

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50983 – 2014

低、中水平放射性废物处置场 岩土工程勘察规范

Code for site investigation of geotechnical engineering for
low and intermediate level radioactive waste disposal

2014 – 03 – 31 发布

2014 – 12 – 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

低、中水平放射性废物处置场
岩土工程勘察规范

Code for site investigation of geotechnical engineering for
low and intermediate level radioactive waste disposal

GB/T 50983-2014

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 4 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国国家标准
**低、中水平放射性废物处置场
岩土工程勘察规范**

GB/T 50983-2014



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

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 4.5 印张 112 千字

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷



统一书号: 1580242 · 347

定价: 27.00 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 371 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《低、中水平放射性废物处置场岩土 工程勘察规范》的公告

现批准《低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察规范》为国家标准，编号为GB/T 50983—2014，自 2014 年 12 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 3 月 31 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和中国能源建设集团广东省电力设计研究院会同有关单位编制而成。

本规范共分 10 章和 6 个附录,主要技术内容包括: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,专门岩土工程勘察,勘察方法,室内试验,岩土参数分析,勘察成果报告编制,现场检验与监测等。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,中国电力企业联合会负责日常管理,中国能源建设集团广东省电力设计研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄送中国能源建设集团广东省电力设计研究院(地址:广州市科学城天丰路 1 号,邮政编码:510663),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

中国能源建设集团广东省电力设计研究院

参 编 单 位:深圳中广核工程设计有限公司

中国核电工程有限公司

中国地震局地质研究所

主要起草人:汪华安 程小久 易树平 郑文棠 丁金伟

何宝石 张润明 李学山 周本刚 焦春茂

覃建波 李 岗 王煜霞 杨球玉 王旭宏

马海毅 曾 强 李小强

主要审查人:戴联筠 顾宝和 田胜清 郭择德 孙东辉
周 群 陶寿福 刘厚健 王中平 曹卫东
齐 迪 迟宝明 王 媛 姬国庆 韩竹军
王先斌

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	基本规定	(6)
4	岩土工程勘察各阶段任务与要求	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	初步可行性研究阶段勘察	(8)
4.3	可行性研究阶段勘察	(9)
4.4	初步设计阶段勘察	(11)
4.5	施工图设计阶段勘察	(13)
4.6	施工建造阶段勘察	(15)
5	专门岩土工程勘察	(16)
5.1	断裂	(16)
5.2	水文地质	(17)
5.3	水文地球化学	(21)
5.4	不良地质作用	(23)
6	勘察方法	(25)
6.1	工程地质和水文地质测绘与调查	(25)
6.2	工程物探	(27)
6.3	钻探	(28)
6.4	井探、槽探和洞探	(30)
6.5	取样	(30)
6.6	原位测试	(31)

6.7	水文地质试验	(31)
7	室内试验	(33)
7.1	一般规定	(33)
7.2	物理力学试验	(33)
7.3	地球化学试验	(34)
8	岩土参数分析	(35)
8.1	一般规定	(35)
8.2	岩土参数统计与选用	(35)
9	勘察成果报告编制	(39)
9.1	一般规定	(39)
9.2	文字部分	(39)
9.3	图表及专题报告	(42)
10	现场检验与监测	(44)
10.1	一般规定	(44)
10.2	地基基础的检验和监测	(44)
10.3	不良地质作用的监测	(45)
10.4	地下水监测	(45)
附录 A	岩土渗透性分级	(48)
附录 B	工程物探方法的适用范围	(49)
附录 C	原位测试方法适用地层及主要工程应用	(51)
附录 D	水文地质试验适用条件及测试目的	(53)
附录 E	地球化学室内试验方法	(55)
附录 F	岩土参数统计的相关系数临界值表	(56)
本规范用词说明		(58)
引用标准名录		(59)
附:条文说明		(61)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Basic requirement	(6)
4	Tasks and requirements in each investigation phase of geotechnical engineering	(8)
4.1	General requirement	(8)
4.2	Investigation for the preliminary feasibility study	(8)
4.3	Investigation for the feasibility study	(9)
4.4	Investigation for the preliminary design	(11)
4.5	Investigation for the construction drawing design	(13)
4.6	Investigation for the construction	(15)
5	Special geotechnical engineering investigation	(16)
5.1	Fault	(16)
5.2	Hydrogeology	(17)
5.3	Hydrogeochemistry	(21)
5.4	Adverse geological actions	(23)
6	Investigation methods	(25)
6.1	Engineering geological and hydrogeological mapping and investigation	(25)
6.2	Engineering geophysical exploration	(27)
6.3	Drilling	(28)
6.4	Well, trench and cave exploration	(30)

6.5	Sampling	(30)
6.6	In-situ tests	(31)
6.7	Hydrogeological tests	(31)
7	Laboratory tests	(33)
7.1	General requirement	(33)
7.2	Physical mechanics and experiments	(33)
7.3	Geochemical tests	(34)
8	Analysis of geotechnical parameters	(35)
8.1	General requirement	(35)
8.2	Statistic and selection of geotechnical parameters	(35)
9	Preparation of geotechnical investigation deliverables	(39)
9.1	General requirement	(39)
9.2	Wordings	(39)
9.3	Diagrams and special reports	(42)
10	In-situ inspection and monitoring	(44)
10.1	General requirement	(44)
10.2	Inspection and monitoring for subsoil and foundation	(44)
10.3	Monitoring of adverse geological actions	(45)
10.4	Monitoring of groundwater	(45)
Appendix A	Hierarchy of soil permeability	(48)
Appendix B	Applicable scope of engineering geophysical prospecting	(49)
Appendix C	In-situ test methods for formation and engineering application	(51)
Appendix D	Hydrogeological tests conditions and test purposes	(53)
Appendix E	Methods of geochemical laboratory tests	(55)

Appendix F	Charts of statistics and calculations	
	and definition of soil parameters	(56)
Explanation of wording in this code		(58)
List of quoted standards		(59)
Addition;Explanation of provisions		(61)

1 总 则

1.0.1 为了在低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察中贯彻执行国家有关的技术经济政策,做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于低、中水平放射性废物近地表处置场的岩土工程勘察,不适用于天然和人工岩洞(矿井)内处置以及中等深度和深地质处置场的岩土工程勘察。

1.0.3 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察,应按处置场建设各阶段的要求,正确反映场地的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学条件,查明不良地质作用和地质灾害,精心勘察、精心分析,提出资料完整、评价正确的勘察报告。

1.0.4 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察,应满足设计、环境影响评价和安全分析评价的要求。

1.0.5 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察,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 放射性废物 radioactive waste

含有放射性核素或被放射性核素污染,其浓度或比活度大于国家审管部门规定的清洁解控水平,预期不再利用的气态、液态和固态废弃物。

2.1.2 低、中水平放射性废物 low and intermediate level radioactive waste(LILW)

放射性浓度或比活度大于国家审管部门规定的清洁解控水平,但低于高放废物的放射性废物。本规范中指现行国家标准《放射性废物分类》GB 9133 中第 I、II 等级的固体废物,又称低中放废物。

2.1.3 近地表处置 near surface disposal

地表、地表下或半地下、具有防护覆盖层,且采用天然屏障或加设工程屏障的浅埋处置,深度在地下 50m 以内。

2.1.4 天然屏障 natural barrier

天然存在且能延滞或阻止放射性核素运移到周围环境的地质体。

2.1.5 工程屏障 engineered barrier

能延滞或阻止放射性核素从处置单元运移到周围环境的工程设施。

2.1.6 处置场 disposal site

用于处置低、中水平放射性废物的有界限限定,并受到有组织控制的近地表陆地处置设施区,由处置设施、辅助建(构)筑物和场区组成。

2.1.7 处置设施 disposal facility

为放射性废物提供具有多重屏障的处置系统,包括若干处置单元、防护覆盖层、回填材料、防排水系统等。

2.1.8 处置单元 disposal unit

地质介质和废物包装容器之间设置的工程构筑物,由顶板、侧墙、内隔墙、底板和排水廊道等组成。

2.1.9 处置坑槽 disposal pit

处置单元基础施工所开挖的地面以下的砌筑作业空间。

2.1.10 场区 site

处置场建设所直接占有并使用,受核设施营运单位有效控制的有限面积的场地,由处置区、缓冲区和辅助建(构)筑物区组成。

2.1.11 场址区 site area

以场区为中心,外延半径不小于 1km 的地区。

2.1.12 场址附近范围 site vicinity

以场区为中心,外延半径不小于 5km 的地区。

2.1.13 场址近区域 site near region

以场区为中心,外延半径不小于 25km 的地区。

2.1.14 场址区域 site region

以场区为中心,外延半径不小于 150km 的地区。

2.1.15 弥散系数 dispersion coefficient

表征溶质在多孔介质中分子扩散和机械弥散作用的综合参数,其值等于分子扩散和机械弥散之和。又称水动力弥散系数。

2.1.16 分配系数 distribution coefficient

指地下水系统平衡时,吸附在固相上的核素浓度与液相中的核素浓度的比值。

2.1.17 阻滞系数 retardation factor

表征介质对溶质阻滞能力的参数,其值等于地下水渗流速度与污染物迁移速度的比值。

2.1.18 活动断裂 active fault

晚第四纪以来有活动的断裂。

2.2 符 号

- B ——越流系数；
 CR ——回次岩芯采取率；
 D ——弥散系数；
 D_m ——分子扩散系数；
 D_h ——机械弥散系数；
 DO ——溶氧量；
 Eh ——氧化还原电位；
 f_m ——平均值；
 h' ——压力水头；
 K ——渗透系数；
 K_d ——分配系数；
 K_s ——有效水力传导系数；
 n ——孔隙度；
 ϕ ——有效孔隙度；
 pH ——酸碱度；
 Q ——流量，涌水量；
 r ——相关系数；
 r_a ——相关系数临界值；
 R_d ——阻滞系数；
 RQD ——岩石质量指标；
 S ——承压含水层的释水系数；
 T ——导水系数；
 u ——孔隙水压力；
 α_0 ——降水入渗系数；
 α' ——介质压缩系数；
 β' ——修正水压缩系数；
 ρ ——质量密度；

ω ——含水率；
 θ ——体积含水量；
 μ ——潜水含水层的给水度；
 δ ——变异系数；
 δ_r ——相关型变异系数；
 γ_s ——统计修正系数；
 σ_f ——标准差；
 σ_r ——剩余标准差。

3 基本规定

3.0.1 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察阶段的划分,应与工程设计阶段相适应,划分为初步可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计和施工建造五个勘察阶段。勘察阶段可根据设计要求、场地条件和资料完整程度适当合并。

3.0.2 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察,应按各勘察阶段的要求,查明场址的地质构造、工程地质、水文地质、水文地球化学等岩土工程条件,并应对场地的稳定性、天然屏障特性、岩土工程特性和适宜性作出合理的评价。

3.0.3 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察,宜按前期准备、现场工作、资料整理、成果验收的程序进行。

3.0.4 低、中水平放射性废物处置场场地,可划分为处置区、缓冲区和辅助建(构)筑物区,应按各分区的工程特点进行勘察。

3.0.5 低、中水平放射性废物处置场场地的岩土工程条件适宜性评价,可分为适宜、不适宜和需专门研究三类,并应符合下列规定:

1 同时符合下列条件时,应为适宜场地:

- 1) 地震基本烈度在Ⅶ度和Ⅶ度以下,地质构造简单,不存在活动断裂,长期地质稳定区;
- 2) 天然屏障分布均匀、面积广、厚度大,渗透性分级很弱到微,且具有强吸附性;
- 3) 不良地质作用和地质灾害不发育;
- 4) 水文地质条件简单,包气带厚度大,场区边界离水源的距离不小于 500m。

2 符合下列条件之一时,应为不适宜场地:

- 1) 地震基本烈度在Ⅷ度和Ⅷ度以上,地质构造复杂,存在活

动断裂且无法避让,地应力高度集中,地面抬升或下降较快的长期地质不稳定区;

2)天然屏障渗透性强、吸附能力很弱或无天然屏障;

3)不良地质作用和地质灾害强烈发育且难以治理;

4)水文地质条件复杂且难以查明,处置单元底板位于地下水位附近或在地下水位以下。

3 介于适宜场地和不适宜场地之间时,为需专门研究场地。

4 岩土工程勘察各阶段任务与要求

4.1 一般规定

4.1.1 处置场地岩土工程勘察手段主要包括工程地质测绘、水文地质测绘、工程钻探、工程物探、原位测试、水文地质试验和室内试验。各勘察阶段应根据实际需要选择适宜的勘察手段。

4.1.2 各阶段勘察应在收集前期工作成果资料的基础上,依据勘察技术任务要求进行。

4.2 初步可行性研究阶段勘察

4.2.1 初步可行性研究阶段勘察应以搜集资料为主,辅以适当的现场调查、勘探、测试等,初步分析场址的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学特征,并应初步评价场址的适宜性,同时应为场址的比选提出建议。

4.2.2 初步可行性研究阶段勘察,应包括下列工作内容:

1 了解场址的区域地质构造、地震活动性、区域地壳稳定性和区域水文地质概况;

2 初步查明场址附近范围是否存在活动断裂以及场址区是否存在可能成为核素运移通道的断裂破碎带;

3 初步查明场址附近范围的地形地貌特征,岩土层的类型、成因、时代和分布特征;

4 初步查明场址附近范围不良地质作用的发育情况和危害程度;

5 初步查明场址附近范围的水文地质条件、水文地球化学特征及其相关参数;

6 初步查明场址区岩土层的物理、力学性质及相关参数;

7 初步分析场址区场地地震效应；

8 初步分析场址区场地稳定性；

9 初步评价场址的适宜性。

4.2.3 初步可行性研究阶段勘察应搜集下列资料：

1 废物处置方式、规划容量等处置场总体规划资料；

2 1：5000～1：50000 地形图；

3 区域地质、地震、自然地理及水文气象资料；

4 区域水资源、水利设施、土地利用等规划资料；

5 区域工程地质、水文地质、水文地球化学、环境地质和地质灾害资料；

6 矿产分布及开采资料；

7 遥感资料。

4.2.4 初步可行性研究阶段勘察应符合下列规定：

1 勘探点应根据场址区的地形地貌、岩土条件和水文地质条件合理布置，每个场址的勘探孔不宜少于 5 个，不同地貌单元应有勘探孔控制，场地条件复杂时应适当增加勘探孔数量；

2 勘探孔应进入预设场坪标高以下 100m～150m，并揭露稳定的地下水水位，当遇到透水层时应揭穿透水层；勘探孔在预设深度范围内提前遇到完整基岩时，勘探孔深度可适当减小；

3 主要岩、土、水的试样采取数量应满足不少于 3 组试验的需要；

4 原位测试的方法和数量应满足工程地质和水文地质条件初步评价的要求；

5 工程地质测绘、水文地质测绘和水文地球化学调查的范围和深度，应满足场址初步适宜性评价的要求。

4.3 可行性研究阶段勘察

4.3.1 可行性研究阶段应进行全面的岩土工程勘察，对场址的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学条件应作出明确评价，

并应评价场址的适宜性,提出处置场总平面布置建议。

4.3.2 可行性研究阶段岩土工程勘察,应包括下列工作内容:

1 查明场址附近范围是否存在活动断裂,以及场址区是否存在可能成为核素运移通道的断裂破碎带;

2 查明场址附近范围的地形地貌和地层的成因、时代、分布;

3 查明场址附近范围的水文地质条件、水文地球化学特征及其相关参数;

4 查明场址附近范围的不良地质作用,判断其危害程度和发展趋势,提出初步的防治建议;

