

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51031 – 2014

火力发电厂岩土工程勘察规范

Code for geotechnical investigation of
fossil fuel power plant

2014 – 08 – 27 发布

2015 – 05 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

火力发电厂岩土工程勘察规范

Code for geotechnical investigation of
fossil fuel power plant

GB/T 51031 - 2014

主编部门：中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 5 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国国家标准
火力发电厂岩土工程勘察规范

GB/T 51031-2014



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm 1/32 8.25 印张 210 千字

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷



统一书号: 1580242·538

定价: 46.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 522 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《火力发电厂岩土工程勘察规范》的公告

现批准《火力发电厂岩土工程勘察规范》为国家标准,编号为 GB/T 51031—2014,自 2015 年 5 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 8 月 27 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知〉》(建标〔2009〕88 号)的要求,由中国电力企业联合会、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司会同有关单位编制而成的。

本规范共分 15 章和 2 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、岩土工程勘察各阶段任务与要求、各类建(构)筑物地段岩土工程勘察要求、专门岩土工程勘察、特殊性岩土、地下水、勘察方法、室内试验、原体试验、岩土工程分析评价、工程勘察成品编制、现场检验和现场监测等。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,由中国电力企业联合会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位认真总结工程经验,如发现需要补充和修改之处,请将意见和建议寄至中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司(地址:北京市西城区黄寺大街甲 24 号,邮政编码:100120),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国电力企业联合会

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

参 编 单 位:中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团有限公司

中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司

主要起草人:刘朝安 刘 颖 李世柏 王中平 李彦利
贾 剑 孟庆辉 邓南文 余小奎 齐 迪
张希宏 余铁稳 王晓渝 陈念军 马海毅
闫洪军 谭光杰 贾 宁 余凤先

主要审查人:张政治 刘厚健 曾渠丰 曹卫东 娄俊庆
任亚群 邵长云 王基文 陈 飞 沈小克
杨书涛 张润明 赵书明 刘珍岩 汪保明
张 鉴 陈德智 胡孔飞 赵春宏 宿奎聚
廖爱平 方德火 彭 斌 杨全红 韦小鹏
侯连成

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(4)
4	岩土工程勘察各阶段任务与要求	(7)
4.1	初步可行性研究阶段勘察	(7)
4.2	可行性研究阶段勘察	(8)
4.3	初步设计阶段勘察	(10)
4.4	施工图设计阶段勘察	(14)
5	各类建(构)筑物地段岩土工程勘察要求	(17)
5.1	主厂房地段	(17)
5.2	空冷平台地段	(18)
5.3	冷却塔地段	(18)
5.4	烟气脱硫地段	(19)
5.5	辅助与附属建(构)筑物地段	(19)
5.6	贮煤与输煤建(构)筑物地段	(20)
5.7	厂区变电地段	(21)
5.8	供排水建(构)筑物地段	(22)
5.9	贮灰场地段	(24)
6	专门岩土工程勘察	(26)
6.1	活动断裂	(26)
6.2	地震液化	(27)
6.3	岩溶	(28)

6.4	滑坡	(35)
6.5	边坡	(38)
6.6	深基坑工程	(42)
6.7	填方工程	(44)
6.8	桩基工程	(45)
6.9	地基处理	(51)
6.10	采空区	(53)
7	特殊性岩土	(55)
7.1	软土	(55)
7.2	湿陷性黄土	(58)
7.3	风化岩与残积土	(60)
7.4	粉煤灰	(62)
7.5	红黏土	(63)
7.6	膨胀岩土	(65)
7.7	盐渍土	(67)
8	地下水	(69)
8.1	勘察要求及方法	(69)
8.2	地下水作用的评价	(70)
9	勘察方法	(73)
9.1	工程地质测绘与调查	(73)
9.2	工程遥感	(75)
9.3	工程物探	(76)
9.4	钻探	(77)
9.5	井探与槽探	(78)
9.6	取样与试样分级	(79)
9.7	原位测试	(80)
10	室内试验	(84)
10.1	一般规定	(84)
10.2	土的物理性质试验	(84)

10.3	土的力学试验	(85)
10.4	土的动力性质试验	(86)
10.5	岩石试验	(87)
10.6	水和土的腐蚀性试验	(88)
10.7	粉煤灰试验	(89)
10.8	试验成果	(89)
11	原体试验	(90)
11.1	一般规定	(90)
11.2	桩基原体试验设计	(90)
11.3	人工地基原体试验设计	(92)
11.4	原体试验施工	(93)
11.5	原体试验测试	(94)
11.6	原体试验成果编制	(94)
12	岩土工程分析评价	(96)
12.1	一般规定	(96)
12.2	岩土参数分析	(97)
12.3	建筑物地基基础分析	(98)
13	工程勘察成品编制	(101)
13.1	一般规定	(101)
13.2	勘察报告	(101)
13.3	报告图、表	(103)
14	现场检验	(104)
15	现场监测	(105)
15.1	一般规定	(105)
15.2	建(构)筑物沉降监测	(106)
15.3	贮灰坝体(基)监测	(107)
15.4	地下水监测	(109)
附录 A	边坡允许坡度值	(110)
附录 B	物探方法的选用	(112)

本规范用词说明	(113)
引用标准名录	(114)
附：条文说明	(115)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirement	(4)
4	Tasks and requirements in each phase of geotechnical investigation	(7)
4.1	Pre-feasibility study phase	(7)
4.2	Feasibility study phase	(8)
4.3	Preliminary design phase	(10)
4.4	Construction drawing design phase	(14)
5	Requirements of investigation for different buildings and structures	(17)
5.1	Main buildings	(17)
5.2	Air cooling platform	(18)
5.3	Cooling towers	(18)
5.4	Gas desulfurization buildings	(19)
5.5	Auxiliary and accessory buildings	(19)
5.6	Coal store and coal conveyance structures	(20)
5.7	Transformer and transformer frames	(21)
5.8	Water supply and drainage structures	(22)
5.9	Ash storage yard	(24)
6	Special geotechnical investigations	(26)
6.1	Active fault	(26)

6.2	Soil liquefaction during earthquakes	(27)
6.3	Karst	(28)
6.4	Landslide	(35)
6.5	Slope	(38)
6.6	Deep excavation	(42)
6.7	Filling	(44)
6.8	Pile foundation	(45)
6.9	Ground treatment	(51)
6.10	Goaf	(53)
7	Special rock and soil	(55)
7.1	Soft soil	(55)
7.2	Collapsible loess	(58)
7.3	Weathered rock and residual soil	(60)
7.4	Flyash	(62)
7.5	Laterite	(63)
7.6	Expansive soil	(65)
7.7	Saline soil	(67)
8	Underground water	(69)
8.1	Requirements and methods of underground water investigation	(69)
8.2	Evaluation on action of underground water	(70)
9	Investigation methods	(73)
9.1	Engineering geologic survey and reconnaissance	(73)
9.2	Engineering remote sensing	(75)
9.3	Engineering geophysical exploration	(76)
9.4	Soil and rock boring (driling)	(77)
9.5	Shaft prospecting, trench prospecting	(78)
9.6	Sampling and sample classes	(79)
9.7	In-situ tests	(80)

10	Laboratory tests	(84)
10.1	General requirement	(84)
10.2	Tests for physical properties	(84)
10.3	Tests for static mechanical properties	(85)
10.4	Tests for dynamic mechanical properties	(86)
10.5	Rcok tests	(87)
10.6	Corrosion tests of water and soil to concrete and steel structures	(88)
10.7	Flyash tests	(89)
10.8	Test results presentation	(89)
11	Prototype tests	(90)
11.1	General requirement	(90)
11.2	Prototype test plan for pile foundation	(90)
11.3	Prototype test plan for artificial ground	(92)
11.4	Requirement for prototype test construction	(93)
11.5	Procedures for prototype test	(94)
11.6	Test results presentation	(94)
12	Analysis and evaluation of geotechnical engineering	(96)
12.1	General requirement	(96)
12.2	Analysis of geotechnical parameters	(97)
12.3	Analysis foundation type	(98)
13	Geotechnical investigation reports	(101)
13.1	General requirement	(101)
13.2	Geotechnical investigation report	(101)
13.3	Diagrams and tables in the report	(103)
14	In-situ inspection and checking	(104)
15	Site monitoring	(105)
15.1	General requirement	(105)

15.2	Monitoring of building settlement	(106)
15.3	Monitoring of ash dam and ground	(107)
15.4	Monitoring of ground water	(109)
Appendix A	Allowable slope ratio	(110)
Appendix B	Application conditions for geophysical exploration methods	(112)
	Explanation of wording in this code	(113)
	List of quoted standards	(114)
	Addition; Explanation of provisions	(115)

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关技术经济政策,统一火力发电厂岩土工程勘察技术,做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境、节约资源,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于单台机组容量 125MW 及以上火力发电厂(以下简称发电厂)岩土工程的勘察。

1.0.3 发电厂岩土工程勘察应按基建程序分阶段进行。

1.0.4 发电厂岩土工程勘察除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 厂址 proposed construction site

指满足发电厂建设和独立生产运行的所有建(构)筑物所占用的场地。包括发电厂的厂区、取排水、码头及贮灰场在内的各建(构)筑物场地(铁路专用线除外)。

2.1.2 原体试验 prototype test

在工程现场具有代表性场地范围内,以相同工程作用条件进行的工程实体试验。

2.1.3 施工勘察 investigation during construction

对于地质条件复杂或有特殊施工要求的建筑物,需要在施工过程中查明工程地质条件而进行的专项勘察。

2.2 符 号

C_u ——不均匀系数;

D ——桩端扩大头直径;

D_r ——相对密度;

E_s ——压缩模量;

e ——孔隙比;

F_s ——边坡稳定系数;

F_{st} ——边坡稳定安全系数;

F_{sf} ——滑坡推力系数;

k ——渗透系数;

K_0 ——土的侧压力系数;

p_c ——先期固结压力;

q_u ——无侧限抗压强度；
 s ——基础沉降量；
 u ——孔隙水压力；
 w ——含水量，含水率；
 w_L ——液限；
 w_p ——塑限；
 φ ——内摩擦角。

3 基本规定

3.0.1 发电厂岩土工程勘察应查清影响厂址的不良地质作用、人类活动影响,以及与发电厂各类建(构)筑物地基基础设计、施工有关的岩土结构、岩土性质、地下水条件等工程地质条件,应为确定厂址及发电厂的岩土体整治和利用提供依据。

3.0.2 发电厂岩土工程勘察应制订勘察技术方案,并应符合下列规定:

1 应研究勘察任务书或委托要求,了解建厂规划、建(构)筑物特点及设计意图,明确勘察阶段、勘察目的和需要解决的岩土工程问题;

2 应搜集分析已有资料,并应进行现场踏勘调查,对厂址或场地的工程地质条件取得基本认识;

3 应按各勘察阶段工作要求,编制勘察工作方案。

3.0.3 发电厂岩土工程勘察应根据场地的复杂程度,并结合岩土工程需要研究的问题,有针对性地采用勘察方法。

3.0.4 当需要直接检验不同岩土整治效果、核实技术标准和施工条件、进行整治方案优化时,应做原体试验,试验应选取有代表性的试验区、段和点。

3.0.5 对地基基础或岩土利用与改造方案的分析评价,应以工程地质条件和岩土工程特性为依据,吸取当地建筑经验,综合考虑结构类型、材料供应及施工条件,经不同方案比较,推荐安全、经济、合理的方案。方案应考虑环境保护要求。

3.0.6 发电厂岩土工程勘察报告应在岩土工程分析的基础上,按不同勘察阶段要求,分别对厂址方案、地基基础方案提出分析论证与建议,并提供设计、施工需要的岩土参数。

3.0.7 发电厂建(构)筑物的地基基础设计等级应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

3.0.8 建筑场地的复杂程度宜分为复杂场地、中等复杂场地、简单场地,并宜符合下列规定:

1 符合下列条件之一者宜为复杂场地:

- 1) 地形起伏大,地形坡度在 8° 以上,或地貌单元在三种以上;
- 2) 地层层次多,且岩土性质变化大;
- 3) 地基土为不均匀岩土和特殊岩土,或地基变形计算深度内基岩面起伏大;
- 4) 水文地质条件复杂,有影响工程的多层地下水;
- 5) 地质构造复杂,不良地质作用发育,存在高边坡或不稳定边坡影响;
- 6) 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 $0.40g$ (g 为重力加速度),地震基本烈度为 IX 度。

2 除复杂场地和简单场地以外的场地宜为中等复杂场地。

3 符合下列所有条件者宜为简单场地:

- 1) 地形较平整,地形坡度在 3° 以内,地貌单一;
- 2) 地层结构简单,岩土性质均匀,非特殊性土;
- 3) 地质构造简单,无不良地质作用;
- 4) 地下水对地基基础无不良影响;
- 5) 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度等于或小于 $0.05g$,地震基本烈度等于或小于 VI 度。

3.0.9 根据地基基础设计等级、建筑场地的复杂程度等级,可按下列条件将发电厂岩土工程勘察等级划分为甲级、乙级和丙级。

1 甲级:地基基础设计等级为甲级,或为复杂场地;

2 乙级:除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目;

3 丙级:地基基础设计等级为丙级,且为简单场地。

3.0.10 岩土的分类和鉴定应符合现行国家标准《岩土工程勘察

规范》GB 50021 的相关规定。

3.0.11 发电厂岩土工程勘察应分阶段进行,勘察阶段的划分应与设计阶段相适应,可分为初步可行性研究阶段勘察、可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察、施工图设计阶段勘察四个阶段。

3.0.12 有下列情况之一时,勘察阶段应按下列规定进行调整:

1 扩建或改建的发电厂,已有勘察资料不能满足设计阶段要求时,应进行相应设计阶段的勘察,或做补充勘察工作;

2 当扩建厂属于一厂两站时,应按新建电厂分阶段进行;

3 对于生活福利建筑、厂外供(排)水明渠和管线以及简单场地的贮灰场等,在总平面布置方案确定的条件下,可适当简化勘察阶段,但勘察成果应满足施工图设计的要求;

4 对于复杂的工程地质条件或有特殊施工要求的重要建(构)筑物,必要时应进行施工勘察。

4 岩土工程勘察各阶段任务与要求

4.1 初步可行性研究阶段勘察

4.1.1 初步可行性研究阶段勘察应对拟选厂址的稳定性和地质条件作出基本评价,评价厂址的适宜性,宜推荐两个或两个以上场地相对稳定、工程地质条件较好的厂址方案。

4.1.2 初步可行性研究阶段勘察应了解工程拟建规模和单机容量,并应搜集下列资料:

- 1 1:5000~1:50000 的地形图;
- 2 区域地质、地貌资料;
- 3 区域地震及地震地质资料;
- 4 厂址地区水文地质、工程地质及地质灾害资料;
- 5 遥感地质资料;
- 6 物理、化学勘探资料;
- 7 矿产及开采情况,塌陷边界及影响范围;
- 8 地区及有关行业技术标准;
- 9 当地建筑经验。

4.1.3 初步可行性研究阶段勘察应符合下列规定:

1 应了解各厂址区的区域地质、区域构造和地震活动情况,以及厂址附近断裂分布情况,提供厂址区的地震动参数,对厂址稳定性作出基本评价;

2 应初步了解各厂址区地层岩性、地质构造、成因类型及分布特征,对工程拟采用的地基类型提出基本意见;

3 应调查了解各厂址区及其附近地形地貌特征、不良地质作用及危害程度,并提出防治或避开的建议;

4 应调查了解各厂址区地下水埋藏条件及对场地的影响;

- 5 应了解各厂址区及其附近矿产分布、开采和规划情况；
- 6 应初步分析各厂址区环境地质问题,以及对工程建设的影响。

4.1.4 当 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于 $0.05g$ 、地震基本烈度为 VI 度及以上时,应对下列问题进行研究:

- 1 对饱和砂土和粉土的地震液化可能性作出初步评价;
- 2 厂址地形、地貌及地质条件对建筑抗震的影响。

4.1.5 初步可行性研究阶段勘察工作应以搜集资料和现场踏勘为主,必要时可进行工程地质调查或测绘、工程遥感、工程物探及适量的勘探工作。

4.1.6 对厂址的评价应包含下列内容:

- 1 厂址区域地质构造情况、厂址稳定性,不良地质作用发育情况及其避开可能性与治理难易程度;
- 2 地震动参数以及场地对建筑抗震的影响;
- 3 地基岩土特征及拟采用的地基类型,岩土工程治理难易程度;
- 4 地形起伏及对场地利用或整平的影响。

4.2 可行性研究阶段勘察

4.2.1 本阶段勘察应对各厂址的稳定性作出最终评价,评价应符合下列规定:

- 1 应进一步对厂址的场地和工程地质条件作出评价,分析工程建设可能引起的地质环境问题;
- 2 应分析评价地基基础形式,确定地基类型;
- 3 应对厂区总平面布置提出建议,对地基基础方案进行初步论证;
- 4 应推荐工程地质条件较优的厂址。

4.2.2 可行性研究阶段勘察可按本规范第 4.1.2 条规定的内容搜集有关资料,并应了解下列情况:

- 1 初步可行性研究阶段资料；
- 2 工程拟建规模、机组容量及预估的基础荷载；
- 3 各厂址总平面布置方案；
- 4 拟采用的供(排)水、燃料供应、贮灰及冷却方式；
- 5 设计专业对发电厂岩土工程勘察的要求；
- 6 工程场地地震安全性评价、地质灾害危险性评估和压覆矿产评估情况。

4.2.3 可行性研究阶段勘察应符合下列规定：

- 1 应搜集厂址区的地形地貌及地质构造资料,并对厂址附近断裂进行评价；
- 2 应初步查明厂址及附近地区的不良地质作用,并对其危害程度和发展进行分析,需要时提出防治的初步方案；
- 3 应初步查明厂址范围内地层成因、时代、分布及各层岩土的主要物理力学性质、地下水赋存条件,以及场地水、土对建筑材料的腐蚀性；
- 4 应提供厂址区的地震动参数；
- 5 应搜集压矿评估报告,了解有无压矿情况以及采矿对厂址稳定性的影响,并研究和预测可能影响厂址稳定的其他环境地质问题；
- 6 应调查了解厂址区土壤标准冻结深度或最大冻结深度；
- 7 当工程需要进行场地和地基处理或采用桩基时,应进行方案论证并提出建议。

4.2.4 当 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于 $0.05g$ 、地震基本烈度为 VI 度及以上时,应确定建筑场地类别,并应对下列问题进行研究：

- 1 对饱和砂土和粉土的地震液化可能性做进一步研究,并评价其液化等级；
- 2 根据厂址区地形地貌及地质条件,划分对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段；

3 评价地震作用下发生滑坡、崩塌或塌陷的可能性。

4.2.5 建筑场地类别应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定划分,构筑物场地类别应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的规定划分。

4.2.6 对于复杂场地宜进行工程地质测绘,对中等复杂场地宜进行工程地质测绘或调查,对简单场地宜进行工程地质调查。

4.2.7 厂区勘探点的布置应符合下列规定:

1 应按场地的复杂程度布置勘探点,勘探点、勘探线间距应能控制场地地质条件的变化;

2 勘探点宜按网状布置,并兼顾总平面布置,勘探网应控制拟建厂区的范围;

3 复杂和中等复杂场地的勘探点应按地质单元布置。

4.2.8 厂区勘探点深度应按场地复杂程度和机组容量大小确定,控制性勘探孔深度应满足有可能采用的不同地基基础方案对沉降变形的验算要求。

4.2.9 对取水建筑物和灰场地段应进行工程地质测绘或调查,必要时宜布置一定数量的勘探工作。勘察工作应评价取水建筑物的岸边稳定性,分析灰场可能产生的环境地质问题,提出山谷灰场坝轴线位置建议。

4.2.10 当天然地基不能满足要求时,应针对各类建筑物的不同要求对地基处理方法或桩基方案进行论证,应推荐技术可靠、经济合理的地基处理方法或桩基方案。

4.3 初步设计阶段勘察

4.3.1 初步设计阶段勘察应查明厂址的工程地质条件、岩土特性及不同地段的差异,对拟建建筑地段的地基均匀性和稳定性作出评价,推荐适宜的地基方案,并应对其他岩土体整治工程进行方案论证。当采用桩基础或进行地基处理时,初步设计阶段宜同步进行原体试验,并应符合本规范第 11 章的规定。

4.3.2 初步设计阶段勘察应取得下列资料 and 文件：

- 1 初步设计阶段岩土工程勘察任务书；
- 2 比例尺为 1：500～1：5000，具有坐标及地形，并标有初步拟定的建筑物平面位置及地坪整平标高的图件；
- 3 各建筑地段初步拟定的建(构)筑物设计条件；
- 4 工程前期资料，当地岩土工程资料 and 建筑经验。

4.3.3 初步设计阶段勘察应符合下列规定：

- 1 应查明场地的地形地貌 and 地层的分布、成因、类别、时代及岩土物理力学性质，提出地基基础方案初步设计所需岩土参数；
- 2 应查明不良地质作用的成因、类型、范围、性质、发生发展的规律及危害程度等，并应对其整治方案进行论证；
- 3 应查明地下水的埋藏条件及变化规律，分析地下水对施工可能产生的影响，提出防治措施，并应对建筑场地地下水和岩土层对建筑材料的腐蚀性作出评价；
- 4 应查明可能对建筑物有影响的天然边坡或人工开挖边坡地段的工程地质条件，分析评价其稳定性，并应对其处理方案进行论证；
- 5 应对复杂场地的厂址进行工程地质分区、分带(或分段)。

4.3.4 当 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于 0.05g，地震基本烈度为 VI 度及以上时，应对厂区建筑地段内饱和砂土 and 饱和粉土进行地震液化判定与评价，并应确定液化等级。当厂区内饱和砂土 and 饱和粉土地震液化时，应进行分区。

4.3.5 复杂场地的厂址应进行比例尺为 1：500～1：5000 的工程地质测绘。

4.3.6 控制性勘探孔不应少于勘探点总数的 1/4。

4.3.7 厂址区勘探点、线、网的布置应符合下列规定：

- 1 勘探线应垂直地貌分界线、地质构造线及地层走向，并应考虑建筑坐标的方向；
- 2 勘探点沿勘探线布置，每一地貌单元应有勘探点，同时在

地貌和地层变化处应加密勘探线或勘探点；

3 平原地区的厂址可按方格网布置勘探点；

4 勘探点的布置应结合主要建筑物位置确定，在主要建筑物范围内宜加密勘探点，并应考虑建筑物总平面布置变动的可能性。

4.3.8 初步设计阶段厂区勘探线、勘探点间距可按表 4.3.8 确定。对厂区内不同工程地质分区，宜根据各分区场地（或地基）的复杂程度，分别采用不同的勘探线、勘探点间距。

表 4.3.8 初步设计阶段厂区勘探线、勘探点间距

场地复杂程度	勘探线间距(m)	勘探点间距(m)
复杂	50~70	30~50
中等复杂	70~150	50~100
简单	100~200	80~150

4.3.9 勘探孔深度应根据场地的地基岩土情况、工程荷载大小及对变形的要求确定，当无条件进行估算时，初步设计阶段厂区勘探孔深度可按表 4.3.9 确定。

表 4.3.9 初步设计阶段厂区勘探孔深度

机组容量 (MW)	一般性勘探孔(m)	控制性勘探孔(m)
125~200	15~25	25~40
300~600	25~35	40~60
800~1000	35~45	≥60

4.3.10 遇到下列情况时，勘探孔深度可适当调整：

1 当预定勘探深度内遇基岩时，一般性勘探孔应钻入基岩，并应判明岩性及风化程度。控制性勘探点应进入强风化层不小于 5m，必要时，应钻穿强风化层；当基岩为中等风化或微风化时，钻入基岩深度可小于 5m。

2 在预定勘探深度内遇软弱地层时，勘探深度应加深，控制性勘探孔应穿透软弱地层或达到控制深度。

3 在预定勘探深度内，有分布均匀、厚度超过 3m 的坚硬地层，其下又无软弱下卧层时，一般性勘探孔深度可减小，控制性勘

探孔应达到规定的深度。

4.3.11 主要建筑物地段取原状土试样和原位测试的勘探点数应根据地层复杂程度确定,其数量不宜少于勘探点总数的 $1/3$,且应均匀分布,每一主要土层的试样数量(或原位测试数据)不应少于 10 件(个),其中做力学试验的试样数量不应少于 60%,对影响地基稳定和变形的软弱夹层或透镜体应取土试样或进行原位测试。

4.3.12 山区厂区初步设计阶段勘察范围应适当扩大,主要工作应布置在地貌变化、基岩起伏较大和第四系覆盖层岩性复杂的地段,并应考虑在施工和运行时可能发生变化的情况。对基岩裸露山区的厂区勘察,应充分利用工程地质测绘和调查手段,并结合山区地质特点合理布置勘探测试工作。勘察应查明下列内容:

- 1 地形特征、地貌成因类型、地貌单元的分布;
- 2 地质构造特征及不良地质作用;
- 3 各类岩层的分布、厚度、接触关系、地质时代及工程地质特征。

4.3.13 山区厂区初步设计阶段岩土工程勘察和评价应符合下列规定:

- 1 应分析地基变形特性;
- 2 应分析不良地质作用对厂区建筑的影响,并应提出防治措施建议;
- 3 当厂区存在临空面时,应分析评价建筑场地的稳定性。

4.3.14 在特殊岩土地区,应查明特殊岩土分布特征、特殊岩土性状指标、相应等级和分区。

4.3.15 勘察应对码头工程的岸边稳定性和场地工程地质条件做进一步研究、评价,勘察工作应符合下列规定:

- 1 当码头地段存在构造断裂和不良地质作用时,应进行工程地质测绘。

2 勘探线应按垂直岸向或地貌单元布置,且不应少于 2 条勘探线,每条勘探线上不宜少于 3 个勘探点。勘探深度应至最大冲刷深度以下 10m,并应满足岸边稳定性计算的要求,当拟采用桩基时,尚应按本规范第 6.8 节的规定执行。

4.3.16 对岸边或水中泵房和取水构筑物的勘察,应查明场地地层岩性、地质构造、不良地质作用及发育情况,并应对场地的稳定性和地基条件作出评价。勘察工作应符合下列规定:

1 当场地存在构造断裂和不良地质作用时,应进行工程地质测绘;

2 勘探线宜垂直岸边或河床布置,一般性勘探孔应至少钻至最大冲刷深度以下不小于 5m,控制性勘探孔深度不应小于 20m。

4.3.17 贮灰场勘察应符合现行行业标准《火力发电厂贮灰场岩土工程勘测技术规程》DL/T 5097 的规定。

4.4 施工图设计阶段勘察

4.4.1 勘察应根据不同建筑地段的类别、特点、重要性及确定的地基基础方案和不良地质作用防治措施,详细评价各建筑地段的工程地质条件和岩土特性,提供地基基础和不良地质作用整治设计、施工所需的岩土工程资料。

4.4.2 施工图设计阶段勘察前应取得下列资料 and 文件:

- 1 施工图设计阶段岩土工程勘察任务书;
- 2 具有坐标及地形的建筑物总平面布置图;
- 3 各建筑地段设计条件;
- 4 以前各阶段勘察资料和试验资料。

4.4.3 施工图设计阶段勘察应符合下列规定:

1 应查明各建筑地段的地基岩土类别、层次、厚度及沿垂直和水平方向的分布规律。

2 应提供地基岩土承载力、抗剪强度、压缩模量等物理力学性质指标及地基基础设计所需的计算参数。

3 应查明各建筑地段地下水埋藏条件、水位变化幅度与规律。当需降水时,应提供地层渗透性指标,提出地下水控制设计相应建议。

4 应分析地基土及地下水在建筑物施工和使用期间可能产生的变化及其对工程的影响,预测由于施工和运行可能引起的工程地质环境问题,提供防治措施建议。

5 应对需进行变形计算的建筑物提供地基变形计算参数。

6 应提供深基坑稳定计算和支护设计所需的岩土参数,论证和评价基坑开挖、降水等对邻近建(构)筑物的影响。

7 当基础需考虑动力作用时,应提供地基土的动力特性指标。

4.4.4 勘探点的布置应根据建筑物的类别及建筑场地的复杂程度确定。主要建筑物应按主要柱列线、轴线及基础的周线布置勘探点;其他一般建筑物可按轮廓线布置勘探点。复杂场地的勘探点应适当加密。条件适宜时,宜选择代表性地段布置探井或探槽。

4.4.5 勘探深度应按地基基础设计类别确定,并应符合下列规定:

1 对按地基承载力控制设计的地基,勘探深度应以控制地基主要受力层为原则。当基础底面宽度不大于 5m 时,条形基础的勘探深度不应小于基础宽度的 3 倍,单独基础勘探深度不应小于基础宽度的 1.5 倍。勘探深度在基础底面以下均不应小于 5m。

2 对尚需进行变形验算的地基,一般性勘探孔深度应满足本条第 1 款的规定,控制性勘探孔的深度不应小于地基变形计算深度。

3 对于岩石地基勘探深度应根据岩石的性质、风化程度及稳定性确定。

4 采用人工地基、桩基础或其他深基础时,勘探深度应符合相应规定。

4.4.6 各建筑地段均应取土试样或进行原位测试。取土试样和进行原位测试的数量应根据建筑物类别及地基复杂程度,以建筑地段或单独建筑物为单元,每单元每一主要土层内取土试样(或原位测试数据)不应少于 6 件(个)。

5 各类建(构)筑物地段岩土工程勘察要求

5.1 主厂房地段

5.1.1 主厂房地段的岩土工程勘察应根据机组容量、地基的复杂程度,研究分析地基的强度和变形特征,评价地基的稳定性。

5.1.2 主厂房地段勘探点应按建筑物柱列线、基础轴线或周线布置,主厂房地段勘探点数量及控制性勘探孔深度可按表 5.1.2 确定。

表 5.1.2 主厂房地段勘探点数量及控制性勘探孔深度

建筑地段	单机容量 等级(MW)	勘探点数量 (个)	控制性勘探孔深度(m)	
主厂房	125~200	不应少于 12	汽机房外侧柱	15~20
			除氧煤仓间	20~25
			汽轮机	20~30
			锅炉	25~30
	300~600	不应少于 16	汽机房外侧柱	25~30
			除氧煤仓间	30~40
			汽轮机	30~40
			锅炉	35~45
	800~1000	不应少于 20	汽机房外侧柱	30~35
			除氧煤仓间	35~45
			汽轮机	35~40
			锅炉	40~50
	按烟囱高度 确定	3~5	烟囱高度小于 180m	20~30
		不应少于 5	烟囱高度不小于 180m, 且小于 250m	30~50
			烟囱高度不小于 250m	≥50

注:1 本表适用于天然地基;

2 表中勘探孔深度从基础底面算起;

3 表中勘探点数量为一台机组的数量,若同时安装两台或两台以上机组,主厂房勘探点总数量可适当减少;

4 勘探孔深度可根据实际情况按本规范第 4.3.10 条的规定调整。

5.2 空冷平台地段

5.2.1 空冷平台地段的勘察应结合空冷平台本体及其下部建(构)筑物的布置与排列进行。

5.2.2 空冷平台的勘察应按柱列线布置,勘探深度应为 30m~40m,平台下建(构)筑物可不再单独布置勘探点。

5.3 冷却塔地段

5.3.1 冷却塔地段的勘察应区别对待自然通风冷却塔、机械通风冷却塔、间接空冷塔和排烟冷却塔,对于自然通风冷却塔应着重查明和研究地基的强度、均匀性和漏水对地基性质的影响,间接空冷塔应研究地基的强度和均匀性。

5.3.2 冷却塔地段勘探点应按基础周线、轴线及柱列线布置,冷却塔地段勘探点的间距、数量及深度可按表 5.3.2 确定。

表 5.3.2 冷却塔地段勘探点的间距、数量及深度

建筑名称	勘探点间距(m)	勘探点数量	控制性勘探点深度(m)	
自然通风冷却塔、间接空冷塔、排烟冷却塔	25~40	不应少于 5 个	淋水面积为 1000m ² ~2000m ² , 水塔高为 60m~70m	10~15
			淋水面积为 2500m ² ~3500m ² , 水塔高为 80m~95m	15~20
		不应少于 8 个	淋水面积为 4000m ² ~5500m ² , 水塔高为 100m~120m	20~25
			淋水面积为 6000m ² ~10000m ² , 水塔高为 125m~160m	25~30
		不应少于 12 个	淋水面积>10000m ² , 水塔高为 180m~220m	30~40
机械通风冷却塔	25~40	—	20~25	

注:1 本表适用于天然地基;

2 表中勘探孔深度从基础底面算起;

3 表中勘探点数量为一座冷却塔的数量;

4 勘探孔深度可根据实际情况按本规范第 4.3.10 条的规定调整。

5.4 烟气脱硫地段

5.4.1 对于设计荷载较大的吸收塔、电控楼、石灰石粉仓、烟气加热器(GGH)支架和石膏脱水车间等建筑物,勘察工作应查明地层岩性、分布规律及工程性状,并应分析和研究地基承载力及变形特征,提出地基基础设计所需的岩土技术参数。

5.4.2 勘探点的平面布置宜结合场地及地基的复杂程度和建筑物平面布置方案确定,可按建筑物的轴线、轮廓线、周边线和柱列线布置。

5.4.3 烟气脱硫地段勘探点的布置间距及深度可按表 5.4.3 确定。

表 5.4.3 烟气脱硫地段勘探点布置间距及深度

建筑物名称	勘探点间距 (m)	勘探深度(m)	
		一般性勘探孔	控制性勘探孔
吸收塔、石灰石粉仓、烟气加热器(GGH)支架	15~30	15~20	20~30
电控(综合)楼、石膏脱水车间	12~24		
其他建筑物	25~40	10~15	15~20

注:1 本表适用于天然地基;

2 表中勘探孔深度从基础底面算起;

3 勘探孔深度可根据实际情况按本规范第 4.3.10 条的规定调整。

5.5 辅助与附属建(构)筑物地段

5.5.1 辅助与附属建(构)筑物地段勘探点的布置宜按建筑物的轮廓线和轴线布置。对于地基基础设计等级为乙级所对应的建(构)筑物且场地为中等复杂或复杂时,勘探点数量不应少于 2 个,

勘探点深度应为 12m~20m;对地基基础设计等级为丙级所对应的建(构)筑物,勘探点数量宜为 1 个至 2 个,勘探点深度应为 10m~15m。

5.5.2 当辅助与附属建(构)筑物场地地质条件简单、地形平坦、地貌形态单一、地层分布均匀且较有规律时,可按建筑群布置勘探点。

5.6 贮煤与输煤建(构)筑物地段

5.6.1 贮煤场和干煤棚的勘察应分析大面积堆载对自身基础及相邻基础产生不均匀沉降和水平位移的影响。当贮煤场和干煤棚位于斜坡或岸边且附近存在临空面时,应评价堆载对地基产生滑移的可能性。

5.6.2 圆形煤场的勘察应评价地基的压缩性、均匀性和承载力,分析长期堆煤引起的地基变形及对挡煤墙、堆取料机基础的影响。

5.6.3 贮煤筒仓(煤罐)、输煤转运站、碎煤机室的勘察应分析和评价地基的均匀性、稳定性和承载力,提供变形计算参数。

5.6.4 卸煤沟、翻车机室的勘察应分析和评价基坑边坡稳定性,并应预测施工对工程和环境的影响。

5.6.5 输煤廊道、地下转运站的勘察应分析和评价基坑边坡的稳定性、地层的渗透性。

5.6.6 输煤栈桥的勘察应调查沿线的工程地质条件和不良地质作用,查明地层的分布及工程性质,并应提出地基处理和不良地质作用整治的建议。

5.6.7 卸煤码头的勘察应查明岸坡岩土性质及不良地质作用,分析评价岸坡稳定性和地基稳定性,并应符合现行行业标准《水运工程岩土勘察规范》JTS 133 的有关规定。

5.6.8 贮煤与输煤建(构)筑物地段勘探点的布置原则、数量及深度可按表 5.6.8 确定。

表 5.6.8 贮煤与输煤建(构)筑物地段勘探点的布置原则、数量及深度

建筑地段		勘探点布置原则	勘探点间距 或数量	勘探点深度(m)	
贮煤场、干煤棚 及贮煤挡风墙		沿基础和煤棚 柱列线	30m~50m	15~30	
圆形 煤场	挡煤墙	沿基础轮廓线	20m~30m	25~40	
	堆煤区	沿中心线网格状	30m~40m	20~30	
贮煤筒仓(煤 罐)		沿基础轮廓线 及轴线	1个~2个	贮煤量<10000t	15~30
			3个~5个	贮煤量为 10000t~50000t	25~40
				贮煤量>50000t	30~50
卸煤沟		沿卸煤沟中心线	20m~30m	基础底面以下 5~15	
翻车机室		沿建筑物轮廓线	2个~4个	基础底面以下 5~15	
输煤廊道、地下 转运站		沿轴线或轮廓 线外侧交叉布置	20m~30m	基础底面以下 5~10	
碎煤机室、输煤 转运站		沿建筑物轮廓 线或轴线	1个~2个	15~25	
输煤栈桥		沿轴线	30m~50m	8~10	
卸煤码头		垂直岸线或码 头长轴方向	10m~30m	基础底面以下 1 倍基础宽度	

注:1 本表适用于天然地基;

2 表中勘探孔深度从基础底面算起;

3 表中勘探点数量为一个贮煤筒仓、转运站的勘探点数量;

4 勘探孔深度可根据实际情况按本规范第 4.3.10 条的规定调整。

5.7 厂区变电地段

5.7.1 厂区变电地段的勘探点布置应靠近主变压器、变电架构的基础。

5.7.2 主变压器应布置勘探点,变电架构可按建筑群布置勘探点,勘探深度宜为 8m~15m,并应进入稳定地层。

5.8 供排水建(构)筑物地段

5.8.1 循环水泵房、综合泵房等泵房类构筑物的勘察应研究施工开挖边坡的稳定性、漏水对地基土性质的影响及施工降水等岩土工程问题。

5.8.2 岸边(或水中)水泵房、取排水构筑物的勘察应符合下列规定：

1 应了解水泵房、取排水构筑物及护岸地段地貌及港湾或河道类型、岸坡形态、冲淤及变化情况、最高及最低水位,查明地表水与地下水的补排关系、水的运动对岸坡稳定性的影响；

2 应查明不良地质作用和施工开挖等人为因素对岸坡稳定性的影响；

3 当采用大开挖或围堰施工时,应提供基坑周边和基底土的渗透系数,并应评价基坑边坡的稳定性；

4 当采用沉井或地下连续墙施工时,应查明地层的岩性特征及其均匀性,地下水的变动情况,分析其正常下沉或成墙的可能性。

5.8.3 输水管道(沟渠)的勘察应查明下列内容：

1 沿线地形地貌、地质构造、地层结构、岩土的物理力学性质、地下水条件及不良地质作用等,并应进行分析评价；

2 穿越或跨越公路、铁路、冲沟、河流等地段的工程地质条件,并应评价其稳定性；

3 明渠通过地段的地层渗透性及边坡的稳定性；

4 当采用非开挖工法时,应查明孔隙水压力、岩土化学成分、有害气体等,并调查分析地面沉降、地上和地下建(构)筑物对地面沉降的敏感度。

5.8.4 输水隧洞的勘察应查明下列内容：

1 沿线的地形地貌特征,洞口、洞体及附近的不良地质作用及其发育程度；

2 沿线的地层结构、第四系厚度及性质、岩石的风化与裂隙发育程度、软弱结构面与隧洞轴线的组合关系；

3 沿线地下水类型及腐蚀性。

5.8.5 输水隧洞勘察应沿隧洞两侧按之字形布置勘探点，并应在下列地段布点控制：

1 隧洞进出口覆盖层较厚、岩石破碎或存在偏压傍山地段；

2 隧洞穿越古河谷、断层破碎带或隧洞顶板厚度小的地段；

3 地质条件较复杂和不良地质作用发育的地段。

5.8.6 蓄水池、沉淀池等的勘察应按建筑物轮廓线、中心线或按建筑群布置勘探点。

5.8.7 供排水建(构)筑物地段涉及的港口工程或其他水利设施的勘察可按现行行业标准《水运工程岩土勘察规范》JTS 133 执行。

5.8.8 供排水建(构)筑物地段勘探点的布置原则、数量及深度可按表 5.8.8 确定。

表 5.8.8 供排水建(构)筑物地段勘探点的布置原则、数量及深度

建筑名称	勘探点布置原则	勘探点数量	控制性勘探点深度
岸边(或水中)水泵房及取排水构筑物	按建筑物轮廓线及设备位置布置	不应少于 4 个	基础底面以下 5m~8m, 若有岸坡滑动时, 尚应深入滑动面以下 1m~3m, 并应满足稳定计算的要求
循环水泵房等泵房	按建筑物轮廓线及设备位置布置	不应少于 2 个	基础底面以下 5m~8m
输水管道(沟渠)	工程地质测绘与调查不能满足要求时, 应进行勘探工作。沿输水管道(沟渠)路径、转角、高填、深挖及地貌条件变化处布置	根据工程情况及地质情况确定	应超过管道(沟渠)底或支墩底 2m

续表 5.8.8

建筑名称	勘探点布置原则	勘探点数量	控制性勘探点深度
输水管道穿越河流工程	在穿越管道的中心线上布置	根据工程情况及地质情况确定	应超过管道底 3m
输水管道跨越河流工程	在两岸及河流中心已确定的墩台位置布置	每个墩台不应少于 1 个	应超过基础底面以下 5m
输水隧洞	按本规范第 5.8.5 条的规定布置	根据地质情况确定	应超过隧洞底板设计标高以下 3m

5.9 贮灰场地段

5.9.1 贮灰场勘察应根据贮灰场建(构)筑物布置、坝(堤)型、坝(堤)高、库容和贮灰场运行特点,查明场地工程地质条件,分析评价贮灰场建设和运行期间的岩土工程和环境地质问题。

5.9.2 贮灰场初期挡灰坝、隔离坝、拦洪坝、围堤勘察应符合下列规定:

1 对山谷灰场,应查明坝基与坝肩岩土类别、分布、物理力学性质和不良地质作用,对坝基与坝肩的地基强度、堆灰荷载作用下坝基的整体与局部稳定性作出评价,并应提出坝基处理措施和抗滑稳定、抗渗流破坏措施;

2 对滩涂灰场和平原灰场,应查明围堤下有无软弱土层、液化土层分布,应评价堆灰荷载作用下堤基的整体与局部稳定性和地表水冲刷、地下水渗流对围堤地基的稳定性影响。当存在软弱地基时,应提出地基处理措施。

5.9.3 贮灰场排水泄洪系统勘察应查明各构筑物的地基条件和不良地质作用,对各构筑物的地基稳定性、堆灰荷载作用下的地基变形及其对地下排洪设施的影响、截洪沟与消能设施的边坡稳定性及其抗冲刷能力作出评价。

5.9.4 贮灰场库区勘察应查明场内岩溶、滑坡、泥石流、采空、地表塌陷、地面沉降等各种不良地质作用和岩土层的渗透性、洞穴通道,分析评价不良地质作用对库区稳定性的影响、运行期间可能产生的次生地质灾害以及库区渗(泄)漏可能造成环境污染,应提出地质灾害、灰水(石膏浆液)渗漏与灰渣(石膏)泄漏、泉水疏导及其他环境地质问题的预防和处理措施。

5.9.5 灰场管理站勘察应查明建筑物地基条件和不良地质作用,分析评价地基条件、场地稳定性和工程边坡的稳定性。

5.9.6 贮灰场的子坝加高勘察应查明拟建坝基地段灰渣的沉积堆填特征、物理力学性质和子坝肩的工程地质条件,评价灰渣筑坝的稳定性与子坝加高的适宜性,并应提出坝基处理措施的建议。

5.9.7 贮灰场筑坝材料勘察应因地制宜地选择筑坝材料,查明筑坝所需材料的种类、性质、产地、储量、分布、埋深及开采、运输条件,并应符合下列规定:

1 用于砌石坝、堆石坝的坝体材料和排渗体石料、护面石料,宜选择硬质、不易软化的未风化~微风化岩石。当缺乏经验时,应采取岩石试样进行强度和软化试验。

2 用于围堤、筑坝的土料和子坝加高的灰渣料,应采取土样进行室内击实试验以及击实后抗剪强度试验,必要时尚应进行渗透试验;用于围堤、筑坝的石渣土料,宜在施工前进行专项现场原体试验或室内大型击实试验;用于围堤、筑坝的砂、卵(砾)石料,应采取土样进行颗粒分析试验。

3 用于防渗覆盖的黏土应进行现场或室内渗透试验。

6 专门岩土工程勘察

6.1 活动断裂

6.1.1 初步可行性研究阶段勘察、可行性研究阶段勘察应搜集和分析区域地质和地震资料,了解厂址及附近断裂构造的发育特征和活动性,评价其对厂址稳定性的影响。厂址位于 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小于 $0.10g$, 相应的地震基本烈度为Ⅶ度及以上地区,当断裂构造通过厂址及其附近或指向厂址时,应开展断裂勘察。

6.1.2 断裂勘察应以搜集分析已有资料为主,结合工程地质调查与测绘、地球物理勘探、钻探和遥感等方法,应查明断裂的位置、类型和活动性,评价断裂对工程建设的影响,提出处理措施。断裂勘察的主要内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。

6.1.3 断裂的地震工程分类和全新活动断裂分级应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

6.1.4 当全新活动断裂的规模较大时,宜根据断裂的地貌形态、构造形态、全新世或第四纪以来的活动强度、运动特征、历史地震和古地震的时空分布等因素对断裂进行分段。在全新活动断裂分段的基础上,应对厂址稳定性影响较大的断裂活动段进行全新活动断裂分级。

6.1.5 在初步可行性研究阶段勘察和可行性研究阶段勘察阶段,对可能影响厂址稳定的全新活动断裂应采取避让的处理措施。厂区与全新活动断裂间的避让距离应根据断裂的等级、规模、产状、活动性、覆盖层厚度、场地地震动参数或地震烈度等因素综合分析确定。厂区与全新活动断裂间的安全距离及处理措施可按表

6.1.5确定。

表 6.1.5 厂区与全新活动断裂间的安全距离及处理措施

全新活动断裂分级		安全距离及处理措施
I	强烈全新活动断裂	当地震基本烈度为Ⅸ度时,宜避开断裂1200m;当地震烈度为Ⅷ度时,宜避开断裂800m,且厂区宜选择在断裂下盘
Ⅱ	中等全新活动断裂	宜避开400m
Ⅲ	微弱全新活动断裂	厂区不应跨越断裂

6.1.6 当厂区存在发震断裂时,断裂对电厂建(构)筑物影响的评价尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

6.1.7 对于非全新活动断裂,可不采取避让措施。当断裂埋藏较浅,破碎带发育时,可按不均匀地基处理。

6.2 地震液化

6.2.1 当工程场地50年超越概率10%的地震动峰值加速度不小于0.10g,相应的地震基本烈度为Ⅷ度及以上,对工程场地内的饱和砂土和饱和粉土应进行液化判别;存在液化土层时,应评价地基的液化等级及危害,提出抗液化处理措施建议;Ⅵ度时,对于沉降敏感的乙类建(构)筑物和重要的生产建(构)筑物,应按照Ⅷ度进行液化判别。

6.2.2 发电厂建(构)筑物抗震设防类别的划分应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 和《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

6.2.3 地震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,再做进一步判别。地震液化的初步判别和进一步判别应

符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。有条件时,地震液化尚可采用其他成熟方法进行综合判别。

6.2.4 对于可能发生地震液化的场地,发电厂岩土工程勘察的内容应符合下列规定:

1 应调查工程场地原始地貌的成因、类型,查明古河道等地貌变迁情况,分析倾斜场地和液化层发生大面积土体滑移的可能性;

2 应查明可液化土层的沉积时代与环境、埋藏条件、颗粒成分、密度等特征;

3 应调查历史地震导致的地震液化破坏情况,分析其重复发生的可能性;

4 应查明工程场地地下水的埋藏条件。

6.2.5 工程场地地质条件复杂时,地震液化的分析评价宜按照各建筑地段地质条件的差异分区进行。

6.2.6 用于地震液化判别的勘探点的数量应根据勘察阶段、工程建设规模和场地地质条件综合分析确定,且不应少于 3 个,勘探深度应大于地震液化判别深度。采用标准贯入试验方法进行地震液化判别时,试验点的竖向间距宜为 1.0m~1.5m。

6.2.7 对于经判别存在地震液化土层的场地,应根据地基的液化等级、建(构)筑物重要性提出全部或部分消除地震液化的工程措施。

6.3 岩 溶

6.3.1 岩溶勘察应查明场地岩溶和地表塌陷的形态、分布、规模及岩溶发育程度,评价场地和地基的稳定性与适宜性,并应提出处理措施。

6.3.2 场地的岩溶发育程度宜根据岩溶点密度、钻孔线溶率及场地岩溶现象等三项条件,按表 6.3.2 的规定进行岩溶发育程度分级判定。

表 6.3.2 岩溶发育程度分级

岩溶发育程度等级	岩溶点密度 (个/km ²)	钻孔线溶率 (%)	场地岩溶现象
极强烈发育	>50	>10	地表常见密集的岩溶洼地、漏斗、落水洞、槽谷、石林等多种岩溶形态,溶蚀基岩面起伏剧烈;或地下岩溶形态常见大规模溶洞、暗河及大型溶洞群分布
强烈发育	30~50	5~10	地表常见密集的岩溶洼地、漏斗、落水洞等多种岩溶形态,石芽(石林)、溶沟(槽)强烈发育(或覆盖),溶蚀基岩面起伏大;或地下岩溶形态常见较大规模溶洞、暗河分布
中等发育	3~30	1~5	地表常见岩溶洼地、漏斗、落水洞等多种岩溶形态或岩溶泉出露,石芽(石林)、溶沟(槽)发育(或覆盖),溶蚀基岩面起伏较大;或地下岩溶形态以较小规模溶洞为主
微弱发育	<3	<1	地表偶见漏斗、落水洞、石芽、溶沟等岩溶形态或岩溶泉出露,溶蚀基岩面起伏较小;或地下岩溶以溶隙为主,偶见小规模溶洞

注:1 当同时符合表中某一等级的两项条件时即可判定为相应等级;

2 表中洞径规模判定标准为:洞径大于 6m 为大规模,洞径 3m~6m 为较大规模,洞径 1m~3m 为较小规模,洞径小于 1m 为小规模;

3 表中溶蚀基岩面起伏程度判定标准为:每 10m×10m 平面范围内,溶蚀基岩面高差大于 10m 为起伏剧烈,高差 5m~10m 为起伏大,高差 2m~5m 为起伏较大,高差小于 2m 为起伏较小。

6.3.3 岩溶地区选择厂址时,应避免对场地稳定不利的下列地段:

1 发育有浅埋的暗河、厅堂式或大型廊道式溶洞、大型溶洞群。

2 发育有隐伏的槽谷与漏斗、规模较大的岩溶洼地,或基岩面起伏剧烈。

3 土洞或塌陷已成片发育。

4 场地附近大量抽取地下水,或地表水水位升降剧烈,有可能引起场地上覆土层塌陷。

5 岩溶地下通道排泄不畅、堵塞或涌水,有可能导致暂时性淹没。

6.3.4 初步可行性研究阶段勘察应对各厂址岩溶发育条件、发育程度和岩溶处理难易程度作出基本评价,并应符合下列规定:

1 应以搜集已有勘察资料和现场踏勘调查为主,必要时可布置适量的勘探或工程物探工作。

2 应搜集、分析区域地质资料及 1:5000~1:10000 等大比例尺地形图。

3 现场踏勘应调查场地微地貌变化、岩溶形态、覆盖层厚度、溶蚀基岩面起伏特征。当场地周边岩溶地质条件复杂时,应扩大踏勘范围。

4 应调查了解当地对岩溶地基的勘察、整治和建筑方面的经验。

6.3.5 可行性研究阶段勘察应分析岩溶和地面塌陷形成的条件、发育规律及其发展趋势,对场地岩溶发育程度、岩溶处理难易程度及地基类型进行评价,对岩溶场地的稳定性作出最终评价,并应符合下列规定:

