加密。

表 6.4.2-1 新建机场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	200	250
丙级	300	300

注：场地条件复杂时，间距取小值。

表 6.4.2-2 改扩建机场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	150~200	200~250
乙级	250	300
丙级	300	400

注：场地条件复杂时，间距取小值。

6.4.3 航站区和工作区勘探点宜按方格网布置，勘探点间距可按表 6.4.3 确定，局部异常地段应加密，每个地貌单元和不同地貌单元交接部位应布置勘探点。

表 6.4.3 航站区初步勘察勘探点间距

勘察等级	勘探点间距 (m)
甲级	100~150
乙级	150
丙级	200

注：场地地质条件复杂时，间距取小值。

【条文说明】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，一般分为飞行区、航站区和工作区三个功能分区，分别提出不同的勘探点（线）布置要求。

6.4.4 山区机场勘察时，对于挖方区应先进行料源勘察，其他勘察工作应在场地平整（开挖至场地设计标高）后进行。

【条文说明】挖方区在场地平整后进行勘察，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。挖方区的料源勘察在本规范第 10.3 节进行了规定。

6.4.5 勘探孔可分为控制性勘探孔和一般性勘探孔，勘探深度应符合下列规定：

1 飞行区控制性钻孔宜占勘探孔总数的 1/5~1/3，航站区控制性勘探孔宜占勘探孔总数的 1/8~1/4，工作区控制性勘探孔宜占勘探孔总数的 1/10~1/5；并且每个地貌单元宜有控制性勘探孔；

2 勘探孔深度宜按表 6.4.5 的规定确定；查明地质构造的勘探孔深度，应按实际需要确定。

表 6.4.5 初步勘察勘探孔深度

功能分区	控制性勘探孔深度	一般性勘探孔深度
飞行区	至中微风化基岩内 1m~3m 且最小深度不小于 15m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 3m~5m 且不小于 20m	至中微风化基岩内 1m~3m 且最小深度不小于 10m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 3m~5m 且不小于 15m
航站区	至中微风化基岩内 1m~3m 且最小深度不小于 20m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 5m~10m 且不小于 25m	至中微风化基岩内 1m~3m 且最小深度不小于 15m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 5m~10m 且不小于 20m
工作区	至中微风化基岩内 1m~3m 且最小深度不小于 10m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 5m~10m 且不小于 15m	至中微风化基岩内 1m~2m 且最小深度不小于 5m；基岩埋藏大于 20m 时，至较硬的稳定土层 5m~10m 且不小于 10m

注：较稳定土层一般包括硬塑状态粘性土，中密及以上粉土、砂土、碎石土等。

【条文说明】条文对控制性钻孔的深度提出了最小深度和至基岩或稳定土层两方面控制的要求，稳定土层一般包括硬塑状态粘性土，中密及以上粉土、砂土、碎石土等。这一要求旨在确保勘察工作能够全面、准确地掌握土层情况，为后续工程设计和施工提供坚实可靠的依据。在某机场实际工程中，勘察时曾出现只考虑钻孔深度不小于 15m 这一单一条件，而忽视了钻孔要穿透软弱土层的关键要求，导致对土层沉降量的判断产生较大偏差。

6.4.6 取样测试应符合下列规定：

- 1 取样的勘探孔、探坑（槽）宜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；
- 2 勘探孔和探坑（槽）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；场区每土层的取样数量应不少于 12 个；
- 3 飞行区室内试验项目可按本规范附录 C 确定，航站区和工作区室内试验项目可按相关规范确定。

6.4.7 应采取有代表性的土样，进行腐蚀性分析试验，并按《岩土工程勘察规范》（GB 50021）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。

7 飞行区详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 飞行区详细勘察阶段，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，对飞行区地基处理工程、边坡与支挡工程、飞行区地下工程、飞行区道路与桥梁工程、飞行区建筑单体、飞行区地下管沟、排水沟、调蓄水池和消防水池、助航灯光基础等进行勘察。

【条文说明】详细勘察服务初步设计和施工图设计，本规范对涉及飞行区的各类工程详细勘察进行了规定，这些工程都属于民航专业工程。飞行区以外的功能分区，航站区和工作区的各类工程，如航站楼、工作区配套设施等，其设计审批、工程质量监督不属于民航行业管理，勘察阶段划分及相应要求在相关行业规范已有规定。

7.1.2 飞行区详细勘察应依据下列资料和要求进行：

- 1 详细勘察任务书或勘察技术要求；
- 2 工程测量资料和初步勘察成果；
- 3 场道平面布置和分区；
- 4 道面结构类型、地势设计方案；
- 5 地基处理或岩土工程治理的初步方案；
- 6 拟建支挡结构的性质、结构特点及拟采取的基础形式、尺寸和埋置深度；
- 7 拟建建筑单体的性质、上部荷载、功能特点、结构类型，基础形式、埋置深度和变形限制；
- 8 拟建地下管沟、排水沟、调蓄水池和消防水池的类型、基底控制标高和可能采取的施工工法；
- 9 拟建灯光桥及检修桥、灯光塔的规模、结构类型、基础形式、尺寸、荷载；
- 10 改扩建工程应搜集周边既有地下埋设物分布情况。

【条文说明】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前提。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应完成下列任务：

- 1 提供详细的岩土工程资料和设计所需的岩土参数；
- 2 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评价；
- 3 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；
- 4 对特殊性岩土和不利地质作用进行岩土工程分析评价，对地基处理工程、基础工程、土石方工程提出建议方案。

【条文说明】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。

7.1.4 飞行区详细勘察应充分利用选址勘察和初步勘察的成果资料。

7.1.5 飞行区详细勘察阶段的工程地质勘察可采用钻探、工程物探、原位测试等手段相结合的综合勘察方法。

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。

【条文说明】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，就某些专门地质问题，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，从服务于设计和施工的角度，为工程治理提供依据。

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。

【条文说明】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 详细勘察阶段的工程地质测绘与调查，宜包括下列内容：

- 1 查明场区自然边坡坡度、性状与坡面情况；

2 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；

3 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；

4 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；

5 查明地表水、地下水、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。

【条文说明】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，是确定工程处理措施和工程量的依据。

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。地形地质条件较复杂的高边坡工程地质测绘与调查，比例尺可选用 1:200~1:500，支挡工程地质测绘与调查比例尺可选用 1:100。

【条文说明】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，提供设计需要的工程地质图件。

7.3 水文地质勘察

7.3.1 水文地质勘察应符合下列要求：

1 应查明含水层和隔水层的类型、埋藏条件、分布规律，地下水类型、补给、径流和排泄条件，地下水位和动态变化规律，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，需要进行监测时可设置长期观测孔（井）、泉、地表水体等地下水和地表水观测点；

2 应查明场地地下水赋存、渗流状态和不同含水层间地下水相互关系、地下水和地表水的水力联系和补排关系，并划分水文地质单元；

3 应采用现场试验和室内试验相结合的综合方法，查明场地及其影响区不同水文地质单元岩土层的渗透系数、影响半径等水文地质参数。水文地质参数的测定应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定；

4 应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，评价地下水对混凝土结构、混凝土中钢筋、钢结构等的腐蚀性。

【条文说明】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、岩溶地区需要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，则是软弱土地基、高填方地基需要重点查明的内容。

7.3.2 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。勘察外业结束后应统一测量各勘探孔（井）稳定水位和场地及其影响范围内地表水体水位，绘制地下水等水位线平面图和水文地质剖面图。

7.3.3 长期观测孔（井）、泉、地表水等应按水文地质单元并结合初步勘察地下水、地表水进行观测点设置，每个水文地质单元地下水应不少于 3 个观测点。观测时长宜不少于 1 个水文年；观测频率应为丰水期每月不少于 2 次，枯水期每月不少于 1 次，出现强降雨、洪水、干旱、地下水位异常下降等特殊情况下，应加密观测频率。需了解水质状况时，可选取代表性观测点进行水质监测。

7.3.4 水文地质勘察应根据长期观测数据绘制地下水地表水观测点水位、水质的动态变化曲线，以及观测区不同季节地下水等水位线平面图和水质变化平面图，并分析地下水的季节性动态变化规律和地下水补给、径流和排泄随季节的变化特征。

7.3.5 水文地质勘察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。

7.3.6 水文地质勘察应绘制水文地质平面图、剖面图，结合地下水地表水监测和工程地质勘察等成果，详细分析评价原场地、场地形成过程和形成后地下水对工程的影响。

7.4 工程地质勘察

(I) 飞行区场地

7.4.1 飞行区场地详细勘察阶段应包括下列主要内容：

- 1 查明场区地形特征、地貌类型；
- 2 查明场区地质构造和抗震设防烈度情况；
- 3 详细查明场区岩土类型、成因、分布规律；
- 4 详细查明场区地基土的物理力学性质和指标；
- 5 查明场区特殊性岩土的种类、分布、类别或等级；
- 6 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；

7 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；

8 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；

9 查明地表植物土状况；

10 查明场地土层的标准冻结深度。

【条文说明】条文中的飞行区场地是指进行飞行区建设的场地，场地内进行跑道、滑行道、停机坪、土面区等建设，该场地通常需要进行地基处理、土石方平整等。飞行区工程的关注重点是其中的道面区域。

7.4.2 飞行区场地详细勘察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。

7.4.3 山区机场挖方区宜在料源开挖后进行飞行区场地勘察。

【条文说明】山区机场挖方区通常作为料源使用，料源开挖至设计设计标高后再进行场地勘察，不仅有利于查清地质情况，也可以节约勘察工作量。

7.4.4 飞行区场地详细勘察勘探点（线）的布置应符合以下要求：

1 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；勘探线上的勘探点间距可按表 7.4.4 确定；

2 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。土面区可根据地形地貌条件适当布置勘探点。

表 7.4.4 跑道、滑行道、机坪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。

7.4.5 控制性钻孔宜占勘探孔总数的 1/5~1/3，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 1m~3m；基岩埋藏较深时，至较硬的稳

定土层 3m~5m 且不小于 15m。一般性钻孔深度可至基岩内 1m~2m；基岩埋藏较深时，10m~15m。探坑深度根据实际情况确定。

【条文说明】稳定土层一般包括硬塑状态粘性土，中密及以上粉土、砂土、碎石土等。

7.4.6 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 1/6~1/3。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。1m~5m 深度区间的取样间距可为 1.0m~1.5m，5m~10m 深度区间的取样间距可为 2.0m~2.5m，10m 深度以下竖向取样间距可为 3.0m。每一土层均应取样。

7.4.7 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。道基顶面设计标高下地基土每一土层每项岩土指标的数量应不少于 12 个。

7.4.8 对于涉及土石方工程和夯实或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。

7.4.9 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宜不少于 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）。

7.4.10 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》（GB 50021）评价地基土对水泥混凝土、混凝土中钢筋的腐蚀性。

（II）边坡与支挡工程

7.4.11 边坡工程勘察应依据如下图纸和资料：

1 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）；

2 坡顶填方高度、初步确定的边坡坡度、边坡工程范围；

3 边坡工程范围内和相关区域的地形图；

4 场地及其附近已有的勘察资料、环境条件资料；

5 地基处理或岩土工程治理的初步方案；

6 勘察任务书或勘察技术要求。

【条文说明】机场工程中的边坡包括挖方区边坡和填方区边坡。对以沿跑道中心线两侧 150m（飞行区指标 I 为 3、4）为起点，按 1:7 的坡度进行净空控制的区域，挖方区边坡通常不需要

进行边坡稳定性评价，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，为边坡开挖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营问题。

7.4.12 填方边坡工程勘察应查明下列内容：

- 1 场地地形和场地所在地貌；
- 2 岩土的时代、类型、成因、性状、覆盖层厚度、基岩面的形态和坡度、岩石风化和完整程度；
- 3 岩、土体的物理力学性能；
- 4 地下水水位、水量、类型、主要含水层分布情况、补给及动态变化情况；
- 5 地下水、土对支挡结构材料的腐蚀性；
- 6 不良地质现象的范围和性质；
- 7 坡顶邻近建（构）筑物的荷载、结构、基础形式和埋深，地下设施的分布和埋深。

7.4.13 挖方边坡工程勘察除应符合本规范 7.4.12 条的规定外，尚应查明主要结构面（特别是软弱结构面）的类型和等级、产状、发育程度、延伸程度、闭合程度、风化程度、充填状况、充水状况、组合关系、力学属性和与临空面的关系。

7.4.14 边坡与支挡工程勘探可采用钻探、坑（井）探、槽探和工程物探等方法，位于岩溶发育的边坡应采用工程物探。

7.4.15 边坡与支挡工程勘探范围应包括坡面和支挡区域，以及外围一定的区域，并应符合下列规定：

- 1 对无外倾结构面控制的岩质边坡的勘探范围：到坡顶的水平距离一般应不小于边坡高度；外倾结构面控制的岩质边坡的勘探范围应根据组成边坡的岩土性质及可能破坏模式确定；
- 2 对于可能按土体内部圆弧破坏的土质边坡应不小于 1.5 倍坡高；
- 3 对于可能沿岩土界面滑动的土质边坡，后部应大于可能的后缘边界，前缘应大于可能的剪出口位置；
- 4 勘察范围尚应包括可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域。

7.4.16 边坡与支挡工程勘探线和勘探点的布置应根据边坡范围、工程地质条件、地下水情况和地形情况确定，勘探线应以垂直边坡走向或平行主滑方向布置为主，在拟设置支挡结构的位置应布置平行和垂直的勘探线。每条勘探线应不少于 2 个勘探点。成图比例尺应大于或等于 1:500，剖面的纵横比例应相同。对于高填方边坡，尚应符合下列规定：

- 1 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；

2 一般宜在坡顶、坡脚及其中间布置勘探点，勘探点间距宜不大于 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；

3 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。

【条文说明】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。

7.4.17 边坡与支挡工程勘探深度应满足边坡稳定分析和工程治理的需要，并应符合下列规定：

1 勘探点分为一般性勘探点和控制性勘探点，控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/5~1/3，并应满足统计分析的要求；

2 一般情况下勘探点深度应进入最下层潜在滑动面 2.0m~5.0m，控制性钻孔取大值，一般性钻孔取小值；

3 支挡位置的控制性勘探孔深度应根据可能选择的支护结构形式确定。对于重力式挡墙、扶壁式挡墙和锚杆挡墙可进入持力层不小于 2.0m；对于悬臂桩进入嵌固段的深度，土质时宜不小于悬臂长度的 1.0 倍，岩质时不小于 0.7 倍；

4 填方边坡进入稳定地层的深度应符合表 7.4.17 的规定。

表 7.4.17 填方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
II	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
III	硬土	中密的碎石土、硬塑粘性土、风化成土块的岩石	3.0~5.0	1.0~2.0
IV	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
V	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	—
VI	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。

【条文说明】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。

7.4.18 边坡与支挡工程勘察，对主要岩土层和软弱层应采样进行室内物理力学性能试验，试验项目应包括物性、强度及变形指标，试样的含水状态应包括天然状态和饱和状态。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；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。

【条文说明】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、保存和运输过程中特别注意避免扰动、保持密封并及时进行试验。

7.4.19 边坡与支挡工程勘察，土的强度试验应根据岩土条件和实际情况确定，并应满足下列要求：

- 1 用于稳定性计算时，土的抗剪强度指标宜采用直接剪切试验；用于确定地基承载力时，土的峰值抗剪强度指标宜采用三轴试验；
- 2 进行室内快剪和固结快剪试验；
- 3 应有一定数量的三轴剪切试验；
- 4 应对用作边坡区填土的击实土进行室内剪切试验；
- 5 剪切试验的最大竖向压力应不低于填方边坡附加荷载与地基土自重应力之和。

【条文说明】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根据设计要求选择，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。

7.4.20 边坡与支挡工程勘察，主要岩土层采集及试验数量应符合下列规定：

- 1 土层不少于 6 组；
- 2 进行现场大剪试验时，应不少于 3 组，每组应不少于 3 个试件；
- 3 岩样抗压强度应不少于 3 组，每组应不少于 3 个试件；
- 4 岩石抗剪强度应不少于 3 组，每组应不少于 6 个试件；

5 需要时应采集岩样进行变形指标试验，有条件时应进行结构面的抗剪强度试验。

7.4.21 填方边坡的填筑体力学参数宜根据试验并结合当地经验确定。试验方法应根据工程要求、填料性质等确定，试验条件应尽可能接近实际情况。

(III) 飞行区地下工程

7.4.22 飞行区地下工程详细勘察除符合本规范第 7.4.1 条规定外，在基岩地区尚应查明岩石风化程度，岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合形式，断裂构造和破碎带的位置、规模产状和力学性质，并应按照《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307) 进行围岩分级、岩土施工工程分级。

【条文说明】条文中的飞行区地下工程主要指下穿通道和综合管廊。

7.4.23 飞行区地下工程详细勘察应根据各类工程场地的工程地质、水文地质和工程周边环境等条件，采用勘探与取样、原位测试、室内试验，辅以工程地质测绘与调查测绘与调查、工程物探的综合勘察方法，并应利用飞行区场地详细勘察成果。控制性勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/3。

7.4.24 飞行区地下工程明挖工法勘探点宜沿结构边两侧和 U 槽横向中部布置，布置范围应根据场地岩土工程条件及基坑支护形式确定，宜为基底埋深的 1~2 倍，点间距宜取 15m~25m，且应不少于 3 个，当场地或岩土条件复杂时应适当增加勘探点。相邻勘探点揭示的地层变化较大、影响设计和施工方案的选择时，应适当增加勘探点数量。

7.4.25 飞行区地下工程明挖工法勘探孔深度应符合下列规定：

1 拟采用天然地基时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层；一般勘探孔深度宜为基底埋深的 2~3 倍，且应不小于 5m；控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到可能的持力层（或埋置深度）以下 3m~5m；

2 拟采用桩基时，控制性勘探孔应穿透桩端平面以下压缩层厚度；一般性勘探孔深度宜达到预计的桩端以下 3~5 倍桩径，且应不小于 3m，对于大直径桩应不小于 5m；嵌岩桩的控制性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 3~5 倍桩径，一般性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 1~3 倍桩径，并应穿过溶洞、破碎带，达到稳定地层；

3 勘探点钻孔深度遇场地或岩土条件复杂时应适当加深。

7.4.26 飞行区地下工程采用明挖工法的勘察应对下列内容进行分析和评价：

1 提出对地下工程有不利影响的工程地质问题及防治措施的建议；

2 对基坑边坡的稳定性进行评价，分析基坑支护可能出现的岩土工程问题，提出防治措施建议，提供基坑支护设计和施工所需的岩土参数；

3 分析地下水对工程施工的影响, 预测基坑突水、涌砂、流土、管涌的可能性及危害程度, 评价工程降水、岩土开挖对工程周边环境的影响。提出地下水控制措施的建议, 提出周边环境保护措施的建议;

4 分析地下水对工程结构的作用, 对需采取抗浮措施的地下工程, 提出抗浮设防水位的建议, 提供抗拔桩或抗浮锚杆设计所需的各岩土层的侧摩阻力或锚固力等计算参数; 缺乏工程经验时, 可对抗浮设防水位进行专项研究;

5 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性;

6 对抗震设防烈度大于 6 度的场地, 应进行液化判别, 提出处理措施的建议;

7 对地基承载力、地基处理效果等的工程检测提出建议, 对工程结构、工程周边环境、岩土体的变形及地下水位变化等的工程监测提出建议。

7.4.27 飞行区地下工程暗挖工法工程区间勘探点宜在隧道结构外侧 3m~5m 的位置交叉布置。在洞口、陡坡段、大断面、异型断面、工法变换等部位以及施工竖井应有勘探点控制, 并布设剖面。复杂场地勘探点间距 10m~30m, 中等复杂场地 30m~50m, 简单场地 50m~60m。

7.4.28 飞行区地下工程暗挖工法勘探孔深度应符合下列规定:

1 控制性勘探孔的深度应满足地基、隧道围岩、基坑边坡稳定性分析、变形计算以及地下水控制的要求;

2 对区间工程, 控制性勘探孔进入结构底板以下应不小于 3 倍隧道直径(宽度)或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石应不小于 5m, 一般性勘探孔进入结构底板以下应不小于 3 倍隧道直径(宽度)或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石应不小于 3m;

3 当采用承重桩、抗拔桩或抗浮锚杆时, 勘探孔深度应满足其设计的要求;

4 当预定深度范围内存在软弱土层时, 勘探孔应适当加深。

7.4.29 飞行区地下工程采用暗挖工法的勘察应对下列内容进行分析和评价:

1 分析隧道开挖、围岩加固及初期支护等可能出现的岩土工程问题, 提出防治措施建议, 提供隧道围岩加固、初期支护和衬砌设计与施工所需的岩土参数;

2 划分岩体结构类型, 分析隧道偏压的可能性及危害;

3 分析地下水对工程施工的影响, 预测隧道突水、涌砂、流土、管涌的可能性及危害程度;

4 对施工竖井及隧道断面尺寸变化较大区段, 应根据工程特点、场地地质条件和工程周边环境条件进行岩土工程分析评价;

5 围岩加固效果等的工程检测提出建议, 对工程结构、工程周边环境、岩土体的变形及地下水位变化等的工程监测提出建议。

7.4.30 飞行区地下工程详细勘察阶段取样和原位测试应符合下列规定:

1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/2; 当勘探孔总数少于 3 个时, 每个勘探孔均应取样或进行原位测试;

- 2 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。

(IV) 飞行区道路工程

7.4.31 飞行区道路工程详细勘察应为道路设计、路基处理、道路施工等提供详细的岩土参数，并作出分析、评价，提出相关建议。

【条文说明】条文中的飞行区道路工程主要指非道面服务车道，不包括围场路。

7.4.32 飞行区道路工程详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

- 1 道路勘探点宜沿道路中线布置；
- 2 勘探点的间距可根据场地和岩土条件的复杂程度确定。场地复杂程度一级，勘探点间距为 50m~100m；场地复杂程度二级，勘探点间距为 100m~200m；场地复杂程度三级，勘探点间距为 200m~300m；
- 3 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点，在微地貌和地层变化较大的地段应予以加密；
- 4 当线路通过沟、浜、掩埋的沟坑和古河道等地段时，勘探点的间距宜控制在 20m~40m，控制边界线勘探点间距可适当加密。

7.4.33 飞行区道路工程详细勘察控制性勘探孔的比例应不少于勘探孔总数的 1/3。勘探孔深度宜达到原地面以下 5m，在挖方地段宜达到路面设计标高以下 4m；当分布有填土、软土和可液化土层等特殊岩土时，勘探孔应适当加深；在勘探深度内遇基岩时，应有勘探孔（井）钻（挖）入基岩一定深度，查明基岩风化特征。其他勘探孔（井）可钻（挖）入基岩适当深度。

7.4.34 飞行区道路工程取样和原位测试应符合下列规定：

- 1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/2；
- 2 采取土样的竖向间距应按地基的均匀性和代表性确定，在原地面或路面设计标高以下 1.5m 和软土地区原地面或路面设计标高以下 3m 的深度范围内，取土间距宜为 0.5m，上述深度以下的取土间距可适当放宽；
- 3 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。

(V) 飞行区桥梁工程

7.4.35 飞行区桥梁工程详细勘察应以钻探、原位测试为主，结合工程物探、挖探等进行综合勘探，并应利用飞行区场地详细勘察成果。

【条文说明】条文中的飞行区桥梁工程主要指飞机荷载桥梁、服务车道桥梁，不包括航站楼前汽车桥梁。

7.4.36 飞行区桥梁工程详细勘察的勘探测试点应在桥梁的墩台位置和跨中轴线布置，勘探孔间距宜取 15m~25m，每个墩台的钻孔数量不得少于 1 个。桥梁墩、台的勘探钻孔应根据地质条件按下图在基础的周边或中心布置。当有特殊性岩土、不良地质或基础设计施工需进一步探明地质情况时，可在轮线外围布孔，或与原位测试、工程物探结合进行综合勘探。每个墩台的钻孔数量不得少于 1 个。遇有断裂带、软弱夹层等不良地质或工程地质条件复杂时，应结合现场地质条件及基础工程设计要求确定每个台的钻孔数量。

7.4.37 飞行区桥梁工程详细勘察的钻孔数量和深度应控制地层、断裂等重要的地质界线和说明桥位工程地质条件。地质情况复杂时，应结合现场地质条件及基础工程设计要求确定钻孔布置方式及深度。勘探孔深度应符合下列规定：

1 当拟采用天然地基时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层；一般性勘探孔应达到基底以下 0.5~1.0 倍的基础宽度，钻孔钻入持力层以下深度不得小于 5m，在此深度内遇有软弱地层发育时，应穿过软弱地层至坚硬土层内不小于 1.0m。控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到可能的持力层（或埋置深度）以下 3m~5m；

2 当拟采用桩基时，一般性勘探孔深度应深入预计桩端平面以下 3~5d（d 为桩径），且应不小于 3m，对于大直径桩应不小于 5m；控制性孔应穿透桩端平面及以下压缩层厚度。嵌岩桩的控制性钻孔应深入预计桩端平面以下不小于 3~5d，一般性钻孔应深入预计桩端平面以下不小于 1~3d。当持力层较薄时，应有部分钻孔钻穿持力岩层。在岩溶、断层破碎带地区，应查明溶洞、溶沟、溶槽、石笋等的分布情况，钻孔应钻穿溶洞或断层破碎带进入稳定土层，进入深度应满足上述控制性钻孔和一般性钻孔的要求。

7.4.38 飞行区桥梁工程详细勘察宜布置 1/3~1/2 的勘探孔为控制性孔；采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/2；当勘探孔总数少于 3 个时，每个勘探孔均应取样或进行原位测试。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。

(VI) 飞行区建筑单体

7.4.39 飞行区建筑单体详细勘察应提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基作出岩土工程评价，对建筑类型、结构形式、埋置深度、基坑支护、地下水控制、不良地质作用的防治和施工方法等提出建议，并符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

【条文说明】条文中的飞行区建筑单体主要指灯光站、消防站、变电站、特种车库等，属于民航专业工程。

7.4.40 飞行区建筑单体详细勘察应符合下列规定：

- 1 应利用飞行区场地详细勘察成果；
- 2 停放重型车辆或设备（特种车库、消防车库等）的单体建筑，宜结合现场地质条件及基

础工程设计要求，在房心回填位置布置勘探点；

3 调蓄泵站勘探孔深度宜不小于开挖深度的 2.5 倍；

4 若单体建筑有压缩机等动力设备时，宜在设备基础处进行孔内波速测试，提供设计所需的地基动力特征参数。若设计要求进行块体基础振动测试时，应按要求提供地基刚度系数和阻尼比等动力参数，测试方法应符合《地基动力特性测试规范》（GB/T 50269）的规定；

5 应对建筑场地土壤中氡浓度或土壤氡析出率进行测定，测定方法应符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（GB 50325）的规定；

6 建筑单体位于填筑形成场地时，应符合本规范第 8.7 节的规定。

7.4.41 飞行区建筑单体详细勘察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；在受基坑开挖影响和可能设置支护结构的范围内，应分层提供支护设计所需的抗剪强度指标。