5 查明场区内主要岩土层的物理力学参数以及场地水、土对可能采用的建筑材料的腐蚀性;

6 确定场地土的类型和建筑场地类别,分析评价场地地震效应;

7 分析场地岩土体的地球化学特性,评价其对核素运移的吸附能力;

8 初步预测处置场建设可能引起的工程地质环境和水文地质环境问题;

9 综合评价场址的岩土工程条件,给出场址适宜性的明确结论。

4.3.3 可行性研究阶段岩土工程勘察应取得下列资料:

1 比例尺为 1:500~1:2000 并标有初步拟定的处置场总平面布置的地形图;

2 与岩土工程勘察有关的前期工作成果资料;

3 处置废物的主要核素种类和活度范围;

4 压覆矿产、人类活动遗址、有关工程建设及规划资料。

4.3.4 可行性研究阶段勘察应符合下列规定:

1 勘探点宜按网格状布置,并宜兼顾总平面布置;勘探点、线间距应能控制岩土条件的变化,勘探线间距宜为 100m~200m,勘探点间距宜为 75m~150m,复杂地段应加密勘探点;控制性勘探点的数量不应少于勘探点总数的 1/5,典型地貌单元应布置控制

性勘探点;边坡地段应布置勘探点。

2 一般性勘探孔应进入设计场坪标高以下 30m~60m;控制性勘探孔应揭露稳定地下水水位并进入设计场坪标高以下 100m~150m,当遇到透水层时应揭穿透水层;勘探孔在设计深度范围内提前遇到完整基岩时,勘探孔深度可适当减小;边坡地段的勘探孔应穿越潜在的滑移面,并深入稳定岩土层 3m~5m。

3 主要岩、土层的试样采取数量不应少于 6 组;当试验成果剔除粗差数据后不满足统计要求时,应补充取样。

4 原位测试的方法和数量应满足获取工程地质和水文地质主要参数的要求。

5 地球物理勘探线宜结合勘探点按网状布置,在拟建处置区及主要导水通道宜适当加密。

6 工程地质测绘、水文地质测绘、水文地球化学调查的范围和深度,应根据区域地质、区域水文地质条件和任务要求确定。

4.3.5 可行性研究阶段应建立地下水监测网,监测时间不应少于 1 个水文年。

4.3.6 可行性研究阶段场址,应进行专门的水文地质勘察和水文地球化学勘察工作。

4.3.7 当场址存在的断裂、不良地质作用等可能影响场址的适宜性时,应进行相应的专题勘察。

4.3.8 可行性研究阶段宜在场址及其附近地区进行工程屏障材料的初步调查。

4.4 初步设计阶段勘察

4.4.1 初步设计阶段应根据初步总平面布置方案,分区进行岩土工程勘察,对处置区的岩土特征和天然屏障特性作出明确评价,应为确定处置设施基底标高和处置区边界提供岩土工程资料,并对地基稳定性作出评价,推荐适宜的地基处理或基础方案,提出处置场总平面布置优化的建议。

4.4.2 初步设计阶段岩土工程勘察应包括下列工作内容:

1 查明各分区的地形、地貌和地层的分布、成因、类别、时代及岩土层的物理力学性质,提供岩土工程设计所需的参数;

2 查明处置区是否存在破碎带、节理密集带等导水通道;

3 查明处置区包气带的厚度及含水特征,各分区地下水的埋藏条件及动态变化规律;

4 查明各分区水、土对建筑材料的腐蚀性;

5 查明各分区的不良地质作用,提出整治方案建议;

6 查明边坡地段的岩土工程条件,评价其长期稳定性,提出边坡处理建议;

7 分析评价处置区地基岩土层的均匀性、承载力、变形特征等岩土工程特性和天然屏障作用;

8 分析预测处置场场地平整、建设、运营和关闭后的地下水变化情况,评价其对处置场的影响,提出防治措施;

9 分析各分区的水文地质条件和水文地球化学条件,综合评价其对核素运移的阻滞能力。

4.4.3 初步设计阶段勘察应取得下列资料:

1 比例尺为 1:500~1:2000,具有坐标及地形,并标有处置场平面布置及场坪标高的图件;

2 前期岩土工程勘察、水文地质专题勘察、地震安全性评价、地质灾害危险性评估报告等资料。

4.4.4 初步设计阶段处置区的勘察,应符合下列规定:

1 勘探点宜按网格状布置,勘探点数量应能控制处置区地层岩性分布,并满足原位测试的要求,勘探线间距宜为 50m~100m,勘探点间距宜为 50m~75m,控制性勘探点的数量不宜少于勘探点总数的 1/4;

2 一般性勘探孔深度宜进入处置单元基底标高以下 20m~30m;控制性勘探孔深度宜进入处置单元基底标高以下 40m~60m;

3 取样勘探点的数量不应少于勘探点总数的 1/3,主要岩、

土层试样采取数量应满足试验成果的统计要求；

4 原位测试应满足确定地基承载力、地基变形计算等主要参数的要求。

4.4.5 初步设计阶段辅助建(构)筑物区的勘察,宜根据场地的岩土工程条件,结合建(构)筑物的特点选择适当的勘探手段,勘探点宜按建(构)筑物轮廓线或轴线布置,勘探深度应满足基础设计的要求。

4.4.6 初步设计阶段缓冲区的勘察应补充水文地质勘察工作,并应完善地下水监测网。

4.4.7 初步设计阶段应在前期水文地质和水文地球化学专题勘察的基础上,结合处置场的最终处置形式和总平面布置等,开展水文地质和水文地球化学专题勘察工作。

4.4.8 初步设计阶段应进行边坡专题勘察,并应评价边坡长期稳定性和建设施工对边坡稳定性的影响。

4.4.9 初步设计阶段宜在场址及其附近地区进行工程屏障材料的专题勘察工作。

4.5 施工图设计阶段勘察

4.5.1 施工图设计阶段勘察应依据确定的设计方案、技术要求,查明各处置设施及辅助建(构)筑物的地基条件,应提供工程屏障设计、地基基础设计和施工所需的岩土工程资料,并应对与设计和施工有关的岩土工程问题作出评价与建议。

4.5.2 施工图设计阶段岩土工程勘察应包括下列工作内容:

1 针对处置设施、工程屏障和辅助建(构)筑物的基础形式,查明地基岩土类别、层次、厚度及沿垂直和水平方向的分布规律;

2 提供地基岩土承载力、抗剪强度、压缩模量等物理力学指标,基坑开挖稳定计算和支护设计所需的岩土参数,评价基坑开挖对邻近处置设施或辅助建(构)筑物的影响;

3 分析预测工程地质及水文地质条件在施工和运行期间可

能产生的变化及其引起的岩土工程问题,并提出防治建议。

4.5.3 施工图设计阶段勘察应取得下列资料:

- 1** 具有坐标和地形等高线的场区总平面布置图;
- 2** 处置设施和辅助建(构)筑物的荷载、基础形式及尺寸、基础埋深等资料;
- 3** 前期勘察成果及相关资料。

4.5.4 施工图设计阶段的勘探点布置应符合下列规定:

1 处置单元勘探点应按周线和轴线布置,勘探点间距宜为20m~30m,控制性勘探点的数量不应少于勘探点总数的1/4;一般性勘探孔的深度应能控制地基的主要受力层,控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度;

2 辅助建(构)筑物的勘探点宜按周线和角点布置,勘探孔深度应满足基础设计的要求。

4.5.5 施工图设计阶段采取岩土试样和进行原位测试,应满足确定岩土工程设计参数的需求,并应符合下列规定:

1 采取岩土试样和进行原位测试的勘探点的数量,应根据地层结构、地基土的均匀性和处置场特点确定,且不应少于勘探点总数的1/2,取样勘探点的数量不应少于勘探点总数的1/3;

2 处置场主要岩土层的原状土试样或原位测试数据,不应少于6件(组),且应满足成果统计的要求;

3 当岩土层性质不均匀时,应增加取样和原位测试数量。

4.5.6 施工图设计阶段可根据总平面布置情况和工程需要,补充边坡勘察工作,勘察精度应满足边坡施工图设计的需要。

4.5.7 施工图设计阶段应根据总平面布置,结合长期监测需要,进一步完善地下水监测网,监测工作应延续至施工建造阶段。

4.5.8 施工图设计阶段应对已有的水文地质资料和水文地球化学资料作进一步评价,当不满足处置场评价的需要时,应补充相应的勘察工作。

4.6 施工建造阶段勘察

4.6.1 施工建造阶段勘察应主要对前期勘察成果的现场检验和工程建设开始后的现场监测,并应确认设计条件,对施工过程中发现的岩土工程问题应提出处理意见,必要时应补充勘察工作,并为编写申请营运阶段的环境影响报告书提供资料。

4.6.2 在施工建造阶段勘察前,应取得具有坐标位置的建(构)筑物基础布置、基坑负挖及支护、边坡设计和其他与岩土工程施工有关的设计图及文件。

4.6.3 施工过程中应及时进行现场检验,并应确认地基岩土组成、工程性质、水文地质条件等是否与前期勘察资料相符,同时应对施工中的岩土工程问题提出处理意见,包括下列工作内容:

1 施工揭露的工程地质和水文地质条件的检验;

2 核对检验结果与原勘察结论的一致性,当差别明显时,应提出处理意见;

3 地基改良或加固处理效果的检验。

4.6.4 处置区施工过程中应进行跟踪编录,揭露基础底面后应进行比例尺不小于 1:200 的测绘及编录;存在断裂破碎带、节理密集带、破碎的岩脉及其他影响天然屏障特性的地质体时,应进行针对性勘察。

4.6.5 处置区施工过程中应检验前期勘探孔的封孔效果,必要时应重新封孔。

4.6.6 土石方迁移过程中应维护地表水及地下水观测网,并应加大监测频率和验证前期预测结果。

4.6.7 施工建造阶段勘察应实施信息化动态管理,并应根据现场勘察获得的信息,及时提出处理意见或设计、施工建议。

5 专门岩土工程勘察

5.1 断 裂

5.1.1 断裂专门勘察工作宜在初步可行性研究阶段和可行性研究阶段进行,并应在可行性研究阶段明确评价断裂对场址适宜性的影响。

5.1.2 初步可行性研究阶段断裂勘察应符合下列规定:

1 搜集区域地质、新构造、断裂活动和地震活动等资料,结合必要的调查,初步评估场址附近范围断裂的活动性及是否存在活动断裂;

2 根据适当的现场断裂勘察,初步评价场址区是否存在可能成为核素运移通道的断裂破碎带;

3 综合评价场址是否存在不适宜因素,并比较场址的断裂条件。

5.1.3 可行性研究阶段断裂勘察应符合下列规定:

1 应在场址附近范围 1:50000 及更高精度地质构造调查的基础上,鉴定场址附近范围断裂的活动性,并应评价该范围内活动断裂对场址安全性的影响。

2 应在场址区 1:10000 地质调查的基础上,进行场址区断裂活动性鉴定,并应评价场址区是否存在活动断裂。当存在活动断裂时,应开展沿该断裂 1:2000~1:5000 的带状地质填图,查明断裂的展布、最新活动时代、性质、位移等活动特征,并应评价断裂的潜在地表破裂带宽度,确定场区的避让距离。

3 当场址区存在断裂破碎带时,应查明其水文地质特征,并应评价其对核素运移的影响,同时提出处理或避让的建议。

4 应评价断裂对处置场稳定性和适宜性的影响。

5.2 水文地质

5.2.1 水文地质勘察应分阶段进行,当水文地质条件简单、已有资料满足设计和环境影响评价的要求时,勘察阶段可适当合并。各阶段宜编写相应的水文地质勘察报告。

5.2.2 水文地质勘察方法应包括水文地质测绘、调查、勘探、试验和动态监测等。

5.2.3 水文地质勘察应建立与各勘察阶段相适应的地下水水流模型,并预测水文地质条件可能发生的变化和对处置场建设的影响。

5.2.4 处置场场址区岩土层应进行渗透性分级,等级划分应符合本规范附录 A 的规定。

5.2.5 水文地质条件复杂性可划分为简单、中等和复杂,并应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 水文地质条件复杂性划分

类别	水文地质特征
简单	符合下列条件: 地貌形态类型单一;岩层平缓,褶皱、断裂不发育,构造简单,岩相岩性稳定均一;包气带分布稳定;处置层岩性类型单一,具有稳定的隔水层,渗透性变化不大;地下水的补给、径流、排泄条件简单;地下水类型单一;岩土吸附能力易于查明
中等	介于“简单”和“复杂”之间的水文地质条件
复杂	符合下列条件之一: 地貌形态类型多样,且成因复杂;褶皱、断裂发育,构造复杂,岩相岩性变化大;包气带厚度变化较大;第四纪沉积物分布极不均匀,处置层岩性类型复杂,渗透性变化幅度大;地下水的补给、径流、排泄条件难以查明;地下水类型多样;岩土吸附能力变化较大

5.2.6 初步可行性研究阶段水文地质勘察应符合下列规定:

1 应在搜集、分析区域水文地质、水文气象、自然地理环境和水资源规划等资料的基础上进行水文地质勘察;

2 应调查场址近区域的地表水体及主要水源,并应初步查明水资源的分布情况;

3 调查范围应包括处置场所在的水文地质单元以及相邻的水文地质单元,并应初步查明各水文地质单元的补、排关系;

4 场址附近范围内应进行水文地质调查,并应初步查明场址所在水文地质单元的补给、径流和排泄条件;

5 水文地质勘察工作宜结合工程地质勘察进行,并应初步查明场址主要岩土层的渗透性、主要含水层和隔水层的分布情况及埋藏条件;

6 应结合勘探孔和区内井、泉分布情况,布置地下水的长期监测工作,并应初步查明地下水的动态变化情况;

7 应初步评价场址水文地质条件的复杂程度,并应根据水文地质条件初步评价场址的适宜性。

5.2.7 可行性研究阶段水文地质勘察应符合下列规定:

1 可行性研究阶段水文地质勘察应在充分收集前期资料的基础上,开展水文地质测绘、钻探、工程物探、试验和监测工作;应查明场址附近范围的水文地质特征,获取水文地质参数,并应评价水文地质条件对场址适宜性的影响。

2 可行性研究阶段水文地质勘察应主要包括下列工作内容:

- 1)查明场址附近范围地表水体的分布、水资源规划和利用情况;
- 2)查明场址附近范围流域汇水面积、地表径流流速、流量,以及历史最高水位等;
- 3)查明处置场包气带的分布特征、厚度、岩性、孔隙度、有效孔隙度、土壤含水率剖面和渗透性能等;
- 4)查明场址附近范围地下水的主要补给来源、径流区域、排泄区域、开采点、流向、流速,地下水与地表水的补排关系,以及地下水位的变化规律;
- 5)查明场址附近范围主要含水层和隔水层的分布规律,以及主要岩土层的渗透特征;

- 6)查明场址附近范围破碎带、节理密集带等导水通道的分布和渗透特征；
- 7)分析场地平整前后地下水流场变化及其对处置场的影响；
- 8)综合分析场区地表水特征，包气带特征，含水介质的类型、埋藏条件和地下水的补给、径流、排泄特征，评价场地水文地质条件的复杂程度及其对场址适宜性的影响。