1 应采用工程地质测绘与调查、工程物探和勘探工作相配合的综合勘探方法。勘察范围应在建筑总平面布置的基础上适当扩大。

2 工程物探宜采取对整个可溶岩场地普查和重点地段加密探查相结合的方法,垂直地质构造线、岩层界线布置测线。测线间距可为 100m~200m,探测深度宜为 50m~60m。

3 宜按方格网布置勘探点、勘探线,线间距宜为 100m~

150m。对岩溶强烈发育和物探明显异常地段,应加密勘探点间距至 50m~75m。勘探深度宜根据机组容量及地形、地质条件综合确定,宜为 30m~50m,且应穿过浅部岩溶发育带和异常带至以下一定深度。

4 宜绘制厂址岩溶综合工程地质图或场地岩溶发育程度分区图。

6.3.6 初步设计阶段勘察应进一步查明场地岩溶洞隙及伴生的土洞、地表塌陷的分布、岩溶发育程度和规律,以及基岩面的起伏情况,推荐地基基础方案,并应符合下列规定:

1 应结合建筑物平面布置按方格网布置勘探点、勘探线。必要时,应补充工程地质测绘。

2 勘探点间距应根据建筑物重要性和场地岩溶发育程度确定,其间距宜为 25m~50m,主要建筑物及岩溶强烈发育地段宜取小值,其他地段宜取大值。勘探深度应达 30m 以上或穿过浅部岩溶洞隙至底部稳定岩层一定深度。当发现岩溶洞穴时,应加密勘探点进行追索性探查。对物探的异常点、带,宜布置钻孔进行验证。

3 主要建筑物及岩溶强烈发育地段宜布置物探网、线。探测深度不宜小于 50m。当发现有岩溶异常带分布时,应进行追索性探查。

4 为探明隐伏型石芽(或石林)、溶沟(槽)和溶蚀基岩面的起伏变化情况、岩溶的规模及形态,可在局部选择性地布置间隔 2m~5m 的小口径钻孔、探井或钻孔。

5 探查土洞的勘探深度应达最低地下水位或溶蚀基岩面以下。

6 当分布有较厚的覆盖土层或岩溶洞隙中充填有黏性土时,应采取土样或进行原位测试。

7 应视场地岩溶发育程度,绘制场地岩溶工程地质分区图。

6.3.7 施工图设计阶段勘察应进一步查明基岩面起伏、上覆土层

性质,各种岩溶洞隙和土洞的位置、形态、规模、埋深,围岩顶板的厚度和破碎情况,洞壁岩体的结构与强度,洞隙内堆填物的性状,以及地下水埋藏特征等;应对地基的稳定性和建筑条件作出评价,提供地基计算和工程处理所需的岩土技术参数,并应符合下列规定:

1 应结合建筑物基础位置布置勘探点。对地基基础设计等级为甲级、乙级的建筑物,应按柱列线、基础轴线或基础周线布置勘探点;对地基基础设计等级为丙级的建筑物,可按建筑物轮廓线布置勘探点。

2 对地基基础设计等级为甲级、乙级对应的建筑物的框、排架柱列式独立基础或大直径桩基础,当岩溶微弱发育时,可隔基钻探,当岩溶呈中等及以上发育程度时,应逐基或逐柱钻探;对地基基础设计等级为甲级、乙级对应的建筑物的筏基和大型环形基础,勘探点应沿筏基和环形基础的轴线及其周线布置,岩溶中等及以上发育地段,勘探点间距不应大于 15m;对于条基或其他建筑物,勘探点间距不应大于 25m。

3 当基础位于硬质岩石表面时,对地基基础设计等级为甲级、乙级对应的建筑物勘探深度应进入基础底面(或洞底)以下完整岩体不小于 5m,对地基基础设计等级为丙级所对应建筑物不小于 3m;当采用大直径嵌岩桩及一柱一桩时,勘探深度应满足进入桩端以下完整岩体厚度不小于 3 倍桩径且不小于 5m 的要求。当基础位于土层,且勘探深度内不存在土洞或使用期间不具备形成土洞条件时,对地基基础设计等级为丙级所对应的建筑物,勘探深度应超过基础底面以下 3 倍独立基础或 6 倍条形基础宽度,当勘探深度内存在土洞或使用期间具有形成土洞条件时,应钻穿土层进入基岩一定深度。

4 当基础底面以下或其近旁发现有较大规模岩溶洞穴和物探异常时,应在其周围加密勘探点追索探查与验证。必要时,可采用综合物探方法探查,工程物探范围应大于建筑物周边线。

5 对浅埋的岩溶洞隙顶板及洞内堆填物,应采取岩土试样进行试验。有条件时,应进入洞内探查取样、进行原位测试,或采用井下电视探查。

6.3.8 对岩溶发育程度为中等及以上的场地应进行施工勘察,并应符合下列规定:

1 对大直径嵌岩桩及一柱一桩的基础,应逐桩布置勘探点,勘探深度应符合本规范第 6.3.7 条的规定;

2 对地基基础设计等级为甲级的建筑物,当基底或桩端以下岩溶洞穴规模较大或基岩面起伏大时,尚应沿基础周线或桩周加密布置勘探点,每基础或基桩应布置 2 个或 2 个以上勘探点,并应适当加大勘探深度;当采用梁板跨越或洞底支撑处理时,应在梁板端部或支撑基础处各布置 1 个~2 个勘探点;

3 对基坑底出现的岩溶洞隙应增布追索性钻孔,将洞隙延伸范围、充填物查清。应查明基坑底部岩溶洞隙发育情况,可在坑底布置小口径钻孔或工程物探,探查深度不宜小于 5m。应查明基坑底下有无土洞及基岩面的起伏情况,可布置较密集钎探并注水探查。

6.3.9 岩溶工程地质测绘与调查应符合下列规定:

1 应查明岩溶的形态类型、位置标高、规模大小、埋藏延伸方向,顶底板形状与坡度、围岩结构及洞内的充填情况,洞体的稳定程度、土洞塌陷时间与形成因素等。必要时,应进行素描、断面实测和摄影录像。

2 应调查岩溶发育与地层岩性、地质构造和地形地貌的关系,并应根据岩溶发育程度的差异性,划分出不同岩溶岩组或岩溶发育区(带)。

3 应调查岩溶水的类型、标高,所在的层位、流向和流量的季节变化,以及与地表水体的关系。应调查岩溶水文环境、水质与污染情况。应调查周围有无显著改变地下水动态的因素,并应判定对场地有无影响。

4 应调查土洞、塌陷和碟形洼地等地面变形的位罝、形态、规模和分布密度,分析其产生的原因,并应划分土洞发育程度区段。

5 应调查当地岩溶地基的勘察、设计和施工经验。

6.3.10 对下列地段应重点探查土洞发育情况:

1 场地上覆土层的厚度较小,土中裂隙及其下岩体洞隙发育;

2 无充填的溶隙、裂隙发育的岩体与土体相交接的部位;

3 在构造带或宽大裂隙带上,以及两组构造裂隙带交汇处;

4 隐伏浅埋的溶沟、溶槽、漏斗等岩溶形态,且其上有软弱土体分布的地段;

5 抽排地下水时,地下水位升降剧烈的变动范围,尤其在地下水频繁活动的岩土交界处;

6 地势低洼的碟形地及靠近地表水体近旁的地段,或地表水经常积聚下渗的活动地带。

6.3.11 对于完整、较完整的坚硬岩、较硬岩地基,当符合下列条件之一时,可不考虑岩溶对地基稳定性的影响:

1 洞体较小,基础底面积大于洞的平面尺寸,并有足够的支承长度;

2 洞体顶板岩层厚度不小于洞体跨度。

6.3.12 地基基础设计等级为丙级的建筑物,当符合下列条件之一时,可不考虑岩溶对地基稳定性的影响:

1 基础底面以下存在面积小于 $1/4$ 基础底面积的垂直洞隙,但基底岩石面积满足上部荷载要求;

2 基础底面以下土层厚度大于 3 倍单独基础宽度或 6 倍条形基础宽度,且在使用期间不具备形成土洞的条件;

3 基础底面以下土层厚度小于 3 倍单独基础宽度或 6 倍条形基础宽度,但溶洞或溶隙被沉积物填满,其地基承载力特征值大于 150kPa ,且在使用期间无被水冲蚀的可能。

6.3.13 岩溶地基的处理措施应符合下列规定:

1 当建筑物不能避让时,对不稳定的岩溶洞隙、石芽或地下石林密布、溶沟溶槽特别发育的地段,应以揭露为主,应采用清除换填、浅层楔状填塞、洞底支撑和梁板跨越等地基处理方法。

2 当建(构)筑物选用桩基时,应使桩端全断面牢固嵌入基岩一定深度。

3 对存在隐伏土洞、地表塌陷或预测地表可能产生塌陷变形的地段,宜采取地表截流、防渗堵漏、挖填灌堵岩溶通道和通气降压等方法进行处理。必要时,尚应采用梁板跨越。地基基础设计等级为甲级、乙级所对应的建筑物,宜采用桩基础。

4 对场地上的岩溶井、泉水和山麓斜坡地段的地下水及其排泄通道,应在查明季节性动态特征的基础上,采取“疏导引流勿堵”的原则处理。厂址应避开有可能暂时性淹没的地段。经工程地质评价属于不稳定的岩溶地基,未经处理不应作建筑地基。

5 对经有效处理的土洞地基,应避免再受抽排地下水的影响。

6.4 滑 坡

6.4.1 当拟建厂址或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时,应进行专门的滑坡勘察。

6.4.2 滑坡勘察应通过工程地质测绘与调查、勘探及岩土试验等手段,查明滑坡的范围、规模、地质背景、性质、类型及其危害程度,分析滑坡产生的原因,提出滑坡稳定性验算所需的岩土参数,并进行滑坡稳定性验算与岩土工程评价,预测滑坡发展趋势,提出滑坡的治理方案与措施等。

6.4.3 滑坡勘察的工程地质测绘与调查应包括滑坡及与滑坡相邻的稳定地段和可能补给滑坡体的有关汇水区域,比例尺可选用1:200~1:1000,并应符合下列规定:

1 应调查滑坡区域的宏观地貌及微观地貌,包括滑坡的地貌单元,滑坡壁、滑坡平台、滑坡鼓丘、封闭洼地、滑坡舌以及滑坡裂

缝等,并应圈定滑坡的边界;

2 应调查滑坡地段的岩土结构及特性;

3 应调查滑坡的汇水条件,地下水及泉水的出露与流量变化,以及湿地分布情况;

4 应调查滑坡地段人类工程活动,树木位移及破坏情况,判别新老滑坡;

5 应调查判定滑动面的可能深度及层数,滑坡的主滑方向、主滑段及抗滑段,查明滑坡类型,分析滑坡产生的原因及滑坡性质,预测人类工程活动对滑坡的影响;

6 应调查当地滑坡治理经验。

6.4.4 滑坡勘察的勘探工作应符合下列规定:

1 勘探点、勘探线的布置应能查明滑坡的岩土结构及其性质,滑动面的深度、起伏变化形态,滑动带的物质组成、厚度及性质,主滑方向,以及地下水的埋藏情况等。

2 在主滑轴线上应布置勘探线,勘探线上的勘探点不应少于5个,在主滑轴线滑动面起伏变化较大的地段,应加密1个~2个勘探点。需要设置支挡的地段,应按相应设施的要求布置勘探点。

3 勘探点的深度应进入滑床下稳定地层3m~5m,当滑动面有向深处发展的可能时,可加大勘探点深度。抗滑桩、锚杆(索)等支挡设施的勘探点深度,尚应达到设计的锚固深度以下不小于3m。

4 在钻进过程中应在滑动面附近采取岩土试样,当滑动面的深度不确定时,应在预计的滑动带附近连续采取岩土试样。

5 应选择滑坡的后壁及侧壁等部位布置探井或探槽。

6 应布置适当的物探工作。

6.4.5 在查明滑坡体的主要物理力学性质的基础上,应重点查明滑带土的抗剪及残余抗剪强度。剪切试验条件宜与滑动受力条件、滑动方向相似。在条件许可的情况下应进行现场原位滑动面

(带)的剪切试验。

6.4.6 滑坡的稳定性验算应符合下列规定：

1 应根据滑坡的主滑轴线断面进行验算，必要时尚应选择其他有代表性的 1 条～2 条断面进行验算，并应划分出主滑区段和抗滑区段，计算模型应客观反映滑坡体的实际情况。

2 滑动面(带)的抗剪强度计算指标应根据室内、室外试验结果，结合反分析及工程地质类比等方法综合确定。

3 当有地下水作用时，应计入滑动面的浮托力和水压力。此外，尚应考虑地震、暴雨及人类工程活动等因素对滑坡稳定性的影响。

4 滑坡稳定性验算应根据滑坡体的岩土结构、破坏形式及滑动面(带)条件，合理选用圆弧法、平面法或折线滑动法等计算滑坡稳定性系数。

5 当滑坡破坏机制复杂时，滑坡稳定性验算宜采取数值分析法综合分析。

6.4.7 滑坡稳定性验算的取值及方法应符合下列规定：

1 安全性系数的取值应符合下列规定：

1) 对于破坏后果严重及难以处理，且可能影响电厂安全运行的情况，稳定安全性系数不应小于 1.30；

2) 对于破坏后果一般、容易处理的情况，稳定安全性系数不应小于 1.20。

2 滑坡推力应按传递系数法计算，选择不得少于 2 个且平行于滑动方向的代表性断面进行计算，当滑体有多层滑动面(带)时，应取推力最大的滑动面(带)确定滑坡推力。

6.4.8 应分析滑坡破坏模式、不稳定的程度与范围，提出滑坡整治措施建议。

6.4.9 应根据滑坡危害工程的安全等级、地质条件复杂程度、滑坡破坏模式等，对滑坡体各部位变形及滑坡边界的发展变化，滑坡体内地下水位、流向和流量，以及滑动面(带)孔隙水压力和工程支

挡结构的变形及土压力变化等的监测位置和内容提出建议。

6.5 边 坡

6.5.1 本节适用于对发电厂建筑有影响的自然边坡和人工边坡,不含基坑边坡和坑口电厂的露天矿边坡。

6.5.2 边坡勘察应根据现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定划分建筑边坡类型和破坏形式,确定边坡工程安全等级。

6.5.3 对一级建筑边坡和高边坡(岩质边坡大于 30m,土质边坡大于 15m)应进行专门的岩土工程勘察,对其他边坡可与主体建筑工程勘察一并进行,但应满足边坡勘察的深度和要求。大型和地质环境条件复杂的边坡宜分阶段勘察。一级边坡工程尚应进行施工勘察。当边坡成为建筑场地取舍与比选条件之一时,应对该边坡提前进行专门勘察。

6.5.4 大型和复杂边坡各阶段的勘察应符合下列规定:

1 初步可行性研究阶段勘察应对自然边坡的稳定状况进行初步判断,预测工程活动可能引起边坡的稳定性变化。

2 可行性研究阶段勘察应对边坡进行工程地质测绘与调查,初步查明边坡及附近的地形地貌、岩土物质组成及有无不良地质作用,分析边坡破坏模式,并应判明边坡的稳定性,预测人工边坡的稳定性和边坡整治难度,提出整治的初步方案和建筑物平面布置调整建议。

3 初步设计阶段勘察应查明边坡的岩土结构及其性质、不良地质作用、地下水分布和结构面充水情况,应对边坡的不稳定部位、需整治位置及其相邻地段进行勘探与测试,提出边坡设计计算所需的有关岩土参数;必要时,应补充工程地质测绘;应划分建筑边坡的类型,复核边坡可能的破坏模式;应通过分析和验算,对边坡的整体和局部地段的稳定性作出评价,对人工边坡提出开挖边坡坡率的建议值,对可能失稳边坡应提出整治方案建议;边坡允许

坡度值可按本规范附录 A 的规定取值。

4 施工图设计阶段应针对不稳定和需整治的边坡部位,以及因总平面布置而作变更或整治方案修改的地段进行勘察,并应对前阶段勘察尚未能查明或需进一步查明的工程地质问题,提出边坡设计计算所需的详尽地质资料、各种岩土参数与整治措施。

5 施工勘察应对边坡施工开挖进行地质编录,核实、补充勘察资料,必要时应进行地质预报;当边坡施工反映的情况与地质资料不符,有必要修改或重新设计边坡时,应补充适量的勘探与测试工作并提出整治措施。

6.5.5 边坡的工程地质测绘与调查应符合下列规定:

1 应查明边坡的工程地质条件,其范围应包括可能对场地稳定性有影响的全部边坡地段;地形图比例尺可采用 1 : 500 ~ 1 : 2000。

2 应调查边坡的形态与特征,各地段自然边坡的形态和自然坡度;应查明有无滑坡、错落、崩塌和危岩等不良地质作用,研究其形成条件,确定其对建设场地的影响程度。

3 应查明边坡的岩土成因、类型、分布、性状,覆盖层的厚度,基岩面形态和坡度,岩石风化程度和坚硬程度,岩体完整程度等。

4 应查明岩体结构面(含软弱夹层)的类型、产状、延伸分布、结合程度、粗糙程度及充填物组成与厚度等,并应分析其力学属性及与临空面的稳定关系。

5 应查明边坡地下水类型、分布和结构面充水情况,查明边坡泉水和湿地的分布位置、水的类型、水量、补给来源和动态条件,应调查坡体植被发育和水对坡体稳定性的影响。

6 应收集地区气象条件,包括雨期、暴雨强度、汇水面积、坡面植被、地表水对坡面、坡脚的冲刷情况。

7 应调查当地边坡防治经验和岩土参数取值情况。

6.5.6 边坡工程勘探工作应符合下列规定:

1 边坡工程勘探宜采用钻探、坑(井)探和槽探等勘探方法,

一级边坡、大型和地质环境条件复杂的边坡、可能失稳边坡地段应布置勘探工作；勘探范围应包括不小于 1 倍岩质边坡高度或 1.5 倍土质边坡高度，以及可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域。

2 勘探线应垂直于边坡的走向和平行于可能滑动的方向布置，在主要控制性验算剖面地段应有勘探线；每条勘探线不宜少于 3 个勘探点。

3 各阶段勘探线、点间距应根据边坡安全等级、边坡破坏模式、场地复杂程度和地区经验确定；初步设计阶段，勘探线间距宜为 40m~60m，勘探点间距宜为 30m~50m；施工图设计阶段，勘探线间距宜为 20m~40m，勘探点间距宜为 15m~25m；对崩塌型破坏岩质边坡的勘探线、点间距可乘以 1.2~1.5 的调整系数；

4 勘探孔深度应穿过最深潜在滑动面，并应深入稳定地层 2m~5m；控制性勘探孔深度尚应深入稳定地层不小于 5m，且应进入坡脚地形剖面最低点和截洪沟（管）、支护结构基底下不小于 3m，并应满足边坡稳定性验算所需的深度。

5 应查明隐伏的软弱夹层、软弱结构面的空间方位与性状，必要时宜在该地段布置 3 个不在一条直线上的钻孔进行定位；有条件时，可采用岩心定向钻探工艺等方法测定。

6 当需直接观察软弱夹层或软弱结构面的性状，或需进行原位测试以及采取原状试样时，应布置少量探井（坑）；当覆盖层的厚度不大时，为追索重要的地质界线，宜布置适量的探槽。

7 主要岩土层和软弱层应采取原状试样；每层的试样数量，土层不应少于 6 件，岩层不应少于 3 组，每组应为 3 件。

8 对土质边坡的软弱夹层和可能的滑动带，可在其附近进行连续取样，或用静探进行探查；对岩质边坡的软弱夹层宜通过探井或探槽取样。

6.5.7 边坡勘察的岩土测试应符合下列规定：

1 岩土的物理力学试验应测出岩土的抗剪强度。

2 室内试验条件应与试样在边坡体内的实际受荷情况及水

文地质条件相近,应合理采用三轴试验或直剪试验。

3 对控制边坡稳定的软弱结构面或软弱夹层,宜进行现场原位剪切试验;对大型边坡,必要时可进行岩体应力、波速、动力测试及模型试验;对有特殊要求的永久边坡,尚应考虑岩石(体)强度随时间降低的蠕变效应,宜做岩体流变试验。

4 当坡体有地下水分布时,应测定水的流速、流向、流量,岩石的渗透性和孔隙水压力。

6.5.8 边坡的稳定性分析应在充分查明边坡工程地质条件和确定边坡破坏模式的基础上进行,可采用工程地质类比法、图解分析法和极限平衡计算法等综合分析方法。对大型复杂的边坡尚可采用有限单元法等数值分析法进行分析。当边坡的地质条件或开挖方向不一致时,应分区段进行分析评价。

6.5.9 采用工程地质类比法进行边坡的稳定性分析时,应全面分析比较已有边坡和工程边坡在岩性、结构、坡形、自然环境、变形主导因素和发育阶段等工程地质条件方面的相似与差异性。同时还应考虑工程的规模、类型及其对边坡的特殊要求。

6.5.10 边坡稳定性分析应符合下列规定:

1 采用图解分析法时,宜根据赤平极射投影法和实体比例投影法确定边坡结构面的稳定类型;在几组结构面中,应分辨对边坡稳定起控制作用的主要结构面及次要结构面;应判定不稳定岩土实体的形状、规模及滑动方向。

2 当分析发现有不稳定的边坡时,应进一步采用计算方法进行验证。

6.5.11 采用极限平衡计算法和有限单元法进行边坡稳定性分析时,应结合边坡岩土工程地质条件、软弱结构面的形态、地下水浮托力及动水压力,分析可能出现的破坏形式,并按下列规定进行验算:

1 对土质边坡、填方边坡和破碎结构的岩质边坡宜采用圆弧滑动法;

2 对可能产生顺层平面滑动的边坡宜采用平面滑动法；

3 对可能产生折线滑动的边坡宜采用折线滑动法；

4 当边坡破坏机制复杂时，宜结合数值分析法进行分析。

6.5.12 边坡稳定性计算所需抗剪强度指标应根据地质条件和工程实际工况，通过现场试验或室内试验，结合工程经验和岩体分类、反分析等方法综合确定，并应与稳定分析时采用的计算方法相配套。

6.5.13 边坡稳定性系数不应小于边坡稳定安全系数值。边坡稳定安全系数取值，应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定执行。

6.5.14 对一级建筑物有重大影响的大型边坡，有条件时，除应对边坡进行稳定性验算外，尚宜进行边坡稳定性的可靠性分析。

6.5.15 当工程条件许可时，应优先采用坡率法放坡。边坡开挖坡度值可根据工程经验，按工程类比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。当无经验且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质作用和地质环境条件简单时，边坡允许坡度值可按本规范附录 A 的规定取值。

6.5.16 当采用压实填土边坡时，应进行边坡稳定性验算，其抗剪强度应根据现场原体试验或室内试验和工程经验确定。

6.5.17 对不稳定边坡，应分析其破坏形式、不稳定的程度与范围，提出加固方案建议。

6.5.18 应根据工程安全等级、地质复杂程度、支护结构特点等，对潜在不稳定的一级边坡或大型、复杂边坡的位移、地表裂缝、坡顶建(构)筑物变形、地下水动态、工程支挡结构应力与变形、支挡构筑物承受的土压力情况和易风化岩体的风化速度进行监测。其他边坡可根据具体情况开展必要的监测。

6.6 深基坑工程

6.6.1 深基坑工程勘察应查明基坑开挖影响范围内的岩土物理

力学性质和地下水条件。

6.6.2 初步设计阶段深基坑工程勘察工作量应根据已有资料 and 设计要求确定,并应布置适量的勘探孔和室内试验,提出基坑支护的建议方案。

6.6.3 施工图设计阶段深基坑工程勘察工作量应根据初步设计阶段拟采用的基坑支护方案和降水方案确定,并应符合下列规定:

1 勘察范围应根据开挖深度、基坑支护结构形式及场地的工程地质条件确定,并宜在开挖边界外按开挖深度的1倍至2倍范围内布置勘探点。对于软土宜适当扩大勘察范围。

2 基坑周边勘探点的深度应根据可能采取的基坑支护结构设计要求确定,不宜小于1倍开挖深度,软土地区应穿越软土层。有基坑降水要求时应满足基坑降水设计要求。

3 勘探点间距应根据具体的地层条件确定,宜为10m~30m。

6.6.4 深基坑工程勘察应包括下列内容:

1 应查明深基坑工程可能影响范围内的岩土层的分布及其工程性质,提供基坑支护设计参数。

2 应查明场地各含水层,包括上层滞水、潜水和承压水的补给来源、径流途径、排泄方式和水位动态规律;应查明开挖影响范围内含水层和隔水层的层位、埋深和分布情况,以及水力联系情况,提供各含水层的渗透系数。当基坑周围的水文地质条件复杂,需要进行施工降水设计时,应进行专项的水文地质勘察。

3 应分析评价基坑开挖产生流砂或管涌的可能性及其对工程的影响。

4 应进行环境调查,查明邻近已有建(构)筑物结构和基础类型、地下设施的现状等,评估其对开挖变形的承受能力。

5 对于特殊土,应符合本规范特殊性岩土勘察的有关规定。

6 应提供有关抗浮设计参数。

6.7 填方工程

6.7.1 对需要填方的建设项目,工程勘察应查明填方场地地质条件,分析、评价填方工程中的岩土工程问题。

6.7.2 场地回填前的填方工程勘察应符合下列规定:

1 应查明场地回填前的岩土分布及其工程性质、地质构造、地下水埋藏条件和不良地质作用。

2 应调查场地回填物质来源和成分,分析、预测影响回填土压实的因素和效果,分析、论证场地填方方案,提出填方回填、压实的建议措施。

3 应分析场地堆填后有无整体滑动或局部滑动的可能性;需要时,尚应提出人工填方边坡的支护措施以及压实填土的放坡率经验值。

4 应分析、预测填方后由于环境地质条件变化引起的地下水循环条件变化和可能产生的自重沉降变形、遇水湿陷、石渣土强度软化等岩土工程问题。

5 基岩场地勘探深度不宜小于 50% 的填方厚度,并应钻穿不利于填方边坡稳定的软弱夹层;土层场地勘探深度不宜小于 1.0 倍填方厚度,并应钻穿填方场地内软弱土层。

6.7.3 填方工程施工前应进行专项现场原体试验和室内击实试验,并应符合下列规定:

1 压实填土的承载能力、压缩性、湿陷性等应通过现场载荷试验确定。对粒径 d 大于 60mm 的巨粒填土或石渣土,压实地基承压板面积不应小于 1.00m^2 ,强夯地基承压板面积不宜小于 2.00m^2 ;对粒径 d 大于 0.075mm、不大于 60mm 的粗粒填土和粒径 d 不大于 0.075mm 的细粒填土地基承压板面积不应小于 0.50m^2 。

2 填料的最优含水量和最大干密度应通过击实试验确定,对巨粒填土或石渣土宜采用大型击实试验。

6.7.4 对未经填方设计所形成的既有填土勘察应符合下列规定：

1 应搜集原始地形和填土的施工、检测资料，了解场地的地形地物变迁、填土来源、堆积年限、堆填方式和填土压实情况；

2 应查明填土的类型、分布范围、厚度、物质成分、物理力学性质，评价填土的密实性、均匀性、压缩性和湿陷性等工程性质，提出利用、改良既有填土的意见和措施；

3 对冲填土尚应了解其冲填期间的排水条件，查明固结程度；

4 勘探深度应钻穿填土层。

6.7.5 填土的勘探、测试及岩土工程评价尚应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

6.8 桩基工程

6.8.1 对可能采用桩基的工程项目，工程勘察应符合下列规定：

1 应查明建筑物场地的工程地质和水文地质条件；

2 应比选桩基形式和持力层，预测桩基工程与环境之间的相互影响，评价成(沉)桩的可能性和影响桩基质量的因素；

3 应选择试桩场地，开展桩基原体试验，确定桩基承载力，预测桩基变形特征，推荐施工工艺；

4 应为桩基设计和施工提供技术参数和必要的专项咨询服务。

6.8.2 桩基工程勘察可根据各阶段的工作要求分阶段实施，应符合下列规定：

1 初步可行性研究阶段应根据电厂建设规模和上部荷载要求等，初步提出桩基工程可能性与适宜性的评价与建议。

2 可行性研究阶段勘察应初步评价可选桩端持力层的适宜性及特点，预测桩基工程与环境之间的相互影响，评价桩型的可行性与适宜性，评价成(沉)桩的可能性，提出桩基方案优化的建议。

3 初步设计阶段勘察应推荐桩型和桩端持力层，选择试桩场

地,开展桩基原体试验,分析桩土的应力应变特征,推荐施工工艺,确定桩基承载力。

4 施工图设计阶段勘察应结合建筑物平面布置和上部结构特点,根据桩型、桩长、持力层、承载力和变形验算等条件或要求,查明工程地质条件和水文地质条件,评价影响桩基质量的因素并推荐相应处理措施。

5 施工勘察阶段勘察应根据工程需要,对工程地质条件存在异常变化的地段进行查明或验证,提供处理意见和建议;岩溶地区进行施工阶段勘察应符合本规范第 6.3 节的规定。

6.8.3 勘探孔深度应符合下列规定:

1 可行性研究阶段勘察勘探孔深度应符合本规范第 4.2 节的规定。

2 初步设计阶段勘察,一般性勘探孔宜进入预计桩端平面以下 3m~5m;控制性勘探孔深度可按桩基沉降计算深度确定;当桩型、桩长等未最终确定时,应按可能的最大桩长考虑勘探孔深度。

3 施工图设计阶段勘察应根据工程地质条件、桩型、桩长、沉降计算深度等确定勘探孔深度,并应符合下列规定:

1)当桩端持力层为中等风化~未风化的基岩时,对于端承型桩,一般性勘探孔宜深入预计桩端平面以下不小于 3 倍桩身设计直径,控制性勘探孔宜深入预计桩端平面以下不小于 5 倍桩身设计直径;对于长径比较大的摩擦型桩,一般性勘探孔宜深入预计桩端平面以下 1 倍~3 倍桩身设计直径,控制性勘探孔宜深入预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径。岩溶地区的勘探深度应符合本规范第 6.3 节的规定。

2)当桩端持力层为风化岩、残积土或第四系地层时,对于端承型桩;一般性勘探孔宜深入预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径,且不应小于 5m;对于端承摩擦桩,一般性勘探孔宜深入预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计

直径,且不应小于 3m,对大直径桩不应小于 5m;对于摩擦桩,一般性勘探孔宜深入预计桩端平面以下 3 倍桩身设计直径;控制性勘探孔深度应满足桩基沉降计算的要求。

- 3)对需要进行变形验算的建筑物,宜布置 $1/3 \sim 1/2$ 的控制性勘探孔,对于地基基础设计等级为甲级的单体建筑物控制性勘探孔数量不宜少于 3 个,乙级和丙级不宜少于 2 个;当建筑物形体较大或场地地基条件复杂时,宜适当增加控制性勘探孔的数量。

4 施工勘察阶段的勘探深度可根据实际需要确定。

5 钻至预计深度遇软弱土层或土洞、墓穴、溶洞、破碎带等不良地质体时,应在分析评价其影响的基础上重新确定勘探孔深度;在预计深度内遇稳定坚实岩土时,可适当减小勘探孔深度。

6.8.4 勘探点平面布置宜符合下列规定:

1 可行性研究阶段勘探点平面布置应符合本规范第 4.2.7 条的规定;初步设计阶段勘探点平面布置应符合本规范第 4.3.7 条、第 4.3.8 条的规定;初步设计试桩阶段的勘探点布置应满足试桩设计、施工和评价的需要;施工阶段如需布置勘探点,宜根据实际工程需要确定。

2 施工图设计阶段勘探点布置宜符合下列规定:

- 1)勘探点一般宜沿建筑物或重要设备基础轮廓线、轴线或柱列线布置,着重查明桩端持力层性质、厚度及顶板起伏变化以及桩周土对不同成(沉)桩工艺的影响;勘探孔间距宜为 10m~35m;必要时可逐基、逐柱布置勘探点。
- 2)对于单个形体较小的建筑物群,可按格网进行勘探孔的布置;勘探格网宜将所有建筑物包括在勘探范围内。
- 3)对于狭长形建筑物,若其宽度小于 10m,可沿长度方向的中轴线或以“之”字形方式布置勘探点;对于形体较小的单体建筑物,若其长度或直径小于 10m,可仅在建筑物中

心布置勘探点。

4) 不规则的建筑物, 勘探线宜包围建筑物主体轮廓。

5) 必要时勘探点布置宜满足主厂房扩建端外侧桩基先行施工的需要。

6) 以抗拔设计为主的桩基, 勘探点间距可按 30m~50m 考虑, 地层复杂时宜结合设计要求予以适当加密。

7) 控制性勘探孔宜均匀分布于场地范围内。

6.8.5 取岩土试样及进行原位测试的数量应根据工程地质条件和桩型确定, 并应符合下列规定:

1 对摩擦型桩, 一般情况下, 主要地基岩土层的主要物理力学指标试验个数, 在均匀地基岩土层中不宜少于 6 件(组); 当取样困难或取样质量难以保证时, 应采用原位测试代替部分取样工作; 主要地基岩土层同一原位测试指标不宜少于 6 个; 当地基岩土层不均匀时, 应适当增加取样和原位测试的数量。

2 对端承型桩应加强桩端主要受力层范围内取样和原位测试工作; 下卧层取样数量不宜少于 6 件(组), 下卧层原位测试数量不宜少于 6 个; 非主要地基岩土层取样及原位测试数量可适当减少。

3 取岩土试样和进行原位测试的数量宜按建筑物地段分别统计计算, 小型零星建筑物单独提供勘察成果时可利用邻近建筑物的勘察成果。

4 岩土试验和原位测试项目的选择宜具有针对性, 所获得的参数应能指导桩基设计和施工。

6.8.6 桩基勘察应分层提供地基岩土层的物理力学性质指标和桩基设计参数, 并应符合下列规定:

1 对需要进行沉降计算的桩基, 桩端平面以下计算深度范围内的地基土层应提供压缩系数(α)、压缩模量(E_s)和压缩曲线等, 压缩性指标应满足不同压力段沉降计算的要求; 当需要计算桩间土的沉降时, 桩间土也应提供上述指标。

2 宜根据工程需要提供无侧限抗压强度(q_u)、三轴不排水抗剪强度(c_u 、 φ_u)和渗透系数(k)、颗粒级配、不均匀系数(C_u)、密度、湿度等指标。

3 对于嵌岩桩应提供岩石抗压强度、软化系数等指标。

4 主要桩基设计参数宜结合试桩结果确定。

5 对于不能直接提供的桩基设计参数,可通过原位测试方法或工程经验提供。

6.8.7 桩端持力层选择应符合下列规定:

1 应具有适当的埋藏条件。

2 应具有一定的厚度,并应符合下列规定:

1) 当其下分布软弱下卧层时,桩端以下持力层厚度,对于地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物不宜小于 $5.0d$ (d 为桩身直径),其他建筑物不宜小于 $3.0d$;

2) 当桩端持力层为基岩时,在桩端平面以下 $3.0d$ 范围内不应有软弱夹层和未胶结的破碎带或洞隙分布;

3) 对于采用变刚度调平方法设计的桩基以及软土地区减沉复合疏桩基础,持力层的厚度要求应通过计算分析确定。

3 应具有较高的承载能力和较低的压缩性。中~低压缩性黏性土,中密~密实的粉土、砂土及碎石类土,风化岩和残积土,中等风化~未风化的基岩,以及上述地基岩土层的组合,均可作为桩端持力层。

4 应具有较好的稳定性和均匀性。持力层在一定范围内顶面高程变化和主要地基岩土性质差异不宜过大;对于基岩,在桩的受力范围内不应有滑动面和临空面;受外界因素影响容易引起性质、状态变化的湿陷性土、膨胀土、液化土、易溶岩土等,均不宜作为桩端持力层。

6.8.8 桩型和施工工艺推荐应根据建筑物特点、工程地质条件、场地环境、材料供应与保障、施工技术水平和设备,以及施工质量、进度、费用等因素综合确定。

6.8.9 桩基承载力的确定应符合下列规定：

1 对于地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物应通过桩基静载荷试验确定,试桩数量及试验要求应符合本规范第 11 章的规定。

2 对于地基基础设计等级为乙级所对应的建筑物,当工程地质条件简单时,可按照工程地质条件相同的试桩资料或采用成熟的计算方法确定;当工程地质条件复杂或缺乏可参考的试桩资料时,宜通过桩基静载荷试验或高应变试验予以确定。

3 对于地基基础设计等级为丙级所对应的建筑物,可采用成熟的计算方法确定。

4 当采用计算方法获得的承载力差别较大时应进行分析研究,必要时仍应通过桩的静载荷试验或高应变试验予以确定。

6.8.10 可根据任务要求,对桩基进行沉降估算和预测桩基变形特征。

6.8.11 当桩周土层沉降可能大于桩基沉降时,应根据工程的具体情况参照地区经验,分析桩周负摩阻力产生的可能性以及对桩基承载力、沉降及稳定性等的影响。

6.8.12 桩基工程评价应符合本规范第 12 章的规定,并应符合下列规定：

1 应对打入桩或静压桩的沉桩可能性作出评价,在桩端以上存在着相对硬土层或持力层密实、坚硬时应考虑沉桩机具设备的能力、桩身的抗击打或抗压能力,判断桩贯穿硬土层和进入持力层的可能性。沉桩可能性评价尚应符合下列规定：

- 1)应评价表层场地土承载力是否满足静压桩施工设备就位和迁移的要求；
- 2)应评价桩的挤土效应对周围建筑、设施和已有桩基的影响；
- 3)应评价地下水对沉桩的影响；
- 4)应评价沉桩时的振动和噪声对环境的影响；

5)应评价基坑开挖对桩基工程的影响。

2 应对灌注桩的成孔可能性、孔壁稳定性、孔底质量等进行分析评价,推荐合适的施工设备和工艺;应评价水文地质条件对人工挖孔桩的影响;应评价泥浆排放对环境的影响;应评价基坑开挖对桩基工程的影响。

6.8.13 特殊工程地质条件的桩基勘察及评价尚应符合本章其他部分和本规范第7章的规定。

6.9 地基处理

6.9.1 发电厂地基处理的勘察应分阶段实施,并应符合下列规定:

1 可行性研究阶段应初步查明场地地质条件,论证地基处理的必要性,对地基处理的方案进行经济技术比较,并提出推荐意见。

2 初步设计阶段应根据勘察成果和原体试验结果,提供地基处理设计和施工所需的岩土特性参数和施工控制指标;地基基础设计等级为甲级、乙级所对应的建筑物宜在本阶段选择代表性的场地进行原体试验。

3 施工图阶段应查明拟建建(构)筑物的地基岩土性质,提供地基处理设计所需的岩土性质参数,预测地基处理方法对环境和邻近建筑物的影响。

4 地基处理施工期间和结束后,应对施工质量进行检测,对施工造成周围环境及邻近工程设施的影响进行监测。

6.9.2 对可能采用换填垫层的项目,工程勘察应符合下列规定:

1 应查明拟换填地层的分布范围、埋深及工程性质;

2 应查明垫层下地层的结构、成因及性质,对承载力、压缩性和抗滑稳定性作出评价;

3 应查明地下水的类型、埋藏条件、水位变幅及对建筑材料的腐蚀性;

4 应根据岩土性质、建筑物要求及处理目的,选择适宜的换填材料,测定填料的最优含水量和最大干密度,提出换填技术方案及填筑要求的建议。

6.9.3 对可能采用预压地基处理的建设项目,工程勘察应符合下列规定:

1 应查明软土层的分布及厚度、层理、强度及沿深度的变化,提供土层的孔隙比与固结压力的关系、前期固结压力、径向和竖向固结系数、水平和垂直渗透系数以及十字板抗剪强度等;

2 应查明土层中透水夹层的位置及在水平和垂直方向的分布;

3 应查明地下水的类型、水位变化、径流条件以及与附近水体的补排关系。

6.9.4 对可能采用压实、夯实地基处理的建设项目,工程勘察应符合下列规定:

1 应查明拟加固地层的颗粒组成、分布及工程性质,提供地基土的含水率、饱和度、抗剪强度、渗透性、湿陷性等指标;对软黏土尚应提供不排水抗剪强度和灵敏度。

2 应评价填筑材料和拟加固地层的压实性和可夯性,提供最大干密度和最优含水量;结合工程要求,提出压实、夯实处理方案设计和施工的建议。

3 应调查施工影响范围内建筑物的位置及埋深,评价施工振动的影响,并提出隔振或防振的建议。

6.9.5 对可能采用复合地基的建设项目,工程勘察应符合下列规定:

1 应查明软弱土层及桩端土层的组成、分布及工程性质;

2 应根据建筑物使用要求,给出复合地基设计参数建议,并估算单桩承载力和复合地基承载力;

3 应评价桩间土、桩身及复合地基变形计算深度内土层的压缩性;

4 应分析成桩施工的可能性,预估成桩工艺对周围土体、建筑物和环境的影响以及桩体与水土间的相互作用,提出成桩施工工艺的建议。

6.9.6 对可能采用注浆加固地基的建设项目,工程勘察应符合下列规定:

1 应查明土的颗粒组成、密实度、渗透性或岩体裂隙宽度和分布规律、溶洞等地下洞穴的分布;对于淤泥质土及地基土高含盐量地区,应查明有机质及可溶盐含量;

2 应查明地下水类型、埋深、流向、流速及腐蚀性;

3 应调查场地周边的既有地下设施、建筑物等的分布;

4 应根据岩土性质和工程要求,提出注浆方法及工艺技术参数选择的建议;

5 既有建筑物地基注浆加固或纠偏时,宜搜集基础类型、埋深、基底压力及地基变形等资料,查明建筑物地基土的分布及工程性质,分析施工过程中引起的附加变形对建筑物的影响。

6.10 采 空 区

6.10.1 初步可行性研究和可行性研究阶段勘察宜避开现采空区和未来采空区。当厂址可能受采空区影响时,应进行专门勘察研究,必要时应进行长期变形监测。

6.10.2 已塌陷稳定场地应考虑建筑物附加荷载对采空区稳定性的影响和可能活化的因素;塌陷变形区或处理后的老采空区经专门分析论证不影响上部建筑并经评审确认后,可不考虑采空变形问题;塌陷已开始但尚未稳定的场地和已采空但尚未塌陷的场地均为不宜建筑场地。

6.10.3 采空区勘察应以现场调查和资料搜集为首要手段,应重点分析查明以下内容:

1 场地及其附近范围地下矿层(体)的层数、延伸、厚度、埋深等地质特征;

2 矿坑规模,开采历史、方式、范围、方向及回填塌落情况,开采规划、技术方案和顶板处置管理办法;

3 围岩尤其是顶板岩(土)体性质、组合特点、地质时代,以及产状、断裂等构造地质特征;

4 搜集采空区的长期变形观测资料,调查矿坑和地面的变形、破坏迹象,分析采空区的发展和环境条件的变化。

6.10.4 厂址周边存在采空区时,应分析论证其塌陷变形对厂址的影响。

7 特殊性岩土

7.1 软 土

7.1.1 软土地基勘察应符合下列规定：

1 应查明软土层构造特点和层理特征、成层条件、分布规律、水平与垂直向的均匀性,粉土、砂夹层(或透镜体)及硬土层的分布与厚度,基岩的埋深与起伏;

2 应查明软土应力史,判定软土的固结状态,对欠固结土应分析评价其变形性质;

3 高含水量高灵敏度的软土宜进行流变性质试验,并应采用残余抗剪强度进行土体稳定分析;

4 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 $0.10g$ 及以上,地震基本烈度为Ⅶ度及以上地区,对厚层软土地基宜评价发生震陷的可能性;

5 对内陆软土中的泥炭层应查明其埋藏深度、厚度和物理力学性质;

6 当滨海或浅海沉积软土内的贝壳或腐殖质层有沼气时,宜测定沼气层的层位、厚度、沼气量和压力等级,并应对顶管或盾构等地下掘进的施工安全、防治措施提出建议;

7 应查明软土地区人类活动造成的浅层隐伏文化层,微地貌形态,暗埋的塘、浜、沟、坑、穴的分布、埋深及其填土情况,河流改道形成的古河道或牛轭湖等地质体。

7.1.2 软土地基勘探应符合下列规定：

1 勘探孔间距和孔深可根据本规范第 6 章和第 7 章的有关规定确定。

2 采用小螺旋钻探查填土、暗浜、坟墓等浅层文化层时,其间

距可为 10m~15m,控制暗浜等边界和深度的孔距宜为 2m~3m,深基坑围护结构周边的小螺旋钻孔间距宜为 10m,进入正常沉积土层深度不宜少于 0.5m。

7.1.3 软土地基勘察应增加原位测试工作量比例,可根据地层情况和工程要求按本规范表 9.7.1 的规定选择适宜的原位测试方法。

7.1.4 软土取样应采用薄壁取土器,其规格应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探技术与规程》JGJ/T 87 的要求。

7.1.5 软土室内试验项目应根据工程性质、基础类型、地基土特性及其均匀性、拟采取的地基处理方法等因素综合确定。地基压缩层范围内的软土应进行室内渗透试验。室内试验方法和技术要求应按国家现行相关标准执行。对动力特性试验和有特殊要求的试验应编写试验大纲,制订试验方法,明确提供成果的内容与要求。

7.1.6 软土固结试验应符合下列规定:

1 第一级压力宜控制在 25kPa 范围内,最后一级压力应比上覆有效自重压力与附加压力之和大 100kPa~200kPa。

2 当工程对变形计算有特殊要求时应进行标准固结试验。固结试验除测定土的压缩系数 a 、压缩模量 E_s 、固结系数 (C_v 、 C_h)、压缩指数 C_c 、先期固结压力 P_c 外,可按工程设计需要进行回弹试验,提供土的回弹指数 C_s 值。

3 固结系数应在土的自重压力至自重压力与附加压力之和的压力范围内进行测定。

4 对高压缩性、高灵敏度以及含有机质的软土,除应测定其主固结段的压缩系数外,还应测定次固结系数 C_a 。

5 室内固结试验成果应提供压缩曲线或压缩系数表。

7.1.7 软土强度试验应符合下列规定:

1 宜采用三轴不固结不排水剪切试验,也可采用固结快剪试验、无侧限抗压强度试验;

2 当考虑上部荷载引起地基土强度增长时,可采用三轴固结不排水剪切试验,并应测量孔隙水压力,提供总应力和有效应力强度参数及破坏时的孔隙水压力系数;

3 三轴压缩试验的第一个试样上所施加的垂直压力或周围压力应接近于土的自重压力,且应在饱和状态下进行试样试验。三轴压缩试验的试样起始孔隙水压力系数 B 值不应小于 0.95。

7.1.8 软土地基的承载力应结合建筑物基础和荷载条件、场地的复杂程度以及变形控制要求、当地建筑经验,进行综合评价。当软土作为下卧层时,应验算其强度,计算方法可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。

7.1.9 软土地基沉降计算应符合下列规定:

1 软土地基的最终沉降量可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的要求进行计算,也可结合地区的建筑经验计算;

2 地基沉降计算可采用分层总和法或土的应力历史法,并根据当地经验进行修正,必要时,应考虑软土的次固结效应;

3 地下室埋深较大时应考虑基坑开挖时引起的回弹,以及加荷后产生的地基沉降;

4 建筑物相邻荷载相差较大时,应分析其变形差异和相互影响;地面有大面积堆载时,应分析对相邻建筑物的不利影响。

7.1.10 软土地基的地基处理应符合下列规定:

1 地基基础设计等级为甲级所对应的建(构)筑物置于厚层软土地基时宜采用桩基,对于浅部较薄软土地基可采用基础深埋、局部换土垫层、短桩等方法,必要时也可采用桩基。当采用挤土桩进行地基处理时,应同时考虑桩的挤土效应,采取适当的控制挤土、加快超孔隙水压力消散的措施。

2 地基基础设计等级为乙级、丙级所对应的建(构)筑物置于厚层软土时,可采用预压法、振冲法、挤密桩法或搅拌桩法等方法,也可采用短桩或注浆法处理,必要时也可采用桩基;遇浅部较薄软

土地基宜采用基础深埋、局部换土垫层、短桩等方法。

3 对于有砂夹层的软土地基,有条件时,也可选用夯扩碎石桩、挤密砂桩等有利于排水的复合地基。

4 位于滨海、滨江等地段需大面积围堤回填的工程场地,宜采用预压法进行场地预处理。

7.2 湿陷性黄土

7.2.1 湿陷性黄土地基的工程勘察应查明黄土的成因、时代、湿陷特性指标以及湿陷深度,并应对场地的湿陷类型和地基的湿陷等级作出评价。

7.2.2 湿陷性黄土勘察应对厂址区地质环境进行调查研究,调查研究应包括下列内容:

- 1** 所在地的“中国湿陷性黄土工程地质分区”;
- 2** 场地的地貌单元及其成因类型;
- 3** 场地及周边的地形、地物及岩土堆积演变历史;
- 4** 黄土地层的统、系分布特点及其成因;
- 5** 地下水的类型、水位及其变化趋势;
- 6** 场地及其周边地区的自然地面与人工设施的湿陷迹象;
- 7** 周边环境可能产生的不利影响条件。

7.2.3 黄土场地勘察应符合下列规定:

- 1** 应对古土壤和新近堆积黄土进行鉴别;
- 2** 应有一定数量的探井穿透黄土层或湿陷性黄土层;
- 3** 对具有冲洪积成因特征的湿陷性黄土,应查明饱和细粒土层与粗粒土夹层的分布;
- 4** 土试样的质量等级应满足Ⅰ级样要求;
- 5** 当单层土厚度较大且土质均匀时,竖向取样间距可为1.5m~2.5m。

7.2.4 位于黄土工程地质分区边界附近的黄土场地,以及位置偏僻、缺乏建筑经验的黄土场地应进行现场试坑浸水试验。黄土试

坑浸水试验方案应考虑湿陷量、湿陷土厚度等因素。当现场试坑浸水试验判定的湿陷类型与室内试验计算结果不一致时,应进行专门研究。

7.2.5 室内湿陷性试验可采用双线法。荷载较大的建(构)筑物试验最大加荷应按饱和自重压力加附加压力的原则确定,当无附加压力资料时,荷载较大的建(构)筑物湿陷性试验最大加荷可按表 7.2.5 采用。当采用大压力试验时,应增加加荷级数。

表 7.2.5 荷载较大的建(构)筑物湿陷性试验最大加荷

土样深度(m)	<10	10~20	20~30	30~40	>40
最大加荷(kPa)	400~500	500~600	600~800	800~1000	1000~1200

7.2.6 湿陷性黄土地区的发电厂建(构)筑物应根据其重要性、地基受水浸湿可能性大小、使用期间对不均匀沉降限制的严格程度进行分类划分,且建(构)筑物分类划分应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 湿陷性黄土地区建(构)筑物分类

类别	建(构)筑物名称
甲类	主厂房(包括汽轮发电机基础、锅炉架基础)、烟囱、空冷器支架、高度大于 50m 的筒仓、预应力筒仓、大跨度大直径封闭煤场、冷却塔、GIS 配电装置楼、翻车机室
乙类	除甲、丙、丁以外的其他建(构)筑物
丙类	燃油泵房、燃油库、空压机室、制氢站、加氯站、修配厂、机炉检修间、材料库、机车库、推煤机库、汽车库、消防站、干贮灰灰坝灰堤、供水管道
丁类	材料库棚、警卫传达室、厂区围墙、自行车棚、临时建筑、外部除灰管道

注:建筑物室内或毗邻的水池、水箱等按邻近建筑物的类别就高划分。

7.2.7 黄土地基的湿陷性计算、评价应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定,且应包括下列计算和评价内容:

- 1 湿陷系数、自重湿陷系数、湿陷起始压力在平面与竖向的大小变化;
- 2 工程压力和标准压力下的湿陷性分布及下限深度;
- 3 不同层位的湿陷系数与压力及含水程度的关系、湿陷样

比例；

4 单个井孔计算得出的湿陷量、湿陷类型、湿陷等级和湿陷下限；

5 整个场地的湿陷类型、湿陷等级和湿陷下限的综合评价，跨越不同地貌单元或湿陷类型有明显界限时应分区评价；

6 剩余湿陷性土层的埋深、厚度、湿陷程度分析；

7 地下水位变化对湿陷性的影响分析及地基风险预测。

7.2.8 湿陷性黄土地基采取工程措施时应坚持以地基处理为主的原则，处理方法应根据当地自然环境、土质条件、建筑类别、环境保护、造价、工期、浸水概率和当地建筑经验综合考虑，并应符合下列规定：