（VII）飞行区地下管沟、排水沟、消防水池和调蓄水池

7.4.42 飞行区地下管沟、排水沟、消防水池和调蓄水池的详细勘察应符合《市政工程勘察规范》（CJJ 56）的规定。

7.4.43 飞行区地下管沟、排水沟、消防水池和调蓄水池的详细勘察应符合下列规定：

1 应利用飞行区场地详细勘察成果；

2 拟建场地位于填筑形成场地、拟建场地存在特殊性岩土或不良地质作用、开挖范围内可能产生流砂、流土、管涌等渗透性破坏时，应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定；

3 沟底或池底深度大于 3.0m 时，应按基坑工程进行勘察，并符合《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120）的规定；

4 若管道材质为钢、铸铁，应对管道埋设深度范围内各土层进行电阻率测试；

5 若丰水期地下水深度小于管道埋设深度时，应判定环境水对金属管道的腐蚀性；

6 勘察期间地下水位或近年最高地下水位高于排水沟沟底标高时，应分区域提出抗浮水位要求。

（VIII）助航灯光基础

7.4.44 助航灯光基础工程详细勘察应利用飞行区场地详细勘察成果。

【条文说明】助航灯光基础是指高杆灯、灯光塔、灯光桥等的基础工程。

7.4.45 助航灯光基础工程详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 高杆灯勘探点布置于混凝土基础边线，呈对角线布置，每个高杆灯基础应不少于 2 个勘探点；

2 灯光桥勘探点布置应在桥梁的墩台位置和跨中轴线布置，宜采用隔墩布置勘探点，每个桥应不少于 3 个勘探点；对大跨越和地质条件复杂地段，应采用逐墩台布点；

3 灯光塔勘探点应在塔基中心位置布置，采用逐塔布置；

4 相邻勘探点揭示的地层变化较大、影响基础设计和施工方案的选择时，应适当增加勘探点数量。

7.4.46 助航灯光基础工程详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 当拟采用天然地基时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层，一般性勘探孔应达到基底以下 0.5~1.0 倍的基础宽度，且应不小于 5m；控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到可能得持力层（或埋置深度）以下 3m~5m；

2 当拟采用桩基时，控制性勘探孔应穿透桩端平面以下压缩层厚度；一般性勘探孔深度宜达到预计的桩端以下 3~5d（d 为桩径），且应不小于 3m，对于大直径桩应不小于 5m；嵌岩桩的控制性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 3~5d，一般性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 1~3d，并应穿过溶洞、破碎带，达到稳定地层。

7.4.47 助航灯光基础工程详细勘察的控制性勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/3；采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应不少于勘探孔总数的 1/2；当勘探孔总数少于 3 个时，每个勘探孔均应取样或进行原位测试。

8 特殊性岩土勘察

8.1 一般规定

8.1.1 拟建机场场地和影响范围内存在对机场建设与运营安全有影响的特殊性岩土时，在相应勘察阶段应按特殊性岩土勘察要求进行专项勘察。

【条文说明】特殊性岩土是指具有特殊的物理、力学性质或地质特征的岩土，本章各节均为特殊性岩土。本章的勘察内容均为专项勘察。

8.1.2 特殊性岩土勘察工作深度与工程量布置应与勘察阶段相适应，并符合本规范第 5 章～第 7 章的规定，勘探方法、原位测试方法和室内试验内容应针对特殊性岩土类型，并宜结合地方勘察经验。

8.1.3 特殊性岩土勘察范围和勘察工作深度应符合下列规定：

1 选址勘察阶段应调查特殊性岩土类型、平面分布范围，调查范围应沿拟建场地规划范围边界线外扩不少于 500m；

2 初步勘察阶段应在前期勘察工作基础上初步查明特殊性岩土平面与厚度空间分布状况，初步进行亚类分区，分区界线误差宜不大于 100m；

3 详细勘察阶段应查明特殊性岩土平面与厚度空间分布状况，进行亚类分区，分区界线误差宜不大于 50m。

8.1.4 特殊性岩土的勘探点布设间距宜取本规范第 5 章～第 7 章规定相应区间的小值，需要追踪特殊性岩土分布范围时可加密。

8.2 软弱土

8.2.1 对孔隙比大于 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。

8.2.2 软弱土勘察除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 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；

- 2 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；
- 3 查明暗埋的塘、浜、沟、坑及洞穴的分布、埋深情况；
- 4 调查当地的工程经验。

8.2.3 软弱土勘察一般应采用轻型动力触探、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。

【条文说明】不同地区的软弱土在物理性质上差异较大，单一勘察方法难以全面准确获取其指标，如钻探取芯结合室内土工试验可测定基本物理参数，而原位测试能在现场条件下可获取更符合实际的物理性质数据，相互验证可提高数据准确性。

8.2.4 软弱土勘探点的间距除应符合本规范第 5 章~第 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、坑及洞穴时应加密。

8.2.5 软弱土勘探孔的深度应满足沉降计算与稳定性分析的需要，并应符合下列规定：

1 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，控制性钻孔深度宜不小于 30m 且进入软弱土层下不小于 5m；

2 对非均质分布的软弱土，可将地基压缩层估算深度 Z_n 作为钻孔深度。地基压缩层估算深度 Z_n 可按式 8.2.5 计算：

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum \Delta s'_i \quad (8.2.5)$$

式中： $\Delta s'_i$ ——在计算深度范围内，第 i 层土的计算变形值；

$\Delta s'_n$ ——由计算深度向上取厚度为 1m 的土层计算变形值。

3 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，在查明其性质并满足设计要求后，可不再深钻。

8.2.6 软弱土的取样测试应符合下列要求：

- 1 软弱土取样应采用薄壁取土器，并以压入法采取；
- 2 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；
- 3 软弱土的室内试验项目可按本规范附录 C 选择；
- 4 软弱土原位测试宜采用静力触探、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验；
- 5 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。

8.2.7 软弱土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 软弱土的成因类型与分布规律；
- 2 软弱土的物理力学性质；

- 3 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；
- 4 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；
- 5 对软弱土提出地基处理方案建议。

8.3 湿陷性土

8.3.1 对大孔隙、具有遇水湿陷特性的黄色粉土、粉质粘土，应按湿陷性土进行工程勘察。对湿陷性黄土的勘察应按《湿陷性黄土地区建筑规范》（GB 50025）执行。除黄土外的湿陷性碎石土、湿陷性砂土和其他湿陷性土的勘察应按《岩土工程勘察规范》（GB 50021）执行。

8.3.2 湿陷性土勘察，除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 年代、成因、厚度、分布与结构特点；
- 2 地貌单元，与下伏地层接触形态；
- 3 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；
- 4 湿陷类型、湿陷等级；
- 5 塌陷、洞穴、冲沟、陡坎、崩塌等的分布、形态及发育规律；
- 6 当地的工程经验。

8.3.3 湿陷性土勘察应采用井探为主，钻探和标准贯入试验相结合的综合方法。

8.3.4 湿陷性土勘探点的间距除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应根据场地复杂程度和湿陷性土的分布确定，当湿陷性土层变化较大时应加密。

8.3.5 湿陷性土勘探孔（井）的布置应符合下列规定：

1 取土勘探点中应有足够数量的探井，其数量应为取土勘探点数量的 1/3～1/2，并宜不少于 3 个，不扰动土试样应在探井中采取；

2 控制性勘探孔（井）深度宜不小于 20m 且进入非湿陷性土层下不小于 3m；一般勘探孔（井）的深度应穿透湿陷性土层；

3 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，根据黄土分布厚度和填方高度确定：

1) 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）深度尚宜不小于 30m 或进入黄土层下土层 5m～10m。地基压缩层计算深度 Z_n 可按式 8.3.5 计算：

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s'_i \quad (8.3.5)$$

式中： $\Delta s'_i$ ——在计算深度范围内，第 i 层土的计算变形值；

$\Delta s'_n$ ——由计算深度向上取厚度为 1m 的土层计算变形值。

2) 边坡稳定影响区的勘探孔深度按本规范第5章~第7章的规定执行。

【条文说明】现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)规定,土试样按扰动程度划分为四个质量等级,其中只有I级土试样可用于进行土类定名、含水量、密度、强度、压缩性等试验,因此,显而易见,黄土土试样的质量等级必须是I级。正反两方面的经验一再证明,探井是保证取得I级湿陷性黄土土样质量的主要手段,国内、国外都是如此。基于这一认识,本规范采用《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025)的规定,强调采取土试样的要求以探井为主,要有足够数量的探井,数量宜为取土勘探点总数的1/3~1/2,且不宜少于3个。虽然也可以用钻孔采取土试样,但是,仅仅依靠好的薄壁取土器,并不一定能取得不扰动的I级土试样。前提是必须先有合理的钻井工艺,保证拟取的土试样不受钻进操作的影响,保持原状,不然,再好的取样工艺和科学的取土器也无济于事。

8.3.6 湿陷性土的试验测试应符合下列规定:

1 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。高填方工况下,尚应对高填方压力范围内的 Q_2 黄土进行湿陷性试验;

2 测定湿陷系数的试验压力,应考虑填土荷载与自重应力;

3 工程需要时,对飞行区道面影响区和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化试验,增湿后的饱和度可按90%或按设计要求确定。

4 湿陷性土的地基承载力宜采用载荷试验、浸水载荷试验或其他原位测试确定。

【条文说明】原位测试技术在湿陷性土地区应用已经较为广泛,但是由于湿陷性土的主要岩土技术指标,必须能直接反映土湿陷性的大小,因此,除了浸水载荷试验和试坑浸水试验(这两种方法有较多应用)外,其他原位测试技术只能说有一定的应用,并发挥着相应的作用。例如,采用静力触探了解地层的均匀性,划分地层,确定地基承载力,计算单桩承载力等。除此,标准贯入试验、轻型动力触探、重型动力触探,乃至超重型动力触探等也有不同程度的应用,不过它们的对象一般是湿陷性黄土地基中的非湿陷性黄土层、砂砾层或碎石层,也常用于检测地基处理的效果。

8.3.7 湿陷性土的湿陷性评价应符合下列规定:

1 地基的总湿陷量 Δ_s (cm)应按式8.3.7计算:

$$\Delta_s = \sum_{i=1}^n \delta_{si} h_i \quad (8.3.7)$$

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,从道基顶面设计标高(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。

2 自重湿陷量按《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025)的规定计算;

3 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》

(GB 50025) 判定。湿陷性碎石土、湿陷性砂土和其他湿陷性土的湿陷程度、湿陷等级按《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 判定。

8.3.8 湿陷性土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 进行湿陷性土的分布规律与结构特性、地貌单元与工程地质分区评价；
- 2 确定湿陷性土的湿陷类型、湿陷等级，对湿陷性进行分区评价；
- 3 结合工程环境条件，对湿陷性土地基的变形和湿陷性变形进行分析评价；
- 4 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，应对湿陷性土边坡进行稳定性评价；
- 5 对湿陷性土地基提出地基处理方案建议。

8.4 膨胀岩土

8.4.1 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岩土，应按膨胀岩土进行工程勘察。膨胀岩土的判定、胀缩等级划分应符合《膨胀土地区建筑技术规范》(GB 50112) 的规定。

8.4.2 膨胀岩土的勘察应符合下列规定：

- 1 勘探点宜结合地貌单元和微地貌形态布置，数量应较非膨胀岩土地区适当增加；
- 2 勘探孔的深度除应满足本规范第 5 章~第 7 章的规定外，尚应超过大气影响深度；
- 3 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，取样间距应不大于 1.0m，在大气影响深度以下，取样间距可为 1.5m~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。

8.4.3 膨胀岩土的室内试验应满足下列要求：

- 1 应测定自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力，以及干湿循环条件下的强度和变形等指标；
- 2 除一般粘性土的试验外，尚应进行粘土矿物成分和无侧限抗压强度试验；
- 3 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；
- 4 可进行交换性阳离子总量、比表面积等的测试。

8.4.4 工程需要时，膨胀岩土勘察应进行现场浸水载荷试验。

【条文说明】膨胀岩土在以下几种情况下通常需要进行浸水载荷试验：(1) 工程设计要求。如需要准确评估膨胀土地基在浸水条件下的变形特性；采用对地基不均匀变形较为敏感的基础形式等。(2) 地质条件复杂。如场地内膨胀土的膨胀性指标变化较大，不同区域的膨胀土具有不同的膨胀潜势；地下水位变化频繁、地下水流速较大或存在上层滞水，影响膨胀土的含水量和

膨胀特性。(3) 特殊使用要求。如地面设施对地面变形极为敏感、有严格防水要求等。(4) 缺乏经验数据。如没有当地工程建设经验或者遇到特殊成因或特性的膨胀土, 现有经验和资料无法准确判断其工程性质。

8.4.5 膨胀土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量计算, 以及胀缩等级划分可执行《膨胀土地区建筑技术规范》(GB 50112) 的规定。有地区经验时, 也可根据地区经验进行相应的计算与划分。

8.4.6 膨胀岩土的岩土工程评价应包括下列内容:

- 1 浸水条件下的地基承载力;
- 2 地基膨胀量和差异隆起量, 及其对工程的影响;
- 3 膨胀岩土地基处理方法及需注意的问题;
- 4 评判膨胀岩土不经处理用作填料的可行性, 并提出处治措施建议。

8.5 盐渍岩土

8.5.1 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, 应按盐渍土进行勘察, 盐渍岩土的含盐化学成分和含盐量分类按《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 执行。

8.5.2 盐渍岩土的勘察应包括下列内容:

- 1 搜集气象和水文资料;
- 2 查明盐渍土的成因、分布和特点;
- 3 查明含盐化学成分、含盐量及其在岩土中的分布;
- 4 查明地下水的类型、埋藏条件、水质、水位及其季节变化, 查明地下水补给、径流和排泄条件。

8.5.3 盐渍岩土场地类型可按表 8.5.3 进行划分。

表 8.5.3 盐渍岩土场地类型划分

场地类型	条件
复杂场地	溶陷等级变化大; 盐胀等级强; 水文和水文地质条件复杂; 地形起伏大, 地貌、地层复杂, 气候条件多变, 正处于积盐或褪盐期
中等复杂场地	溶陷等级变化较大; 盐胀等级中等; 水文和水文地质条件较复杂; 地形起伏较大, 地貌、地层较复杂, 气候条件、环境条件单向变化
简单场地	溶陷等级单一; 盐胀等级弱或无盐胀; 水文和水文地质条件简单; 地形平缓, 地貌、地层简单, 气候条件、环境条件稳定

8.5.4 盐渍岩土的勘探应满足下列要求：

- 1 勘探点布置除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应满足查明盐渍土分布特征的要求；
- 2 勘探方法应以挖探为主，简易勘探（洛阳铲、螺纹钻等）、钻探、静力触探与其配合使用；
- 3 为测定毛细水上升高度的取样勘探，孔深应深达地下水位以下。

8.5.5 盐渍岩土的测试、试验应符合下列规定：

- 1 采取岩土试样宜在干旱季节进行，对用于测定含盐离子的扰动土取样，应符合表 8.5.5 的规定；
- 2 应测定毛细水上升高度；
- 3 除常规室内试验外，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，可对岩土的结构进行显微结构鉴定；
- 4 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。

表 8.5.5 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

【条文说明】当工程处于高温、高湿度、强腐蚀等特殊环境时，盐渍土的显微结构变化可能对工程产生重要影响，可以通过显微结构鉴定研究盐渍岩土的溶陷和盐胀机理、矿物成分、颗粒形态和孔隙特征等。

8.5.6 盐渍岩土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 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，评价盐渍土地复杂程度；
- 2 岩土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性；
- 3 考虑水溶性影响的盐渍土地基承载力；
- 4 盐渍土对建筑材料的腐蚀性评价；

- 5 半胶结粗粒土溶蚀性评价;
- 6 盐渍土地基处理的分析评价与建议。

8.6 多年冻土

8.6.1 对含有固态水,且冻结状态持续二年或二年以上的土,应按多年冻土进行勘察。多年冻土的融沉性分级应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)确定。

8.6.2 多年冻土勘察除应符合本规范第5章~第7章的规定外,尚应查明以下内容:

- 1 多年冻土的类型、分布范围、成因和厚度;
- 2 多年冻土地基的物理、力学和热学参数;
- 3 多年冻土的融沉性分级和季节冻土的冻胀性分级;
- 4 多年冻土上限的分布、季节融化层的成分和冻胀性;
- 5 多年冻土的地质条件及其对工程的危害程度。

8.6.3 多年冻土勘探点的间距,除应符合本规范第5章~第7章的规定外,尚应根据多年冻土工程地质条件的复杂程度、多年冻土的性质等情况适当加密。

8.6.4 多年冻土勘探孔的深度,除应符合本规范第5章~第7章的规定外,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。

8.6.5 多年冻土的取样测试应符合下列规定:

- 1 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;
- 2 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;力学试验应包括多年冻土的融沉系数、多年冻土在融化状态的固结试验和剪切试验等项目;
- 3 冻土工程地质条件复杂地段可建立地温观测点,进行地温观测。

【条文说明】建立地温观测点主要是为了掌握冻土温度变化对机场的影响。需要进行地温观测的情况主要包括:多年冻土边缘地带、岛状多年冻土区域,或有地热异常、地下水活动强烈可能导致地温变化复杂的地温变化敏感区;高含冰量冻土区;岩性变化大、多层交互的地层岩性复杂区;以及需要进行科研或者积累地温数据等情况。

8.6.6 多年冻土的岩土工程评价应包括下列内容:

- 1 应阐述冻土的发育情况、特征和不良地质问题,并进行多年冻土工程地质评价;
- 2 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;
- 3 评价多年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;

- 4 提出多年冻土地基处理方案建议。

8.7 填土

8.7.1 对由人类活动而堆填、经压实或未压实的土，应按填土进行工程勘察。

【条文说明】填土根据物质组成和堆填方式，可分为素填土、杂填土、冲填土和压实填土。

针对机场改（扩）建工程，往往涉及弃土或有序设计与施工的压实填土。对于弃土勘察钻探取芯率低，难以可靠鉴别其岩性及粒径，勘察方法重调查及填筑前的地形资料搜集；对于有序设计与施工的压实填土，勘察方法重在搜集压实填土的原设计资料。

8.7.2 填土勘察应包括下列内容：

- 1 搜集资料，调查地形和地物的变迁，填土的来源、堆积年限和堆积方式；
- 2 查明填土的分布、厚度、物质成分、颗较级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性等，对冲填土尚应了解其排水条件和固结程度；
- 3 调查有无暗浜、暗塘、渗井、废土坑、旧基础及古墓的存在；
- 4 查明地下水的水质，判定地下水对建筑材料的腐蚀性及与相邻地表水体的水力联系。

8.7.3 填土勘探应满足下列要求：

- 1 勘探方法应根据填土性质确定。对由粉土或黏性土组成的素填土，可采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗成分的素填土和杂填土宜采用动力触探、钻探，并应有一定数量的探井；
- 2 勘探点宜在本规范第 5 章～第 7 章规定的基础上加密，勘探孔的深度应穿透填土层；当填土下为软弱土层时，应穿透软弱土层。对暗埋的塘、洪、沟、坑的范围，应予追索并圈定范围；
- 3 填土与周边岩土层存在物理性质差异时，宜采用工程物探手段查明填土分布范围。

【条文说明】条文中的轻型钻具主要指手工操作的钻具，如螺旋钻、洛阳铲等。

8.7.4 填土的工程特性指标宜采用下列测试方法确定：

- 1 宜采用触探法测试填土的均匀性和密实度，并辅以室内试验；
- 2 宜采用室内固结试验或现场载荷试验测定填土的压缩性、湿陷性；
- 3 宜采用大容积法试验测定杂填土的密度；
- 4 对于压实填土，在压实前应测定填料的最优含水量和最大干密度，压实后应测定其干密度，计算压实系数。

8.7.5 填土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定填土的均匀性、压缩性、湿陷性、密实度、粒

度成分与级配状况；

- 2 提出填土的地基处理措施建议；
- 3 评价填土的填筑特性及用作拟建场地内填料的适宜性；
- 4 评价填土在后续机场建设施工过程中的工程地质风险；
- 5 填土成分复杂、成层或成片分布时，应按厚度、强度和变形特性分层或分区评价。

8.8 红黏土

8.8.1 对颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，其液限大于或等于 45% 的高塑性黏土，应按红黏土进行工程勘察。

【条文说明】红黏土分为原生红黏土和次生红黏土。颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，其液限大于或等于 50% 的高塑性黏土，应判定为原生红黏土。原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征，且其液限大于 45% 的黏土，可判定为次生红黏土。

8.8.2 红黏土的勘察，应查明其状态分布、裂隙发育特征、地基均匀性及复浸水特性，分类标准应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

8.8.3 红黏土的勘察应包括下列内容：

- 1 应查明不同地貌单元红黏土的分布、厚度、物质组成、土性等特征及其差异；
- 2 应查明下伏基岩岩性、岩溶发育特征及其与红黏土土性、厚度变化的关系；
- 3 应查明地裂分布、发育特征及其成因，土体结构特征，土体中裂隙的密度、深度、延展方向及其发育规律；
- 4 应查明地表水体和地下水的分布、动态及其与红黏土状态垂向分带的关系。

8.8.4 红黏土的勘察应满足下列要求：

- 1 工程地质测绘应查明原生红黏土与次生红黏土的平面分布范围；
- 2 勘探点宜结合地貌单元和微地貌形态布置，并在本规范第 5 章～第 7 章规定的基础上加密；
- 3 勘探孔深度应达到下伏基岩。

8.8.5 红黏土的工程特性指标宜采用下列测试方法确定：

- 1 采取土试样的数量宜按已划分的土质单元控制，保证各层土的取样数量和统计指标的变异系数等符合要求；
- 2 除常规项目试验外，还应可进行收缩试验和复浸水试验、50kPa 压力下的膨胀量、收缩量及不同失水最条件下的同胀量等试验、三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验、重复剪切试验。

8.8.6 红黏土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 应评价地下水变化对填方后沉降均匀性的不利影响；
- 2 应评价红黏土裂隙发育特征、胀缩性、地下水埋藏条件对边坡稳定性的影响；
- 3 应按《岩土工程勘察规范》（GB 50021）进行地基基础岩土工程评价。

8.9 风化岩和残积土

8.9.1 对岩石在风化营力作用下，其结构、成分和性质已产生不同程度变异的地层，应按风化岩进行勘察；对已完全风化成土而未经搬运的地层应按残积土进行勘察。

【条文说明】对于厚层的强风化和全风化岩石，宜结合当地经验进一步划分为碎块状、碎屑状和土状；厚层残积土可进一步划分为硬塑残积土和可塑残积土，也可根据含砾或含砂量划分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土。

8.9.2 风化岩和残积土的勘察应查明下列内容：

- 1 母岩地质年代和岩石名称；
- 2 不同风化程度风化带的埋深及各带的厚度；
- 3 岩土的均匀性、破碎带和软弱夹层的分布；
- 4 残积土中风化残留体，如孤石、未风化成土状的岩脉、岩石构造带风化形成的软弱带等的分布范围；
- 5 风化带及残积土开挖暴露后的抗风化能力；
- 6 残积土与风化岩是否具有膨胀性及湿陷性；
- 7 地下水赋存条件。

8.9.3 风化岩和残积土的勘探应符合下列规定：

- 1 各勘察阶段的勘探点均应考虑到不同岩层和其中岩脉的产状及分布特点布置，勘探点间距除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应根据场地复杂程度、风化岩和残积土的性质等情况适当加密；
- 2 应有一定数量的探井，从探井中采取不扰动试样并利用探井做原位密度试验等；
- 3 钻探应用双重管、三重管采取试样，每一风化带应不少于 3 组；
- 4 在选址勘察与初步勘察阶段，勘探点深度应达到或深入微风化层。

8.9.4 风化岩和残积土的测试应满足下列要求：

- 1 宜采用原位测试与室内试验相结合的原则进行岩土测试；
- 2 原位测试可采用圆锥动力触探、标准贯入试验、波速测试和载荷试验；
- 3 室内试验除应按《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定执行外，对极软岩和极破碎

的岩体，可按土工试验要求进行，必要时对残积土进行湿陷性和湿化试验；

- 4 对花岗岩残积土，应测定其中细粒土的天然含水量、塑限、液限。

8.9.5 风化岩或残积土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 风化岩或残积土的干裂、湿化、软化效应、崩解性和膨胀性；
- 2 风化岩的开挖难易程度分级；
- 3 作为填方边坡地基的稳定性；
- 4 挖方区土石方工程施工过程中的工程地质风险。

8.10 混合土

8.10.1 由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土，应按混合土进行工程勘察。混合土的分类、定名等应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 进行。

8.10.2 混合土的勘察除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应查明下列内容：

- 1 地形和地貌特征，混合土的成因、分布，下卧层或基岩的埋藏条件；
- 2 混合土的组成、均匀性及其在水平方向和垂直方向上的变化规律。

8.10.3 混合土勘察应有一定数量的探井，并应采取大体积土试样进行颗粒分析和物理力学性质试验。

8.10.4 混合土勘探点的间距和勘探孔的深度，除应符合本规范第 5 章～第 7 章的规定外，尚应适当加密、加深。

8.10.5 混合土现场载荷试验的承压板直径和现场直剪试验的剪切面直径都应大于试验土层最大粒径的 5 倍，载荷试验的承压板面积应不小于 0.5m^2 ，直剪试验的剪切面面积宜不小于 0.25m^2 。必要时应进行浸水载荷试验。

【条文说明】混合土勘察需要进行浸水载荷试验的情况主要有：设计拟采用浸水后可能产生较大变形的基础、对地基不均匀沉降敏感的基础；地下水位较高或地下水流速较大，混合土受地下水的浸湿、软化作用强；降雨集中或干湿季节分明的地区，混合土的含水量随季节变化大；混合土各组成成分比例和性质差异大，且分布不均匀，常规勘察难以准确判断其工程特性；混合土特性不明；含有特殊成分如膨胀性矿物、易溶性盐等的混合土，浸水后可能产生膨胀、溶解等物理力学变化；工程有防水要求。

8.10.6 混合土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 混合土的承载力应采用载荷试验、动力触探试验并结合当地经验确定；
- 2 混合土边坡的容许坡度值可根据现场调查和当地经验确定；

- 3 对重要工程应进行专门试验研究。

8.11 污染土

8.11.1 由于致污物质的侵入，使土的成分、结构和性质发生了显著变异的土，应按污染土进行勘察。

8.11.2 污染土勘察除应符合本规范第5章～第7章的规定外，尚应查明下列内容：

- 1 对工业污染应调查污染源、污染史、污染途径、污染物成分、污染场地已有建筑物受污染程度、周边环境等。对尾矿污染应调查不同的矿物种类和化学成分，了解选矿所采用的工艺、添加剂及其化学性质和成分等。对垃圾填埋场应调查垃圾成分、日处理量、堆积量、使用年限、防渗结构、变形要求及周边环境；