3 可行性研究阶段水文地质勘察，应根据场址条件，结合钻探、工程物探等勘察手段进行，并应符合下列规定：

- 1)水文地质调查范围应包括处置场在內的水文地质单元和与其有水力联系的水文地质单元；
- 2)场址区内水文地质勘探点宜结合工程地质勘探点统一布置，场址区外水文地质勘探点应沿地下水渗流路径布置，勘探点的数量和深度以能查明渗流路径的水文地质条件为准，处置场相邻水文地质单元宜布置水文地质勘探点；
- 3)水文地质原位试验应根据场地条件，在处置区和地下水渗流路径上选择具有代表性的地段进行试验；
- 4)水文地质物探工作应根据测绘和钻探进行布置，重点布置在处置区和地下水可能的运移路径上；
- 5)地表及地下水监测点的布置应满足地下水均衡分析和建立地下水水流模型的需要，各个地貌单元、井泉、主要地表水和地下径流路径应布置监测点，地表水与地下水关系复杂的地段应加密布置。

4 可行性研究阶段应开展地下水水流模拟工作，并应符合下列规定：

- 1)充分利用勘察资料，建立合理的水文地质概念模型和数学模型；
- 2)采用通过应用实例充分验证的模拟软件；

- 3)根据地下水监测资料,对模型进行初步识别和校正,并根据处置场规划,预测处置场建设引起的地下水变化特征;
- 4)进行概念模型和参数的不确定性分析,为下阶段水文地质勘察工作的布置提供依据。

5.2.8 初步设计和施工图设计阶段水文地质勘察应符合下列规定:

1 初步设计和施工图设计阶段水文地质勘察应根据处置场总平面布置方案进行勘察工作;应评价处置场场地平整或分期建设后场地的水文地质条件的变化情况,提供处置场设计所需的水文地质资料。

2 初步设计和施工图设计阶段水文地质勘察应包括下列工作内容:

- 1)分析前期水文地质资料,结合任务书要求确定初步设计/施工图设计阶段需要开展的水文地质勘察内容,开展针对性的水文地质勘察工作;
- 2)应根据所获得资料进一步检验和校正处置场地下水水流模型,预测处置场场地平整或分期建设前后的地下水水流特征。

3 初步设计和施工图设计阶段水文地质勘察方法和工作量,应根据水文地质勘察内容合理选用和布置。

4 初步设计和施工图设计阶段地下水水流模拟研究应符合下列规定:

- 1)根据所获得的勘察资料,进一步完善概念模型和数学模型;
- 2)对模型进行详细的不确定性和参数敏感性分析;
- 3)利用监测数据对模型进行校正,并确定预报模型;
- 4)采用预报模型预测处置场场地平整、建设、运营和关闭后的地下水水流特征。

5.2.9 施工建造阶段水文地质勘察应符合下列规定:

1 应检验场地开挖后水文地质条件与前期勘察成果的一致性,差异较大时应采取适当的手段查清。

2 应继续开展施工建造期间地表水、地下水的监测工作。

3 出现下列情况时,应补充针对性的水文地质勘察工作:

1)场地平整或土石方迁移后水文地质条件改变较大;

2)场地开挖后揭露可能影响天然屏障特性的断裂破碎带、节理密集带、破碎的岩脉等地质体。

4 应根据场地开挖后揭露的地质条件、地下水监测及补充的水文地质勘察成果,进一步检验和校正地下水水流模型。

5 应根据检验后的水文地质勘察成果,进一步分析评价水文地质条件对处置场的影响。

5.3 水文地球化学

5.3.1 水文地球化学勘察宜结合水文地质勘察进行,勘察阶段的划分宜与水文地质勘察一致,可编写相应的水文地球化学专题报告或作为独立章节编入水文地质专题报告中。

5.3.2 水文地球化学勘察方法应包括水文地球化学调查、试验和动态监测等。

5.3.3 水文地球化学勘察应通过建立与各勘察阶段相适应的地下水溶质运移模型,为处置场设计和环境影响评价提供所需数据或资料。

5.3.4 初步可行性研究阶段水文地球化学勘察应符合下列规定:

1 应以搜集区域水文地球化学资料为主,对缺乏有效资料的水文地质单元,应辅以适当的野外调查和室内试验;

2 调查分析范围宜与水文地质勘察范围一致,应了解地下水化学成分的形成作用和演化机理,并应初步查明处置场所在水文地质单元的水文地球化学特征;

3 应初步分析和评价场址附近范围岩土介质对核素运移的阻滞能力。

5.3.5 可行性研究阶段水文地球化学勘察应符合下列规定：

1 可行性研究阶段水文地球化学勘察应在充分收集前期资料的基础上,开展水文地球化学调查和试验工作;应查明场址附近范围的水文地球化学特征,获取关键溶质运移参数,并应评价场址岩土层对核素运移的阻滞能力。

2 可行性研究阶段水文地球化学勘察应包括下列工作内容：

- 1)查明地下水的水化学组成,地下水系统的氧化还原条件、天然胶体含量和有机质含量;
- 2)测定核素运移途径上各岩土层的化学特性;
- 3)测定场区地下水系统的弥散系数;
- 4)测定场区地下水系统内的核素分配系数;
- 5)分析场址地下水的化学类型、形成作用和演化机理;
- 6)评价场址水文地球化学条件对核素的阻滞能力。

3 可行性研究阶段水文地球化学勘察,应在核素可能运移途径上选择适当位置进行现场弥散试验,并应获取主要地层的有效孔隙度和弥散系数。

4 可行性研究阶段水文地球化学勘察,应在处置区和核素可能运移途径采取岩、土、水试样,测定其化学特性和吸附参数。

5 可行性研究阶段水文地球化学勘察,应布置地下水水化学长期监测点。

6 可行性研究阶段水文地球化学勘察,应开展溶质运移模拟工作,并应符合下列规定：

- 1)与地下水水流模型相结合;
- 2)结合勘察成果,建立合理的概念模型和数学模型;
- 3)采用通过应用实例充分验证的模拟软件;
- 4)应计算分析保守性核素和强吸附性核素的运移特征,并进行参数敏感性分析;
- 5)进行概念模型和参数的不确定性分析,为下阶段水文地球化学勘察工作的布置提供参考。

5.3.6 初步设计和施工图设计阶段水文地球化学勘察应符合下列规定：

1 初步设计和施工图设计阶段水文地球化学勘察，应在分析前期水文地球化学资料的基础上，结合水文地质勘察工作进行，应进一步查明处置场水文地球化学条件，提供处置场设计所需的水文地球化学资料。

2 初步设计和施工图设计阶段水文地球化学勘察应包括下列工作内容：

- 1) 分析前期水文地球化学资料，确定初步设计/施工图设计阶段需要开展的水文地球化学工作内容，开展针对性的勘察；
- 2) 进一步开展地下水水化学长期监测工作；
- 3) 结合本阶段的地下水水流模型，进行核素运移数值模拟分析，预测核素运移规律。

3 初步设计和施工图设计阶段水文地球化学勘察方法和工作量，应根据勘察内容合理选用和布置。

5.3.7 施工建造阶段水文地球化学勘察应符合下列规定：

1 应结合施工建造阶段的水文地质勘察成果，分析水文地球化学条件的变化情况，必要时应开展针对性的水文地球化学勘察工作；

2 应进一步检验和校正溶质运移模型，并应预测核素运移规律；

3 应继续开展地下水水化学监测。

5.4 不良地质作用

5.4.1 处置场场址区及其附近存在影响处置场稳定性和天然屏障有效性的不良地质作用时，应进行专门勘察。

5.4.2 应对地形地貌、工程地质和水文地质条件有较大改变的土石方迁移方案进行论证，可能引发地质灾害或不良地质作用时应进行专门勘察。

5.4.3 不良地质作用勘察应包括下列工作内容：

- 1 查明不良地质作用的类型、规模、分布、发育程度和形态特征；**
- 2 分析不良地质作用的地质环境条件、引发因素、成因机制和相互作用；**
- 3 评价不良地质作用对处置场稳定性和天然屏障有效性的影响；**
- 4 预测不良地质作用的发展趋势及潜在危害程度，提出避让或防治方案建议。**

5.4.4 不良地质作用勘察应符合下列规定：

- 1 不良地质作用勘察应结合工程地质测绘与水文地质测绘的成果开展工作；**
- 2 不良地质作用勘察应针对不良地质作用的类型和特点，综合采用测绘、工程物探、钻探和测试等勘察方法；**
- 3 不良地质作用勘察范围与工作量布置，应满足分析、评价和预测其对处置场稳定性和天然屏障有效性影响的要求；**
- 4 仅对工程边坡、基坑边坡及岩土工程施工有影响的不良地质作用，应按国家现行标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定进行勘察。**

6 勘察方法

6.1 工程地质和水文地质测绘与调查

6.1.1 工程地质和水文地质测绘与调查,应主要在初步可行性研究阶段、可行性研究阶段和施工建造阶段进行。在初步设计阶段和施工图设计阶段,遇专门的地质问题时,应作必要的补充测绘和调查。

6.1.2 工程地质和水文地质测绘与调查范围的确定应符合下列规定:

1 初步可行性研究阶段工程地质测绘与调查不应小于场址附近范围,可行性研究阶段工程地质测绘与调查不应小于场址区;

2 初步可行性研究阶段水文地质测绘与调查应包括处置场所在的水文地质单元以及相邻的水文地质单元,可行性研究阶段水文地质测绘与调查应包括处置场在内的水文地质单元和相邻有水力联系的水文地质单元;

3 应包括影响处置场建设的不良地质作用分布范围及其生成发育地段。

6.1.3 工程地质和水文地质测绘的比例尺和精度应符合下列规定:

1 测绘的比例尺,初步可行性研究阶段可选用 1:5000~1:25000;可行性研究阶段宜选用 1:1000~1:2000;工程地质条件复杂时,应扩大比例尺;

2 对处置场建设有特殊意义的地质单元体均应绘制,填图单元的最小尺寸应为图上 2mm,测绘宽度不足 2mm 时,可扩大比例尺表示;

3 处置场场地的地质界线、地质体、实测地质剖面及地质观

测点的测绘精度,在图上误差不应超过 3mm,其他地段不应超过 5mm。

6.1.4 工程地质和水文地质测绘路线,应根据测绘精度的要求,选用横穿越法、界限追索法、全面查勘法等方法,处置区应布置相互垂直的穿越剖面。水文地质测绘路线尚应符合下列规定:

- 1 应沿垂直构造线或地层走向;
- 2 应沿地貌变化显著方向穿越地貌单元分界线;
- 3 应沿河谷、沟谷延伸方向;
- 4 应沿含水层(带)走向。

6.1.5 观测点的布置、密度和定位应符合下列规定:

- 1 地质观测点应具有代表性,每个地质单元体均应布置观测点;
- 2 水文地质观测点应布置在地质界线、河谷、沟谷、含水层的走向和地下水出露点上;

- 3 观测点应充分利用天然和已有的人工露头,并应根据具体情况布置适量的探坑和探槽;

- 4 观测点的距离宜控制在图上距离 2cm~3cm,可根据地形、地质条件的复杂程度加密或放宽,场区应适当加密;

- 5 观测点应根据重要性和精度要求选用适当方法定位,重要的观测点宜采用仪器定位。

6.1.6 工程地质与水文地质测绘与调查宜包括下列工作内容:

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

- 2 查明岩土的年代、成因、性质、厚度和分布,对岩层应鉴定其风化程度;

- 3 查明岩体结构类型,各类结构面的产状和性质;对于边坡地段,尚应分析结构面的组合关系,初步评价边坡稳定性;

- 4 查明不良地质作用的类型、规模、分布、发育程度和形态特征及其对工程建设的影响;

- 5 查明地表水体的分布,水资源规划和利用情况;

6 查明流域汇水面积、地表径流流速、流量以及历史最高水位等；

7 查明地下水的主要补给来源、径流区域、排泄区域和开采点，地下水与地表水的补排关系以及地下水位的季节性变化情况；

8 初步查明破碎带、节理密集带等导水通道的分布；

9 初步查明处置场包气带的分布特征、厚度、岩性等；

10 调查人类活动对处置场场地稳定性的影响，包括人工洞穴、地下采空、大挖大填、抽水排水和水库诱发地震等；

11 调查当地工程建筑和治理经验。

6.1.7 工程地质和水文地质测绘与调查的成果资料，宜包括实际材料图、综合工程地质图、工程地质分区图、实测剖面图、综合地质柱状图、岩矿鉴定资料，以及重要地质点素描图、水文地质图及其剖面图、与地下水有关的各种等值线图、水文气象资料图表、井（泉）调查表、水质分析成果统计表、地下水监测图表、照片和文字说明等。

6.1.8 利用遥感影像资料解译进行工程地质和水文地质测绘时，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

6.2 工程物探

6.2.1 工程物探应充分利用被探测对象的物性条件，并结合工程需要和场地条件合理使用。

6.2.2 工程物探应结合其他勘察手段，探测下列主要内容：

1 覆盖层厚度、隐伏的地质界线、界面、不良地质作用等；

2 断裂、破碎带、岩脉等的分布发育情况；

3 含水层及隔水层的埋藏条件；

4 地下水水位、流向和流速。

6.2.3 工程物探探测应具备下列条件：

1 探测对象与周围介质存在的物性差异具有足够被探测的规模；

2 地形影响导致的异常畸变不显著改变探测对象的异常形态或能进行改正。

6.2.4 工程物探测线的布置宜充分结合勘探点,并应垂直或大角度相交于探测对象的走向。工程物探测线的布置应符合下列规定:

1 测网应根据工程需要和地形、地质条件布置,拟定的测线位置可根据实际情况适当调整,测线移动的允许距离在相应比例的平面图上应为 5mm;

2 测网密度应保证异常的连续、完整和便于追踪;

3 测线长度应保证异常的完整和具有足够的正常背景。

6.2.5 工程物探宜选用直流电法、电磁法、弹性波法、地球物理测井等方法。地质条件复杂或存在多种干扰因素时,应采用综合物探。物探方法可按本规范附录 B 选取,对所选取的方法应进行有效性试验。

6.2.6 外业实测数据应及时检查和进行数据质量评价,并应根据场地条件、岩土特性、地区经验、仪器设备等因素分析实测数据的合理性和可靠性。

6.2.7 工程物探应结合其他勘探方法获得的成果,对所获取的物探数据进行综合处理、分析和解译。

6.2.8 工程物探成果应包括文字报告、测线平面布置图、各种定性和定量分析、解译图件、质量检查数据或数据质量评定等内容。

6.3 钻 探

6.3.1 钻探应根据岩土层特点和勘察要求采用合适的钻探设备和工艺,并应满足取样、测试等要求。

6.3.2 钻探应符合下列规定:

1 钻具量测误差在 $\pm 0.5\text{cm}$ 范围内,钻进、测试、取样深度和岩芯的量测误差在 $\pm 5\text{cm}$ 范围内;

2 对鉴别地层天然湿度的钻孔,在地下水位以上的土层应进

行干钻,当必须加水或使用循环液时,应采用能隔断冲洗液的双层或三层岩芯管钻进;

3 全断面连续取芯,回次进尺不应超过钻具取芯长度并小于2m;

4 对渗透性较好的地层,应采用适当的钻进工艺取芯,在钻进过程中不应漏失地层;

5 一般岩体的回次岩芯采取率不应低于80%,破碎岩体和第四系土层的回次岩芯采取率不应低于85%;破碎带、节理密集带以及可能存在渗透通道的地层等需要重点查明的部位,宜采用双层岩芯管连续取芯;

6 当需确定岩石质量指标 RQD 时,应采用75mm口径(N型)双层岩芯管和金刚石钻头;

7 钻探现场应采取避免柴油或钻机润滑油渗漏的措施。

6.3.3 钻探操作的具体方法应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的规定。

6.3.4 钻孔中地下水位的量测应符合下列规定:

1 应及时量测并记录初见水位;

2 应在钻孔全部完成后统一量测各孔的稳定水位;

3 存在多层地下水时应分层量测水位。

6.3.5 钻孔的记录和编录应符合下列规定:

1 记录应真实、准确、完整、及时,不应事后追记;

2 岩芯应按回次鉴别描述,计算回次岩芯采取率 CR 和岩石质量指标 RQD ,统计节理裂隙条数和倾角,描述充填和胶结情况;

3 对可能形成导水通道的破碎带、节理密集带、薄层粗粒土等,应进行详细描述;

4 应记录钻进过程中的回水状况,回水状况异常时应准确量测钻进深度并记录;

5 应记录每日进尺、孔径变化情况;

6 岩芯编录完成后应及时拍摄照片,并应根据要求进行保存。

6.3.6 钻孔验收后应进行封孔,并确保封孔深度达到钻探深度,同时应做好封孔记录。

6.4 井探、槽探和洞探

6.4.1 当钻探方法难以准确查明地下情况时,可采用探井、探槽进行勘探。当需详细查明深部岩层性质、构造特性时,可采用竖井或平洞。

6.4.2 探井、探槽可采用机械或人工开挖。在自身稳定性差的土层中开挖探井或探井深度过大时,应采取支护措施。

6.4.3 探井深度不宜超过地下水位。竖井和平洞的深度、长度、断面应按勘察目的和地层条件(工程要求)确定。

6.4.4 探井、探槽勘探结束后应及时妥善回填。对于可能影响天然屏障有效性的探井、探槽,回填材料宜采用优质黏土,其他位置宜采用原土回填。回填土应采用夯击或碾压方法压实,密实度不宜低于原土的密实度。

6.4.5 对探井、探槽和探洞,除应文字描述记录外,尚应以剖面图、展示图等反映井、槽、洞的侧壁和底部的岩性、地层边界、构造特征、取样和原位测试位置,并应辅以代表性部位的彩色照片。

6.5 取 样

6.5.1 土试样的质量等级划分、取样的工具和方法,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

6.5.2 试样的取样质量和尺寸应满足试验的要求,对获取渗透、变形、强度、弥散系数等重要参数的试验项目应取Ⅰ级样。

6.5.3 水试样应能够代表天然条件下的水质情况,当水体的化学成分在空间上分布不均或随时间变化时,应分区、分层或分时段取样,水试样取样后应及时进行试验分析。

6.6 原位测试

6.6.1 原位测试应根据岩土条件、处置场特点、测试方法的适用性、设计对参数的要求及地区经验等因素选用,各种原位测试方法的适用性应符合本规范附录 C 的规定。

6.6.2 原位测试应符合下列规定:

1 应根据试验方法,并结合场地条件和勘察成果确定试验点和试验段的位置,试验点和试验段应具代表性;

2 试验数据应进行现场检查与整理,应分析数据的合理性和可靠性,数据失真时应重复试验或增加试验数量;

3 采用新的试验方法时,应与传统试验方法相配合,并应经过验证取得经验后再使用。

6.6.3 分析原位测试成果资料时,应注意仪器设备、试验条件、试验方法对试验结果的影响,应结合地层条件,剔除异常数据。

6.6.4 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分析岩土工程问题时,应与室内试验和工程反算参数作对比,并应检验其可靠性。

6.7 水文地质试验

6.7.1 水文地质试验应根据水文地质条件、处置场特点、设计和环境影响评价对参数的要求,以及地区经验等因素,按本规范附录 D 选择合适方法。

6.7.2 水文地质试验点和试验段的选择、试验数据的整理分析等,应符合本规范第 6.6.2 条的要求。

6.7.3 地下水流向、流速的测定可采用示踪剂法或工程物探方法确定,当采用工程物探方法测定地下水的流向和流速时,可按本规范附录 B 选取合适的方法。

6.7.4 岩土层的渗透特性可采用抽水试验、渗水试验、注水试验和压水试验等方法查明。

6.7.5 现场弥散试验宜采用多孔法,应符合下列规定:

1 弥散试验应布置在处置场地下水的主要渗流路径上;

2 投源孔和监测孔应沿地下水主流向布置,侧向监测孔、投源孔和主流向监测孔的连线夹角宜小于 10° ,监测孔与投源孔的距离应根据含水介质的性质、水力梯度等因素确定;

3 示踪剂的注入方式可采用脉冲式和连续式,示踪剂注入投源井后应与地下水混合均匀;

4 应定时、定深度对示踪剂浓度进行观测分析,待示踪剂晕的前缘在监测孔中出现后,宜加大观测频率,并应准确测定出示踪剂前缘和峰值到达监测孔的时间;

5 应实时绘制监测孔中示踪剂浓度-时间($C-t$)曲线,试验结束后应计算试验过程中地下水的实际流速和弥散系数。

6.7.6 连通试验可采用水位传递法和示踪剂法,可利用现有的人工或天然地下水点进行投源和监测,监测点应在地面测绘的基础上布置在投源点的下游。

6.7.7 使用示踪剂的试验,示踪剂的选择应符合下列规定:

1 应无毒或毒性很小,不应危害人体健康并对环境影响较小;

2 应避免或减少对处置场场地辐射环境本底值的影响;

3 示踪剂和地下水溶混后,在试验要求的时空范围内,应保持物理、化学稳定性,并应对地下水的物理性质、渗透速度及流向无改变或改变较小。

6.7.8 分析水文地质试验成果资料时,应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验结果的影响,并结合地层条件,剔除异常数据。

7 室内试验

7.1 一般规定

7.1.1 试验项目和试验方法应根据处置场勘察阶段、设计要求和岩土性质等因素综合确定,试验条件宜接近实际。

7.1.2 质量等级的试样应根据试验要求选取,并应在试样制备过程中避免对试样的污染和进一步扰动。

7.1.3 对特种试验项目,应制订专门的试验方案。

7.2 物理力学试验

7.2.1 岩土的室内试验宜根据岩土的分类测定相应的物理力学性质,并应符合下列规定:

1 砂土应包括颗粒级配、比重、密度、含水率、最大和最小干密度、渗透系数、压缩系数或压缩模量、抗剪强度等;

2 粉土应包括颗粒级配、比重、密度、含水率、液限、塑限、渗透系数、压缩系数或压缩模量、抗剪强度等;

3 黏性土应包括比重、密度、含水率、液限、塑限、渗透系数、压缩系数或压缩模量、抗剪强度等;

4 岩石应包括颗粒密度和块体密度试验,饱和、干燥和天然状态下的单轴抗压强度等;

5 目测土含有有机质时,宜进行有机质含量试验。

7.2.2 土的固结系数、前期固结压力,土-水特征曲线(SWCC),以及岩石的吸水率、耐崩解性、弹性模量、泊松比、剪切及抗拉强度等试验项目,宜根据工程需要确定。

7.2.3 当需要测定土的动力性质时,可采用动三轴试验、动单剪试验、循环扭剪试验、共振柱试验、振动台试验或室内波速测试等

方法;当需要测定岩石的动力性质时,可采用岩石动三轴试验、室内波速测试等方法。在选择试验方法和仪器时,应注意岩土性质和其动应变的适用范围。

7.2.4 土工试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定,岩石试验方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定,岩土的动力学试验应符合现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定。

7.3 地球化学试验

7.3.1 水化学测试应包括下列内容:

- 1 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 等离子浓度;
- 2 氧化还原电位(Eh)、酸碱度(pH)、电导率、溶解氧(DO);
- 3 胶体、络合物、微生物含量。

7.3.2 岩、土化学特性测试应包括下列内容:

- 1 矿物成分;
- 2 化学组成;
- 3 胶体颗粒含量;
- 4 酸碱度;
- 5 阳离子交换容量;
- 6 处置核素的分配系数。

7.3.3 室内弥散试验应符合下列规定:

- 1 采用二维弥散试验时,主要岩、土层应进行不少于 3 组试验;
- 2 弥散槽的尺寸应满足试验精度和模拟的需要;
- 3 应精确控制弥散槽的边界条件和初始条件,应包括两端水位。

7.3.4 地球化学试验主要测试内容和推荐试验方法,应符合本规范附录 E 的规定。

8 岩土参数分析

8.1 一般规定

8.1.1 岩土参数分析应在分析相关资料的基础上,结合处置场的具体要求进行。

8.1.2 岩土参数分析应符合下列规定:

1 应掌握处置场的地质背景,正确划分地层和岩土单元,并应分析岩土材料的非均质性、各向异性,以及时间、环境等因素对岩土性质的影响,同时应评估岩土参数的不确定性,确定其最佳估值;

2 吸取当地建筑经验,对分期建设的处置场,后期应吸取前期勘察的经验。

8.1.3 岩土体的变形、强度、稳定性、渗透性、弥散特性和吸附能力等参数,应做定量分析。

8.2 岩土参数统计与选用

8.2.1 岩土参数的统计与确定应以测试成果为依据,精度应满足使用要求,并应根据处置场特点和岩土条件选用。所选参数应按下列内容分析评价其可靠性、代表性和适宜性:

- 1 影响测试结果的各种因素;
- 2 采用的测试方法及取值标准;
- 3 测试方法与计算模型的配套性;
- 4 测试结果的离散程度;
- 5 同一岩土单元内不同测试方法所得结果的分析比较。

8.2.2 参数的统计与确定应按下列步骤进行:

- 1 划分地层和岩土单元;
- 2 检查测试数据,必要时绘制统计图(表),舍弃失真数据;

- 3 统计和计算平均值、标准差；
- 4 剔除粗差数据；
- 5 重复本条第 3、4 款步骤，直到粗差剔除尽；
- 6 计算变异系数，评价其变异性；
- 7 整理、分析统计成果，确定岩土参数。

8.2.3 地层和岩土单元的划分应符合下列规定：

- 1 应具有同一地质年代、成因类型；
- 2 应属同一地质构造部位的地层；
- 3 应具有基本相同的矿物成分、结构构造、物理力学性质和岩土工程特性。

8.2.4 舍弃失真数据时应分析失真原因，必要时应进行敏感性分析，舍弃后剩余样本应满足统计容量至少 6 组数据的要求。

8.2.5 岩土参数的平均值、标准差的计算，应符合下列规定：

- 1 平均值应按下式计算：

$$f_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (8.2.5-1)$$

- 2 标准差应按下式计算：

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n f_i^2 - n \cdot f_m^2 \right)} \quad (8.2.5-2)$$

式中： f_i ——统计参数 f 的第 i 个数值；

n ——参与统计数据的个数。

8.2.6 主要参数宜绘制沿深度(或距离)变化的图表，并应分析参数与深度(或距离)的相关性和相关类型，直线相关型的判别和计算应符合下列规定：

- 1 相关系数应按下式计算：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(z_i - z_m)(f_i - f_m)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (z_i - z_m)^2 \sum_{i=1}^n (f_i - f_m)^2}} \quad (8.2.6-1)$$

式中: z_i ——第 i 个参数所对应的深度(或距离);

z_m —— z 的平均值。

2 可按表 8.2.6 判别相关性。

表 8.2.6 相关性判别

相关性	相关性检验表达式	说 明
非相关	$ r \leq r_a$	$ r $: 相关系数绝对值; r_a : 相关系数临界值, 本规范附录 F 查得; α : 信度, 取 0.1~0.5
相关	$ r > r_a$	

3 对相关性参数宜采用最小二乘法确定回归直线, 可按下列公式计算:

$$f(z) = a + b \cdot z \quad (8.2.6-2)$$

$$a = f_m - b \cdot z_m \quad (8.2.6-3)$$

$$b = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i \cdot z_i) - f_m \cdot z_m}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i^2 - z_m^2} \quad (8.2.6-4)$$

式中: a 、 b ——经验公式的回归系数。

4 剩余标准差应按下式计算:

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n [f_i - (a + b \cdot z_i)]^2} \quad (8.2.6-5)$$

8.2.7 剔除粗差数据时应说明数据的取舍标准。

8.2.8 参数的变异系数的计算应符合下列规定:

1 变异系数应按下式计算:

$$\delta = \frac{\sigma_f}{f_m} \quad (8.2.8-1)$$

2 相关型变异系数应按下式计算:

$$\delta_r = \frac{\sigma_r}{f_m} \quad (8.2.8-2)$$

3 统计修正系数应按下式计算:

$$\gamma_s = 1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \cdot \delta \quad (8.2.8-3)$$

4 标准值应按下式计算：

$$f_k = \gamma_s \cdot f_m \quad (8.2.8-4)$$

5 相关型标准值应按下式计算：

$$f_k(z) = a + b \cdot z \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \cdot \sigma_r \quad (8.2.8-5)$$

8.2.9 选用岩土参数应以统计成果为依据,按用途确定,并应符合下列规定：

- 1 应分析岩土参数的用途和各参数间的相互关系,并应与经验数值进行比较；
- 2 应分析测试方法与计算模型的匹配性和相关条件的相似性；
- 3 应对高变异性参数进行敏感性分析；
- 4 应对用于重要计算的参数进行适用性、代表性和可靠性分析。

9 勘察成果报告编制

9.1 一般规定

9.1.1 岩土工程勘察报告应以全部勘察资料为依据,应按勘察阶段的任务要求和处置场的工程特点编写。

9.1.2 岩土工程勘察报告编制前,应进行资料的整理工作,应包括对原始资料、引用资料进行全面的整理、校核和分析,测试成果的计算和统计,绘制相关图表等。资料整理工作宜按下列顺序进行:

1 根据勘察阶段、任务要求和资料内容,明确整理项目、内容、方法和技术要求;

2 按现行标准分析前期资料的正确性,评价其可用性;

3 检查、校对勘察原始资料;

4 统计、分析和确定岩土工程参数,绘制图表。

9.1.3 岩土工程勘察报告应全面真实地反映场地的客观条件,内容应完整,数据应准确,结论应正确,建议应合理可行。

9.1.4 工程资料应及时分类、立卷、归档。

9.2 文字部分

9.2.1 岩土工程勘察报告的内容应根据不同勘察阶段的任务要求进行编制,并应符合下列规定:

1 初步可行性研究阶段勘察报告应阐明场址的主要工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学特征,对场址的稳定性和适宜性应进行初步分析和评价,对场址的比选应提出建议;

2 可行性研究阶段勘察报告应对场址的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学特征等作出明确评价,初步预测处置场

建设可能引起的岩土工程问题,并应对场址的稳定性和适宜性作出评价,为处置场的总平面布置提出建议;

3 初步设计阶段勘察报告应对处置场岩土工程条件进行分区评价,重点评价处置区岩土特征、天然屏障特性和地基稳定性,推荐适宜的地基处理或基础方案,并应提出处置场总平面最终布置的建议;

4 施工图设计阶段勘察报告应按不同建筑地段作出详细的岩土工程评价,提出工程屏障设计、地基基础设计和地基处理、基坑开挖与支护等所需的岩土参数,分析预测工程地质及水文地质条件在施工和运行期间可能产生的变化及其引起的岩土工程问题,并应提出防治建议;

5 施工建造阶段勘察报告应按建筑地段作出工程地质和水文地质条件、水文地球化学特征的检验、鉴定、评价,确认前期的勘察成果和岩土设计参数,对施工过程中发现的岩土工程问题提出处理意见,并应为编制申请营运阶段的环境影响评价报告书提供所需资料。

9.2.2 初步可行性研究阶段勘察报告应包括下列主要内容:

1 工程概况、勘察目的和任务要求,执行的技术标准和勘察工作情况等;

2 区域地质、构造及活动性和地震地质;