1 甲类建筑应消除地基的全部湿陷量或采用桩基础穿透全部湿陷性黄土层；

2 乙、丙类建筑应至少处理完上部新黄土且不应低于现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 中规定的深度；

3 采用复合地基时应考虑施工效果的均匀性和可靠性；

4 采用粉粒含量很高的黄土作垫层材料时，应对其压实性进行专门研究。

7.2.9 对多种土类混杂的非典型黄土地基，除应按本规范第 7.2.1 条～第 7.2.8 条的要求执行外，对黄土层还应研究湿陷程度、湿陷样比例、湿陷指标关系等湿陷土性特点；对非黄土层应研究成因、时代、分布特征、渗透性以及对其地基方案的影响。

7.2.10 对深厚湿陷性黄土地基，施工图勘察报告应提出加强建（构）筑物施工和使用中维护管理的措施与建议。

7.3 风化岩与残积土

7.3.1 风化岩与残积土场地的工程勘察应查明下列内容：

1 母岩的岩性和地质年代；

2 岩石的风化程度；

- 3 脉岩、差异风化带和风化岩中的差异风化体(孤石)的分布;
- 4 岩石的均匀性、破碎带和软弱夹层;
- 5 地下水的埋藏条件。

7.3.2 风化岩和残积土地地的工程勘察应符合下列规定:

1 勘探点间距应能控制风化岩层面变化。在岩面起伏较大或球状风化发育的风化岩地区,钻孔间距应取本规范第 5 章规定的较小值;若采用嵌岩桩,桩基施工前宜进行一柱一孔或一桩一孔的施工勘察。

2 宜布置一定数量的探井或探槽。

3 全风化和强风化岩石风化等级划分宜符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

4 对微风化、中等风化和强风化岩石宜根据单轴抗压强度试验、点荷载试验,岩芯采取率、矿物风化特征等综合特征划分。

5 对全风化和土状的强风化岩石应采取原状土样,应按土工试验的要求进行试验;残积土除应按常规要求进行试验外,必要时应进行湿陷性、膨胀性试验。

6 对花岗岩类残积土应测定其细粒土(包括粒径小于 0.5mm)的天然含水量 w , 塑限 w_p 和液限 w_L 。

7.3.3 花岗岩类残积土的地基承载力和变形模量应采用载荷试验确定。有成熟工程经验时,可根据标准贯入试验等原位试验资料,结合当地经验综合确定。

7.3.4 风化岩和残积土的评价应符合下列规定:

1 对于厚层的强风化和全风化花岗岩类岩石,宜结合当地经验进一步划分为碎石状、碎屑状和土状;厚层花岗岩类残积土宜进一步划分为硬塑残积土和可塑残积土。

2 建在软硬互层或风化程度不同地基上的工程应分析不均匀沉降对工程的影响。

3 对于岩脉和球状风化体(孤石)应分析评价其对地基或桩基的影响,并应提出建议。

4 当岩脉或囊状风化体的宽度或范围较大时,应根据其岩性、风化程度和工程性质评价其物理力学指标及对工程的影响。如不能作为基础持力层时应提出处理措施。

7.4 粉 煤 灰

7.4.1 粉煤灰地基的工程勘察应符合下列规定:

1 应查明粉煤灰的沉积规律、分选性、成层条件、自然固结特征和沉陷性,查明粉煤灰的分布范围和埋深。

2 地震基本烈度为Ⅶ度及以上地区,对饱和灰渣地基液化判别应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定执行。

3 应评价水和粉煤灰对建筑材料的腐蚀性。

4 应取灰样进行试验,确定其物理力学性质。粉煤灰的土工试验宜在现场进行,试验项目应符合本规范第 10.7.2 条的规定。测定粉煤灰的抗剪强度时,应选用不固结不排水试验(UU)和固结不排水试验(CU)。

5 应采用静力触探、标准贯入试验、螺旋板载荷试验和平板载荷试验等原位测试方法,提供相应的强度和变形参数。

6 应查明粉煤灰地基的渗漏和对环境的影响。

7.4.2 采用粉煤灰筑坝的多级子坝勘察应符合下列规定:

1 应查明坝基下的地层分布,并对其工程性质作出评价,且应对坝肩和坝基稳定性及可能产生的渗漏进行分析;

2 应对坝基进行钻探取样和原位测试,在多级子坝轴线上应布置一条勘探线,平行坝轴线的勘探线不宜少于 1 条,勘探点的间距宜为 20m~50m,勘探孔深度应满足地基压缩层厚度计算要求;

3 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度不小于 $0.10g$ 、地震基本烈度为Ⅶ度及以上地区应对灰渣地基和灰渣坝体的地震液化和震陷进行分析判别;

4 应取代表性灰样进行击实试验,提供最大干密度和最优含

水率。

7.4.3 当采用粉煤灰作为地基加固材料时,除应查明粉煤灰作为垫层材料的性质外,尚应分析土工合成材料和粉煤灰结合使用的可行性。对于加筋粉煤灰混合土、水泥、碎石、粉煤灰混合挤密桩等,宜通过原体试验确定其技术参数和经济指标。

7.4.4 当粉煤灰用作建筑材料时,对粉煤灰的材料勘察应符合下列规定:

1 应进行粉煤灰的化学成分分析,烧失量试验, SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 SO_3 、 K_2O 、 Na_2O 含量的分析。根据 CaO 含量,可将粉煤灰分为高钙灰(CaO 含量不小于 10%)和低钙灰(CaO 含量小于 10%)。

2 应测定粉煤灰的含水率、密度、比重、颗粒级配、渗透性、压缩性、抗剪强度和压实性。

3 应进行不同配合比的粉煤灰、石灰土、水泥土等混合料经压实和养护 28d 后的抗压强度试验。

4 应测定粉煤灰的电导率和 pH 值。

7.5 红 黏 土

7.5.1 红黏土场地的工程勘察应查明红黏土的状态、裂隙发育特征、复浸水特性、地基的均匀性及土洞的发育程度。

7.5.2 红黏土场地的工程地质测绘与调查应查明下列内容:

1 场地地貌单元、成因、分布、厚度及土性等特征;

2 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 地表裂缝分布、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 土洞的发育程度、埋藏规律及地表塌陷情况;

5 地表水体和地下水的分布、动态以及与红黏土状态垂向分带、土洞发育的关系;

6 现有建筑物的使用情况,当地勘察、设计、工程施工措施及经验。

7.5.3 红黏土地场的勘探工作应符合下列规定:

1 确定勘探点间距时,宜按复杂场地考虑。初步设计阶段勘察勘探点间距宜为 30m~50m,施工图设计阶段勘察勘探点间距宜为 12m~24m。厚度变化大的地段,勘探点间距可适当加密。

2 红黏土层较厚的均匀地基,控制性钻孔深度宜进入基岩,一般性勘探孔深度应满足岩溶洞隙对地基稳定性评价的要求;对土岩组合的不均匀地基,控制性钻孔深度应进入基岩一定深度,一般性勘探孔深度应到达基岩面。

3 土洞发育场地应布置适量的坑探或槽探。

4 对不均匀地基、土洞发育或可能采用基岩端承桩时,宜进行施工勘察,勘探点间距和勘探深度应根据设计要求及场地条件确定。

7.5.4 应取原状土样进行常规室内试验,并应提供含水比,液限、塑限等指标。裂隙发育的红黏土应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验,必要时可进行收缩试验和复浸水试验。当需评价边坡稳定性时,宜进行重复剪切试验。

7.5.5 红黏土的地基承载力应根据工程的重要性,采用载荷试验、三轴剪切试验指标计算或根据已有经验综合确定,必要时应进行浸水状态的载荷试验。

7.5.6 红黏土地场与地基的岩土工程评价应符合下列规定:

1 应查明土洞发育程度,分析土洞对地基的稳定性影响。

2 应评价红黏土结构、胀缩性及地基均匀性,并提供大气影响急剧层深度。

3 应提出基础持力层建议,并宜利用浅部硬壳层;当承载力和变形验算不能满足要求时,应建议进行地基处理或采用桩基础。

4 建筑物布置时应避免跨越地表裂缝密集或裂缝深长地段。

5 基坑开挖时应采取保湿措施,边坡应及时支护,防止失水

干缩。

7.6 膨胀岩土

7.6.1 对可能存在的膨胀岩土应依据岩性、自由膨胀率、裂隙发育情况、有无光滑面和擦痕、有无浅层塑性滑坡等进行初步判定,并应结合膨胀潜势、膨胀率、膨胀力、胀缩等级等指标进行综合判定。

7.6.2 膨胀岩土场地的工程地质测绘和调查应包括下列内容:

1 查明膨胀岩土的岩性、地质年代、成因、分布以及颜色、产状、节理、层理、裂缝等外观特征;

2 了解地形形态,划分地貌单元和膨胀岩土场地类型,查明有无浅层滑坡、地表裂缝、冲沟等不良地质作用,以及微地貌形态和植被情况;

3 调查地表水的集聚、排泄情况以及地下水类型、多年水位和变化规律;

4 收集当地降水量、蒸发力、气温、地温、干湿季节、干旱持续时间等气象资料,确定大气影响深度;

5 调查当地已有建筑物开裂、破坏情况,地基基础及建筑荷载情况,分析开裂、破坏原因;

6 调查当地建筑经验,搜集当地相关地方技术标准。

7.6.3 膨胀岩土场地的工程勘察应遵守下列规定:

1 初步可行性研究阶段勘察应初步调查场地内有无膨胀岩土;可行性研究阶段勘察应初步判定场地内有无膨胀岩土,初步确定膨胀岩土的膨胀潜势;初步设计阶段勘察应初步查明场地内膨胀岩土的收缩率、膨胀率、膨胀力等物理力学性质;施工图设计阶段勘察应详细查明场地内膨胀岩土的物理力学性质,确定膨胀力大小和胀缩等级。膨胀潜势、膨胀力、膨胀变形量、收缩变形量、胀缩变形量、地基胀缩等级的确定应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的有关规定。

2 勘探点布置应符合本规范第 4 章的规定,并宜结合地貌单元和微地貌形态,按复杂场地布置勘探点。可行性研究阶段采取试样的勘探点不应少于全部勘探点的 $1/2$;初步设计阶段采取试样的勘探点不应少于全部勘探点的 $1/3$;施工图设计阶段采取试样的勘探点不应少于全部勘探点的 $1/3$,且单个重要建筑物下不应少于 3 个取样勘探点。

3 勘探孔的深度应符合本规范第 4 章、第 5 章的相关规定。

4 采取原状试样应从地面下 1m 处开始,在大气影响深度内,每个控制性勘探孔均应采取 I、II 级试样,取样间距不应大于 1m;在大气影响深度以下,取样间距可为 1.5m~2.0m。一般性勘探孔从地面下 1m 开始至 5m 深度内,可取 III 级试样,测定天然含水量。地层有明显变化处应加取试样。

7.6.4 除应进行常规物理力学性质试验外,对膨胀岩土应测定自由膨胀率、膨胀率、收缩系数、膨胀力等胀缩性指标,必要时进行矿物成分鉴定。对膨胀岩应进行黏土矿物成分、体膨胀量和无侧限抗压强度试验。对各向异性的膨胀岩土应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。当以膨胀岩土作为场地回填料时,应测定击实料的胀缩性指标。

7.6.5 地基基础设计等级为甲级所对应的建(构)筑物的膨胀土地基承载力应采用浸水载荷试验的方法确定,地基基础设计等级为乙级所对应的建(构)筑物的膨胀土地基承载力宜采用浸水载荷试验或旁压试验确定,地基基础设计等级为丙级所对应的建(构)筑物膨胀土地基承载力可采用饱和状态下三轴不固结不排水剪切试验指标计算确定,膨胀岩地基承载力可采用浸水载荷试验或天然状态单轴抗压强度计算确定。地基基础设计等级为丙级所对应的建(构)筑物地基承载力也可根据已有经验确定。

7.6.6 膨胀岩土场地与地基的岩土工程评价应符合下列规定:

1 厂址选择时应避开地表裂缝、冲沟发育和可能发生浅层滑坡等地段,宜选择地形较平坦、土质比较均匀、胀缩性较弱的地段。

2 膨胀岩土地基上的建(构)筑物基础埋置深度不应小于1m。平坦场地上的砖混结构房屋,以加大基础埋深为主要防治措施时,基础埋深应大于大气影响急剧层深度。

3 对膨胀岩土边坡及位于边坡上的工程应进行地基稳定性验算。验算时,应考虑坡体内含水量及地下水位变化的影响,均质土可采用圆弧滑动法,有软弱夹层或为层状膨胀岩土时应按最不利的滑动面验算,具有地表裂缝、连续结构面的膨胀岩土边坡应按切割体进行稳定性验算。验算稳定性时,应考虑建筑物和堆料荷载,以及未来挖填方的影响。

4 对不稳定斜坡或根据坡体结构验算可能产生滑动的斜坡,应采取设置支挡、排水、护坡等可靠的防治措施,挡土墙高度不宜大于3m。

5 膨胀土地基处理可采用换土、砂石垫层、土性改良等方法。当采用桩基础时,桩尖应置于非膨胀岩土或伸入大气急剧影响层以下的岩土层中,其伸入长度应满足有关要求。

6 对建在膨胀岩土上的建(构)筑物,其基础埋深、地基处理、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施、施工和维护尚应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的规定。

7.7 盐 渍 土

7.7.1 盐渍土地场的工程勘察应查明盐渍土的成因、类型、厚度以及物理力学性质,研究盐分的运移变化条件和规律,并应对其腐蚀性、溶陷性、盐胀性作出评价。

7.7.2 盐渍土地场的地质调查应包括以下内容:

- 1 场地土层的类别、分布特点及其堆积物来源;
- 2 地表水与地下水的类型、水位、分布特征及动态变化规律;
- 3 场地及周边盐分、盐体的分布迹象及其危害现象;
- 4 当地的建筑经验。

7.7.3 在盐渍土分布区选址勘察时,宜避开下列位置:

- 1 含盐地层组成的山体坡脚地带；
- 2 靠近沟口地带；
- 3 地势低洼，地下水汇聚、溢出地带；
- 4 存在盐渍土成分的填方地带。

7.7.4 盐渍土取样应符合下列规定：

1 取样点应考虑土体成因、类别、层位、地貌部位、土壤湿度的代表性；

2 每个取样点应自近地表开始，竖向取样间距在基础埋深以上可按 0.5m~1.0m，基础埋深以下可按 1.5m~2.0m。

7.7.5 对盐渍土的溶陷性或盐胀性评价应结合现场试验进行，试验应考虑季节因素和水位因素。

7.7.6 在盐渍土地区进行建筑材料勘察时应对各种砂、石、土料包括场地回填料，以及施工用水进行适宜性分析与评价，提出盐分指标控制要求。建材取样应考虑其成分的稳定性与代表性。

7.7.7 对管沟、支架等浅埋基础以及道路、地坪等应研究盐胀的不均匀性问题。

8 地 下 水

8.1 勘察要求及方法

8.1.1 对地下水的勘察应查明以下水文地质条件：

- 1 地下水类型及埋藏条件；
- 2 主要含水层性质、分布规律和边界条件；
- 3 地表水体与地下水的水力联系及其对地下水位的影响；
- 4 地下水位随时间和空间的变化规律；
- 5 地下水的化学成分及变化规律；
- 6 地下水对拟建工程的影响。

8.1.2 地下水水位量测应符合下列规定：

1 地下水水位量测误差应为 $\pm 2\text{cm}$ ，抽水试验观测孔水位量测误差应为 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 钻孔中的初见水位应在遇地下水时量测。稳定水位的间隔时间按地层渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于 0.5h ；对粉土和黏性土不得少于 8h 。当钻探采用循环液时，宜洗孔后统一时间量测水位。

3 对工程有影响的多层含水层的水位量测应采取止水措施将被测含水层与其他含水层隔开后进行分层量测。

8.1.3 当地下水位动态变化对工程影响较大，且缺乏地下水位动态观测资料时，应布设专门的地下水位观测孔进行水位动态监测，监测周期不应少于1个水文年，监测频率不宜少于2次/月。多层地下水应分层监测。观测孔个数应根据主要含水层数和工程需要确定，每个主要含水层不应少于3个。

8.1.4 当需确定地下水涌水量和含水层渗透性时，应进行抽水试验。

8.1.5 当需确定地表浅部包气带土层的渗透性时,应进行注水试验。水位埋深大于 5m 时可用试坑注水试验,砂土和粉土可采用试坑单环法,黏性土可采用试坑双环法。钻孔注水试验可用于各类土层。

8.1.6 当需查明岩体的透水性、岩体裂隙的开度和充填性质、岩体灌浆的可灌性时,应在钻孔中的岩石段进行压水试验。灰坝坝址或水库坝址勘察应在钻孔中的岩石段进行压水试验。每个试验段长度不宜大于 5m,弱透水岩体不应大于 10m。

8.1.7 地基土的渗透系数可采用室内试验确定。当土作为防渗材料或坝体材料时,应对达到设计密实度的扰动土样进行渗透试验。

8.1.8 地下水水样应代表勘察场地水质的实际情况。泉水应在泉口处采取,当有循环液时,钻孔中取水样应在洗孔后采取,并应符合下列规定:

1 取水容器应先用所取水洗刷 3 次以上,取样完毕应立即封蜡,贴好水样标签。

2 用于腐蚀性分析的单个水样体积宜为 500mL~1000mL。测定侵蚀性 CO_2 应另取一瓶水样 500mL,并应加 2g~3g 大理石粉作为稳定剂。

3 水样送验过程中应防止冻裂和阳光照射,水样保存时间不宜超过 72h。

8.1.9 确定地下水流向的钻孔应在野外勘察工作结束时统一量测各孔中的稳定地下水位。若钻孔数量较多,可采用等水位线法确定地下水流向。

8.2 地下水作用的评价

8.2.1 发电厂岩土工程分析应评价地下水的作用和对工程的影响,并应提供预防措施建议。

8.2.2 地下水对地基基础的影响评价应符合下列规定:

1 地下水位高于基础底面时应提供抗浮水位。

2 地下水位在压缩层内有上升时应评价地基土软化、强度降低、压缩性增大、有效应力降低和浮托力增大引起回弹等对工程的影响。地下水位下降时应评价有效应力增加和浮托力减小引起地基基础的附加沉降。

3 对软质岩、强风化岩、残积土、湿陷性土、膨胀土、盐渍土和冻土,应评价地下水位升降所产生的软化、崩解、湿陷、膨胀、冻胀、融陷和潜蚀等作用的影响。

4 对地下水位以下及其影响范围内的基础及结构工程,应评价地下水对混凝土和金属材料的腐蚀性。

8.2.3 地下水对边坡及挡土墙的影响评价应符合下列规定:

1 应评价地下水引起坡体质量增加、岩体结构面强度降低、软弱夹层软化、岩土层分界面处水流聚集和抗剪强度降低等对边坡稳定性的影响。

2 当坡体有细砂、粉砂或粉土层存在时,应评价地下水渗出对坡面产生潜蚀、流砂、流土或管涌的可能性及其对坡体稳定性的影响。

3 应评价不同排水条件下静水压力、动水压力对支挡结构物的作用,需要进行挡土墙排水设计时,应评价地下水的侧向排泄量。

8.2.4 地下水对基坑的影响评价应符合下列规定:

1 当基坑开挖深度低于地下水位时应评价地下水对基坑开挖、基坑支护的影响。当基坑涌水量较大时应进行专门的基坑降水设计和降水试验。

2 施工过程中基坑地下水位应控制在基坑底面以下 0.5m~1.5m。可根据水文地质条件并结合基坑特点,采用明渠、截水或井点降水等方法进行控制。在进行地下水位控制方法选择时,应分析其技术经济合理性和安全性。

3 当地下水位以下基坑开挖深度内有细砂、粉砂或粉土层存

在时,应评价产生潜蚀、流砂、流土或管涌的可能性,并应评价上述作用对基坑支护的影响。

4 当基坑以下有承压含水层存在时应评价产生底突、涌水的可能性,并制订预防措施。

5 当需要进行工程降水时应评价降水对基底土层、基坑稳定和周围建筑物的影响。

8.2.5 岩溶地区地下水作用的评价应符合下列规定:

1 岩溶地区开挖建筑基坑时,应评价产生突水的可能性;

2 在岩溶地区进行抽水或降水时应评价产生岩溶塌陷的可能性;

3 当岩溶地区地下水的运动状态有改变时,应评价地下水运动对洞穴堆积物的影响,以及引发土洞的可能性。

8.2.6 当场地平整有开挖、堆填时,应评价地下水水位相应降低、抬高的作用。

9 勘察方法

9.1 工程地质测绘与调查

9.1.1 工程地质测绘与调查应研究与查明厂址的地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质作用、地表水与地下水情况等。

9.1.2 当拟建工程场地符合下列条件之一时应进行工程地质测绘与调查：

- 1 处于低山、丘陵和山麓边缘地形起伏较大或有基岩多处出露；
- 2 邻近江、河、湖、海，且存在两个以上地貌单元或有多种不同时代或成因的地层岩性在地表出露；
- 3 存在断裂构造、滑坡、边坡、崩塌、岩溶土洞、地表塌陷和小煤窑洞穴等不良地质作用或有特殊性岩土斜坡场地；
- 4 山谷和围堤灰场的灰坝和灰库地段。

9.1.3 工程地质测绘与调查所选用地形图的比例尺与精度应符合下列规定：

- 1 地形图比例尺宜为 1 : 500 ~ 1 : 10000；
- 2 野外填图的地形图比例尺可等于或大于成图的比例尺；
- 3 对工程有特殊意义的地质单元体，在图上填绘的宽度不足 2mm 时，可扩大比例尺表示，并应加注说明；
- 4 建筑地段的地质界线、地质观测点的测绘精度在图上的误差不应超过 3mm，其他地段的误差不应超过 5mm。

9.1.4 观测路线和地质观测点的布置、间距与定位应符合下列规定：

- 1 观测应采用不重复的路线，应横穿有代表性的地段，并应在重点地段采用追索的方法进行。
- 2 地质观测点的选择应具有代表性，对每个地质单元体均应

布有观测点。

3 地质观测点应充分利用天然或已有的人工露头进行观察、描述、素描与测试研究。当露头不足时,可根据具体情况布置少量勘探工作。

4 地质观测点在图上的距离宜控制在 2cm~5cm,并可根据地质条件,适当加密或放宽。

5 对一般性质的地质观测点,可选用目测法和半仪器法定位。对工程有特殊意义的地质观测点,宜用仪器法定位。

9.1.5 工程地质测绘与调查应符合下列规定:

1 应研究场地微地貌的形态与特征,并划分其单元。应分析微地貌的形成过程和相互关系及其与地层岩性、地质构造和不良地质作用的联系。在高烈度地震区,尚应分析场地对抗震的有利与不利影响。

2 应查明岩、土层的名称、地质时代、成因类型、性质、分层结构及其分布与变化规律。对岩层尚应查明其风化程度。对土层尚应查明其包含物,并应区分新近堆积土、特殊性土的分布及其工程地质条件。

3 应研究岩层的产状变化及构造类型,断裂与节理裂隙的发育、充填和胶结情况,以及岩、土的接触面与软弱夹层的特征,并应分析软弱结构面的组合关系。对于边坡地段,尚应判定其稳定性。

4 应调查场地及周围第四纪构造活动的形迹特点与地震活动的关系。

5 应查明场地井、泉的分布,地下水的类型、埋藏条件及含水层的岩性特征,地表水与地下水的补给与排泄条件,以及污染与腐蚀性情况。当附近有人工抽排地下水时,尚应分析判明对场地岩土体的稳定性影响。

6 应查明岩溶、土洞、滑坡、泥石流、冲沟、断裂、崩塌及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。

7 应搜集当地水文气象及土的冻结深度资料,调查场地植被的发育与水土流失的情况;当场地处于砂丘地区时,尚应调查砂丘的稳定性、当地治砂固砂经验。当场地邻近江、河、湖、海时,尚应调查最高洪水位及其淹没的范围,对岸边岩土体的冲刷、淘蚀、滩涂淤积及岸边的稳定性与再造等情况。

8 应调查工程活动对场地岩土体和边坡的稳定性影响,以及场地有无压矿采矿及人文遗址,当地建筑物的变形破坏和岩土工程的治理与建筑经验。

9 当场地临近矿区时,应调查矿区塌陷影响边界范围。

9.1.6 工程地质测绘与调查的成果资料,可根据场地工程地质条件的复杂程度和工程的实际需要,选择提供综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图和包括实测的工程地质剖面图等图件,以及各种图件所附的素描图、彩色照片与文字说明。对工程地质条件复杂的重要工程应单独提供工程地质测绘与调查报告。

9.2 工程遥感

9.2.1 工程遥感应分析厂址区地形地貌特征、区域地质构造背景和环境地质特征等,并应评价厂址区域稳定性和环境地质条件。

9.2.2 遥感工作的范围应根据研究的目的及地质条件复杂程度确定。当进行厂址稳定性分析时,其工作范围应包括下列地区:

1 拟选的各厂址范围,包括厂外供排水系统及贮灰系统建(构)筑物地段;

2 厂址所处的地貌单元及其与周边不同地貌单元的交接部位;

3 对厂址稳定性有影响的活动性断裂构造及易发震的断裂构造特殊部位。

9.2.3 遥感图像资料比例尺的选择宜符合下列规定:

1 航片比例尺宜为 1:2000~1:20000;

2 卫片比例尺宜为 1:5000~1:50000。

9.2.4 工程遥感应以航片和卫片对比分析,进行多片种解译,应解译下列内容:

- 1 划分不同地貌单元、类型、形态特征、成因、组合关系。
- 2 建立岩性解译标志,划分不同地层、成因类型及岩性组成。
- 3 解译区域构造格架的展布、切割关系及活动特征。判定断裂构造的性质、破碎带范围、延伸方向、位置及相互交接关系。节理密集带的分布位置、发育宽度和发育方向。
- 4 解译新、老滑坡、崩塌、泥石流的分布位置、形态、发育规律及发展趋势,推断岩溶发育范围、规模及分布规律。
- 5 解译分析地下水埋藏条件、地下水溢出带以及补给径流、排泄条件。

9.2.5 遥感图像解译应选择适宜的遥感时相数据和合理的图像合成方案,并应与工程地质调查、测绘、勘探、测试及工程物探等勘察手段密切配合进行,获得多元信息。

9.2.6 遥感图像解译资料应进行野外实地检验,检验宜包括下列内容:

- 1 检验解译标志;
- 2 检验解译成果;
- 3 检验外推成果;
- 4 获取野外新资料,充实室内解译内容。

9.2.7 遥感解译成果宜包括下列内容:

- 1 遥感解译报告应包括遥感时相数据的选择、合成方案的确定与效果及获得的解译成果等;
- 2 地形地貌解译特征图;
- 3 地质构造解译成果图;
- 4 岩土分布特征图。

9.3 工程物探

9.3.1 工程物探应根据任务要求及场地岩土的物理特性按本规

范附录 B 选择物探方法,对选用的方法应分析其适用性和有效性。

9.3.2 物探工作应与地质调查、岩土工程勘察及试验等紧密结合,其成果应选择代表性地段采用其他勘探手段进行验证。

9.3.3 采用工程物探手段应具备下列条件:

- 1 被探测对象与周围介质之间应存在明显、足够的物理性质差异性;
- 2 被探测对象应有一定的规模,且应在可探测范围之内;
- 3 应能够排除干扰,区分有用和干扰信号。

9.3.4 工程物探可用于下列勘察:

- 1 划分第四系地层;
- 2 探测基岩面埋藏深度,划分基岩的风化程度与厚度;
- 3 探测隐伏断裂构造及破碎带的位置、宽度和产状,追索断层;
- 4 探测被掩埋的古河床(道)及冲砂扇、洪积扇的埋深和分布范围;
- 5 探测隐伏岩溶、土洞、地下洞室、古墓和废弃地下工程、管线的分布情况;
- 6 探测滑坡体滑动面、软弱夹层的位置;
- 7 探测冻土的分布特征;
- 8 测定岩土的物理力学参数及动力特性参数;
- 9 探测地下水的分布和埋藏情况,测定地下水水位及渗漏带,划分咸、淡水界面,确定水文地质参数;
- 10 进行岩土体地基和基础的质量检测。

9.4 钻 探

9.4.1 钻探工作布置应有明确的目的和具体技术要求,钻探口径和钻具规格应符合现行行业标准《电力工程钻探技术规程》DL/T 5096 的有关规定,成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

9.4.2 钻机实际就位误差不应超过 20cm,确因现场条件受阻需要移位时,应及时测记偏移距离、方位和高差。

9.4.3 钻探取样、孔内原位测试、水样采取与专门试验应符合现行行业标准《电力工程钻探技术规程》DL/T 5096 的有关规定。

9.4.4 钻孔内遇地下水时,应立即测量并记录初见水位;场地内部分钻孔完孔或全部钻孔完孔后应集中时间统一量测各孔的稳定水位。

9.4.5 钻孔记录和编录应符合下列规定:

1 现场记录应由经过专业训练的人员承担,记录应真实、准确、及时;

2 岩芯应及时自钻具取出,按上下顺序就近依次整齐摆放,并做好回次标记;

3 岩芯应及时鉴别描述,需要统一编录时,应视情况采取防雨、防晒、防冻、防混染、防错乱的措施;

4 应按要求进行岩芯素描、拍照或将岩芯装箱保存。

9.5 井探与槽探

9.5.1 井探与槽探开挖设计宜符合下列规定:

1 探井开挖形状可按当地经验确定。缺乏经验时,可采用 0.8m~1.0m 直径的圆形;土层结构性较好时,也可采用 0.8m×1.0m 的矩形,竖向开挖应保持垂直。

2 探槽开挖可一坡到底,也可分级开挖,底宽不宜小于 0.6m,坡面可有适当的坡度。

9.5.2 井探与槽探开挖作业应有安全措施,并应符合下列规定:

1 井探与槽探开挖宜连续、尽快完成;井壁与槽壁如因土质、结构等原因存在坍塌危险时,应采取有效支护措施。

2 如需在水位以下或高饱和土层中开挖时,应有专门作业措施。

3 开挖过程遇有巨砾需要爆破、撬动时,应按爆破工程的有

关规定执行并保持土质结构。

4 探井过深应视需要采取送风措施；在腐殖土以及不利环境中作业，应预防有害、有毒气体的引发凝聚。

9.5.3 井探与槽探地面管理应符合下列规定：

1 挖出的弃土应堆放在井口边沿 1.5m 以外、槽口边沿 2.5m 以外；

2 在开挖堆土点外围应设置安全围护设施，并有安全警示标识；

3 雨期开挖时在井槽四周应有防洪措施；

4 井槽内技术工作时间间隔较长或出现异常情况时，应先行做有害气体探测。

9.5.4 应在安全防护条件下及时下井对槽内进行地质描述、编录和其他技术工作；采取原状样时，应做好上下位置标识。

9.5.5 井探与槽探技术工作完成后应及时回填。

9.6 取样与试样分级

9.6.1 土试样质量等级划分及试验项目可按表 9.6.1 确定。

表 9.6.1 土试样质量等级划分及试验项目

质量等级	扰动程度	试 验 项 目
I	不扰动	土类定名，含水率、密度、强度试验、固结试验等
II	轻微扰动	土类定名，含水率、密度
III	显著扰动	土类定名，含水率
IV	完全扰动	土类定名

注：1 不扰动是指虽然原位应力状态已改变，但土的结构、密度、含水量变化很小，能满足各项室内试验要求；

2 因无法取得 I 级而必须使用 II 级土试样进行强度、固结试验时，应结合地区经验慎重使用试验结果。

9.6.2 岩石试样可采用钻孔岩芯制作或在探井、探槽、竖井和平洞中刻取。取样中不应有人为裂隙出现。同一地质单元体取样不

应少于 3 组。每组件数应根据试验项目和所求受力方向与含水状态而定,每种情况下单轴抗压强度试验、抗剪强度试验不应少于 3 件。圆柱形岩石尺寸不应小于 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$,立方体试件尺寸不应小于 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

9.6.3 对不同质量等级土试样的取样工具、方法及取土器技术规格的要求应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 有关规定执行。

9.6.4 钻孔取土时,应按不同土质条件分别采用击入或压入法。击入法宜重锤少击,压入法宜快速压入。

9.6.5 当在钻孔中采取 I、II 级土试样时,操作应符合下列规定:

1 在饱和软黏性土、粉土、砂土中宜采用泥浆护壁。当使用套管时,应保持孔内水位等于或稍高于地下水位,取样位置应低于套管底 3 倍孔径的距离。

2 采用冲击、振动等方式钻进时,应在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进。

3 下放取土器前应仔细清孔,清除扰动土。孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度(活塞取土器除外)。

4 操作方法应按现行行业标准《建筑工程地质勘探技术与规程》JGJ/T 87 的有关规定执行。

9.6.6 采取水试样应符合本规范第 8 章的要求。

9.6.7 采取的 I、II、III 级土试样应立即妥善密封,保证包装质量,防晒、防振、防冻,防止湿度变化,在运输中应避免振动,保存时间不宜超过三周。对易于振动液化和水分易离析的土试样宜就近进行试验。

9.7 原位测试

9.7.1 选择原位测试项目和方法应根据勘察目的、岩土特性、工程要求、地区经验和测试方法的适用性等条件,并应按表 9.7.1 原位测试应用范围采用。

表 9.7.1 原位测试应用范围

测试方法		适用岩土层条件	测试目的及应用范围
平板载荷试验		各类土层、软质岩石及强风化岩石	确定地基承载力,计算均匀地基土的变形模量,测定湿陷性土的湿陷起始压力等
螺旋板载荷试验		砂、粉土、黏性土	评价地基土的承载力,计算地基土的变形模量
静力触探试验		黏性土、粉土及砂土	划分土层、判别土层类别、查明土层均匀性及砂土密度,评价地基土承载力及压缩模量,选择桩基持力层、预估沉桩的可能性和单桩承载力,检验填土质量和地基处理效果,判别饱和砂土、粉土地震液化的可能性
动力触探试验	轻型	一般黏性土、粉土及其组成的素填土	查明土的均匀程度,确定地基承载力
	重型	中、粗、砾砂及碎石土	进行力学分层,确定地基土的承载力及碎石土的压缩模量参考值,确定桩基持力层,预估沉桩的可能性和单桩承载力等
	超重型	碎石土、填土	评价地基承载力,预估单桩承载力,评价碎石桩体的桩身质量
标准贯入试验		黏性土、粉土及砂土	判别砂土密实度,评价饱和砂土、粉土的地震液化;确定地基承载力和压缩模量;预估沉桩的可能性和单桩承载力等
轻型可变能量动力触探试验		黏性土、粉土、砂土、填土、压实填土、粉煤灰	地基土层划分,确定地基土的承载力、强度参数,回填土的密实度检测等
十字板剪切试验		软土	测定不排水条件下的抗剪强度和土体破坏后的残余强度,确定土的灵敏度等
旁压试验		黏性土、粉土、砂土及软质岩石	确定地基承载力和旁压模量等指标,检测地基处理效果等

续表 9.7.1

测试方法	适用岩土层条件	测试目的及应用范围
扁铲侧胀试验	黏性土、粉土、砂土	根据实测土性(材料)指数 I_D 划分土类, 计算土的静止侧压力系数 K_0 、压缩模量 $E_{s0.1\sim 0.2}$ 、不排水抗剪强度 C_u 和水平向基床反力系数 K_h 等, 评价砂土地震液化和估算天然地基承载力等
波速试验	各类地层	测定岩石的剪切波和压缩波波速, 用于地震反应分析和动力计算, 与其他方法配合预测饱和砂土和粉土的地震液化, 检验地基处理效果等

9.7.2 原位测试操作方法和要求应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

9.7.3 满足专门评价需要或某些特殊勘察目的时, 尚可采用其他原位测试方法。

9.7.4 原位测试应符合下列规定:

- 1 测试点与测试部位的选定应具有代表性;
- 2 原位测试的主要仪器设备规格、技术参数及质量要求应符合国家现行相关标准的规定, 仪器设备应定期检验和标定;
- 3 在钻孔内进行原位测试时应确保成孔质量。

9.7.5 当利用静力触探、动力触探进行力学分层时应符合下列规定:

- 1 当利用比贯入阻力、锥尖阻力、侧阻力、摩阻比曲线进行地质分层时, 同一层应具有相同的曲线类型和接近的力学指标, 最大平均阻力值不宜大于最小平均阻力值的 2 倍;
- 2 当进行单孔触探指标分层统计时, 应排除上覆和下卧土层由于“超前”和“滞后”反映出的厚度偏差;
- 3 在含有包含物的地层进行触探时, 在统计时应剔除由于曲线失真出现的异常点(线)。

9.7.6 采用轻型可变能量动力触探试验进行浅部地基土勘察和回填土质量检测时,应与静力触探、标准贯入试验等其他原位测试方法配合使用。

9.7.7 原位测试记录应清晰、真实、完整。根据原位测试成果,利用地区性经验估算岩土工程特性参数和对岩土工程问题作出评价时,应与室内试验和工程反算参数做对比,检验其可靠性。

10 室内试验

10.1 一般规定

10.1.1 室内试验应根据发电厂各类建筑物的设计要求确定试验项目和方法。

10.1.2 试验项目应包括物理试验和力学试验。

10.1.3 试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定。

10.1.4 试验仪器应按规定的周期进行检定和校准,确保符合精度要求。

10.1.5 应对岩土试样的性状和质量进行简要描述,制备试样时应选取有代表性的试样。

10.1.6 力学参数的试验项目应采用Ⅰ级试样。

10.1.7 室内试验应提供试验数据和试验曲线图。

10.1.8 特殊试验项目应编制试验方案,内容应包括工程概况、试样采集和制备、试验条件和要求等。

10.2 土的物理性质试验

10.2.1 各类建筑物地基均应提供土的分类定名和物理性指标,物理性指标应包括密度、含水率、比重、颗粒组成、液限、塑限、有机质、可溶盐等。

10.2.2 有经验地区,土的比重可根据经验确定。对含有可溶盐、亲水性矿物和有机质含量大于5%的土应实测土的比重。

10.2.3 根据发电厂工程设计需要,可对砂性土进行相对密度试验。

10.3 土的力学试验

10.3.1 提供地基变形计算指标时,固结试验应符合下列规定:

1 对仅提供压缩模量和压缩系数的发电厂辅助及附属建(构)筑物地基、砂性土和非饱和土地基可采用快速法固结试验,试验所施加的最大压力应超过土的自重应力与附加应力之和,对饱和黏性土固结压力大于 400kPa 时,可采用慢速法或次固结增量法。

2 发电厂地基基础设计等级为甲级所对应的建(构)筑物地基,考虑应力历史对黏性土的固结沉降计算和进行沉降历时关系分析时,应采用标准固结试验。测定土的先期固结压力时,初始段的荷重率应小于 1,试验所施加的最大压力应满足绘制的 $e-\lg p$ 曲线下段出现直线段。评价超固结土的再压缩特性时,应进行压缩—回弹—再压缩固结试验。

3 固结系数和次固结系数的测定应采用标准固结试验,在土的自重应力至自重应力与附加应力之和范围内测定。

4 基坑工程设计要求土的回弹特性时,应测定土的回弹模量,回弹试验应采用标准固结试验,回弹应在试验荷重大于自重应力后卸荷。超固结土,试验荷重应在大于先期固结压力后卸荷。

10.3.2 抗剪强度试验应符合下列规定:

1 发电厂地基基础设计等级为甲级所对应的建(构)筑物地基宜采用三轴压缩试验,固结和排水条件应根据发电厂岩土、施工和荷载实际情况确定;

2 对饱和黏性土或加荷速率较快、排水条件差、裂隙发育的土、工程桩穿越的主要土层及桩端持力层内宜采用不固结不排水试验(UU);

3 排水条件好、加荷速率较慢、固结程度较高的地基土及需要验算水位下降速度的基坑工程等,宜采用固结不排水剪试验

(CU);

4 当需要验算坝体稳定性或基坑工程水土分算等工程设计需要提供有效抗剪强度指标的时,应采用固结不排水剪测孔隙水压力试验(CU);

5 对加荷速率缓慢,要求在稳态渗流条件下进行稳定分析的土(灰)坝等大型建筑,可采用固结排水剪试验(CD);

6 三轴压缩试验应制备 4 个结构性质相同的试样,在不同的周围压力下进行剪切,周围压力大小宜根据发电厂工程实际荷重确定,提供的强度包线应切到 3 个以上破损应力圆;

7 固结不排水剪试验,试样的起始饱和度应达到 95%以上,孔隙水压力消散应达到 95%以上;

8 当土样无法制备 4 个试样或灵敏度较低的土时,宜采取一个试样多级加荷的三轴压缩试验;

9 当需要非线性弹性、弹塑性等模型进行应力应变分析时,应制订特殊试验方案;

10 泥化夹层地基、裂隙硬黏土土坡的长期稳定、滑坡带等剪切破裂面的抗剪强度,应进行反复直剪强度试验;

11 无侧限抗压强度试验适用于饱和黏性土,宜采用 I 级试样;

12 当基坑开挖等工程设计有特殊要求时,应进行静止侧压力系数试验;

13 砂性土宜用常水头渗透试验测定渗透系数,粉质黏土和粉土应采用变水头渗透试验测定渗透系数;

14 土方回填或填筑工程应采取有代表性土样进行击实试验,测定最优含水率和最大干密度。

10.4 土的动力性质试验

10.4.1 当发电厂工程设计要求测定土的动力性质时,可选用动三轴、动单剪、动扭剪或共振柱试验。在选择试验方法时应考虑其

动应变的适用范围及地基土的性质。

10.4.2 动三轴、动单剪或动扭剪试验可测定土的动模量和阻尼比等动力特性指标,测定应变幅为 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 。

10.4.3 共振柱试验可测定小应变时的动模量和阻尼比,测定应变幅为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 。

10.5 岩石试验

10.5.1 岩石矿物成分分析和物理性质试验可根据工程需要和岩石特性选择下列项目进行:

- 1 岩矿鉴定;
- 2 可溶盐试验;
- 3 颗粒密度和块体密度试验;
- 4 吸水率和饱和吸水率试验;
- 5 耐崩解性试验;
- 6 膨胀性试验。

10.5.2 单轴抗压强度试验应根据需要选择天然含水状态、烘干状态、饱和状态或其他含水状态下的强度试验,并应提供极限抗压强度、软化系数、岩石的弹性模量和泊松比等参数。层状岩石应分别测定平行和垂直层理面的强度。岩石的强度和模量也可采用点荷载试验和声波速度试验间接确定。

10.5.3 岩石三轴压缩试验应提供下列试验成果:

- 1 不同围压下的主应力差与轴向应变关系;
- 2 抗剪强度包络线及强度参数 c 、 φ 值。

10.5.4 岩石直接剪切试验可测定沿节理面、滑动面、断层面或岩层面等不连续面上的抗剪强度。试验应在 4 种不同的法向应力下进行,并应提供 c 、 φ 值和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

10.5.5 岩石抗拉强度试验可在试件直径方向施加一对线性荷载,使试件沿直径方向破坏,间接测定岩石的抗拉强度。

10.6 水和土的腐蚀性试验

10.6.1 腐蚀性测试项目应符合下列规定：

1 水对混凝土结构腐蚀性测试项目应包括 pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、侵蚀性 CO_2 、游离 CO_2 ，水质受严重污染时还应测试 NH_4^+ 、 OH^- 和总矿化度；

2 土对混凝土结构的腐蚀性测试项目应包括 pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的易容盐分析(土水比 1:5)；

3 水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性测试项目应为 Cl^- ；

4 水对钢结构的腐蚀性测试项目应包括 pH 值、 Cl^- 、 SO_4^{2-} ；

5 土对钢结构的腐蚀性测试项目应包括 pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失。

10.6.2 腐蚀性测试试验方法应符合表 10.6.2 的规定。

表 10.6.2 腐蚀性测试试验方法

序号	试 验 项 目	试 验 方 法
1	pH 值	电位法或锥形玻璃电极法
2	Ca^{2+}	EDTA 容量法
3	Mg^{2+}	EDTA 容量法
4	Cl	摩尔法
5	SO_4^{2-}	EDTA 容量法或质量法
6	HCO_3^-	酸滴定法
7	CO_3^{2-}	酸滴定法
8	侵蚀性 CO_2	盖耶尔法
9	游离 CO_2	碱滴定法
10	NH_4^+	钠氏试剂比色法
11	OH	酸滴定法

续表 10.6.2

序号	试 验 项 目	试 验 方 法
12	总矿化度	计算法
13	氧化还原电位	铂电极法
14	极化电流密度	原位极化法
15	电阻率	四极法
16	质量损失	管罐法

10.7 粉煤灰试验

10.7.1 粉煤灰应根据工程需要采取有代表性的灰样。

10.7.2 粉煤灰试验可根据工程实际需要选择含水率、密度、比重、颗粒分析、相对密度、击实试验、渗透试验、固结试验、三轴压缩试验等试验项目。

10.7.3 成分分析可采用常量法、半微量法、容量法和原子吸收法等。

10.8 试 验 成 果

10.8.1 需提供试验报告时，试验报告的内容应包括试验方案简要说明、试验方法和试验数据统计分析及评价。

11 原体试验

11.1 一般规定

11.1.1 当发电厂的地基基础设计等级为甲级和乙级所对应的建(构)筑物需要采用人工地基或桩基时,应进行原体试验;当有成熟经验时,可简化原体试验项目或结合岩土工程施工进行。

11.1.2 原体试验应包括下列内容:

- 1 原体试验设计;
- 2 原体试验施工;
- 3 原体试验测试;
- 4 原体试验成果报告编制。

11.1.3 原体试验宜在初步设计阶段进行,并应满足开展设计工作的需要。

11.1.4 原体试验应选择有代表性的场地进行,试验前应取得下列资料:

- 1 建筑场地的岩土工程勘察资料;
- 2 建筑物的结构、荷载等设计资料;
- 3 建筑物总平面布置图;
- 4 当地建筑经验、技术标准及相关文件。

11.1.5 原体试验前应编制原体试验大纲。

11.1.6 原体试验前应对试验区场地进行岩土工程勘察。

11.2 桩基原体试验设计

11.2.1 桩基原体试验设计应包括下列内容:

- 1 确定试验桩型、桩径、桩长;
- 2 预估单桩竖向极限承载力;

- 3 确定试桩数量,进行桩位布置;
- 4 进行桩身设计;
- 5 根据测试项目,进行反力装置设计;
- 6 确定施工机具及施工参数;
- 7 确定测试项目与测试仪器设备。

11.2.2 试验桩应按不同条件进行分组,且每组试验桩数量不应少于 3 根。

11.2.3 预估单桩竖向极限承载力应根据试验场地岩土工程特性按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定计算确定,亦可采用工程类比法。

11.2.4 预估单桩竖向极限承载力所采用的桩的极限侧阻力和极限端阻力,可根据岩土物性指标或原位试验指标确定,或采用当地经验值。

11.2.5 进行桩位设计时,宜将几组试桩集中布置。试验桩的中心距不宜小于桩身直径的 3.5 倍,扩底(支盘)灌注桩的中心距不宜小于桩身直径的 1.5 倍,当扩底(支盘)直径大于 2m 时,最小中心净距不宜小于桩端扩大头直径 D 加 1m。采用锚桩时,锚桩与试桩间距宜为 3 倍~5 倍锚桩直径,并不应小于 2m。

11.2.6 进行桩身设计时应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

11.2.7 锚桩数量应满足试验对反力的要求。

11.2.8 锚桩应按抗拔桩进行设计,主筋应通长配置,其极限上拔抗力可按桩周极限摩阻力乘以系数 0.7 确定,有关桩身的构造可按试验桩要求进行设计。

11.2.9 当采用堆重平台载荷装置时,应验算基坑和地面的稳定性。

11.2.10 原体试验设计应对有关施工机具及施工质量标准提出具体要求。

11.3 人工地基原体试验设计

11.3.1 复合地基原体试验设计应符合下列规定：

- 1 应确定复合地基达到的承载力和变形等要求；
- 2 应进行复合地基桩型、桩长、桩径、桩点间距设计；
- 3 应提出复合地基桩身材料及质量要求；
- 4 应明确施工机具、施工参数及施工具体要求；
- 5 应确定测试项目与仪器设备。

11.3.2 强夯地基原体试验设计应符合下列规定：

- 1 应确定加固深度，选择相适应的夯击能；
- 2 应设计夯点布置图形与间距；
- 3 应设计夯击工艺、夯锤参数、单点夯击数、夯击遍数、夯间间歇时间、夯点停锤标准；
- 4 应确定强夯原体试验检测标准；
- 5 应确定监测手段和设施；
- 6 应确定相应的辅助措施。

11.3.3 堆载预压加固地基原体试验设计应包括下列内容：

- 1 明确设计要求和堆载预压加固的预期目的；
- 2 根据地基土的强度增长率计算单位面积的最大堆载重量和堆载范围；
- 3 计算在最大堆载荷重作用下地基土的固结变形量；
- 4 计算在堆载荷重作用下地基土的固结历时；
- 5 根据施工工期和加固深度的要求，设计竖向排水体的间距、深度、布置方式、直径和分布范围；
- 6 确定排水盲沟平面布置、深度、宽度，充填料和砂垫层的厚度、砂料；
- 7 根据地基土的极限承载力确定第一级加载的重量和分级加荷条件；
- 8 根据地基土的强度增长率，计算第一级荷载作用下的地基

土的强度增长值；

9 根据地基土的固结系数,计算第一级荷载作用下地基土固结度达 80%的时间；

10 逐级加载直至最终堆载重量和堆载预压工期；

11 计算堆载预压加固深度内的剩余沉降量,以及加固深度以下建(构)筑物附加荷载长期作用下的地基土变形量。

11.3.4 真空预压地基原体试验设计除应包含堆载预压地基原体试验设计的全部条款外,尚应包括下列内容：

- 1 确定预压总面积和分块预压面积；
- 2 确定要求达到的膜下真空度和土层平均固结度；
- 3 进行真空预压工艺设计。

11.3.5 建筑物自重预压地基原体试验设计可按本规范第11.3.3条的规定执行。

11.3.6 降低地下水位预压地基原体试验设计应包括下列内容：

- 1 确定降低地下水位的方法；
- 2 确定水位降深；
- 3 根据工期计算保持要求降深所需的排水量；
- 4 确定井点管间距、长度和数量；
- 5 确定抽水机械的型号和台数。

11.3.7 垫层地基原体试验设计应包括下列内容：

- 1 确定垫层厚度；
- 2 提出垫层材料质量要求及混合材料配合比；
- 3 确定垫层地基应达到的要求；
- 4 提出垫层施工机具和质量要求。

11.4 原体试验施工

11.4.1 原体试验施工前应编写施工组织设计。

11.4.2 原体试验施工应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

11.4.3 原体试验施工用的主要机具应性能稳定、完好,主要施工参数应明确显示。

11.4.4 施工用主要原材料应有材质证明,原材料进场后应对其进行抽检复查。

11.4.5 原体试验施工应进行全过程质量控制。

11.4.6 施工结束后,应提交施工竣工报告。

11.5 原体试验测试

11.5.1 原体试验测试工作应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

11.5.2 桩基原体试验测试项目应根据工程要求和场地地质条件确定,且宜采用综合方法。条件适宜时,应进行桩身应力应变和桩端位移的测试。

11.5.3 软土地区的挤土桩原体试验应对打桩时桩周土体的地面变形、深层沉降和孔隙水压力以及打桩对周围环境的影响进行观测和测试。

11.5.4 确定单桩和人工地基承载力的静载荷试验应至破坏状况,相应的荷载或反力贮备可按估算的单桩竖向极限承载力的1.5倍~2.5倍,也可根据同类工程经验确定。

11.5.5 人工地基的测试工作宜包括钻探、坑探、载荷试验、静力触探、十字板剪切试验、标准贯入试验、波速测试、室内试验等内容。

11.5.6 测试工作结束后应编制测试专题报告。

11.6 原体试验成果编制

11.6.1 原体试验报告应对所试验的桩型或人工地基与试验场地的适宜性作出评价,对桩基和人工地基的实际效果作出明确说明。

11.6.2 原体试验应提供所试验的桩基和人工地基的承载力,确定施工工艺,并应采用经优化后用于工程的桩型、桩径、桩长和人

工地基方案及设计、施工参数。

11.6.3 应分析、预测大面积施工后可能带来的其他岩土工程问题,并应提出必要的防范和解决措施。

11.6.4 应对主要施工机具的适宜性和影响施工质量的关键点提出建议。

11.6.5 原体试验报告应包括下列内容:

- 1 工程概况、所完成的各种工作量;
- 2 场地岩土工程条件;
- 3 原体试验内容、目的与要求;
- 4 原体试验设计;
- 5 施工概况、施工机具及性能、施工质量分析;
- 6 检测手段、工作量、结果及分析;
- 7 结论与建议;
- 8 必要的图、表和附件,包括施工和测试专题报告。

12 岩土工程分析评价

12.1 一般规定

12.1.1 岩土工程分析评价应包括下列内容：

- 1 厂址或场地稳定性和适宜性；
- 2 岩土体、地下水的工程条件、性质、指标、设计参数；
- 3 地基与基础方案的技术、经济分析与比较；
- 4 岩土工程施工与运行中，基坑开挖、施工降水、边坡支护、人工地基施工等问题分析；
- 5 环境地质问题。

12.1.2 岩土工程分析评价，各勘察阶段应符合下列规定：

- 1 初步可行性研究阶段，应对各厂址稳定性有关的区域地质、区域构造、地震活动、厂址附近断裂分布情况等作出基本分析评价；
- 2 可行性研究阶段，应对厂址或场地稳定性、厂址及周边不良地质现象、地基与基础形式及影响工程造价的重要问题作出分析评价；
- 3 初步设计阶段，应对可行性研究阶段存在的岩土工程问题做进一步研究，对岩土工程设计参数给出定值，做到技术经济更趋合理；
- 4 施工图设计阶段，应预测施工中可能遇到的岩土工程问题，并进行分析、提出解决方法。

12.1.3 岩土工程分析应符合下列规定：

- 1 在了解工程场地所处的区域地质背景条件下，应正确划分地质单元和层次，必要时，应根据岩、土的工程性质差异，在单元内和层次中进一步划分亚区和亚层；

2 确定岩土设计参数时,应分析岩土性质随时间、环境、施工影响改变的因素,并结合岩土参数的不确定性、岩土的非均一性提出有代表性的估值;

3 分析计算的结果宜与已有建筑经验进行对比,必要时,应利用原体试验、检测监测数据进行校正和调整。

12.1.4 岩土工程定性分析和定量分析应符合下列规定:

1 全新活动断裂、特殊地质条件和不良地质作用对厂址或场地稳定性、适宜性和危害程度可进行定性分析;

2 对岩土体变形量的预测、地基承载力的确定、其他各种临界状态的判定等内容宜进行定量分析。

3 岩土工程定量分析宜采用定值法,可辅以概率法。

12.1.5 岩土工程分析评价中的计算方法应符合下列规定:

1 对于评价地基承载力和边坡、支护结构、地基稳定性等问题,应按承载能力极限状态计算;

2 对于岩土体的变形、动力反应、透水性、涌水量等问题,应按正常使用极限状态进行计算。

12.1.6 可根据岩土工程实体试验或模型试验结果,采用反分析方法,反求岩土体的特征和有关参数,验证设计计算成果,查验工程效果。

12.2 岩土参数分析

12.2.1 岩土参数的选取应根据工程特点、岩土条件确定,对所选参数应分析评价其代表性、可靠性和适宜性。

12.2.2 岩土参数的分析评价应包括下列内容:

1 试验和取样分析方法、影响因素、取值及评价标准;

2 同一岩土单元内不同试验、测试方法所得结果的对比分析;

3 统计分析结果所使用试验数据的离散性分析;

4 原体试验结果、岩土工程经验数据的分析。

12.2.3 岩土参数的统计分析应符合下列规定：

- 1** 岩土物理力学指标的统计,可根据场地复杂程度的不同,按岩土单元、建筑地段逐层进行统计;
- 2** 岩土主要物理力学参数应提供平均值、标准差、变异系数、数据分布范围和数据的数量;
- 3** 应确定持力层的主要参数,并应分析沿深度和水平方向上的变异规律。

12.3 建筑物地基基础分析

12.3.1 在保证建筑物不造成破坏或不影响正常使用的前提下,应确定合理的地基形式,选择适宜的基础持力层,提供地基基础设计所需的岩土参数。

12.3.2 建筑物地基基础分析应符合下列规定：

- 1** 应按地基复杂程度、建筑物安全等级、结构类型、荷载大小区别对待。
- 2** 在确定建筑场地或建筑物地基岩土工程条件的基础上,应提出岩土体利用、整治和改造的建议。应先进行地基承载力计算,必要时应进行地基变形计算,分析采用天然地基的适宜性。不宜采用天然地基或天然地基方案不尽合理时,应选择适宜的人工地基或桩基。
- 3** 对于人工地基或桩基应根据岩土工程条件重点分析、论述各方案的技术性、经济性及施工工艺等情况。对两个或两个以上方案,应进行较为准确的技术和经济论证后推荐优选方案。
- 4** 当采用成熟经验或原体试验成果进行地基基础设计时,应根据各建筑地段和不同建筑物基础下的地层条件,分析存在的岩土工程差异,对设计参数提出意见和建议。

12.3.3 天然地基分析评价应符合下列规定：

- 1** 应分析评价建筑物基础埋深范围内持力层岩土的条件、性状,推荐适宜不同建筑物基础的天然地基持力层,并应对压缩层及

下卧层的岩土条件、性状作出评价。

2 应分析评价地基岩土的特殊性与均匀性。

3 应分析确定地基承载力、压缩模量、抗剪强度及重度等指标的特征值或标准值。

4 应分析建筑物沉降量和差异沉降量。必要时,分析沉降随荷载和时间的变化趋势。

5 应分析评价深基坑开挖边坡稳定性和对邻近建筑物的安全影响,提出采取的防护措施和有关设计参数。必要时,应对锚杆、护坡桩等支护方案进行论证。

6 当地下水位高于基础埋深时,应分析施工降水的可能性,提供降水设计需要的参数,并应对降水方案进行论证。

12.3.4 当建筑物地基属于下列情况之一时,宜判定为不均匀地基:

1 建筑物跨越两个或两个以上不同地质单元;

2 建筑物地基压缩层范围内,地层成因混杂,岩性不均匀;

3 建筑物基础压缩层范围内岩土的压缩性质有显著差异。

12.3.5 对不均匀地基应进行变形预测,应结合建筑物安全等级提出采取相应的结构和地基处理措施的建议。

12.3.6 各类建筑物地基岩土的承载力应根据地基基础设计等级,结合当地经验按下列规定确定:

1 地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物应以载荷试验结果为主,并应辅以理论公式计算、原位测试成果、地区及工程经验综合确定。

2 不需要做变形计算的地基基础设计等级为乙级所对应的建筑物,可根据室内试验、原位测试结果结合工程及地区经验确定;需要做变形计算的地基基础设计等级为乙级所对应的建筑物,宜根据载荷试验或其他有成熟经验的原位测试方法确定。

3 地基基础设计等级为丙级所对应的建筑物,应根据室内试验指标或邻近建筑物的经验确定。

12.3.7 发电厂建筑物地基变形应以沉降量、沉降差、倾斜、局部倾斜为控制指标。对于以框架和排架结构为主要形式的地基基础设计等级为甲级和部分乙级所对应的建筑物,应按沉降量和相邻柱基沉降差控制;烟囱、贮煤(灰)罐等应以沉降量和倾斜值控制;冷却塔应以倾斜值和相邻柱基沉降差控制。

12.3.8 桩基和人工地基分析评价应符合下列规定:

1 桩基和人工地基的选择应根据发电厂容量、建筑物因素、地层、地下水、施工可行性、经济性等,推荐安全可靠、经济合理的技术方案。

2 单桩和人工地基设计参数的选取应根据原体试验、原位测试或工程经验确定。

3 对桩型或地基处理方案进行优化论证时,推荐方案宜有成熟的工程经验做对比。

4 应确定桩基和人工地基施工图阶段的设计、施工参数的选取。

5 应分析预测桩基和地基处理施工可能带来的岩土工程问题,明确影响施工质量的关键点,对监理和检测工作提出建议。

13 工程勘察成品编制

13.1 一般规定

13.1.1 编制勘察成品所依据的原始资料应进行整理、检查、分析,经确认无误后方可使用。当引用前期勘察资料时,应鉴别其可用性和适宜性,并在引用过程中说明其来源。

13.1.2 岩土物理力学性质指标应分层统计,并应符合下列规定:

1 可行性研究阶段应按不同地貌单元或岩土工程分区进行统计;

2 初步设计阶段应按岩土工程分区进行统计;

3 施工图设计阶段应按不同建筑地段进行统计。

13.1.3 岩土工程分析评价的内容和重点应与勘察设计阶段的任务要求相适应。岩土工程计算应针对不同的岩土工程问题,按承载能力或正常使用极限状态进行;岩土工程分析评价应符合本规范第 12 章的规定。

13.1.4 岩土参数统计、勘察成品编制所采用的符号、图件编绘等应符合现行行业标准《火力发电厂岩土工程勘测资料整编技术规定》DL/T 5093 的规定。

13.1.5 当工程需要时,可编制专题报告或专项报告。

13.2 勘察报告

13.2.1 发电厂岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写,可包括下列内容:

1 拟建工程概况;

2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准;

3 勘察方法和勘察工作布置;

- 4 地质构造与地震参数；
- 5 场地地形、地貌、地层、岩土性质及其均匀性；
- 6 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化；
- 7 各项岩土性质指标统计分析，岩土의强度参数、变形参数、地基承载力建议值；
- 8 地基基础形式分析；
- 9 土和水对建筑材料的腐蚀性评价；
- 10 不良地质作用、环境地质问题对工程的影响评价、治理建议；
- 11 场地稳定性和适宜性评价；
- 12 结论及建议。

13.2.2 各勘察阶段岩土工程勘察报告应符合下列规定：

1 初步可行性研究阶段勘察报告应阐明各拟选厂址的主要工程地质条件，对厂址稳定性、不良地质作用、环境地质问题等影响建厂的关键性问题应进行分析与论证，对厂址的稳定性和适宜性应作出基本评价，应初步论述拟采用的地基类型，提出厂址方案的比较意见和建议。

2 可行性研究阶段勘察报告应对厂址稳定性和适宜性作出最终评价，对不良地质作用和环境地质问题作出评价，对厂址的工程地质条件作出综合评价，对拟采用的地基处理方法或桩型提出论证意见，应通过对各厂址方案建厂条件的综合对比，推荐工程地质条件较好的厂址。

3 初步设计阶段勘察报告应对厂址工程地质条件进行全面的论述、分析与评价，应对总平面布置的优化提出建议，对主要建(构)筑物地基基础方案提出推荐意见。当为山区或复杂场地时，应综合地形地貌、地质构造、不良地质作用、岩土性质和水文地质条件等进行岩土工程分区评价。

4 施工图设计阶段勘察报告应按不同建筑地段分别作出岩土工程评价，对岩土利用、整治、改造的方案应进行分析论证并提出建议，应提出地基基础设计、不良地质作用治理等所需的岩土技

术参数,对工程施工和运行期间可能发生的岩土工程问题应进行预测并提出监控和预防措施的建议。

13.2.3 改(扩)建工程的岩土工程勘察报告应符合下列规定:

- 1 应确认改(扩)建场地前期勘察资料的可用性和适宜性;
- 2 前期资料不能满足要求时,应通过补充勘察或重新勘察获得原始资料。

13.2.4 应根据工程需要并接受专项委托,可编制专题报告或专项报告。

13.3 报告图、表

13.3.1 编制勘察报告附图、附表时应符合下列规定:

- 1 编制图、表前应对所使用的原始资料进行整理,复核其真实性、可靠性;
- 2 图纸比例尺的选用和装载量应能清晰反映所要表达的内容。

13.3.2 发电厂岩土工程勘察报告所附图、表应与各勘察阶段任务要求和工程实际情况相适应,可从下列图、表中选择确定:

- 1 区域地质构造及地震震中分布图、综合工程地质图、工程地质分区图、勘探点平面布置图、各种等值线图、等高线图和切面图等平面图件;
- 2 工程地质剖面图、地质柱状图、综合地层柱状图和探槽展示图等剖面图件;
- 3 静力触探试验综合图和标准贯入试验、动力触探试验、十字板剪切试验等原位测试图、表,以及岩土试验成果总表、水质分析成果表、土的腐蚀性分析成果表、压缩曲线、固结曲线、三轴压缩的摩尔圆与强度包线等原位测试及岩土水试验图、表;
- 4 载荷试验综合成果图、表等原体试验图、表;
- 5 勘探点一览表、岩土物理力学指标统计值表和岩土工程设计分析计算的图、表,以及与文字叙述相呼应的地质素描图、照片等。

14 现场检验

14.0.1 现场检验方法应以直观检验为主,必要时可采用钎探等简易勘察方法进行专项勘察。

14.0.2 天然地基的基坑应经现场检验后进行后续施工。

14.0.3 天然地基基坑检验应符合下列规定:

1 应了解建(构)筑物的施工位置、平面尺寸和基底标高是否符合设计要求;

2 应检查基底地层岩性和地下水情况是否与勘察资料相符;

3 应检查基底是否存在空洞、古墓、被掩埋的古河道、沟浜等不良地质现象。

14.0.4 现场检验应填写相应的检验记录,内容应包括施工揭露的地质条件、岩土体性状描述、开挖实际情况与勘察资料的差异、相应处理措施及建议。

14.0.5 现场检验工作全部完成后,可编写工程现场检验报告。工程现场检验报告应包括下列内容:

1 工程概况;

2 所检验的建(构)筑物基础设计简况;

3 上述建(构)筑物基坑开挖的实施情况;

4 现场检验方法与情况;

5 现场检验结果与勘察资料的差异及其原因分析;

6 相应处理措施与建议;

7 必要的图、表附件。

15 现场监测

15.1 一般规定

15.1.1 岩土工程施工过程和建(构)筑物施工及使用过程宜进行监测。

15.1.2 监测工作应根据岩土性状、场地条件以及建(构)筑物的重要性、运行条件等布置实施,并应符合下列规定:

1 对地基基础设计等级为甲级所对应的建(构)筑物应进行监测;

2 属于复杂场地,且采用天然地基的、地基基础设计等级为乙级所对应的建(构)筑物宜进行监测;

3 坝高不小于 30m 的灰坝体(基),以及后期子坝应进行监测;

4 大面积填土宜对地面进行长期监测;

5 对边坡、滑坡整治,深基坑支护及其开挖,洞室工程,可视需要进行监测。

15.1.3 监测应包括下列内容:

1 深基开挖基底回弹隆起及坑壁变形;

2 挤土桩打桩过程中的土体及邻桩的隆起与位移,加固地基过程中引起的孔隙水压力变化以及对邻近建(构)筑物的影响;

3 建(构)筑物施工及运行后的变形;

4 贮灰坝体(基)运行期间的稳定性;

5 地下水。

15.1.4 监测工作应在充分了解发电厂岩土工程勘察成果、设计方案和要求、施工组织设计及施工工艺的基础上拟定监测工作计划,并应采用适宜的手段、方法在确定的周期或时限内进行。

15.2 建(构)筑物沉降监测

15.2.1 建(构)筑物沉降监测应分析研究施工及运行过程中的沉降规律,以及在可能情况下预测沉降变化的趋势。

15.2.2 沉降监测应符合下列规定:

- 1 应了解有关建(构)筑物的设计条件、自然条件,包括岩土性状、气象条件、地下水和运行特点;
- 2 应确定基准点和沉降观测点的设计方案;
- 3 应对各阶段进行实际观测和计算;
- 4 整理、分析观测资料,应确定并提出观测结果建议。

15.2.3 沉降观测应采用精密水准或静力水准测量方法,其观测的仪器、方法、限差等应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 的规定。

15.2.4 沉降观测的基准点应布置在不受压力、振动等影响的稳定地段,并应保证其在整个观测周期内不产生变化;基准点和工作基点的数量在每一测区不应少于 3 个;当监测范围较大时,可适当增加其数量并使之构成水准网。

15.2.5 观测点的布设应符合下列规定:

- 1 建(构)筑物四角及沿墙周边每 8m~12m 应布置观测点;
- 2 锅炉、汽机、主变压器等重型设备基础四周宜布置观测点;
- 3 烟囱、冷却塔、煤(油)仓(罐)等圆形建(构)筑物应在基础对称轴上布设观测点,且数量不应少于 4 个;
- 4 建(构)筑物受相邻建筑以及受不均匀沉降影响地段(部位)宜布设观测点。

15.2.6 沉降观测时间间隔及次数应视沉降量及沉降速率而确定,观测应从建(构)筑物基础底板施工完开始,直至沉降稳定为止。

15.2.7 沉降观测资料应及时整理、计算、分析,验证观测计算数据,确定建(构)筑物沉降的程度及沉降速率和规律。同时,应提交

下列成果资料:

- 1 实际测量观测和计算成果图(表);
- 2 沉降观测点平面布置图(表);
- 3 沉降速度-时间-沉降量、荷载-时间-沉降量关系曲线图(表);
- 4 建(构)筑物等沉降量图(表);
- 5 沉降观测分析结果文字报告。

15.3 贮灰坝体(基)监测

15.3.1 贮灰坝体(基)监测工作应对其可能影响的坝体安全运行因素进行监测,并应符合下列规定:

1 应全面搜集贮灰坝的岩土工程勘察、试验、设计、施工资料,除灰运行及其他资料,并在此基础上进行监测项目或监测系统的方案设计;

2 根据监测方案设计应选择适宜的监测仪器设备,进行统一的调试率定,并应详细地确定埋设、布置工艺和流程;

3 监测项目或监测系统运行后应随时检查仪器设备运行情况,按监测方案实施监测数据的采集,并应及时对数据进行分析、整理。

15.3.2 根据发电厂贮灰场及灰坝的设计类型、运行特点,其监测宜包括下列内容:

1 渗流监测:包括浸润线、渗流压力及渗流量监测;

2 坝体(基)变形监测:包括坝体表面及内部的沉降、位移、倾斜监测;

3 应力应变监测:坝体及坝基岩土或粉煤灰应力分布及变形速率的监测;

4 其他监测:包括灰库水位、常规水文及气象要素、堆灰长度与厚度、除灰量及灰水比等方面的监测。

15.3.3 渗流监测应以灰坝体运行期间的渗流规律、在渗流作用

下坝体的稳定性、渗透破坏的可能性为重点。监测工作应符合下列规定：

1 浸润线、渗流压力及渗流量监测应采用布设测压管及观测孔进行监测；

2 测压管应布设在灰坝最大横断面或有代表性的剖面，且每一断面不应少于 3 孔；并可根据实际情况在坝肩、排水棱体及上、下游排渗设施上布设；

3 测压管及观测孔的孔径和深度设计应考虑灰坝土体及粉煤灰的沉积特性，应确保观测精度；

4 浸润线及水位观测时间，在灰场运行期间宜为每月 1 次～2 次。

15.3.4 坝体变形监测应观测坝体表面的水平、垂直方向位移、沉降，应包括初期坝、坝基和各级子坝的位移变形，并应符合下列规定：

1 坝体表面变形观测应采用精密几何水准测量方法进行，其精度控制应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897的有关规定；

2 观测线布设的加密应选取最大横断面，并应考虑坝体结构、地质条件等因素，且观测横断面不宜小于 3 条，纵断面不宜少于 4 条；

3 观测网中的基准点及观测点的布置要求可按本规范第 15.2.5 条的规定执行；

4 坝体表面观测时间在灰场运行期正常时宜为每年 2 次～4 次，但在坝体裂缝、裂隙跟踪监测时可加密进行。

15.3.5 坝体及坝基的应力与应变监测应观测灰场运行期间的孔隙水压力，并应符合下列规定：

1 孔隙水压力计和土压力计应选择最大断面或有代表性的断面布设，且不应少于 2 条，每条断面的点数可视条件布置；

2 当监测项目为综合内容时，孔隙水压力计和土压力计可与

渗流观测点、线布设在同一位置上；

3 在灰场运行期间其观测时间宜为每年 4 次~6 次。

15.4 地下水监测

15.4.1 当发生下列情况之一时,应进行地下水监测:

1 由于地下水位的升降,有可能改变岩土物理力学性质,并可能影响施工及建筑物的稳定性;

2 地下水水质存在严重污染,其范围、程度有可能对人员、建筑材料产生严重的侵蚀、腐蚀危害;

3 由于地下水压、孔隙水压力变化,对岩土工程施工产生严重影响,并导致变更设计;

4 因工程降水或大量开采地下水(源),可能导致地面沉陷、建(构)筑物失稳等情况。

15.4.2 地下水位的监测应符合下列规定:

1 应监测水位变化幅度及地下水与地表水的联系;

2 监测点观测方法可采用民井、钻孔、探井、地下水天然露头进行;

3 对于系统动态观测时间不应少于 1 个水文年,应每周观测一次,雨季应加密观测。

15.4.3 水质监测应了解水的物理、化学成分变化、污染源途径,以及对混凝土结构、金属构件的污染腐蚀程度。

附录 A 边坡允许坡度值

表 A 边坡允许坡度值

边坡 岩土 类别	风化程度	允许边坡值(高宽比)			
		坡高在 8m 以内	坡高在 8m~15m	坡高在 15m~30m	坡高在 30m~40m
硬质 岩石	未风化	0~1:0.10	1:0.10~ 1:0.20	1:0.20~ 1:0.30	1:0.30~ 1:0.45
	微风化	1:0.10~ 1:0.20	1:0.20~ 1:0.35	1:0.30~ 1:0.50	1:0.45~ 1:0.75
	中等风化	1:0.20~ 1:0.35	1:0.35~ 1:0.50	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00
	强风化	1:0.35~ 1:0.50	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00	1:1.00~ 1:1.50
	全风化	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00	(1:1.00~ 1:1.50)	—
软质 岩石	未风化	1:0.20~ 1:0.35	1:0.35~ 1:0.50	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00
	微风化	1:0.35~ 1:0.50	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00	1:1.00~ 1:1.50
	中等风化	1:0.50~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.00	1:1.00~ 1:1.50	(1:1.00~ 1:1.50)
	强风化	1:0.75~ 1:1.00	1:1.00~ 1:1.25	(1:1.25~ 1:1.75)	—
	全风化	1:1.00~ 1:1.50	(1:1.50~ 1:2.00)	—	—
碎石土	密实度	坡高在 5m 以内		坡高在 5m~10m	
	密实	1:0.35~1:0.50		1:0.50~1:0.75	
	中密	1:0.50~1:0.75		1:0.75~1:1.00	
	稍密	1:0.75~1:1.00		1:1.00~1:1.25	

续表 A

边坡 岩土 类别	风化程度	允许边坡值(高宽比)			
		坡高在 8m 以内	坡高在 8m~15m	坡高在 15m~30m	坡高在 30m~40m
黏性土 及粉土	状态	坡高在 5m 以内		坡高在 5m~10m	
	坚硬	1 : 0.75~1 : 1.00		1 : 1.00~1 : 1.25	
	硬塑	1 : 1.00~1 : 1.25		1 : 1.25~1 : 1.50	
黄土	地层及时代	坡高在 5m 以内	坡高在 5m~10m	坡高在 10m~15m	
	黄土状土(Q ₄)	1 : 0.50~1 : 0.75	1 : 0.75~1 : 1.00	1 : 1.00~1 : 1.25	
	马兰黄土(Q ₃)	1 : 0.30~1 : 0.50	1 : 0.50~1 : 0.75	1 : 0.75~1 : 1.00	
	离石黄土(Q ₂)	1 : 0.20~1 : 0.30	1 : 0.30~1 : 0.50	1 : 0.50~1 : 0.75	
	午城黄土(Q ₁)	1 : 0.10~1 : 0.20	1 : 0.20~1 : 0.30	1 : 0.30~1 : 0.50	

- 注:1 应考虑地区性的水文、气象等条件,结合具体情况使用,括号内为参考值,
“—”表示边坡高度加以限制;
- 2 本表不适用于岩层层面或主要节理面有顺坡向滑动可能的边坡,或有地下水活动地段的边坡;
- 3 本表不适用于新近堆积黄土(Q₄);
- 4 表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土、粉土,对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡坡度允许值均按自然休止角确定;
- 5 混合土可参照表中相近的土执行。

附录 B 物探方法的选用

表 B 物探方法的选用

方法	应用项目	岩土 层划分	基岩 面起伏	断裂 带	古河 道	岩溶 洞穴	滑坡 面软 弱夹层	地下 水	物理 力学 参数	地基 基础 检测
电法	电测深法	○	○	○	○	○	○	△		
	电剖面法	○	△	○		○		△		
	充电法					△		○		
	激发极化法			△	△			△		
电磁法	瞬变电磁法	○	○	○		○				
	甚低频电磁法			△		△				
	地质雷达	△	○	△	△	○	△	○		○
地震法	折射法	○	○	○			○			
	反射法	○	○	○			○			
	地震 CT 法				○	○				
	单孔波速法								○	
	跨孔波速法								○	
测井法	声波测井法	△		△	△		△		○	○
	电测井	○		△	△			○		
	钻孔电视	△		○		○				

注：○为主要方法，△为配合方法。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对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:

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:

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:

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:采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660
- 《国家一、二等水准测量规范》GB 12897
- 《火力发电厂岩土工程勘测资料整编技术规定》DL/T 5093
- 《电力工程钻探技术规程》DL/T 5096
- 《火力发电厂贮灰场岩土工程勘测技术规程》DL/T 5097
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《水运工程岩土勘察规范》JTS 133

中华人民共和国国家标准

火力发电厂岩土工程勘察规范

GB/T 51031 - 2014

条文说明

制 订 说 明

《火力发电厂岩土工程勘察规范》GB/T 51031—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 8 月 27 日以第 522 号公告批准发布。

本规范是在现行行业标准《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074—2006 的基础上,总结近年来火力发电厂岩土工程勘察实践经验和研究成果,为进一步规范在市场条件下的火力发电厂岩土工程勘察工作,对火力发电厂岩土工程勘察提出基本要求的国家标准。

本规范在制订过程中,编制组针对火力发电厂建设地域广阔、地形地貌多样化、工程地质条件复杂化的特点,进行了调查和专题研究,共形成了 5 个专题报告,具体内容如下:

1. 高边坡勘察专题报告;
2. 百万千瓦级机组岩土工程勘察专题报告;
3. 填方工程勘察专题报告;
4. 岩溶地质勘察专题报告;
5. 已有建筑物桩基础的评价和利用专题报告。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《火力发电厂岩土工程勘察规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(123)
2	术语和符号	(125)
2.1	术语	(125)
2.2	符号	(125)
3	基本规定	(126)
4	岩土工程勘察各阶段任务与要求	(129)
4.1	初步可行性研究阶段勘察	(129)
4.2	可行性研究阶段勘察	(131)
4.3	初步设计阶段勘察	(132)
4.4	施工图设计阶段勘察	(135)
5	各类建(构)筑物地段岩土工程勘察要求	(137)
5.1	主厂房地段	(137)
5.2	空冷平台地段	(137)
5.3	冷却塔地段	(138)
5.4	烟气脱硫地段	(138)
5.6	贮煤与输煤建(构)筑物地段	(139)
5.7	厂区变电地段	(140)
5.8	供排水建(构)筑物地段	(140)
5.9	贮灰场地段	(143)
6	专门岩土工程勘察	(145)
6.1	活动断裂	(145)
6.2	地震液化	(148)
6.3	岩溶	(150)
6.4	滑坡	(157)

6.5	边坡	(159)
6.6	深基坑工程	(167)
6.7	填方工程	(168)
6.8	桩基工程	(171)
6.9	地基处理	(196)
6.10	采空区	(198)
7	特殊性岩土	(200)
7.1	软土	(200)
7.2	湿陷性黄土	(204)
7.3	风化岩与残积土	(207)
7.4	粉煤灰	(208)
7.5	红黏土	(213)
7.6	膨胀岩土	(216)
7.7	盐渍土	(218)
8	地下水	(220)
8.1	勘察要求及方法	(220)
8.2	地下水作用的评价	(220)
9	勘察方法	(222)
9.1	工程地质测绘与调查	(222)
9.2	工程遥感	(224)
9.3	工程物探	(226)
9.4	钻探	(227)
9.5	井探与槽探	(227)
9.6	取样与试样分级	(228)
9.7	原位测试	(228)
10	室内试验	(231)
10.1	一般规定	(231)
10.2	土的物理性质试验	(231)
10.3	土的力学试验	(231)

10.4	土的动力性质试验	(233)
10.5	岩石试验	(233)
10.6	水和土的腐蚀性试验	(233)
10.7	粉煤灰试验	(233)
11	原体试验	(234)
11.1	一般规定	(234)
11.2	桩基原体试验设计	(235)
11.3	人工地基原体试验设计	(236)
11.4	原体试验施工	(236)
11.5	原体试验测试	(237)
11.6	原体试验成果编制	(238)
12	岩土工程分析评价	(239)
12.1	一般规定	(239)
12.3	建筑物地基基础分析	(239)
13	工程勘察成品编制	(241)
13.1	一般规定	(241)
13.2	勘察报告	(242)
13.3	报告图、表	(244)
14	现场检验	(246)
15	现场监测	(247)
15.1	一般规定	(247)
15.2	建(构)筑物沉降监测	(247)
15.3	贮灰坝体(基)监测	(248)
15.4	地下水监测	(249)

1 总 则

1.0.1 火力发电厂在国家发电工程建设中占有重要地位,大容量机组的发电厂也越来越普遍。然而随着土地资源减少的限制,工程地质条件较为理想的厂址或场地越来越少,很多厂址选择在跨越不同地貌、地质条件复杂的场地,因而带来了更多的地基处理、场地改造以及岩土体整治方面的岩土工程问题。原国家计划委员会 1986 年要求在全国勘察行业中推广岩土工程体制,经过多年的实践,岩土工程已逐渐向土建设计和施工延伸,并与其紧密衔接。在发电厂地基基础工程、岩土体整治、地质灾害与自然灾害预防、岩土工程监理等方面取得了积极的成果和广泛的经验,对保证工程质量、加快建设速度、发挥投资效益收到了显著效果。为了进一步统一发电厂岩土工程勘察的技术标准和要求,促进岩土工程勘察的进一步发展,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于单台机组容量 125MW 及以上火力发电厂(以下简称发电厂)岩土工程的勘察,其他机组容量的发电厂岩土工程勘察可参照本规范执行。

1.0.3 本条内容是针对发电厂建设特点提出的基本要求。其一,岩土工程勘察是岩土体利用和改造的基础,因而应坚持按基建程序办事。这是多年来经验教训的总结,否则将会导致事与愿违、欲速则不达的情况发生。其二,发电厂建设不同于一般民用建筑,发电厂除了自身工艺流程复杂外,还涉及许多外部条件,建设场地需经多个厂址方案比较确定。因此,设计方案需要分阶段进行,勘察也需与其相对应,故而又强调阶段性。其三,岩土工程勘察除赋有认识自然的职能外,还应赋有提出岩土体利用或改造方案之职责。即不仅要查清自然条件和岩土特性,还应结合工程需要,对各类建

(构)筑物地基基础类型、边坡或岸边防护、灰坝(库)渗漏稳定以及地质灾害的防治等提出经济合理的方案论证。同时以检验和监测的手段为施工和安全运行服务于工程的全过程。勘察工作应坚持调查研究、科学分析、因地制宜。初步可行性研究阶段勘察和可行性研究阶段勘察工作应突出场地的稳定性、建厂的适宜性、地质灾害的防治和地基基础方案比较等方面的要求。初步设计和施工图阶段勘察工作应突出岩土体利用与整治方案优化的原则,为设计提供可靠资料,为施工和运行服务。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 厂址包括了电厂建设的全部建(构)筑物场地。

2.2 符 号

本规范采用的符号与其他相关标准一致。

3 基本规定

3.0.1 发电厂岩土工程勘察应达到如下两项基本要求:其一,对厂址方案来说,应调查影响厂址方案能否成立的不良地质条件和人类活动因素,如活动断裂、岩溶与土洞、滑坡与泥石流、压矿与采空区等,评价其对厂址的影响程度和防治的可能性;其二,对发电厂各类建筑物来说,应查清岩土成因类型、层次分布、工程性状,针对不同建筑物的特征,分析评价如何更好地利用岩土性质及其处理方案,并提出设计、施工参数。

3.0.2 发电厂岩土工程勘察技术负责人应在全面了解工程设计意图、场地宏观地质背景及特点、工作环境条件的基础上,拟订针对性强、目的明确、内容全面、可供操作的勘察技术方案,以指导具体工作的进行,做到有的放矢,避免盲目性。

3.0.3 岩土工程勘察方法的选用应注重针对性和有效性,既要针对场地岩土的特性,又要针对岩土工程需要研究解决的实际问题,以有效的勘察方法取得可靠的成果。当岩土工程条件复杂时,为了保证研究结果的可靠性,尚需采用几种不同方法综合进行勘探和测试,从不同方面研究或互相验证同一结果。

工程地质测绘、工程遥感、工程钻探及工程物探是常用的几种岩土工程勘察方法。这些方法的特点是:根据地形、地貌及地质体的特征和特性,综合反映地层、岩性、构造及物理地质现象,为全面掌握厂址或场地宏观地质背景提供充分材料,为进一步的岩土工程勘察和岩土工程分析评价提供依据。因此,在工程地质条件复杂的岩土工程勘察时,或在可行性研究勘察时,应充分应用这些方法。

3.0.4 原体试验是岩土工程勘察的重要内容,应在充分掌握建筑

场地工程地质条件,初步选定岩土体利用或改造方案的基础上,通过原体试验,进一步取得或核实治理方案优化的技术经济和施工条件,试验条件应与工程相一致,试验区、段(点)位置的选定应能够代表建筑物地段的工程地质条件。

3.0.5 岩土工程分析的结果应体现在地基基础或岩土体利用与改造方案的评价上,而评价时应立足于工程地质条件,充分吸取当地建筑经验,并应综合考虑上部结构、材料供应及施工条件等因素,经不同方案比较,优选出最经济合理的方案,方案应考虑环境保护要求。

3.0.6 岩土工程勘察报告是勘察工作的最终成果,也是岩土工程的基础文件。由于发电厂岩土工程需要分阶段进行,各阶段侧重的的问题又有所不同,因而发电厂岩土工程勘察报告的编制原则应按不同阶段要求编制。

3.0.7 地基基础设计等级的划分按照现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 执行。本规范其他章节涉及地基基础设计等级内容的,均按此规定执行。

3.0.8 为了统一勘察场地复杂程度标准,按场地的地形地貌、地层结构、岩土性质均一程度、地质构造繁简、有无不良地质作用、地下水对地基基础的影响六项因素,将勘察场地划分为复杂、中等复杂、简单场地。

凡符合本条第 1 款中所述条件之一的,即为复杂场地;满足第 3 款中所有条件,才能定为简单场地。

3.0.9 本条规定是参考现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的勘察等级划分,并结合发电厂特点制订的。进行发电厂整体工程勘察,其地基基础设计等级即为甲级,其勘察等级为甲级。

3.0.11 本条明确了发电厂岩土工程勘察应分阶段进行,并且其阶段的划分应与设计阶段相适应的原则。发电厂的设计阶段分为四个阶段,因而勘察阶段也与其相对应,即初步可行性研究阶段勘

察、可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察和施工图设计阶段勘察。在发电厂勘察阶段中,尤以可行性研究阶段和初步设计阶段是岩土工程勘察的重点阶段,有关厂址的确定和岩土工程的主要问题,均应在这两阶段中基本解决。但这样的考虑并不意味着对其他勘察阶段的排斥或削弱。

3.0.12 当场地工程地质条件十分复杂时(如岩溶强烈发育),虽按规定要求进行了施工图设计勘察,但仍难满足设计和施工要求,或设计方案、施工工艺方法变动需进行施工岩土勘察时,应针对具体要求和问题开展施工勘察。

4 岩土工程勘察各阶段任务与要求

4.1 初步可行性研究阶段勘察

4.1.1 发电厂的初步可行性研究是对拟建工程项目在技术上、经济上是否可行进行初步分析,为下阶段开展可行性研究提供依据。

发电厂岩土工程勘察是初步可行性研究的一个重要内容,它的主要任务是从岩土工程角度出发,对各拟选厂址的稳定性和主要工程地质条件作出基本评价,推荐场地相对稳定、工程地质条件较好的厂址。“基本评价”的含义是:本阶段作出的主要结论在下阶段不能推翻,不应有原则性的出入,如本阶段从岩土工程条件提出“适宜建厂”的厂址,在下阶段不应成为“不适宜建厂”的厂址。

“初步可行性研究”简称为“初可”,“可行性研究”简称为“可研”,下同。

4.1.3 本条所列初可勘察的主要任务及所研究的问题均是可能影响厂址建设的工程地质问题,为避免对以后各阶段勘察工作产生误导,在初可阶段对这些问题应有定性的了解,防止出现原则性的错误和遗漏。因此在初可阶段,对重大的影响工程建设的地质问题一定要有正确的定性了解和认识,为后续各阶段工作提供可靠的资料。

4.1.4 现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 规定在地震烈度Ⅵ度时,对液化沉降敏感的乙级建筑物可按Ⅶ度要求进行液化判别和处理。发电厂总体属于对液化沉降敏感的乙级建筑物,所以本条规定了当50年超越概率10%的地震动峰值加速度等于或大于0.05g、地震基本烈度为Ⅵ度及以上时,初可勘察应对饱和砂土和粉土的地震液化问题作出初步评价的内容。

以上说明也同样适用发电厂可研、初步设计阶段勘察。

4.1.5 初可勘察一般时间较短,面广点多。它只要求取得各厂址的地震地质和主要工程地质条件的概略性对比资料,对影响厂址建设的工程地质问题不要求研究详尽深入,只作出基本评价,并提出下阶段应查清解决的问题。初可勘察的这些特点使得其工作方法以搜集资料、现场踏勘调查为主,只有当采用上述方法不能对一些影响厂址成立与否的重大工程地质问题作出定性结论时,才考虑进行适量勘探工作。

在下列情况下可考虑进行适量勘探工作:

(1)存在特殊性岩土,且分布较广、厚度较大,可能对工程建设造成较大影响,且缺乏必要资料,难以对将来工程建设进行治理的难易程度和费用作出初步评价和估算,或影响厂址的取舍时;

(2)厂址可能存在规模较大的隐伏不良地质作用,如岩溶、土洞等,这些现象可能影响工程场地的稳定性或对工程建设投资有较大影响,工程处理难度较大时;

(3)当场地存在可液化地层,现有资料和调查又难以对液化问题作出定性结论时;

(4)厂址区缺乏地层资料,经踏勘调查,对大致地层情况仍不清楚时。

在进行适量勘探工作时,应根据场地条件和所需解决的问题,采取不同方法,优先采用遥感、测绘、物探方法。初可勘察对地震动参数和地震基本烈度的确定,主要应依据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306。

4.1.6 本条对初可勘察评价的推荐厂址提出了主要考虑的四项条件,以使初可勘察能从岩土工程条件出发,推荐场地相对稳定、投资较少的厂址进入可行性研究,不致出现大的差错。

在评价和推荐厂址时,首先要考虑其稳定性问题,应分析各厂址是否存在可能颠覆厂址的地质问题。厂址应避开 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 $0.40g$,地震基本烈度 IX 度又非坚硬完整岩石地基,或虽为岩石地基但厂址附近有强烈活动或规模

较大的活动断裂(或发震断裂,下同)存在的地段;或 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 $0.10g \sim 0.30g$,地震基本烈度为Ⅶ度或Ⅷ度,但厂址存在活动断裂或属于地形地貌及地质条件方面对建筑抗震不利的地段;或岩溶、土洞、滑坡、崩塌及泥石流等不良地质作用发育的地段。采空区、人工洞穴密集地段以及厚度很大,难以处理的特殊岩土场地也宜避开。因为这些场地虽可治理,但往往花费巨大,处理耗时长;此外,对地下有可开采矿藏和预测存在有影响厂址稳定的其他环境地质问题的场地也应避开。

4.2 可行性研究阶段勘察

4.2.1 可研勘察是在初可勘察的基础上,对筛选出的厂址进一步开展勘察工作,为最终确定厂址,查明各厂址建厂条件方面的岩土工程问题,确保所推荐厂址不致隐藏颠覆性或重大地质问题,并在今后工作中不致得出相反的结论。

可研勘察要解决的主要问题,概括起来有两个:一是厂址稳定性问题,即对厂址稳定性有影响的断裂和不良地质作用作出最终评价;二是确定工程拟采用的地基类型——人工地基或天然地基,并对拟采用的人工地基或桩基方案进行经济技术方面的论证,考虑不同等级建(构)筑物要求,提出一至两种方案供工程选择采用。

此外,在可研勘察阶段还应研究总平面布置优化问题,提出相应建议。

4.2.3 本条规定了可研勘察的主要内容。

可研勘察应确定厂址的 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度及相应地震基本烈度,一般采用工程的《地震安全性评价报告》确定,小型工程也可依据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定。

4.2.4 建筑场地按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定划分有利、一般、不利、危险地段。

4.2.7 本条对勘探点布置作了原则规定,未对勘探点间距和数量

作出具体要求。其原因之一是很多厂址自然条件有很大差异,有从开阔的草原、沙漠到沟壑纵横的黄土高原的,有从开山填海的滨海到岩溶发育的山区的,等等,厂址的地质、地貌条件差异极大。原因之二是提供勘察的厂区范围变化也很大,有的小于 1km^2 ,有的则大于 5km^2 。原因之三是可研设计深度有逐渐加深的趋势。因此可研阶段不宜对勘探点间距和数量作出过于具体的规定,而是作出原则要求。在工程中,应根据本阶段勘察的总体要求,充分体现发电厂岩土工程勘察工作因地制宜的特点,合理制订工作方案,切实保证可研阶段岩土工程勘察质量。

为满足可研阶段对地基基础方案进行论证的要求,在制订勘察方案时,要兼顾总平面布置,在初步拟订的主厂房区应有控制钻孔和工程地质剖面。

4.2.8 可研阶段勘察应为可能采用的各种地基基础方案提供必要资料,应能满足地基基础论证所需要的地质资料要求。总体来说,勘探深度宜深不宜浅。

4.2.9 可研阶段应对取水建筑物和灰场开展勘察工作,主要任务是定性评价场地的稳定性问题,以及灰场可能产生的环境地质问题,特别是灰水渗漏影响。为确定建(构)筑物地基类型问题,需要在坝基和建筑范围内布置一定的勘探工作。

4.2.10 本条规定了可研阶段应对工程拟采用的人工地基或桩基进行方案论证。方案论证亦是对方案的优化,方案优化是岩土工程设计的核心,地基评价的引申。在进行方案论证时,应充分考虑方案的完整性和方案的经济性、技术性和实施条件。

4.3 初步设计阶段勘察

4.3.1 初步设计阶段要确定建(构)筑物地基基础形式、地基处理或桩基方案,以及建筑总平面布置方案。初步设计阶段勘察一方面要为这些方案的确定提供所需资料,另一方面要对建筑总平面布置提供优化建议,从岩土工程角度对地基处理或桩基方案予以

确定,对其他岩土治理工程方案进行比较并提出适宜的方案。

4.3.2 初步设计阶段应收集相关的设计资料,包括建(构)筑物地基基础类型、埋深,烟囱、冷却塔等的拟建高度,贮灰坝类型、最大坝高、筑坝材料及用量,主要建(构)筑物初步确定的单位荷载及总荷载,以及其他拟建建(构)筑物的相关资料等。

4.3.3 初步设计阶段勘察时地基基础类型已基本确定,即采用天然地基,或采用人工地基、桩基础等已有定论。本阶段对于天然地基要查明地层规律和特点及其指标,对人工地基和桩基要具体确定方案,包括不同等级建(构)筑物所采用的具体方案,要依据原体试验结果,结合具体建筑物特点与结构专业设计人员共同协商确定。本阶段勘察对于不良地质作用应进行详细的研究,并对整治方案进行比较论证,因为可行性研究阶段勘察侧重于不良地质作用对场地稳定性的影响,对其整治方案并不要求做较深的工作,当时厂址未定是原因之一,而在初步设计阶段勘察要求对其整治方案进行论证。

4.3.4 初步设计阶段勘察对于液化问题的研究评价,是厂址勘察的最后一次,因此应认真仔细地做好工作,并确保施工图设计阶段勘察不会得出相反的结论。

鉴于对于液化宏观破坏来说,在厂区这样较小的范围内,不宜也难以再按建筑物划分不同液化等级,因此建筑场地应按一个液化等级进行评价处理,当然如场地内存在不同工程地质分区,如有必要应对液化评价分区进行。故本规范规定对液化问题应在本阶段完成最终评价,未规定施工图设计阶段勘察再对液化问题进行研究。本阶段勘察应根据场地液化等级对不同级别建筑物提出处理方案。

4.3.5 有专门需要的地段如滑坡以及测绘范围较小的地段等,宜采用较大的比例尺才能较清楚地反映测绘地段的工程地质条件。

4.3.7 平原地区地形平坦的厂址可按方格网布置勘探点,对此不能延伸到山区丘陵场地。以往有的工程位于山前地带,勘探网点布置时未注意地貌变化,依然按方格网布点,结果在施工图设计阶段

勘察中出现了与本阶段勘察资料不相符的现象,给工程带来影响。

初步设计阶段总平面布置已有初步方案,但未最终确定,考虑到主厂房区建(构)筑物对地基的要求较高,所以本条提出了第4款的规定。

4.3.8、4.3.9 这两条规定的勘探点间距与勘探深度要求只适用于一般场地及一般地基土,不适用于特殊岩土和不良地质作用发育的场地。如某厂址土洞发育,在确定勘探点间距时未考虑这个因素,以致勘探结果发生失误。对于大机组容量、人工地基、桩基础等还应满足相应规定。

4.3.10 坚硬地层一般指碎石土、密实砂、老堆积土等。

4.3.11 在执行本条规定时,要注意取样孔和取样间距。若地层水平变化大,则应加密取样孔;若垂直方向变化大,则应加密取样间距。对一般场地土,取样孔和取样间距可均匀布置。

主要土层要求做力学试验的试样不应少于60%,并不少于6件,是为满足指标统计的需要。

4.3.12、4.3.13 有关山区应查明和重点研究的问题的规定,是根据山区建厂特点和经验制订的。

山区厂址场地条件一般较复杂,如仅局限于厂区范围内,有些问题往往查不清,多年勘察经验表明,适当扩大勘察范围方能满足初勘要求。

在初步设计阶段,山区勘察除应对可研阶段已作出评价的地质构造和不良地质作用进一步查清外,尚应注意查明小型和隐伏的构造和不良地质作用,并分析其发展和可能产生的危害,如遇水后可能产生的不利结构面组合,软化层和特殊性岩土以及岩溶、滑坡、暗埋沟谷等对工程的危害和影响。在上述分析的基础上,根据岩土工程的要求,还应提出治理方案。

对山区各类岩层的工程地质特征的勘察,应包括岩层产状、风化等级及风化层厚度、起伏情况、节理裂隙性状、不利结构面的组合等,以及软弱层、软化层、复杂和不稳定的岩土层的分布

及厚度。

4.3.15 码头工程及其场地有其独立性和特殊性,现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和现行行业标准《水运工程岩土勘察规范》JTJ 133 对其勘察工作有详细的规定。

本条第 1 款涉及码头稳定问题,根据搜集到的有关资料,影响码头稳定的不良地质作用主要是崩塌和滑坡。产生崩塌的主要原因是河海的冲刷作用,而产生滑坡的原因则较多,有构造、地层、地下水 and 设计施工方案的诸多因素。在初步设计阶段勘察工作中首先应注意研究解决这些问题。

第 2 款是关于码头勘探工作量的要求,其深度规定的原则是确保勘探深度满足码头工程稳定性评价和地基处理及桩基设计施工的需要。

4.3.16 取水构筑物一般是傍河或直接设置在河中,与电厂其他构筑物相比有其特殊性,它受河流及河道变迁淤积影响较大,故勘察中要研究河流冲刷对岸边稳定性的影响,同时查明不良地质作用和考虑因施工开挖使岸边失稳的可能性。取水构筑物一般荷重较小,且布置在水位以下,经常受到水流的冲刷,而取水构筑物能否正常运行,关键在于地基的稳定性。因此一般性勘探点深度应考虑河床最大冲刷深度及地层受压层深度。根据已有经验,取水构筑物基础埋置大致在最大冲刷深度以下 2.0m~3.0m,故规定取水构筑物地段的一般性勘探孔深度应至河床最大冲刷深度以下不小于 5m。控制性勘探孔深度规定不小于 20m,这是为了了解较深部地层性质以及是否存在软弱下卧层或其他地质问题,同时满足地基变形和稳定性计算的要求。当需要采用桩基时,应按桩基勘探深度要求确定。

4.4 施工图设计阶段勘察

4.4.1 本阶段勘察特点之一是针对性强,即地基基础设计方案和岩土治理方案、建筑总平面布置方案均已确定;另一个特点是按不

同建筑地段对地基进行勘察评价。对于这两个特点,在施工图设计阶段勘察中均应得以体现。

4.4.2 由于施工图设计阶段勘察所具有的特点,所以在进行勘察前一定要尽可能取得本条所规定的资料 and 文件,特别是建筑物的基本情况,否则难以合理制订勘察方案。设计资料应包括室内外地坪高程、上部结构类型、基础形式及拟定的尺寸、基础埋深、基底单位荷载或总荷载、变形控制要求、地基处理方案,贮灰场的类型、除灰方式、坝高、坝型结构、基础埋深、荷载大小以及筑坝的特殊要求等。

4.4.3 本条规定了施工图设计阶段勘察应做的工作,除满足地基基础设计的基本岩土参数外,还要求对基坑降水设计提出相应意见,预测建筑物的沉降、差异沉降或整体倾斜,提供深基坑开挖稳定计算和支护设计所需岩土参数,论证和评价基坑开挖、降水等对邻近工程的影响等。发电厂建筑物种类多,施工周期长,建筑物一般相距较近,相邻基础埋深差别大,因此这些都是要考虑的。

4.4.4~4.4.6 这几条对施工图设计阶段勘察勘探点的布置原则、勘探深度、取样及原位测试数量作了基本规定,其依据是本阶段勘察的要求、多年经验总结、数理统计需要。

一般性勘探孔深度应控制主要受力层,满足地基强度和稳定性的验算;控制性勘探孔应控制地基压缩层深度,满足地基变形计算的要求。

5 各类建(构)筑物地段岩土工程勘察要求

5.1 主厂房地段

5.1.1、5.1.2 主厂房地段是以包括汽机房、除氧间、煤仓间、锅炉、除尘器、烟囱及脱硫装置等设施环形道路中心线所围成的区域。

主厂房地段勘察是发电厂岩土工程勘察工作的核心,该地段集中了电厂的主要建筑物。主厂房地段各建筑物基础埋藏深、荷重大,且分布不均匀,对于差异沉降十分敏感,勘察工作中应给予足够的重视。主厂房地段岩土工程勘察主要目的在于取得地基变形计算及稳定性计算的有关资料。勘察中应根据工程地质条件,着重研究地基承载力和不均匀沉降,对地基的稳定性作出评价,还应注意研究有关深基础的岩土工程问题。

地基的均匀性是根据地基土的工程性质确定的,工程性质相同或相近的多层土一般也看作均匀土。

主厂房、烟囱均属地基基础设计等级为甲级的对应建筑物,应按主要柱列、轴线及基础的周线布置勘探点。关于勘探点的数量,按照机组容量大小分档规定了勘探点的数量。桩基础、人工地基的勘探深度应符合本规范的相关规定。

主厂房地段布置的勘探孔深度尚应结合具体场地的地基土强度及建筑物对变形的要求适当调整,并满足建筑物地基强度、变形和稳定性的计算要求。

5.2 空冷平台地段

5.2.1 空冷平台建(构)筑物地段主要为空冷平台,其上放置风机,其下一般布置主变压器、厂用变压器、启备变压器、电梯间、封

闭母线支架、补充水箱、变电架构、事故油池、空冷配电间、冲洗水泵房等。

5.3 冷却塔地段

5.3.1、5.3.2 冷却塔从外形上可分为双曲线型和非双曲线型两类,机械通风冷却塔为非双曲线型,自然通风冷却塔、间接空冷却塔和排烟冷却塔均为双曲线型。双曲线型塔主要由支柱和塔身组成,自然通风冷却塔尚包括集水池和淋水装置。