- 2 查明污染土分布范围和深度；

- 3 查明污染物在地下水中的空间分布。

8.11.3 污染土和水的室内试验，应根据污染情况和任务要求进行下列试验：

- 1 污染土和水的化学成分；

- 2 污染土的物理力学性质；

- 3 对建筑材料腐蚀性的评价指标；

- 4 对环境的影响评价指标；

- 5 力学试验项目和试验方法应考虑污染土的特殊性质，进行相应的试验，如膨胀、湿化、湿陷性试验等；

- 6 必要时进行专门的试验研究。

8.11.4 污染土勘察，应查明对人类身体健康的影响，并提出处治与利用建议。

【条文说明】在污染土勘察中，查明对人类身体健康的影响可从以下方面着手：（1）土壤污染状况调查，包括污染物检测，分析土壤中重金属、有机物及其他有害物质含量，判断污染类型和程度；通过不同点位、深度采样检测，确定污染范围和边界。（2）地质与水文地质条件研究。地质条件分析，研究地层结构、岩性等，了解污染物在土壤中的迁移特性；水文地质研究，调查地下水位、水流方向等，分析污染物随地下水扩散的可能性及影响范围，评估对地下水水质的影响。（3）人体暴露途径分析，包括吸入途径、皮肤接触、摄入途径等。评估土壤扬尘中污染物进入人体的可能性，分析人群与污染土直接接触的机会，以及误食污染土壤颗粒等风险。

（4）健康风险评估，进行危害识别、暴露评估和风险表征评估。分析污染土壤上生长的植物中污染物含量，观察区域内动物的生存状况、疾病发生情况等；确定土壤中污染物对人体的主要危害；估算人群对污染物的暴露剂量和时间，结合污染物浓度、暴露途径等因素计算；综合危

害识别和暴露评估结果，计算健康风险水平，与可接受风险标准比较，判断是否对人体健康构成威胁。

8.11.5 污染土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 污染源的位置、成分、性质、污染史及对周边的影响；
- 2 污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；
- 3 污染土的物理力学性质，污染对土的工程特性指标的影响程度；
- 4 工程需要时，提供地基承载力和变形参数，预测地基变形特征；
- 5 污染土和水对建筑材料的腐蚀性；
- 6 污染土和水对环境的影响；
- 7 分析污染发展趋势；
- 8 对已建项目的危害性或拟建项目适宜性的综合评价；

8.12 珊瑚岩土

8.12.1 对由造礁珊瑚及其他造礁生物对生成礁的钙物质长期积累沉积、由造礁珊瑚的石灰质遗骸和石灰质藻类堆积而成的岩土应按珊瑚岩土进行勘察。

【条文说明】珊瑚礁根据成因可划分为原生礁与次生礁两种类型；根据地貌形态可划分岸礁、堡礁与环礁三种类型。珊瑚礁的微地貌单元类型划分详见说明表 8.12.1。

说明表 8.12.1 珊瑚礁地貌类型

地貌类型	地貌类型		特点
山与海地貌	侵蚀地貌	海蚀洞、海蚀牙、海蚀柱、海蚀平台	发育于岩石岛礁，海流及海浪冲击作用、磨蚀、溶蚀作用发育
	堆积地貌	沙嘴、海滩、沙堤、泻湖、洼地、海滩阶地	发育于松散沉积物堆积而成的岛屿，形态多变
礁坪地貌	礁前斜坡、礁顶砾滩、礁坪、泻湖、沉积砂席		波浪、水流的能量低，水的循环受到限制

8.12.2 珊瑚岩土勘察应查明下列内容：

- 1 查明建设区域年降水量、蒸发量及其变化等区域气象条件，查明极端气候风暴潮、台风等对建设场地的影响；
- 2 查明珊瑚砂地基所处区域的地层结构、年代、成因，珊瑚碎屑物质分布特征及物质组成

等；

3 查明弱胶结礁坪、海滩岩等硬壳层的物质组成、分布、海蚀破坏情况及其工程性能和特性等；

4 查明地下水的补给、径流和排泄条件，地下水的类型和赋存状态及含水层的分布规律，划分水文地质单元，查明地表水、潮汐与地下水的水力联系；

5 查明勘察时的地下水位，调查历史最高地下水位、近 5 年最高地下水位、地下水水位年变化幅度、变化趋势和主要影响因素，有渗流存在时，查明渗透力对珊瑚砂地基密实度的影响及影响规律。

【条文说明】抽水试验是珊瑚礁场地水文地质勘察中常用方法，但不同抽水试验方法能测定的水文地质参数及其精准度不尽相同，详见说明表 8.12.2-1；根据抽水试验或注水试验测定的渗透系数 k 对含水层渗透类别划分可参照说明表 8.12.2-2 进行判别。

说明表 8.12.2-1 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

说明表 8.12.2-2 含水层渗透类别划分标准

类别	特强透水	强透水	中等透水	弱透水
渗透系数 k 值 (cm/s)	$k > 2.3 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-2} \leq k \leq 2.3 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-3} \leq k < 1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-2} \leq k < 1.2 \times 10^{-3}$

8.12.3 珊瑚岩土勘探点应在本规范第 5 章～第 7 章规定的基础上加密，深度应满足变形计算要求。

8.12.4 珊瑚岩土原位测试与室内试验应符合下列规定：

1 原位测试的数量应能控制整个场地，当地层不均匀时，应适当加密并增加原位测试工作量；

2 原位测试可采用标准贯入试验、重型或超重型动力触探试验、旁压试验和载荷试验；

3 深部岩土层根据工程需要可在钻孔中进行波速测试，原位测试钻孔应不少于勘探点总数的 1/2，且每个微地貌单元均应有控制性钻孔和原位测试钻孔；

4 室内试验应测定的物理性质指标有密度、颗粒级配、比重、天然含水率、最大最小干密度等；

5 室内试验需要测定的力学性质指标有压缩系数、压缩模量及抗剪强度，包括颗粒破碎对珊瑚砂力学性质的影响；

6 珊瑚礁灰岩可根据工程需要选做颗粒密度试验、块体密度试验、吸水率和饱和吸水率试验、单轴抗压强度试验（天然、干燥和饱和）、劈裂试验、点荷载试验及岩块声波波速测试等项目。

【条文说明】《工程地质手册》对珊瑚岩土的密实度提出了判别标准：对平均粒径小于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土，可根据重型圆锥动力触探杆长修正后锤击数按说明表 8.12.4-1 确定密实度；对平均粒径等于或大于 50mm，且最大粒径大于 100mm 的碎石土，可根据超重型圆锥动力触探杆长修正后锤击数按说明表 8.12.4-2 确定密实度；对珊瑚碎屑砂土可根据标准贯入试验锤击数实测值 N 按说明表 8.12.4-3 确定密实度。

说明表 8.12.4-1 珊瑚碎屑碎石土密实度按 $N_{63.5}$ 分类

杆长修正锤击数 $N_{63.5}$	密实度	杆长修正锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	$N_{63.5} > 20$	密实

说明表 8.12.4-2 珊瑚碎屑碎石土密实度按 N_{120} 分类

杆长修正锤击数 N_{120}	密实度	杆长修正锤击数 N_{120}	密实度	杆长修正锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120} \leq 3$	松散	$6 < N_{120} \leq 11$	中密	$N_{120} > 20$	很密
$3 < N_{120} \leq 6$	稍密	$11 < N_{120} \leq 14$	密实	—	—

说明表 8.12.4-3 珊瑚碎屑砂土密实度分类

标准贯入锤击数 N	密实度	标准贯入锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松散	$15 < N \leq 30$	中密
$10 < N \leq 15$	稍密	$N > 30$	密实

8.12.5 珊瑚岩土的岩土工程评价应满足下列要求：

- 1 分析不同沉积相带珊瑚礁地层结构特征，评价地表地貌、地层分布特征和地层结构特征；
- 2 评价地下水对岩土体、工程结构和工程施工的影响，预测地下水对工程施工和运营期间可能产生的不利作用并提出防治措施；
- 3 评价地下水位、水文地质条件以及潜在的地下水对工程施工和运营的影响，包括长期在海洋环境中海水对珊瑚砂的腐蚀作用对工程建筑施工及运营的影响；

4 评价珊瑚砂地基的承载力、变形特性和抗剪强度等工程特性指标。

【条文说明】对珊瑚礁场地而言，针对不同测试方法与测试成果定量分析评价的经验较少，海南省地方岩土勘察规范《西沙群岛珊瑚岛（礁）地区岩土工程勘察标准》（DBJ46 060）提出了评价方法，采用标准贯入试验、重型动力触探试验及岩块波速测试对岩土进行定量评价按说明表 8.12.5-1、说明表 8.12.5-2 和说明表 8.12.5-3 进行评价。

说明表 8.12.5-1 标准贯入试验定量评价珊瑚碎屑砂土地基承载力特征值及变形模量

N_m	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f_{ak} (kPa)	105	130	150	170	185	200	215	230	240	250
E_0 (MPa)	8.6	10.5	12.2	13.7	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3
N_m	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
f_{ak} (kPa)	260	270	280	290	298	305	312	320	325	330
E_0 (MPa)	21.1	21.9	22.6	23.3	23.9	24.6	25.7	25.7	26.3	26.8

注：1 N_m 为标准贯入试验杆长修正值。

2 表中数值适用于珊瑚碎屑中、粗、砾砂，对于粉、细砂应当降低承载力特征值。

说明表 8.12.5-2 重型动力触探试验定量评价珊瑚碎屑砂土地基承载力特征值及变形模量

$N_{63.5}$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
f_{ak} (kPa)	145	170	195	215	235	255	270	285	300	315	330	345
E_0 (MPa)	11.7	13.8	15.6	17.3	18.9	20.4	21.8	23.1	24.4	25.6	26.8	27.9

注：表中数值适用于珊瑚碎屑中、粗、砾砂地基，当地层为珊瑚碎屑碎石土时，可适当提高承载力特征值。

说明表 8.12.5-3 岩块波速测试成果定量评价岩石强度

干燥岩块纵波波速 (m/s)	单轴干燥抗压强度 (MPa)	饱和岩块纵波波速 (m/s)	饱和抗压强度 (MPa)
2300	1.69	2300	1.44
2500	2.22	2500	1.89
2800	3.36	2800	2.81
3000	4.43	3000	3.67
3200	5.84	3200	4.80
3500	8.83	3500	7.15
3800	13.34	3800	10.67
4000	17.57	4000	13.92

- 注：1 本表中的岩块纵波波速仅适用于 2300m/s ~ 4000m/s 范围。
 2 表中数据之间可插值使用。
 3 表中经验数值具有一定的局限性，使用前应进行适当验证。

8.13 冰碛土

8.13.1 在冰碛地貌区由块石、漂石、砾石、砂及黏性土等混杂堆积的混合土应判定为冰碛土，应按冰碛土进行勘察。

【条文说明】冰碛土与其他混合土在物理力学性质和勘察方法等方面区别较为明显，因此将冰碛土单列为一种特殊土。冰碛层往往由多期冰川堆积而成，原生冰碛土往往具有一定胶结，具有干密度大，密实度高，低渗透性，高承载力、低变形、抗剪能力高的工程性能，为良好的天然地基。由于不同粒径的物质杂乱堆积，且无明显规律，冰碛土地基往往为典型的不均匀地基；次生冰碛土由于原生结构被破坏，地基变形模量和承载力降低很大，通常具有空隙比大、渗透性大特点。在我国青藏高原地区建设工程冰碛土地基出现了多起工程病害，如康定机场填方边坡滑移、填筑体顶面潜蚀孔洞，318 国道路基翻浆、沉陷、边坡滑坡等。

总结康定机场、稻城亚丁机场等工程的经验，冰碛层主要具有如下特性：（1）台丘岭脊区冰碛层颗粒粗，一般具有超固结特征，结构强度高，压缩性低、承载力高；沟谷区冰碛层以砂土、粉土为主，颗粒细、多松散，压缩性高、承载力低，多具有液化特性。（2）颗粒级配差，分布不均匀，层位变化大，属典型的不均匀地基。（3）水文地质条件复杂，具有含水层厚薄不均，渗透系数变化大，潜水、承压水交错分布的特点。（4）原场地冰碛层在地下水长期作用下会发生渗透变形破坏，但工程使用年限内（如 50 年）不会发生原地面的渗透变形；在工程作用下，冰碛层结构破坏，渗透性加强，短期内可发生渗透破坏。（5）细粒为主的冰碛层结构破坏后，在水的浸泡作用下，承载力、抗剪性能等迅速衰减，甚至丧失。

8.13.2 冰碛土勘察应包括下列内容：

- 1 查明冰碛土的年代、类型、成因、厚度、分布与结构特点；
- 2 查明微地貌特征，冰碛土与下伏地层接触形态；
- 3 查明架空漂块石（石河、石海）、潜蚀坑等分布规律、结构特征；
- 4 查明冰碛土均匀性及其在水平和垂直方向的分布规律；
- 5 查明地下水类型、渗透系数、补给、径流、排泄等水文地质条件。

【条文说明】冰碛土地微地貌类型包括冰碛垄岗、融溶洼地、冰碛台地、阶地陡坎、冰碛湖、刨蚀沟等。

8.13.3 冰碛土勘察宜采用水文地质工程地质测绘、工程物探为主，钻探、探井为辅的勘察方法，并应符合下列规定：

1 水文地质工程地质测绘应调查微地貌特征，冰碛土的类型、厚度、分布与结构特点，泉点等地下水出露区，架空漂块石（石河、石海）、潜蚀坑等分布规律、结构特征，漂块石分布及出露率；

2 工程物探宜采用地震浅层反射法、面波法等两种及以上方法，工程物探线宜沿勘探线布置；

3 钻探宜采用双管单动等钻探工艺，采芯率应不小于 90%，钻孔布置应根据水文地质工程地质测绘、工程物探成果等优化并适当减少，控制孔深度应进入下伏地层 3m~5m 或不少于 20m；

4 探井宜采用机械挖掘，深度应不小于 5m 或至冰碛土底面。

8.13.4 冰碛土试验应以动探、载荷试验、标贯试验、颗分试验等现场试验为主，并应符合下列规定：

1 应根据冰碛土粒径大小，选择超重型、重型或轻型触探试验；

2 应按微地貌单元，选择代表性地段布置载荷实验，必要时可进行浸水载荷实验；

3 应在砂层、粉土、粘性土分布区进行标贯试验；

4 应在触探试验、载荷试验、标贯试验点开挖探坑进行大体积密度试验和颗分试验，探坑深度和直径应不小于最大粒径的 3 倍，且不小于 1.2m 或至冰碛层底面；

5 每个微地貌单元的载荷试验数量应不少于 3 组，其他试验数量应不少于 6 组（孔）；

6 应建立不同微地貌单元不同类别冰碛土承载力、模量与动探击数、标贯击数、密度的关系。

8.13.5 冰碛土的土石比勘察应以工程地质测绘、钻探与探井为主，并符合下列规定：

1 挖方区应布置不少于 3 条水文地质工程地质测绘线，统计直径大于 0.8m 漂石、块石的线出露率；选择挖方区代表性地段统计直径大于 0.8m 漂石、块石的面出露率；

2 选择代表性沟谷、陡坎，统计直径大于 0.8m 漂石、块石的面出露率；

3 统计钻孔、探坑中统计直径大于 0.8m 漂石、块石的线出露率，采用平均厚度法、平行断面法、三角形法和体积法等计算挖方区土石比；

4 采用下列方法综合确定挖方区土石比：

$$R_{SR} = \frac{10v_1}{v_1 + v_2} : \frac{10v_2}{v_1 + v_2} \quad (8.13.5-1)$$

$$v_1 = \frac{(v_{11} + v_{12} + v_{1i} + \dots + v_{1n})}{n} \quad (8.13.5-2)$$

$$v_2 = \frac{(v_{21} + v_{22} + v_{2i} + \dots + v_{2n})}{n} \quad (8.13.5-3)$$

$$v_{1i} = 0.1 \times V \times m_i \quad (8.13.5-4)$$

$$v_{2i} = 0.1 \times V \times (10 - m_i) \quad (8.13.5-5)$$

式中： R_{SR} ——计算区域综合土石比；

V ——计算区域土石方总体积；

v_1 ——计算区域各种方法计算土方的平均体积；

v_2 ——计算区域各种方法计算石方的平均体积；

v_{1i} ——计算区域中第 n 种方法计算的土方体积；

v_{2i} ——计算区域中第 n 种方法计算的石方体积；

n ——土石比计算方法总数；

m_i ——计算区域中第 i 种方法计算的土方比例。

5 在试验段、施工阶段还应根据开挖实际情况，优化调整各标段和工程总土石比。

【条文说明】冰碛土虽然属于“土”，但实际施工中冰碛土开挖往往很困难，特别是冰碛漂块石，通常需要爆破才能开挖。康定机场、稻城亚丁机场等机场建设实践中，为方便工程设计、施工和管理，将直径大于 0.8m 的漂块石定义为“石”。线出露率=测线上（或钻孔、探井中）直径大于 0.8m 漂块石直径累计长度/测线长度（或钻孔、探井在冰碛土中深度）；面出露率=测绘范围内直径大于 0.8m 漂块石累计面积/测绘面积。由于冰碛土堆积无规律性，土石比变化很大，勘察阶段很难查得精确，还需要在试验段和施工中根据实际情况调整。

8.13.6 冰碛土的填筑体渗透变形、沉降变形和边坡变形的模拟可在室内按设计要求的压实度、坡率等进行大型物理模型试验。

8.13.7 冰碛土岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 冰碛土分布规律、结构特征和均匀性；
- 2 冰碛土水文地质特征、渗透变形特性，预测冰碛土渗透变形对机场建设影响；
- 3 冰碛土填筑体渗透变形特征，预测冰碛土填筑体渗透变形对机场建设影响；
- 4 冰碛土工程作用下物理力学变化特征和水稳定性；
- 5 冰碛土土石比；
- 6 提出水文地质专项勘察建议；
- 7 提出冰碛土地基处理方案建议。

9 不良地质作用勘察

9.1 一般规定

9.1.1 拟建场地和影响范围内存在岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、采空区、活动断裂、地面沉降等不良地质作用时，应在相应勘察阶段进行专项勘察。

【条文说明】本章各节均为不良地质作用，需要进行专项勘察。

9.1.2 选址勘察阶段和初步勘察阶段应对不良地质作用对机场建设和运营的影响进行勘察；需要采取工程防治措施时，应在详细勘察阶段进行勘察；岩溶和采空区尚应在施工勘察阶段进行勘察。

9.1.3 不良地质作用的勘察，应利用各种勘探手段和先进的勘察技术，查清不良地质作用的类型、成因、规模，预测其发展趋势，对不良地质作用作出分析评价，提出处治建议。

9.2 岩溶

9.2.1 当场地内分布可溶性岩层，存在对机场工程的安全有影响或潜在影响的岩溶地质灾害时，应进行岩溶勘察。

9.2.2 场地岩溶发育等级可按表 9.2.2 划分。

表 9.2.2 场地岩溶发育等级划分

岩溶发育等级	弱发育	中等发育	强烈发育
地表洼地、漏斗、落水洞、竖井、塌陷发育密度 (个/km ²)	<1	1~5	>6
线岩溶率 (%)	<3	3~10	>10
遇溶洞率 (%)	<10	10~30	>30

岩溶发育等级	弱发育	中等发育	强烈发育
单位涌水量 (l/m·s)	<0.1	0.1~1	>1
溶沟、溶槽、石牙密度与高差	稀疏, 基岩面高差<2m	较密, 基岩面高差2m~5m	密布, 基岩面高差>5m
地下暗河、伏流	—	1	≥2
溶槽或串珠状溶洞发育深度 (m)	<5	5~20	>20

注: 1 表中所列判定指标, 只要 1 个指标满足即可定为该级。

2 线岩溶率=钻孔所遇岩溶洞穴累计长度/钻孔穿过可溶岩的累计长度×100%。

3 遇洞穴率=钻探中遇岩溶洞穴的钻孔累计个数/钻孔总数×100%。

9.2.3 岩溶勘察应采用以工程地质测绘与调查、水文地质测绘与调查和工程物探为主, 槽探、井探、钻探为辅的综合勘察方法。

9.2.4 选址勘察阶段岩溶勘察主要内容应包括调查岩溶的分布、发育条件、发育程度和地表塌陷等灾害, 初步分析岩溶稳定性, 初步评价岩溶场地稳定性和工程建设的适宜性。

9.2.5 初步勘察阶段岩溶勘察主要内容应满足下列要求:

1 初步查明地表岩溶的主要形态、规模大小、发育程度和分布规律; 地下岩溶、土洞发育条件、塌陷分层、发育程度、发育规律, 并对其危害程度和发展趋势做出判断;

2 初步查明地下水类型、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;

3 分区评价岩溶场地稳定性和工程建设的适宜性。

9.2.6 详细勘察阶段岩溶勘察主要内容应满足下列要求:

1 详细勘察阶段应查明地表岩溶的形态、特征、形状、大小、深度、分布特征与分布规律, 分析地表岩溶对工程的影响;

2 岩溶洞隙的位置、形态、洞高、洞径、埋深、充填情况、顶板岩性、厚度与完整性, 破碎带位置、宽度;

3 评价溶洞和土洞稳定性, 提出处理措施建议。

9.2.7 岩溶施工勘察阶段应在挖方区开挖至设计高程后, 查明飞行区道面影响区的溶洞溶隙位置、洞径、埋深、充填情况、顶板岩性、厚度与完整性, 破碎带位置、宽度, 评价溶洞和土洞稳定性, 提出处理措施建议。

9.2.8 岩溶场地工程地质测绘与调查除应满足本规范第 5 章~第 7 章的要求外, 还应包括下列内容:

1 洼地、漏斗、落水洞、竖井、石牙、溶脊、峰林等地表岩溶的类型、形态、大小、深度、发育程度和分布特征及规律；

2 岩溶洞穴、溶蚀破碎带、溶沟、溶槽、石牙等地下岩溶的类型、分布、形态、大小、埋藏深度和发育规律，溶洞和暗河覆盖层特征、性质、顶板埋深、完整性、洞径、洞高、充填情况等，溶洞分布层数、侵蚀基准面、道面荷载影响深度所处的岩溶发育带性质；

3 土洞及上覆地层的性质、厚度、分布，土洞形态、位置、大小，发育程度等；

4 地面塌陷的分布位置、深度、大小、形态、成因、发育规律、发展趋势等；

5 岩溶发育与地貌、构造、岩性、地下水的关系；

6 治理岩溶、土洞和塌陷的当地经验。

【条文说明】机场勘察习惯采用地表岩溶和地下岩溶的名称，出露地表的洼地、漏斗、落水洞、竖井、石牙、溶脊、峰林等属于地表岩溶，洼地、漏斗、落水洞、竖井、石牙、溶脊、峰林等隐伏地下的属于地下岩溶，这一分类便于工程使用。

9.2.9 岩溶水文地质测绘与调查应符合下列规定：

1 查明地表岩溶泉水的出露位置和标高、水量、水温、水质及变化情况，地下水的类型、埋藏条件、富水程度、补给、径流及排泄条件；

2 查明地下水与地表水的水力联系，岩溶水垂直分带、层数与工程设置关系，分析承压岩溶水存在可能性和对机场建设的影响；

3 查明场地地下水开采情况、影响半径，以及地下水开采引起的地表变形；

4 查明岩溶水与地表塌陷关系；

5 必要时，选择一定数量钻孔或和岩溶泉（井）进行 1 个以上水文年的观测。

9.2.10 岩溶勘探与测试应符合下列规定：

1 选址勘察阶段，对岩溶强烈发育场地可根据水文地质工程地质测绘与调查成果选择代表性地段布置物探线，探测深度应不小于原地面标高下 50m。对测绘和物探异常部位布置 1 至 2 个钻孔，钻探深度应至异常深度下不小于 5m。必要时选择 2 至 3 个解译溶洞，布置 3 至 4 个钻孔验证洞径；

2 初步勘察阶段应沿跑道和滑行道中心线、停机坪布置物探线，必要时垂直构造线、地层界线等加密物探线，探测深度应不小于原地面标高下 40m。选择不小于 30%的物探解译的代表性溶洞进行钻孔验证，每个验证溶洞布置 1 至 2 个钻孔，并选择 3 至 5 个溶洞验证洞径，单个溶洞洞径验证钻孔应不少于 4 个。验证钻孔深度应至溶洞底板深度下不小于 5m。每个解译的溶蚀破碎带应布置不少于 2 个钻孔验证，深度应不小于 40m 或破碎带底边界下 5m；

3 详细勘察阶段应沿跑道和滑行道两侧边线、服务车道中心线、停机坪布置物探线，探测深度应不小于原地面标高下 30m，停机坪区物探线间距应不大于 30m。道面影响区、边坡稳定影响区和需要进行岩溶处理的土面区应加密或增设物探线。在每个工程地质分区中选择不

小于 30%的物探解译溶洞进行钻孔验证，每个验证溶洞布置 1 至 2 个钻孔，并选择 3 至 5 个溶洞验证溶洞洞径，单个溶洞洞径的验证钻孔应不少于 4 个。验证钻孔深度应至溶洞底板深度下不小于 2m。每个解译的溶蚀破碎带应布置不少于 2 个钻孔验证，深度应不小于 30m 或破碎带底边界下 2m；

4 挖方区施工勘察阶段应沿跑道和滑行道的中心线和边线、停机坪布置物探线，探测深度不小于道面设计标高下 20m。物探解译的洞径大于 2m 溶洞均应进行钻孔验证，洞径大于 3m 的溶洞，单个溶洞洞径验证钻孔应不少于 4 个。验证钻孔深度应至溶洞底板深度下不小于 2m；

5 当有经验时，可采用管波、CT、可测距井下电视等方法验证地面物探解译的溶洞洞径，替代部分验证钻孔，替代钻孔数量不得超过应布置验证钻孔总数的 1/2；

6 物探方法应结合场地地形、构造、植被、水系、探测深度、地区经验，以及现场试验等确定，可参照本规范附录 D 选择。选址勘察阶段应选择 1 至 2 种方法，初步勘察、详细勘察和施工勘察阶段应选择 2 种及以上方法；

7 每次物探工作应经过一次解译、钻孔验证；二次解译、加密勘探线、钻孔验证；三次解译的程序方可提交物探成果。精度应能满足解译溶洞洞径、充填情况、顶板厚度与完整性、破碎带宽度与厚度等要求，选址勘察、初步勘察、详细勘察、施工勘察的准确度应分别大于 70%、80%、90%、95%；

8 选址勘察、初步勘察和详细勘察阶段的验证钻孔应全孔取芯，溶洞充填物采取率应不低于 80%，破碎顶板采取率应不低于 75%，其它采取率应不低于 95%；采用双管单动、植物胶护壁等钻探工艺采取原状岩土芯，终孔直径应不小于 89mm；挖方区施工勘察阶段当顶板完整性清楚时，对控制洞径的钻孔可采用风动钻进工艺，并从粉尘冒出地面情况，分析判断溶洞间联系；