3 区域水文地质条件和水文地球化学特征;

4 场址附近范围的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学特征;

5 场址区主要岩土层的物理力学性质及指标;

6 场址区水和土对建筑材料的腐蚀性;

7 场址的稳定性和适宜性的初步分析评价;

8 提出场址比选建议。

9.2.3 可行性研究阶段勘察报告应包括下列主要内容:

1 工程概况、勘察目的和任务要求,执行的技术标准和勘察工作情况等;

2 场址附近范围地质、构造及活动性和场址区地震动参数；
3 场址附近范围地形地貌、岩土层特性、不良地质作用等；
4 场址附近范围水文地质条件，包括透水层、隔水层、包气带的性质和分布特征，地下水循环规律及动态特征，地表水与地下水的关系等；

5 场址附近范围水文地球化学特征，包括地下水化学类型、成因和分布，场区岩、土层的水化学特性和吸附特征，场区内地下水、地表水的腐蚀性等；

6 场址区主要岩土层的物理力学性质指标，包括强度参数、变形参数、渗透系数、弥散系数、有效孔隙度和分配系数等参数；

7 地下水水流和溶质运移模型分析及预测结果；

8 场址的稳定性和适宜性评价；

9 初步预测处置场建设可能引起的岩土工程问题；

10 提出总平面布置的建议。

9.2.4 初步设计阶段勘察报告应包括下列主要内容：

1 工程概况、勘察目的和任务要求，执行的技术标准和勘察工作情况等；

2 处置场各分区的地形、地貌特征；

3 处置场各分区的水文地质条件和水文地球化学特征；

4 处置场各分区岩土层的分布、均匀性等特征和天然屏障特性；

5 处置场各分区的不良地质作用和整治方案；

6 处置场各分区岩土设计参数的分析与确定，主要包括地基岩土设计参数、水文地质参数和水文地球化学参数等；

7 处置场各分区水、土对建筑材料的腐蚀性；

8 处置场各分区的地基稳定性及地基处理建议；

9 处置场各分区破碎带、节理密集带等的导水性能和岩土层对核素运移的阻滞能力；

10 工程边坡的岩土工程条件，边坡的长期稳定性分析与评价；

- 11 工程屏障材料的类型、特性、分布和储量；
 - 12 处置场场地平整、建设、运营和关闭后的地下水变化及其对处置场的影响，并提出防治措施；
 - 13 处置场最终总平面布置的建议。
- 9.2.5 施工图设计阶段勘察报告应包括下列主要内容：**
- 1 工程概况、勘察目的和任务要求，执行的技术标准和勘察工作情况等；
 - 2 处置场各建筑地段的地形、地貌，岩土层的分布和特征；
 - 3 处置场各建筑地段地基的承载力、抗剪强度、压缩模量等岩土设计参数，基坑开挖对邻近处置设施或辅助建（构）筑物的影响分析；
 - 4 处置场工程地质及水文地质条件在施工和运行期间可能产生的变化及其引起的岩土工程问题，并提出防治建议。
- 9.2.6 施工建造阶段勘察报告应包括下列主要内容：**
- 1 施工揭露的岩土工程条件与前期勘察成果的一致性；
 - 2 确认设计参数，差异较大时，应提出处理建议；
 - 3 地基改良或加固效果。

9.3 图表及专题报告

- 9.3.1 图表的类型和翔实程度可根据勘察阶段的精度要求确定。**
- 9.3.2 勘察报告宜附下列图表：**
- 1 勘探点平面布置图；
 - 2 工程地质剖面图；
 - 3 工程地质柱状图；
 - 4 原位测试成果图表；
 - 5 室内试验成果图表；
 - 6 地下水水位、地表水水位及流量监测数据图表；
 - 7 水化学成分分析成果表；
 - 8 岩土工程统计、计算、分析成果图表；

- 9 包气带等厚度图；
- 10 水文地质剖面图；
- 11 地下水等水位线图；
- 12 综合工程地质图；
- 13 综合水文地质图；
- 14 岩土化学特性分析成果表。
- 15 当需要时，尚可附工程物探成果图表、工程地质测绘和水文地质测绘实际材料图和其他需要的图表。

9.3.3 不同勘察阶段宜根据工程情况及要求编制下列报告：

- 1 断裂专题报告；
- 2 水文地质专题报告；
- 3 水文地球化学专题报告；
- 4 不良地质作用专题报告；
- 5 边坡稳定性分析与评价专题报告；
- 6 工程地质测绘报告；
- 7 水文地质测绘报告；
- 8 工程物探报告；
- 9 原位测试报告；
- 10 室内试验报告；
- 11 其他需要的报告。

10 现场检验与监测

10.1 一般规定

10.1.1 现场检验和监测应根据检验和监测项目确定起止时间,检验和监测项目应根据检验和监测对象的特点确定。

10.1.2 现场检验和监测应在充分了解处置场岩土工程勘察成果、设计和建设方案的基础上制订工作计划,并应采用适宜的方法和手段进行。

10.1.3 现场检验和监测的记录、数据及图件应保持完整,应按要求整理分析,并应及时向有关方报送现场检验和监测资料。当监测数据接近危及工程安全临界值时,应加密监测,并应及时报告。

10.1.4 现场检验和监测完成后应提交成果报告。报告中应附有相关图件,并应进行分析评价,同时应提出建议。

10.2 地基基础的检验和监测

10.2.1 基槽开挖后,应及时检验揭露的地基条件与勘察报告的一致性。检验方法可选择钻芯法、原位测试或室内试验等。

10.2.2 地基处理效果的检验应根据处理目的确定检验手段。地基的渗透特性检验宜以室内试验为主,必要时可采用现场试验测定;地基力学特性的检验应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定。

10.2.3 钻孔封堵效果检验应在充分掌握前期勘探孔坐标和深度信息的基础上进行,检验内容应包括封填材料的渗透特性、填充程度、密实程度及其与孔壁的结合程度。检验方法应包括肉眼辨别、现场试验或室内试验等。

10.2.4 基槽监测应综合考虑设计方案、处置场的工程地质和水文地质条件、周边环境条件、施工方案等因素,制订合理的监测方案。处置坑槽监测应充分考虑监测的长期性。监测方法及精度应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的规定。

10.2.5 处置场自然边坡及人工边坡的监测,应综合考虑其安全等级、变形控制要求、支护结构特点、工程地质和水文地质条件等因素,制订合理的监测方案。监测方法及精度要求应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50030 的规定。

10.2.6 沉降观测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。

10.3 不良地质作用的监测

10.3.1 下列情况应进行不良地质作用的监测:

1 场址区及其附近有不良地质作用,可能影响处置场的稳定性和天然屏障有效性;

2 处置场建设期间已采取防治措施,需在运行期间长期观测,评价防治效果;

3 处置场的建设和运行可能加速不良地质作用的发展。

10.3.2 不良地质作用的监测,应根据地质条件和不良地质作用的类型编制监测技术方案。

10.3.3 在不良地质作用的重点防护区段应建立监测系统,收集、积累相关资料,发现问题时应及时分析,并应提出防治措施。

10.3.4 运营期间的增补工程,应在收集既有勘察、设计、施工、运营等资料的基础上,分析评价其对不良地质作用产生的影响。

10.4 地下水监测

10.4.1 地下水监测应从初步可行性研究阶段开始,监测时间应持续到施工建造阶段。

10.4.2 地下水监测应包括下列内容：

- 1 地下水的水位、水温和水化学成分；**
- 2 与地下水有水力联系的地表水的水位、流量、水温和水化学成分。**

10.4.3 在地下水监测的同时，应收集或观测当地降水量和蒸发量。

10.4.4 地下水监测点网应在可行性研究阶段基本完成，在初步设计、施工图设计和施工建造阶段进一步完善，监测点网的布设应符合下列规定：

- 1 监测点网应能控制处置场所处水文地质单元的边界条件、地下水的补给、径流和排泄路径；相邻水文地质单元应布置监测点；**
- 2 水化学监测点应布置在核素运移路径上，当存在多层地下水时，应分层设置监测点；**
- 3 对于局部裂隙水和上层滞水，应布置观测点；**
- 4 应充分利用勘探孔、非经常开采的井点和泉眼。**

10.4.5 地下水水位监测精度不应低于 $\pm 0.5\text{cm}$ ，水温、气温观察精度不应低于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

10.4.6 地下水位宜每半月观测一次，并应记录水温和气温；各监测点的观测宜在同一时间段进行；地下水监测应与地表水监测同步进行；当地下水位变化剧烈时，应加大监测频率。

10.4.7 地下水监测孔的过滤器应下至所需监测的目标层，监测孔的目标层与其他层位及地表水之间应止水良好。监测孔管口宜高出地面 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ ，管口应设置保护装置，并应定期检查孔深及有无淤淀、冻凝、堵塞等情况。

10.4.8 监测过程中发现水位和水化学成分异常等情况时，应及时检查和处理，并应记录异常和处理情况。

10.4.9 地下水监测资料应及时整理，并应定期编制地下水监测报告，报告宜包括下列主要内容：

- 1 监测工作概况、监测精度及不确定性影响因素,分析评价地下水动态变化规律及变化趋势;
- 2 地下水水位、水温及主要水化学成分的历时曲线;
- 3 地下水位与气象、水文的动态关系曲线图;
- 4 地下水等水位线、主要水化学成分等值线及地下水水温等值线图。

附录 A 岩土渗透性分级

表 A 岩土渗透性分级

分级	标 准		岩体特征	代表性土
	透水率 q (Lu)	渗透系数 K (cm/s)		
强	$q \geq 100$	$K \geq 1.2 \times 10^{-3}$	等价开度 $\geq 0.5\text{mm}$ 的裂隙岩体	砂砾—砾石
中等	$10 \leq q < 100$	$1.2 \times 10^{-4} \leq K < 1.2 \times 10^{-3}$	等价开度 $0.1\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ 的裂隙岩体	砂—砂砾
弱	$1 \leq q < 10$	$1.2 \times 10^{-5} \leq K < 1.2 \times 10^{-4}$	等价开度 $0.05\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$ 的裂隙岩体	粉土
很弱	$0.01 \leq q < 1$	$1.2 \times 10^{-7} \leq K < 1.2 \times 10^{-5}$	等价开度 $0.01\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$ 的裂隙岩体	粉质黏土
微	$q < 0.01$	$K < 1.2 \times 10^{-7}$	完整岩石, 等价开度 $< 0.01\text{mm}$ 的裂隙岩体	黏土

附录 B 工程物探方法的适用范围

表 B 工程物探方法的适用范围

方法名称	探测对象									
	覆盖层厚度及分层	风化层厚度	岩层界线	断裂破碎带	滑动面	空洞	软弱夹层	含水层	地下水位	地下水流向、流速
直流电法	电测深法	●	●	○	●	●	—	●	—	—
	电剖面法	○	—	●	—	○	—	—	—	○
	高密度电法	●	○	●	—	●	—	●	—	○
	自然电场法	—	—	—	—	—	—	—	—	●
	充电法	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	激发极化法	—	—	○	—	—	—	●	—	—
电磁法	探地雷达	○	○	○	●	●	—	—	—	—
	频率域电磁测深法	○	—	●	—	●	—	—	—	—

续表 B

方 法 名 称		探 测 对 象												
		覆盖层厚度及分层	风化层厚度	岩层界线	断裂破碎带	滑动面	空洞	软弱夹层	含水层	地下水位	地下水流向、流速	咸淡水界面	受污染地下水界面	地下水渗漏通道
弹性波法	浅层地震反射法	●	●	●	●	●	○	—	○	●	—	—	—	—
	浅层地震折射法	●	●	●	●	—	—	—	—	○	—	—	—	—
	面波法	●	●	●	—	○	—	●	—	—	—	—	—	—
地球物理测井	电测井	●	○	●	○	—	—	●	●	●	○	●	●	●
	声波测井	—	—	○	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—
	电磁波 CT	—	—	—	○	—	●	—	—	—	—	—	—	—
	弹性波 CT	—	—	—	○	—	●	●	—	—	—	—	—	—
	钻孔电视	—	—	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—

注：表中●为主要方法，○为配合方法，—为不宜方法。

附录 C 原位测试方法适用地层 及主要工程应用

表 C 原位测试方法适用地层及主要工程应用

试验方法	适用地层	主要工程应用
载荷试验	各类岩土	测定地基承载力；测定岩石的变形模量；测定岩石的基床系数
标准贯入试验	砂土、粉土、黏性土	评价土的物理性质；评价土的强度和变形特性；评价地基承载力；评价单桩承载力；判别场地土液化；评价成桩可能性；采取扰动土样
圆锥动力触探试验	轻型：浅层填土、黏性土、砂土和粉土等；重型：砂土、中密以下的碎石土、极软岩；超重型：密实和很密的碎石土、软岩、极软岩	地层的力学分层；评价岩石的均匀性和物理性质；评价地层的强度和变形特性；估算地层承载力、单桩承载力；查明土洞、滑动面、软弱土层界面；检验地基加固效果
静力触探试验	软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土	地层的力学分层；评价土的塑性状态或者密实度；估算土的强度或变形参数；估算土的渗透系数、固结系数（孔压静力触探）；估算地基承载力；选择桩基持力层，判别沉桩可能性，估算单桩承载力；判别场地土液化；检验地基加固效果
十字板剪切试验	饱和软黏土	测定软黏土的不排水抗剪强度和残余强度；估算灵敏度；估算地基承载力；估算单桩承载力；判定软黏土的固结历史；分析边坡的稳定性

续表 C

试验方法	适用地层	主要工程应用
旁压试验	黏性土、粉土、砂土、极软岩和软岩	测定地基承载力、旁压模量；估算侧向基床反力系数；估算软黏土的不排水抗剪强度和砂土的内摩擦角
扁铲侧胀试验	黏性土、粉土、砂土、极软岩和软岩	划分土层、判定土类；测定静止侧压力系数、水平基床系数；估算黏性土的不排水抗剪强度；测定土的压缩模量；估算地层的水平向渗透系数和固结系数
波速测试	各类型岩土层	划分场地土类型，计算场地卓越周期；计算地基土动力参数（动剪切模量、动弹性模量、动泊松比等）；判别地基土液化可能性及等级；评价岩体完整性；评价地基处理效果
现场直接剪切	岩土体、岩土体软弱结构面、岩体与其他材料接触面	测定抗剪强度参数

附录 D 水文地质试验适用条件及测试目的

表 D 水文地质试验适用条件及测试目的

试验方法		适用条件	测试目的
充电法、人工同位素单井法		参见《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《工程地质手册》	测定地下水流向
充电法、电解法、人工同位素单井法、比色法			测定地下水流速
抽水试验		各类赋水性较强的岩土层	查明场地的地层渗透性和赋水性,测定岩(土)层的渗透系数、导水系数、给水度、释水系数、越流系数、越流因数等参数
渗水试验	试坑法	地下水位以上的岩土层	测定岩(土)层的渗透系数
	单环法	地下水位以上的砂土、砂卵砾石等无黏性土层	
	双环法	地下水位以上的黏性土层	
注水试验	常水头注水试验	渗透性比较大的粉土、砂土和卵砾石层,或不能进行压水试验的风化、破碎岩体,断裂破碎带和其他透水性强的岩体等	测定岩(土)层的渗透系数
	降水头注水试验	地下水位以下渗透系数比较小的黏性土层或岩层	

续表 D

试验方法	适用条件	测试目的
压水试验	透水性弱的岩体	测定单位吸水量等
弥散试验	各类地层	测定水动力弥散系数,确定地下水的流向、流速和运动途径
连通试验	各类地层	查明地下水的运动途径、速度,地下河系的连通、延展与分布情况,地表水与地下水水力联系等