双曲线型冷却塔体型大、荷载大,对差异沉降敏感,因此地基的强度、均匀性是勘察的重点。另外,有淋水装置的塔往往会受到漏水的影响,从而引起地基强度的降低和地基变形的增加,为此应进行浸水饱和状态下的固结和抗剪强度试验,以便对地基强度和变形作出明确的评价。考虑环形基础、烟囱和构架地段对地基强度的要求有所不同,在勘探点的深度上应有不同的选择。

5.4 烟气脱硫地段

5.4.1 国内火力发电厂脱硫的形式主要有湿法脱硫、干法脱硫、生物脱硫、海水脱硫和氨水脱硫等,目前以采用石灰石-石膏湿法脱硫为主。其他脱硫形式的建筑物虽然在建筑名称和形体上与石灰石-石膏湿法脱硫存在差异,但在平面位置、结构类型、工程安全等级和荷载特征等方面与湿法脱硫基本相似,因此其他脱硫形式的建筑物勘察工作可参照本节规定执行。

石灰石-石膏湿法脱硫工程主要包括以下工艺系统:吸收剂制备与供应系统、烟气系统、SO₂ 吸收系统、石膏处理系统、工艺水系统、废水处理系统、杂用和仪用压缩空气系统等。

开展脱硫建筑物地段岩土工程勘察前,宜搜集主厂房和烟囱等建筑物的勘察、检测和施工等资料,在此基础上,进行勘察方案的设计。

脱硫建筑物地段的建筑物主要有两大类:一类建筑物对地基

的承载力和变形有较高的要求;另一类建筑物由于开挖较深,对边坡的稳定性和施工降水有一定的要求。因此,要有针对性地开展岩土工程勘察工作,制订合适的勘察方案。

5.6 贮煤与输煤建(构)筑物地段

5.6.1 贮煤场、干煤棚属于大面积堆载,由于堆载的不均匀性或地基土层的不均匀性容易引起自身基础和相邻建筑物(如贮煤挡风墙及斗轮机轨道等)基础产生不均匀沉降,因此勘察时应注意研究地基的不均匀变形特征,同时应评价大面积堆载引起的地面沉降。

5.6.2 圆形煤场是一种封闭的环保型贮煤结构形式。煤场内的地基土在堆煤荷载作用下,将产生较大的沉降变形和向外的侧向变形,侧向变形将对煤场结构施加加大的水平力。堆煤区常采用复合地基或桩基,通过减少浅层地基土承受的荷载,来减少地基土的沉降和水平变形,进而减少水平力。勘察时应重点评价堆载引起的地面沉降及地基稳定性。

5.6.3 贮煤筒仓(煤罐)体形高,荷重大,勘察时应着重研究地基的均匀性,提供地基承载力及变形计算的有关参数。勘探点在基础轮廓线和中心布置。

5.6.4、5.6.5 对于卸煤沟、翻车机室、输煤廊道和地下转运站等地下输煤设施,因其基础埋深较大,勘察应着重对基础底面以上土层的抗剪特性进行研究,对边坡开挖的稳定性作出评价,并提出支护的建议。如果地下水位较高,需查明场地含水层和隔水层的埋深、分布及水力联系,对降低地下水位、排水疏干以及隔水等措施提出建议。深基坑工程在开挖、支护及降水等过程中,引起周边工程地质条件和水文地质条件的改变,应分析评价其影响。对多层地下水分布区,如勘探点沿建筑物轴线布置,封孔质量不好,易发生地下水贯通,给基坑开挖带来安全隐患,因此勘探点应沿建筑物轮廓线外侧交叉布置。

5.6.6 输煤栈桥的勘察应查明每基栈桥(支墩)的地层条件,特别应对填土等软弱地基分布厚度进行鉴定,确定其承载力;研究基础以上土层的抗剪强度,分析评价其抗倾覆的可能性。地下水埋藏较浅时,还需提供水文地质资料。一般每基栈桥(支墩)均有勘探点。

5.6.7 贮煤码头的勘察应查明岸坡形态、地貌特征、冲刷淤积、变迁情况以及不良地质作用,结合拟采用的码头结构形式,分析评价地基稳定性和岸坡稳定,并对地基基础设计、坡体开挖、支护设计及不良地质作用整治提出建议。

5.7 厂区变电地段

厂区变电地段的岩土工程勘察可参照现行行业标准《变电所岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170 执行,一般可适当简化。对布置在空冷平台下的变电设施,可结合空冷平台地段的勘察进行。

5.8 供排水建(构)筑物地段

5.8.1 供排水地段包括岸边(或水中)水泵房、取排水构筑物、循环水泵房、综合泵房、输水管道(沟渠)、输水隧洞、蓄水池、沉淀池等,种类较多,勘察时应充分考虑其自身的特点及对发电厂岩土工程勘察的特殊要求。

5.8.2 岸边(或水中)水泵房及取排水构筑物一般荷重不大,有时还需考虑水对基础浮力的影响,而且直接受水流冲击和冲刷,稳定性是此类构筑物勘察的首要问题,因此应首先在水文专业人员的配合下详细调查相关的水文情况。此类构筑物勘探点的深度取决于最大冲刷深度和基底以下可滑动面深度,而其基础埋深一般在最大冲刷深度以下 3m 左右,因此勘探点深度应在基底以下 5m~8m,或基底可滑动面以下 1m~3m。对于岩石地基,当需要采用抗浮锚杆固定时,勘探深度应穿透强风化层至中等风化层为止,并提供有关地下水资料。当需查明可能产生滑动的结构面时,其勘

探点深度的确定,对土类按圆弧法计算求得,对岩石应注意软弱夹层或软弱结构面的不利组合。护岸一般采用地下连续墙,因此护岸地段勘探点深度应满足地下连续墙设计的要求。

针对此类构筑物的不同施工工法,勘察时尚应注意查明施工中可能出现的各种问题。

当采用大开挖或围堰施工时,应给出基坑周边和基底土的渗透系数,并判定基坑边坡的稳定性,而对于围堰本身的渗水性、稳定性,应由施工单位自行解决。

当采用沉井(沉箱)或地下连续墙施工时,要考虑下沉或成墙的难易程度。因此在勘察中应特别注意查清地层的均匀性、地下水特别是承压水的埋藏条件,有无大块碎石、漂石或易产生流砂,并分析判断其对施工的影响。对于沉井勘察,勘探孔深度应按下式确定:

$$D \geq H + (0.5 \sim 1.0)b \quad (1)$$

式中: D ——勘探孔深度(m);

H ——沉井深度(m);

b ——沉井井宽或井径(m)。

5.8.3 输水管道(沟渠)的勘察应在沿线调查的基础上,在地貌、地质单元变化处,高填、深挖地段,跨越地段,以及管线转角、设立支墩处等关键部位布置勘探点。当调查和仅在上述地段布置勘探点尚不能满足要求时,对管道可按 200m~400m 间距布置勘探点,对明渠可按 100m~200m 间距布置勘探点,其深度至管道(沟渠)底部以下 2m~3m。明渠还应测定土层的渗透系数,以便设计时考虑渗漏问题。

当输水管道(沟渠)遇有公路、铁路、冲沟、河流等障碍,且必须穿越或跨越时,应根据自然条件,因地制宜地确定穿越或跨越通过的方式。穿跨越工程是管线工程重要的组成部分,大的穿跨越工程往往局部控制整个线路的走向,因而应与设计密切配合,合理选择和确定穿跨越地段,既要保持整个线路走向的合理性,又要考虑

到工程地质条件的适宜性。穿越或跨越河流的位置应选择河段顺直、河床与岸坡稳定、水流平缓、河流断面大致对称、河床岩土构成比较单一、两岸有足够施工场地等有利河段。

随着新技术的不断发展,管道穿越工程中顶管、定向钻进、盾构等非开挖工法得到了广泛应用。特别是采用顶管或定向钻进时,在勘察中应特别注意查清地层的均匀性,查清有无影响施工的大块碎石、漂石等障碍物,对于碎石土应提供最大粒径(必要时进行破碎试验)。此外,采用此类工法时,对于由此而产生的地面沉降调查、分析是不能忽视的。

在输水管道穿越河流工程中,勘探点应布置在穿越管道的中心线上,偏离中心线不应大于 3m,间距 50m~100m,其深度至河床最大冲刷深度以下 3m~5m;当采用非开挖工法穿越时,勘探点应偏离中心线一倍管径;在输水管道跨越河流工程中,跨越段每个墩台位置布置勘探点不少于 1 个,其深度应超过基础底面以下 5m,当采用桩基时,应按桩基勘察要求进行。

输水管道(沟渠)的路径较长,经过不同的地质、地貌单元时,应分段评价工程地质条件。

5.8.4、5.8.5 输水隧洞的勘察首先应查明隧洞进出口的工程地质条件,因为它是关系到能否成洞的主要条件,其次应查明沿线洞体上部覆盖层的厚度,因为它涉及洞体的稳定性计算。对岩体而言,一般认为影响洞体稳定的主要因素是软弱夹层和软弱结构面及其不利的组合关系。当隧洞通过岩石破碎地质构造复杂的地段时,应详细查明断裂和构造破碎带的发育情况、隧洞围岩软弱夹层和软弱结构面的空间展布及其不利组合,以及地下水活动的规律。在充分分析和研究影响洞体稳定性的各种不利因素的前提下,作出洞体稳定性评价。

输水隧洞勘察工作量的布置应根据隧洞沿线的地质复杂程度,沿隧洞中心线外侧在进、出口及沿线地质复杂地段布置勘探点,勘探深度应超过隧洞底板设计标高以下 3m~5m。隧洞进、出

口及傍山浅埋段上覆岩体厚度较小,在这里布孔可以获得较高的利用率,同时这些地段也是最容易出现问题的。勘察方法可采用钻探、物探和现场测试等,必要时可布置洞探,勘探平洞是一种直观而有效的勘探手段,在隧洞进、出口及有压隧洞可作为首选勘察方法。

在地质条件复杂的情况下,隧洞的施設勘察精度难以满足施工的要求,而且隧洞在成洞以后,洞室将出现应力重新分布,围岩压力将通过洞室的边墙传送至洞室底面以下,因此施工勘察是不可缺少的,通过施工勘察,能够全面了解洞室围岩情况和应力重新分布的现状,通过原位测试或检测,进一步对洞室稳定性作出评价,及早发现施工中出现的問題,可以起到指导设计和施工的作用。

5.9 贮灰场地段

5.9.1 近年来,随着国家环境保护、水资源利用要求的不断提高,火力发电厂除灰方式逐渐由水力除灰向机械除灰方向转变,贮灰场设计亦由湿式贮灰场向干式贮灰场发展,我国火力发电厂建设中采用干式贮灰场已越来越广泛(约占90%以上)。

初期坝(堤)的稳定性问题、堆灰区的环境地质问题、排洪构筑物稳定性和堆灰荷载作用下井管的地基沉降问题均是贮灰场勘察中应着重解决的岩土工程问题。如果坝基或坝肩地基处理不当,可能会发生坝堤变形,甚至失稳;堆灰区岩溶、塌陷等地下通道处理不当会造成灰渣集中泄漏,导致严重环境污染;截洪沟边坡稳定性不够,在特大暴雨作用下可能会造成干贮灰场溃坝,甚至产生灰渣泥石流,危及下游人民群众生命、财产安全,并给工农业生产造成重大损失等。这些问题都是贮灰场运行过程中极有可能发生的,已建工程也不乏事故实例。

本规范仅对贮灰场勘察要求作了一般性规定。贮灰场各阶段岩土工程勘察要求、子坝加高勘察、筑坝材料勘察等具体规定可按

现行行业标准《火力发电厂贮灰场岩土工程勘测技术规程》DL/T 5097 的规定执行。

5.9.2 坝基的整体稳定性主要指筑坝、堆灰或子坝加高后沿坝基产生的整体滑移和渗流破坏,导致整个坝体的破坏失稳。在进行初期坝设计时应结合子坝加高一并考虑坝体的整体稳定性。因此,初期坝勘察时也应分析终期坝体的整体稳定性,为设计提供依据。

5.9.3 近年来,大多数山谷干式贮灰场设计时都参照水力贮灰场的防洪设计标准设置了排水泄洪系统,如竖井、斜槽、卧管、截洪沟、消能设施等。排洪构筑物的地基稳定性、堆灰荷载作用下的地基沉降变形及其对地下排洪设施的影响、截洪沟与消能设施的边坡稳定性及其抗冲刷能力等问题均是排洪系统勘察需要解决的重点问题。

5.9.4 贮灰场主要污染源为灰渣和灰水,分别对大气环境和地表水、地下水造成污染。近年来,国家对环境保护的要求越来越高,贮灰场勘察除要解决岩土工程问题外,还不可避免地要解决工程建设中涉及的环境地质问题,如灰水(或石膏浆液)渗漏、灰渣(或石膏)集中泄漏等问题,岩土工程勘察中也应提出相应的预防和工程处理措施。

为满足环境评价及其后续环境治理工作需要所进行的环境地质勘察均属于环境评价、环境治理专项勘察,而非发电厂岩土工程勘察的工作范围。

5.9.6 子坝加高勘察系指在贮灰场坝前沉积或堆填灰渣上加筑子坝的勘察,随贮灰高度的增加,实施分级加高分期勘察。由于前期坝地段的地质条件已经勘察查明,因此子坝加高勘察应重点查明拟建坝基地段灰渣的沉积堆填特征、物理力学性质,评价灰渣筑坝的稳定性与子坝加高的适宜性。

5.9.7 选择筑坝材料,应遵循因地制宜、就地取材、优先在场内取料、少占或不占耕地林地、保护自然生态和开采运输方便的原则。

6 专门岩土工程勘察

6.1 活动断裂

6.1.1 活动断裂的勘察与评价是初可勘察和可研勘察阶段的一项重要工作。《中华人民共和国防震减灾法》规定,重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程,必须进行地震安全性评价;并根据地震安全性评价的结果,确定抗震设防要求,进行抗震设防。《地震安全性评价管理条例》和各省区制定的地方法规也都对需要开展地震安全性评价的建设工程进行了规定,根据这些法规和管理规定的要求,目前大部分新建、扩建的火力发电厂项目均需要进行工程场地的地震安全性评价工作。在地震安全性评价报告中,对厂址区域、近场区和厂址附近的断裂构造一般有较为深入的研究和分析。因此对于已经完成了地震安全性评价工作的工程,可以直接采用地震安全性评价结果来评价断裂构造对厂址稳定性的影响。考虑到在初可勘察或部分项目可研勘察阶段尚未进行地震安全性评价,此时如果根据初步获得的区域地质和地震资料判断,在厂址或其附近存在全新活动断裂且对厂址的可行性具有潜在影响时,则应进行断裂勘察,以排除断裂构造对厂址的威胁。

6.1.2 历经多年的工作,目前对于国内陆地主要的断裂构造积累了丰富的资料,通过对现有资料的分析可以获得比较满意的结果,并满足电厂初可勘察和可研勘察深度的要求。因此本条规定,断裂勘察以搜集资料为主要的勘察方法和手段。但对于一些规模较小的断裂,目前掌握的资料可能还不多,特别是这些较小规模的断裂可能与已知的活动断裂存在构造联系,此时就需要采取一定的勘探手段来查明断裂的性质,分析其影响。

6.1.3 活动断裂的时限一直争议较多,在工程地震领域系指晚更

新世(100000 年)以来有过活动且将来有可能再度活动的断裂,核电、水电工程就按此原则执行。对于一般工程则只考虑全新世(10000 年)以来活动过的断裂,火力发电厂工程在分析评价厂址稳定性时就主要考虑全新活动断裂。由于全新活动断裂的规模、活动性质、活动强度、运动速率等差别较大,对工程的影响也有较大的不同,因此有必要对全新活动断裂进行分级,以便对不同级别的断裂采取有差别的处理措施。

电力行业标准《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074—2006 中全新活动断裂分级与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 有所不同。从安全的角度考虑,行业标准中各分级档的历史地震的震级均降低了一级。本规范编制时在断裂的地震工程分类和全新活动断裂分级中采用了与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致的原则。这样处理的理由一是考虑规范之间的协调,相同的概念和术语不宜给出不同的定义,以免在实际执行过程中造成混乱;二是到目前为止,我国还没有发现小于地震震级 4.7 级地震产生地表断层的实例,一般 6 级以上地震与已知构造有较明显的相关性,再小震级的地震,其离散性明显增大。考虑到中小地震(4 级~5 级)震级较低,震源尺度小,其引发的断层规模多较小,很难在地表识别出来,因此微弱全新活动断裂分级条件中历史地震震级由行业标准的 5 级改为采用 6 级更便于实际工作中操作。

6.1.4 大量的地质和地震研究发现,断层的破裂过程在一次独立的地震事件中并非沿整条断裂全部破裂,而破裂仅仅是断层的一小部分(或一个段落),且破裂发生的位置也非随意的,而是许多可识别出的物理性质或地质结构控制着破裂的起始。对于深大全新活动断裂,由于其规模宏大,延伸数百公里或数千公里,断裂的活动性呈现明显的不均一性。按照目前国内和国际上关于活动断裂分段的理论,可根据断裂的地质地貌形态、全新世或第四纪以来断裂的活动强度、断裂的构造形态、运动特征和历史地震、古地震的

时空分布等因素对活动断裂进行分段。断裂活动的不均一性是活动断裂的基本特性,空间上的不均一性由断裂的分段性表现出来。开展活动断裂分段性研究,对于地震监测预报、地震危险性分析和工程建设选址场地稳定性具有重要意义。

例如:包头东华热电有限公司厂址位于大青山山前断裂附近,大青山山前断裂沿大青山南麓展布,是控制呼包段陷盆地的北部边界断裂,由一组近东西向、北东向,呈折线状延伸的阶梯状断裂组合而成。该断裂西起包头黄河南岸的昭君坟,东至呼和浩特以东一带,全长 200km,为典型的正断层。该断裂活动强烈,晚更新世和全新世断层发育,并有多次历史地震及古地震,从总体上看,是一条强烈全新活动断裂,也是发震断裂。根据古地震事件的时空分布、断裂的构造特征、地貌特性和活动强度等,由西向东可将大青山山前断裂分为 A、B、C、D、E 五个段落,其中 B、D 两段活动强烈,A、C、E 三段活动相对较弱。东华热电有限公司厂址处于大青山山前断裂带的 A 段,A 段位于断裂西端,从黄河南岸昭君坟至雪海沟,长约 33km。沿断裂有连续分布的断层崖,高约 20m,最后一次古地震事件距今约 5000 多年,以后再没有地震发生。反映了 A 段地震较少、地震复发间隔时间较长,断裂活动强度较低。因此确定大青山山前断裂 A 段为微弱~中等全新活动断裂,其距厂址最小距离为 450m,专题评审认为,厂址已避开了断裂,主厂房及重要建(构)筑物已有效避开了断裂,可以建厂。

6.1.5 本条提出了在初可勘察、可研勘察阶段遇到全新活动断裂时应遵循的处理原则。鉴于发生地震时,断层破裂带及其附近地表变形十分强烈,破坏力巨大,无法通过采取适当的设防标准来抵御灾害的发生,因此本条规定应采取避让措施。避让的距离应综合考虑工程性质及断裂的等级、规模、产状、活动性、覆盖层厚度、场地地震动参数或地震烈度等因素的影响分析确定。

表 6.1.5 给出了厂区与全新活动断裂间的避让距离。由于初可和可研阶段厂区总平面尚未确定,有时厂址位置也可能出现调

整,避让距离无法考虑具体的建(构)筑物,因此表 6.1.5 中给出的距离应理解为断裂至厂区边界的距离,这样便于实际工作中使用。避让距离既考虑了断裂的活动强度,也考虑了厂址位置可能调整的实际情况。根据近年来工程项目选址的实际情况,避让距离基本可以满足要求。

中国电力工程顾问集团西南电力设计院在汶川地震后曾经对断裂附近电力工程的破坏情况进行了调查,认为现行行业标准《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074—2006 中规定的避让距离是基本适宜的。

6.1.6 发震断裂对建(构)筑物的影响在现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中亦有规定,当厂区总平面已经确定,主要建(构)筑物与断裂构造带的距离就可以确定,此时就可以根据具体条件分析判断发震断裂对建(构)筑物的影响。在地震地质条件复杂或部分前期工作深度较差的老厂,有可能出现建(构)筑物距离断裂构造距离较近的情况,此时应综合断裂的活动特征和现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的相关规定,评价断裂对建(构)筑物的影响。

6.1.7 火力发电厂厂址的区域稳定性评价中,不考虑非全新活动断裂的影响,当断裂破碎带岩体的工程性质较差时,可按照软弱地基或不均匀地基采取相应工程处理措施。

6.2 地震液化

6.2.1 本条规定地震基本烈度为Ⅵ度时,对于沉陷敏感的乙类建(构)筑物和重要的生产建(构)筑物,应按照Ⅶ度进行液化判别。目前火力发电厂中对何谓沉陷敏感的建(构)筑物尚没有统一认识,根据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223、《电力设施抗震设计规范》GB 50260 和《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660,单机容量为 300MW 及以上或规划容量为 800MW 及以上的火力发电厂属于重要电力设施,电厂中的主厂房、电气综

合楼、集中控制楼、网控楼、调度通信楼、配电装置楼、烟囱、烟道、碎煤机室、输煤转运站和输煤栈桥、封闭式圆形(或球形)煤场、贮煤筒仓、空冷器支撑结构、供氢站、燃油泵房、消防车库、循环水泵房、补给水泵房、冷却塔、综合水泵房、消防水泵房、热网首站、电厂的消防站或消防车库、燃油和燃气机组电厂的燃料供应设施等均属于抗震设防类别中的重点设防类(简称乙类)。考虑到火力发电厂的重要性,在遭遇地震灾害时往往需要维持生产或尽快恢复发电,因此对于与生产密切相关的重点设防类建(构)筑物,在地震基本烈度为Ⅵ度时应按照Ⅶ度进行液化判别。

6.2.3 目前新建纯凝发电厂的单机容量均在 600MW 及以上,新建热电厂的单机容量也以 300MW 级居多,由于机组容量的增大,厂址条件往往较差,主要建(构)筑物一般需要采取地基处理措施,并以桩基为主要方案,地震液化判别应在地面以下 20m 深度进行。除标准贯入试验法以外,在某些地区和行业静力触探法、波速测试法、室内动力试验方法也得到广泛的应用,当经验较为成熟可靠时,也可作为地震液化的判别依据。

6.2.4 在地震作用下,地基土层是否发生液化主要取决于以下三个因素:土的种类、颗粒组成、密实度;土层埋深、地下水位;地震烈度和振动持续时间。

大量的宏观震害实例调查表明,级配均匀的粉细砂最容易发生液化。统计资料显示,易液化砂土的有效粒径(d_{10})范围为 0.05mm~0.30mm,不均匀系数(C_u)为 2~5。一般而言,相对密度(D_r)小于 0.7 的砂土容易液化,而相对密度(D_r)大于 0.9 的砂土很难液化;黏粒含量小于 15% 的粉土在一定条件下也会液化;某些尾矿坝材料,黏粒含量虽然较大(大于 20%),但塑性指数很低,也会液化;砂卵石料一般不液化,但当砾石含量小于 70%,无法形成完整骨架时也可能液化。

在现场勘察中,要对可能发生液化的场地做好微地形地貌调查,河岸和斜坡地带的液化会导致滑移失稳,对工程危害较大,应

予以特别注意,必要时应根据具体条件开展专门研究。

6.2.5 一些厂址的地质条件较为复杂,此时应根据厂区总平面、岩土层分布特点,分区进行地震液化评价。

6.3 岩 溶

6.3.1 岩溶地区勘察具有岩溶厂址选择与论证难度大、岩溶场地勘察手段多样化且勘探工作量大、岩溶地基处理难度大且地基方案论证复杂、岩溶地基处理费用高且难以准确预算、需要开展施工勘察等特点。

岩溶勘察的对象包括:发育于碳酸盐类岩层中的各类岩溶作用,与岩溶作用相伴生的土洞,由岩溶、土洞进一步发展所形成的地表塌陷。岩溶、土洞及地表塌陷的存在及岩溶发育程度将直接影响到建筑场地与地基的稳定性及适宜性,工程勘察中应予以查明。

本规范编制过程中,编制组通过搜集贵州、云南地区的大方电厂、滇东电厂、滇东电厂二期、黔北电厂、安顺电厂二期、兴义电厂等地处岩溶发育场地的发电厂岩土工程勘察实例,总结了上述工程勘察中勘察工作量布置、岩溶发育特征、岩溶发育程度、岩溶地基处理、岩溶场地稳定性评价等方面的经验,编制完成了《岩溶地质勘察》专题研究报告,以达到支撑本规范的目的。

6.3.2 一般来讲,岩溶按岩溶形态和分布特征可分类为:以垂直向下发育为特征的地表岩溶(如岩溶洼地、漏斗、落水洞、石芽、石林、溶沟、溶槽等)和以水平方向发育为主的地下岩溶(如水平溶洞、暗河等)。而地表岩溶中,当岩溶形态被上覆土层覆盖,隐伏于覆盖层之下发育的称为隐伏岩溶,当岩溶形态裸露于地表发育的则称为裸露岩溶。

在以往的工程勘察中,对岩溶发育程度的评价及其等级的划分一直缺乏统一的标准,现行行业标准《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074—2006 通过对长期以来岩溶厂址勘察工程

经验的总结,在参考有关文献划分标准的基础上,提出了岩溶发育程度的判定标准,达到了定量化评价的目的。

《岩溶地质勘察》专题报告通过对溶蚀基岩面起伏程度和溶洞规模进行量化,对岩溶发育程度的分级标准作了进一步研究,在基于电力工程勘察实践的基础上,对原标准作了一定修改、调整,以岩溶点密度、钻孔线溶率和场地岩溶现象等三项条件作为岩溶发育程度的判定依据,提出了新的判定标准。值得说明的是,本规范采用的岩溶发育程度判定标准,与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 的标准有所不同,岩溶发育程度大体上高一个等级。

在搜集到的 36 个工程场地或建筑地段中,岩溶发育程度呈不发育、微弱、中等、强烈和极强烈发育的比例分别占总数的 2.5%、17%、53%、25% 和 2.5%。如图 1 所示。

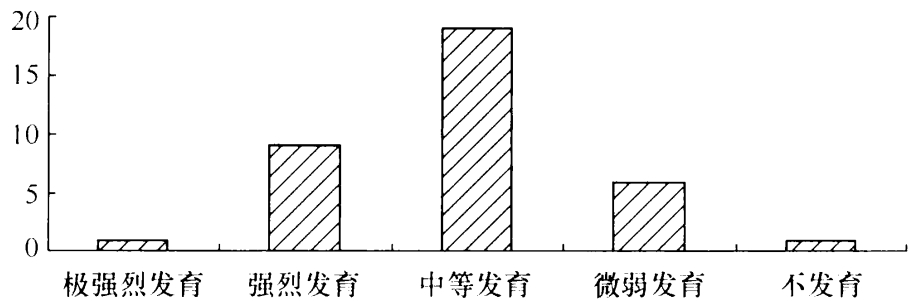


图 1 工程场地(或地段)岩溶发育程度分布图

如图 1 所示,中等发育程度的工程场地占了半数以上,发育程度呈微弱发育、强烈发育的逐渐减少,发育程度呈极强烈发育和不发育的比例很小,表现出正态分布特征。应该说这一比例基本客观地反映了目前岩溶发育程度的分布现状,由于选择厂址时主观上要回避发育程度呈极强烈发育的场地,又难以完全避开强烈发育的场地,因此工程建设场地中岩溶呈中等发育程度的场地占了多数,是符合客观规律的。

本条所指的钻孔线溶率是指场地内各钻孔所揭示的溶蚀洞

穴、溶蚀裂隙的总高度与进入碳酸盐类岩层的总进尺的百分比率；岩溶点密度是指每平方公里场地范围内分布的岩溶洼地、漏斗、落水洞、竖井以及水平溶洞、暗河、岩溶泉露头等各种地表岩溶形态的个数。

专题报告通过对遇洞率、线溶率平均值比值的分析发现，岩溶发育程度由微弱、中等至强烈，其比值分别为 9.3、25.6、32.2。当岩溶呈微弱发育时遇洞率较低，一般小于 15%，当岩溶呈中等发育时遇洞率一般为 15%~30%，当岩溶呈强烈发育时遇洞率一般为 30%~40%，且增幅较小。鉴于不同岩溶发育程度的遇洞率与线溶率呈现一定的比值关系，因此本规范取消了钻孔遇洞率作为岩溶发育程度判定依据的内容，但在分析岩溶发育规律时钻孔遇洞率指标的作用依然重要。通过钻孔遇洞率、钻孔线溶率及其二者之间比值的变化，可以分析判断岩溶发育规模和岩溶发育程度。一般而言，钻孔遇洞率反映了岩溶洞（隙）出现的频率，钻孔线溶率则反映了岩溶洞（隙）出现的比例。如果遇洞率高、线溶率低，说明场地岩溶规模较小；反之，说明场地岩溶规模较大。如果遇洞率低、线溶率低，说明场地岩溶规模较小，且岩溶发育程度低。如果遇洞率高、线溶率高，说明场地岩溶规模较大，且岩溶发育程度高。

钻孔线溶率、岩溶点密度等指标与场地岩溶现象、发育程度具有一定的关系，上述指标既是反映场地岩溶现象的外部表征，又是判定岩溶发育程度的重要依据。因此，只有在通过对上述指标以及场地岩溶现象进行综合分析的基础上，才能对岩溶发育程度作出合理的判定。

同时，场地岩溶现象既是判定岩溶发育程度的依据，又是岩溶发育程度判定的结果。即不同岩溶发育程度将表现出不同的场地岩溶现象，不同的场地岩溶现象反过来又可以判定为不同岩溶发育程度，二者呈因果关系，且二者均是场地地表岩溶和地下岩溶的综合反映。

地表岩溶与地下岩溶有着密不可分的关系和必然的联系。一般而言,地表岩溶发育的场地,其地下岩溶往往也较发育。当然,岩溶发育阶段性、成层性、方向性的不同,可能会表现出一定的差异性。岩溶点密度主要反映地表岩溶的发育程度,而钻孔遇洞率、钻孔线溶率则主要反映了地下岩溶的发育程度。在判定场地岩溶发育程度时,还应该考虑溶蚀沟(槽)和石芽(林)之间(尤其是隐伏岩溶)的基岩面起伏情况,因此本规范对溶蚀基岩面起伏程度亦作了量化。

6.3.3 本条所列的几种情况对建筑场地稳定性及适宜性影响较大,选择厂址时应予以避开。本条第1款所列情况对厂址选择具有颠覆性影响,其他条款所列情况,或技术处理难度大,或工程处理费用昂贵,或存在一定的安全隐患,均为工程选址阶段首先应予以避开的不利地段。否则将会影响到建筑物的安全,或因工程处理难度大而大量增加工程处理量。

6.3.4 初可阶段勘察应以避开本规范第6.3.3条所列的对场地稳定不利地段为本阶段勘察工作的重点。一般来说,不宜将厂址选择在巨厚层纯灰岩、成层分布的厅堂式溶洞及离岩溶基准面较近的地段。本阶段仅通过对各拟选厂址的现场调查、区域地质资料分析、大比例尺地形图分析及必要的勘探及物探等十分有限的勘察手段,除要做到所推荐的2个~3个厂址在下阶段勘察中不出现本规范第6.3.3条第1款所列的对厂址选择具有颠覆性的影响意见外,还要尽早避开其他各类对场地稳定不利的地段,首先应立足对各拟选厂址的岩溶发育条件、发育程度和岩溶处理难易程度作出基本评价。因此,参与初可选址的工程人员应具有丰富的岩溶场地勘察经验。

6.3.5 可研阶段勘察,首先应对各比选厂址的岩溶发育程度、岩溶处理难易程度进行评价,对岩溶场地的稳定性作出最终评价,以彻底排除所推荐厂址存在难以处理的浅埋暗河、厅堂式或大型廊道式溶洞或大型溶洞群的可能,确保所推荐的厂址在下阶段勘察

中不致得出相反的结论；其次应对地基类型、地基处理难易程度及其他由于工程建设可能引起的地质环境问题进行评价。

岩溶对地基稳定的影响，一类表现为基础下部岩溶洞穴顶板坍塌，导致基础塌落失稳，另一类为溶蚀基岩面剧烈起伏、倾斜，导致基础或桩基础滑移失稳。以上两类岩溶地质条件下，地基处理难度较大，本阶段勘察中应尽早发现，并尽可能避开岩溶洞穴分布和基岩面剧烈起伏的地段。

因此，可研阶段应采用工程地质测绘与调查、工程物探和勘探工作相配合的综合勘探方法，投入较大的勘探工作量，强调和重视岩溶问题的研究与分析，预测可能造成的岩溶工程地质问题和危害，以使决策者正确作出抉择，对以后的工程建设将起到关键的作用。

本阶段勘察除场地勘察范围应适当扩大外，地质调查的范围尚应扩大到与场地有岩溶联系的各种大型岩溶通道，如暗河、厅堂式或大型廊道式溶洞或大型溶洞群。钻孔具体深度宜根据机组容量及地形地质条件综合确定。

6.3.6 初步设计阶段勘察应着重对岩溶整治和地基处理方案进行优化论证，推荐工程地质条件相对较好的区段作为发电厂主要建筑物的建设场地。因此本阶段除应进一步查明场地岩溶发育程度和发育规律外，尚应查明基岩面，特别是隐伏型岩溶基岩面的起伏情况。

本阶段勘察手段以工程钻探为主，辅以适当的物探方法。勘探点应着重布置在地表变形塌陷和土洞可能发育区、地形低洼地段或地表水消失很快的地段、地质构造线、断层交汇处及褶皱的轴部、可溶岩与非可溶岩接触带、基岩面起伏较大以及主要建筑物地段。

除满足规定的 30m 下限外，勘探深度上限的确定还取决于对场地岩溶发育规律的认识以及机组容量大小或稳定性验算所需的岩层厚度。

6.3.7 施工图设计阶段勘察在建筑物的总体布置和主要建筑物基础形式已经确定的情况下,岩溶的勘察工作应主要结合建筑物基础位置进行。对地基基础设计等级为甲级、乙级对应建筑物的框、排架柱列式独立基础或大直径桩基础,当岩溶微弱发育或不发育时可隔基钻探,而大多数场地岩溶程度呈中等及以上发育,在这种情况下,则应采用逐基或逐柱钻探,因为柱基和大直径桩基础荷重大,需要查明柱基下有无岩溶洞隙发育。即使没有,由于岩溶地区基岩面的起伏较大,相邻柱基之间会出现意想不到的差异变化,如不逐基进行钻探就很难查明地基的变化情况。对地基基础设计等级为甲级、乙级对应建筑物的筏基、大型环形基础、条形基础或其他地段,由于基础处于整体受力状态,勘探点间距按 15m~25m 控制。若设计采用柱下独立基础形式时,则仍应采用逐基或逐柱钻探。

本阶段勘探深度要求是基于前阶段勘察已彻底排除场地内存在大规模岩溶洞穴的前提下提出的,即对地基基础设计等级为甲级、乙级对应建筑物进入基础底面(或洞底)以下完整岩体不小于 5m,对其他建筑物不小于 3m。值得注意的是,这里所指的“不小于”是对于完整岩体提出的最低要求,至于具体深度,应取决于岩体完整程度、对场地岩溶发育规律的认识、建筑物安全等级、机组容量及场地岩溶洞室稳定性验算所需的岩层厚度等诸多因素。

对于桩基础,勘探点进入桩端以下完整岩体厚度不小于 3 倍桩径且不小于 5m,并不意味着仅进入完整岩体 3 倍桩径或 5m,还应考虑桩端嵌岩深度、基岩面坡度及岩体完整程度等因素的影响。

对地基基础设计等级为丙级所对应的建(构)筑物,在基础底面以下土层的厚度大于 3 倍单独基础宽度或 6 倍条形基础宽度,且无土洞分布时,可不考虑土层下岩溶洞隙对地基稳定的影响,因此勘探深度满足地基稳定评价深度要求即可。在其他情况下,则应钻穿土层,进入基岩一定深度。由于地基基础设计等级为甲级、乙级对应的建筑物利用土层作地基持力层的可能性不大,这里仅

提出了对地基基础设计等级为丙级所对应建筑物勘探深度的要求。

6.3.8 由于地基岩溶发育的不规则性与不均匀性,加之施工图设计阶段勘察时桩位与大多数基础位置、尺寸尚未确定等原因,要求对岩溶发育程度为中等及以上的场地进行施工勘察工作。本条所列勘察范围,均非勘察工作本身原因所造成的,应由业主单位另行委托有关部门开展施工阶段岩溶专项勘察工作。

对采用大直径嵌岩桩及一柱一桩的建筑物,鉴于其一旦失稳可能造成的危害和后果,有必要进行逐桩钻探。即使是一柱一孔,当岩溶洞穴、地下石芽或石林密布、溶沟溶槽等强烈发育时,为防止产生基础失稳,确保重要建筑物安全,必要时还应沿基础周线或桩周加密布置勘探点。

施工图设计阶段勘察虽经详细的勘察,仍不可能万无一失地查清各基础位置下岩溶洞隙、溶蚀沟槽的发育状况,个别建筑物位置还要根据岩溶发育情况适当变动或修改基础设计,或由于其他原因造成了设计变更,上述条件下也应进行施工勘察。

而对于施工图设计阶段勘察时由于外部条件无法落实、未实施勘察所遗留的岩土工程问题则应属于施工图设计阶段补充勘察的范畴。

6.3.11、6.3.12 这两条提出了岩溶洞隙稳定性评价方法,其内容与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定相吻合。

当不符合本规范第 6.3.11 条和第 6.3.12 条的规定时,现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 对洞体稳定性分析方法均作了具体规定,本规范不再赘述。

6.3.13 本条提出岩溶土洞地区建筑地基处理的若干方法和工程勘察中应考虑的问题,亦是多年建筑经验的总结,对工程建设有一定的指导作用。现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB

50007 对岩溶地基处理也作了具体规定。在选用具体方法时,一定要因地制宜并注意借鉴当地行之有效的处理办法。

6.4 滑 坡

6.4.1 滑坡是一种对工程安全有严重威胁的不良地质作用和地质灾害,会对工程建设产生严重影响,发电厂工程选址时应避开滑坡发育程度高、大型滑坡等不良地段。

当拟建厂址或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时,或作为厂址比选条件的规模较大滑坡,就应超越工程设计阶段提前进行专门的滑坡勘察,并提出专项的滑坡勘察报告,避免进入初步设计或施工图设计阶段由于滑坡问题而否定厂址所造成重大影响或为整治滑坡而追加巨大工程投资的情况。

当滑坡规模较小时,可与主体工程的设计阶段一并进行勘察。

6.4.2 本条提出了对滑坡勘察的总体要求。

6.4.3 在滑坡分布或可能分布地段进行工程地质测绘与调查是十分必要的,一般应在初步可行性研究阶段或可行性研究阶段进行,以便及早发现问题并及时处理。

滑坡地段的岩(土)工程地质结构特性主要包括:周边地层、滑床岩(土)体结构,滑坡岩体结构与产状或堆积体成因及岩性,软硬岩组合与分布,滑带层位及岩性等。

滑坡裂缝调查主要在滑坡后缘的拉张裂缝、中部侧壁的剪切裂缝及前缘的扇形鼓胀裂缝等。此外,在滑坡调查中访问当地的老乡也是一个重要渠道,往往能加快加深对滑坡范围、滑坡机制的认识。

通过滑坡的工程地质测绘与调查,查明滑坡范围和主滑方向,初步判断其稳定性状况,尤其要查明滑坡产生的原因,才能有针对性地提出滑坡整治的岩土工程措施。

6.4.4 由于滑坡规模和滑动面的形态不同,滑坡勘探的工作量很难作出统一的具体规定,应充分发挥岩土工程师的主观能动性,并

根据实际情况确定。

滑坡的主滑轴线上应布置勘探线,但对规模较大的滑坡,其两侧尚应布置 1 条~3 条勘探线。此外,当滑坡区有次级滑坡时,各次级滑坡体的主滑轴线也应布置勘探线。

在钻探过程中应注意对滑动面(带)的鉴定,滑带土常具有滑动形成的揉皱或微斜层理、所含的角砾碎屑具有磨光现象等特性,同时还应鉴定滑带土的物质组成。

实践表明,在滑坡体的后缘及侧壁(必要时在前缘)等部位布置探井或探槽,可以直接观察滑坡体及滑动面(带)的情况,也可采取原状的岩土试样。

6.4.5 滑带土的抗剪强度及残余抗剪强度,可通过土工试验室内的剪切试验求得。试验剪切方向宜与滑动面方向一致,试验压力应与实际受力条件相似。当无法取原状土样时,可进行滑动带重塑土(保持其天然含水率)的反复直剪试验。

野外原位剪切试验一般不常用,实践表明,采用室内直剪法进行滑带土的抗剪强度试验能取得较好的效果。当有必要和条件许可时,应优先进行野外滑面重合剪试验。

6.4.6 本条规定滑坡稳定性验算采用的圆弧法、平面法和考虑传递系数的折线法等计算方法,经多年使用效果较好,必要时也可结合数值分析的方法。在自然界由于影响滑坡稳定的因数十分复杂,计算参数往往难以准确选定,不能简单地依靠计算,还应通过工程地质类比、工程实践经验等手段进行综合评价。

当滑坡体处于平衡状态进行反演分析计算滑动面的抗剪强度时,稳定系数 F_s 的选取非常重要, F_s 值的较小差异就会使反算的 c 值相差很大,因此 F_s 值要合理选取。对正在滑动的滑坡,稳定性系数可取 0.95~1.00;对处于暂时稳定的滑坡,稳定性系数可取 1.00~1.05。当滑动面上下土层以黏性土为主时,宜假定 φ 值反求 c 值;当以砂土或碎石为主时,宜假定 c 值反求 φ 值,这样所反演的 c 、 φ 值结果比较合理。

6.4.7 滑坡推力计算可参考现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

6.4.8 滑坡勘察整治措施建议可按下列要求提出：

防止地表水浸入滑坡体，应对滑体适当平整并夯填滑坡裂缝，在滑坡可能发展的边界外设置截水沟，滑体上设置树枝状排水系统等。地下水丰富的滑坡体，可在滑体中设置截水盲沟并与支挡结构配合疏导滑体内的地下水。

滑坡后壁及两侧岩土体较稳定时可采取在主滑区削方减载、抗滑区堆载加压措施。

滑坡的安全稳定性系数不满足要求时，应采取重力式挡土墙、抗滑桩、锚杆和预应力锚索、锚杆挡墙等抗滑措施，并验算滑坡体越过支挡物顶部滑出或从基底破坏的可能性。

当具备条件时可采用注浆法、排水等措施改善滑带土的性质。

滑坡整治应采用信息施工法。

6.4.9 工程实践表明，通过整治后的滑坡应进行两年以上的监测，如不满足要求应及时采取防治措施。当整治效果达到要求时，可以作为一般工程的建设场地。

6.5 边 坡

6.5.1 本节所指的边坡是涉及电厂各建(构)筑物的天然边坡、已有的和新设计的人工边坡，但不包含基坑边坡和坑口电厂的露天矿边坡。

露天矿边坡的长度和高度都很大，情况也较复杂，当需要通过露天矿边坡的勘察才能评价坑口电厂厂址稳定性与适宜性时，一般情况下都需要业主另行委托有经验的勘察单位按露天矿边坡工程地质勘察规范进行专门的勘察。深基坑边坡勘察则应根据本规范第 6.6 节的有关规定进行。

6.5.2 鉴于现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 已对划分建筑边坡类型、确定边坡工程安全等级等作了明确的规定，

本规范不再赘述。

6.5.3 考虑到一级边坡破坏后果严重,以及高度超过 30m 的岩质边坡、超过 15m 的土质边坡需进行特殊设计,因此对一级边坡和高边坡进行专门性的岩土工程勘察是十分必要的。一般情况下,对其他各类边坡,或初可及可研阶段边坡评价,则可与主体建筑工程勘察一并进行,但应满足边坡勘察的深度和要求,勘察手段选择应考虑边坡勘察的特性。

边坡的勘察是否要分阶段进行,应视工程实际需要而定。大型和地质环境条件复杂的边坡很难在一次勘察中将主要的岩土工程问题全部查明,而且对于一些大型边坡设计往往也是分阶段进行的,一般有必要进行分阶段勘察。其中,对一级边坡和高边坡尚需进行分阶段专门勘察。而对于工程地质条件较简单的中、小型边坡,可选择某一适宜的工程勘察阶段进行一次性的专门勘察,其他情况可随同主体工程各阶段勘察一并进行。

只有当大型复杂边坡的存在成为建筑场地的取舍与比选条件时,才应提前进行专门性的边坡勘察,这种超前的勘察是为决策者对拟选场地作出抉择提供依据,避免工程勘察与设计工作进入后期出现边坡问题而否定建筑场地或造成追加大量边坡工程治理投资。

为配合一级边坡工程的动态设计,掌握施工现场情况和信息,尚应进行专门的施工勘察。

目前对边坡规模的划分没有统一的标准,这里根据有关资料提出一个划分原则供勘察时参考:大型边坡的长度大于 300m,其高度对岩体大于 30m,对土体大于 15m;中型边坡的长度 100m~300m,其高度对岩体 10m~30m,对土体 5m~15m;小型边坡的长度小于 100m,其高度对岩体小于 10m,对土体小于 5m。这种分类不是绝对的,还应根据边坡的具体情况确定,当不能同时满足长度与高度条件时,宜优先满足高度为主要条件来确定。

6.5.4 边坡勘察目标应是查明工程地质条件,判别可能的边坡破

坏模式,提出准确的与破坏模式、工况和计算方法相适应的岩土参数,分析评价边坡稳定性,给出适宜的防治措施。各阶段勘察工作布置和勘探手段的选择可围绕此目标进行选择 and 调整。

可行性研究阶段勘察应分析边坡可能的破坏模式,为本阶段勘探手段的调整和下阶段勘探手段的选择提供参考。边坡破坏有明显方向性,建筑物平面布置时应尽可能选择有利于建筑边坡稳定的方向。

初步设计阶段勘察要求在查明各边坡地段的工程地质条件的基础上复核边坡破坏模式,对可能失稳的边坡地段进行勘察工作,布置若干验算剖面,并获取边坡稳定性验算所需的岩土技术参数,通过必要的边坡稳定性分析和验算,对边坡的整体和局部地段的稳定性作出评价。

一般情况下,由于初步设计阶段勘察时总平面布置方案尚难以最终确定,以及大型和地质环境条件复杂边坡的所有工程地质问题很难在初步设计阶段勘察中全部查明,施工图设计阶段勘察应在初步设计阶段勘察的基础上对不稳定或需整治的边坡地段,以及经初步设计审查后可能导致的设计方案变更部位和地段进行勘察,并查明尚未解决的所有边坡工程地质问题。

施工勘察应配合一级边坡工程的动态设计进行。一般情况下,对大型、复杂的边坡在施工时都要进行地质检验或地质编录,一方面核对地质资料,同时对施工开挖进行指导,有必要时还要作出地质预报。当勘察资料与实际开挖情况有较大出入,并对边坡的设计有影响时,应补充适量的勘探与测试工作。

6.5.5 测绘与调查范围应适当扩大,除场地范围外,还应包括可能影响到场地稳定性的边坡外围地段。

对大面积基岩出露的边坡,测绘与调查的观测路线宜采用穿越法,即垂直构造线与岩层走向布置,对每个不良地质体应有测线和测点控制,其间距应视边坡的地质条件而定,当岩石露头较少时,宜采用全露头标绘。对重要的地质界线或现象应进行追索性

探查,当其覆盖层较薄时,应布置适量探井和探槽进行揭露,查明其情况。对节理裂隙应选取有代表性的地段详细量测,记录其性状、相互切割与组合关系,并分析边坡的稳定性。经验表明,边坡的失稳与水的作用因素有密切联系,在进行边坡的测绘与调查时,对边坡上的每一处出水点和地下水形成的湿地及其变迁情况均应引起重视并将其查明,分析水对坡体与坡脚的软化和稳定性影响。

岩石坚硬程度和岩体完整程度是 BQ 岩体分类的基础指标,通常也是其他岩体分类的必备指标。岩石坚硬程度可采用点载荷试验等简易方法测定,必要时取岩样测定。

暴雨是边坡失稳的主要诱因之一,查明地区气象条件有助于分析边坡水体循环及水体循环对边坡稳定性的影响。

根据西南山区地质灾害防治经验,坡体上植被的改变很可能引起边坡稳定性的变化,植被砍伐量与边坡破坏率正相关。

6.5.6 勘探范围的确定,应考虑可能对建筑物有潜在安全影响的区域,并满足边坡稳定计算所需范围的要求。

边坡勘探手段应与边坡破坏模式相适应,综合考虑钻探、坑(井)探和槽探等方法。各阶段勘探线、点间距应根据边坡安全等级、边坡破坏模式、场地复杂程度和地区经验确定。一级边坡或复杂场地取小值,三级边坡或简单场地取大值,崩塌型岩质边坡勘探线、点间距可适当放宽,与本规范边坡专题中统计数值是一致的。勘探孔进入稳定地层深度的确定,主要依据查明支护结构持力层性状,并避免在坡脚出现误判。工程勘探过程中,应特别注意查明有无顺坡向的软弱夹层或软弱结构面分布。

6.5.7 抗剪强度室内试验时所选择的试验方法和条件应与自然受力条件和水文地质条件相近。室内抗剪试验时应考虑如下几个方面因素:

(1)当边坡的稳定受岩体软弱结构面或软弱夹层控制时,应采用直接剪切试验,剪切方向宜与结构面方向一致。对不受结构面

控制的较厚土层或软弱层,应采用三轴剪切试验。

(2)对加荷速率快、排水条件差的均质黏性土或有裂隙的黏性土,宜采用直接快剪或三轴不排水剪试验。

(3)当边坡运行期间岩土体受地下水、地表水浸泡或运行期间有被浸泡可能时,尚应做饱和状态下剪切试验。

(4)需要采用有效应力法计算时,应采用三轴固结不排水剪测出孔隙水压力,提供有效应力抗剪强度指标。

(5)对于岩层中的泥化夹层,当无法取样时,可刮取夹层或层面上的土样制备成土膏,进行重塑土反复直剪试验。

在现场可对软土采用十字板剪切试验。有必要和有条件时,对边坡稳定起重要控制作用的软弱面宜进行大型原位剪切试验。

为了解大型高边坡岩体爆破施工可能产生的影响,可对边坡岩体进行应力、波速及动力方向的测试。岩石作为一种材料,具有在静载作用下随时间推移而出现强度降低的“蠕变”(或称“流变”)效应,对于一些有特殊要求的岩质边坡,进行岩体“流变”试验是必要的。

6.5.8 工程地质类比法、图解分析法和极限平衡计算法是边坡稳定性分析常用的三种方法,对大型复杂的边坡,有条件时可采用有限单元法等数值分析法进行分析。应指出的是,无论采用哪种方法进行分析评价,都应在分析边坡破坏形式的基础上进行,不同的边坡有不同的破坏形式,如平面滑动、圆弧滑动、折线滑动、多面滑动、滑塌、倾倒、坠落等,如果破坏形式选择不当,必然导致分析评价的不合理。此外,还要先分析研究边坡附近的区域性工程地质资料,特别是有关边坡稳定方面的资料,才能对所研究的边坡稳定性情况得出切合实际的结果。

6.5.9 工程地质类比法是一种定性分析法,该法有历史分析、因素类比、类型比较及边坡评分等,其优点是综合考虑了各种影响边坡稳定的因素,能迅速地对边坡的稳定性及其发展趋势作出估计和预报,缺点是类比条件因地而异,经验性强,没有数量的界限。

因此在应用此法时,应全面分析已有边坡与新研究边坡的工程地质条件的相似性和差异性,同时还应考虑工程的规模、类型和对边坡的要求。在对边坡进行对比调查时,应尽可能搜集与边坡稳定分析有关的资料。应指出的是,该方法是以天然的或已有工程的边坡稳定性为基础,去定性判断新研究边坡的稳定情况,具有经验性和地区性的特点,并常与地质工作者的实践经验密切相关。