9 凡人员可以进入的洞体，确认氧气含量适宜人员作业后均应入洞勘查；人员不能进入的洞体，宜用井下电视、机器人等手段探测；

10 物探点线、验证钻孔施放和复测必须采用仪器，实地误差应小于 50mm。桩点应标明编号，埋设稳固，至少保留至验收结束；

11 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、智能微动等手段，详细查明其分布；

12 对道面影响区等重点部位溶洞顶板岩体和岩石进行波速试验，采取洞体顶板岩样和充填物土样进行物理力学性质试验；

13 当存在土洞发育和塌陷可能性时，应进行渗透、湿化、胀缩、可溶性和剪切试验；

14 对可能发生地面变形区域应监测地下水位、水量、流速、流向、地面沉降和建筑物变形；

15 当追溯隐伏洞隙的联系时，可进行连通试验。

【条文说明】风动钻进时，钻探所产生的粉尘可从已实施钻孔、岩体裂隙、溶洞口等处冒出，可判断溶洞的连通性。

9.2.11 岩溶分析评价应满足下列要求：

1 根据可溶岩面起伏、覆盖层与填土的性质、厚度、承载力和变形特征，按场地分区，定性和定量评价场地地基均匀性。地基变形计算可采用《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）的方法；

2 溶洞稳定性评价应按勘察时场地、整平后场地分别进行；

3 溶洞稳定性应采取定性和定量评价相结合方法；

4 溶洞定性评价可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、地下水等方面考虑；

5 溶洞半定量或定量评价，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；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；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；有地区经验时，溶洞稳定性评价可采取类比法；

6 当缺乏洞跨等参数和经验时，溶洞稳定性评价可按照《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）的规定判定；必要时，建立数值模型，根据道面板大小，飞机荷载与频率，溶洞形态、大小、埋深、顶板岩体厚度、完整程度，覆土厚度，地下水特征等，模拟分析溶洞在不同工况下稳定性；

7 隐伏土洞应判为不稳定洞穴；

8 分析岩溶与土洞的形成条件，评价地表地下水作用、人类活动对其影响；

9 分析施工期、营运期地下水渗流场变化特征，预测大面积挖填施工、地基处理、排水条件改变等引起地面沉陷、溶洞、土洞塌陷可能性和发生区域；

10 提供岩溶、土洞处理设计、施工所需要的岩土参数，提出施工勘察、处理措施和监测建议。

9.3 滑坡

9.3.1 拟建工程场地及其周边影响机场建设运营安全的范围，存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡勘察。

9.3.2 选址勘察阶段滑坡勘察应以资料搜集和工程地质测绘与调查为主，识别有无影响备选场址的滑坡，评价滑坡对备选场址的影响程度。初步勘察阶段应查明滑坡的范围、规模、滑面的形态和深度、影响稳定的因素等，提供滑坡稳定验算和滑坡治理设计所需的岩土参数，评价滑坡的影响程度，提出治理方案建议。

9.3.3 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，比例尺宜采用 1:200~1:1000，用于整治设计时比例尺宜采用 1:200~1:500。

9.3.4 滑坡工程地质测绘与调查除应符合本规范第 5 章~第 7 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 搜集地质、水文、气象、地震和人类活动等相关资料；
- 2 滑坡的形态要素和演化过程，圈定滑坡周界；
- 3 地表水、地下水、泉和湿地等的分布；
- 4 树木的异常形态、工程设施的变形等；
- 5 当地治理滑坡的经验。

9.3.5 滑坡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。沿主滑方向和两侧滑坡体外均应布置勘探点，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。

9.3.6 滑坡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。

9.3.7 滑坡勘察应满足下列要求：

- 1 查明各层滑坡面（带）的位置；
- 2 查明各层地下水的位置、流向和性质；
- 3 在滑坡体、滑坡面（带）和稳定地层中采取土试样进行试验；
- 4 需要进行深部土体位移监测时，测斜管的埋置深度应超过最下一层滑动面深度并进入稳定地层。

9.3.8 滑坡勘察时，土的强度试验应满足下列要求：

- 1 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；
- 2 采用与滑动受力条件相似的方法；
- 3 采用反分析方法检验滑动面的抗剪强度指标；
- 4 采用多种方法进行综合评价。

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、稳定性验算结果等进行，结合场地设计方案进行，并应分析发展趋势和危害程度，评价工程建设的适宜性，提出防治方案或避让建议，以及监测和施工中的风险防控建议。

【条文说明】山区机场建设时，通常会进行较大范围的产地平整，勘察时遇到滑坡，需要结合场地设计方案考虑，尤其注意滑坡和机场的平面关系，以及竖向上和场地平整填挖方的关系，

比如填方是否会覆盖滑坡或在滑体上加载，滑体是否会在场地平整开挖时被挖除，这些因素对滑坡评价会有重要影响。

9.3.10 滑坡的稳定性计算应满足下列要求：

- 1 选择有代表性的分析断面，划分牵引段、主滑段和抗滑段；
- 2 采用适宜的计算参数，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；
- 3 有地下水作用时，应计入浮托力和水压力；
- 4 根据滑面（滑带）条件，按平面、圆弧或折线，采用适用的计算模型；
- 5 当有局部滑动可能时，除验算整体稳定性外，尚应验算局部稳定性；
- 6 当有地震、暴雨或连续降雨、洪水冲刷、人类活动等影响因素时，计算应考虑这些因素的影响；
- 7 埋入填筑体内部的滑坡体应采用二维和三维数值模型综合分析方法，验算填方过程和填筑后滑坡体和填筑体的稳定性；
- 8 挖方区滑坡体应验算挖方过程和挖方后滑坡体、挖方边坡、地基稳定性。

9.3.11 滑坡稳定性分析应先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。

【条文说明】由于影响滑坡稳定的因素十分复杂，计算参数难以选定，故不宜单纯依靠计算，应综合评价。

9.3.12 滑坡勘察报告应包括下列内容：

- 1 滑坡的地质背景和形成条件；
- 2 滑坡的形态要素、性质和演化；
- 3 滑坡的平面图、剖面图和岩土工程特性指标；
- 4 滑坡稳定性分析；
- 5 滑坡防治和监测方案建议。

9.4 崩塌

9.4.1 拟建工程场地或其附近存在对机场建设运营安全有影响的崩塌或有崩塌危岩体可能时，应进行崩塌勘察。

【条文说明】机场工程建设遇到的崩塌问题不突出，一般是局部危岩产生的崩塌。开挖高程范围内发育崩塌危岩体时，针对这类有危害影响的边坡区域崩塌开展勘察。

9.4.2 崩塌勘察应查明危岩体分布、成因和规模等发育特征及影响因素，评价其稳定状态及发展趋势，预测危害范围，提出治理方案建议，提供相关岩土层物理力学参数。

9.4.3 崩塌勘察范围应包括危岩带和相邻地段，坡顶应到达卸荷带之外不小于 20m，坡底应到达崩塌堆积区外不小于 50m。如存在对危岩起控制作用的区域性结构面时，应适当扩大勘察范围。

9.4.4 崩塌勘察应以工程地质测绘与调查为主，勘探为辅，也可采用三维激光扫描、摄影测量和工程物探等方法。

9.4.5 崩塌工程地质测绘与调查应满足下列要求：

1 调查崩塌发生的地质环境，包括地层岩性、地形地貌、地质构造、水文地质和外动力地质现象等，重点调查崩塌所处地貌部位、形态特征、陡坎坡度与高度、坎面形态特征、坡顶和坡脚形态等，危岩所在斜坡的岩土体组成、组合、分布及产状特征等；

2 调查历史上发生崩塌的时间、规模、气象条件、发生原因、发生次数和运行路径等崩塌发育史；

3 调查控制危岩体发育的地质结构特征，包括岩土物质组成及结构构造、变形破坏特征、控制崩塌的岩体结构面特征及主控结构面分布等；

4 调查危岩体的变形形迹特征，包括危岩体裂缝形态、分布组合和延伸等，裂缝充填和充水情况等；

5 查明危岩体基座或下卧软弱层的岩性和分布等，危岩体下部洞穴（溶洞等）或矿产开采及采空区情况，危岩体斜坡坡脚受天然河水冲刷、掏蚀或人为破坏情况；

6 调查降雨、冲蚀和人工作用等非地质孕灾因素对危岩体稳定性的影响；

7 危岩体水文地质条件和地下水特征，降雨、地表水与危岩体裂缝的充水关系等；

8 调查灾害影响范围内人口及实物指标；

9 对上述各种变形特征与主控因素等按相应工作精度进行地质测绘。

9.4.6 崩塌工程地质测绘与调查宜能够清楚表达危岩的形态特征、结构面特征等，重要观测点的定位应采用仪器测量，一般观测点可采用手持 GPS、罗盘等方法定位。比例尺和精度应符合表 9.4.6 的规定。

表 9.4.6 崩塌工程地质测绘与调查比例尺

勘察内容	比例尺
地质环境测绘与调查	1:1000~1:500
平面地质测绘与调查	1:1000~1:200
剖面地质测绘与调查	1:1000~1:100

9.4.7 危岩体勘探方法可选择钻探、槽探、井探和工程物探等，并应满足下列要求：

- 1 宜采用槽探或工程物探查明卸荷带特征、控制性裂隙分布及充填情况等；
- 2 宜采用槽探和井探查明软弱基座分布范围；
- 3 宜采用水平或倾斜钻孔查明控制性结构面深部的特征。

9.4.8 危岩体勘探线可分为控制性勘探线和一般性勘探线，勘探线布设应满足下列要求：

- 1 控制性勘探线应垂直于危岩体临空面整体展布方向布置，纵贯整个危岩体；
- 2 一般性勘探线宜平行于控制性勘探线布设在危岩代表性部位且通过危岩重心，勘探线长度应能通过危岩形态、母岩及基座为原则，纵贯危岩体；
- 3 在拟设治理工程轴线部位布置应布置勘探线。

9.4.9 崩塌勘探点应结合场地勘察孔协同布设，并符合下列规定：

- 1 勘探点的数量和位置应能控制危岩体的主控结构面，揭露同一主控结构面的勘探点宜不少于 3 个；
- 2 当危岩体被裂缝切割时，在规模较大岩体（岩块）上宜设钻孔；危岩体后缘外稳定岩体内宜设控制性钻孔；
- 3 当危岩体后缘边界主控节理发育时，应查明主控节理的宽度、长度、深度及充填情况等。在其两侧一定范围内宜布置 2 个勘探点，分别查明稳定岩（土）体和危岩体的岩性及结构特征；可采用工程物探方法探测主控性结构面的发育特征；
- 4 对于形态近似的密集危岩，勘探点可适当减少，陡崖边坡宜至少布置 1 个勘探点。

9.4.10 崩塌勘探孔深度应穿过控制性结构面，且应不小于可能的卸荷带最大宽度和结构面最大间距，勘探深度应符合下列规定：

- 1 拟设治理工程部位的勘探点深度应满足治理工程设计需要；
- 2 控制性勘探点应查明危岩体基座和周边可能作为治理工程持力层的岩（土）体地质情况，进入稳定岩土体（危岩体基座内）5m~8m，当危岩体底部存在溶洞或采空区，控制性勘探点应穿过并进入稳定基岩内 5m~8m；
- 3 一般性勘探点深度应穿过最底层危岩体崩滑面（带），进入稳定岩土体（危岩体基座内）3m~5m，当危岩体底部存在溶洞或采空区，一般性勘探点应穿过并进入稳定基岩内 3m~5m。

9.4.11 危岩体试验测试应符合下列规定：

- 1 试验测试对象宜包括控制崩塌的软弱夹层、破碎带或主控结构面、母岩与基座岩体、地下水和有关地表水；
- 2 母岩与基座岩体的力学参数应根据岩体的变形受力特点确定，受抗拉强度控制的危岩应做作抗拉强度试验；受抗剪或抗压强度控制的危岩应分别做室内抗剪强度和抗压强度试验，必要时应进行现场抗剪强度试验；
- 3 同一地层的岩土体试验测试数据宜不少于 6 组；

4 进行水质分析试验的地下水和地表水取样应不少于 3 组。

9.4.12 崩塌稳定性的分析评价应根据危岩体的岩体结构、不稳定结构面特征及客观地质条件，确定岩土变形失稳机制，采用定性、定量计算方法评价和验算崩塌（危岩体）的稳定性，预测崩塌灾害的成灾范围及可能次生灾害的范围，提出设计参数和防治、监测建议。

【条文说明】崩塌稳定性评价时，考虑的因素主要包括坡面产状、岩体结构面产状、结构面充填及胶结情况、岩石风化程度、岩体基本质量等级等。

9.4.13 危岩的稳定性计算应满足下列要求：

- 1 根据危岩的崩塌类型选用适宜的计算模型；
- 2 选用适宜的强度指标，根据测试成果、反分析和当地经验综合确定；
- 3 当有地震、暴雨或连续降雨、人类活动等影响时，计算应考虑这些因素的影响。

9.5 泥石流

9.5.1 场地及附近沟谷或山坡存在下列情况时，应进行泥石流勘察。

- 1 沟口或坡脚分布大量无分选的洪流堆积物；
- 2 沟谷或山坡堆积大量松散物质；
- 3 沟内或山坡存在滑坡、崩塌、岩堆、活动断裂等不良地质作用，可能形成大量松散物质；
- 4 有泥石流爆发历史记录或泥石流活动痕迹。

【条文说明】机场选址和勘察时若遇到泥石流，首先要评估泥石流的发生频率、规模、危害程度及发展趋势，尽量避开泥石流易发的沟谷、陡坡等区域。对于无法避开的，再考虑采取修建拦挡坝、排导槽等工程措施进行防治，并加强监测预警系统建设，同时，勘察要对机场设计和建设提出提高建筑物抗灾标准的建议，确保机场的安全运营。

9.5.2 对机场工程有重要影响的泥石流勘察应在选址勘察或初步勘察阶段进行，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。泥石流的工程分类应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

9.5.3 泥石流勘察应采用资料搜集、工程地质测绘与调查、工程物探、槽探、井探、钻探等综合方法，勘察范围包括形成区、流通区和堆积区所在的全部区域。

9.5.4 泥石流勘察资料搜集应包括流域内的地形图、气象水文资料、区域地质与地震资料、区域内有无滑坡和崩塌体、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。

9.5.5 泥石流工程地质测绘与调查应包含下列内容：

- 1 地形地貌特征，包括沟谷的形态、发育程度、切割情况、弯曲状况、沟谷纵坡降，坡面坡度，划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，并圈定汇水区范围；
- 2 地层岩性及其风化程度、地质构造、不良地质现象、松散堆积物的成因、分布、厚度及组成成份；
- 3 暴雨强度、一次最大降雨量、一次降雨总量、年均降雨量、平均及最大流量、地下水出水点位置和流量、地下水补给、径流、排泄特征、地表水系分布特征；
- 4 形成区地层岩性、地质构造、松散堆积层的分布，植被情况，可能成为泥石流固态物质来源的滑坡、崩塌、岩堆、弃渣的分布范围、厚度和稳定性，水源类型、汇水区面积和流量；
- 5 流通区沟床纵横坡度、跌水、急湾等特征，沟床两侧山坡坡度、松散物质分布、稳定程度，沟床冲淤变化情况和已有的泥石流残体特征；
- 6 堆积区堆积扇的分布范围，表面形态，纵坡，植被，沟道变迁和冲淤情况；堆积物的分布范围、厚度、物质成分、层次、颗粒特征，堆积体中溢出的地下水水质和流量，地面沟道位置和变迁、冲淤情况等；
- 7 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；
- 8 泥石流造成的危害或可能造成的危害；
- 9 当地防治泥石流的经验、监测情况和治理效果。

9.5.6 泥石流勘探应符合下列规定：

- 1 宜采用工程物探、槽探、井探、钻探相结合的综合勘探方法；
- 2 勘探工作布置应根据地形地质条件、泥石流规模与危害、堆积物质组成与厚度、治理工程类型等确定；
- 3 在泥石流主流线应布置一条贯穿形成区、流通区和堆积区的主勘探线，两侧可布置辅助勘探线；在形成区、流通区和堆积区应至少各布置一条横向勘探线；在拟设治理工程支挡线、排水构筑物位置应布置勘探线，勘探线间距宜为 60m~120m；
- 4 每条勘探线上的勘探点应不少于 3 个；纵勘探线上勘探点的间距宜为 50m~100m，横向勘探线上勘探点的间距宜为 40m~60m，拟采取治理工程的支挡线处宜适当加密；
- 5 堆积物的勘探深度应进入泥石流沟床中基岩不少于 2m，且不小于最大块石直径的 1.5 倍，排导工程的勘探深度应至冲刷线以下不小于 5m，拦渣坝勘探深度应至基底以下稳定层不少于 3m；
- 6 钻探应采用全孔芯钻进，在泥石流松软土体中应采用单动双管、植物胶护壁、无泵或小水量钻进等钻探工艺，水文孔应采用滤水管护壁，终孔直径应不小于 110mm；
- 7 土层、块碎石、风化破碎岩石、完整岩石中的钻孔岩（土）芯采取率应分别为 100%、不小于 75%、不小于 70%、不小于 95%；
- 8 经验收合格的孔井，除用于监测外，均应封闭。

9.5.7 泥石流试验和测试应符合下列规定：

- 1 岩样主要在泥石流拟采用治理支挡线的勘探点中采集，每种风化程度岩石的岩样应不少于 6 组；
- 2 土样采集数量宜不少于勘探点总数的 1/3；流通区及坡面泥石流形成区土样采集数量应不少于 3 组，堆积区应不少于 6 组；
- 3 泥石流流体密度、固体颗粒密度、颗粒分析试验宜在现场进行，堆积物样品应在代表性位置采取；
- 4 对泥石流形成区滑坡的滑带及已基本停歇的泥石流堆积体底摩擦带，应鉴定物质组成并采集原状土样，在探井、探槽中应测定擦面产状；
- 5 观测初见水位、静止水位。

9.5.8 泥石流工程地质条件评价应包括下列内容：

- 1 分析泥石流的形成条件，划分泥石流的类型，评价泥石流的规模和影响范围；
- 2 分析对机场工程的影响，评价机场建设的适宜性；
- 3 提出防治工程设计和施工所需的泥石流特征参数和岩土参数；
- 4 预测泥石流的发展趋势和危害程度，提出避让或防治、监测的建议。

【条文说明】泥石流发育具有很强的地区特征，自然资源部门和地质灾害发育地区在泥石流勘察、治理方面积累了丰富的经验，出版了相关规范、规程，泥石流调查、勘探、特征参数计算和评价等可以参考这些规范、规程，并考虑机场工程的特点。

9.5.9 泥石流勘察报告应包括下列内容：

- 1 泥石流特征值的计算；
- 2 监测成果分析；
- 3 泥石流防治效益评价，包括经济效益、社会效益和环境效益；
- 4 工程地质平面图比例尺，全域 1:2000~1:10000，治理工程区 1:200~1:500；
- 5 工程地质剖面图比例尺，全域 1:200~1:500，治理工程区 1:100~1:200；
- 6 泥石流形成区斜坡土层等厚线图；
- 7 泥石流堆积区堆积体等厚线图；
- 8 泥石流沟床面等高线图；
- 9 泥石流堆积区地下水等水位线图；
- 10 泥石流形成区和流通区有滑坡和危岩时尚应按滑坡危岩勘察报告的要求提供相关图件。

【条文说明】泥石流治理工程一般包括支挡、排导工程、拦渣坝、排水建筑等。

9.6 采空区

9.6.1 拟建场地及周边存在对机场建设运营有影响的采空区时，应进行采空区勘察。

9.6.2 机场选址勘察阶段的采空区勘察应满足下列要求：

- 1 搜集拟建场地及周边地形地质，矿床开采设计、采掘，采空区分布、规模、埋深、顶板岩性、顶板厚度与管理方式、充填、塌陷，地表移动变形、建筑物观测，以及由于地表变形、塌陷引起的其他不良地质作用等资料；
- 2 在搜集资料的基础上进行现场踏勘、工程地质水文地质测绘与调查和必要的勘探；
- 3 判断采空区危害和发展趋势，初步评价其现状和工程作用下的稳定性、机场建设适宜性。

9.6.3 采空区初步勘察应满足下列要求：

- 1 初步查明采空区分布、开采历史、开采方法、开采边界、充填情况、顶板岩性、厚度与完整性、顶板管理方式、破坏类型；
- 2 初步查明地下水类型、埋藏条件、富水类型、补给、径流、排泄条件；
- 3 分析采空区已完成的移动变形量和剩余变形量，分区评价采空区稳定性和机场建设的适宜性，初步提出采空区治理方案建议。

9.6.4 采空区详细勘察应满足下列要求：

- 1 重点勘察区域为道面影响区的填方区和接近道面设计高程区域、边坡稳定影响区；
- 2 查明采空区分布、埋深、规模、形态、顶板岩性、厚度与完整性、顶板管理方式；查明采空区垮落带、断裂带、弯曲带的分布、埋深、密实度和变形破坏状况；
- 3 查明地下水类型、埋藏条件、富水类型、补给、径流、排泄条件、腐蚀性、充水情况和赋水变化对采空区稳定性影响；
- 4 查明地表移动变形、塌陷特征，有害气体类型、浓度；
- 5 评价采空区稳定性和有害气体对机场建设和营运影响，提出处理措施建议。

9.6.5 采空区施工勘察应满足下列要求：

- 1 重点勘察区域为道面影响区的挖方区；
- 2 查明道面设计高程下采空区分布、埋深、规模、形态、顶板岩性、厚度与完整性、顶板管理方式；
- 3 查明道面设计高程下地下水类型、埋藏条件、富水类型、补给、径流、排泄条件、腐蚀性、充水情况和评价赋水变化对采空区稳定性影响；
- 4 查明道面设计高程下地表移动变形、塌陷特征；
- 5 查明道面设计高程下有害气体类型、浓度，评价采空区稳定性和有害气体对机场建设和营运影响，提出处理措施建议。

9.6.6 采空区工程地质水文地质测绘与调查除应满足本规范第 5 章~第 7 章的要求外,还应包括下列内容:

- 1 搜集场地地质资料,访问调查采空区的历史情况;
- 2 搜集采空区设计实施资料,分析确定采空区空间位置及影响范围;
- 3 查明采空区地层层序、岩性、地质构造,开采时间、方法、层位和范围;
- 4 查明采空区顶板岩性、完整情况、塌落时间、塌落程度、顶板管理方式等;
- 5 查明采空区的地表移动、变形特征、分布规律;
- 6 查明其诱发其他不良地质作用的类型、位置和规模及危害;
- 7 查明采空区充填和积水情况;
- 8 查明采空区附近抽水排水、地下水动态变化对采空区稳定性影响;
- 9 有害气体的类型、分布特征和危害程度;
- 10 采空区既有建筑物变形情况和防治措施经验。

9.6.7 通过测绘与调查方法不能查明采空区特征和分布范围时,应采用工程物探、槽探、钻探和测试相结合的综合方法查明采空区的分布情况。

9.6.8 选址勘察阶段采空区勘探应符合下列规定:

- 1 应根据搜集资料和工程地质水文地质测绘与调查成果,选择代表性地段布置物探线,验证所搜集资料和地质测绘成果可靠性;
- 2 工程物探探测深度应不小于最底层采空区底板下 20m;
- 3 必要时布置 2 至 3 个钻孔验证。

9.6.9 初步勘察阶段采空区勘探应符合下列规定:

- 1 应沿跑道和滑行道中心线、停机坪代表性区段、地表移动盆地、塌陷中心轴线和工程地质测绘与调查圈定的可能分布采空区的代表性区域布置物探线,必要时沿采空区走向轴线、垂直采空区走向加密物探线;
- 2 探测深度应不小于最底层采空区底板 10m~15m,应选择不小于 30%物探解译的代表性采空区进行钻孔验证,每个需验证采空区布置 1 至 2 个钻孔,并选择 3 至 5 个代表性采空区验证走向、边界,验证单个采空区的钻孔应不少于 4 个。

9.6.10 详细勘察阶段采空区勘探应符合下列规定:

- 1 在填方区和接近道面设计高程区域的跑道和滑行道两侧边线、道路轴线、停机坪、填方边坡稳定影响区、地表移动盆、塌陷中心轴线两侧和地质测绘与调查圈定的可能分布采空区的区域应布置物探线;
- 2 停机坪区物探线间距应不大于 30m,地表移动盆、塌陷中心轴线两侧物探线宜不大于 30m,必要时布置垂直物探线;

3 垂向探测区域应不小于为道面设计高程下 30m，且不小于最底层采空区底板下 10m~15m；

4 道面影响区、边坡稳定影响区、需要进行进行采空区处理的土面区应加密或增设物探线；

5 每个工程地质分区中应选择不小于 30%物探解译的采空区进行钻孔验证，每个需验证采空区应布置 1 至 2 个钻孔，并选择代表性 3 至 5 个采空区验证采空区走向、边界，验证单个采空区的钻孔应不少于 4 个。

9.6.11 施工勘察阶段挖方区采空区勘探应符合下列规定：

1 挖方区开挖至设计高程后，应沿跑道、滑行道轴线及两侧，停机坪、挖方边坡、挖方后残留的地表移动盆地、塌陷区和地质测绘与调查圈定的可能分布采空区的区域布置物探线；

2 机坪区、挖方边坡物探线间距应不大于 30m，地表移动盆地、塌陷中心及轴线两侧物探线间距宜不大于 30m，道面影响区物探异常区物探加密线间距应不大于 5m；

3 探测深度应不小于道面设计高程下 30m，且不小于最底层采空区底板下 10m~15m；

4 道面影响区、边坡稳定影响区、需要进行进行采空区处理的土面区应加密或增设物探线；

5 物探解译的采空区均应进行钻孔验证，每个采空区应布置 1 至 2 个钻孔，并选择代表性 3 至 5 个采空区验证采空区走向、边界，验证单个采空区的钻孔应不少于 4 个。

9.6.12 采空区勘探验证钻孔应符合下列规定：

1 钻孔深度应至采空区底板 5m 以下；

2 应全孔取芯，采空区充填物、破碎顶板、其它位置的采取率分别不低于 80%、75%、90%；

3 宜采用双管单动、植物胶护壁等钻探工艺，终孔直径应不小于 89mm；

4 挖方区施工勘察阶段，当顶板岩性及完整性清楚时，对控制采空区边界的钻孔可采用风动钻进工艺；

5 当有经验时，地面解译的采空区范围可采用管波、CT、可测距井下电视等方法验证，替代部分验证钻孔，替代钻孔数量不得超过应布置验证钻孔总数的 1/3。

9.6.13 采空区勘察的工程物探方法应结合地形、岩性、构造与采空区空间位置等，选择高密度电法、地震浅层反射、地质雷达、综合测井、孔内电视、钻孔成像、微动等二种及以上方法。