附录 E 地球化学室内试验方法

表 E 地球化学室内试验方法

类别	参数或指标	推荐方法或标准
水	腐蚀性	滴定法
	阴离子交换容量	色度计或滴定法
	酸碱度	指示剂滴定法或电位滴定法
	氧化还原电位	铂电极法
	有机成分	红外光谱检测法
	无机成分	《水利水电工程地质勘察水质分析规程》 DL/T 5194
岩、土	岩石矿物成分	薄片鉴定
	化学成分	《硅酸盐岩石化学分析方法》GB/T 14506
	有机质含量	重铬酸钾容量法
	分配系数	批式法或土柱法
	阳离子交换容量	原子吸收光谱分析

注：对于存在不同测试内容的室内试验，宜按现行国家标准《硅酸盐岩石化学分析方法》GB/T 14506 的规定，并根据待测元素选取测试方法。

附录 F 岩土参数统计的相关系数临界值表

表 F 岩土参数统计的相关系数临界值 r_α

$n-2$	α				
	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.98769	0.99692	0.999507	0.999887	0.9999988
2	0.90000	0.95000	0.98000	0.99000	0.99900
3	0.8054	0.8783	0.93433	0.95873	0.99116
4	0.7293	0.8114	0.8822	0.91720	0.97406
5	0.6694	0.7545	0.8329	0.8745	0.95074
6	0.6215	0.7067	0.7887	0.8343	0.92493
7	0.5822	0.6664	0.7498	0.7977	0.8982
8	0.5494	0.6319	0.7155	0.7646	0.8721
9	0.5214	0.6021	0.6851	0.7348	0.8471
10	0.4973	0.5760	0.6581	0.7079	0.8233
11	0.4762	0.5529	0.6339	0.6835	0.8010
12	0.4575	0.5324	0.6120	0.6614	0.7800
13	0.4409	0.5139	0.5923	0.6411	0.7603
14	0.4259	0.4973	0.5742	0.6226	0.7420
15	0.4124	0.4821	0.5577	0.6055	0.7246
16	0.4000	0.4683	0.5425	0.5897	0.7084
17	0.3887	0.4555	0.5285	0.5751	0.6932
18	0.3783	0.4438	0.5155	0.5614	0.6787
19	0.3687	0.4329	0.5034	0.5487	0.6652

续表 F

$n-2$	α				
	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
20	0.3598	0.4227	0.4921	0.5368	0.6524
25	0.3233	0.3809	0.4451	0.4869	0.5974
30	0.2960	0.3494	0.4093	0.4487	0.5541
35	0.2746	0.3246	0.3810	0.4182	0.5189
40	0.2573	0.3044	0.3578	0.3932	0.4896
45	0.2428	0.2875	0.3384	0.3721	0.4648
50	0.2306	0.2732	0.3218	0.3541	0.4433
60	0.2108	0.2500	0.2948	0.3248	0.4078
70	0.1954	0.2319	0.2737	0.3017	0.3799
80	0.1829	0.2172	0.2565	0.2830	0.3568
90	0.1726	0.2050	0.2422	0.2673	0.3375
100	0.1638	0.1946	0.2301	0.2540	0.3211

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

- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50030
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《地基动力特性测试规范》GB/T 50269
- 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 《放射性废物的分类》GB 9133
- 《硅酸盐岩石化学分析方法》GB/T 14506
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《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
- 《水利水电工程地质勘察水质分析规程》DL/T 5194

中华人民共和国国家标准

低、中水平放射性废物处置场
岩土工程勘察规范

GB/T 50983-2014

条 文 说 明

制 订 说 明

《低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察规范》GB/T 50983—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 3 月 31 日以第 371 号公告批准、发布。

本规范制订过程中,对世界各国特别是美国、西班牙、加拿大、法国和我国的低、中水平放射性废物处置场进行了调查研究,编写了《低、中水平放射性废物处置设施常见处置形式研究报告》、《现行国内外相关法律、法规、规范研究报告》、《水文地质与水文地球化学研究报告》、《美国低、中水平放射性废物处置培训与调研报告》等专题报告,总结了国内外低、中水平放射性废物近地表处置的实践经验和教训,吸收了目前国际上近地表处置场岩土工程勘察在断裂、水文地质、水文地球化学和不良地质作用等方面的最新需求,采纳了美国和西班牙商业低、中水平放射性废物处置场勘察报告关于地下水科学与工程领域的最新科研成果,同时参考了国际原子能机构安全标准《近地表处置设施选址》111-G-3.1 和《放射性废物近地表处置安全评估安全导则》WS-G-1.1 等国际先进技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察规范》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标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(67)
2	术语和符号	(75)
2.1	术语	(75)
2.2	符号	(80)
3	基本规定	(81)
4	岩土工程勘察各阶段任务与要求	(84)
4.2	初步可行性研究阶段勘察	(84)
4.3	可行性研究阶段勘察	(85)
4.4	初步设计阶段勘察	(87)
4.5	施工图设计阶段勘察	(89)
4.6	施工建造阶段勘察	(89)
5	专门岩土工程勘察	(91)
5.1	断裂	(91)
5.2	水文地质	(93)
5.3	水文地球化学	(98)
5.4	不良地质作用	(101)
6	勘察方法	(103)
6.1	工程地质和水文地质测绘与调查	(103)
6.2	工程物探	(105)
6.3	钻探	(107)
6.4	井探、槽探和洞探	(108)
6.6	原位测试	(109)
6.7	水文地质试验	(111)
7	室内试验	(113)

7.1	一般规定	(113)
7.2	物理力学试验	(113)
7.3	地球化学试验	(114)
8	岩土参数分析	(116)
8.1	一般规定	(116)
8.2	岩土参数统计与选用	(116)
9	勘察成果报告编制	(124)
9.1	一般规定	(124)
9.2	文字部分	(125)
9.3	图表及专题报告	(126)
10	现场检验与监测	(127)
10.1	一般规定	(127)
10.2	地基基础的检验和监测	(127)
10.3	不良地质作用的监测	(129)
10.4	地下水监测	(129)

1 总 则

1.0.1 低、中水平放射性废物处置场属于核设施,使用期很长,一般 300 年至 500 年。要保证处置场能在这么长的时间内限制核素的运移,不致影响周围的环境及生物圈,处置场必须做到安全可靠,这是首要要求。

1.0.2 截止到 2008 年,全世界 55 个国家共有 131 个低、中水平放射性废物处置场场址,其中处于场址前期选择阶段的有 16 个,场址选定阶段的有 7 个,执照申请建设阶段的有 7 个,设施运转中的有 79 个,停止运转或封闭中的有 10 个,处于设施封闭后的有 12 个。在上述的 131 个处置场中,以工程近地表处置为主,共有 108 个处置场采用此种处置形式;其次为矿坑洞穴型处置,共有 10 个处置场采用此种处置形式;也有采用深地质处置(处置深度在 300m~500m)形式的,共有 6 个处置场,分布在德国、英国、加拿大等国家,因为这些发达国家对环境保护要求更高,法律规定更严格。也有采用其他形式,如地下筒仓、钻孔处置等。表 1 详细列出了世界各国的低、中放射性废物处置场的处置形式。从表中可以看出,工程近地表处置这种处置形式是当今世界的主流处置形式。

表 1 世界各国的低、中放射性废物处置场统计

(截止到 2008 年 6 月 27 日)

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
【选址作业中】15 国 16 场址			
澳大利亚	北领地	工程近地表设施	—
比利时	—	工程近地表设施	60000
保加利亚	—	工程近地表设施	—
克罗地亚	—	—	—

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
古巴	—	—	—
厄瓜多尔	—	工程近地表设施	—
印尼	—	工程近地表设施	1200
日本	JAEA	工程近地表设施	600000
马其顿	Sopište	—	—
巴基斯坦	—	—	—
斯洛文尼亚	Krsko Vrbian, Brezice Vrbina	地下筒仓	155508
瑞士	—	矿坑洞穴	100000
土耳其	—	工程近地表设施	—
英国	—	地质处置场	—
美国	California	工程近地表设施	—
【场址选定】7 国 7 场址			
塞浦路斯	Ari Farm	近地表设施	—
德国	Gorleben	矿坑洞穴	—
匈牙利	Bátaapáti(Úveghuta)	矿坑洞穴	—
立陶宛	Stabatiškė	工程近地表设施	30000
墨西哥	Laguna Verde	工程近地表设施	16000
秘鲁	RASCO	工程近地表设施	—
罗马尼亚	Cernavoda, Saligny	工程近地表设施	—
【执照申请/兴建中】6 国 7 场址			
加拿大	Chalk River	工程近地表设施	2000
	Bruce, Kincardine	地质处置场	160000
埃及	Inshas	工程近地表设施	—
德国	Konrad(2002/6/5 取得)	地质处置场	303000
韩国	Gyenogju(Yangbuk)	地下筒仓	20000~160000

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
英国	Dounreay	工程近地表设施	175000
美国	WCS, Andrews, Texas	工程近地表设施	470000
【设施运转中】34 国 79 场址			
阿根廷	Ezeiza(1970-)	工程近地表设施	1820
阿塞拜疆	Baku(1963-)	工程近地表设施	—
澳大利亚	Mt. Walton East(1992-)	工程近地表设施	—
白俄罗斯 ^①	Ekores, Minsk reg. (1964-)	工程近地表设施	1660
巴西	Abadia de Goias(1996-)	工程近地表设施	3134
中华人民共和国	广东北龙(2001-)	工程近地表设施	9256~80000
	甘肃玉门(1998-)	工程近地表设施	20000
捷克	Richard II (1965-)	矿坑洞穴	8300
	Bratrstvi(1975-)	矿坑洞穴	1200
	Dukovany(1995-)	工程近地表设施	55000
芬兰	Olkiluoto(1992-)	矿坑洞穴	9100
	Loviisa(1998-)	矿坑洞穴	5400
法国	Centre de l' Aube(1992-)	工程近地表设施	1000000
	Centre TFA(2003-)	近地表设施	650000
乔治亚	Tabilisi(1960s-)	工程近地表设施	—
匈牙利	RHFT Püspökszilágy(1976-)	工程近地表设施	5040
印度	Trombay(1954-)	近地表设施 工程近地表设施	26000
	Tarapur(1968-)	工程近地表设施	57000
	Rajasthan(1972-)	工程近地表设施	45000
	Kalpakkam(1974-)	工程近地表设施	30000
	Narora(1991-)	工程近地表设施	50000
	Kakrapar(1993-)	工程近地表设施	50000

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
伊朗	Kavir Ghom-desert(1984-)	近地表设施	20000
以色列	Negev Desert	近地表设施	—
日本	Rokkasho(1992-)	工程近地表设施	200000~600000
哈萨克斯坦	Almaty	工程近地表设施	—
	Kurchatov(1996-)	工程近地表设施	—
	Ulba(1996-)	工程近地表设施	—
吉尔吉斯斯坦	Tschuj(1965-)	工程近地表设施	—
拉脱维亚	Baldone(1961-)	工程近地表设施	576
墨西哥	Maquixco(1972-)	近地表设施	—
摩尔多瓦	Kishinev(1960-)	工程近地表设施	—
挪威	Himdalen(1999-)	矿坑洞穴	3200
巴基斯坦	KANUPP(1971-)	近地表设施	—
	PINSTECH(1969-)	近地表设施	—
波兰	Rózan(1961-)	工程近地表设施	—
罗马尼亚	Baita-Bihor(1985-)	地质处置场	5000
俄罗斯	Sergiev Posad, Moscow reg. (1961-)	工程近地表设施	188600
	Sosnovyi Bor, Leningrad reg.	工程近地表设施	62000
	Kazan, Tatarstan	工程近地表设施	600
	Volgograd(1965-)	工程近地表设施	1200
	Nijnyi Novgorod(1961-)	工程近地表设施	1000
	Irkutsk	工程近地表设施	800
	Samara	工程近地表设施	600
	Novosibirsk	工程近地表设施	1200
	Rostov(1963-)	工程近地表设施	600

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
俄罗斯	Saratov(1963-)	工程近地表设施	1800
	Ekaterinburg	工程近地表设施	2700
	Ufa, Bashkortostan(1986-)	工程近地表设施	400
	Cheliabinsk	工程近地表设施	2000
	Khabarovsk	工程近地表设施	1740
斯洛伐克	NRR, Mochovce(2000-)	工程近地表设施	22320
南非	Pelindaba(1969-)	近地表设施	—
	Vaalputs(1986-)	近地表设施	666000
西班牙	El Cabril(1992-)	工程近地表设施	100000
瑞典	SFR, Forsmark(1988-)	矿坑洞穴	63000~90000
	Oskarshamn NPP(1986-)	工程近地表设施	6000
	Studsvik(1988-)	近地表设施	1540
	Forsmark NPP(1988-)	近地表设施	42500
	Ringhals NPP(1993-)	近地表设施	10000
乌克兰	Kiev center(1962-)	工程近地表设施	1801
	Dnipropetrovsk center(1961-)	工程近地表设施	451
	Odessa center(1961-)	工程近地表设施	585
	Lvov center(1962-)	工程近地表设施	1023
	Kharkov center(1962-)	工程近地表设施	2362
	VEKTOR(2007-)	工程近地表设施	55000
英国	Drigg(1959-)	工程近地表设施	1650000
	Dounreay(1957-)	近地表设施	30000
美国	RWMC, INNEL(1952-)	工程近地表设施	39000
	SWSA 6, ORNL(1973-)	工程近地表设施	6700
	Disposal Area G, LANL(1957-)	近地表设施	280000

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
美国	Barnwell, South Carolina(1971-)	近地表设施	880000
	200 East Area Burial Ground, Hanford(1940s-)	近地表设施	1228000
	200 West Area Burial Ground, Hanford(1996-)	近地表设施	3900000
	Richland, Washington(1965-)	近地表设施	588000
	Savanna River Plant Site(1953-)	近地表设施	1100000
	Enviocare, Utah(1991-)	近地表设施	4571000
乌兹别克 斯坦	Tashkent(1960s-)	工程近地表设施	—
越南	Dalat(1986-)	工程近地表设施	900
【停止运转或封闭中】8 国 10 场址			
亚美尼亚	Erevan	工程近地表设施	—
保加利亚	Novi Han(1964-1994)	工程近地表设施	—
爱沙尼亚	Tammiku(f. Saku)(1964-1996)	工程近地表设施	—
法国	Centre de la Manche(1969- 1994)②	工程近地表设施	—
德国	Asse(1967-1978)	地质处置场	—
	Morsleben(1981-1998)	地质处置场	54000
俄罗斯	Murmansk	工程近地表设施	—
	Groznyi, Chechnya	工程近地表设施	—
塔吉克	Beshkek	工程近地表设施	—
乌克兰	Kiev center(-1992)	工程近地表设施	—
【设施已封闭】7 国 12 场址			
捷克斯洛 伐克	Alcazar, Hostim(1953-1965)	矿坑洞穴	1690
匈牙利	Solymár(1960-1976)③	工程近地表设施	—

续表 1

国家	场址名称(开放—关闭)	处置形式	处置容量(m ³)
日本	JAERI, Tokai(1995-1996)	近地表设施	—
墨西哥	La Piedrera(1983-1984)	工程近地表设施	—
挪威	Kjeller(1970-1970) ^④	工程近地表设施	—
立陶宛	Maišiagala(1963-1988)	工程近地表设施	200
美国	Beatty, Nevada(1962-1992)	工程近地表设施	133010
	Maxey Flats, Kentucky (1963-1978)	近地表设施	133010
	ORNL SWSA 1(1944-1944) ^⑤	近地表设施	—
	ORNL SWSA 2(1944-1946)	近地表设施	—
	Sheffield, Illinois(1967-1978)	近地表设施	84900
	West Valley, New York (1963-1975)	近地表设施	70750

注:①容纳切尔诺贝利核电厂事故废弃物;②处置场于1961至1967年间开始营运;③废弃物已移运至 RHFT Puspokszilagy;④废弃物将移运至 Himdalen;⑤废弃物已移运至 ORNL SWSA-2。

①~⑤资料来自:(1) Han, K., W. J. Heinonen, and A. Bonne, Radioactive Waste Disposal: Global Experience and Challenges, IAEA Bulletin Vol. 39, No. 1, pp. 33, 1997; (2) IAEA, Radioactive Waste Management Profiles a Compilation of Data from the Waste Management Database No. 3, IAEA, April, 2000; (3) IAEA, Net Enabled Waste Management Database(NEWMDB), 2005; (4) M. T. Ryan, M. P. Lee, and H. J. Larson, History and Framework of Commercial Low-Level Radioactive Waste Management in the United States. NUREG-1853, 2007.