采用工程地质类比法所确定的边坡坡角和岩土抗剪强度计算参数,仅适用于工程地质条件较简单的中小型边坡。

6.5.10 赤平极射投影法是各种图解分析中常用的一种,它能较简单、迅速和直观地分析评价边坡岩土体的稳定性,是一种带有一定经验性和概念性特点的定性方法,一般适用于工程地质条件不很复杂的中小型边坡。该图解分析定性法将边坡岩体的稳定性划分为三种类型:

(1)当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向相反时,边坡为稳定结构类型;

(2)当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向一致,但倾角大于坡角时,边坡为基本稳定结构类型;

(3)当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向之间的夹角小于 45° ,且倾角小于坡角时,边坡为不稳定结构类型。

对用图解法判定为不稳定的边坡,必要时应用实体比例投影法进一步求出不稳定体的形状及规模,并采用计算方法做验证。

6.5.11 采用极限平衡算法,在进行边坡稳定性验算时需将边坡划分为若干区段,根据每一区段的岩土技术剖面确定其可能的破坏形式,合理选用计算公式,并考虑所受的各种荷载,如重力、水作用力、地震力和爆破振动力等。

6.5.12 边坡稳定性验算应合理确定边坡的各项边界条件、岩土层指标,而如何正确选择计算所需的抗剪强度指标是边坡稳定性验算的关键所在,亦是边坡设计成败的关键。计算所需的抗剪强度指标应在原位试验和室内试验的基础上,结合工程经验、反分析

计算等方法综合确定。

不同土质、不同工况下,岩土抗剪强度是不同的,因此岩土抗剪强度试验指标应根据土质条件和工程实际情况确定。对土质边坡,当处于稳定状态时采用峰值抗剪强度乘以折减系数 0.8 后的折减值,若已经滑动则应采用反复直剪的残余抗剪强度,若处于饱水状态时应用饱和状态下的试验值。对于岩质边坡,当边坡的稳定性由结构面控制时,结构面的抗剪强度指标宜根据现场原位试验确定,当无现场试验条件又无法取得室内试验指标时,可根据结构面的结合程度和反分析计算结果综合确定。

6.5.13 边坡稳定安全系数的取值取决于多方面的因素,包括边坡安全等级、计算方法、地质条件复杂程度、破坏后所造成的严重性以及勘察资料的准确性和完整程度、施工控制的不可靠性和设计参数的取值等。

6.5.14 边坡的稳定分析涉及边坡的范围及其平面、剖面的形状,岩土的质量及其抗剪强度,地下水和边坡的营运年限等多种因素。由于边坡的地质条件复杂,所涉及的因素都是随机的,即使稳定系数大于 1,也不能认为边坡的稳定性十分可靠,有必要进一步做概率分析。边坡稳定的可靠度是上述变量因素的联合概率,通常进行可靠性分析需要采集大量的测试数据来确定其分布,并借助计算机进行分析,一般情况下不易办到。因此本条对该项分析方法未作硬性规定,只在有条件时,对一级重要建筑物有重大影响的大型边坡,才提出进行边坡稳定的可靠性分析。

6.5.15 坡率法是一种较为经济、施工方便的方法,对有条件的工程场地,一般情况下应优先采用。本规范附录 A 所推荐的边坡坡率允许值仍源自原规程《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074—2006,依据岩石硬度、风化程度和边坡高度确定岩质边坡允许坡度值,与现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 依据边坡岩体类型有所不同。

6.5.16 人工填方边坡一般在勘察期间尚未形成,边坡填土质量

与填筑材料、设计方案与技术要求、施工方法和施工质量有密切关系,不是勘察工作本身所能控制的。当采用压实填土边坡时,进行施工前的现场剪切试验或室内试验和对填土施工质量检验、验收是十分必要的,同时也应考虑边坡颗粒组成随时间变软、变小的特性,特别是易风化的泥岩。

6.5.17 边坡加固方案可考虑以下建议措施:

(1)对高度较小的边坡,可采用重力式挡墙;对岩质边坡或局部不稳定的岩块,可采用清除或锚喷支护;对潜在滑面较深的不稳定坡体,可选用锚杆(索)或预应力锚杆(索)、排桩式锚杆挡墙、板肋式锚杆挡墙、格构式锚杆挡墙等支护;对高度较小的土质填方边坡,可采用扶壁式挡墙。

(2)对边坡稳定性较差的压实填土边坡,可采用设置堆石棱体、重力式挡墙、抗滑桩或埋设土工格栅等加强措施。

(3)对软弱岩体或高度破碎的裂隙岩体宜采用浆砌片(块)石铺面或喷射混凝土等抗风化、护面措施。对土质边坡、填方边坡应采用浆砌片(块)石、格构或种植草皮等护面措施。

(4)对软弱层或软硬互层的岩体边坡,应清除其易风化的表层,并在清除的岩腔内填筑混凝土或浆砌不易风化的块石。

(5)当采用爆破法施工时,应采取有效措施避免爆破对边坡和坡顶建(构)筑物的破坏。当开挖清爆斜坡接近设计的坡面与坡角时,开挖施工应设置防震孔,并采用非爆破法清除表面的松动块体。

(6)为防止地表水浸入坡体、冲刷坡面以及排除地下水,可采取修筑排水沟、截水沟和盲沟等措施。

6.5.18 有必要时,应对大型边坡的地下水及边坡的变形进行监测。地下水的监测包括水位、水量、水压等,监测时间至少为一个水文年,确定边坡整治效果的水文地质的监测尚应持续到确认边坡稳定为止。对边坡的变形监测,主要测量坡面的位移,重点应是边坡的可能不稳定区段和采取支挡、锚固措施的部位。目的是验

证加固系统是否起到预定的效果,如未起到预定的作用,应及时提出补救措施并做好边坡稳定的预报工作。

6.6 深基坑工程

6.6.1 本条对深基坑工程勘察工作的一般要求进行了规定。深基坑主要指基坑深度大于 6m 的基坑,本条所提出的勘察要求仅适用于土质基坑,岩质基坑可借鉴岩质边坡的勘察要求进行。

6.6.2 初步设计阶段深基坑工程勘察主要是为基坑的支护方案提供建议,供设计参考。其工作量应根据已有资料和设计 requirements 确定,并应布置适量的勘探孔和室内试验。

6.6.3 施工图设计阶段深基坑工程勘察工作需查明基坑开挖影响范围内的岩土物理力学性质和地下水条件,为基坑开挖设计提供必要的资料。勘察点的布置和深度应能覆盖基坑开挖可能影响到周边土体变形的范围。基坑的支护形式影响基坑的变形和破坏模式,勘探点的布置范围应结合基坑支护形式。当有基坑降水要求时,勘探点的深度应能为基坑降水方案的确定以及设计提供必要的边界条件参数。

6.6.4 基坑设计土压力计算方法一般有有效应力法与总应力法之分。对于黏性土,当采用有效应力法时,将土压力分为水压力和有效土压力两部分,而有效土压力的计算按理应采用有效应力法的强度指标,可是由于取得有效应力指标比较复杂,当前一般还是采用总应力法的强度指标;当采用总应力法计算时,应提供总应力法的强度指标。对于砂土,不管是有效应力法还是总应力法,均可采用慢剪指标或用固结不排水剪经孔隙水压力修正后的有效应力指标计算。总之,各土层的抗剪强度指标需与基坑设计土压力计算方法相匹配。

地下水条件影响到支护结构上土压力的大小、基坑降水的难易程度和方式的选择。另外,基坑降水可能会引起地面沉降,对周边建(构)筑物造成影响。地下水往往会成为深基坑工程成

败的关键因素。深基坑工程勘察中需对地下水进行认真的勘察和分析。

基坑对邻近建筑物和地下设施的影响,在旧厂改建和扩建工程中尤为突出,须给予充分重视。

对于膨胀土和软土等特殊土,在勘察阶段需给予足够重视,防止在设计参数取值、施工处理等方面对该类土特性考虑不足,基坑开挖过程中边坡发生滑塌事故。

6.7 填方工程

6.7.1 为提高场地标高,通过勘察、设计、施工等有组织的工程活动,将填方转化为具有预期使用价值的过程称为填方工程。作为土石方工程的一部分,填方工程在火力发电厂工程尤其是山区电厂建设中普遍应用,为了充分利用占地面积和平衡挖填方量,往往需要削山填谷(海),因此火力发电厂工程中土石方工程量均较大。目前,大型坑口电厂或滨海山区电厂的挖填方总量一般在 $300 \text{ 万 m}^3 \sim 800 \text{ 万 m}^3$,少数电厂已经大于 1000 万 m^3 。

填方工程为本规范新编内容。本规范编制过程中,编制组通过搜集发电工程中的填方工程勘察、试验、检测实例,对填方工程定义、填方工程勘察、石渣土的工程特征、填土主要岩土工程问题、填土地基处理等进行调查和研究,编制完成了《填方工程勘察》专题研究报告。填方是指工程场地标高高于原地面时,从原地面填筑至场地标高部分的土石体积。用人工、机械、爆破等方法进行土石方的开挖、运输、平整、清理及回填等工程活动称为土石方工程。常见的土石方工程有:场地平整、基坑(槽)与管沟开挖、路基开挖、人防工程开挖、地坪填土、路基填筑以及基坑回填。

现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 也新增了填方工程概念以及填方设计的相关规定。

本节适用于填方工程和既有填土的发电厂岩土工程勘察,规定了场地回填前的填方工程勘察和既有填土勘察两方面的内容。

6.7.2 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011规定:拟压实的填土地基应根据建筑物对地基的具体要求进行填方设计。

本条规定了场地回填前填方工程勘察的内容,以满足填方设计的需要。在查明场地工程地质条件和回填物质来源的基础上,分析、论证工程场地填方方案,提出填方回填、压实的建议措施,是填方工程勘察的重要内容。同时,也要分析、预测填方工程中可能存在的岩土工程问题。

回填土沉降问题是填方工程的主要问题之一。填土作为一种欠压密土,浸水后会产生附加竖向变形,而且在复杂边界条件下,填筑体会产生除湿陷外的侧向变形,统称为湿化变形。地下水位的上升、地表水的下渗都会引起填土的湿化变形。有研究资料表明,无论是碎石类、砂类土还是黏性土,即使压实系数达到 0.9 以上仍存在明显的湿化变形。土的湿化变形与干密度有关,随着初始含水率和压密度的增加,湿化变形减小,所以填方工程中严格控制填方的密实度将有利于减少湿化变形。

填土性质的不均匀会导致填土地基的不均匀变形,也是填土地基的主要问题之一,需要在结构和地基处理两方面采取防治措施。

山区火电厂填方区域存在大量的压实填土,当采用压实填土作地基持力层时,除需考虑地基主要受力层深度范围内压实填土的地基强度及地基变形外,还应考虑回填土自重荷载作用下引起的回填土自身沉降,以及上覆填土荷载作用引起的原覆盖土层的沉降变形。据初步计算和现场观测,当深厚填方区域填土厚度大于 30m 时,其自身的理论沉降值可能达 1m 以上,虽在分层碾压或堆填强夯过程中,回填土的大部分自身沉降变形已经完成,但仍存在一定的剩余沉降变形,工程勘察设计时往往会忽略其可能造成的影响。

电厂荷重较大或对沉降敏感的建(构)筑物不宜利用填土作地

基土,而一些轻小型设备基础采用压实填土作地基时也应采取相应措施,如基底下铺设一定厚度的碎石垫层或砂垫层,采用条基、联合基础、整板基础等构造措施。总结以往工程经验,在黏性类或软质填土料以及深厚填土地地上应慎重利用压实填土作地基。即使填土质量较好,现场载荷试验结果满足承载力和抗变形要求,但由于填土自身的不均匀性和时效性,运行过程中也难免会出现不均匀沉降问题。

6.7.3 本条虽规定了填方工程施工前应进行现场原体试验和室内击实试验,但切不可理解为是填方工程勘察工作应完成的内容,而是填方设计、施工前应进行的专项试验。一是由于勘察阶段各种外部条件因素尚不具备完成上述试验的条件,二是试验往往需要高昂的试验费用,这些费用需要在工程建设费用中列入估算和概、预算。

本节所述石渣土为经过人工爆破、搬运、压实或夯实等过程,将岩石破碎后的岩块、岩屑、岩粉和少量土料人工堆积而成的填土。其颗粒组成、颗粒级配均与碎石类素填土有较大的差异,石渣土尤其是软质石渣土具有强度易于软化的时效性特征。

本条所述巨粒土、粗粒土、细粒土是根据国家标准《土的工程分类标准》GB/T 50145—2007 的规定进行粒组划分的,即:巨粒组($d>60\text{mm}$)质量大于总质量的 50% 的土称为巨粒土,粗粒组($60\text{mm}\geq d>0.075\text{mm}$)质量大于总质量的 50% 的土称为粗粒土,细粒组($d\leq 0.075\text{mm}$)质量大于总质量的 50% 的土称为细粒土。

6.7.4 未经填方设计处理形成的填土,本规范称为既有填土,即已经存在的回填土。既有填土勘察也可以理解为通常意义的填土勘察。回填后的既有填土勘察要求查明和评价既有填土的分布与工程性质,也是填方工程勘察的组成部分之一。

6.7.5 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 对填土的勘探、测试及评价等内容已经作了规定,本规范不再赘述。

6.8 桩基工程

6.8.1 桩基具有承载力高、稳定性好、变形绝对值小、不均匀变形和变形速率小、各种工程地质条件适用性强等特点。发电厂主要建筑物对承载力和变形要求较高,因此桩基在发电厂中的运用越来越广泛。

根据对电力勘察设计单位的调查,从全国范围看,发电厂电源点分布广泛,地基类型和桩基形式多种多样,现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 涉及的桩型大部分在发电厂工程中有过应用,桩的最大直径达到 2200mm,最大桩长超过 60m,基础最大宽度超过 40m。发电厂桩基工程费用与发电厂的总投资相比,所占份额较小,而发电厂一般要求桩基工程施工速度快、施工质量稳定,因此在发电厂桩基设计中倾向于使用技术成熟、质量可靠的桩型。桩基勘察也应尽量从采用成熟桩型的角度开展分析评价工作。

本条概括了发电厂桩基工程勘察工作的主要内容。本条的规定应理解为从勘察角度开展各项工作,并不能代替桩基设计和施工。最终的桩基工程评价是在综合了各方面的因素后确定的。

在进行发电厂桩基工程勘察时,除应符合本规范的规定外,尚应符合其他现行国家标准、行业标准、地方标准中关于桩基勘察的规定。其他现行国家标准和行业标准,主要包括《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 等。一般而言,主要的国标、行标和工程所在地的地方标准均应执行,尤其是强制性条文。当不同标准间存在不协调或矛盾时,标准的执行顺序有时很难确定。总体而言,应当按从严的要求执行,但也不能一概而论。当涉及重大质量、安全和费用等问题时,若各标准间存在较大差异,宜通过专门的研究确定。执行各标准时应考虑标准条文规定的性质,不应把建议性的规定作为必须严格执行的规定。考虑

到本规范为国家标准,而发电厂桩基工程勘察存在很多具体的问题,很难用规范条文的形式对全部桩基工程勘察问题作出规定,很多方面也不宜作出过于严格的规定而导致执行困难,因此很多条文采用了建议性的用词。目前我国的建设工程技术控制实行的是强制性标准与推荐性标准相结合的体制。从本规范的编制背景看,具有推荐性标准的特征,与国外的技术标准相接近。本次桩基工程勘察规范的条文编制也努力遵循这一原则,在确保桩基工程勘察工作质量的同时,希望给岩土工程师留有一定的发挥空间。因此桩基工程勘察最终采用的标准和条文应由勘察单位进行评审确定,协调不同规范之间的矛盾,以期达到符合实际工程要求的目的。建议评审意见可由注册岩土工程师签字确认并作为勘察工作的依据。必要时所采用的标准或条文,应征得业主或设计部门的认可。

无论国标、行标,还是地方标准,对无法严格规定的条文会采用一些建议性质的用词,如“宜”、“可”等。目前对这些条文的执行是混乱的。“宜”、“可”等建议性用词,在一般情况也应得到执行,但有些特殊情况可适当突破或放宽要求。对于突破或放宽的尺度应该由谁来把握,各规范没有明确指出。实际工作中对建议性质的条文,其突破或放宽的尺度也应有所控制,并不能将突破或放宽的尺度扩大化。规范的规定既不能误导一般条件下的勘察工作,又不能限制对特殊工程地质条件或新的勘察手段与方法的探索,在规范勘察行为的同时,又能充分发挥岩土工程师的工程经验和主观能动性。国内外的工程实践表明,赋予岩土工程师一定的权限,提升岩土工程师的技术地位,对促进技术进步是非常有益的。因此如果需要突破或放宽要求,建议由勘察单位进行评审,评审意见由注册岩土工程师签字确认,并作为勘察工作的依据。

6.8.2 桩基工程勘察各阶段的工作内容和深度应有所区别。

初可勘察阶段一般不进行现场勘探,而是通过现场踏勘,搜集区域地质资料、附近已有工程勘察资料及结合当地建筑经验等初

步了解场地工程地质条件,结合发电厂建设规模和上部荷载要求等,对采用桩基的可能性以及可选桩型的适宜性等作出初步判断,作为厂址比选的条件之一。

可研勘察阶段一般需开展现场勘探,初步查明场地工程地质条件,评价可选桩端持力层的适宜性及特点,进行桩基方案论证。可研阶段提高勘察深度和精度,避免遗留过多的问题,有利于工程后续阶段的顺利推进。对于发电厂原址改建、扩建,已有资料经评审满足本阶段工作需要的,可不进行现场勘探或仅局部补充部分工作予以验证。

初步设计勘察阶段工作的重点是为最终确定桩型、桩端持力层、桩基承载力、施工设备和工艺等提供依据和参数,其中涉及试桩施工及原体试验等工作。本阶段需要为试桩设计与施工提供必要的技术参数,并推荐合理的施工设备和工艺;配合设计进行桩基选型优化,确定试桩场地、桩型、桩的截面尺寸和桩长;独立承担或配合试桩工作,认真分析试桩成果,积累桩基设计和施工经验。试桩场地的选择与勘察非常重要,试桩场地的选择应具有代表性,尤其应与主厂房等地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物地段的工程地质条件基本一致。当工程地质条件复杂、桩长和桩型差别较大时,不排除选择两处及以上的试桩场地。

施工图设计阶段勘察应以建筑物平面布置、上部结构特点和桩基形式、桩长、持力层、承载力和变形要求等为依据设计勘察方案,详细查明各建筑物地段的工程地质条件,为桩基设计与施工提供必要的技术参数和咨询服务。本阶段宜搜集各建筑物,尤其是地基基础设计等级为甲级、乙级所对应的建筑物的桩型、桩长、持力层、承载力和变形要求、承台尺寸、桩顶埋藏深度、基坑开挖深度及范围、降水措施、桩基受力特点、柱脚荷载和弯矩等信息。准确了解以上信息,对优化勘察方案、避免重大遗漏具有十分重要的作用。施工图设计阶段勘察一般宜按建筑物地段实施和提供勘察资料。勘察过程中应关注零星建筑物平面位置的变化情况。

对工程地质条件复杂的特殊地区(如岩溶地区),仅凭施工图设计阶段勘察往往不能满足实际工程的需要,因此进行施工勘察是十分必要的。有的工程甚至在投产后也需要进行勘察,亦可归为施工勘察。岩溶地区工程普遍存在施工勘察阶段,第 6.3 节对此已作出规定。其他特殊场地是否需要进行施工阶段勘察,可根据工程实际需要确定。

6.8.3 本条对勘探深度作了规定。控制性勘探孔应理解为满足宏观控制地层和沉降计算需要而布置的勘探孔,因此控制性勘探孔不一定是钻孔,也可以是探井、井孔、原位测试孔或其他类型的勘探孔。

可研勘察阶段,勘探深度应符合本规范第 4.2 节的规定。勘探深度应初步查明场地的工程地质条件,满足不同桩型、桩长技术经济比较的需要。本阶段适当加大勘探工作深度和精度,从宏观上准确把握场地的工程地质条件,对后续工作的顺利推进十分有利。

初设勘察阶段规定一般性勘探孔深度宜钻至桩端平面以下 3m~5m,这一规定主要是为了控制持力层厚度、性质及其顶板的起伏变化。控制性勘探孔深度可按桩基沉降计算深度确定,以查明桩端持力层和下卧层,掌握地层在垂直方向的分布规律和性质,为本阶段桩型的确定、桩端持力层的选择和沉降计算等提供依据和参数。桩基沉降计算深度一般宜根据可研勘察资料经计算后确定。目前发电厂岩土工程勘察与设计分属于两个不同专业的情况还普遍存在,岩土工程师难以掌握基础尺寸和上部荷载情况,沉降计算深度在勘察阶段由岩土工程师确定存在一定难度。本着谁设计计算谁负责提供的原则,若桩基工程设计由结构工程师承担,应由结构工程师提供沉降计算深度。为推动桩基勘察工作向桩基设计领域渗透,鼓励勘察单位搜集相关资料进行桩基沉降计算,以准确确定控制性勘探孔深度。当不具备桩基沉降计算条件时,可根据工程经验确定控制性勘探孔深度。当桩型、桩长等未最终确定

时,应按可能的最大桩长考虑勘探深度,避免勘探深度无法满足不同桩型、桩长技术经济比较的需要。

施工图设计阶段勘探工作量大,因此既要避免无节制地加大勘探深度造成人工、材料、时间的浪费,也要坚决杜绝勘探深度不足的现象。本阶段桩型、桩长、持力层、承载力和变形要求等已经基本确定,因此具备了准确确定勘探深度的条件。当持力层为中等风化~未风化基岩时,桩型有可能是端承型桩,一般性勘探孔的深度要求宜适当加大,因为桩端平面及以下一定深度范围内的岩层对桩基安全有非常大的影响,不得有丝毫马虎。当长径比较大时,桩型可能为摩擦型桩。此时勘探孔进入桩端平面以下的深度要求可以适当降低。但对岩溶地区,即使为摩擦型桩,也不应降低勘探深度要求。当桩端持力层为风化岩、残积土或第四系地层时,对于端承型桩,要求较高;对于端承摩擦桩,要求略微降低;对于摩擦桩,要求最低。

勘探深度的确定是个重要的课题。因为工程特点和地质条件千差万别,勘探深度规定不可能覆盖所有工程类型和地基条件,因此相关条文用词均采用“宜”,作为建议性的规定。一般情况下,应保证勘探深度,避免对异常情况的漏查错判。工程实践证明,地层简单的场地,当地基基础设计等级为乙级、丙级所对应建筑物对桩基承载力和变形要求不高时,在对宏观工程地质条件已经基本掌握的前提下,由岩土工程师根据实际情况和当地工程经验作出判断并适当调整勘探深度是可行的。若不能按规范规定的深度要求开展工作,应由勘察单位进行评审,评审意见作为勘探深度确定的依据。

本次对进入持力层深度与进入桩端平面以下深度的说法进行统一,即全部按桩端平面的概念来控制勘探深度。持力层是一个综合的概念,不应理解为只是桩端坐落在其中的地基岩土层才是持力层。很多情况下并非是单一地基岩土层发挥持力层的作用,尤其是桩端所在岩土层较薄,相邻下部岩土层性质差别不大甚至

更优时。因此持力层只是桩端主要受力层的习惯说法,可以是一层地基岩土,也可以是多层地基岩土的组。除了应准确理解持力层的含义外,勘察工作中还应当牢记桩长或入土深度的概念。当持力层埋藏浅且厚度大时,设计往往加大桩端进入持力层的深度以获得更高的承载力或减小变形量。如果单纯以持力层作为一般性勘探孔深度的确定条件,可能会出现勘探深度不足的情况。

对于是否布置控制性勘探孔以及控制性勘探孔深度的确定,各种规范的说法不一,差距很大。本规范认为应从设计的实际需要出发,首先应明确控制性勘探孔的作用。一般情况下,控制性勘探孔主要用于沉降计算。但也有观点认为,布置控制性勘探孔不仅仅是用来进行沉降计算,有时也需要查明桩端以下一定深度范围内是否存在可能影响桩基稳定的不良地质体。考虑到发电厂勘察阶段划分不同于一般工民建工程,在施工图设计勘察前一般已经开展过可研和初设勘探,对于发电厂桩基工程而言,施工图设计阶段该作用明显不大。因此,发电厂桩基工程控制性勘探孔的主要作用仍定位于满足沉降计算的需要。现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 第 3.1.4 条规定:当建筑物采用桩基时,下列情况应进行沉降计算:设计等级为甲级的非嵌岩桩和非深厚坚硬持力层的建筑桩基,设计等级为乙级的体型复杂、荷载分布显著不均匀或桩端平面以下存在软弱层的建筑桩基,软土地基多层建筑减沉复合疏桩基础。现行行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规范》DL 5022—2012 也有类似表述。因此是否布置控制性勘探孔,取决于建筑物是否进行沉降计算。对不需要进行沉降计算的建筑物,施工图设计阶段可不布置控制性勘探孔。对需要进行沉降计算的建筑物,应按沉降计算深度确定控制性勘探孔深度。其他的经验方法,尤其是以基础宽度来确定控制性勘探孔深度的方法,各规范取值范围差别较大。现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009 年版)第 4.9.4 条第 4 款条文说明

指出:仅仅将钻探深度与基础宽度挂钩的做法是不全面的,还与建筑物平面形状、基础埋深和基底的附加压力有关。不同情况下的变形计算深度差距很大,如根据北京市勘察设计研究院的计算结果,不同情况下给出的范围是 $0.6b \sim 2.0b$ (b 为基础宽度)。以发电厂最大基础宽度超过 40m 考虑,其值范围在 24m \sim 80m。这样大的范围在实际操作中很难进行控制。因此以基础宽度确定控制性勘探孔深度的做法操作性不强。本次规范中对此不再作规定,只限于沉降计算条件不具备时根据经验参照采用。

条文对控制性勘探孔增加了数量上的要求,采用“宜”的表述,允许勘察单位进行适当调整,尤其应结合设计的要求和实际地质条件确定。该数量基本上与现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定一致。

施工图设计勘察阶段的勘探孔,包括利用的勘探孔,一般情况下应符合本条第 3 款的规定。不能按该款规定执行时,经评审确认可适当减小勘探深度。勘探孔深度减小的限度为:对于地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物,用来进行桩长设计的勘探孔,一般情况下其深度应超过桩端平面,因为再均匀的地基岩土层也很难保证局部不会出现异常。因此勘探深度超过桩端平面是最基本的要求,应该严格执行,避免出现用于桩长设计的勘探孔深度小于桩端平面深度的情况。此处强调勘探孔为用于桩长设计的勘探孔,是基于如下考虑:在勘探孔间距、深度已经满足桩基设计要求的情况下,场地内可能会布置一些用于其他用途的勘探孔,用来查明夹层、透镜体等。这些勘探孔不必要求一定要进入到桩端平面以下。这些勘探孔可用于桩基其他方面的设计和评价,但不得用于桩长的确定。对于已经穿过风化基岩进入中等风化基岩的勘探孔,如果区域性地质资料表明基岩性质稳定,不存在空洞、破碎带等,对于地基基础设计等级为乙级、丙级所对应的建筑物是否一定要求勘探孔深度超过桩端平面,由勘察单位评审确定。

本条勘探深度的规定主要是针对抗压桩而言的。对于主要抵抗水平力和抗拔的桩基,勘探深度可根据工程经验、设计要求等经评审后确定,一般情况下勘探深度可以适当降低。

6.8.4 勘探点的平面布置规定主要用于查明地基岩土层在平面的分布与性质,结合勘探深度的要求,即可获得地基岩土的空间分布和性质。

可研、初设的勘探点平面布置应分别符合本规范第 4.2.7 条、4.3.7 条、第 4.3.8 条的规定。试桩区勘探点宜按试桩区边界、中线或对角线等进行布置,对于端承型桩,勘探点宜根据试桩桩位进行布置。施工阶段勘探点的布置宜根据出现异常情况的部位,结合实际工程需要确定,并注意勘探点位置选择的适宜性。

施工图设计阶段勘探点的间距与采用的桩型、桩距、场地和地基的复杂程度以及桩基设计所要求的精度等有关,难以规定出适用于各类桩型和不同复杂程度地质条件的间距标准。在一般情况下,勘探点间距采用 15m~35m 可满足桩基设计要求。当地基岩土的均匀性较差或地层的起伏变化较大、可能影响桩基质量和安全时,应增加勘探点进行验证或查明地层的变化;以风化基岩作为桩端持力层的打入或压入桩,设计和施工要求的勘探精度较高,当基岩面起伏较大时,应适当加密勘探点间距,必要时可逐基、逐柱进行勘探。现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中对勘探点间距的具体要求有较为详细的规定,可参照执行。发电厂主厂房纵向柱距一般为 10m~12m,横向柱距差别较大,汽机房在 30m 左右,煤仓间为 12m~22m。因此条文规定桩基工程勘察勘探点间距宜为 10m~35m,地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物、地基岩土层复杂或设计精度要求高时取小值。下限取 10m 考虑了主厂房的最小柱距。勘探点间距的确定应因地制宜,不能完全套用。总体来看,经过大量的工程实践,该勘探点间距规定能满足一般工程的需要。有的单位提出地层简单均匀时,勘探点间距对部分地基基础设计等级为乙级、丙级所对应的建筑物要求过高。

国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001、《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 等均规定勘探点间距上限为 35m。虽然发电厂整体的重要性较高,但部分地基基础设计等级为乙级、丙级所对应的建筑物要求并不是很高,尤其当场地工程地质条件简单时,适当放宽勘探点间距限制是可行的。同时,应理解规范用词为“宜”,是允许实际工作中有所调整。为了确保勘探点间距不至失控,与勘探深度一样,当不能按本条规定执行勘探点间距要求时,建议由勘察单位进行评审确定勘探点间距。深度不满足桩长设计要求的勘探点,不得考虑用来控制或计算勘探点间距。随着电源点日益减少,很多发电厂利用原有场地进行改建、扩建,或位于已有建筑物密集分布地区,部分场地甚至在施工图设计勘察阶段仍然存在影响勘探孔就位和开展工作的因素。对这种情况,要求在策划阶段就应对影响勘探孔就位的因素进行分析,合理布置勘探孔。勘探孔布置确实无法满足要求时,应在障碍物清除后进行勘探工作。

对于重要的建筑物,岩土工程师比较重视,在勘探孔的平面布置上不惜增加工作量。但对于部分地基基础设计等级为乙级、丙级所对应的建筑物,如单体较小的零星建筑物或建筑物群,如何布置勘探孔反而困难。完全按建筑物轮廓线、轴线或柱列线布置勘探孔,其勘探点间距甚至小于地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物,显然不合适。不按建筑物轮廓线、轴线或柱列线布置,必然会有一些勘探点的位置不在建筑物范围内。本规范认为,从工程实际出发,只要勘探点间距合理,即使勘探点不在建筑物范围内,也能控制场地地基岩土的分布和性质。因此本次增加了相关内容的规定,以便于实际操作。

本条第 2 款第 3 项对于狭长形建筑物和形体较小的单体建筑物,选择 10m 作为界线考虑勘探点布置,是参照了本条第 2 款第 1 项勘探点间距宜为 10m~35m 的规定。同时认为,若建筑物长度或直径小于 10m,勘探点布置在建筑物中心位置,实际上向外推测

的距离大约为 5m~7m,大致相当于相隔 10m~14m 勘探点连线中点位置地基岩土层的勘探精度,一般情况下能够满足勘探精度要求。

很多发电厂具有分期建设的特点,后期工程主厂房一般与当期工程扩建端距离很近。有的工程为减少今后桩基施工的难度和对已有建筑物的影响,对扩建端外侧会先行施工后期工程一个柱距范围内的桩基。当设计有要求时,勘察工作应满足该范围内桩基先行施工的需要。

本条第 2 款第 6 项增加了抗拔桩勘探点间距要求。一般而言,抗拔桩的地层精度要求相对略低,故勘探点间距予以适当放大。当地质条件复杂时,可根据设计要求等予以适当加密。

本条第 2 款第 7 项规定了控制性勘探点在平面上的布置要求,避免出现控制性勘探点数量满足要求但在平面布置上不合理的情况。

6.8.5 取样和试验的目的是为查明地基岩土的空间分布及均匀性,提供桩基设计和施工所需要的技术参数。本条针对桩的不同类型和地层条件,并考虑到统计数量的需要,对主要地基岩土层的主要物理力学指标和原位测试的数量规定了最低要求,在工程实践中尚可根据实际情况因地制宜增加,并应分析各指标在垂直与水平方向上的代表性。对于取样和原位测试数量,现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001 规范第 4.1.20 条第 2 款作了规定,但在对该款的理解上时有不同意见。本规范可以明确,只要满足取样数量或原位测试数量中的任何一个方面,即可认为满足要求。当然在条件具备时同时满足两个条件以便进行参数间的互相印证是值得鼓励的。该数量要求是在满足剔除粗差和异常数据前提条件下的基本数量。当地基岩土不均匀时,应增加取样和原位测试数量。

本规范认为主要地基岩土层可引申为桩端主要受力层、软弱下卧层、主要压缩层、基坑开挖深度范围内的岩土层、桩周对成

(沉)桩质量或难易程度有较大影响的岩土层。这些岩土层对桩基承载能力、变形特征、基坑开挖、支护、降水方案以及成(沉)桩质量和难易程度具有很大的影响,甚至影响到桩基工程的成败,是勘察工作关注的重点,应加大取样或原位测试的力度。

不同桩型所需参数要求不尽相同,仅从数量上作出规定并不合适。因此本次强调对不同桩型应区别对待。部分参数对有的桩型而言,仅需要从宏观上对地基岩土进行把握即可满足评价的要求。这些参数可以从统计学角度出发,规定取样或原位测试的数量。但是对于部分桩型的关键参数,除应满足数量上的统计要求外,每一个勘探孔都应进行取样或原位测试,必要时应采取多种参数进行互相印证。如风化岩、残积土或坚硬密实的第四系地层中的端承型桩,桩端主要受力层范围内,每个孔都需要足够的取样或原位测试数据来保证查明主要受力层的稳定性和均匀性,防止遗漏局部出现的软弱夹层等。因为任何一处的漏查错判,其危害都是无法弥补的。如果仅从数量上作出规定,很可能对勘察工作产生误导。在进行勘察方案策划时,应对主要地基岩土层、主要参数等予以明确。

目前来看,砂土、碎石类土由于取样手段和质量无法保证,取样质量难以达到Ⅰ级,部分指标如压缩模量、抗剪强度指标等难以准确提供。这种情况下允许根据原位测试指标换算或工程经验确定,同时鼓励勘察单位加强对此类土取样质量的研究。有些试验指标,如粉土的液限、塑限指标,土工试验很难做准确,工程中也很少根据这些指标进行地基岩土分析评价;有的地基岩土层,如局部出现厚度较小的夹层、透镜体,或超过强度和变形计算要求深度的岩土层,其指标对桩基设计和施工质量基本没有影响。对上述试验指标强调其数量是没有必要的。

由于发电厂建设场地范围一般较大,施工图设计阶段勘察报告宜分建筑物地段进行编制,因此本条第3款强调,前款中规定的数量是按各建筑物地段分别统计计算,而不是针对整个发电厂而

言。对整个发电厂而言,上述数量明显偏少。

原位测试在某些方面相对于取岩土样进行室内试验具有一定的优势,国外的勘察工作更加注重原位测试的应用。工程实践中应加大原位测试应用研究的力度,尤其应关注可获得相关桩基设计参数的原位测试方法。

随着环境保护要求的日益提高和桩基设计、施工的技术水平的发展,桩基设计、施工所需的参数也会发生一些变化。应密切关注桩基设计施工对勘察工作的新要求,适应桩基工程的发展。

6.8.6 本条中对桩基工程勘察应提供的地基岩土主要物理力学指标作了规定。在桩基设计中,选择桩端持力层确定单桩承载力,选定桩型、桩长及截面尺寸进行桩基布置和桩端地基强度验算以及桩基沉降计算等,均需提供必要的地基岩土资料和有关桩基设计的参数。岩土工程师应与结构工程师密切配合,确定所需参数及用途,以满足设计和施工需要。岩土工程师除应知道地基岩土参数获得的方法,还应知道这些参数的用途,甚至知道地基岩土参数的精度要求以及对桩基设计和施工的影响程度。

没有针对性的取样试验和提供地基岩土参数是勘察工作中的普遍现象,造成勘察与设计、施工脱节,不利于勘察水平的提高。因此本条强调,地基岩土参数除满足表征地基岩土层空间分布、基本特性、稳定性和均匀性外,地基岩土参数的提供应具有针对性,满足不同桩型设计和施工对地基岩土参数的要求。对桩基设计和施工没有作用或作用不大的参数可适当减少数量,甚至取消。

本条第4款所指主要桩基设计指标是指桩端阻力和侧阻力指标。由于试桩工作的局限性和地质条件的变化不应完全照搬试桩结果,而是应根据地基岩土层的变化,结合试桩结果提出适宜的参数。

对桩基勘察中与设计、施工有关的地基条件和参数的主要用途汇总于表1,供桩基勘察取样、试验、评价时参考。

表 1 地基条件和参数主要用途一览表

序号	地基条件或参数	主要用途
1	原始地面高程、设计地面高程、层厚与层底高程、地层坡度等	桩顶标高设计,送桩深度设计,持力层选择,桩型、桩长设计,承载力和变形验算,成(沉)桩工艺选择,桩基稳定性验算
2	地形地貌,掩埋的沟、塘、浜等	施工设备、工艺选择;桩基水平承载力计算,整体稳定性计算;配筋构造措施设计
3	岩土定名、分类、状态、密实度、含混物、夹层等	桩身构造设计,泥浆护壁措施设计,桩间距设计,桩端进入持力层深度设计,沉桩贯入度控制,成(沉)桩工艺设备选择,大直径灌注桩端阻力取值,侧阻力尺寸效应系数取值,后注浆侧阻力、端阻力增强系数取值,负摩阻力系数取值,负摩阻力中性点深度计算,抗拔系数取值,扩底桩破坏表面周长取值,承台底与地基岩土间摩擦系数取值,地基岩土水平抗力系数的比例系数取值
4	孔隙比、液性指数、红黏土含水比等	桩基极限端阻、侧阻力取值
5	压缩系数、压缩模量	沉降计算,沉降差计算,软弱下卧层验算时桩端硬持力层压力扩散角取值
6	前期固结压力	支护桩水平压力计算,负摩阻力评价计算
7	快剪、固快、慢剪、十字板抗剪强度、现场剪切试验指标、三轴压缩指标、无侧限抗压强度指标等	桩基承载力计算,桩身压屈验算,支护桩表层软土水平抗力计算
8	颗分指标	打入桩沉桩难易程度评价
9	渗透系数	人工挖孔桩方案设计
10	标准贯入试验指标	桩基极限端阻、侧阻力取值,桩基承载力估算,打入桩沉桩难易程度评价,土层液化影响折减系数取值

续表 1

序号	地基条件或参数	主要用途
11	重型/超重型圆锥动探试验指标	桩基极限端阻、侧阻力取值,打入桩沉桩难易程度评价
12	静力触探试验指标	桩基承载力估算,打入桩沉桩难易程度评价
13	超孔隙水压力	沉桩、息桩方案设计
14	基床系数	桩基抗弯计算
15	湿陷等级、湿陷系数	桩基方案设计,承载力计算,负摩阻力计算
16	冻胀性指标	桩基方案设计,抗拔稳定性验算,桩身受拉承载力验算,抗冻胀措施设计,抗冻拔稳定性验算,切向冻胀力取值
17	膨胀性指标	桩基方案设计,抗拔稳定性验算,桩身受拉承载力验算,抗膨胀措施设计
18	变形模量、泊松比	桩基有限元法计算
19	液化指数与液化等级	抗震构造设计,桩型选择,抗震承载力计算,抗液化措施设计
20	液化沉陷、软土震陷	桩基构造配筋设计,桩端进入持力层深度设计,承台周围加固措施设计
21	地下水稳定水位及埋深	成桩工艺选择
22	环境类别、水土腐蚀性指标	桩基耐久性设计,抗裂缝验算,防腐措施设计,混凝土标号选择及保护层厚度设计,抗裂缝验算
23	不良地质作用(滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、土洞)	桩基方案设计,处理措施评价
24	岩土环境	桩基方案设计,施工设备工艺选择
25	岩石抗压强度试验指标	桩基承载力估算,灌注桩成桩难易程度评价,施工设备与工艺选择
26	岩石完整性评价	嵌岩桩评价与计算
27	软化系数	桩基施工工艺设计,防渗措施设计

续表 1

序号	地基条件或参数	主要用途
28	风化程度	桩基极限端阻、侧阻力取值,成(沉)桩设备、工艺选择
29	岩石软、硬质划分	桩基极限端阻、侧阻力取值,成(沉)桩设备、工艺选择,桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数取值

6.8.7 本条对发电厂建筑物桩端持力层选择的主要要求进行了罗列,该条规定主要针对抗压桩的要求,对主要抗水平力和抗拔的桩基可参照执行,部分条件可以适当降低。

现行行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022—2012 第 5.3.4 条第 1 款仅对软土地地区桩端持力层的选择作了规定:“对于设计等级为甲级的建筑物桩基,宜选择中密~密实的砂类土、碎石类土以及中、微风化岩层作为桩基持力层。荷载不大的乙级建筑物的桩基可选择中~低压缩性的黏性土和粉土、强风化岩作为桩基持力层。”实际上桩端持力层的选择应考虑很多方面的因素。现说明如下:

1 持力层埋藏过深,会导致桩长增加、成(沉)桩难度大、桩端阻力难以发挥、费用高、成(沉)桩质量难以保证等缺点。持力层埋深过浅,不利于承载力的发挥,如果采用扩底的方式,又会增加布桩的困难。工程实践表明,桩长过短时,按经验参数法计算的桩基承载力往往偏高,因此短桩承载力计算时应对此加以重视,并注意工程经验的积累。一般而言,持力层埋藏深度在 15m~50m 范围内比较好。有的地基岩土层顶面起伏较大,对桩基承载力和变形特征有较大影响,导致桩长等设计参数难以控制,也应认为是埋藏条件较差。

2 当持力层下部存在软弱下卧层时,如果桩端以下持力层厚度较薄,会导致承载能力降低、变形增加,甚至可能造成刺入破坏。因此持力层应具有一定的厚度。根据发电厂的工程特点和实践经

验,结合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定,要求桩端以下持力层厚度对地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物不宜小于 $5.0d$,其他建筑物不宜小于 $3.0d$ 。如前所述,本处持力层的厚度是指桩端地基岩土层的组合,而非单指桩端所在的岩土层。软弱下卧层是一个相对的概念,目前各规范和手册均未作出明确的定义。软弱下卧层的确定不仅与本身的强度和压缩性有关,也与上覆地层的强度、厚度以及上部荷载实际使用的情况有关。对于发电厂工程,一般可将桩基变形计算深度范围内的低承载力、高压缩性土层作为软弱下卧层,其他地基岩土层是否应当作软弱下卧层对待,需要根据工程特点进行有针对性的分析。是否对软弱下卧层进行强度和变形验算,应根据工程特点和实际地基岩土层分布情况确定。对采用变刚度调平方法设计的桩基以及软土地区减沉复合疏桩基础补充了应通过计算分析确定的规定,以适应现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求。

为了充分发挥桩端阻力,桩端需要进入持力层一定深度。现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 规定:对于黏性土、粉土不宜小于 $2.0d$,砂土不宜小于 $1.5d$,碎石类土不宜小于 $1.0d$ 。当存在软弱下卧层时,桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $3.0d$ 。对于嵌岩桩,嵌岩深度应综合荷载、上覆土层、基岩、桩径、桩长诸因素确定;对于嵌入倾斜的完整和较完整岩的全断面深度不宜小于 $0.4d$ 且不小于 0.5m ,倾斜度大于 30% 的中风化岩,宜根据倾斜度及岩石完整性适当加大嵌岩深度;对于嵌入平整、完整的坚硬岩和较硬岩的深度不宜小于 $0.2d$,且不应小于 0.2m 。另外,该规范还针对特殊条件下的桩基,如软土、湿陷性黄土、岩溶地区、坡地、岸边、抗震设防区等,对桩端进入持力层深度的要求作了规定。有的场地持力层厚度大、埋藏浅,可选择其中下部作为桩端持力层。需要注意的是,现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 中有关用词均采用了“不宜”的表述方式。该表述表明在桩端进入持力层深度方面的要求,是需要结合工程特点及地基

岩土层的分布特性进行综合考虑的。在有些情况下桩端进入持力层的深度是可以适当减少的。

3 为获得较高的承载能力和较好的控制变形,一般情况应选择中~低压缩性黏性土,中密~密实的粉土、砂土及碎石类土,风化岩和残积土,完整的基岩,以及上述地基岩土层的组合作为桩基持力层。对于摩擦型桩,当对沉降要求不高时,采用中压缩性黏性土或中密的粉土、砂土及碎石类土作为持力层的情况非常普遍,也不排除个别建筑物采用高压压缩性黏性土或稍密的粉土、砂土作为持力层。桩端持力层也并不是强度越高越好,而是应与上部结构特点、承载力和变形要求、桩身强度以及施工设备、工艺等相适应。地基岩土状态过于坚硬密实可能会导致地基岩土的承载力与桩身强度不匹配、成(沉)桩难度过大、工期延缓、费用增加等。对软土地基减沉复合疏桩基础,应淡化持力层的概念。以减小差异沉降和承台内力为目标的变刚度调平设计在发电厂建设中尚很少采用,鼓励勘察设计单位加强相关问题的研究,同时应关注该种情况下桩基在抗震方面可能遇到的问题,促进桩基勘察设计水平的提高。

4 除埋藏条件和厚度外,持力层的稳定性和均匀性也是需要考虑的重要因素。有的地基岩土层强度和压缩性满足要求,但本身的自稳能力较弱,也不宜作为桩端持力层。湿陷性土、膨胀土、液化土、易溶岩土等在尚未受到外界因素影响时,能保持较高的强度和较低的变形特征。一旦外部条件发生改变,其性质将会发生显著变化,甚至导致强度完全丧失。除非在经分析研究后确认其外界条件改变的可能性很小,或通过技术手段可以防止外界条件的改变和影响等,方可慎重采用此类地基岩土作为桩端持力层,否则应避免采用其作为桩端持力层。地基岩土的不均匀性差可能对承载力和变形沉降带来不利影响,对桩基施工控制也会造成很大困难,如打入桩的贯入度控制和停锤标准的确定等。以目前的研究水平,即使对均匀地基的沉降都很难进行准确估算,更不用说地基

岩土均匀性差的情况。当上部结构对变形要求很高时,应对均匀性加以足够的重视。对于摩擦桩,由于传递到桩端的应力较低,对稳定性和均匀性的要求可以适当降低。对于端承型桩,尤其是端承桩,要分析持力层稳定性和均匀性对桩基的影响。

现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009 年版)第 4.1.11 条第 3 款强制性条文要求进行地基稳定性和均匀性的分析评价。稳定性评价包括岸边、基坑、边坡等自然条件的稳定性评价,也包括在桩基施工及运行期间的稳定性评价。对于桩端主要受力层为碎石类土、风化基岩、软质基岩,当上覆土层较差且其顶面存在高差较大的陡坡、临空面或孤石时,可能会产生稳定性问题。另外,对于岩溶地区桩端存在溶洞时也会产生稳定性问题。关于桩端持力层整体稳定性的研究,应结合地层的结构,临空面所在部位,溶洞的位置及规模,软弱土层强度及分布,持力层及软弱下卧层起伏变化以及各种不利因素的组合关系等,充分利用岩土工程分析法来评价建筑场地的整体稳定性,预测由于施工活动带来的不利影响。对均匀性的评价,目前只有现行行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ 72—2004 第 8.2.4 条对不均匀地基提供了定量评价的方法,是否适合发电厂桩基工程,尚需进行研究。目前发电厂勘察中仍以定性评价为主。本规范第 12.3.4 条对不均匀地基的定性评价作了规定,也可用于桩基评价。均匀性评价除了与地基岩土本身的均匀性有关外,尚与上部结构荷载的分布特点、地基岩土的空间分布与组合等有关,是个相对概念,难以用统一的定量指标确定。另外,地基岩土的均匀性评价的内容广泛,其不均匀性除对变形有影响外,也存在对其他方面的影响,仅从压缩性角度进行均匀性评价并不全面,相关问题有待进一步研究。

同一场地内,可作为桩端持力层的地基岩土层可能不止一种,有的对各种桩型适应性均较强,有的只对部分桩型适应性较强,应结合拟选桩型有针对性地选择桩端持力层。最终的持力层选择尚应根据可选或拟选桩型,通过承载力计算、强度和变形验算以及必

要的定性分析,结合经济比较、工期要求等最终确定。

6.8.8 桩型选择涉及桩基分类。桩基分类方式较多,具体可参见现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和相关桩基手册。按受力状态划分桩型时,各规范和手册未明确端承型桩、摩擦型桩的具体划分标准,但很多有关桩基的评价与计算中需要采用该概念。建议可按以下标准进行划分:

端承型桩:在极限承载力作用下,桩顶荷载 50% 以上由桩端阻力承担。其中桩顶荷载大于 50%、小于或等于 90% 由桩端阻力承担时为摩擦端承桩,桩顶荷载大于 90% 由桩端阻力承担时为端承桩。

摩擦型桩:在极限承载力作用下,桩顶荷载 50% 及以上由桩侧阻力承担。其中桩顶荷载大于或等于 50%、小于 90% 由桩侧阻力承担时为端承摩擦桩,桩顶荷载大于或等于 90% 由桩侧阻力承担时为摩擦桩。

桩型的选择是一个十分复杂的问题,应考虑多方面的条件和因素。桩型选择应综合考虑下列因素:

(1)建筑物特点。建筑物特点决定了对桩基的要求,包括承载力和变形及其他相关要求,是确定桩基方案的前提条件。发电厂的建设是一个系统工程,各建筑物形状、大小、荷载分布和沉降变形要求等差别较大,对桩基的要求也各不相同,没有对建筑物特点的充分了解和掌握,很难进行桩型的选择。因此桩基勘察时应加强对相关参数和资料的搜集,如柱脚荷载、弯矩、沉降和变形要求、承台尺寸及埋藏深度、工艺和构造要求等。必要时可向结构工程师按建筑物逐个搜集以上信息。对桩基水平承载力要求较高或需要承受较大的上拔力时,部分桩型如空心桩应谨慎采用。

(2)工程地质条件。对桩型和施工工艺选择有较大影响的工程地质条件有主要地基岩土层的空间分布和性质,现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 附录 A 对桩型和成桩工艺选择进行了罗列,可作为一般性的参考。高烈度地区对部分桩基的

使用有一定的限制,如现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 第 3.3.2 条第 3 款有如下规定:“抗震设防烈度为 8 度及以上地区,不宜采用预应力混凝土管桩(PC)和预应力混凝土空心方桩(PS)。”桩基对水文地质条件的适应性总体较强。对地下水较为敏感的桩型主要为人工挖孔桩。当确实需要采用人工挖孔桩时,应加强水文地质条件对桩型选择影响的研究。

(3)场地环境。包括场地环境与桩基施工间的相互影响两个方面。目前各方面对环境问题越来越重视,桩基勘察也应加强对环境问题的分析评价。部分工程环境因素甚至成为制约某类桩型应用的重要原因。桩基工程的环境问题主要涉及桩基施工中产生的挤土效应、噪声、振动、泥浆污染、对已有建筑物和地下设施的影响等,同时也包括场地环境对桩基工程的制约。当其他方面指标差别不大时,应推荐与环境相互影响小的桩型。

(4)材料供应与保障。材料的供应与保障对桩型的选择也有较大影响,尤其对偏远地区或交通运输条件较差的地区。因此岩土工程师应加强对相关问题的研究,因地制宜地提出桩型选择建议。例如,管桩在我国东南部地区应用非常广泛,生产供应有较高的保障;而西部地区管桩用量少,因此管桩厂相对较少,可供选择的桩型也较少,对于发电厂的建设规模而言,其供桩量及进度是否满足要求将成为能否采用管桩的制约因素。