9.6.14 存在下列情况时，应根据拟建场地内采空区的监测资料，查明地表变形特征、基本规律和发展趋势。监测资料缺乏时应进行地表移动长期监测。

1 勘探难以查明采空区变形特征；

2 需要判断采空区移动变形对机场建设的影响；

3 需要评价采空区治理效果。

9.6.15 采空区监测应符合下列规定：

1 宜从选址阶段开始，并与后期的采空区治理、建设期和运营期监测衔接；

2 监测点应根据采空区埋深、规模、分布、顶板岩性、厚度与完整性、地表移动盆地和塌陷的中心与边界、地下水特征、机场功能区重要性等布置，间距宜不大于 50m；

3 监测内容应包括地表水平位移、地表垂直位移、地表裂缝和建筑物变形、深部位移监测等；

4 监测精度应符合《工程测量标准》(GB 50026)的规定。

9.6.16 采空区勘察的物探点线、验证钻孔施放和复测误差应小于 50mm，桩点应标明编号，埋设稳固，至少保留至验收结束。

9.6.17 凡人员可以进入的采空区，均应入洞勘测；人员不能进入的采空区，宜用井下电视、机器人等手段探测。

9.6.18 采空区试验和测试应符合下列要求：

1 采空区顶板应进行岩体和岩石波速试验、物理力学试验；

2 水样、土样应进行腐蚀性试验；

3 采空区气体应进行有害气体类型、浓度测试。

9.6.19 对采深小、地表变形剧烈，在填土和飞机等荷载作用、开挖揭露、地表水入渗等条件下可能发生沉陷、塌陷的小窑采空区勘察，应满足下列要求：

1 应采用搜集资料、调查、工程物探和钻探等综合方法；

2 查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水情况；

3 查明地表裂缝、沉陷和塌陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向与采空区的关系；

4 查明采空区周边地形条件、降水汇流情况、地下水类型、埋藏条件、补给来源等水文地质条件，附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定性影响。

9.6.20 采空区岩土工程评价应满足下列要求：

1 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；

2 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；

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

【条文说明】鉴于采空区的复杂性，目前采空区变形计算和稳定性评价还没有成熟的计算方法，一般根据开采时间、开采厚度、深度、规模度、方式、顶板厚度、岩性、倾角和完整性、顶板管理方式、地表移动特征等进行定性与半定量分析与判定。我国煤炭部门在矿山工程地质，尤其在采空区稳定性评价方面做了很多研究，机场采空区稳定性评价可以参考《煤矿采空区岩土工程勘察规范》(GB 51044)、《工程地质手册》等。

9.7 场地地震效应

9.7.1 在机场工程勘察工作中，应搜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，进行地震效应评价，分析地震作用对机场工程的影响。

9.7.2 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。

【条文说明】场地和地基的地震效应一般包括以下内容：（1）相同的基底地震加速度由于覆盖层厚度和土的剪切模量不同会产生不同的地面运动；（2）强烈的地面运动会造成场地和地基的失稳或失效如地裂液化震陷崩塌滑坡等；（3）地表断裂造成的破坏；（4）局部地形地质结构的变异引起地面异常波动造成的破坏。

9.7.3 场地地震效应勘察，应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》（GB 50011）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。

9.7.4 场地地震效应勘察，应在跑道、滑行道和停机坪部位选择 3 至 5 个控制性钻孔进行波速试验，测定岩土层的剪切波速，按照《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的划分标准，根据覆盖层分布厚度确定场地类别。

9.7.5 当地基土存在饱和砂土或粉土时，应进行地震液化可能性评价，并符合下列规定：

1 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，初步判别条件按《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的要求进行；

2 当初步判别认为有液化的可能时，再作进一步判别，可采用标准贯入试验判别液化，按《建筑抗震设计规范》（GB 50011）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；

3 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。

【条文说明】地震液化的岩土工程勘察包括三方面的内容：一是判定场地土有无液化的可能性；二是评价液化等级和危害程度；三是提出抗液化措施的建议。

液化判别注意以下三点：（1）液化判别应先进行初步判别当初步判别认为有液化可能时再作进一步判别；（2）液化判别宜用多种方法综合判定，这是因为地震液化是由多种内因（土的颗粒组成、密度、埋藏条件、地下水位、沉积环境和地质历史等）和外因（地震动强度、频谱特征和持续时间等）综合作用的结果；例如，位于河曲凸岸新近沉积的粉细砂特别容易发生液化；历史上曾经发生过液化的场地容易再次发生液化等；目前各种判别液化的方法都是经验方法，都有一定的局限性和模糊性，故强调“综合判别”；（3）河岸和斜坡地带的液化，会导致

滑移失稳，对工程的危害很大，应予特别注意；目前尚无简易的判别方法，应根据具体条件专门研究。

9.7.6 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，并估算震陷量。

【条文说明】关于软土震陷的理论研究目前还不够深入，对震陷机理的认识也不统一。《软土地区岩土工程勘察规范》（JGJ 83）以软土层剪切波速作为震陷发生可能性的判定条件，并给出了建筑物震陷量的估算值，可判别软土震陷的可能性和估算震陷量。

9.8 活动断裂

9.8.1 在机场选址勘察阶段，应搜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。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。

9.8.2 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，进行拟建场区内非全新活动断裂的勘察工作，采用工程地质测绘、工程物探和钻探等综合方法，查明裂带的性质、宽度、走向、破碎带特征，以及断裂破碎带的岩土特性、破碎程度、胶结情况、岩土物理力学性质，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。

9.8.3 当机场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。断裂的地震工程分类应符合下列规定：

1 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可定为全新活动断裂；全新活动断裂中、近期（近 500 年来）发生过地震震级 $M \geq 5$ 级的断裂，或在今后 100 年内可能发生 $M \geq 5$ 级的断裂，可定为发震断裂；

2 一万年以前活动过，一万年以来没有发生过活动的断裂可定为非全新活动断裂。

9.8.4 全新活动断裂可按表 9.8.4 分级。

表 9.8.4 全新活动断裂分级

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
I	强烈全新活动断裂	中晚更新世以来有活	$v > 1$	$M \geq 7$

指标 断裂分级		活动性	平均活动速率 v (mm/a)	历史地震震级 M
		动, 全新世活动强烈		
II	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	$1 \geq v \geq 0.1$	$7 > M \geq 6$
III	微弱全新活动断裂	全新世有微弱活动	$v < 0.1$	$M < 6$

9.8.5 活动断裂评价应提出其对拟建工程可能产生的危害、影响以及工程建设的适宜性, 提出避让或工程措施建议。

9.9 地裂缝

9.9.1 在地裂缝分布地区开展机场工程勘察时, 应搜集地裂缝的有关资料, 了解地裂缝的分布及发育程度, 分析其对机场工程的影响。

【条文说明】我国地裂缝主要分布在华北和长江中下游, 以汾渭地堑(宝鸡-风陵渡转-大同, 延伸约 1000km, 最宽约 100km)、太行山东麓平原(北保定-郑州转西-三门峡与汾渭地堑相接, 全长约 800km)和大别山北麓平原(信阳-六安等, 南北宽 100km, 东西长约 150km)为三大地裂缝发育地带。此外, 在豫东、苏北、鲁中南等地也有发育。在城市中, 已出现地裂缝的有西安、大同、邯郸、保定、石家庄、天津、淄博等。

9.9.2 地裂缝勘察应查明地裂缝的形成原因、影响因素、规模、类型、发展规律, 分析其对机场工程的影响并提出防治方案建议。

9.9.3 地裂缝勘察应以资料搜集、现场调查访问及工程地质测绘为主, 必要时可在主要设施和代表性地段布置少量钻探或坑槽探点。

9.9.4 各勘察阶段的地裂缝勘察应满足下列要求:

1 选址勘察阶段, 应在资料搜集和现场调查访问的基础上, 初步判断地裂缝对场址稳定性的影响;

2 初步勘察阶段, 应在稳定性评价的基础上进行工程地质测绘, 初步查明地裂缝规模、类型、发展规律;

3 详细勘察阶段, 应采用综合勘察手段, 查明地裂缝规模、类型、发展规律, 进行工程性质评价, 并提出处理方案和监测建议。

9.9.5 地裂缝勘察资料搜集应包括下列内容：

- 1 第四纪地质及新构造运动、区域活动断裂资料、区域地震资料；
- 2 遥感图像资料；
- 3 区域水文地质、岩土工程地质条件资料；
- 4 历史上有关地裂缝记载及地裂缝研究资料。

9.9.6 地裂缝勘察现场调查访问应包括下列内容：

- 1 地裂缝对地面构筑物的破坏形式、破坏程度和破坏过程；
- 2 地裂缝发育区域有无伴生的其它地质灾害，如地面沉降、地面塌陷等；
- 3 向当地居民或相关工程的管理部門访问地裂缝的发育过程；
- 4 访问地裂缝发育的时间、裂开过程、变化特征和其他现象，如地裂缝裂开时有无地震、地声、地气或地光等；
- 5 地裂缝发生发展过程中相关因素的变化，如温度、湿度、降雨量、集中抽取地下水和区域地震活动历史等。

9.9.7 地裂缝工程地质测绘应包括下列内容：

- 1 第四纪地层时代划分，第四纪沉积物成分、结构及成因类型划分，下伏基岩的岩性、结构和成因时代；
- 2 地貌及微地貌单元划分及边界特点；
- 3 地裂缝平面分布、剖面特征；
- 4 地裂缝对地表地下建筑物的破坏特征；
- 5 地裂缝与所处地区山体崩塌、滑坡或地面沉降等其他地质灾害的关系。

9.9.8 地裂缝评价应提出对拟建工程的影响以及工程建设的适宜性，提出工程措施、监测或避让建议。

9.9.9 地裂缝勘察报告应包括下列内容：

- 1 地裂缝的地形地貌和工程地质条件；
- 2 地裂缝的形成原因、类型、规模分布、发展规律特征；
- 3 地裂缝的危害程度，工程建设的适宜性；
- 4 地裂缝的治理方案和监测建议。

9.10 地面沉降

9.10.1 地面沉降勘察应查明地面沉降发生原因、沉降范围、沉降量、沉降发生层位、地下水位情况，并预测其发展趋势，提出控制和治理方案建议。

【条文说明】条文所述地面沉降是指较大范围的地面沉降，一般在 100km² 以上，沉降原因一般是由于常年抽吸地下水引起水位或水压下降，年沉降量达到几十至几百毫米，持续时间一般为几年到几十年。

9.10.2 地面沉降勘察应进行资料搜集，以工程地质测绘与调查为主，工程物探、钻探等为辅的方法，勘察范围应包括建设范围全部区域。地面沉降可按不同的结构单元设置地面沉降标和分层沉降标长期观测，长期观测可采用 InSAR、GNSS 等技术。

9.10.3 地面沉降原因调查应包括下列内容：

- 1 场地的地貌和微地貌，第四纪堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，硬土层和软弱压缩层的分布；
- 2 地下水位以下可压缩层的固结状态和变形参数；
- 3 含水层和隔水层的埋藏条件和承压性质，含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数；
- 4 地下水的补给、径流、排泄条件，含水层间或地下水与地面水的水力联系；
- 5 历年地下水位、水头的变化幅度和速率；
- 6 历年地下水的开采量和回灌量，开采或回灌的层段；
- 7 地下水位下降漏斗及回灌时地下水反漏斗的形成和发展过程；
- 8 地面沉降对建筑物的影响，包括建筑物的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程；
- 9 绘制不同时间的地面沉降等值线图，并分析地面沉降中心与地下水位下降漏斗的关系及地面回弹与地下水位反漏斗的关系；
- 10 绘制以地面沉降为特征的工程地质分区图。

9.10.4 地面沉降区域较小时，可沿沉降区的长、短轴方向按照“十”字形布置勘探孔；地面沉降区域较大，或尚未发生但可能发生地面沉降的区域，可在典型位置布置勘探孔。地面沉降勘探孔应和其他勘探孔结合布置。勘探孔应至基岩，当基岩埋深较大时，应穿透主要含水层底板。

9.10.5 地面沉降评价应提出对拟建工程的影响以及工程建设的适宜性，提出工程措施、监测或治理建议。

9.10.6 地面沉降勘察报告应包括下列内容：

- 1 地面沉降的原因、沉降范围、沉降量、沉降发生层位、地下水位变化情况；
- 2 判断地面沉降的危害程度，评价工程建设的适宜性；
- 3 预测地面沉降发展趋势，提出控制和治理方案建议或工程措施建议。

10 其他专项勘察

10.1 一般规定

10.1.1 拟建场地范围内水文地质、料源、填筑场地、工程管线、机场地基病害等勘察内容，应开展相应的专项勘察。专项勘察和常规勘察内容一并实施时，应编制统一的勘察方案；专项勘察单独实施时，应专门编制勘察方案。

【条文说明】本章的内容为除了特殊性岩土和不良地质作用以外的专项勘察。

10.1.2 专项勘察和常规勘察一并实施时，勘察纲要应统一编制，并结合已有的勘察资料、工程建设实际情况，和常规勘察内容统筹考虑。专项勘察单独实施时，应结合机场建设或运营维护的专项问题，根据专项勘察内容编制勘察纲要，采用针对性的勘察手段，查明特定的地质问题或工程问题。

10.1.3 专项勘察可在初步勘察、详细勘察中结合其他勘察任务分阶段开展，也可根据场地地质条件、机场建设需求等不分阶段单独开展专项勘察。几项专项勘察可合并编制勘察纲要、统一实施、合并编制勘察报告。

10.2 水文地质

10.2.1 水文地质条件复杂，且地下水对机场建设影响明显时，应进行水文地质专项勘察。水文地质条件复杂程度可根据含水层分布、地下水补给、径流和排泄条件、地质构造等，按表 10.2.1 划分。

表 10.2.1 机场工程水文地质条件复杂程度划分

程度等级	划分因素条件
简单	1 工程影响范围和深度内无含水层； 2 无道面下水汽运移产生的上层滞水层；

程度等级	划分因素条件
	3 单层含水层，厚度稳定，岩性均匀； 4 地质构造简单； 5 地下水补给、径流和排泄条件清楚
中等	除简单和复杂程度等级外的条件
复杂	1 三层及以上含水层，岩性及分布厚度变化大； 2 填筑体含水层； 3 道面下水汽运移产生大面积分布的上层滞水层等； 4 地质构造复杂，基岩褶皱、断裂或破碎带发育，对地下水条件具有控制作用； 5 地下水形成条件复杂，补给、径流和排泄条件不易查清，判定困难

注：1 全部满足程度等级为“简单”项的全部条件，才能划分为“简单”程度等级。

2 只要满足程度等级为“复杂”项的任一条件，即可划分为“复杂”程度等级。

10.2.2 水文地质专项勘察应查明场地的水文地质条件，分析评价地下水产生的岩土工程问题、不良地质作用，对机场建设期和运营期水文地质条件的变化及其对工程的影响进行预测分析，并提出处治措施方案建议。

【条文说明】 随着我国机场建设的场地越来越复杂，地下水的不良作用及危害也越来越大。据不完全统计，我国机场工程地基病害 70%以上与地下水有关。随着对地下水危害程度认识的提高，在稻城亚丁机场、甘孜格萨尔机场、宜宾五粮液机场、达州机场、南充机场、元阳机场、遵义新舟机场、六盘水机场、泸沽湖机场、拉萨贡嘎机场、定日机场、天水迁建机场、延吉迁建机场、泰顺通用机场等机场中通过水文地质专项勘察，查明了新建机场场地水文地质条件、地下水工程效应，预测了工程建设期和运营期地下水的变化及其可能引起的不良影响，提出了针对性地下水防治措施建议。水文地质专项勘察区别与传统的水文地质勘察，是在传统水文地质勘察的基础上，研究工程条件下，地下水渗流场特征、不良作用和危害、防治措施等，对水文地质条件复杂场地十分必要。

10.2.3 水文地质专项勘察应采用资料搜集、地质测绘、工程物探、钻探、井探和测试相结合的综合方法。

10.2.4 水文地质专项勘察资料搜集应包括区域地质、区域水文地质基础资料，以及勘察、测量、设计、监测、检测、施工、地质灾害评估资料等。

10.2.5 水文地质测绘范围应不小于机场工程所在水文地质单元，测绘比例尺应符合下列规定：

- 1 道面影响区、边坡稳定影响区、建筑物分布区为 1:200~1:500；
- 2 土面区为 1:1000~1:2000；
- 3 其它区域为 1:5000~1:50000。

10.2.6 水文地质测绘应包括下列内容：

- 1 地层岩性、含水层和隔水层；
- 2 断层、褶皱、破碎带位置、宽度、性质、导水性等；
- 3 泉和井点的位置、高程、类型、水位与流量及动态变化、水温、电导率、水质、透明度、浑浊度、气味等；渗水区的位置、范围、高程、渗水量及变幅、水质、水温、透明度、浑浊度、气味等；
- 4 沟谷、河流、积水塘、水渠等地表水体水位及动态变化、流量、流向、水温、电导率、水质等；
- 5 前期勘察钻孔及地下水监测孔水位及动态变化；
- 6 地下水类型、补给来源、排泄条件、历年最高地下水水位，尤其是近 3~5 年最高水位；
- 7 地下水引起的不良地质作用和工程病害；
- 8 当地地下水防治经验。

10.2.7 水文地质勘探可采用工程物探、钻探、井探等手段，勘探工作宜结合工程地质勘察布置，并应符合下列规定：

1 工程物探方法应根据勘察目的、水文地质条件、岩土体的物理特征、地形条件、植被条件、气候条件、勘探深度、地区经验等确定，应采用 2 种及以上物探方法进行综合探测；物探线应根据前期勘察成果、本次测绘成果和勘察目的布置，每个水文地质单元应至少布置 1 条物探线，探测深度应大于工程影响范围内含水层厚度；

2 勘探孔（井）、测试孔（井）应在综合分析前期勘察成果、本次测绘和工程物探成果基础上布置，每个水文地质单元勘探孔（井）、测试孔（井）的数量应不少于 3 个，深度应揭露工程影响范围内含水层厚度，且满足查明场地水文地质条件，取得满足地下水防治设计与施工所需水文地质参数的要求；

3 物探线、勘探孔（井）、测试孔（井），应重点布置在道面影响区、边坡稳定影响区、建筑物分布区；

4 勘探孔应清水钻进，对多层含水层采取止水措施；测试孔（井）口径和保护措施应满足测试和长期量测要求。

10.2.8 水文地质参数测定应符合下列规定：

1 测试项目应包括渗透系数、渗透变形临界水头值、影响半径、单井涌水量等。必要时，应测试土层颗粒级配，获取渗透系数等经验值；

2 原场地和地基处理后岩土层、黏性填土层的室内渗透试验应采取 I 级样品；不同压实度下填土层的渗透特性测试可结合击实试验进行；

3 地下水位以上的粉土、砂土、填土、含粗颗粒大于 30% 的粘性土应进行注水试验。粉土、砂土、填土可采用试坑单环法，粘性土可采用试坑双环法。当试验深度较大时，可采用钻孔法注水试验；

4 挖方整平后，裂隙发育岩体宜进行压水或注水试验。当地具有类似经验时，水文地质参数可按当地经验取值；

5 含水层应进行抽水试验，每孔（井）试验应不少于 3 次降深，水位观测孔数量宜不少于 3 个，当具有多层含水层时应按含水层边界分层进行。

10.2.9 地下水量测应符合下列规定：

1 遇到地下水时应量测地下水位，根据工程需要量测流量、水温、浑浊度、透明度等；

2 在水文地质勘察开始、季节变换、强降雨或长期降雨、水文地质勘察现场结束时，应统一量测地下水位；

3 地下水监测时间应不少于 1 个水文年，内容应包括钻孔（井）的水位、水温，填筑体盲沟和泉点的水量、水温和浑浊度，边坡出水点的位置、水量、水温和浑浊度；

4 现场应初判地表水、地下水浑浊度、透明度，必要时应采取样品进行浑浊度、透明度试验。

10.2.10 水文地质数值模型应满足下列要求：

1 应建立机场所在水文地质单元渗流数值模型，模拟水文地质单元地下水渗流场特征，以及单元内地下水开采、农业灌溉、工程建设、水利工程等对渗流场的影响；

2 结合机场规划设计，建立场区渗流数值模型，模拟丰水期、枯水期场区初始渗流场特征和建设期、运营期渗流场变化特征；

3 耦合工程地质模型，预测渗流场变化引起的地下水不良作用及危害程度。

10.2.11 水文地质物理模型应满足下列要求：

1 必要时，应采取场区岩土样，根据场地水文地质条件，结合规划设计，建立室内大型物理模型，模拟建设期、运营期渗流场特征、不良地质作用和危害，校验数值模型；

2 应结合试验段工程，建立现场水文地质物理模型，监测渗流场变化特征，校核水文地质参数、完善数值模型和室内物理模型，观测地下水不良作用和危害。

10.2.12 水文地质分析评价应满足下列要求：

1 水文地质条件分析评价应包括：含水层和隔水层岩性、厚度与分布规律，地下水类型、赋存状态、富水性，含水层之间、地下水与地表水水力联系，地下水补给、径流、排泄条件等。必要时，划分水文地质单元，分区评价；

2 场地主要岩土层的渗透性分析评价应包括渗透系数、影响半径、渗透变形临界水头值等；

3 渗流场特征分析评价应包括：现状场地地下水渗流场的特征，施工阶段挖方区、填方区地下水渗流场变化特征，场地整平后道面实施前后的地下水渗流场特征，机场运营期渗流场特征；

4 地下水工程效应分析评价应包括：岩土体强度劣化、增湿加重、渗流潜蚀、孔隙水压力、循环冻融等，地震（含振动）液化、湿陷、冻融、胀缩、腐蚀等潜在不良作用；地基强度（承

载力)、变形、边坡稳定性,道面病害、滑坡、地面塌陷等潜在危害;机场工程建设、安全运营的影响预测分析;

5 改扩建机场工程还应结合机场现有排水措施和道面病害分布调查,对机场运营期飞机荷载和地下水渗流耦合作用造成的道面病害进行分析评价;

6 腐蚀性评价应包括场地水化学特征分区评价、对建筑材料的腐蚀性评价;

7 必要时,进行地下水工程效应影响程度和场地危险性分区;

8 提出设计、施工所需的水文地质参数以及地下水不良作用和危害监测与防治措施建议。

10.2.13 水文地质专项勘察报告应提供场地水化学特征分区图、地下水工程效应影响程度和场地危险性分区图等。

10.3 料源

10.3.1 对拟用作机场建设填筑材料的天然岩土材料,应进行料源勘察。

【条文说明】机场建设所需的填筑材料一般就地取材,为了减少对环境的影响,设计时尽量考虑填挖平衡。这些天然岩土材料在机场工程建设中习惯称为料源。料源一般主要分布在机场建设用地范围内,主要是挖方区需开挖的部分,填方区开挖后仍用于填筑的也属于料源。料源也可能在建设红线外,比如净空处理开挖的土石方用于填筑。

10.3.2 料源勘察应采用综合勘察方法,优先采用工程物探手段,查明基岩面分布,然后有针对性的布置钻孔勘探点验证物探解译成果;在基岩面起伏较大以及存在大量孤石的地区,应以钻孔方法为主,工程物探为辅。物探线间距以查明基岩面为宜,初步勘察勘探点间距宜不大于100m,详细勘察勘探点间距宜不大于50m,详细勘察的勘探点可包含初步勘察的勘探点。

10.3.3 料源除应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)进行岩土分类外,尚应按本规范附录 E 进行填料分类。

【条文说明】料源的分类目的是用于工程设计、施工和造价计算。按照《岩土工程勘察规范》(GB 50021)进行岩土分类主要是为了便于造价计算,目前造价计算依据的土石方类别主要和岩土分类相对应。按照附录 E 进行填料分类是为了便于机场工程设计和施工,该填料分类方法是从机场工程建设对填料的要求角度进行划分的。

10.3.4 根据工程物探和勘探成果,应分别按岩土分类和填料分类统计各种填料的体积,简便计算时,可将岩土分类简化为土、石,并按式 10.3.4 计算土石比。

$$R_{sr} = \left(\frac{10 \sum V_{Si}}{\sum V_{Si} + \sum V_{Ri}} \right); \left(\frac{10 \sum V_{Ri}}{\sum V_{Si} + \sum V_{Ri}} \right) \quad (10.3.4)$$

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

ΣV_{Si} ——统计范围内各类土（包括松土、普通土和硬土）的自然体积的总和；

ΣV_{Ri} ——统计范围内各类石（包括软石、次坚石和坚石）的自然体积的总和。

10.3.5 各类填料应测定天然密度，通过试验确定细粒土的类别和塑性指数、粗粒土颗粒级配、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。岩土的填挖比宜按式 10.3.5 进行计算。有条件时，应通过现场填筑试验确定填挖比。

$$1:m = 1:\frac{\rho_{d1}}{\rho_{d0}} \quad (10.3.5)$$

式中：1:m——某类填料的填挖比；

ρ_{d1} ——设计的压实填土、石干密度。对于各类土， $\rho_{d1}=\rho_{dom}\times R_d$ ， ρ_{dom} 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。

10.3.6 对细粒土，除常规土工试验外，必要时应开展有机质含量、易溶盐含量、湿陷性试验、胀缩性试验等测试。

10.3.7 料源勘察的开挖分析评价应满足下列要求：

- 1 开挖会形成施工期临时边坡或永久边坡时，应对挖方边坡稳定性进行评价分析，提出放坡设计参数和放坡方案建议；
- 2 应对开挖方法、挖方设计、爆破设计提出建议；
- 3 料源周边存在建（构）筑物时，应评价开挖方式对其影响，并提出施工振动影响监测的建议；
- 4 应根据料源周边居民、设施情况，对开挖过程中的扬尘控制、噪声控制以及水土保持方案提出建议。

10.3.8 填料的分析评价应包括下列内容：

- 1 各类填料的开挖难易程度，宜按表 10.3.8 进行分级；
- 2 各类填料建议的填筑工法或压实工艺；
- 3 各类填料填筑后可能产生的工程风险及处理建议。

表 10.3.8 土、石开挖难易程度分级

开挖难易等级	代表性土、石名称	开挖难易程度
I	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
II	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

开挖难易等级	代表性土、石名称	开挖难易程度
III	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
IV	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
V	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
VI	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

10.3.9 料源勘察报告应包括下列内容：

- 1 勘察方法及布置情况；
- 2 料源位置、行政区域及交通条件；
- 3 自然地理条件、工程地质和水文地质条件；
- 4 料源类别、物理力学性质、化学成分、有害物质含量；
- 5 料源储量及其计算方法、计算结果；
- 6 开采条件和运输条件；
- 7 开挖方法、填筑方法建议，临时边坡和永久边坡放坡建议、施工风险提示、水土保持措施建议。

10.4 填筑场地

10.4.1 在大面积填方、填海陆域形成等人工方式形成的场地，在上部建（构）筑物实施前应进行填筑场地勘察。按上部建（构）筑物对地基的要求进行填筑的场地可不进行填筑场地勘察。局部分布的填土勘察应符合本规范第 8.7 节的规定。