我国目前已有两个低、中水平放射性废物处置场在运行,均采用近地表处置形式。《中华人民共和国放射性污染防治法》第四十三条规定:低、中水平放射性固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处置。因此,我国目前运行或规划选址的低、中水平放射性废物处置场均采用近地表处置形式,这与世界潮流也是一致的。

也有专家提出可采用中等深度、钻孔等其他处置形式,但我国目前相关经验缺乏,所以本规范只针对近地表处置场的岩土工程勘察。

1.0.4 低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察的主要任务是为处置场的设计、环境影响评价和安全分析评价提供基本数据输入,因此,岩土工程勘察成果需满足设计、环评影响评价和安全分析评价的要求。

1.0.5 由于规范的分工不同,本规范不可能将处置场岩土工程勘察中遇到的所有技术问题全部包括进去,勘察技术人员还应遵守其他现行相关的标准规范。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本条对“放射性废物”的释义参照了我国放射性废物处置相关法律法规、标准和导则中的术语。

《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年10月1日实施)及中华人民共和国国务院令 第612号《放射性废物安全管理条例》(2012年3月1日实施)将放射性废物定义为:“是指含有放射性核素或者被放射性核素污染,其浓度或者比活度大于国家确定的清洁解控水平,预期不再使用的废弃物”;《放射性废物的分类》GB 9133—1995中放射性废物定义为:“为审管的目的,放射性废物为含有放射性核素或被放射性核素污染,其浓度或活度大于国家审管部门规定的清洁解控水平,并且预计不再利用的物质”。

本条参照了以上法规标准对“放射性废物”术语的定义,并补充了对放射性废物物理形态的解释。注意到,不同标准中都明确了放射性废物的清洁解控水平(有些标准定义为“豁免限值”、“豁免值”、“国家规定限值”等),本条中采用“清洁解控水平”(clearance level)进行释义。放射性废物的清洁解控水平是由国家审管部门规定的,是以放射性浓度、放射性比活度或总活度表示的一组值,当辐射源等于或低于这些值时可解除审管控制。

2.1.2 国内不同法规和标准对近地表处置场接收处置的放射性废物的表述不同,出现了多种术语,如“低中放废物”、“低、中放废物”、“中低放废物”、“低中水平放射性废物”、“低中水平放射性固体废物”等。为与国际近地表处置法规接轨,本规范根据

国际公认的术语 Low and Intermediate Level Waste(LILW)来定义中文术语,即“低、中水平放射性废物”(简称“低中放废物”),这与 2011 年新颁布的《低、中水平放射性废物固化体性能要求—水泥固化体》GB 14569 一致。本条术语强调了我国处置场的低、中水平放射性废物特指固态或固化的低中放废物,不包括气载废物和液体废物。

2.1.3 本条指出了近地表处置场的处置深度。关于处置深度的规定,多数导则和标准均模糊定义为地表以下数十米深或几十米深,国际原子能机构出版的安全标准中一般指地面下 30m 以内,考虑到国标的可操作性,深度宜具体,现行国家标准《低水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 给出了 50m 的处置深度,因此本条术语引用了该规定中的定义。

2.1.4、2.1.5 “屏障”广泛见于放射性废物处置的法规、标准和文献中。《核安全导则汇编——放射性废物管理系列》HAD 401/01 中定义屏障(barrier)为阻止或延迟一个系统(如一座废物处置场)内放射性核素或其他物质在各组成部分间的运动(如运移)的障碍物,通常是人工建造的工程屏障,或是处置场环境固有的天然屏障。本规范根据岩土工程勘察的对象,将屏障分为天然屏障和工程屏障两类。

2.1.6 本条借鉴了现行国家标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 和《核安全导则汇编》HAD 401/01 中对处置场的定义,现行国家标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132—1988 定义为“指处置废物的一个陆地处置设施区,它由若干处置单元、构筑物 and 场区所组成。处置场有界限限定,并由许可证持有者控制”,《核安全导则汇编》HAD 401/05 中将处置场定义为“用于处置放射性废物的核设施,将来不打算再把废物回取出来”,本文定义为用于处置低、中水平放射性废物的有界限限定的并受到有组织的控制的近地表陆地处置设施区,由处置设施、辅助建(构)筑物和场区组成,见图 1。

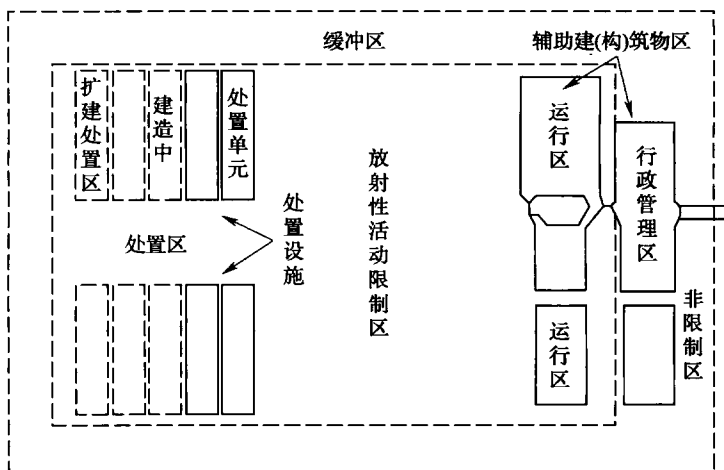


图1 典型的处置场示意

2.1.7 处置设施是为放射性废物提供具有多重屏障的永久性处置系统。受各国国情、废物类型和接收容量、处置场地形、岩土特性以及废物容器尺寸的限制,处置设施具有多种形式。以近地表处置场的处置设施来说,早期一般为简单的无衬砌壕沟,目前一般采用多重屏障的全地下式、全地上式和半地下式处置设施,如设有工程屏障的土丘、壕沟、穹室、窖仓、土丘混凝土库、混凝土模組箱等。

当前国际上流行的处置设施结构采用了多重屏障的设计理念,不仅要求场址具有良好阻滞核素运移的天然屏障(岩土体),同时采用了处置单元、防护覆盖层、回填材料、防排水系统等工程屏障构筑物。图2给出了规范编制组于2011年调研的美国在建处置场——德克萨斯州 Andrew 处置场的处置设施结构示意图,由防护覆盖层、处置单元、回填材料、防排水系统等组成。

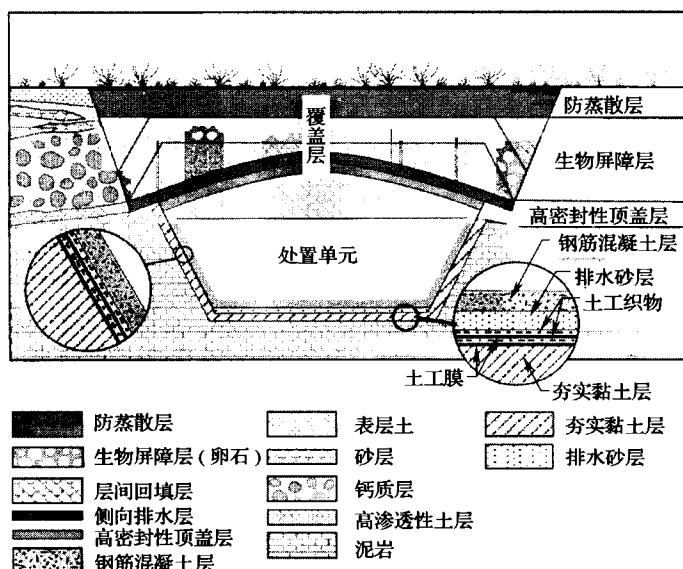


图2 美国德克萨斯州 Andrew 处置场处置设施覆盖层示意

2.1.8 处置单元是包裹放射性废物的高封闭式容器外的第二道工程屏障,在设计和施工中需考虑其安全性和结构稳定性问题。本规范从处置工程结构的一般特点上对处置单元进行了定义,指地质介质和废物包装容器之间设置的工程构筑物,由顶板、侧墙、内隔墙、底板和排水廊道等组成。

2.1.9 处置坑槽的定义是为了区分处置设施和常规建筑物的基坑。辅助建(构)筑物(如行政办公楼)的基坑属于临时性工程,而处置设施的处置单元基坑的使用寿命是300年以上,属于永久性工程,因此处置坑槽的勘察要求、检验和监测标准与常规建筑物的基坑不同,在本规范地基基础的检验和监测章节中对此进行了详细说明。这里取名为处置坑槽,即处置单元的基坑。

2.1.10 本规范将场区划分为处置区、缓冲区和辅助建(构)筑物区,有利于针对处置设施和辅助建(构)筑物的各自特点及对所在

场地的工程要求来分区勘察。处置区是处置设施所在的具有放射性活动限制的区域,处置单元的基坑(即处置坑槽)的勘察深度和内容具有比常规建筑物基坑更高的要求。缓冲区设置在处置场边界和放射性活动限制区域之间,确保处置单元与公众使用的或可接近的场所之间有足够的防护距离,一般布置放射性核素运移监测系统,以便在意外事件中可及时阻滞、截断放射性核素运移,并采取补救措施。辅助建(构)筑物区包括无放射性活动限制的行政管理区与与废物整备、贮存、去污等相关的运行区。典型的低中放废物处置场中,除处置单元外,还包括提供放射性废物的接收、检查、搬运、贮存和处置、放射性辐射和污染控制、场地景观美化和维护、职工辐射安全和污染控制、环境监测的处置单元辅助设施。

2.1.11~2.1.14 这4条分别定义了处置场的场址区、场址附近范围、场址近区域和场址区域概念,用于区分各勘察阶段的工作范围。定义参考了《核安全导则汇编》HAD中核电厂调查范围的定义。核电厂调查范围划分为4个:区域、近区域、厂址附近和厂址地区。区域的调查半径一般为150km或更大些,近区域的调查半径一般应直到25km的地区;厂址附近的研究,调查半径应直到5km的地区;厂址地区的范围必须对核电厂所在地区1km²或更大范围进行有代表性的调查。本规范借鉴了核电厂调查范围的定义。

2.1.15 弥散系数供核素运移分析所用。相关术语的定义参照了现行国家标准《水文地质术语》GB/T 14157。弥散系数 D 是表征在多孔介质中水分子扩散和机械弥散作用的综合参数,其值等于分子扩散系数 D_m 和机械弥散系数 D_h 之和,即 $D=D_m+D_h$ 。分子扩散系数用以表征多孔介质中分子扩散作用下溶质运移能力的指标,其值 $D_m=\lambda_1 n D_0$,其中 D_0 为溶液中的分子扩散系数,其值等于单位溶质浓度梯度条件下溶质分子在浓度梯度方向的扩散速度, n 为多孔介质的孔隙度, λ_1 为多孔截止中孔隙通道的弯曲率系数。机械弥散系数用以表征恒温条件下多孔介质中由渗透水流运

动所产生的溶质扩散效应,其值 D_h 与水流渗透速度 v 呈正比,且与岩土颗粒大小和分布有关,即 $D_h = \lambda_2 v$,其中 λ_2 为表征岩石平均粒径及不均匀特征的参数。

2.1.16 分配系数是描述吸附能力的一种量度。吸附是指呈溶解态的核素与固体介质的相互作用,研究吸附的目的是为了给出地下水中核素浓度与地质介质上核素浓度的关系。为了表示这种关系,最早使用并且至今仍在广泛使用的方法,就是利用分配系数模式。分配系数 K_d 就是核素与地质介质相互作用结果的重要表征,表示的是某种核素由于吸附的结果在固液相间的“平衡”分配,单位为 cm^3/g 。

$$K_d(\text{cm}^3/\text{g}) = \frac{\text{吸附在固相上的核素浓度}(\text{Bq/g})}{\text{液相中的核素的浓度}(\text{Bq/cm}^3)} \quad (1)$$

2.1.17 阻滞系数 R_d 是计算和评价污染物在地下水中迁移行为的一个重要参数,为无量纲因子,其值可由分配系数 K_d 计算。本条术语引用了现行国家标准《核科学技术术语第8部分:放射性废物管理国家标准》GB/T 4960.8—2008 对“阻滞系数”术语的定义和计算公式。

$$R_d = 1 + \frac{\rho}{n} \cdot K_d \quad (2)$$

式中: ρ ——质量密度(g/cm^3);

n ——孔隙度;

K_d ——分配系数(cm^3/g)。

2.2 符 号

本节列举了本规范中出现的主要符号,未包括的符号可参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《土工试验方法标准》GB/T 50123、《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 和《核反应和电离辐射的量和单位》GB 3102.10 中的有关规定。

3 基本规定

3.0.1 关于勘察阶段的划分,有专家提出可按照国家现行标准《低、中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132、《低、中水平放射性废物近地表处置设施的选址》HJ/T 23、《放射性废物近地表处置场选址》HAD 401/05 及 IAEA 相关规定,将勘察阶段划分为规划选址阶段、区域调查阶段、场址特性评价阶段和场址确定阶段,这样的划分方法虽能与前述规范或标准协调一致,但与我国的基本建设程序不协调,也与处置场设计阶段不匹配。目前我国的基本建设程序为项目建议书阶段(初步可行性研究阶段)、可行性研究阶段、设计工作阶段(初步设计/施工图设计)、建设准备阶段/建设实施阶段/竣工验收阶段/后评价阶段,同时现有的工程设计程序和国内目前的所有勘察规范也是按照初步可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计和施工建造阶段来划分的。为了与国家的基本建设程序及相关规范协调一致,本规范将勘察阶段也划分为初步可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计和施工建造五个阶段,而将规划选址阶段、区域调查阶段、场址特性评价阶段和场址确定阶段划分到初步可行性研究和可行性研究阶段。规范各阶段划分见表 2。

根据场地条件、资料完整程度和设计要求,初步可行性和可行性研究阶段可合并勘察,勘察深度应满足可行性研究阶段勘察的要求;初步设计和施工图设计阶段可合并勘察,勘察深度应满足施工图设计阶段勘察的要求。