(5)施工技术水平和设备。当地及周边地区是否有相应技术水平的施工单位及其所配备的设备是否满足工程需要,也是桩型选择时需要密切关注的。

(6)施工质量、进度、费用。桩型选择时,桩基工程的施工质量、进度、费用等均是需要考虑的因素。

发电厂建筑物种类繁多,占地较大,建筑物特点和要求不尽相同,地基地质条件等也会有一定差别。一方面,发电厂桩型选择应考虑上述要求,有针对性地采用不同的桩型;另一方面,如果采用桩型过多,对现场管理工作会提出更高要求。有时从局部看某种

桩型是合适的,但从全局看未必合适。因此有的零星建筑物虽然有更为合适的桩型,但由于工程量小,再另行选择其他桩型有较大难度,总费用也未必节约。此时可经进一步的技术、经济、工期等比较后确定是否采用其他桩型。

桩型选择受到的影响因素很多,不是单一的条件所能确定,也不能用单一的指标对其进行评价。技术上可行的桩型可以有很多,但未必都能适应发电厂工程质量高、速度快的要求。桩型的选择是在平衡了各种不同因素的影响后优选出来的。本条列举了桩型选择时应考虑的几个主要方面。从目前发电厂建设经验来看,勘察工作对建筑物特点、工程地质条件、场地环境关注得更多一些,勘察报告中很少对其他方面进行论述或评价。岩土工程师对工程地质条件的掌握最为准确,因此岩土工程师在桩基的方案设计或概念设计上应充分发挥专业优势,针对地质条件提出适宜的桩型。目前发电厂桩型的选择主要由结构工程师确定,但岩土工程师可逐步提高桩基定量分析计算和设计的能力,对桩基选型和优化发挥更大的作用。

6.8.9 单桩承载力指标是桩基设计的基本条件。确定单桩承载能力的各种方法中,单桩的静载荷试验被公认为最可靠的方法。本条规定了发电厂地基基础设计等级为甲级所对应的建筑物以桩的静载荷试验确定单桩承载力;对发电厂地基基础设计等级为乙级所对应的建筑物,只有在地质条件简单时,可参照地质条件相同、桩型相近的试桩资料或采用成熟的方法计算确定桩基承载力,否则仍宜以单桩静载荷试验确定;对发电厂地基基础设计等级为丙级所对应的建筑物,考虑荷载不大,对沉降要求也不严格,可不进行单桩静载荷试验。

国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《桩基工程手册(桩和桩基础手册)》(史佩栋,中国人民交通出版社,2008)等提供了规范经验参数法、静力触探预估法、标准贯入预估法等桩基承载力计算方法,可在工程中采

用。对于其他成熟的计算方法,也可在工程中采用。如河北建设勘察研究院有限公司提出的“抗剪强度试验指标算法”,利用室内实测的抗剪强度计算侧摩阻力,并通过分布函数反映侧摩阻力的发挥程度,更好地反映了地层空间分布对侧摩阻力取值的影响。

对嵌岩桩嵌岩段的承载力计算,现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 给出了利用岩石饱和单轴抗压强度标准值进行计算的方法。该方法对桩基抗拔承载力的计算没有考虑。要计算桩基抗拔承载力,嵌岩段的侧阻力应单独列出。有的地方规范,如《南京地区建筑地基基础设计规范》DGJ32/J12 中对嵌岩段的端阻力和侧阻力分别给出了取值方法。但上述规范均没有给出嵌岩段抗拔承载力的修正系数。对这个问题需要做进一步的研究,不应盲目套用一般性土的修正系数。

打入空心桩存在土塞效应。土塞效应与桩的尺寸、地基岩土层性质与分布、地下水、施工工艺等有关。一般认为,土塞中的封闭效应可提高桩基承载力,而松弛效应又会降低桩基承载力。

当不进行单桩静载试验而通过其他方法获得单桩承载力时,一般宜通过不同计算方法相互印证。如果计算结果差别不大,可根据工程经验综合考虑采用桩基承载力。不同的计算方法得出的承载力不相同,必要时仍应通过单桩静载试验或通过高应变试验予以确认。

本条是勘察设计阶段对桩基承载力的取值规定,不得用于工程桩的桩基检验和质量验收。

除常规的桩基静载荷试验外,也可根据实际工程情况开展桩基承载力自平衡测试。自平衡桩基载荷试验方法已有地方标准,电力行业的相关标准也在制订中。虽然对于该试验方法,很多研究人员对其受力机理提出了不同的见解,但对于部分特殊条件下,常规静载荷试验无法开展时,桩基自平衡载荷试验方法不失为一个较好的选择。可考虑采用自平衡法的条件主要有:桩基承载力试验吨位要求高,一般的堆载法和锚桩法实施困难;场地或者其他

条件限制难以开展常规的载荷试验,如水上试桩、坡地试桩、基坑底试桩、狭窄场地试桩、斜桩、抗拔桩等。

6.8.10 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009 年版)第 4.1.11 条第 4 款规定:“对需进行沉降计算的建筑物,提供地基变形计算参数,预测建筑物的变形特征”,第 4.9.7 条规定:“对需要进行沉降计算的桩基工程,应提供计算所需的各层岩土变形参数,并宜根据任务要求,进行沉降估算”。发电厂需要进行沉降计算的主要建筑物,体型较大,上部结构复杂,勘察阶段上部荷载、承台尺寸、埋藏深度等条件往往不明朗,因此勘察阶段很少进行桩基沉降估算或预测建筑物变形特征,即使为符合《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009 年版)第 4.1.11 条第 4 款的规定而做的预测,也仅仅是定性的粗略预测。很多发电厂建设和运行期间进行了沉降变形观测,但是没有进行系统的资料搜集、整理和分析,因此对预测的结果也难以进行验证。以目前发电厂桩基勘察阶段的设计条件以及勘察设计行业的现状,以规范条文的形式提出在勘察阶段进行桩基沉降估算和建筑物变形预测的要求的确过高。但是,注册土木工程师(岩土)执业制度的推行,为岩土工程师介入桩基工程设计创造了基本的前提条件,岩土工程师进行桩基工程设计,既是响应该制度的推行,也是提高岩土专业技术水平和拓展业务领域的途径。因此在现有条件下开展部分桩基沉降估算工作,并以此作为介入桩基工程设计的契机,促进电力行业岩土工程设计的发展是值得鼓励和倡导的。可通过工程经验、试桩成果等对沉降进行宏观、定性的预测或估算。当条件具备时,可进行详细的计算,并加强建筑物沉降变形的观测,分析计算结果与实测数据之间的差别及原因,不断提高建筑物沉降计算和预测的能力。

6.8.11 现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 第 5.4.2 条规定,以下情况在计算桩基承载力时应计入桩负摩阻力:桩身穿过较厚的松散填土、自重湿陷性黄土、欠固结土、液化土层

进入相对较硬土层时;桩周存在软弱土层,邻近桩侧地面承受局部较大的长期荷载,或地面大面积堆载(包括填土)时;由于降低地下水位,使桩周土有效应力增大,并产生显著压缩沉降时。发电厂为了防洪和场地平整所进行的大面积填方工程,以及煤场大面积堆煤容易产生负摩阻力现象。

桩周负摩阻力能降低桩基的承载能力,增加桩基变形。另外,桩端位于强度较高的地基岩土层中时,如果桩身强度足够高,负摩阻力对桩基承载力和变形的影响不大,但造成桩基与桩间土之间的沉降差较大,由此可能会造成承台底与基底土脱空;桩基周围轻型设备的天然地基基础也可能产生较大的沉降。当这些设备与采用桩基的设备通过硬接头连接时,可能造成接头的拉开,严重影响发电厂的正常运行。此类现象在湿陷性黄土地区和大面积回填的软土地区屡有发生。承台底与地基土脱空对水平承载力和抗震能力可能存在一定的影响,但研究尚不深入。

由于勘察阶段很多计算边界条件还不能确定,目前很少在勘察工作中进行桩周土和桩基的沉降计算,并以此确定是否存在负摩阻力的问题。但是勘察工作应从宏观的方面对负摩阻力产生的可能性以及危害作出定性的分析评价。当条件具备时,也可进行必要的定量计算工作。

6.8.12 本条对打入桩、静压桩以及灌注桩在沉(成)桩需要评价的问题上进行了规定,其他由这两大类桩衍生出来的桩型可参考执行。

对于打入桩、静压桩,影响沉桩的因素较多,对沉桩难易程度的评价目前还不能给出统一的定量标准,只能根据地区特点和工程具体条件,从宏观上进行定性评价。近年来,有的施工单位为了提高沉桩效率,在巨厚砂土地基中对预应力高强混凝土(PHC)桩的桩端进行了改进,即在桩端板外侧焊一定厚度(一般为1cm)的环形钢板,其外径比桩端法兰盘略宽(一般约2cm)。该措施可明显降低沉桩难度。根据试桩结果,并未发现承载力和变形特征与

常规的 PHC 桩有何不同。该方法在其他地层或对其他打入桩型的适用性如何尚需进一步研究,但至少给类似桩基工程提高沉桩效率拓展了思路:随着施工设备和工艺的改进,沉桩评价也将随之不断改进。

由于需要配重,静压桩设备往往比一般的打入桩设备重,对场地条件尤其是表层场地土的强度要求较高,对已沉桩的不利影响也更明显,当场地土承载力较低时,桩基设备的就位和迁移存在较大困难,如果对表层场地土进行处理,则会增加工程费用。

打入桩和静压桩均存在一定的挤土效应,对于地下水丰富的地区,容易形成超孔隙水压力,可能对周围建筑、设施和已经施工的桩基造成较大影响,导致周围建筑、道路等的变形、开裂,已有桩基的倾斜、上抬等。挤土效应对于砂性土而言,可能会导致砂土的密实度增加,进而增加沉桩的难度。对于地下水丰富的地区,一般可通过采用插塑料排水板增加地下水的排出通道以加快孔隙水压力的消散,同时应加强沉桩时对孔隙水压力的监测工作,用监测数据科学地指导施工。

对于灌注桩,近年来主要遇到的问题是成孔困难、孔壁坍塌和孔底沉渣较厚等导致的成孔时间长、进入持力层误判和桩身质量不高等。粉土、砂土、碎石类土等地层容易产生坍塌,软土容易产生缩孔等,需采取相应措施保持孔壁稳定。当桩端需要进入或穿透卵石、漂石、中等风化~未风化的硬质岩石时,成孔难度比较大。有些基岩地区,强风化颗粒胶结较好,或混杂中等风化的岩块,采用常规的设备和工艺也会产生钻进困难。这种情况下,施工单位往往坚持认为岩土层发生变化而不肯继续钻进,或要求勘察单位补充勘探。为此,在勘察报告中应事先明确提出这些问题,提醒施工单位选择合适的施工设备和工艺,避免施工过程中产生纠纷。当采取人工挖孔的成孔工艺时,应分析水文地质条件对成孔可能性和孔壁质量的影响,同时加强安全保护措施。缺乏有效的地下水控制措施和安全保护措施时,不得推荐采用该桩型。

桩基工程基坑开挖不当,造成桩基倾斜甚至断桩等现象在软土地区较为普遍,严重影响桩基工程质量和安全,因此应科学合理地进行基坑开挖,避免上述问题出现。

6.8.13 特殊地质条件包括软土、湿陷性黄土、风化岩与残积土、粉煤灰、填土、红黏土、膨胀土、盐渍土等特殊岩土,同时也包括液化场地、岩溶、滑坡、边坡、基坑、采空区、水上工程、二次改造场地等特殊场地条件。本规范其他部分对这些方面作了规定,部分内容涉及桩基勘察。对部分特殊地质条件与桩基工程间相互影响的研究相对薄弱,需要继续对此类问题加大关注,必要时应与科研院所合作,共同加以研究。对水上桩基工程勘察,可结合现行行业标准《水电水利工程钻探规程》DL/T 5013 的规定,参考本规范的相关条文执行。水中液化场地的液化判别目前研究也不够充分。我国大规模采用桩基的时间不长,因此对桩基抗腐蚀方面的研究相对薄弱。从目前的工程情况来看,在发电厂的正常使用期内,桩基的腐蚀性情况还不足以影响到桩基的安全。随着改建、扩建工程日益增多,为已有桩基腐蚀情况的调查研究创造了一定条件。在土质受到污染条件下对桩基的影响需进行专门研究。对已有建筑物桩基的评价和利用,尚未有系统的研究,需对此进行关注。

6.9 地基处理

6.9.1 发电厂地基处理要综合考虑建筑物地基基础设计等级、荷载大小、施工条件、周边环境以及当地建筑经验等因素。地基处理勘察需结合各勘察设计阶段的工作实施。

可行性研究阶段应根据取得的厂区初步岩土资料,对建筑场地地基处理的必要性和可行性提出依据,对地基处理方案进行经济技术比较,提出一种或多种地基处理方案的建议。

初步设计阶段要根据地基条件、建筑物对地基的要求以及地基处理的预期效果和经济性进行经济技术比较分析,初步确定地

基处理方案;实施必要的原体试验,为地基处理设计提供必要的岩土特性参数和施工工艺参数。

施工图设计阶段要重点查明建筑物的地基土性质,为地基处理方案设计提供所需的岩土技术参数,必要时完成地基处理方案设计;同时应对施工质量检测 and 监测提出建议。

6.9.2 换填垫层适用于处理浅层软弱地基和不均匀地基。换填垫层设计一般要考虑提高地基承载力,减少沉降,隔水、排水、防冻胀等要求。深厚的软土地基,采用换填垫层可提高持力层的承载力,但垫层下软土的变形依然很大,所以勘察时应注意垫层下土的压缩性。垫层材料的选择应综合考虑地基土工程性质、场地水文地质条件、工期安排和环境保护等因素。

6.9.3 采用预压法加固软土地基,发电厂岩土工程勘察除查明软土的分布、强度及沿深度的变化外,应特别重视透水夹层或透镜体的分布。透水层的存在可作为土体固结的排水通道,加快土体的固结。固结试验和渗透试验是土工试验的重点,通过试验研究土体的固结压力和孔隙比的关系、应力历史、固结度随时间的变化等,研究预压过程中强度增长的规律,预估可能的变形。勘察手段应包括静力触探试验、十字板剪切试验和常水头原位渗透试验等。

6.9.4 压实地基指大面积填土经分层碾压、振动压实或夯实后形成的地基。勘察时应通过试验确定回填土料在最优含水量下的最大干密度,为压实施工提供控制参数。

夯实地基是指强夯及强夯置换。勘察时应重点研究拟加固地层的分布和物理力学性质,对填料应通过试验确定其物理力学指标。勘探深度应大于拟加固深度。

6.9.5 复合地基是指地基处理过程中,部分土体得到增强或被置换,或在天然地基中设置加筋材料,形成由基体(天然地基土体或被改良的天然地基土体)和增强体共同承担荷载的人工地基。复合地基可起到提高地基承载力,减少变形,消除湿陷和液化等作用,是火力发电厂附属建筑物常用的地基处理形式。一般包括灰

土挤密桩、砂石桩、柱锤冲扩桩、夯实水泥土桩、水泥粉煤灰碎石桩、多桩复合地基等。

复合地基的勘察应着重查明软弱土层的埋深、性质以及桩端土层的埋深,特别应查明暗塘(浜)、暗沟、洞穴的分布,分析桩、土相互作用,预估复合地基承载力,评定复合地基压缩性,预测成桩工艺对周边建筑物及环境的影响。

6.9.6 注浆加固地基是将水泥浆或化学浆液注入地基中,通过浆液与颗粒结合形成固结体,起到提高承载力,止水防渗、减少支挡土压力的作用,适用于既有或新建建筑物的地基处理、加固、纠偏、防渗。常见的作业工艺有静压注浆、高压喷射注浆、搅拌注浆等。

注浆加固勘察时应重点查明拟加固岩(土)层的渗透性、软弱层、裂隙、空洞等分布及发育情况。土中大粒径块石、大块杂物的存在会降低浆液的压力,影响加固效果;土中含有过多有机质或可溶盐时,会影响固结体的强度增长和化学稳定性,勘察时均应注意。

6.10 采 空 区

6.10.1 采空区是指地下矿层被采掘后遗留下来的地下空间,通常分为老采空区、现采空区和未来采空区。从投资、安全以及目前对采空区的研究与治理经验角度考虑,发电厂原则上宜避开现采空区和未来采空塌陷区。老采空区因塌陷过程的复杂性和边界条件的不确定性,其稳定性评价往往都是半经验的,所以应进行专门研究来确定作为建筑场地的适宜性。

6.10.2 本条所说的已塌陷稳定是指在自然条件下顶板乃至地面塌陷变形基本完成,它与在发电厂建筑荷重条件下的地基变形稳定是完全不同的两个概念,前者的塌陷范围或分布空间对于后者可视作不良地基。根据公路系统的研究资料,相对稳定的采空区在附加荷载作用下局部有可能会出现复活现象。一个序列完整的采空塌陷过程通常经历初始期—活跃期—衰退期三个阶段,不同

阶段塌陷变形特征差异很大,对趋于相对稳定的塌陷变形区和处理后的老采空区是否可以作为电厂建设场地,由于目前尚无成熟经验,所以应进行专题研究并评审其适宜性。对于条件简单清楚、埋藏较浅的情况,如果地基处理方案可行,可通过经济比较、充分论证后确定是否可作为建设场地。

6.10.3 采空区勘察应以矿产地质为核心内容的现场调查和资料搜集为首要工作,必要时可进行物探和钻探。本条对调查所应涉及的重点内容作了规定,实际工作中还可以包括更多的内容。通常情况下,小窑洞很少有资料,许多大矿虽有采空区资料却不一定与实际相符,所以对采空巷道和矿坑需要进行实地探测或校验,以查明采空区的规模与位置。采空区的探测或校验方法传统上主要依靠钻探,近几年随着物探技术的进步,以地质雷达、瞬变电磁、CT法、高密度电法、面波等为代表的新方法已被广泛应用,值得提倡采用,但基于物探成果的间接性、推测性或多解性,需要有适量的钻孔进行校正。需要进入坑道调查时,应注意围岩的稳定性和有害气体的存在可能性与影响。

6.10.4 厂址周边尤其是山体下存在采空区时,其塌陷变形在空间上是多维的,并不完全遵循现有的塌陷变形理论。陕西老韩城电厂因近邻山体下采空塌陷与蠕动变形,导致山下发电厂建筑结构产生严重变形,历经20年的抗滑、加固,至今未得到根治,教训深刻,所以遇到类似情况,要审慎研究论证。

7 特殊性岩土

7.1 软 土

7.1.1 软土的工程性质主要是强度和变形性质,同时也包括其结构性、渗透性等,它们主要受成因和沉积环境的影响。研究软土的工程性质,不仅要研究软土的成因、土的成分、结构和构造,还应充分研究环境因素对软土工程性质的影响,从工程角度考虑还要研究工程条件对软土的影响。

根据软土的工程性质特点,查明以下问题是十分必要的。

1 软土层构造特点和层理特征、硬土层的分布与厚度等。软土是水流沉积物,常常具有良好的层理,夹有粉土或粉砂或是与粉细砂成韵律沉积,呈千层饼状。软土地基中也可能存在着较为密实的地层,如福州地区在地面下 20m~30m 深度内就夹有 2 层~3 层砂土。上海地区在地表下有一层厚度 2m~3m 的褐黄色可塑黏性土,俗称硬壳层,这层黏性土常常被利用为天然地基持力层。在其他软土地区,如杭嘉湖平原也普遍分布着这层硬壳层,这是在长期的蒸发作用和氧化作用下形成的。在上海地区地面下 30m 左右有一层暗绿色硬土层,属上更新统与全新统整合的界线层,是上海地层的标志层,常常被选作一般桩基持力层。查明本条规定的土层构造特点和层理特点,对于工程性质和岩土利用有极为重要的意义,如上海、天津、福州等地虽然都属于软土地基,但正是由于软土内夹有或其下存在着硬土层和巨厚的砂层可以作为桩基持力层,使得许多高、大、重、深的高层建筑、工业厂房、跨江海大桥等可以拔地而起。

地表硬壳层常常是浅基础的良好持力层,六层以下的民用建筑在软土地区可以采用天然地基就是以这一层土为持力层的,查

明其分布及厚度,对于浅地基处理方案的确定也是重要的,对桩基础更是如此。

软土中的砂夹层常常形成千层饼状水平成层的韵律沉积,这些砂夹层改善了软土的排水固结条件,水平向渗透系数是垂直向渗透系数的 10 倍,固结作用对提高软土强度起很大作用。常常可以利用排水固结原理提高软土强度。软土地基处理有各种方法(参见现行行业标准《电力工程地基处理技术规程》DL/T 5024),查明软土的性质和夹砂层、下卧层是选择地基处理方法的基本依据。

2 软土的历史,按土层的先期固结压力(P_c)与目前土层承受的有效上覆压力(σ_{ov})的关系,软黏土可分为超固结的、正常固结的和欠固结的。

确定软土是否属于正常固结一般通过室内固结试验,由 $e-\lg P$ 曲线确定,也可由静力触探 q_c-h 的关系曲线进行判别。此外,也有研究者认为十字板不排水强度(C_u)与有效上覆压力之间的关系也可估算土的固结特性。

土的应力史不仅对土的强度特性有密切关系,对于土的沉降计算更有直接影响。

考虑应力史对软土压缩性的影响,尚需提供各土层的前期固结压力(P_c)、超固结比(OCR)、压缩指数(C_c)、回弹指数(C_s)。

3 土的流变性质研究在国内还不普及,但对于高含水量高灵敏度的软土,流变性质却是很重要的工程课题,北仑港电厂海边煤场岸坡稳定性研究曾考虑了土的流变性质。

土的流变规律包括下列四个特性:蠕变特性——在恒定的荷载作用下变形随时间发展的特性;流动特性(或沾滞特性)——土的变形速率是应力的函数;应力松弛特性——在变形恒定的情况下强度随时间减少的特性;长期强度特性——在长期受荷之下土的强度随受荷历时的增长而改变的性能。

上述各种特性可以分别用蠕变曲线、流动曲线(或黏度曲线)、

应力松弛曲线以及长期强度曲线表征,并可根据这些曲线找出它们的计算公式,以作为实际应用的依据。

现代对土流变学的研究大致可以区分为两类:固结与剪切。从地面、地基沉降问题出发,主要应研究土受压时的流变规律;而对于斜坡及地基的稳定性,即土的强度问题,则应研究土受剪时的流变规律。

4 强烈地震时软土发生震陷,不仅被科学实验和理论研究证实,而且在宏观震害调查中也证明它的存在,但研究成果尚不够充分,较难进行预测和可靠的计算。国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 根据唐山地震经验提出的下列标准,可作为参考:

当地基承载力特征值或剪切波速大于表 2 数值时,可不考虑震陷影响。

表 2 临界承载力特征值和等效剪切波速

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
承载力特征值 f_a (kPa)	>80	>100	>120
等效剪切波速 v_{sr} (m/s)	>90	>140	>200

5 内陆软土中的泥炭层在工程中常有发现。浅层泥炭常常挖除回填处理,深层泥炭则将按实际情况采用桩基或其他处理方法。

泥炭具有高含水量、低密度的特点,在荷载作用下易发生大量变形,又由于有机质含量高,常常容易分解。

6 浅层沼气在新近沉积的软土地层内时有发现。沼气有毒可燃,对顶管、盾构等的施工有危险性,因此在勘察时应查明含气层位、沼气压力等参数。

7 大部分软土地区位于沿海和大河、大江的中下游沿江区域,历史上往往河网分布纵横交错。随着人类活动,大量的河流、池塘、水井被填没,也随着时间的推移,地面沉积物不断增厚,掩埋了古河道或形成牛轭湖等。在勘察期间忽略浅层勘察,未能查明暗浜填土等分布情况,将可能造成施工中断、拖延工期等,因此需

采用轻型小螺旋钻或其他手段进行必要的浅层勘察。

7.1.2 本条规定是工程实践的总结,与国标和许多地方性规程一致。

7.1.3 原位测试作为主要的发电厂岩土工程勘察方法,同样适用于软土勘察,条文中所列原位测试方法尤其适用。软土由于取样相对困难,采用原位测试方法能够提供软土的各种力学指标和工程设计所需参数。所有这些原位试验都已有较为成熟的经验,而且都有试验规程可供遵照实施,但在具体实行时,尚应选择最必要的项目,突出其实用性和针对性。例如,静力触探和标准贯入试验可以认为是常规手段,而十字板剪切试验则适用于深度不超过30m的软黏土,波速试验用于划分场地类型和提供动力学参数,旁压试验、扁铲侧胀试验对测定深层土的变形模量是其他试验方法无法比拟的。

在应用原位测试成果时,尚应注意地区的经验,并采取综合分析方法,对试验成果进行分析和比较,确定具有代表性的设计参数。

7.1.5~7.1.7 室内土工试验是提供设计参数的直接手段,在目前条件下任何地基土类都不能脱离室内土工试验,软土更是如此。软土地基除一般物理性试验外,力学性试验强度和变形特性是研究的重点,因此着重规定了软土土工试验的特殊要求。

7.1.8 软土承载力的确定一般按土的强度理论进行计算,和以下许多因素有关:土试样的扰动程度和抗剪强度试验方法;软土的成层条件、均匀性、应力历史、地下水位及其变化条件;上部结构类型、刚度、对不均匀沉降的敏感性、荷载大小、分布特征;基础类型、尺寸、埋深、刚度等;施工速率和加荷速率的影响。同时尚应参照当地的建筑经验。

在具体计算或确定软土地基承载力时,可结合建筑等级和场地复杂程度,以变形控制为原则,采用以下一种或多种方法综合评价:

(1)根据软土的 c 、 φ 值的统计指标,可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关公式计算;

(2)利用静力触探或其他原位测试资料,结合本地区经验公式确定;

(3)对于缺乏建筑经验的地区和重要(一级)建筑物地基,宜以较大面积平板载荷试验确定;

(4)根据物理力学试验的统计指标,参考有关工程经验确定;

(5)应用地区建筑经验,采用工程地质类比法确定。

7.1.9 软土地基沉降量可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定计算。

7.1.10 发电厂软土地基处理应执行现行行业标准《电力工程地基处理技术规程》DL/T 5024 的有关规定,本条重点阐明了不同软土地基条件下的地基处理方法选择要点和采取处理措施时需注意的问题。

7.2 湿陷性黄土

7.2.1 湿陷性黄土场地勘察除应查明黄土的成因、时代、湿陷特性指标以及湿陷深度外,还应当查明湿陷性土层的分布、物理力学性质、地下水以及其他工程地质条件。湿陷特性指标是指湿陷系数、自重湿陷系数、湿陷起始压力等,这些指标是湿陷量计算和湿陷类型、湿陷等级评价的基础资料,要严格按照现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的要求进行勘察、试验和评价。

7.2.2 湿陷性黄土具有较强的地域性特征,不同的场地环境会有不同的湿陷表现,因而本条强调了地质调查所应涉及的主要内容,而且这种调查应该一开始就进行,以使后续的勘探试验工作更有针对性。调查、判定湿陷性黄土的地层时代应至少到“统”,如有新近堆积黄土(Q_4^2)也要单独分出,因为不同时代的黄土其成分、结构和湿陷特性有很大差别,只有查清地层特点,勘探、试验和评价才能够准确到位。

7.2.3 根据大量工程经验和现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的要求,探井在目前阶段仍然是最实用的勘探手段。在厚层黄土分布区,应有一部分井孔穿透黄土层以查明湿陷性的下限深度;当土质均匀时,竖向取样间距适当加大可减少庞大的土样数量,从蒲城电厂、河津电厂、铜川电厂、延安电厂等工程的对比研究看,竖向土样的疏与密极少影响地基湿陷性的定性分级。

古土壤作为黄土的一种特殊类别,它具有“断代”的意义,需要格外关注;对具有冲洪积成因特征的湿陷性黄土,其中的粗粒土(如卵石、碎石等)和高饱和度(S_R 一般大于 60%)的细粒土夹层对地基处理方案的选择和地基处理施工有很大的影响,甚至可能导致处理方案的变更,需要查明其分布规律。

7.2.4 试坑浸水试验是确定场地湿陷类型最具说服力的方法(但对于 Q_2 黄土尚未定论),近些年更多的试坑浸水试验结果表明,与现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 所认定的地区修正系数贴近的较少,如蒲城电厂实测修正系数为 0.1,宝鸡二电厂的实测修正系数为 1.2,韩城电厂的实测修正系数小于 0.1,宁夏固原扬黄泵站的实测修正系数大于 1.5,铜川电厂的实测修正系数小于 0.1,所以对发电厂这样的大型工程进行实地试坑浸水试验是必要的,也是值得的。关于试坑浸水试验的做法与要求,已列入现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的正式条文。有些场地按室内试验结果评价的湿陷类型与现场试坑浸水试验评价的结果不一致(多数情况是:按现场试坑浸水试验结果评价为非自重湿陷性场地,而按室内试验结果评价则为自重湿陷性场地),如铜川电厂、延安电厂等,出现这种实测值和计算值评价结果矛盾时,一般应按实测值进行判定,但由于现场试坑浸水时间的短暂性和对老黄土的适宜性尚需要进一步研究,所以对这种情况应进行专门研究,以便采取安全可靠的工程措施。

7.2.5 室内湿陷性试验分为单线法和双线法两种,黄土场地上的发电厂除常规试验外,往往要进行大压力试验,所以开取环刀少、

加压方便的双线法则具有优势。最大加荷的确定原则主要是考虑到老黄土作为地基持力层或桩端持力层时,应查明实际压力情况下的湿陷性;对于新黄土或可行性研究认为大压力没有必要时,可按现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定进行试验。采用大压力试验时,表 7.2.5 仅提供一个粗估经验值,待设计条件确定后,宜根据实际压力进行复核;大压力试验增加加荷级数则是为了保证试验成果的精度。

7.2.6 本条参照现行行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022 并征求水工设计人员意见,按照现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的要求,将发电厂建(构)筑物划分为甲、乙、丙、丁四类。

7.2.7 本条明确了黄土地基的湿陷性计算、评价应按现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的各项规定(包括判定标准和计算公式)执行,同时对黄土地基的湿陷性计算、评价的具体内容进行了条目化的细分,以便于操作。

7.2.8 火力发电厂包含土建和水工等多种建(构)筑物,主厂房、空冷平台、脱硫控制楼等属甲类建筑,对沉降和差异沉降较为敏感,所以应贯彻以地基处理措施为主、防水措施和结构措施为辅的原则;地基处理方法的选择应按照建(构)筑物的等级和要求,结合场地的湿陷类型、地基湿陷等级、湿陷起始压力或剩余湿陷量控制、当地建筑经验以及施工条件等综合因素,进行技术、经济比较后确定,必要时应进行原体试验确定有关设计和施工参数;由于挤密桩等复合地基的处理效果往往受施工人为因素和土质均匀性的(主要是含水量)影响较大,所以应设置一定厚度的垫层。在陕北、甘肃、青海和宁夏等地区,一些风积成因黄土的粉粒含量可达 70%,塑性指数小于 7,压实性较差,作为垫层地基处理材料时,应根据处理目的和要求,通过相关试验确定设计和施工工艺参数,必要时采取适宜改良措施(如改变颗粒级配、掺入胶结成分等)来满足工程要求。

7.2.9 近几年在多种土类混杂的非典型黄土地基上所建电厂逐渐增多,如沁北电厂、秦岭电厂等,均处于山前洪积扇地带,具有冲洪积成因特征。黄土状土往往呈夹层或透镜体分布,它的勘察、评价通常有别于典型黄土地基。本条从地基评价和处理的角度提出了应重点关注的问题。

7.2.10 火力发电厂除甲类建筑和部分乙类建筑采取全部消除黄土湿陷性影响的工程措施外,还有很多建(构)筑物采取部分消除黄土湿陷性的措施。调查和勘察结果表明,运行电厂均有不同程度的漏水现象,往往造成较为严重的事故,反映出电厂在施工和运行维护管理方面的缺陷,所以本条提出施工图勘察报告应当提出相应的措施与建议。

7.3 风化岩与残积土

7.3.1 本条规定了风化岩和残积土的勘察任务。对于不同类型的地基形式,勘察的内容要有所侧重。如作为天然地基时,应着重查明岩土的统一性及其物理力学性质;作为桩基础时,应重点查明破碎带、软弱夹层的位置和厚度、桩基持力层的顶面起伏等。

7.3.2 勘探点的布置除遵循一般原则外,对层状岩应垂直于走向布置测线,并考虑具有软弱夹层的特点。对于块状岩体,应注意控制构造破碎带、不均匀风化和球状风化等特点。特别是在球状风化非常发育的花岗岩地区采用桩基时,施工阶段判别桩端已嵌入基岩还是只进入孤石非常困难。在此情况下,宜采用“一柱一孔”,甚至“一桩一孔”的施工勘察。

风化岩和残积土的划分可用标准贯入试验或波速测试的方法。从目前实际应用情况看,由于纵波波速测试和剪切波速测试可反映岩体的整体风化特征,测试结果客观,得到较为广泛的应用,并积累了一定的工程经验。当然在有当地经验的基础上,也可采用其他方法。

花岗岩类岩石可采用标准贯入试验划分, $N \geq 50$ 为强风化,

$50 > N \geq 30$ 为全风化, $N < 30$ 为残积土(N 为标准贯入击数)。

对花岗岩残积土,为求得合理的液性指数,试验时应筛去粒径大于 0.5mm 的粗颗粒后,测定其中细粒土的天然含水量、塑性指数和液性指数。

7.3.3 对于气候湿热的花岗岩分布区,接近地表的残积土受水的淋滤作用氧化铁富集,并稍微具有胶结状态,形成网纹结构,土质较坚硬,而其下强度较低,再下一层由于风化程度减弱,强度逐渐增加,形成同一岩性的残积土强度不一的情况。评价时应予注意。

7.3.4 风化岩和残积土的最大特点是不均匀性。具体表现为不同的风化程度的岩层并不是遵循理想状态下的顺序分布,经常有不同风化程度的岩石相间分布。即使同一岩性,同一风化岩或残积土,其力学强度也很不均匀,评价时应予以注意。

7.4 粉 煤 灰

7.4.1 作为地基应用的粉煤灰地层,由于粉煤灰的排放方式、时间以及离排灰口距离不同等因素的影响,在灰场或灰库中粉煤灰颗粒级配在水平方向与垂直方向有较大的差异。因此,在调查工程地质条件时应查明粉煤灰沉积规律及非均匀性。粉煤灰颗粒表面和内部存在许多孔洞,比重轻、密度小、含水率大,粒径组成近似粉细砂或粉土,在饱和状态下振动易液化,并有较大的沉陷性。由于粉煤灰有上述特征,因此粉煤灰试样水分易流失、结构易扰动。所以粉煤灰试样不宜远距离运输,土工试验宜在现场完成,抗剪强度试验不宜采用直接快剪的方法。

7.4.2 利用灰渣筑坝的勘探测试方法与土坝勘探没有本质上的区别,但应根据粉煤灰的工程性质进行室内试验和现场勘察,对于 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度不小 $0.10g$,相应地震基本烈度为Ⅷ度及以上的地区尚应进行抗震分析,并判别地基土液化等级。

7.4.3 粉煤灰用于公路路基垫层、厂房回填料等是最为普遍的。

在其他复合地基的应用可以参照《电力工程地基处理技术规程》DL/T 5024 的规定执行。

7.4.4 粉煤灰是燃煤电厂的工业废弃物,每年排放量巨大,不仅占用宝贵的土地资源,而且对环境构成不同程度的污染威胁,建造贮灰场又要耗费国家大量的工程投资费用。因此对粉煤灰的处理和利用已成为我国一个比较突出的经济和社会问题。自 20 世纪 70 年代末期以来,一直受到我国电力和环境保护部门的重视。

目前,我国大批量用灰的主要途径为以下几个方面:用作填筑工程的填方材料,生产粉煤灰黏土烧结砖,作为砂浆和混凝土的掺和料,硅酸盐水泥的原料和混合料。

燃煤发电厂的粉煤灰按排灰系统不同,将粉煤灰分为干灰、调湿灰和湿灰三种。根据粉煤灰中的含钙量的高低,将粉煤灰分为高钙灰(含氧化钙量不小于 10%)和低钙灰(含氧化钙量小于 10%)。但国内外也有极少数燃煤电厂利用煤粉在高温燃烧条件下喷入适当的 CaCO_3 粉一起燃烧,生成增钙灰,也称高钙灰。

为了摸清粉煤灰与土的化学成分及其化学性质,将国内部分电厂粉煤灰、土的化学成分列于表 3。

表 3 国内部分电厂粉煤灰的化学成分(%)

灰种成分	烧失量	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O
杨浦湿灰	6.78	49.12	32.95	5.62	1.97	0.61	0.44	0.84	0.44
闸北湿灰	6.66	48.54	30.76	7.34	3.07	0.70	0.50	0.74	0.30
宝钢干灰	2.80	50.48	33.23	7.34	2.30	0.60	0.53	0.81	0.54
杨浦干灰	4.86	49.90	33.35	6.37	2.58	0.70	0.35	0.33	0.30
闵行干灰	2.08	52.12	34.24	5.14	2.50	0.74	0.33	0.65	0.44
下关湿灰	11.60	49.10	26.91	5.12	3.07	1.41	0.32	0.80	0.40
天生港湿灰	8.53	50.51	29.25	5.44	2.46	1.11	0.38	1.04	0.20

由表 3 分析对比表明,粉煤灰的主要化学成分为硅、铝和镁的氧化物,其中 SiO_2 与 Al_2O_3 在通常情况下的总含量在 70% 以上,钙、镁、硫以及未燃尽的碳、钾、钠的含量都很低。虽然粉煤灰和土

的化学成分很相似,但化学性质具有明显的差异性。前者具有火山灰特性,在碱性物质激发作用下,可与 SiO_2 、 Al_2O_3 等物质进行水化反应,生成水化产物,发生凝硬作用,使粉煤灰颗粒胶结固化成块体结构,提高了粉煤灰的强度,降低了压缩性。后者不具有火山灰特性,呈惰性状态。在一般情况下,粉煤灰中的氧化钙或硫酸钙的含量越高,其凝结作用就越大,高钙灰的自硬强度很高。未燃尽的碳粒可提高粉煤灰的最优含水率并降低最大干重度,并使粉煤灰的凝结作用减弱。

粉煤灰的可溶性碱性物质含量及其浸提液的 pH 值高低,对粉煤灰的胶结固化作用起着积极作用。

发电厂粉煤灰矿物组成基本相同,是由大量的硅、铝成分为主的玻璃相和结晶相矿物组成。结晶相矿物主要是莫来石(A_3S_2)和石英($\alpha\text{-SiO}_2$),其次是少量的磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)和极少量的长石和未燃尽的碳粒。非晶态物质——玻璃体是由大小不均匀的玻璃粒和无定形颗粒组成。玻璃体具有很高的活性成分,填筑工程的力学性能具有良好的胶结固化作用,是填筑垫层的良好材料。在水的作用下,粉煤灰颗粒不会发生溶解和软化现象。粉煤灰中的碳粒形态呈致密棱角状和海绵多孔状,对粉煤灰胶结固化作用起着不良的减弱作用。

(1)粉煤灰的物理性质。粉煤灰并非自然土,其排放有干、湿之分。在湿排粉煤灰中混有碾碎的炉底灰渣,颗粒堆积受到水流的分选作用影响,离排灰口不同距离分布着不同的颗粒级配。因此在取样试验前,应按离排灰口近、中、远不同位置采样,尽量反映湿排灰的物理、力学性质。干排灰不存在这种问题。

1)颗粒级配。根据粉煤灰颗粒组成及颗粒级配分布范围,按照统一分类法属于砂质粉土。这种材料在压实后属于半透水材料,强度高,压缩性适中,抗管涌性差,易于施工。在饱和与松散状态条件下,易发生振动液化。粉煤灰空心玻璃球体和多孔海绵玻璃体,在较高压力下进行剪切后其颗粒会有所破碎。干颗粒的剪

切破损较湿排灰显著。

2) 比重与液限、塑限。根据国内外资料统计,粉煤灰颗粒比重一般在 2.0~2.5 之间,随着 Fe_2O_3 含量的增加而增加。比重 G_s 的大小直接影响到击实试验求出的最大干密度,国外资料表明它们之间的关系如下:

$$\frac{\rho_{d,\max}}{G_s \times \rho_w} = 0.65 \sim 0.68 \quad (2)$$

式中: G_s ——粉煤灰比重;

$\rho_{d,\max}$ ——粉煤灰击实试验的最大干密度;

ρ_w ——水的密度。

根据国内粉煤灰的试验资料统计表明,式(2)中右边的系数约为 0.5。

粉煤灰类似砂质粉土,基本属于无黏性土,其液限、塑限难以测准。根据上海地区的测试结果,粉煤灰的液限、塑限值都比较大,塑性指数较小。这可能与粉煤灰颗粒形态结构特征有关,由此说明较多水分储存在灰粒自身的多孔隙中,其水分不起增塑作用,其直观感觉似乎很干,这点与无黏性土(如砂质粉土)不同。

(2) 粉煤灰的力学性质。

1) 粉煤灰的击实性质。粉煤灰的击实曲线峰值区比黏性土平缓得多,具有相对较宽的最优含水率区间,即粉煤灰的干密度对含水率的敏感性远比黏性土小。这一特性说明粉煤灰填筑施工中在达到 $\rho_{d,\max}$ 状态时所对应的最优含水率是比较容易控制的,因而现场的压实系数可取较大值。

粉煤灰击实试验的最大干密度和最优含水率的数值不仅与击实能量有关,而且也与粉煤灰品质(如颗粒细度和烧失量等)、物理性质(如比重、颗粒级配等)有关。击实能量大、颗粒细、比重大、颗粒级配好的粉煤灰在击实曲线上能取得较大的干密度,偏低的最优含水率;击实能量小,粗颗粒结构、比重小、颗粒级配差的粉煤灰,在击实曲线上则能取得较小的干密度,偏高的最优含水率。

有试验资料表明,粉煤灰的相对密度试验测得的最大干密度值均大于击实试验的最大干密度值,这一特性说明振动作用有利于粉煤灰的压实。

2)渗透性。粉煤灰的渗透系数 K 约在 10^{-5} cm/s \sim 10^{-3} cm/s 之间。上海的杨浦、闸北、宝钢、闵行等电厂粉煤灰的渗透系数测定结果是:渗透系数 K 约为 10^{-4} cm/s \sim 10^{-3} cm/s,介于天然砂质粉土和黏质粉土的量级水平。这是粉煤灰构成颗粒的粒度组成的影响结果。由于粉煤灰的透水性相对较大,在荷重作用下,粉煤灰体内引起的孔隙压力会较快地消散,这一因素可以忽略不计,从而可以简化灰体静抗剪强度的确定,有利于多雨地区的施工进行。

灰体内的浸润线位置,影响灰体的稳定性,灰体的水平方向和垂直方向的渗透性 K 值之比约为 2 \sim 6。

3)抗剪强度。粉煤灰类似于砂质粉土,其存在状态为无黏性,但加入少量水后,又有一定的黏性。粉煤灰的直剪和三轴压缩试验均能测出抗剪强度的 c 、 φ 值指标。

4)压缩性。粉煤灰属于砂质粉土,在荷载作用下,粉煤灰固结排水时间短,粉煤灰的压缩性可以参照通常采用的压缩系数 100kPa \sim 200kPa 压力段来评价。

(3)粉煤灰掺入不同含量的水泥、石灰和黄土组成不同配合比的混合料压实体,在物理的固结作用和化学的胶结固化作用下,具有很明显的抗压强度,并随时间延长而增大。28d 后强度增长加快,90d 强度更为显著。在压实系数和掺入胶凝材料含量相同的条件下,粉煤灰掺入水泥早期强度(即 7d 强度)比掺入石灰高出 3 倍以上,但掺入石灰的粉煤为混合料压实体,其后期强度发展趋势令人满意。由此表明,粉煤灰混合料具有很好的工程力学性能。

(4)电导率与 pH 值。关于粉煤灰及其混合料垫层对地下工程的金属构件腐蚀,国内研究很少,为此借鉴电导率来判断土壤腐蚀的方法用来间接评价粉煤灰腐蚀性。表 4 为美国国家标准局规定的土壤电导率与腐蚀程度值。

表 4 美国国家标准局规定的土壤电导率与腐蚀程度数值

电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	点蚀极限尺寸(mm/a)	平均点蚀深度(mm/a)
$>10^3$	0.08~0.40	0.18
$10^3 \sim 10^2$	0.02~0.14	0.08
$<10^2$	0.015~0.12	0.03

表 5 为国内部分电厂粉煤灰的电导率和 pH 值。表 5 列出的粉煤灰电导率是土的 2 倍~5 倍,但其值均在同一数量级范围内,由此估算粉煤灰的腐蚀率每年可能为 0.18mm 的深度。因此从电导率特性考虑,在粉煤灰填筑垫层中铺设地下金属构件,应采取适当的防腐措施。

同时,干灰的电导率和 pH 值均明显高于湿灰,粉煤灰的 pH 值在 8.7~11.3 之间,在粉煤灰垫层中埋设金属构件有利于抗腐蚀,但对植物生长有一定的影响。建议在粉煤灰垫层上部覆盖 50cm 土,即可改善植物生长条件。根据上海关港港区填筑粉煤灰设置的观测和水样检测表明,pH 值随时间的迁移而逐渐下降。

表 5 国内部分电厂粉煤灰的电导率和 pH 值

样品名称	电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
宝钢干灰	1.15×10^3	11.3
闸北湿灰	0.88×10^3	10.1
杨浦干灰	1.00×10^3	10.9
杨浦湿灰	0.55×10^3	8.7
闵行干灰	1.15×10^3	11.1
下关湿灰	0.68×10^3	9.8
天生港湿灰	0.47×10^3	9.5
南通农田土	0.25×10^3	—
南京黄土	0.20×10^3	7.9

7.5 红 黏 土

7.5.1 红黏土属于红土的一个亚类,即母岩为碳酸盐岩系经湿热条件下的红土化作用形成的特殊土类,具有上硬下软、表面收缩、

裂隙发育等主要特征。地基是否均匀也是红黏土分布区的重要问题。

为反映上硬下软的特征,红黏土状态的划分可采用一般黏性土的液性指数划分法,也可采用红黏土的含水比划分法。

为反映红黏土裂隙发育的特征,应根据野外观测的裂隙密度对土体结构进行分类,红黏土的网状裂隙分布与地貌有一定联系,如坡度、朝向等,且呈由浅而深递减之势。红黏土中的裂隙会影响土的整体强度,降低其承载力,是土体稳定的不利因素。

大多数情况下,红黏土天然状态膨胀率仅 $0.1\% \sim 2.0\%$,其胀缩性主要表现为收缩,线缩率一般为 $2.5\% \sim 8\%$,最大达 14% ,但在部分地区红黏土仍具有微膨胀性的可能。缩后复水,不同的红黏土有明显不同表现,根据统计分析提出了经验方程 $I_r' \approx 1.4 + 0.0066W_L$,以此对红黏土进行复水特性划分。划属Ⅰ类者,复水后随含水量增大而解体,胀缩循环呈现胀势,缩后土样高大于原始高,胀量逐次积累以崩解告终;风干复水,土的分散性、塑性恢复表现出凝聚与胶溶的可逆性。划属Ⅱ类者,复水土的含水量增量微,外形完好,胀缩循环呈现缩势,缩量逐次积累,缩后土样高小于原始高;风干复水,干缩后形成的团粒不完全分离,土的分散性、塑性及 I_r 值降低,表现出胶体的不可逆性。这两类红黏土表现出不同的水稳性和工程性能。

红黏土地区地基的均匀性差别很大。如地基压缩层范围均为红黏土,则为均匀地基;否则上覆硬塑红黏土较薄,红黏土与岩石组成的土岩组合地基是不均匀地基。

7.5.2 红黏土地段的工程地质测绘与调查,一般情况下可与岩溶场地勘察一并进行。其内容除红黏土成因、下伏岩溶、地表裂缝、地表水体和地下水的分布、建筑经验等方面外,与红黏土伴生的土洞及地表塌陷现象亦是判定红黏土的重要特征,故本规范也将其列为测绘和调查的内容,工程勘察中可根据工程和现场的实际情况确定。

7.5.3 由于红黏土具有垂直方向状态变化大,水平方向厚度变化大的特点,故勘探工作应采用较密的点距,特别是土岩组合的不均匀地基。红黏土底部常有软弱土层或有土洞分布,基岩面的起伏也很大,故勘探深度单纯根据地基变形计算深度来确定是不够的,尚应满足地基稳定性评价所需深度的要求。对于土岩组合的不均匀地基,勘探深度应达到基岩,以便进行地基的不均匀评价,并获得完整的地层剖面。

基岩面上有土洞发育时,施工图阶段勘察不一定能查明所有土洞发育情况,为确保安全,进行施工勘察是必要的。基岩面高低不平,基岩面倾斜或有临空面时,嵌岩桩容易失稳,进行施工勘察也是必需的。

7.5.4 裂隙发育是红黏土的重要特性,红黏土的抗剪强度应进行三轴试验。红黏土具有收缩特性,部分地区红黏土还具有微膨胀性,且收缩再浸水(复水)时又表现出不同性质,进行收缩试验和复浸水试验是必要的。含水比、液限、塑限等指标是红黏土状态划分的重要依据,故红黏土勘察时应提供该指标。

7.5.5 红黏土承载力的确定方法原则上与一般土并无不同,但应特别注意的是,红黏土裂隙的影响以及裂隙发展和复浸水可能使地基承载力下降。电厂的主要建(构)筑物采用红黏土作为地基持力层时,应进行浸水状态下的载荷试验。

7.5.6 发电厂岩土工程勘察中应判别红黏土是否属于膨胀土范畴,否则应按现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112的要求进行勘探与测试。

地表裂缝也是红黏土地区的一种特有现象。地裂规模不等,长度可达数百米,深可延伸至地表下数米,所经之处地面建筑无一不受损坏,故评价时应建议建筑物避免跨越地表裂缝密集带或深长地段。

红黏土中基础埋深的确定可能面临矛盾,特别是对热工及低层建(构)筑物影响大。从充分利用上部硬层、减小下卧软层的附

加压力而言宜尽量浅埋,但从避免裂隙发育及不均匀收缩变形等因素而言,又需深于大气影响急剧层的深度,因此在评价时应利弊权衡,提出合理建议,不能满足承载力和变形要求时应建议地基处理或采用桩基础。

7.6 膨胀岩土

7.6.1 膨胀土、膨胀岩的成分中均含有大量亲水矿物,或主要为亲水矿物组成,且均具有显著的吸水膨胀和失水收缩而往复变形的特性。以往对膨胀土的研究较为深入,而膨胀岩的研究资料积累较少,故大多数技术标准将膨胀土、膨胀岩统称为膨胀土。实际上,膨胀岩对电力工程建设的危害已经越来越被工程界所重视。因此,本规范将膨胀土、膨胀岩统称为膨胀岩土,这有利于加强对膨胀岩的研究和重视。

多年来膨胀岩土的判定仍采用综合判定的方法。对膨胀岩土判别主要根据地貌形态、岩土的外观特征和自由膨胀率,在此基础上结合各种室内试验成果及邻近工程损坏原因分析进行最终评价,这里需说明的是:

(1)自由膨胀率不能作为唯一依据,否则易造成误判;

(2)应从实用出发,以是否造成工程的损害为最直接的标准,但对于新建工程,不一定有已有工程的经验可借鉴,此时仍可通过各种室内试验指标结合现场特征判定。

7.6.2 膨胀岩土场地的工程地质测绘和调查一般在初可或可研阶段勘察时进行。本条规定的六款内容要求是为了综合判定膨胀岩土的需要及充分借鉴地方勘察设计经验设定的,即从岩性条件、地形条件、水文地质条件、水文和气象条件以及当地建筑的损坏情况和治理膨胀岩土的经验等诸方面判定膨胀岩土,进行膨胀岩土评价。为区别于构造作用及开采地下水等产生的较大规模“地裂”,本规范将膨胀岩土失水收缩而引起的地裂称为“地表裂缝”,其规模较小,一般长约数十米,裂缝宽约数厘米,深约数米。

7.6.3 一般情况下,膨胀岩土地区勘察阶段的划分可与主体工程勘察阶段的划分相一致。现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 对各勘察阶段的工作深度有了明确规定,可以将《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 中的关于选择厂址勘察的相关内容与本规范的初可或可研勘察相对应。