【条文说明】 条文中的填筑场地是指机场工程建设前或建设中通过大面积填方、填海陆域形成等两种方式形成的，用于后续道面、建筑物等建设使用的场地。填筑场地在填筑前，通常需要对原始地基进行勘察，勘察成果用于原地基处理和填筑设计。填筑场地形成后，既有的原始地基勘察资料用于填筑场地上部建（构）筑物设计施工是不能满足要求的。因为填筑场地将作为上部建（构）筑物的地基，需要按上部建（构）筑物的设计需要进行针对性勘察。当然，填筑场地设计和施工如果已经考虑了上部建（构）筑物的要求，则可以不再进行填筑场地勘察。例

如山区机场填筑场地设计一般会考虑跑道和滑行道的位罝、荷载、变形要求等条件，填筑施工、检测都符合道面设计需要；填海陆域形成因其不属于民航专业工程，且其建设时序和机场工程可能衔接不及时、设计条件不匹配，该填筑场地建设通常无法满足上部道面需要，则在道面设计前，必须针对填筑场地进行勘察。填海陆域形成前的勘察要求在《民用机场填海工程技术规范》(MH/T 5060)中进行了规定。简单来说，填筑场地“填前勘察”是为了满足填筑本身设计和施工需要；“填后勘察”即填筑场地勘察，是为了满足该场地上的建(构)筑物设计和施工需要。

10.4.2 填筑场地勘察应包括下列内容：

- 1 搜集场地形成前和填筑过程的勘察、设计、施工、检测和监测等资料；
- 2 查明填土层的分布特点和填土性质；
- 3 查明填土层的厚度、水平和垂直方向的分布范围及物理力学性质指标；
- 4 查明填土的颗粒组成、均匀性及其水平和垂直方向的差异性；
- 5 查明填筑场地地下水、土的化学成分及对建筑材料的腐蚀性；
- 6 填土以下原地基需进行勘察时，其勘察应符合本规范第5章~第9章的规定；
- 7 分析评价填筑场地的工程地质条件，提出地基处理方案建议。

10.4.3 填筑场地勘探点布置应满足下列要求：

- 1 勘探线宜按网格形布置。其中，填海吹填形成的场地，宜根据吹填口的位置布置勘探线、点；
- 2 勘探点间距在满足本规定第5章~第7章要求的基础上，应根据填土的均匀性、密实程度等实际情况，结合工程建设需要加密勘探点的布置。

10.4.4 勘探点深度除应符合本规范第5章~第7章的规定外，尚应根据填土厚度、填土对原岩土层的影响等因素综合确定。一般性钻孔应穿透填土层进入以下岩土层2m~3m；控制性钻孔应进入非压缩层底面下3m~5m。

10.4.5 填筑场地勘察宜采用下列方法：

- 1 填土为碎石土类时，宜采用动力触探试验等原位测试方法并采取扰动土样进行颗粒分析；
- 2 填土为砂土类、粉土类时，宜采用静力触探试验、动力触探试验、抽水试验及标准贯入试验等原位测试方法，并采取扰动土样进行颗粒分析；
- 3 填土为黏性土类时，宜采用钻探取样与十字板剪切试验、标准贯入试验、抽水试验及静力触探试验等测试方法；
- 4 填土为淤泥、淤泥质土类时，宜采用轻型钻机钻探取样进行十字板剪切试验。

10.4.6 填土的均匀性、密实性、压缩性、湿陷性等工程特性的测试，应符合本规范第8.7节的规定，其中，湿陷性可采用探井取样测试。

10.4.7 填筑场地水文地质勘察应在场地中均匀布置水文地质观测孔，观测地下水在填筑场地中的埋深水位、分布等情况。

10.4.8 填筑场地的分析评价应满足下列要求：

- 1 填筑场地岩土体的分层应根据填土颗粒组成、分布、原位测试和室内试验成果等综合确定；
- 2 评价填筑场地作为上部建构筑物地基的适宜性；提出地基处理和基础方案建议；
- 3 提出检测、监测要求建议。

10.4.9 填筑场地勘察报告应包括下列内容：

- 1 填筑场地地形、地貌、填土分布情况；
- 2 填土物理力学指标统计、分析和选用；
- 3 填土的均匀性、压缩性等性质的描述和评价；
- 4 提出填土地基处理方法和处理深度的建议；
- 5 对工程施工和机场运营期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出预防和处理措施以及监测的建议。

10.5 工程管线探测

10.5.1 机场工程建设和运营期需要查明地下管线时，应对影响范围内的各类地下管线、管廊和综合管沟开展工程管线探测。

10.5.2 地下管线探测应满足下列要求：

- 1 探测地下管线应遵循从已知到未知、从简单到复杂、方法有效快捷和综合探测方法的原则，可采用实地调查与工程物探相结合的方式；
- 2 应查明地下管线的类别、平面位置、埋深、偏距、走向、规格、材质、传输物质特征、电缆根数、管块孔数、敷设状况、敷设方式、权属单位及附属设施等，测量地下管线平面坐标和高程；
- 3 隐蔽地下管线探测可采用工程物探或直接开挖的方法。工程物探方法应根据任务要求、探查对象和地球物理条件，并经过方法试验确定；当需要对仪器探查结果进行验证或在地电条件非常复杂、仪器探查结果不可靠的情况时，可采用直接开挖方式探查地下管线；
- 4 应绘制特侧草图并在地面上设置管线点标志，其中敷设在同一管块（沟）中不同权属的电力或通信电缆应分别查明，并在成果表的备注栏内注明；
- 5 应查明与工程建设施工有关的信息；

6 地下管线放线测量应依据经批准后的规划设计图施测，并符合《城市测量规范》（CJJ/T 8）的规定；

7 地下管线探测应采用 2000 国家大地坐标系（CGCS 2000）和 1985 国家高程基准，或者与机场坐标系相统一；

8 探测精度标准采用中误差，极限误差采用二倍中误差，探测精度应符合《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61）的规定；

9 应根据工程建设或机场运营要求建立地下管线数据库。

10.5.3 明显管线点的设置应符合下列规定：

1 应在管线特征点的地面投影位置设置管线点，对于无特征点的管线段，应以能够反映管线走向变化、弯曲特征为原则，在地面投影位置设置地面管线点；

2 检查井应在其中心设置管线点，其他附属设施应设置在其地面投影的几何中心；

3 综合管廊（沟）应设置在其几何中心线上；

4 对于管线附属设施的管线点偏离管线中心线的地面投影位置时，当偏移距大于或等于 0.4m 时，应量测和记录偏移距，并分别设置管线点；

5 宽度大于 1m 的沟道（管廊）应实测平面位置和埋深，宽度大于或等于 0.5m 的电力沟道宜实测平面位置和埋深；

6 管廊出入口、管廊附属设施（物）的尺寸大于或等于 1m 的，应实测范围线；小于 1m 的，应实测位置中心点；

7 在没有特征点的管线段上的管线点间距应小于或等于 50m，对于复杂管线，管线点间距应小于或等于 10m；当地下管线弯曲时，应在圆弧起讫点和中点上设置管线点，当圆弧较大或不规则弯曲时，适当增加管线点，以能反映其弯曲特征为原则；

8 当管线被建筑物压盖时，应在管线进出建筑物的边界处设置管线点。

10.5.4 在明显管线点上实地量测地下管线埋深时，应符合下列规定：

1 应根据管线的类别，按表 10.5.4 定量测管线的外顶埋深或内底埋深；

2 地下管线埋深可采用计量器具直接量测，量测结果精确到小数点后两位；

3 当各类可开启的地下管线检查井、阀门、手孔、凝水缸等附属设施（物）内部淤积掩埋或覆盖地下管线，导致无法直接量测时，应采用其他方法查明其埋深，在记录上注明量测方法。

表 10.5.4 地下管线实地调查项目

管线类别	埋深		断面		孔 (条)	材质	附属物	载体特征			建设年代	权属单位
	内底	外顶	管径	宽×高				压力	流向	电压		
给水	—	▲	▲	—	—	▲	▲	—	—	—	★	★

管线类别		埋深		断面		孔 (条)	材质	附 属 物	载体特征			建 设 年 代	权 属 单 位
		内底	外顶	管径	宽× 高				压力	流 向	电 压		
雨水 污水	管道	▲	—	▲	—	—	▲	▲	—	▲	—	★	★
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	—	▲	—	★	★
燃气		—	▲	▲	—	—	▲	▲	▲	—	—	—	★
热力		—	▲	▲	—	—	▲	▲	—	—	—	—	★
航油		—	▲	▲	—	—	★	▲	▲	—	—	★	★
工业	压力	—	▲	▲	—	—	▲	▲	▲	—	—	★	★
	自流	▲	—	—	—	—	▲	▲	—	▲	—	★	★
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	—	▲	—	★	★
电力	保护管	—	▲	—	▲	★	▲	▲	—	—	★	★	★
	沟道	▲	—	—	▲	★	▲	▲	—	—	★	★	★
	直埋		▲	—	—	★	▲	▲	—	—	★	★	★
通信	保护管	—	▲	—	▲	★	▲	▲	—	—	—	★	★
	沟道	▲		—	▲	★	▲	▲	—	—	—	★	★
	直埋		▲	—		★	▲	▲	—	—	—	★	★
特殊 管线	保护管	—	▲	—	▲	★	▲	▲	—	—	—	★	★
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	—	—	—	★	★
	直埋	—	▲	▲	—	—	▲	▲	—	—	—	★	★
不明管线		—	▲	▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—
综合管沟		▲	—	—	▲	—	▲	▲	—	—	—	★	★
综合管廊		▲	—	—	▲	—	▲	▲	—	—	—	★	★

注：▲为应查明地下管线项目；★为宜查明的地下管线项目；—为无需调查的项目。

10.5.5 探测方法应根据探测管线的类型、材质、埋深、管径、出路情况、周边环境与地电条件等因素，参照表 10.5.5 选择探测方法。

- 1 金属管线探查宜优先选用电磁感应法的感应法、夹钳法、直接法或探地雷达法；
- 2 非金属管线探查宜采用探地雷达法、直流电阻率法或浅层地震法等。

表 10.5.5 地下管线探测方法选择依据

管线材质	管线种类及探测环境	优选方法
金属管线、 线缆		宜优先选用电磁感应法、夹钳法、直接法或探地雷达法
	深埋金属管道	可选择综合工程物探方法
	高阻抗金属管线	宜选用高频电磁感应法或探地雷达法；具备铁磁性的管线且干扰较小时，可选择磁法
	较大管径（相对埋深）的 管线	选择电磁感应法的直接法、感应法，也可选用探地雷达法、直流电阻率法、磁法或浅层地震法
	埋深（相对管径）较大 的管线	宜选择大功率低频电磁感应法
	热力金属管线或高温输油 管线	可选择电磁感应法或红外辐射测温法
	电力电缆	宜优先采用工频法搜索定位后，再用电磁感应法精确定位、定深；当电缆有出露端时，宜采用电磁感应的夹钳法
	通信电缆	宜选择主动源电磁感应法
	盲区探查金属管线时	宜先采用电磁感应法或工频法搜索异常信号后，再采用电磁感应法进行追踪，精确定位、定深
非金属管线		宜采用探地雷达法、直流电阻率法或浅层地震法
	有出入口的非金属管道	宜采用示踪电磁法
	钢筋混凝土或带金属骨架 的管道	可采用磁偶极感应法
	管径较大的非金属管道	除可采用探地雷达法外，还可根据工作条件采用直流电阻率法或浅层地震法等
	热力管道或高温输油管道	宜采用主动源电磁法和红外测量法
水下管线		水中管线宜采用旁侧声纳法；水底下管线宜采用地震映像法、高精度磁法或浅层剖面法
非开挖施工电力、通信类管线群		应分别对每组管孔进行探查，分别定点

10.5.6 目标管线长度应远大于其埋深的地下管线，采用电磁感应法探测时，应符合下列规定：

- 1 采用直接法时，应布设接地电极，并保持接地条件和施加点处的电性接触良好；
- 2 采用夹钳法时，应保证夹钳接头形成通路；
- 3 采用感应法时，应使发射机与目标管线耦合良好，接收机与发射机保持最佳收发距，当周围存在干扰时，应采取措施减小或排除干扰；

4 区分两条或两条以上平行管线时，宜采用直接法或夹钳法，通过分别对各条管线施加信号来加以区分；因场地条件限制，不宜采用直接法和夹钳法时，可采用感应法，通过改变发射装置的位置和状态以及发射的频率和功率，分析电磁异常的强度和宽度等变化特征加以区分；

5 可采用峰值法和零值法定位，通过两种方法测试结果的对比分析，确定管线的平面位置。当有干扰因素影响时应采用峰值法，在无干扰的情况下可用零值法加以验证。

10.5.7 采用电磁感应法探测地下管线埋深时，应在平面定位基础上采用直读法、特征点法、比值法或多种方法综合确定管线埋深，并符合下列规定：

- 1 在探测确认的管线平面位置处，沿着管线走向变化的各方向进行埋深测量；
- 2 定深点宜选择在目标管线特征点两侧各 3 至 4 倍管线埋深范围内，并应选择中间无分支或弯曲，且相邻平行管线间距大于埋深的 1.5 倍范围；

3 采用直读法定深时，应保持接收机天线垂直，并根据方法试验确定的修正系数校正直读结果。

10.5.8 被查金属管线邻近有较多平行管线，或管线分布情况较复杂时，宜采用直接法、夹钳感应法等方式进行探测。

10.5.9 采用探地雷达法探测时，目标管线应在其探测深度范围内，分辨率应与管线规格相匹配，并根据探测场地地下介质与管线的材质、管径和埋深，选用与之相匹配的中心工作频率天线、采集方式和相应的采集参数，匀速移动天线采集数据，并结合探测场地的地下介质组成输入介电常数，确定管线的位置与埋深。

10.5.10 采用工程物探手段除获取隐蔽管线的位置和埋深外，管线其他属性信息可根据工程物探资料解释推断，也可根据搜集资料现场追溯相关明显管线点，或者采用钎探、打样洞方式揭露管线后，按明显管线点的规定进行调查。

10.5.11 地下管线测量应符合《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61）的规定。

【条文说明】地下管线测量一般包括控制测量、既有地下管线测量、地下管线放线与竣工测量、测量成果的检查验收等内容。

10.5.12 地下管线探查质量检查应采用明显管线点重复调查、隐蔽管线点重复探查方式，随机抽查点应具有代表性，数量不少于各自总点数的 5%，并符合《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61）的规定。

10.5.13 工程管线探测成果应满足下列要求：

- 1 成图的比例尺和分幅，应与机场工程场地的地形图比例尺和分幅一致；
- 2 管线成果应按照信息化管理要求进行数据信息管理，如果需要建立信息系统，应按照相关要求要求进行数据整理。

10.6 机场地基病害

10.6.1 机场运营期的地基病害治理应进行机场地基病害勘察。地基病害治理纳入机场改（扩）建工程时，机场地基病害勘察可以和改（扩）建工程勘察一并实施。未纳入改（扩）建工程的机场基础设施改造进行勘察时，可参照机场地基病害勘察。

10.6.2 机场地基病害勘察应满足下列要求：

- 1 勘察工作应减小对机场运营的影响，且不得危及运营安全，勘察纲要应包括不停航勘测方案；
- 2 病害勘察应包括资料搜集、病害调查、病害勘探、试验测试、分析评价与编制勘察报告；
- 3 应查明病害发生场地的水文地质、工程地质条件、岩土体工程特性，以及病害空间范围、原因、发展趋势、危害等，提出病害治理设计参数和依据；
- 4 道面下地基病害勘察应在道面质量检测与评估基础上开展；
- 5 需进行应急病害治理时，可将勘察工作简化，采用资料搜集、病害调查为主，辅以轻便快捷的勘探手段，初步查明病害的范围、原因和危害。

【条文说明】机场地基病害指引起道面结构损伤与场地稳定性的地基、边坡、地下水等的不良作用及现象，包括地基过大沉降与不均匀沉降，膨胀与收缩、盐胀与沉陷、冻胀与融沉，地下水工程效应，地面鼓胀、开裂、沉陷、塌陷，边坡冒水、鼓胀、开裂、滑塌、失稳，地基土腐蚀性等。病害发生场地指病害体、病害影响范围和引起病害不良作用的分布区域。机场地基病害勘察通常在机场运营期进行维护保养和病害治理时进行。常规道面质量检测与评估不属于勘察内容。

10.6.3 机场地基病害勘察应包含下列内容：

- 1 查明现状病害类型、特征、空间范围、危害；
- 2 查明场地岩土结构、分布、年代、成因、工程特性及工程建设前后指标变化；
- 3 查明场地不良作用类型、分布、成因、与病害的关系；
- 4 查明场地地下水渗流场特征、地下水工程效应、与病害的关系；
- 5 查明病害发生机理、形成原因，预测病害发展趋势和危害；
- 6 提供治理设计、施工所需相关参数，方案建议。

10.6.4 机场地基病害勘察资料搜集应包括下列内容：

- 1 既有勘察文件和设计文件；
- 2 施工、检测、监测资料；
- 3 道面检测与评估报告；
- 4 管线、地下工程使用过程中的异常情况；
- 5 降水等气象资料；
- 6 已有病害调查、勘察、治理与监测资料；
- 7 周边和邻近场地基坑开挖和降水等资料。

10.6.5 机场地基病害调查应贯穿勘察、治理的全过程，并应包含下列内容：

- 1 病害出现的部位、名称、类型、规模；
- 2 病害发生时间、发生和发展过程及趋势；
- 3 工程地质和水文地质条件变化情况；
- 4 气象、水文资料；
- 5 地面积水与冒水、边坡渗水与冒水情况；
- 6 地面、地下排水系统运行情况；
- 7 病害现象附近场地施工、抽水、降水、回灌水等资料；
- 8 水管和热力管网等空间分布、使用情况；
- 9 地下工程使用、变形、渗水等情况；
- 10 使用和维护单位对病害现象的原因分析；
- 11 道面等使用、维护方法、频率、强度等；
- 12 病害现象对运营的影响。

10.6.6 机场地基病害勘察应在病害调查和分析的基础上进行，并满足下列要求：

- 1 道面下地基病害勘察方法应以工程物探为主，可选择地质雷达、地震影像、智能微动、高密度电法等方法；应选择代表性道面病害位置进行物探成果的钻探验证，并采取试样。当道面区域物探成果与道肩外侧的基本一致时，可在道肩外侧布置探井、探槽或钻探，验证物探成果和采取试样；
- 2 土面区病害勘察宜采用工程物探与探井、探槽或钻探相结合的方法；
- 3 勘探深度应大于 1.5 倍病害体厚度，且进入病害体以下稳定层 1m~3m；
- 4 工程物探方法选择应考虑电流、电磁波、振动等对机场运营安全的影响；
- 5 钻孔应避开管线、地下工程、建筑物基础，必须在上述区域钻探时应采取安全防范措施；
- 6 应采用双管单动等钻探工艺采取原状岩土芯，采芯率应不低于 95%；样品采集应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定；
- 7 探井、探槽、钻探完成后应回填，道面下应按相关要求浇筑；土面区等其它区域可采用土层回填，压实度不低于 93%；工程物探、钻探完成后应清洗道面。

【条文说明】机场病害勘察中的探井、探槽或钻探主要用于验证工程物探成果和采取试验样品。

10.6.7 机场地基病害勘察的测试与试验应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定外，尚应满足下列要求：

- 1 对脱空、断板、碎板等道面病害区域，应进行含水量、渗透、膨胀、湿陷、崩解、击实、颗粒分析、含盐量、矿物成分等试验；
- 2 对岩溶、采空区场地的土面区、围场道路、排水沟等区域发生地面沉陷、塌陷等病害时应进行湿陷、渗透试验、剪切、颗粒分析等试验；
- 3 对边坡过大变形区域应根据岩土特性进行含水量、剪切、渗透、膨胀、湿陷、颗粒分析等试验；
- 4 对细颗粒土地基宜进行标贯、轻型动力触探或静力触探；对碎石土宜进行重型、超重型动力触探；
- 5 必要时进行现场渗水、抽水、剪切试验；
- 6 对水样进行腐蚀性试验；
- 7 测试、试验位置和深度宜靠近既有勘察、检测与监测位置，并进行资料对比。

10.6.8 机场地基病害成因分析应包括下列内容：

- 1 地层结构、岩土特性、地基均匀性、地下水工程效应、环境变化等与病害关系定性与定量分析；
- 2 地下水、变形等监测成果与地基病害特征分析；
- 3 病害成因综合分析；
- 4 病害发展趋势分析、判断。

10.6.9 机场地基病害勘察评价应包括下列内容：

- 1 岩土工程评价；
- 2 病害现状评价及发展预测；
- 3 病害危害性评价；
- 4 道面影响区、土面区、边坡影响区地基基础使用安全性评价；
- 5 病害治理可行性评价。

10.6.10 机场地基病害勘察报告应包括下列内容：

- 1 病害勘察工作情况；
- 2 现状病害类型、特征、空间范围、危害；
- 3 场地岩土结构、分布、年代、成因、工程特性及工程建设前后指标变化；
- 4 场地不良作用类型、分布、成因；
- 5 场地地下水补给、径流、排泄条件、渗流场特征、地下水工程效应；
- 6 病害发生机理、形成原因、病害发展趋势和危害；

7 病害治理所需设计、施工等相关参数，治理方案、检测与监测建议；

8 病害分布（区）图、沉降曲线等值线图、病害发展趋势图、病害危险程度分区图，以及病害分析评价相关图表。

11 岩土工程分析评价

11.1 一般规定

11.1.1 岩土物理力学指标、场地稳定性和适宜性、地基稳定性、地基变形和承载力、地基均匀性、基础工程特性、边坡稳定性、地质条件可能造成的工程风险等应进行分析评价等，存在特殊性岩土、不良地质作用和其他专项勘察内容时，分析评价尚应符合本规范第 8 章～第 10 章的规定。

【条文说明】在工程勘察中，分析评价是核心环节，其目的是通过科学方法对勘察获取的岩土参数、地质条件和工程需求进行综合分析，为工程设计、施工和运维提供可靠依据。通过岩土工程分析评价，揭示岩土特性、指导工程设计、识别工程风险。分析评价的内容主要有岩土参数统计与修正、地基基础评价、水文地质影响分析、特殊性岩土与不良地质作用评价、抗震与动力学分析等。分析评价的方法主要有理论计算、数值模拟、工程类比、风险概率分析等。

11.1.2 岩土工程分析评价应满足下列要求：

- 1 应在资料搜集、工程地质测绘与调查、勘探、测试与试验等基础上，结合场地条件和机场工程特点，采用定性与定量相结合的综合分析方法；
- 2 定性分析应根据搜集、勘探和测试与试验等资料，进行综合分析；
- 3 定量分析应在定性分析基础上，采用满足统计要求的岩土参数或经验参数，以及符合场地条件计算公式或地质模型进行定量计算与评价；
- 4 充分考虑当地经验和其他类似工程经验；
- 5 对影响机场工程安全和投资的重大岩土工程问题，可通过试验段等物理模型取得实测数据进行分析评价。

11.2 岩土物理力学指标分析评价

11.2.1 下列岩土参数应进行统计：

- 1 黏性土、粉土的天然密度、比重、天然含水量、天然孔隙比、液限、塑限、液性指数、塑性指数、压缩系数、压缩模量和抗剪强度参数等；
- 2 砂土、碎石土及特殊性岩土的各类特征参数；
- 3 岩石的密度、比重、孔隙率、吸水率、单轴抗压强度和抗剪强度等；
- 4 原位测试、现场试验的各类主要参数。

11.2.2 对道面影响区，应统计分析和评价岩土压缩性等变形指标。压缩性指标对应的压力，应与填土和道面结构荷载作用下的压力相当。

11.2.3 对边坡稳定影响区，应统计分析和评价岩土的抗剪强度指标。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。

11.3 场地分析评价

11.3.1 场地稳定性可根据区域地质构造稳定性、不良地质作用等划分为稳定性差、基本稳定和稳定。

11.3.2 地基稳定性可根据地震效应、特殊性岩土、不良地质作用、地下水工程效应、挖方斜坡稳定性、高填方边坡稳定性、道面影响区沉降与差异沉降等划分为稳定性差、基本稳定和稳定。

11.3.3 场地适宜性可根据场地稳定性、地基稳定性、洪水、地下埋藏矿床、土石方工程与地基处理费用等划分为适宜性差、基本适宜和适宜。

【条文说明】目前，关于机场工程场地稳定性、地基稳定性和机场建设适宜性尚无统一判断标准。当雄机场、定日机场、拉萨贡嘎机场、稻城亚丁机场、甘孜格萨尔机场、巴塘通用机场、巴中机场、昆明长水机场、澜沧机场、沧源机场、南宁吴圩机场等机场勘察时采用说明表 11.3.3-1~说明表 11.3.3-3 进行判断。

说明表 11.3.3-1 机场工程场地稳定性分级标准

要素	稳定性分级		
	稳定差	基本稳定	稳定
区域地质构造稳定性	1 区域地质构造条件复杂，全新活动主断裂带穿越场地；	1 区域地质构造条件较复杂，全新活动断裂支断裂穿越或临近场地，且处于平静期；	1 区域地质构造条件简单，建设场地及附近无全新活动断裂期；

要素	稳定性分级		
	稳定差	基本稳定	稳定
	2 全新世活动断裂支断裂穿越且处于活跃期场地； 3 地震基本烈度 \geq IX度，地震动峰值加速度 $>0.4g$	2 非全新活动断裂带穿越场地； 3 地震基本烈度VII~IX度，地震动峰值加速度 $0.1g\sim 0.4g$	2 地震基本烈度 \leq VI度，地震动峰值加速度 $<0.1g$
不良地质作用	原场地或场地形成过程中，不良地质作用强烈发育	原场地或场地形成过程中，不良地质作用中等发育	原场地或场地形成过程中，不良地质作用不发育~弱发育

注：1 不良地质作用发育程度按《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112) 确定。
 2 活动断裂是否处于活跃期，可引用地震部门成果。
 3 地质灾害影响既包括场地不良地质作用造成地质灾害，也包括场地临近区域发生地质灾害对机场建设场地影响。
 4 从稳定性差开始，向基本稳定、稳定推定，以最先满足的为准。

说明表 11.3.3-2 机场工程飞行区地基稳定性分级标准

要素	稳定性分级		
	稳定性差	基本稳定	稳定
地震效应	1 不利地段； 2 砂土液化严重； 3 震陷严重	1 一般地段； 2 砂土液化中等； 3 震陷中等	1 有利地段； 2 无砂土液化或液化轻微； 3 无震陷
特殊性岩土	1 强膨胀土； 2 永久性冻土； 3 强盐渍土	1 弱-中等膨胀土； 2 弱-中盐渍土； 3 季节性冻土	无膨胀土、盐渍土和冻土等特殊岩土
不良地质作用	场地形成后在填筑荷载、道面荷载、飞机和其他荷载作用下，原地基和填筑地基不良地质作用强烈发育	场地形成后在填筑荷载、道面荷载、飞机和其他荷载作用下，原地基和填筑地基不良地质作用中等发育	场地形成后在填筑荷载、道面荷载、飞机和其他荷载作用下，原地基和填筑地基不良地质作用弱~不发育
地下水工程效应	场地形成及场地形成后，地下水不良作用强烈，强腐蚀，危害大	场地形成及场地形成后，地下水不良作用中等，中等腐蚀，危害较大	场地形成及场地形成后，地下水不良作用弱，弱-微腐蚀，危害小
挖方斜坡稳定性、	暴雨或连续降雨条件下，填筑体边坡和挖方边坡稳定	暴雨或连续降雨条件下，填筑体边坡和挖方边坡稳定性系数均	暴雨或连续降雨条件下，填筑体边坡和挖方边坡稳定

要素	稳定性分级		
	稳定性差	基本稳定	稳定
高填方边坡稳定性	性系数均为 $F_s < 1.0$	为 $1.0 < F_s \leq 1.1$	性系数均为 $F_s \geq 1.1$
道面影响区沉降与差异沉降	道面影响区原地基工后沉降 $s > 1.2\text{m}$, 差异沉降 $\Delta s > 2.0\%$	道面影响区原地基工后沉降 $0.4\text{m} < s \leq 1.2\text{m}$, 差异沉降 $2.0\% < \Delta s \leq 2.0\%$	道面影响区原地基工后沉降 $s \leq 0.4\text{m}$, 差异沉降 $\Delta s \leq 2.0\%$

注: 1 本表适用于原地基和勘察时已填筑或挖方的地基, 且假定在仅进行清表, 不进行原地基处理、排水时进行填筑、挖方、道面结构层施工等的情形。

2 划分地基稳定性分级, 符合表中条件之一即可。

3 从稳定性差开始, 向基本稳定、稳定推定, 以最先满足的为准。

4 机场建设场地面积大, 应分区进行判断。当场地 50% 以上区域判为稳定时, 应判为整体稳定, 局部稳定差或基本稳定; 当场地 50% 以上区域判为基本稳定时, 应判为整体基本稳定, 局部稳定或稳定差; 当场地 50% 以上区域判为稳定性差时, 应判为整体稳定差, 局部稳定或基本稳定。

5 道面影响区沉降与差异沉降根据设计给出的初步道面设计高程、填筑荷载、飞机荷载等计算。

6 特殊性岩土指设计高程之下的原地基岩土层。

7 分级要素中仅列举了常见要素, 其他要素根据具体情况判断。

说明表 11.3.3-3 机场工程建设场地适宜性分级标准

级别	分级要素				
	场地稳定性	地基稳定性	洪水	地下埋藏矿床	土石方工程与地基处理
适宜性差	稳定差	稳定差	洪水对机场安全严重威胁	地下有重要矿产资源	1 场地平整难度大, 土石方工程和地基处理工作量大, 两者费用占机场建设总投资 70% 以上; 2 现有技术不能保证填方边坡或地基稳定; 3 机场工程建设将诱发严重次生地质灾害, 且治理费用占机场总投资 30% 以上; 4 场外对机场产生威胁的地质灾害治理难度大, 治理费用占机场总投资 30% 以上
基本适宜	基本稳定	基本稳定	洪水对机场安全有威胁, 修筑防洪堤、设置抽水设施或抬高机场标高等可消除洪	地下有重要矿产资源, 但储量小, 没有开采价值	除适宜性差和适宜的其他情形

级别	分级要素				
	场地稳定性	地基稳定性	洪水	地下埋藏矿床	土石方工程与地基处理
			水威胁		
适宜	稳定	稳定	洪水对机场安全无威胁	地下无矿产资源	1 场地平整简单，土石方工程和地基处理工作量小，两者费用占机场建设总投资 10%以下， 2 不存在特殊地基处理； 3 机场工程建设不会诱发次生地质灾害； 4 不受场外地质灾害威胁

注：1 划分场地适宜性分级，符合表中条件之一即可。
 2 从适宜性差开始，向基本适宜、适宜推定，以最先满足的为准。
 3 所有分级要素均为适宜，才能判断机场工程建设场地适宜性为适宜。

11.4 地基基础分析评价

11.4.1 地基地基承载能力和变形特征评价应根据现场试验、室内试验成果和当地工程经验，提出地基变形计算所需的岩土参数，评价地基地基承载能力和变形特征，提出地基处理方案和监测建议。

11.4.2 地基均匀性评价应根据场地地形地貌、地质构造、地层结构、岩土性质、地基承载力和场道工程变形特征，评价地基均匀性，以及地基均匀性对拟建工程影响，并提出相关建议。道面工程地基变形计算与评价应符合《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）的规定。

11.4.3 地震效应评价应根据场地地形地貌特征、岩土性质划分场地类别和抗震地段，并在抗震设防烈度 7 度及以上地区的对饱和砂土、粉土（不含黄土）按整平高程进行液化评价，对厚层软弱土进行震陷评价，提出抗液化、震陷措施。液化和震陷评价应符合《建筑抗震设计规范》（GB 50011）和《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

11.4.4 地下水作用评价应根据地下水补给、径流和排泄条件、地下水水位、渗流场特征，评价地下水对机场工程建设影响，提出地下水防控措施、抗浮措施和相关参数。

11.4.5 水、土对建筑材料腐蚀性评价应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定。

11.4.6 地表土评价应根据地表土中有机质含量进行。有机质含量低于 3%时，应评价其作为飞行区道面影响区的填料适宜性和机质降解对工程的影响；有机质含量为 3%及以上时，应评价其作为土面区填料的适宜性；应提出地表土处置、利用的建议。

11.4.7 明（暗）沟浜坑塘评价应根据明（暗）沟、浜、坑、塘的位置、埋深、规模、软弱土厚度、水深等，评价其对机场工程建设影响，并提出沟、浜、坑、塘的处理建议。

11.4.8 地基处理评价应根据地基承载力、变形特征、地基均匀性评价结果，分析地基处理的必要性，提出地基处理方案建议，提出地基处理设计、施工所需的岩土参数；评价地基处理可能造成的工程风险及对环境、邻近建（构）筑物的影响，提出设计、施工应注意的问题，提出地基处理检测、监测建议。

11.4.9 特殊土地基和不良地质作用地基的评价应符合本规范第 8 章和第 9 章的规定，并提出地基处理措施建议。

11.4.10 下穿飞行区的捷运工程、汽车通道、综合管廊等地下工程分析评价，应根据岩土体的强度、变形特征，分析影响结构地基变形、稳定性的因素，提供变形和稳定性验算所需的岩土参数，提出处治措施和监测建议，并满足下列要求：

- 1 分析下穿结构物地基岩土和地下水以及周围环境情况；
- 2 分析下穿结构物采用天然地基可行性，提供地基承载力、变形计算参数；
- 3 下穿飞行区结构物的地基存在软弱下卧层时，应提出下卧层验算所需的岩土参数；
- 4 当采用明挖法时，应提供基坑支护所需岩土重度、抗剪指标、锚固体与地层摩阻力等岩土参数，提出基坑开挖和支护方法建议；
- 5 当地下工程采用暗挖、盾构等工法时，应划分围岩类别，评价地基及围岩稳定性；
- 6 当地下工程采用桩基础时，应提供桩基础设计和施工所需岩土参数，提出桩基础类型、施工方法和桩端持力层建议，分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响，评价成桩可能遇到风险以及桩基础施工对环境影响，提出设计、施工应注意的问题。

11.5 边坡稳定性分析评价

11.5.1 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。

11.5.2 边坡稳定性分析评价应根据边坡空间位置、岩土性质、边界、规模、滑移模式、地下水和地表水、降水、地震、人类活动、外部环境等条件，结合机场工程特点，评价不同工况下边坡稳定性，提供边坡设计、施工所需的岩土参数，提出边坡监测和不稳定边坡整治的建议。

11.5.3 挖方边坡稳定性评价可执行《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330）的规定，稳定性标准可执行《公路路基设计规范》（JTGD 30）关于挖方路基边坡的规定。

11.5.4 填方边坡稳定性计算与评价应符合《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）的规定。

11.5.5 边坡稳定性可采用式 11.5.5-1 进行分析计算。当原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。

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j) + T_n} \quad (11.5.5-1)$$

式中：

$$\Psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \operatorname{tg} \varphi_i \quad (11.5.5-2)$$

$$\prod_{j=i}^{n-1} \Psi_j = \Psi_i \cdot \Psi_{i+1} \cdot \Psi_{i+2} \cdots \Psi_{n-1} \quad (11.5.5-3)$$

$$R_i = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i L_i \quad (11.5.5-4)$$

$$N_i = W_i (\cos \alpha_i - K_h \sin \alpha_i) \quad (11.5.5-5)$$

$$T_i = W_i (\sin \alpha_i + K_h \cos \alpha_i) \quad (11.5.5-6)$$

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)；

φ_i ——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)；

α_i ——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；

Ψ_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：

$$K_h = \frac{a}{g} \quad (11.5.5-7)$$

11.5.6 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评价。

11.5.7 针对可能采用的边坡地基处理方案，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。

11.5.8 边坡建设将导致地下水环境改变较大时，边坡稳定性分析宜考虑地下水及其变化的影响。

11.5.9 对填方边坡进行稳定性分析时，应考虑填筑方法、工序对稳定性的影响，并在评价时提出填筑建议。

11.5.10 对于特别重要的、地质及地形条件复杂的高边坡，应考虑边坡三维空间效应和地形对边坡地震惯性力的动力放大效应。

【条文说明】 二维边坡稳定性分析只能反映某个剖面的边坡安全性，难以考虑地形复杂场地特性产生的空间效应，如山区沟谷的坡体前缘收口、弯转形态边坡临空等，此时按二维计算是偏于危险的，三维稳定性分析可以考虑的更全面。目前，三维边坡稳定性分析方法主要以极限平衡和极限分析理论为基础，假定三维滑动面为球面、椭球面、对数螺旋面等，也可采用有限元强度折减法进行计算。三维空间效应和地形对边坡地震惯性力的动力放大效应计算目前国内规范尚无成熟的方法。欧洲规范《抗震结构设计—第 5 部分：基础、挡土结构和岩土工程》(EN 1998-5:2004) 考虑了边坡三维空间效应和地形对边坡地震惯性力的动力放大效应，提出对复杂地质条件和地形条件下的边坡三维稳定性计算方法：

(1) 三维空间效应

三维空间效应采用简化 Bishop 法进行计算，按照式说明 11.5.8-1 和式说明 11.5.8-2 进行三维稳定安全系数计算：

$$F = \frac{\sum (c_i A_i + N_i \tan \varphi_i - u_i A_i \tan \varphi_i)(m_{zi} x_i - m_{xi} z_i)}{\sum (W_i x_i - N_i (n_{zi} x_i - n_{xi} z_i) - Q_i z_{Qi})} \quad (\text{说明 11.5.8-1})$$

$$N_i = \frac{W_i - (c_i - u_i \tan \varphi_i) A_i m_{zi} / F}{n_{zi} + \tan \varphi_i m_{zi} / F} \quad (\text{说明 11.5.8-2})$$

式中： c_i, φ_i ——分别为地基土或路堤填料的黏聚力 (kPa) 和内摩擦角 ($^\circ$)；

A_i ——条柱底部面积；

W_i ——条柱重力；

Q_i ——水平方向的地震力；

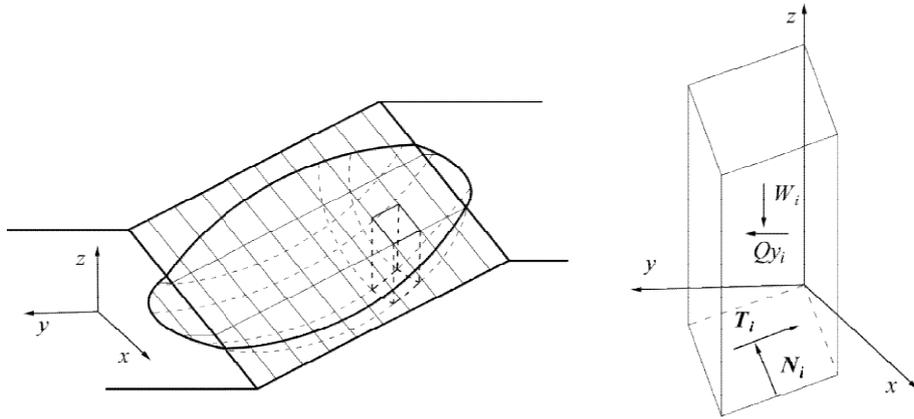
N_i ——条柱底部的法向作用力；

u_i ——孔隙水压力系数；

x_i, z_i ——分别为条柱底部作用力在 x 和 z 方向分量的力臂；

z_{Qi} ——水平地震力 Q_i 的力臂；

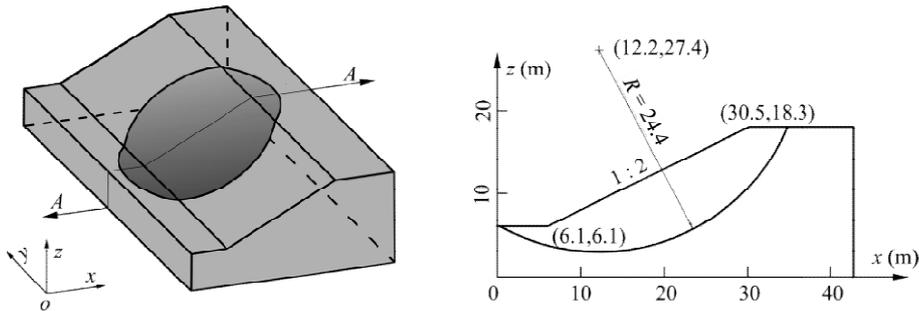
$(n_{xi}, n_{yi}, n_{zi}), (m_{xi}, m_{yi}, m_{zi})$ ——分别为 N_i 和 T_i 的方向余弦。



说明图 11.5.8-1 三维简化 Bishop 法计算简图

为方便使用，下面给出两个算例。算例 1：均质边坡的几何形状、土性参数及圆弧滑动面参数如说明图 11.5.8-2 所示，土体重度 $\gamma=18.8\text{kN/m}^3$ ，抗剪强度指标 $\varphi=20^\circ$ 、 $c=29.0\text{kN/m}^2$ ，椭球滑动面的方程如式说明 11.5.8-3 所示。使用式说明 11.5.8-1 迭代计算该三维边坡的安全系数 $F=2.180$ 。

$$\frac{(x-12.2)^2}{24.4^2} + \frac{(y-0)^2}{48.8^2} + \frac{(z-27.4)^2}{24.4^2} = 1 \quad (\text{说明 11.5.8-3})$$

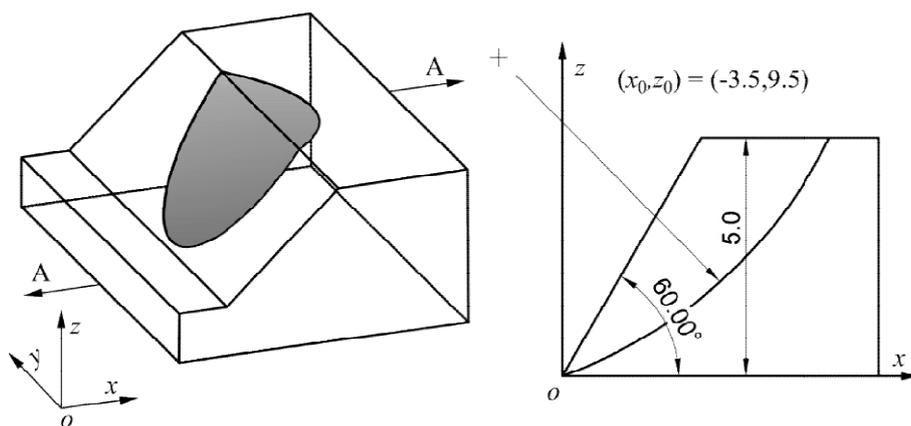


说明图 11.5.8-2 算例 1 的计算模型与最危险滑动面

在算例 1 中，选取初始安全系数 $F=1.0$ 后，获得较大的不平衡力矩，经过 5 次迭代后，安全系数为 2.180，不平衡力矩减少到接近 0。

算例 2：一均质三维对称边坡，几何形状、土性参数及圆弧滑动面参数如说明图 11.5.8-3 所示。根据图示，已知 $\varphi=20^\circ$ ，假定坡高为 5m， $\gamma=20\text{kN/m}^3$ ， $c=11.6\text{kN/m}^2$ 。椭球滑动面的方程如式说明 11.5.8-4 所示。按式说明 11.5.8-4 迭代计算该三维边坡的安全系数 $F=1.198$ 。

$$\frac{(x+3.5)^2}{10.1^2} + \frac{(y-0)^2}{10.1^2} + \frac{(z-9.5)^2}{10.1^2} = 1 \quad (\text{说明 11.5.8-4})$$



说明图 11.5.8-3 算例 2 的计算模型与最危险滑动面

(2) 地形对边坡地震惯性力的动力放大效应

山区地形效应产生的地震惯性力放大系数应根据具体情况确定：对于山峰、山脊陡坡等凸起地形，放大系数为 1.2~1.4；对于河谷、峡谷等凹陷地形，应根据凹陷形态（半圆形、V 形、U 形等）的地震波传播理论进行简化分析，结合边坡在凹陷地形中的位置来确定地震惯性力的放大系数。凹陷地形各点处的地震动傅里叶谱可由基岩处地震动傅里叶谱和传递函数表示，按式说明 11.5.8-5 计算：

$$S_j(\omega) = F_b(\omega)U_j(\omega)e^{i\Theta_j(\omega)} \quad (\text{说明 11.5.8-5})$$

式中： $S_j(\omega)$ ——点 j 处地震动傅里叶谱；

$F_b(\omega)$ ——基岩处地震动傅里叶谱；

$U_j(\omega)$ ——点 j 处地震动幅值放大因子；

$\Theta_j(\omega)$ ——点 j 处地震动相位调整因子。

采用拟静力法计算地震放大作用时，将放大因子 U 作为地震动的放大系数代入到第 i 个土条的水平地震惯性力中，计算时将每一个土条分成 m 个土块（说明图 11.5.8-4），按式说明 11.5.8-6 计算：

$$Q_i = \sum_{j=1}^m Q_{ij} = \sum_{j=1}^m a_h \zeta W_{ij} U_{ij} / g \quad (\text{说明 11.5.8-6})$$

式中： Q_{ij} ——第 i 个土条第 j 个土块受到的水平地震力；

W_{ij} ——第 i 个土条第 j 个土块受到的重力；

U_{ij} ——第 i 个土条第 j 个土块的地震放大系数。

a_h ——水平向设计地震加速度 (m/s^2)；

ζ ——地震作用的效应折减系数，取 $\zeta = 0.25$ ；

g ——重力加速度 (m/s^2)。

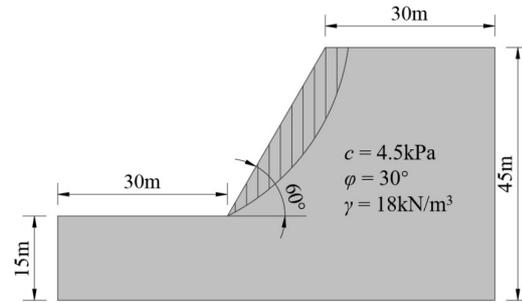
下面给出算例：均质边坡的几何形状、土性参数如说明图 11.5.8-5 所示，土体重度 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ，抗剪强度 $\varphi = 30^\circ$ 、 $c = 4.5 \text{ kPa}$ ，坡高 $H = 30 \text{ m}$ 、坡度 $\beta = 60^\circ$ ，地震设防烈度为 7 级，水平向设计地震加速度 a_h 取 $0.15g$ 。合成多点地震动假定从坡底滑面下端入射，剪切波速

$V_s=400\text{m/s}$ 。地震激励采用汶川茂县地震波（见说明图 11.5.8-6），分别计算入射方向分别为 0° 、 45° 和 90° 。根据入射地震波的傅里叶谱，计算频率选取 $0\sim 25\text{Hz}$ 。根据获得的各点处地震动时程的峰值加速度，确定各点处的地震放大系数，图 11.5.9-7 给出了不同坡度和入射角度下沿坡高的加速度动态分布系数，其中水平入射时地震放大效应最为显著，作为本算例的计算工况。

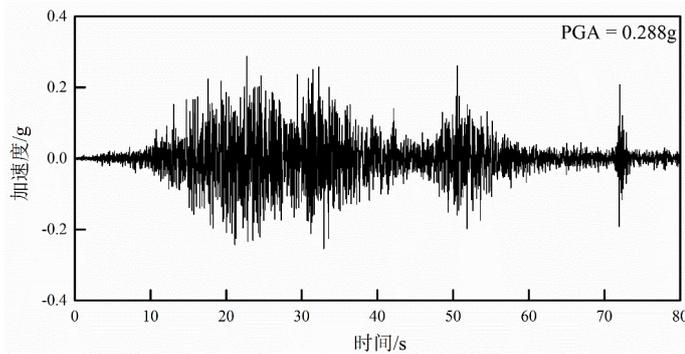
采用简化毕肖普法计算该算例边坡的安全系数，并使用式说明 11.5.8-6 计算每个土条所受地震力，计算得到边坡的最小安全系数 $F=0.81$ 。



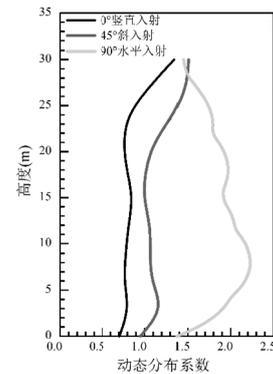
说明图 11.5.8-4 地震放大作用下土条上地震惯性力计算



说明图 11.5.8-5 边坡算例参数



说明图 11.5.8-6 汶川茂县地震波的加速度时程



说明图 11.5.8-7 算例边坡地震加速度动态分布系数

11.6 地质条件可能造成的工程风险分析评价

11.6.1 岩土工程分析评价应根据场地条件、周边环境资料和机场工程特点，分析对场地及邻近区域可能造成的工程风险。

【条文说明】《工程勘察通用规范》（GB 55017）规定“应分析评价地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施建议”；《运输机场专业工程建设质量和安全生产监督管理规定》（CCAR-165-R1）第六十七条规定“勘察单位应当对可能引发的工程施工安全问题的不良地质提出防治建议”；《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部 2018 年第 37 号）第六条规定“勘察单位应当根据工程实际及工程周边环境资料，在勘察文件中说明地质条件可能造成的工程风险”。

11.6.2 对岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、采空区、地震、活动断裂、地裂缝、地面沉降等可能造成工程风险的不良地质作用，应根据本规范第9章的要求，分析其对机场工程建设与运营的影响并提出建议。

11.6.3 对土石方开挖与填筑、地基处理、边坡工程、基坑工程、地下水控制工程、地下工程、滑坡治理等可能存在较大工程风险的建设内容，应提出设计、施工应注意的事项和防治措施与监测建议，并满足下列要求：

1 土石方开挖与填筑工程应分析评价地质条件、施工技术、安全防护、环境保护等因素，提出土方坍塌、爆破安全、边坡失稳等风险防控建议；

2 地基处理工程应分析评价工程地质和水文地质条件、处理工艺及设备、周边设施、环境保护等因素，提出地基失稳、沉降和不均匀沉降、液化、震陷、膨胀、冻胀和融沉以及由此导致的上部建（构）筑物下沉或隆起、基础脱空、开裂、倾斜、结构破坏等风险防控建议；填方场地尚应评价水文地质环境改变引起的地下水重新分布可能引起的次生灾害，提出风险防控建议；

3 边坡工程应分析评价结构面与临空面关系、地下水影响、地基和填筑体参数、边坡稳定性及对周边环境的影响等，提出边坡过大变形、坡面冲刷、失稳、垮塌、滑坡以及边坡排水不畅或失效引起的流沙、管涌、地下水壅高等风险防控建议；

4 基坑工程和地下工程应根据地基岩土、地下水以及周边环境等条件，提出基坑和地下工程开挖及支护建议，评价基坑失稳和地下工程塌陷风险并提出施工期环境保护和监测建议，地下工程采用暗挖、盾构等工法时应评价地基及围岩稳定性，当基坑开挖需要进行地下水控制时应提供水文地质参数及控制措施建议；另外，应评价提出地下工程对地面建（构）筑物变形的影响，并提出风险防控建议；

5 滑坡稳定性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，以及稳定性计算结果进行，并分析发展趋势及危害程度，提出治理设计方案建议；施工时引起工程地质环境改变，造成既有滑坡及工程滑坡时，应提出指导性施工建议、施工注意事项及动态监测建议。

12 勘测成果与勘测数字化

12.1 测量成果和勘察报告

12.1.1 测量和勘察的成果报告应根据机场建设或运营阶段、勘察阶段、任务要求、地质条件、机场工程特点等因素编制。

12.1.2 工程测量成果应符合本规范附录 F 的规定，并满足下列要求：

- 1 应符合《测绘成果质量检查与验收》（GB/T 24356）及《数字测绘成果质量检查与验收》（GB/T 18316）的规定；
- 2 宜满足地理信息建设及管理需求，提供标准数据交换格式；
- 3 需应用于机场建设及管理系统时，应提前根据系统需求进行技术方案设计。

12.1.3 勘察报告编制应符合《民用机场勘察文件编制规范》（MH/T 5080）的规定。

12.2 测量和勘察数字化

12.2.1 工程测量的数字化应用，应适应勘察设计对二三维地理信息数据的使用需求，平台和系统应具有面向多参与方协同的功能。

【条文说明】工程测量的数字化应用指的是使用全球卫星导航、高分辨率卫星测图、航空摄影测量、激光雷达测量、倾斜摄影测量、无人机测绘、InSAR 等新兴测绘技术快速获取大范围三维空间数据，通过计算机自动化或半自动化处理，从三维空间数据中提取设计控制要求，实现多源数据融合建模，快速生成计算机可识别的二三维地理信息数据，为勘察设计提供地理信息数据与服务。

12.2.2 工程测量成果应用于 BIM、GIS、数字孪生及实景三维等技术时，应满足下列要求：

- 1 应遵循行业标准的数据交换协议和接口规范，数据应能转换为系统支持的格式；
- 2 应使用与系统相同的坐标系统和参考框架；
- 3 测量数据的精度应满足系统的设计需求；

4 测量成果应包含时间戳、仪器类型、操作人员等可追溯的完整属性信息。

12.2.3 工程勘察的数字化，应满足下列要求：

1 可综合应用 GIS、BIM、北斗卫星导航系统、全站仪、水平仪、航空摄影测量、激光雷达测量、无人机等先机技术手段，实现空天地一体化的高精度综合勘察；

2 宜在数据采集与处理、融合分析、成果制作、成果应用等方面采用信息化、数字化手段，可与人工智能技术有机结合，实现勘察智能化及数据的共享与服务；

3 勘察数据的采集与处理，宜采用实时自动记录的数字化勘探设备，或对既有勘察设备进行数字化改造升级，采用智能移动终端、视频监控、空天遥感和无人机等技术，实现勘察数据的自动记录、采集、传输与处理；

4 勘察数据的融合分析、成果制作与应用宜满足机场不同类型工程设计基于信息化手段获取信息的需求，宜在多源、异构、多时空、多尺度勘察数据的基础上经过综合分析融合完成；