关于勘探孔的深度,考虑到发电厂岩土工程勘察深度已远大于大气影响深度,故本规范没有采用现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定,而是规定按本规范的有关规定执行。

采取试样要求从地表下 1m 开始,这是因为在计算含水量变化值 ΔW 时需要地表下 1m 处土的天然含水量和塑限含水量值。

地层有明显变化处往往直接影响岩土性能及场地地基稳定性,故应加取试样。

7.6.4 膨胀岩土的室内试验应测定的自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力是判定膨胀岩土、评价膨胀潜势、计算分级变形量和划分地基膨胀等级的主要依据,一般情况下都应测定。膨胀岩土具有各向异性,故规定应测定不同方向的胀缩性能,从安全考虑,可选用最大值。

工程经验表明,当以膨胀岩土作为场地回填料时,碾压后的胀缩性常大于原状土的胀缩性,故应测定击实料的胀缩性指标。

7.6.5 膨胀岩土性质复杂,膨胀岩土的承载力与地表水及地下水活动密切相关,承载力随含水量的增加而降低,确定其承载力时应考虑各种水体活动的不利影响。膨胀土裂隙很多,易沿裂隙面破坏,故不应采用直剪试验确定强度,应采用三轴试验方法。本条虽对不同等级建筑物的地基承载力确定方法作了规定,但对膨胀岩土的测试和评价不宜采用单一方法,宜在多种测试数据的基础上进行综合分析和综合评价。

7.6.6 对膨胀岩土地基上的建筑物,当采用基底压力大于膨胀力的方法时,其基础埋置深度一般可不受限,但不应小于 1m。对平坦场地上的砖混结构房屋,当以基础埋深为主要防治措施时,基础

埋深应大于大气影响急剧层深度。

很多工程实例证明,膨胀岩土往往在坡度很小时就发生滑动,无论是自然边坡还是挖方边坡、填方边坡,坡地场地都应特别重视稳定性分析。本条根据膨胀岩土的特点对稳定性分析的方法作了规定,其中含水量及地下水位变化的影响十分重要。含水量及地下水位变化的原因有:

(1)挖方填方量较大时,岩土体中的含水状态将发生变化;

(2)平整场地破坏了原有地貌、自然排水系统和植被,改变了岩土体吸水和蒸发;

(3)坡面受多向蒸发,大气影响深度大于平坦地带;

(4)坡地旱季出现裂缝,雨季雨水灌入易产生浅层滑动,久旱降雨造成坡体滑动。

7.7 盐 渍 土

7.7.1 盐渍土的岩土工程勘察除满足一般场地的勘察要求外,还应查明盐渍土的微地貌特点、含盐类型和含盐量以及土层的渗透条件等。盐渍土浸水后其中的盐晶溶解、潜失而引起土体沉陷所表现出的溶陷性、盐渍土中盐分因气温降低或失去水分后浓缩结晶引起土体体积膨胀所表现出的盐胀性以及对建筑材料的腐蚀性是盐渍土对工程建设的三大主要危害。盐渍土勘察应通过现场调查、专门测试、指标比对、计算判定等方法,对其危害可能性和程度进行工程评价。

7.7.2 本条明确了地质调查的主要工作内容,即盐渍土的形成、水分的影响、盐渍作用的现有表征以及当地对盐渍土的防治经验,这些调查工作对正确评价盐渍土将起到基础性的支持作用。

7.7.3 本条罗列了发电厂选址时要尽可能避开的几种地貌部位,因为这些部位通常是盐分容易聚集或往复变化强烈的地方,也就是盐渍土危害较为严重的地方,其工程治理难度和费用都会大幅度增加。

7.7.4 盐渍土的取样一般在近地表处,对于电厂工程不能满足查明盐渍土分布的要求,西北戈壁平原一些场地的腐蚀性土层厚度大于 20m,所以取样深度应能查明盐渍土厚度或深度,以满足地基处理方案分析的要求;土样的位置和数量要有足够的代表性,在基础埋深以下,取样间距可适当放大。盐渍土中的盐遇水溶解后,其物理力学指标均会发生变化,强度指标明显降低,所以盐渍土地基不能只考虑天然条件下的物理力学性质,土样的分析试验应遵循土工试验的现行国家标准或行业标准。

7.7.5 溶陷性评价可以通过室内试验结果来进行,但土的分类不同,其溶陷变形相差较大,砂类土、碎石类土难以进行室内试验,尤其对碎石类土,含盐量的测定只考虑粒径小于 2mm 的土重,因而夸大了含盐量指标,为了正确反映盐渍土的溶陷性工程特性和地基承载力,提倡结合地基评价并进行现场浸水载荷试验,为合理选择地基处理方案提供依据;盐胀性评价目前采用室内试验来定量评价的方法远不能满足工程需要,现场实测是较好的方法。这两种试验在不同的气温(季节)和水位条件下其结果可能大不一样,所以试验安排要充分考虑不利工况条件。

7.7.6 建筑材料(包括施工用水)勘察通常是不被认真对待但极易出现问题的环节,本条为此作出专门规定,以免出现疏漏。在盐渍土地区(如戈壁滩)进行电厂建设,一般很难找到理想的回填材料,所以调查回填土的来源并进行勘察评价是非常重要的工作。

7.7.7 管沟、支架等浅埋基础、轻型设施以及道路、地坪等属于浅表地基范畴,盐渍土的影响最为显著。由于荷重、基础埋深的不同,以及含盐类型与程度的不同,盐胀、盐溶作用存在很大差异。同时盐渍土地基本身的不均匀性问题就比其他土类严重,所以应要仔细甄别对待,以免出现不均匀变形问题。

8 地 下 水

8.1 勘察要求及方法

8.1.4 抽水试验可较准确地确定多种水文地质参数,分为稳定流和非稳定流抽水试验。当地层透水性较好、水量较大时宜采用稳定流抽水试验。

8.1.8 采取地下水水样及水质分析的对象是天然水。由于环境水质污染日益加重,受污染的地下水亦应采样分析。当遇到这种情况时,应在勘察现场做必要的调查,结合水质分析成果,判断水质受污染的原因及其影响范围,提出治理措施建议。

地下水样多在钻孔中采取,采用泥浆钻进的钻孔孔内水质不能代表天然条件下的水质情况,要求钻孔中取水样应在洗孔后采取。水样应及时试验,清洁水样保存时间不宜超过 72h,稍受污染的水样不宜超过 48h,污染水样不宜超过 12h。

8.1.9 采用几何法测定地下水流向的三个钻孔,除应在同一水文地质单元外,还需呈锐角三角形分布,其中最小的锐角不宜小于 40° ,孔距宜为 50m~100m,过大或过小都会影响测量精度。

8.2 地下水作用的评价

8.2.1 地下水作用按其机制可划分为两类:一类是力学作用,一类是物理、化学作用。力学作用原则上是可以定量计算的,通过建立力学模型和测定参数,可用解析法或数值法得到合理的评价结果。很多情况下还可以通过简化计算,得到满足工程要求的结果。由于岩土特征的复杂性,地下水对岩土体和建筑物的物理、化学作用一般难以定量计算,但可以通过分析得出合理的评价。

8.2.2 地下水位升降引起地基岩土의软化、崩解、湿陷、膨胀、冻

胀、融陷、潜蚀以及地下水对钢筋和混凝土的腐蚀等作用都属于物理、化学作用。这种作用往往是一个渐变过程,开始可能不为人们所注意,一旦危害明显就难以处理。由于受环境,特别是人类活动的影响,地下水位和水质还可能发生变化。所以在勘察时应注意调查和分析,必要时应布置地下水监测工作,在充分了解地下水赋存环境和地质条件的前提下作出合理的预测和评价。

当基础及结构工程高于地下水位时,应考虑地下水毛细作用的影响范围,结合各种土质综合分析,评价地下水对混凝土和金属材料的腐蚀性。

8.2.4 验算基坑支护支挡结构的稳定性时,不管是水土合算还是水土分算的方法都应先查明地下水的分布规律,才能比较合理地确定作用在支挡结构上的水压力。对于地下水位以下开挖基坑需采取降低地下水位的措施时,应考虑下列情况:

- (1)能否疏干基坑内的地下水,得到便利安全的作业面;
- (2)在造成水头差的条件下,基坑侧壁和底部土体是否稳定;
- (3)由于地下水位的降低,是否会对邻近建筑、道路和地下设施造成不利影响。

8.2.5 岩溶地区地下水位以下开挖建筑基坑时,产生突水的可能性非常大。如果产生突水,往往水量大、来势猛。因此在岩溶地区开挖基坑时对地下水的勘察极其重要,如果地下水丰富,应提前采取降水措施。

岩溶塌陷是与岩溶地区抽水或降水密切相关的。抽水或降水后,不但水位降低,减少了对溶洞或土洞的浮托力,更严重的是在洞穴的顶部产生真空,负压可以使土洞逐渐扩大,可以使顶板破坏。在抽水或降水过程中,水流状态的改变可以将溶洞填充物带走,对顶部岩土产生潜蚀,产生土洞,并发展成为岩溶塌陷。

9 勘察方法

9.1 工程地质测绘与调查

9.1.1 工程地质测绘与调查应在工程前期进行,目的是初步查明场地的工程地质条件、存在的各种地质现象和主要的地质问题,为下一步制订勘察方案和合理布置勘探工作提供依据。工程地质测绘与调查是整个场地勘察的先行工作,在研究程度低和缺乏资料的地区,特别是在山区和地质条件复杂的场地,应有一定经验的人员对拟建场地进行现场踏勘调查与测绘。先掌握场地地质全貌,建立起整体地质轮廓概念,这样制订出的勘察方案和布置的勘探与测试工作才能符合实际,并能查明场地的工程地质问题。工程地质测绘与调查是丘陵、山区和地形地质条件复杂场地岩土工程勘察的一项不可缺少的工作。

9.1.2 虽然在工程勘察中工程地质测绘与调查是一种重要的勘察手段,但并不是每个工程勘察都需要进行,本条提出的几种需要进行工程地质测绘与调查的建筑场地,大多是地表起伏不平的丘陵山区和山麓边缘坡地,以及基岩多处出露或不良地质作用发育的场地,即使是地表较为平坦,亦有两种以上不同时代或成因的地层岩性在地表出露。上述场地均属地形地貌、地质条件复杂的建筑场地。对这类场地若不先进行工程地质测绘与调查,摸清地质全貌,建立起整体地质轮廓概念,而盲目地去布置勘探工作,就不易将场地工程地质问题查清,有可能在整理勘察资料时遇到许多地质现象或问题难以分析处理,出现重新补充场地工程地质测绘与调查的情况。

9.1.3 工程地质测绘与调查地形图的比例尺大小不仅与勘察阶段有关,还直接关系到能否满足成果精度的要求。如果所采用的

地形图比例尺太小,则无法进行场地地质现象的填绘。因此本条明确了采用较大地形图比例尺和野外填图与室内成图比例尺相同或略大的规定。对工程有特殊意义的地质单元体在图上反映不清时,可扩大比例尺表示。测绘精度的误差对于建筑地段不超过3mm,其他地段可控制到5mm。一般情况下,初步可行性研究勘察阶段选用比例尺为1:5000~1:10000,可行性研究阶段选用比例尺为1:500~1:2000。

9.1.4 观测点的间距和数量目前尚无统一的标准,本条提出的5款要求是目前电力工程通常的做法,实际工程当中可根据地质条件的复杂程度结合对工程的影响,适当的加密或放宽。地质点的布置主要应考虑能否控制重要地质界线、查明工程地质条件和有利于作出场地岩土体的工程评价为原则。

9.1.5 工程地质测绘与调查的内容包含地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用、人类工程活动及当地的建筑经验等方面,对上述研究内容并不是每个建筑场地都会遇到,同时不同的建筑场地有其不同的研究重点。因此在实际工作中应根据场地的地质条件结合拟建工程的性质与要求,有所侧重地进行测绘与调查,并针对岩土工程的实际问题去探查分析与研究,使工程中有关岩土体的整治、改造与利用得到较好解决。

9.1.6 本条提出一般工程地质测绘与调查成果资料的整理要求,若需解决某些专门的岩土工程问题,可编绘专门的图件。在成果资料整理中应重视对各种素描图和照片资料的分析整理和归档工作,这不仅有助于成果资料的整理编绘,而且在基坑回填或工程建成后,由于科研或处理工程事故的需要,则比较容易恢复和重现一些重要的地质背景材料。对一些地质条件简单和工程地质测绘与调查内容不多的工程,其成果资料可以综合工程地质图或工程地质分区图,并在图上附简要说明的形式提交。若场地地质质条件复杂、测绘与调查内容丰富的工程,则应单独提出工程地质测绘与调查专项报告,并作为整个工程勘察报告的一个组成部分。

9.2 工程遥感

9.2.1 随着现代空间技术、电子光学、激光和计算技术的迅速发展,作为空间探测手段的遥感技术也在迅速的发展。遥感技术是根据物体电磁辐射、反射和散射理论,借助于安装在运载工具上的传感器,接收、记录地物辐射或反射出来的各种不同波长的电磁波信息,用以探测与识别地面地物性质的一种综合技术。遥感技术具有直观性强、感测面积大、获取资料速度快、受地面限制少,以及信息多、可连续进行、反复观察等优点,因而在世界范围内得到了广泛的应用。目前我国已在农林、地理、海洋、气象、地质和环境保护等方面得到普遍的应用。

电力系统曾在华北电力设计院设立遥感中心,专门从事于全国大中型发电厂的工程遥感工作。目前,遥感的地质解译除了常规的目视解译方法外,还采用了假彩色影像增强解译法和计算机自动识别与分类解译法,解译设备使用了电子光学解译装置和图像数据处理系统。从多年来许多大中型发电厂应用工程遥感的实际成果来看,效果是明显的,特别是查明区域地质概况、构造地质及环境地质条件,进行厂址稳定性分析评价方面,采用遥感地质解译有其独特的效果和优越性。例如,固安电厂通过遥感卫片解译查出了在厂址附近发育有 EW 向和 NNE 向两组断裂,其中 EW 向断裂位于厂址以北约 4km~8km 处,由 4 条断层组成;NNE 向断裂分别处于厂址东西两侧 2km 和 8km,从地震和断裂活动性分析,历次地震均发生在 NW 向断裂带以北,在以南地震很少,且震级小于 2 级,断裂活动微弱,厂址区处于相对稳定地块,可以建厂。又如,王曲电厂、景德镇电厂、永修电厂、萍乡电厂均进行了遥感工作,通过遥感解译发现厂址区及附近分布有断裂构造,经对断裂的性质、规模、分布和地震活动性分析,分别对上述厂址的构造稳定性作出评价,解决了工程中的实际问题。因而在初可和可研勘察阶段,应充分应用工程遥感技术,以查明厂

址区域构造地质和环境地质条件,分析评价厂址的稳定性,为厂址选择提供可靠依据。

9.2.2 关于遥感工作的范围,应根据研究的对象和工作目的以及地质复杂程度而定。本条规定仅针对需进行厂址稳定性分析时应包含的地区。鉴于遥感工作的实际情况,对其工作范围尚难以进行具体的定量,如王曲电厂卫片解译面积约为 $15\text{km}\times 15\text{km}$,景德镇电厂卫片解译面积为 $13\text{km}\times 12\text{km}$,永修电厂为 $32\text{km}\times 21\text{km}$,萍乡电厂为 $22\text{km}\times 18\text{km}$ 。显然,各个厂址遥感卫片解译面积各不相同。因而工程遥感在进行厂址稳定性分析时,工作范围应包含厂址周边地貌单元的交接部位和对厂址稳定性有影响及断裂构造的特殊部位(易发震部位)。

9.2.3、9.2.4 目前在地质遥感技术中使用的遥感资料主要来源于卫星遥感和航空遥感两个方面。一般航片比例尺大,卫片比例尺小。大比例尺航片有较好的分辨率,能较好地显示地面的各种细节,如常见的地貌类型及微地貌形态等,而小比例尺的卫片有利于显示较大范围的概貌,有利于进行大面积区域性的研究,而对于规模不大的地质体和地质现象分辨率较低。

应用工程遥感可以解决许多工程地质方面的问题,其中应用较多、效果较好的归纳起来主要有条文中所列出的五个方面内容。遥感解译的效果受其卫片或航片的地质信息、解译手段、解译人员的经验等多种因素的影响,因而需不断积累解译的经验,发展解译理论和提高解译水平,以加强工程遥感的实际应用效果。

9.2.5 遥感解译工作应根据工程特点并结合场地工程条件来确定重点解译的工作内容,即工作的重点是研究构造展布与活动特征,还是了解地质条件与分布特点。在岩土工作领域往往着重于利用遥感数据的多光谱信息,所以应将需要解译的工作内容贯穿于图像合成工作中。即选择合适的遥感时相数据,选择合适的合成方案,只有这样才能获得比较理想的解译图像,从

而获得理想的解译工作成果。因此强调选择合适的遥感时相数据与确定合适的合成方案,是遥感解译工作的一项极为重要的前期工作。

同时强调遥感解译工作应与其他勘察手段密切配合,获取多元信息,综合分析,以取得可靠的解译成果。遥感是一种非接触的空间探测技术,它通常需要和其他勘察手段配合进行。从国内地质遥感的应用及电力系统工程遥感的应用实践来看,只有在其他勘察方法配合下,才能获得令人满意的解译成果。

9.2.6 本条规定了遥感的解译资料应进行野外实地的检验,这是遥感工作不可缺少的重要环节。野外实地检验的目的是验证室内解译成果的正确性,补充室内漏译的地质现象,对照野外地物特征建立影像解译标志。另外,由于遥感图像比例尺较小,在图像上所标定的地质界线误差较大,通过实地检验可标出准确的位置,以便于准确地标定在工程所要求的大比例尺地形图上,从而提高了遥感成果的精度,也满足了工程的需要。

9.3 工程物探

9.3.1、9.3.2 工程物探的技术发展很快,不断有新的技术方法出现,本规范附录 B 列举了一些主要方法。每种物探方法都有一定的适用条件,应根据勘察的目的先粗略选择有关的物探方法,然后再详细研究每种方法的原理和适应性,剔除不合适或不太合适的方法,最后确定最适宜的一种或几种方法。资料分析时应充分重视岩土工程师和物探工程师的密切配合,应充分重视物探方法的局限性和多解性。为了提高工效及解译成果质量,宜采用综合物探技术,并与其他勘察手段配合和验证。

9.3.3 工程物探的局限性主要表现在各种方法都有一定的使用条件,不是所有的岩土工程问题都可以应用物探手段来解决。本条仅列举了采用工程物探手段应具备的基本条件,如果自然条件不具备,就不会达到所期望的探测效果。

9.3.4 本条较详细列举了工程物探可以解决的岩土工程问题,使岩土工程师对工程物探在实际工作中的应用范围有一个比较全面的了解,以便在发电厂岩土工程勘察中能够充分使用。

采用物探方法可以测定岩土电阻率、导电率、纵(横)波波速、重度和计算泊松比、动弹性模量、动剪切模量、动抗力系数、孔隙度和各向异性系数等物理力学参数,同时也可用于进行岩土体地基和基础的质量检测。

9.4 钻 探

9.4.1 钻探工作的目的是鉴别与划分地层、取样、进行孔内测试等,因此钻探方法、工艺及孔径等都要求达到目的要求。

9.4.3 对一般性岩土的取样,应按照现行行业标准《电力工程钻探技术规程》DL/T 5096 的要求执行。而黄土、冻土、膨胀土、软土等特殊土的钻探取样都有其自身的鲜明特点和严格要求,相关的特殊土国家现行标准都有具体的规定,应按其认真执行,不能按常规土类对待。

9.4.4 孔内水位测量往往是容易疏忽或误判的一项重要工作,本条侧重于对水位的真实性和统一性测量作出规定。

9.5 井探与槽探

9.5.4 本条要求在井槽开挖完成后,在安全防护的条件下及时下入井槽内进行相关技术工作,意在防止井壁坍塌、水分和其他变化,并排除或减轻有害气体的危害可能性;采取原状样时,应做好上下位置标识,以免出坑后方向难辨,影响室内试验成果。

9.5.5 井槽技术工作完成后应及时回填。大多数情况下采用原土回填,其密实度原则上不应低于原土密实度,采用夯击或碾压方法可以达到密实回填的效果;而对于原来密实度很高的砂卵石之类的地层情况,则可掺和石灰、水泥等硬固性材料进行回填。

9.6 取样与试样分级

9.6.1 关于试样扰动程度的鉴别有多种方法,如测定回收率、X射线检验等。其中以现场鉴定和室内实验评价两者较实用。

(1)现场外观检查。观察土样是否完整,有无缺失,取样管或衬管是否挤扁、弯曲、卷折等。

(2)室内实验确定扰动程度,定出试样等级。

因此取土前可根据规定选择适合土试样等级的取土器及取土工艺,根据反馈再行修正取土器的选用与钻探工艺的选择。但事后检验把关并不是保证土试样质量的积极措施。对土试样用质量分级的指导思想是强调事先的质量控制,即对采取某一等级土试样所必须使用的设备和操作条件作出严格规定,而不硬性规定在每项工程中对所取的土试样进行扰动程度的详细研究或定量评价。只是在确无条件采取Ⅰ级土试样而必须以Ⅱ级土试样代用时,或者工程技术有特殊要求时,进行这样的研究和评价才是必要的。

9.6.4 采取Ⅰ级土试样,应采用快速连续的静压或锤击方式贯入取土器,贯入速度不小于 0.1m/s 。如果土质过硬、静压贯入困难,应考虑改用回转取土器。

9.6.5 取土质量与以下环节都很密切:钻机与取土器的选用、工艺工序、包装运输、试验室开启等,任一环节都影响土试样的质量。

为保证Ⅰ、Ⅱ级试样质量,本条列出了取样操作要点,工程中应严格执行。

对软土、高灵敏土等易扰动土,或土工试验工作量较大的工程项目,最好在现场进行土工试验工作。

9.7 原位测试

9.7.1 我国地域辽阔,在选择原位测试项目和方法时,除应考虑勘察目的、岩土特性、工程要求等因素外,还应考虑地区经验。为

了便于选择,本条表 9.7.1 中简要列出了各种原位测试的适用条件、测试目的和所能提供的岩土参数。

采用新的原位测试技术时,应先与已有成熟的测试方法和室内试验成果对比分析,当取得较好的相关关系时才能使用。

9.7.3 为专门研究或某些特殊勘察项目的需要采用其他原位测试方法时,首先应与设计人员共同研究商定试验目的、任务要求,然后选择仪器设备,确定技术措施并编写试验大纲。在实施过程中应严格按现行有关标准执行。

9.7.4 本条对原位测试作出规定。

1 为了保证原位测试成果的真实可靠、节省测试工作量,避免盲目性,本条强调了在选择原位测试时应充分考虑代表性,特别是一些大型测试项目(如载荷试验、现场直剪试验等),由于试验点少,要求选点具有典型的代表性尤为重要。为满足这一要求应在全面分析了解场地条件的基础上,结合设计要求,把试验点选在有代表性的关键部位。

2 原位测试仪器设备在国内有多家生产,型号较多,应按有关规程对其全面考核,选择最优产品。测力计应定期送计量局进行率定。

3 保证钻孔内测试质量的前提是必须有符合要求的成孔质量,如预钻式旁压仪试验孔要求垂直光滑,并尽量避免对土体扰动;标准贯入试验要求对钻孔清底等。

9.7.5 本条列举了利用触探进行力学分层常遇到的一些问题和处理方法,并规定了分层标准。在以往的有关规范中,提出了利用比贯入阻力与深度曲线进行力学分层时,规定划为同一层的比贯入阻力变化幅度过小,以致人为地把地层划分的过于零乱,造成地基评价的复杂化。长期的工程实践表明:当最大和最小平均比贯入阻力之比不超过 2 时可视为同一层,这与利用其他测试手段及土试样指标分层基本吻合。因此本条规定了阻力变化幅度值不大于 2 倍时就可划为同一层。当然划分地层时,还应结合相邻钻孔

资料和地区经验。

9.7.6 轻型可变能量动力触探仪是近年来由电力系统从法国引进的一种原位测试设备,在发电厂岩土工程勘察应用中已积累了一些经验,但尚未全面铺开。这里仅对其操作和应用作了一般规定,需要在电力工程岩土工程勘察中进一步推广應用和积累经验。

9.7.7 原位测试记录应用专门表格,记录纸用铅笔逐项填写(自动记录仪除外),这样有利于检查和资料整理。记录不准涂抹,更不能伪造,记录者要签名,试验过程中出现不正常现象应及时记录。利用经验公式还应注意地区性,所以应考虑适用条件和范围。

10 室内试验

10.1 一般规定

10.1.1 根据发电厂各类建筑物设计的要求,试验项目和方法选择应有明确的目的性和针对性,应为设计和施工提供符合现场实际情况的物理力学性指标。

10.1.4 为保证试验数据的准确度,试验所用的仪器应经检定或校准后处于合格状态,为试验数据的可靠性提供保障。

10.1.5 由于岩土的非均质性,制备试样时应记录试样的颜色、状态、均匀程度、夹杂物、结构等进行描述记录,以便为分析试验数据提供依据。物理试验的取样要与力学试验试样一致,确保物理与力学数据间关系的合理性。

10.1.6 岩土试样的质量等级严重影响力学性指标的可靠性,所以在进行三轴压缩、固结、无侧限抗压强度、渗透等试验时,应采用Ⅰ级试样。

10.2 土的物理性质试验

10.2.3 相对密度是砂类土紧密程度的指标,特别是在抗震稳定性方面具有重要意义。

10.3 土的力学试验

10.3.1 快速法各级压力的固结时间为 1h,在荷重作用下 1h 土样可完成 90%的固结,对只需提供一般压缩性指标的土、非饱和土和砂性土,可采用快速固结试验法。为缩短试验历时,黏性土固结压力大于 400kPa 时可采用各级压力固结时间为 2h 的次固结增量校正的快速法。

荷重率对确定土的先期固结压力有一定影响,对软土的影响更为显著。测定土的先期固结压力时,土样稍有扰动就会影响各级压力下的孔隙比,导致试验曲线上的拐点位置不明显。因此测定先期固结压力时应采用Ⅰ级试样,制备试样时尽量减少试样的扰动。

固结系数和次固结系数的测定仅适用饱和土。

钻探取样改变了岩土试样的原始应力状态,大于自重应力下固结稳定后回弹可部分恢复土样部分原始应力状态,规定从大于自重应力后回弹。超固结土固结压力应大于先期固结压力后回弹,以保证试验曲线在先期固结压力取值范围内完整,不影响先期固结压力的测定,在先期固结压力后的回弹指数数值基本相等。

10.3.2 采用三轴压缩试验测定土的抗剪强度,优点是受力条件明确,可控制排水,能测定土的孔隙压力及体积变化,既可用于总应力法,也可用于有效应力法;缺点是对取样和试验操作要求高,试样不均匀时试验结果不理想或结果不能真实反映土体的强度特性。因此要求三轴压缩试验应制备4个土质结构相同的试样,以取得可靠的成果。进行不固结不排水试验前,宜在土的自重应力下预固结,以减少土样扰动的影响,尽量符合工程实际。

测定已存在滑动面上土的残余强度时,一定要取滑动带上或滑动带附近的土做反复直剪强度试验才有针对性。

无侧限抗压强度试验仅适用于饱和黏性土,对塑性指数低的土应限制。

为基坑开挖等进行静止侧压力系数试验时,试验方法为排水试验,若采用侧压力仪做试验,加荷等级和加荷历时应按标准固结试验的规定操作。

常水头渗透试验适用于渗透系数较大的土,通常指 $k=10^{-3}$ cm/s $\sim 10^{-2}$ cm/s;变水头渗透试验适用于渗透系数较小的土,通常指 $k=10^{-6}$ cm/s $\sim 10^{-3}$ cm/s,上述两种方法仅适用于 $k=10^{-6}$ cm/s $\sim 10^{-2}$ cm/s 的土类。对渗透较低的饱和黏性土,可通过固

结试验测定固结系数换算渗透系数。对渗透较高的粗粒土可采用卡明斯基管法等特殊的试验方法确定渗透系数。

室内击实试验是为了确定扰动土在一定量击实功作用下干密度随含水率变化的关系曲线,以求得土的最大干密度和最优含水率,了解土的压实特性,为工程设计和现场施工碾压提供土的压实性资料。

10.4 土的动力性质试验

10.4.1~10.4.3 土的动力性试验方法适用于一定的应变幅范围,应根据工程设计所需的应变幅范围选用合适的试验方法。

10.5 岩石试验

本节只规定了对岩石试验项目的基本要求,具体试验方法按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 执行。

10.6 水和土的腐蚀性试验

10.6.1、10.6.2 水和土对混凝土结构、钢筋混凝土结构中钢筋和钢结构的腐蚀性在火电厂工程中的影响较大,发电厂岩土工程勘察都应采取水样和土样进行腐蚀性测试。土对混凝土结构、土对钢筋混凝土结构中钢筋、土对钢结构的腐蚀性、水对混凝土结构、水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。

10.7 粉煤灰试验

粉煤灰主要来自各发电厂,由于各地区的粉煤灰的物理、力学性质和化学成分各异,在工程勘察中利用粉煤灰作地基的,应采取灰样进行物理性和力学性试验。

11 原体试验

11.1 一般规定

11.1.1 本章仅就原体试验中的人工地基和桩基的原体试验作出规定。原体试验是优化地基基础设计方案的重要手段,其不仅可以为岩土工程设计、施工提供必要的参数,还可以为岩土工程施工及质量检测提供依据。本条规定与现行行业标准《电力工程地基处理技术规程》DL/T 5024 相一致。对于部分场地或工程项目,当确有一定成熟经验或工程量较小时,可结合施工场地进行必要的试验,以验证设计参数或确定施工参数。

11.1.2 原体试验在电力岩土工程中已被广泛应用,原体试验的内容涉及面广,从设计、施工到测试,既相互关联又相对独立,应强调综合进行原体试验。

11.1.3 原体试验宜在初步设计阶段进行,原因是地基基础方案已经论证且场地条件、建筑物布置方案及荷载情况基本落实,也是满足本阶段设计深度要求的需要。对于条件较为简单的工程,可以提前进行原体试验。

11.1.4 条文中“代表性的场地”是指进行原体试验的场地在地质条件、地下水、地面高程等方面应与实际工程建筑场地相同或基本相同。本条增加了当地建筑经验、技术标准等资料。当地建筑经验对原体试验设计非常必要,另外,各地方相继颁布了地基设计和地基处理技术标准,因此原体试验前应了解并获得相关资料。

11.1.5 原体试验大纲主要内容包括:工程概况,场地岩土工程条件,原体试验的种类、内容、工作量,原体试验设计,原体试验测试,原体试验施工要点,质量保证措施,工期计划,经费概算等。大纲编制完成后应组织进行审核,批准后方可进行试验。

11.1.6 本条明确了对试验区场地进行岩土工程勘察的必要性。

11.2 桩基原体试验设计

11.2.1 本条增加了确定施工机具、施工参数及测试项目和仪器的内容。原体试验中原体试验的设计是关键,而施工机具的选择和施工参数的确定也应是原体试验设计的内容,因为它直接影响到试验的成果,而测试项目与测试仪器也应反映设计要点。

11.2.2 本条对试验桩数量作出明确规定。其含义是进行不同桩型、不同桩径、不同桩长、施工工艺差异较大的桩、不同持力层上的桩的原体试验时,各种桩的试桩数量均不应少于1组3根。

11.2.3、11.2.4 预估单桩竖向极限承载力一般可根据岩土特性按现行行业标准《建筑桩基设计规范》JGJ 94 的规定取值,也可采用工程类比法取值或采用当地经验值。

11.2.5 本条中如地质条件相同,则宜将几组试桩集中布置,这样可以节省锚桩,减少试验辅助工作量,便于施工和检测,并可直接对不同的试桩方案进行对比。

11.2.6 本条规定是为了防止在试验中,地基岩土尚未完全发挥作用,而桩身材料已经破坏,致使试验中断无法继续进行。

11.2.7、11.2.8 单桩和锚桩的桩身设计应满足相关规范的要求,锚桩的极限上拔力和数量应通过计算确定,并保证试验不会因此而中断。

11.2.9 当采用堆重平台荷载装置时,由于荷重较大,支撑面较小,为保证试验安全进行,应在试验开始前进行基坑和地面稳定性验算。反力梁的支撑木垛应离试验桩有一定的距离,以减少对基准梁点的影响。这种影响将使实验沉降值变小,承载力偏大。目前对这一距离的值尚无定论。苏联学者崔托维奇建议不小于4m,波洛斯(Poulos)认为至少不应小于 $0.5L$ (L =入土桩长),否则实测沉降量须乘以1.5~2.0或更大的修正系数。

11.2.10 原体试验施工机具和施工质量是原体试验的重要保证

环节,直接影响到试验的成果和应用。

11.3 人工地基原体试验设计

11.3.1 复合地基类型较多,条文中所规定的设计要求只是概括了它们的共性内容;对于不同方法,其具体内容和侧重点亦有不同。确定测试项目与仪器则是对复合地基效果进行检验所必需的。

11.3.2 夯击能的确定主要取决于处理岩土性质、处理目的、处理厚度。强夯法由于震动较大,对相邻的建筑物和设施会产生影响,应考虑防范措施;夯坑回填一般采用同类的土质,但为达到良好的效果,也可回填碎石、矿渣等坚硬材料。

11.3.3~11.3.6 排水固结法主要用于处理淤泥质土、淤泥和冲填土。在试验施工中应进行地基竖向变形、侧向位移、孔隙水压力、地下水位等项目的观测,根据试验资料确定加荷速率等关键指标,推算固结系数、固结度及最终变形值,分析地基处理效果,指导设计和施工的进行。

11.3.7 垫层地基按垫层材料可分为素土、灰土、砂性土、碎石土、粉煤灰等,处理厚度应能使处理后的地基满足承载力和变形的要求,对用于隔水、排水、防冻胀等其他目的的垫层,应按具体设计要求进行试验设计。

11.4 原体试验施工

11.4.1、11.4.2 原体试验施工虽然规模较小、条件有限,但其重要性不言而喻。施工的组织、质量控制、过程、进度等均会对地基基础设计和下一步大面积施工产生指导作用。施工前应根据设计要求编制完整的施工组织设计,包括人员、机具、材料、质量控制、现场管理、工期和资金等,在得到审核后方可实施。

11.4.3、11.4.4 施工用主要设备、原材料、操作人员素质对施工质量的影响是至关重要的,施工机具应性能稳定,参数易于控制,

主要人员应有施工经验。施工用材料除应具有材质证明和检验报告外,还应在施工中进行抽检。

11.4.5 原体试验施工涉及的环节较多,包括勘察、设计、检测、施工等内容,因此应委派有经验的工程技术人员进行管理,主要管理人员应理解设计意图,了解施工工艺、机具和主要施工环节,及时发现问题并为设计反馈信息,综合指导现场施工。

11.4.6 施工竣工报告主要内容包括:工程简况及施工概况,施工组织,施工工艺及质量标准,施工情况及问题分析,质量自检,结论和建议,必要图件和材质证明,施工原始记录。施工竣工报告是原体试验报告中原体试验施工章节的重要原始资料,对分析原体试验结果、质量和预测大面积施工可能带来的问题极为重要。

11.5 原体试验测试

11.5.1 现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 对各类地基处理和桩基的测试项目、方法均有具体规定,原体试验测试工作可按该规定执行。其他测试方法如钻探、原位测试、室内试验、桩基动力试验、桩基静力试验等按相关技术标准执行。

11.5.2 试桩宜将各种桩型集中布置,对试桩前后地基土性状、孔隙水压力、地面变形等与桩的施工过程及最终性能进行综合分析。试桩应提供持力层及以上各岩土层的端阻力和摩阻力,以满足桩基设计和优化的需要,这就要求不仅仅通过试验提出一个试验条件下的单桩承载力,而且应该进行桩身应力应变和桩端应变测试。

11.5.3 软土地区采用挤土桩时,由于沉桩过程产生对土体的作用以及引起孔隙水压力增长难以短时消失,会引起地面变形、沉桩困难、桩体位移等,给施工和工程带来很多问题。按本条规定开展一系列观测和测试,可以及时了解沉桩时土体等变化情况,防止产生相关问题,并为大面积施工提供指导。

11.5.4 由于单桩竖向极限承载力值无法精确估算,因此准备的

荷载或反力值需大于估算值,并且考虑试验荷载或反力的安全措施,应保证一定的贮备,以免发生锚桩断裂、设备倾斜等问题。

11.5.5 人工地基的测试项目可根据地基处理方式、场地地质条件等选择进行。

11.5.6 通过多种试验手段获取大量较准确的数据和信息,编制完整的试验报告,指导下一步设计和施工。

11.6 原体试验成果编制

11.6.1~11.6.3 原体试验成果编制应按条文规定内容进行编写,除应提供试验的有关参数外,应对原体试验与场地的适宜性作出评价和说明,提出可改进的方面。实际工程中经常发现,大面积施工中由于施工速度快、各工序互相影响等而造成桩位飘移、地面隆起、串桩、沉渣较厚等事故,因此原体试验阶段应总结这方面的经验。

11.6.4 原体试验中施工机具对地层的适宜性也是试验的一项内容,因此应对参与原体试验施工的主要设备和影响质量的关键部位作出评价,根据工程实际情况推荐适宜的施工机具和质量控制点。

11.6.5 原体试验完成后应根据工作内容和范围编制原体试验报告,内容需涵盖原体试验设计、施工、测试等各部分。

12 岩土工程分析评价

12.1 一般规定

12.1.1 岩土工程分析评价应在搜集资料、工程地质测绘、勘探、原位测试、试验的基础上,结合发电厂建厂规模、勘察等级、场地布置、建筑物等级,根据不同勘察阶段和发电厂岩土工程勘察等级的要求进行。并应全面了解工程特点、建筑物荷载情况和变形控制要求,准确提供场地的地质资料,详细收集地区或行业的类似工程经验,对岩土工程问题进行客观、及时的分析评价,做到结论有据、建议合理。

12.3 建筑物地基基础分析

12.3.1 关于建筑物不造成破坏,除地基承载力值不小于设计荷载的基本要求外,当地基受力层范围内有软弱下卧层时,应进行软弱下卧层验算;位于斜坡、古河道的建筑物或受较大水平荷载的建筑物、软土地基大面积堆载等应进行整体稳定性验算。建筑物正常使用时需要规定变形限值,对于按地基变形设计或地基基础设计技术标准中需要进行变形验算的建筑物,为了不影响正常使用,应进行变形验算。表6为行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022—2012规定的主厂房地基的变形允许值。

表6 主厂房地基的变形允许值

主厂房结构	允许沉降差		允许沉降量(mm)	
	纵向	横向	非桩基	桩基
汽机房外侧柱	0.003L	—	200	150
汽机房外侧柱与框架	—	0.003L	—	—
主厂房框架	0.003L	0.002L	200	150

续表 6

主厂房结构	允许沉降差		允许沉降量(mm)	
	纵向	横向	非桩基	桩基
汽轮发电机基础	$0.0015L$		200	150
“JT”形锅炉炉架基础	$0.002L$		200	150
空冷器支架	$0.002L$		200	150
汽轮发电机基础与框架	$0.005L$		—	—
锅炉基础与框架	$0.005L$		—	—

注:1 表中 L 为相邻柱基的中心距离或汽机基础的边长;

2 表中桩基指预制钢筋混凝土方桩、预应力管(PHC)桩、钢筋混凝土灌注桩或钢管桩基础,表中非桩基指天然地基和复合地基;

3 桩端持力层应为中、低压缩性土层。

12.3.7 主厂房结构变形允许值符合表 6 的规定,冷却塔地基变形允许值按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

13 工程勘察成品编制

13.1 一般规定

13.1.1 原始资料是岩土工程分析评价和编写成果报告、编制报告图表的基础,因此一定要保证其准确无误后方可使用。在引用前期资料或搜集的资料时,由于其依据的规程规范可能和现今执行的标准不一,以及不同行业标准之间也存在一定的差异,因此需要按现行的电力行业标准和国家标准分析鉴定其可用性和适宜性。考虑到资料来源的可追溯性,要求在引用时加以说明。

13.1.2 由于地基土层为非均质、非连续体,在空间上存在各向异性,其物理力学性质变异性较大,因此在进行物理力学指标的数理统计分析时,首先要求分层统计。而发电厂的勘察范围较大,随着勘察阶段的不断推进,勘察工作不断深入,统计分析的平面分区也逐渐细化,如在可行性研究阶段,主要为厂区总平面布置和主要建(构)筑物地基类型选型提供技术参数,且勘探孔数量有限,故统计分析按不同地貌单元或岩土工程分区进行是适宜的;在施工图设计阶段,为了更有针对性地提供地基土层的技术参数,故要求按不同建筑地段进行统计。

13.1.3 按承载能力极限状态计算,可用于评价地基承载力和土体稳定性问题,涉及的岩土参数主要有抗剪强度、重力密度和承载力等指标。按正常使用极限状态要求进行验算控制,可用于评价岩土体的变形、透水性和涌水量等,涉及的岩土参数主要有压缩系数和渗透系数等指标。

13.1.5 当场地条件较为复杂,可能需要采用抽(注、压)水试验、地基岩土剪切波测试、平板载荷试验等进行工程地质条件的专题

研究并形成专题报告。为了既全面反映勘察成果又避免勘察报告的繁杂,将专题报告作为总报告的附件,而将专题报告的主要成果或结论纳入总报告是目前通常的做法。

目前,电力系统工程勘察执行综合取费标准,其取费范围只包括常规发电厂岩土工程勘察,一些特殊问题的专项岩土工程勘察设计,如原体试验、检测与监测、施工勘察、不良地质作用治理勘察设计、专项水文地质勘察等并未包含在常规岩土工程勘察工作范围内。但工程需要开展这些工作时,一般由项目法人另行委托、单独取费,勘察单位应根据专项工作要求提交专项报告。

13.2 勘察报告

13.2.1 各发电厂地质条件、工程特点、不同勘察阶段的勘察目的和要求等差别很大,要制订一个统一的适用于每个工程、每个阶段的报告内容和章节名称显然是不切实际的。但考虑到部分地方电厂施工图设计勘察报告须接受地方专家审查,而地方专家审查时多以现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及地方标准的要求作为审查评价依据,因此本条结合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关强条的要求和发电厂勘察的要求和特点,列出了发电厂岩土工程勘察报告可能涉及的基本内容,同时要求勘察报告的具体内容应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件确定,允许进行适当的取舍和调整。

13.2.2 发电厂的不同设计阶段有不同的目的和任务,反映到不同阶段的岩土工程勘察目的和任务亦有所差别,所以本条规定各个阶段的岩土工程勘察报告内容应各有侧重。

初步可行性研究阶段勘察的目的是对所选各厂址的建厂条件,从地震地质和岩土工程等角度进行基本评述,并按条件优劣顺序排队,提出厂址方案的比较意见和建议。这就要求报告内容要全面反映和论述影响建厂的主要地质问题,即对厂址成立

与否的稳定性问题和对投资有较大影响的岩土工程问题作出分析与评价。有关厂址区域稳定性和地震动设计参数可充分利用现有区域资料和区划资料进行分析评价。根据不同工程的具体要求,本阶段的岩土工程勘察内容也可作为一个章节纳入工程总报告中。

可行性研究阶段勘察的主要目的是要从初可筛选出的两个或以上厂址中最终确定一个厂址进行工程建设,提出所勘察厂址工程地质条件的顺序排队和推荐意见。为此本阶段的主要任务是对各厂址的稳定性进行确定性的评价,确定地基类型。当天然地基不满足要求时,应提出人工地基处理方法或桩型的论证意见,并对总平面布置的优化提出相应意见。

基于上述要求,可行性研究勘察报告应全面、详细地论述各厂址的断裂稳定性,不良地质作用及其对场地稳定性的影响,主要环境地质问题及其发展趋势,地基条件及桩型论证意见,在此基础上提出厂址排队和推荐意见。可行性研究阶段若已经进行厂址地震危险性评价,地震动参数应引用地震安全性评价报告的结果;若提交勘察报告时尚无地震安全性评价结果,应在报告中建议尽早开展地震安全性评价。

初步设计阶段勘察的主要目的是确定地基设计方案以及为总平面布置图的确定提供优化意见和资料。至本阶段厂址稳定性问题已解决,不再成为研究内容。因此初步设计阶段报告内容主要应对场地地基条件和不良地质作用进行全面、系统、详细的论述与评价,结合原体试验结果对工程中采用的地基方案或桩型提出确定性意见,对不良地质作用的整治进行论述。

施工图设计勘察是针对具体建筑物地基或具体的地质问题进行工作,为施工图设计和施工提出可靠的设计依据和参数。为此,勘察报告应提供地基基础设计、地基计算和不良地质作用防治工程所需的岩土工程资料,并应考虑建(构)筑物特点及施工方法,按不同建筑地段的不同要求分别作出岩土工程评价,同时应提供岩

上工程建议。

13.2.3 改(扩)建工程的岩土工程勘察需重点甄别前期已有勘察资料的可用性和适宜性。因为不同的勘察时间,其技术标准、地震参数、环境条件等可能发生了调整或变化,因此需要按现行技术标准、新核定的地震参数、现状地质环境进行必要的复核、计算、判定,且应在报告中说明。

13.2.4 当遇到特殊岩土问题时需要专门的岩土工程勘察工作,在接受建设方委托后,开展相应的工作并提出专门或专项岩土工程勘察报告,如原体试验报告、岩土工程检验或监测报告、施工勘察报告、不良地质作用勘察及整治设计报告、边坡勘察报告等。

13.3 报告图、表

13.3.1 在编制勘察成品图件时,图面内容应与图幅大小协调,且主要内容应位于图幅的中部,总体上宜合理、清晰、美观和适用。

基本图幅应符合现行行业标准《电力工程勘测制图》DL/T 5156 的有关规定。图纸的基本幅面不应加宽,除 5 号图纸外,其余可以加长。

对于平面类图件,比例尺的选取可根据勘察阶段合理选用。对于剖面类图,垂直与水平比例尺的比过小或过大时会引起地层分布的过度失真,根据经验,垂直与水平比例尺的比取 1 倍~5 倍较为合适,且不应大于 10 倍。

制图的计量单位须采用国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》中规定的法定计量单位。

13.3.2 本条列出了可供各阶段勘察报告选用的图、表,各阶段勘察报告需提交的图、表可视工程情况参照表 7 和勘测资料整编规定确定。

表 7 各勘察阶段需提交的图、表

图表 \ 勘察阶段	初步可行性 研究	可行性 研究	初步 设计	施工图 设计
区域地质构造及 地震震中分布图	✓	✓		
遥感解译图	✓	✓		
工程地质测绘实际材料图		✓	✓	
综合工程地质图或 工程地质分区图		✓	✓	
勘探点平面布置图	✓	✓	✓	✓
综合柱状图	✓	✓	✓	✓
单孔坑柱状图	✓	✓	✓	✓
工程地质剖面图	✓	✓	✓	✓
物探成果图		✓	✓	✓
各种等值线图或切面图			✓	✓
原位测试成果图、表	✓	✓	✓	✓
岩土试验成果图、表	✓	✓	✓	✓
水土分析成果表		✓	✓	✓
岩土物理力学指标统计值表		✓	✓	✓
勘探点一览表	✓	✓	✓	✓
原体试验图表			✓	✓

14 现场检验

14.0.1 现场检验的任务是核对天然地基施工开挖揭露的地质情况是否与勘测成果相符,一般采用现场直观检验,对重要的建(构)筑物应采用简易的勘察方法进行。目前在施工中普遍采用钎探的方法,以了解基坑底部土层的均匀性及基底下是否存在空洞、古墓、被掩埋的古河道、河浜及构造现象。当基坑开挖后揭露的地质条件与原勘察资料不符,并可能影响工程质量时,应与设计、施工单位配合进行专项勘察,解决与施工有关的地质问题,并提出相应的勘察资料。

14.0.2 天然地基的基坑应经现场检验后方可进行下道工序,以防基底下隐藏与勘察报告不相符合的异常地质情况,给建(构)筑物留下破坏隐患。

14.0.3 对天然地基基坑进行检验时,应仔细观察刚开挖的、结构未被破坏的原状土。检验人员应亲自挖土观察,冬季时应注意坑底土是否有冰冻现象。为了保持土的天然性质,不允许基坑内积水,如发现有积水,应立即淘除并检验淹没处土的湿度变化,并采取处理措施。审阅施工单位的钎探记录时,应详细了解钎探规格和打钎情况,以便排除人为的异常现象。

14.0.5 编写工程现场检验总报告的目的是为了加强工程的信息反馈、总结勘察经验、提高勘察水平,为后续扩建积累经验,并可保证发电厂岩土工程勘察资料的完整性。

15 现场监测

15.1 一般规定

15.1.1~15.1.3 监测工作是岩土工程服务于工程建设的重要环节,其目的是在一定时空内,通过某一种或多种实际观测手段和方法认识、了解、掌握监测对象因人为活动的影响程度、变化规律和发展趋势,并提出防治和补救的工程措施。

监测工作的主要内容可概括为以下方面:

(1)岩土体受人为影响和荷载的变化使其内部物理及力学性质发生变化的监测;

(2)建(构)筑物在建设或运营中因岩土问题而产生的变化监测;

(3)岩土体的施工、改良及整治过程中对周边环境产生影响并导致其条件变化的监测。

15.2 建(构)筑物沉降监测

15.2.3、15.2.4 建(构)筑物沉降观测的精度应按建(构)筑物允许变形量等级以及不同的观测阶段分别考虑,见表8。

表8 建筑变形测量等级及其精度指标

等级	观测点测站 高差中误差 (mm)	观测点坐标 中误差 (mm)	适用范围
特级	≤ 0.05	≤ 0.3	特高精度要求的监测、科研项目
一级	≤ 0.15	≤ 1.0	高精度要求的监测、科研项目
二级	≤ 0.50	≤ 3.0	中等精度要求的建筑物沉降、水平位移观测及科研项目、高层及高耸建筑物倾斜观测

续表 8

等级	观测点测站 高差中误差 (mm)	观测点坐标 中误差 (mm)	适用范围
三级	≤ 1.50	≤ 10.0	低精度要求的建筑物沉降、水平位移 观测,多层建筑物倾斜观测

注:1 观测点测站高差中误差系指几何水准所测测站高差中误差,或静力水准所测相邻观测点相对高差中误差;

2 观测点坐标中误差系指观测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,以及等价的观测点相对基准线的偏差值观测中误差、建筑物(或构件)上部观测点相对底部定点的水平位移分量观测中误差。

15.2.6 沉降观测的间隔时间和次数应根据不同建(构)筑物的施工特点和设备安装等荷载增加比例的分配确定。对于主厂房土建结构施工,除基础施工中进行必要的实测外,宜按荷载的 25%、50%、75%、100% 分别观测。对于烟囱、水塔施工中观测宜按每增高 20m~40m 一次进行。对于主厂房、锅炉及其他生产辅助建筑的设备安装,调试期间的观测次数可视荷载分配进行。若沉降速率小于 0.04mm/d,可以认为已进入稳定阶段。

15.3 贮灰坝体(基)监测

15.3.3 浸润线高度是灰坝体安全度的重要标志。在考虑渗流监测方案时,应与设计人员充分研究设计要求控制的浸润线安全高度(位置),充分估计到由于理论和实际(筑坝材料差异性等)原因造成的实测观测数据与设计数据之间的差异性。

15.3.4 贮灰坝体(基)变形监测在方案设计、现场观测以及分析研究可能产生的岩土工程问题时应着重以下内容:

(1)坝基和坝体土在自重压力下土体固结而产生的沉降;

(2)粉煤灰自身的固结沉降,如后期子坝;

(3)外部荷载(地震液化)或孔隙水压力等引起的土体及粉煤灰性质变化而产生的沉降变形;

(4)坝体内浸润线升高,自由水面上升,以及较强的渗流压力导致土体结构破坏而产生的沉降(如管涌、潜蚀)。

15.4 地下水监测

15.4.1 地下水水位、水质及水压等在岩土工程施工或运行期间往往会发生变化,如果这些变化影响到工程的安全或环境时,应进行监测。

15.4.2 地下水监测的方式、方法及要求因具体工程、监测项目的不同而区别对待,本规范对此不作统一规定。

S/N:1580242·538



9 158024 253801



统一书号: 1580242·538

定 价: 46.00 元