5 勘察宜采用二三维 GIS 平台和软硬件系统，平台和系统应具有面向多参与方协同的功能；

6 宜根据业务流程与数据特点开展智能勘察应用，建立勘察样本数据库，并选择适宜的智能算法。勘察样本数据库应在数据存储的基础上构建，并满足智能勘察的应用需求。

【条文说明】为了便于数字化应用，数据存储的标准需要包括数据实体体系结构、枚举定义、数据实体等，数据传递的标准需要包括结构化数据、数据服务等。勘察数据分类需要遵循系统性、稳定性、唯一性、一致性和可扩充性的原则，目前尚未成熟经验，可根据处理方式、存储格式、勘察手段进行分类。

12.2.4 测量和勘察的数字化交付应满足下列要求：

1 交付物应通过数字化平台交付至建设单位；

2 交付物应经质量检验，宜包括数据的完整性、准确性、有效性，可采用软件辅助检验；

3 交付物应采用国密算法和统一的信息共享方式，保证数据的安全性；

4 交付物的文件组织结构、数据结构应具有开放性和可扩展性；

5 成果建立的模型应结合数字化交付应用需求，满足交付精度、信息深度、工程建设或运营阶段、勘察阶段等要求。

【条文说明】国密算法是指由国家密码管理局发布的密码算法标准，旨在保障国家信息安全。相比传统的国际标准加密算法，国密算法的源代码安全可控，已在各行业广泛应用。

12.2.5 测量和勘察的数字化平台应满足下列要求：

1 应具备项目管理、用户管理、流程管理、数据管理、数据分析、数据应用等模块，具有可扩展服务能力；

2 应支持常用格式的图纸电子文件、结构化数据文件、三维信息模型文件以及相关附件的读取、查看、检索、版本管理、变更管理、检验与输出，并建立、维护和查询数据间关系；

3 应保证文件与数据的存储与传输安全，制定数据安全保障和安全协议，并具有建设期、

运营期不同网络环境下的安全保障机制；

4 应具有面向建设和运维其他平台的标准化服务接口，并具备与设计、施工、管理、运维等项目相关平台对接的功能。

附录 A 机场场地复杂程度与地基等级

A.0.1 机场场地的复杂程度应根据场地条件，按下列规定划分，从第 1 款开始，向第 2 款和第 3 款推定，以最先满足的为准。

1 符合下列条件之一者为一级场地（复杂场地）：

- 1) 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；
- 2) 不良地质作用强烈发育；
- 3) 地质环境已经或可能受到强烈破坏；
- 4) 地形地貌复杂或飞行区填方高度大于或等于 20m；
- 5) 滩涂或填海造地场地。

2 符合下列条件之一者为二级场地（一般场地）：

1) 抗震设防烈度大于 6 度小于 8 度，分布有存在潜在地震液化可能性砂土、粉土层的地段；

- 2) 不良地质作用一般发育；
- 3) 地质环境已经或可能受到一般破坏；
- 4) 地形地貌较复杂或飞行区填方高度大于或等于 10m。

3 符合下列条件者为三级场地（简单场地）：

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

A.0.2 机场地基等级应根据地基情况，按下列规定划分，从第 1 款开始，向第 2 款和第 3 款推定，以最先满足的为准。

1 符合下列条件之一者为一级地基：

- 1) 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；
- 2) 软弱土、湿陷性土、膨胀岩土、盐渍岩土、多年冻土、填土、红黏土、风化岩和残积土、混合土、污染土、珊瑚岩土、冰碛土等特殊岩土，以及其他情况复杂，需作专门处理的岩土。

2 符合下列条件之一者为二级地基：

- 1) 岩土种类较多，性质变化较大，地下水对工程有不利影响；
- 2) 除本条第一款规定以外的特殊性岩土。
- 3 符合下列条件者为三级地基：
 - 1) 岩土种类单一，性质变化不大，地下水对工程无影响；
 - 2) 无特殊性岩土。

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可按表 B.1.1 确定。

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	粘性土	软土	湿陷性土	膨胀土	盐渍土	多年冻土	填土	红黏土	风化岩和残积土	混合土	污染土	珊瑚礁	冰碛土	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	●	○						○		○		○	●			●	○		○	○			○

测试项目	岩土类别																测试参数					
	碎石类土	砂类土	粉土	粘性土	软土	湿陷性土	膨胀土	盐渍土	多年冻土	填土	红黏土	风化岩和残积土	混合土	污染土	珊瑚礁	冰碛土	强度参数	变形参数	承载力	物理状态	液化判别	分层
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.1.2 机场工程勘察中水文地质参数测定方法应符合表 B.1.2 的规定。

表 B.1.2 水文地质参数测定适宜的试验方法

参数	测定方法
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测
单位吸水率	注水试验、压水试验

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宜不少于 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：

1 试坑直径应不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；

2 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；

3 承载板采用圆形钢板，直径为 750mm，厚度宜不小于 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 至 4 块钢板叠加，以保证承载板的刚性；

4 承载板变形量测采用 2 至 3 个百分表，精度应不低于 $\pm 0.01\text{mm}$ ，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；

5 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；

6 加荷采用 200kN~300kN 千斤顶，精度应不低于 $\pm 1\text{kN}$ 。试验加载方式应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 至 2 次，以使承载板与地基表面紧密接触，卸载稳压 1min 后开始按附表 B.2.3 的规定连续加载，加载级数应不少于 5 级。各级荷载施加后，每间隔 1min 测读一次沉降；

7 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 100mm~200mm 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；

8 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	不少于 3min 且沉降速率小于 0.25mm/min
1	30.93	69	
2	46.39	103	
3	61.85	137	

加载分级	累计分级载荷 (kN)	单位压力 (kPa)	分级加载时间
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），并按式 B.2.4-1 和式 B.2.4-2 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 ——现场测得的地基反应模量（MN/m）；

P ——承载板下沉量为 1.27mm 时所对应的单位面积压力（kPa）；

l ——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，即按式 B.2.5 将现场测得的地基反应模量进行不利季节修正计算。

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

式中： k_o ——不利季节条件下的地基反应模量（MN/m）；

k_u ——现场测得的地基反应模量（MN/m）；

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：

- 1 试验所采用的加载方式；
- 2 试验时近期天气情况；
- 3 试验时地基土的含水量；
- 4 地基土密度；
- 5 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可按表 C.0.1 确定。

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	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	膨胀土	砂类土	粉土	粘性土	软土	黄土	盐渍土	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	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	●										●		●										●		

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	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	膨胀土	砂类土	粉土	粘性土	软土	黄土	盐渍土	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	膨胀土
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				○			○				●					○								

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	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	膨胀土	砂类土	粉土	粘性土	软土	黄土	盐渍土	红黏土	填土	风化岩和残积土	污染土	珊瑚礁	膨胀土
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			○	●												○								
复浸水试验									○															
湿化试验									○	●											○	●		

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 主要工程物探方法的适用范围与技术要点

D.0.1 机场工程勘察主要工程物探方法的适用范围可按表 D.0.1 确定。

表 D.0.1 机场工程勘察主要工程物探方法的适用范围

工程物探方法		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	滑坡体、泥石流物源探测	洞穴、岩溶、采空区	软土层、填土层、透镜体、卵砾石层	地下水	地下管线、地下构筑物	文物古迹及古墓探测	岩土力学参数	水底地形、地层分布、水下障碍物、抛石等探测	环境污染区	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	●	●	●	●	●	○	○	●	×	●	×	●
	微动法	●	●	●	×	○	×	×	○	○	×	×	●
	透射波法(CT)	×	○	●	●	×	×	○	×	×	○	×	●

工程物探方法		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	滑坡体、泥石流物源探测	洞穴、岩溶、采空区	软土层、填土层、透镜体、卵砾石层	地下水	地下管线、地下构筑物	文物古迹及古墓探测	岩土力学参数	水底地形、地层分布、水下障碍物、抛石等探测	环境污染区	土层分布及地球物理特性
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	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	○
	激发极化法	○	●	○	○	●	●	×	●	×	×	○	×
井中探测法	弹性波测井	●	●	○	×	×	×	×	×	●	×	×	●
	井间层析成像(CT)	○	●		●	○	×	○	○	×	×	●	○
	钻孔电视	○	●	●	●	○	×	○	×	×	×	○	×
	管波探测	×	×	×	●	×	×	×	×	×	×	×	×

注：●为适用方法，○为可用方法，×为不推荐。

D.0.2 机场工程勘察主要工程物探方法的技术要点可按表 D.0.2 确定。

表 D.0.2 机场工程勘察主要工程物探方法技术要点

工程物探方法	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°；	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

工程物探方法	参数	探测目的	探测条件	探测要点	
			无场地地电干扰	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

附录 E 机场工程填料分类

E.0.1 机场工程填筑材料宜按照表 E.0.1 进行分类。

表 E.0.1 机场工程填筑材料分类

填料类别	分类粒组	填料亚类	亚类分类粒组	级配	岩石强度 f_r (MPa)	填料名称	填料代号
石料	粒径大于 60mm 的颗粒质量超过总质量的 50%	块石料	块石粒含量大于碎石粒含量	—	>30	硬岩块石料	A1
				—	5~30	软岩块石料	A2
				—	≤5	极软岩块石料	C1
		碎石料	块石粒含量不大于碎石粒含量	—	>30	硬岩碎石料	A3
				—	5~30	软岩碎石料	A4
				—	≤5	极软岩碎石料	C2
土石混合料	粒径大于 60mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且粒径小于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%	石质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量超过总质量的 70%	—	>30	硬岩石质混合料	A5
				—	5~30	软岩石质混合料	A6
				—	≤5	极软岩石质混合料	C3
		砾质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量超过总质量的 30% 且不超过 70%	良好	>30	硬岩良好级配砾质混合料	A7
				不良		硬岩不良级配砾质混合料	B1
				良好	5~30	软岩良好级配砾质混合料	A8
				不良		软岩不良级配砾质混合料	B2
		—	≤5	极软岩砾质混合料	C4		
		土质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量不超过总质量的 30%	—	—	砂土混合料	A9
				—	—	粉土混合料	B3
—	—			黏性土混合料	C5		
土料	粒径小于 2mm 的颗粒质	砂土料	砂粒含量大于细粒含量	—	—	砂土料	A10

填料类别	分类粒组	填料亚类	亚类分类粒组	级配	岩石强度 f_r (MPa)	填料名称	填料代号
	量超过总质量的 50%	粉土料	砂粒含量不大于 细粒含量	—	—	粉土料	B4
		黏性土料		—	—	黏性土料	C6
特殊土料	—	特殊土料	—	—	—	特殊土料	D

注：1 块石粒为粒径大于 200mm，碎石粒为粒径大于 60mm 且不大于 200mm，砂粒为粒径大于 0.075mm 且不大于 2mm，细粒为粒径不大于 0.075mm。

2 级配良好应同时满足 $C_u \geq 5$ ， $C_c = 1 \sim 3$ 两个条件，不能同时满足时为级配不良。

3 f_r 为饱和单轴抗压强度，当无法取得 f_r 时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按《工程岩体分级标准》(GB 50218) 执行。

4 粉土料和黏性土料以 I_p 划分， $I_p \leq 10$ 时命名为粉土料， $I_p > 10$ 时命名为黏性土料。

5 当土质混合料中的土料分别以砂土、粉土或黏性土为主时，土质混合料相应命名为砂土混合料、粉土混合料或黏性土混合料。

6 特殊土料包括膨胀土、红黏土、软土、冻土、盐渍土、污染土、有机质土、液限大于 50% 且塑性指数大于 26 的黏性土等。

7 代号 A1~A10 为 A 类填料，代号 B1~B4 为 B 类填料，代号 C1~C6 为 C 类填料，代号 D 为 D 类填料。

附录 F 测量成果

F.1 测量资料

F.1.1 平面控制测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 平面控制测量成果表；
- 3 控制网图、控制点点之记；
- 4 测量仪器的检定检验资料。

F.1.2 高程控制测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 高程控制测量成果表；
- 3 控制网图、控制点点之记；
- 4 测量仪器的检定检验资料。

F.1.3 地形图测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 控制点成果表；
- 3 地形图成果图；
- 4 测量仪器的检定检验资料。

F.1.4 线路测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 控制点成果表；
- 3 中线测量成果表；
- 4 线路带状地形图；
- 5 纵、横断面图。

F.1.5 导航台站及遮蔽角测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；

-
- 2 控制点成果表；
 - 3 导航台站成果表；
 - 4 导航台站场地环境平面图；
 - 5 遮蔽角测量成果表；
 - 6 遮蔽角图。

F.1.6 净空障碍物测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 控制点成果表；
- 3 电子地形障碍物数据 eTOD；
- 4 净空障碍物一览表。

F.1.7 磁偏角测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 磁偏角测量成果表。

F.1.8 道面高程测量成果应包括下列内容：

- 1 技术总结或技术报告；
- 2 道面高程测量成果表；
- 3 道面高程图。

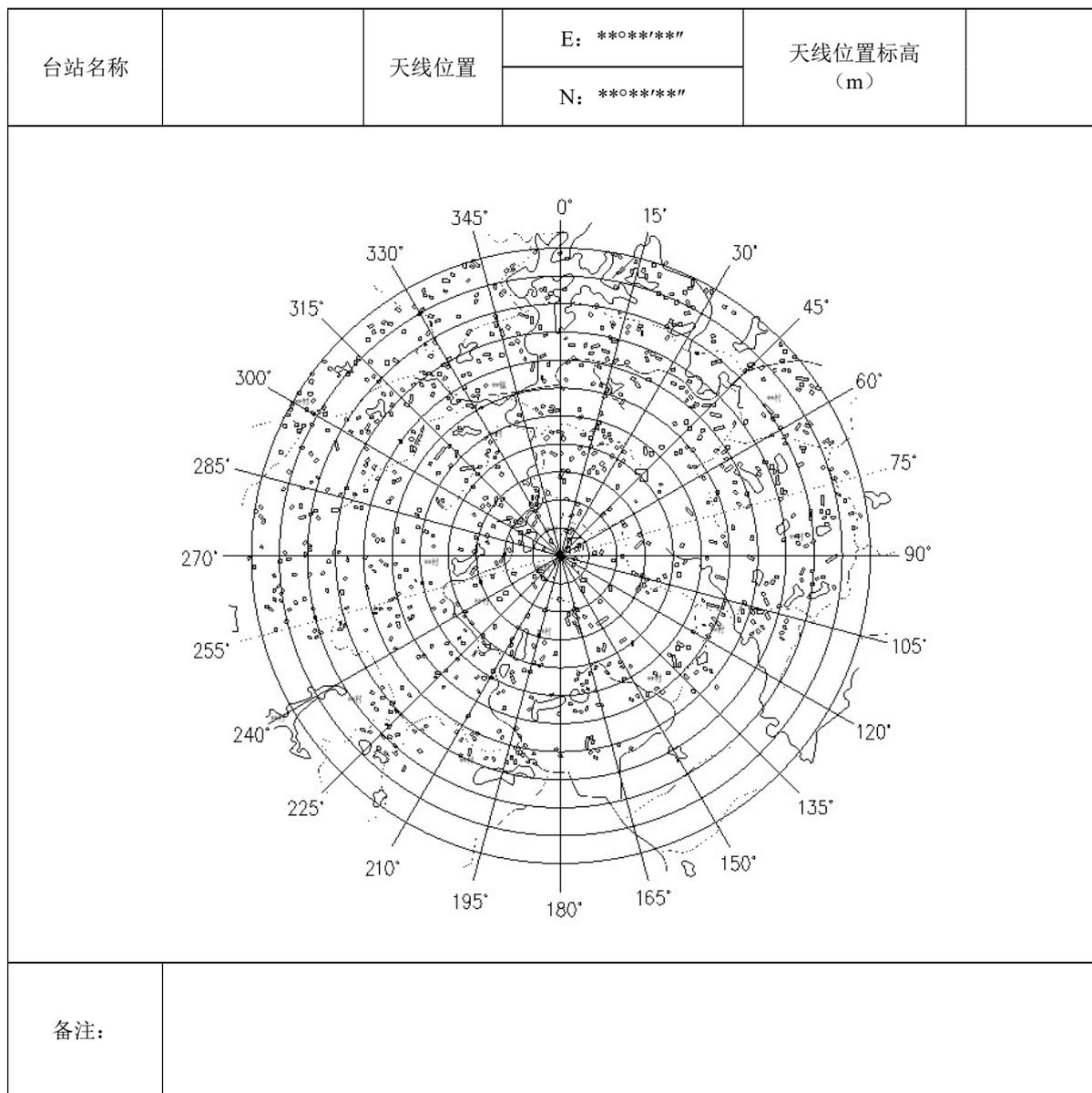
F.1.9 竣工测量成果应包括下列内容：

- 1 建设工程竣工测量成果报告书（含建设工程竣工测量成果表）；
- 2 建（构）筑物高度测量成果图；
- 3 竣工测量平面图。

F.1.10 各类测量成果应按要求提供数字化成果。

F.2 导航台站场地环境平面图

F.2.1 导航台站场地环境平面图宜按照图 F.2.1 绘制。



制图:

检查:

日期:

图 F.2.1 导航台站场地环境平面图示例

F.4 遮蔽角图

F.4.1 遮蔽角图宜按照图 F.4.1 绘制。

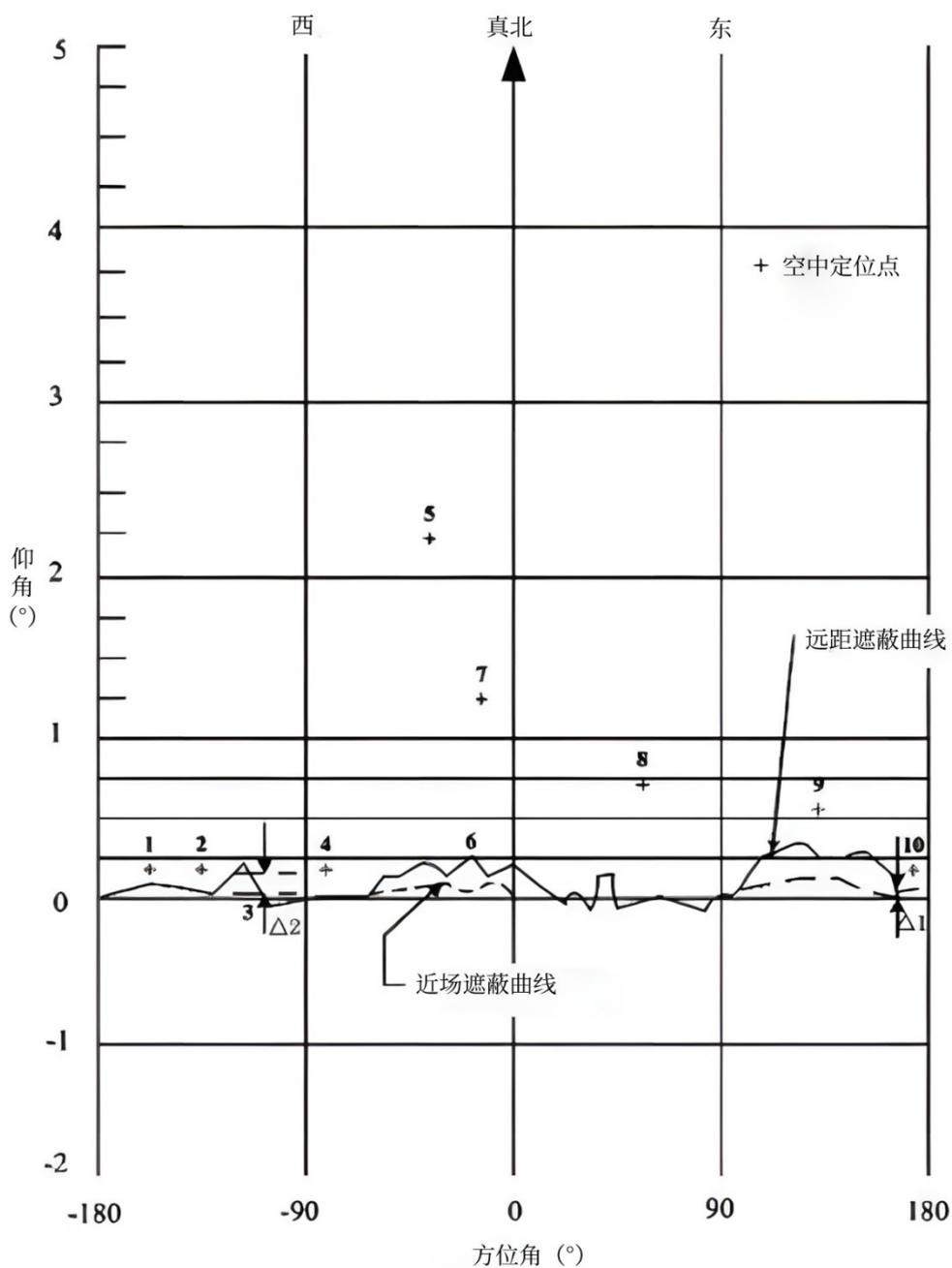


图 F.4.1 遮蔽角图示例

F.5 净空障碍物一览表

F.5.1 净空障碍物一览表宜按照表 F.5.1 制作。

表 F.5.1 净空障碍物一览表

序号	编号	地理坐标		相对基准点位置		所在限制面名称	障碍物海拔高 H (m)	所在限制面允许海拔高度 (m)	超高 (m)	障碍物属性	障碍物高度 (m)
		北京 54 ($^{\circ}$ '")	国家 2000 ($^{\circ}$ '")	距离 (m)	真方位 ($^{\circ}$ '")						

制表:

检查:

日期:

本规范用词用语说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应符合……的要求”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，但鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

- [1] 《国家一、二等水准测量规范》（GB/T 12897）
- [2] 《国家三、四等水准测量规范》（GB/T 12898）
- [3] 《基础地理信息要素分类与代码》（GB/T 13923）
- [4] 《地理空间数据交换格式》（GB/T 17798）
- [5] 《计算机信息系统安全保护等级划分准则》（GB 17859）
- [6] 《房产测量规范》（GB/T 17986）
- [7] 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314）
- [8] 《数字测绘成果质量检查与验收》（GB/T 18316）
- [9] 《国家基本比例尺地图图式第 1 部分：1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》（GB/T 20257.1）
- [10] 《国家基本比例尺地图图式第 2 部分：1:5000、1:10000 地形图图式》（GB/T 20257.2）
- [11] 《区域似大地水准面精化基本技术规定》（GB/T 23709）
- [12] 《测绘成果质量检查与验收》（GB/T 24356）
- [13] 《基础地理信息 1:50000 地形要素数据规范》（GB/T 33183）
- [14] 《基础地理信息 1:10000 地形要素数据规范》（GB/T 33462）
- [15] 《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112）
- [16] 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）
- [17] 《建筑抗震设计规范》（GB 50011）
- [18] 《岩土工程勘察规范》（GB 50021）
- [19] 《湿陷性黄土地区建筑规范》（GB 50025）
- [20] 《工程测量标准》（GB 50026）
- [21] 《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB 50046）
- [22] 《膨胀土地区建筑技术规范》（GB 50112）

- [23] 《土工试验方法标准》(GB/T 50123)
- [24] 《工程岩体分级标准》(GB/T 50218)
- [25] 《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)
- [26] 《地基动力特性测试规范》(GB/T 50269)
- [27] 《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287)
- [28] 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307)
- [29] 《城市轨道交通工程测量规范》(GB/T 50308)
- [30] 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325)
- [31] 《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)
- [32] 《建筑工程建筑面积计算规范》(GB/T 50353)
- [33] 《岩土工程勘察安全标准》(GB/T 50585)
- [34] 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》(GB 51044)
- [35] 《城市地下空间测绘规范》(GB/T 51358)
- [36] 《工程勘察通用规范》(GB 55017)
- [37] 《工程测量通用规范》(GB 55018)
- [38] 《航空无线电导航台(站)电磁环境要求》(GB 6364)
- [39] 《民用航空通信导航监视台(站)设置场地规范 第1部分:导航》(MH/T 4003.1)
- [40] 《民用航空通信导航监视台(站)设置场地规范 第2部分:监视》(MH/T 4003.2)
- [41] 《世界大地测量系统-1984(WGS-84)民用航空应用规范》(MH/T 4015)
- [42] 《民用航空运输机场图编绘规范》(MH/T 4019)
- [43] 《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001)
- [44] 《通用机场建设规范》(MH/T 5026)
- [45] 《民用机场岩土工程设计规范》(MH/T 5027)
- [46] 《民用机场高填方工程技术规范》(MH/T5035)
- [47] 《民用运输机场建筑信息模型应用统一标准》(MH/T 5042)
- [48] 《民用机场填海工程技术规范》(MH/T 5060)
- [49] 《民用机场净空障碍物遮蔽原则应用指南》(MH/T 5062)
- [50] 《民用运输机场工程对象分类和编码标准》(MH/T 5070)
- [51] 《民用运输机场建筑信息模型设计应用标准》(MH/T 5071)
- [52] 《民用机场飞行区场道工程施工安全技术规范》(MH/T 5077)
- [53] 《民用机场勘察文件编制规范》(MH/T 5080)
- [54] 《民用机场工程监测技术规范》(MH/T ××××)
- [55] 《航空器运行目视和仪表飞行程序设计规范》(AC-97-FS-005R1)
- [56] 《城市测量规范》(CJJ/T 8)

-
- [57] 《城市桥梁设计规范》(CJJ 11)
- [58] 《城市道路工程设计规范》(CJJ 37)
- [59] 《市政工程勘察规范》(CJJ 56)
- [60] 《城市地下管线探测技术规程》(CJJ 61)
- [61] 《卫星定位城市测量技术规范》(CJJ/T 73)
- [62] 《建筑变形测量规范》(JGJ 8)
- [63] 《高层建筑岩土工程勘察标准》(JGJ/T 72)
- [64] 《软土地区岩土工程勘察规范》(JGJ 83)
- [65] 《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120)
- [66] 《公路全球定位系统(GPS)测量规范》(JTJ/T 066)
- [67] 《公路工程地质原位测试规程》(JTG 3223)
- [68] 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363)
- [69] 《公路隧道设计规范》(JTG 3370.1)
- [70] 《公路工程抗震规范》(JTG B02)
- [71] 《公路勘测规范》(JTG C10)
- [72] 《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)
- [73] 《公路工程卫星图像测绘技术规程》(JTG/T C21-01)
- [74] 《公路工程地质遥感勘察规范》(JTG/T C21-02)
- [75] 《公路路基设计规范》(JTGD 30)
- [76] 《水运工程测量规范》(JTS 131)
- [77] 《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012)
- [78] 《大地测量控制点坐标转换技术规范》(CH/T 2014)
- [79] 《地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第1部分:磁通门磁力仪》(DB/T 30.1)
- [80] 《地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第2部分:质子矢量磁力仪》(DB/T 30.2)
- [81] 《抗震结构设计—第5部分:基础、挡土结构和岩土工程》(EN 1998-5:2004)