表 2 低、中水平放射性废物处置场勘察、设计阶段的划分对照

《低、中水平放射性固体废物处置规定》GB 9132	《低、中水平放射性废物近地表处置设施的选址》HJ/T 23	《放射性废物近地表处置场选址》HAD 401/05	《核电厂工程勘测技术规程》DL/T 5409	我国基本建设程序	《放射性固体废物浅地层处置环境影响报告书的格式与内容》HJ/T 5.2	本规范勘察阶段划分			
							场址选择阶段	区域调查阶段	初步可行性研究阶段前厂址踏勘及收资
								场址初选阶段	初步可行性研究阶段
								场址确定阶段	可行性研究阶段
设计阶段	—	设计和建造阶段	初步设计/施工图阶段	设计工作阶段（初步设计/施工图设计）	申请建造阶段	初步设计/施工图阶段			
			—	建设准备阶段/建设实施阶段/竣工验收阶段/后评价阶段	—	施工建造阶段			
			运行阶段	—	—	—			
			关闭阶段	—	—	—			

3.0.4 典型的低、中水平放射性废物近地表处置场通常由处置区、辅助建(构)筑物区和缓冲区组成。处置区是低、中水平放射性废物埋藏的区域,辅助建(构)筑物区主要是处置场运行、管理的一些建(构)筑物,缓冲区是处置场边界和处置区之间的区域。这三个分区彼此之间有紧密的联系,并不是孤立的,如辅助建(构)筑物通常就布置在缓冲区上。这三个地段有不同的特点,如缓冲区是限制核素运移出处置场的一个重要天然屏障区域,其水文地质条件和水文地球化学条件就是应查明的重点,岩土力学参数就没有那么重要了,所以进行岩土工程勘察时应根据处置场各分区特点,采取针对性的勘察方案和勘察手段。

3.0.5 处置场场地适宜性评价是贯彻处置场勘察工作全过程的核心内容,尤其是在初步可行性研究阶段和可行性研究阶段。本条从场址的地震及区域稳定性、地质构造、场地的工程地质、水文地质和地球化学条件等角度将处置场场地的适宜性分为“适宜”、“不适宜”和“需专门研究”三种。关于地震基本烈度对场地适宜性的影响:当发生基本烈度为Ⅶ度的地震时,地表不会发生破裂,不会造成工程屏障和天然屏障失效,仅从地震角度考虑可认为场地位于Ⅶ度区是适宜的;当发生基本烈度为Ⅸ度的地震时,地表可能发生破裂,造成工程屏障和天然屏障失效,仅从地震角度考虑可认为处置场位于Ⅸ度区是不适宜的。

介于“适宜”和“不适宜”之间的场地,本条建议进行“需专门研究”,例如某些场地其他岩土工程条件良好,但可能存在较严重的不良地质作用,需专门评估或治理;又如某些场地的天然屏障分布不稳定,需专门研究天然屏障的分布特征;等等。

4 岩土工程勘察各阶段任务与要求

4.2 初步可行性研究阶段勘察

4.2.1 根据国家现行标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132、《低、中水平放射性废物近地表处置设施的选址》HJ/T 23 和《放射性废物近地表处置场选址》HAD 401/05 的规定,处置场选择有三个阶段:区域调查、场址初选和场址确定,且这三个阶段是连续的、反复的评价过程。在此过程中要不断排除不合适的场址,并对具有可能性的场址进行深入调查。在选出可使用的场址后,作详细评价工作,以论证所作的结论是否确切、预计在建造处置场及处置废物时会对场址特性造成何种不利影响,最终推荐 3 个~4 个场址供环保部门审批。初步可行性研究阶段岩土工程勘察就是从岩土工程角度评价候选场址工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学条件,论证候选场址的适宜性,并为候选场址的综合比选提供岩土方面的建议。

4.2.2 本条所列的本阶段的主要勘察任务是根据国家现行标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132、《低、中水平放射性废物近地表处置设施的选址》HJ/T 23、《放射性废物近地表处置场选址》HAD 401/05 的相关规定和国内外处置场相关选址经验总结而来,防止在场址选择过程中出现遗漏和原则性的错误,避免给处置场设计、施工、运营、关闭和关闭后管理带来重大影响。

4.2.4 初步可行性研究阶段处置场选址一般面广点多,根据国外经验,选择点有几十个甚至上百个,不可能也没有必要对各候选厂址逐一勘察,只需对重点场址或已比较明确的场址辅以适当的岩土勘察工作,初步查明场址区的岩土工程条件和获得场址区各岩

土层的物理力学指标,为场址综合比选提供岩土工程依据。

勘探孔总数不宜少于 5 个,主要参考了核电厂址初步可行性研究阶段勘探孔数量的要求。

勘探孔的深度为 100m~150m,主要考虑了核素在处置场 300 年~500 年的运行时间内核素可能的运移距离。根据美国伊利诺伊州处置场的核素运移资料,在高水力梯度下,处置场岩土层的渗透系数为 1×10^{-6} cm/s 时,300 年~500 年隔离期内,核素运移距离在水平方向上为 80m~100m,在垂直方向上为 100m~150m;计入核素的交换和吸附作用后,核素运移距离减小为 60m~120m。我国已运行处置场主要岩土层的渗透系数主要分布在 10^{-5} cm/s~ 10^{-6} cm/s 之间,水力梯度较小,考虑核素的交换和吸附作用以及人工屏障的隔离作用后,保守估算核素在处置场隔离期内的运移距离约 100m~130m,故建议勘探孔深度为 100m~150m。

某些处置场地下水位埋深较大,可能在 100m~150m 深度范围内未揭露到稳定的地下水水位(如美国 Andrew 处置场的地下水水位埋深大于 100m),因此勘探孔深度应揭露到稳定的地下水水位。岩土层中的透水层对核素运移起到控制性作用,因此勘探孔遇到透水层时应揭穿透水层,并进入稳定隔水层。勘探孔在预设深度范围内提前遇到完整基岩时,因完整基岩具有较好的隔水能力,勘探孔只要进入完整基岩一定深度即能满足要求。

4.3 可行性研究阶段勘察

4.3.1 可行性研究阶段等同于现行国家标准《低中水平放射性固体废物物的浅地层处置规定》GB 9132 等相关规范的场址确定阶段,是对初步可行性研究阶段推荐的处置场场址中经国家环保部门批准的一个场址开展勘察工作,通过多种勘察手段,查明场址的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学条件,确保场址不存在隐藏的颠覆性因素或重大工程地质和水文地质问题,并为处置场总平面布置提供岩土方面的相关建议。

4.3.4 根据国外处置场选址经验及我国相关规范要求,处置场不太可能选址在不良地质作用发育和工程地质、水文地质条件复杂的地区,如崩塌、岩堆、滑坡区、泥石流区、岩溶发育区、矿区、采空区,尚未稳定的冲积扇及冲沟地区,高压缩性淤泥、泥炭及软土区。这就决定了处置场的工程地质和水文地质条件一般都较好,场地条件较为简单,考虑到处置场属于核设施,且使用期限达 300 年~500 年,因此处置场按简单场地的下限考虑,故建议勘探线间距为 100m~200m,勘探点间距为 75m~150m,平原地区勘探线点间距可适当扩大。控制性勘探点不少于勘探点总数的 1/5,主要考虑到控制性勘探点深度大、费用高,因此数量不宜太多。

一般性勘探孔深度 30m~60m,主要考虑到可行性研究阶段预设的场坪标高变化的可能性较大,为获得处置场的工程地质特征和水文地质特征,勘探孔应有一定的深度;若场址区地形起伏较大,应根据预设场坪标高调整。

根据收集到的国内外处置场资料,近地表处置场主要选址在平原区或山区。平原区地形平缓,地貌简单;而山区处置场地形地貌变化较大,相对复杂。因此,在典型的地貌单元上要布置控制性勘探孔查明场地的水文地质条件,特别是起渗透控制作用的岩土层特征,如卵石层、砂土层和节理裂隙发育的岩层等。如美国的 Beatty 处置场因存在高透水性卵石层,形成导水通道,导致短时间内核素运移到周围环境当中。

4.3.5 建立地下水监测网的目的是为了查明处置场及其附近地下水的动态变化规律,包括地下水位和化学成分等,为处置场水文地质模型和水文地球化学模型提供数据输入。

4.3.6 处置场不同于一般工业与民用建筑的一个显著特征,就是在 300 年~500 年内必须保持其有效性,以确保核素不运移到环境和生物圈。放射性核素运移的一个非常重要的途径就是随地下水的运动,因此必须详细查明处置场当前的水文地质和水文地球化学特征,以预测评估处置场建设、封闭、封闭后的水文地质和水

文地球化学特征,主要包括地下水的补给、径流、排泄,核素的可能运移路径等。考虑到水文地质和水文地球化学条件对处置场成立的重要性,应开展专门的勘察工作。这些专门勘察工作应在可行性研究阶段完成,并给出明确的结论,后续阶段的勘察工作主要是对可行性研究阶段工作的补充和完善。

4.3.7 场址附近的断裂、不良地质作用等对场址的适宜性有很大影响,特别是断裂带往往形成导水通道,核素通过断裂带形成的快速导水通道运移出处置场,这些对场址适宜性评价的重要影响因素应通过专题勘察查明。

4.3.8 目前国内外近地表处置场大多采用多重屏障理念来设计,屏障材料主要有砂、卵石、黏土等,且用量较大,所以本阶段应在处置场及其附近初步调查上述材料的储量、性能指标、开采和运输条件。

4.4 初步设计阶段勘察

4.4.1 经过可行性研究阶段,处置场的工程地质条件,特别是水文地质和水文地球化学条件已经明确,所以初步设计阶段勘察的工作重点是为处置场总平面的最终确定和基础设计提供更详细明确的资料。分区勘察的目的是分别针对处置场的处置区、缓冲区和辅助建(构)筑物区的特点,采用针对性的勘察手段和方法。如处置区重点查明处置单元底部岩土的统一性、天然屏障特性等,缓冲区重点查明天然屏障特性,而辅助建(构)筑物区重点查明地基的岩土工程条件。

4.4.4~4.4.6 初步设计阶段处置场勘察采用分区勘察,分别就处置区、辅助建(构)筑物区和缓冲区提出了具体的勘察要求。

处置区勘探点的布置主要考虑到处置单元一般为长方形,且荷载分布均匀,故建议处置区勘探点按网格状布置,勘探点线的间距主要参考了现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和国外一些处置场资料。考虑到处置单元的宽度一般为 20m~30m,

其主要持力层大约在 1 倍~1.5 倍的基础宽度范围内,故建议一般性勘探孔的终孔深度为处置单元基底标高以下 20m~30m,控制性勘探孔的终孔深度为处置单元基底标高以下 40m~60m。处置区控制性勘探孔深度与前阶段相比大为减少,原因是本阶段的勘察目的是为了查明处置单元底面主要持力层的岩土工程条件。辅助建(构)筑物区内的建(构)筑物与放射性废物接收、检查及处置场运行和管理相关,可按一般的建(构)筑物勘察要求执行。

缓冲区勘察重点是补充水文地质工作,查明缓冲区的水文地质条件和天然屏障特性。

4.4.7 初步设计阶段水文地质和水文地球化学专题研究内容着重于根据确定的总平面布置建立较为精确的水文地质和水文地球化学模型,并结合本阶段的岩土勘察成果和地下水长期观察资料,分析评价处置场开挖、回填、分期建设、运行、关闭和关闭后的水文地质条件和水文地球化学条件的变化,特别是开挖回填和分期建设方案对现有条件的改变,并分析核素在不同建设方案时的运移情况。初步设计阶段水文地质和水文地球化学专题勘察应充分关注回填材料的渗透性能及其对核素运移的相关影响。

4.4.8 边坡稳定性对处置场建设、运行、关闭和关闭后均十分重要,国外就有因边坡失稳而影响处置场建设运行的案例。本条所指的边坡包含人工边坡和天然边坡,也包括处置单元开挖形成的临时处置坑边坡。边坡专题勘察可参考现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《建筑边坡工程技术规范》GB 50330,但处置场边坡与上述规范所定义的边坡是有区别的,需考虑处置场在 300 年~500 年有效期内边坡的长期稳定性,边坡的稳定性分析评价要充分考虑这一特点。

4.4.9 初步设计阶段宜进行工程屏障材料的专题勘察,查明处置场建设所需天然建筑材料的储量、特性等,可参考现行行业标准《水电水利工程天然建筑材料勘察规程》SL 251 的相关规定。

4.5 施工图设计阶段勘察

4.5.1~4.5.5 施工图设计阶段处置场的总平面布置已经确定,分期建设方案也已明确,本阶段的勘察主要针对处置单元、辅助建(构)筑等具体建(构)筑物,为工程屏障设计、基础设计和施工提供所需岩土资料。施工图设计阶段岩土勘察的内容及要求与一般的工业与民用建筑基本一致。

4.5.6 施工图设计阶段的边坡勘察工作应根据最终确定的总平面布置图开展,分析不同地段边坡的稳定性。边坡勘察除应满足相关规范的要求外,同样应关注边坡的长期稳定性。

4.5.8 施工图阶段的水文地质和水文地球化学工作应在充分评估前期资料的基础上开展,若施工图设计阶段总平面布置与前阶段总平面布置变化不大,并且地质条件也基本一致,本阶段勘察可不进行现场水文地质和水文地球化学工作,否则需补充现场水文地质和水文地球化学工作,使其满足专题报告的深度要求。

施工图设计阶段水文地质和水文地球化学工作主要针对最终确定的总平面布置展开,结合前期、本阶段的岩土工程勘察成果和地下水长期观察资料,建立更精确的水文地质和水文地球化学模型,以预测场地开挖、回填、运行、关闭和关闭后的水文地质条件的变化。

4.6 施工建造阶段勘察

4.6.1~4.6.5 低、中水平放射性废物处置场特点是建设周期长,运行周期长,封闭后管理周期也长。一个处置场全生命周期大约为300年~500年,有人管理的时间大约为处置场封闭后的100多年,为保证处置场的有效运行,检验监测工作十分重要。施工建造阶段的检验监测重点是工程地质和水文地质条件的检验。

施工建造阶段的主要任务就是前期勘察成果的现场检验和工程开始后的现场监测,现场检验包括处置单元地基的检验、地基土

改良效果的检验、回填区回填土的检验,检验方法包括地质编录、原位试验、室内试验等。

处置区地基的检验重点是基槽内的断层、连通的节理、破碎的岩脉等导水通道,必要时应补充勘察工作,查明其性质。钻孔的封孔效果也应检验,封填不好的钻孔易形成核素的运移通道。

4.6.6 地下水的监测是一个长期的过程,始于初步可行性研究阶段,终于施工建造阶段,当然,处置场运行时应进行地下水的长期监测工作,但对于勘察工作而言,地下水监测工作终于施工建造阶段。地下水观测数据对水文地质和水文地球化学模型来说是最重要的数据输入,也是模型预测检验和校准的重要数据,所以各勘察阶段都要求不断完善地下水观测网,并且这个工作是一直持续而不间断的。

5 专门岩土工程勘察

5.1 断 裂

5.1.1 断裂勘察工作宜分阶段进行,初步可行性研究阶段断裂勘察的目的在于满足候选场址比选以及初步排除具有颠覆性因素的场址;可行性研究阶段断裂勘察的目的在于对场址断裂构造的特性进行详细的论证,对场址适宜性给出明确的评价结论,切实排除场址颠覆性因素。

5.1.2 初步可行性研究阶段断裂勘察的工作原则是以收集、分析现有资料为主,辅以适量的调查,为场址比选及初步排除具有颠覆性因素的场址提供依据,尽可能避免具有颠覆性因素的场址进入可行性研究阶段评价程序,对本条说明如下:

1 现行国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741 将活动断层定义为晚第四纪有活动的断层,其含义是晚第四纪(包括晚更新世和全新世)以来发生过活动的断层有可能再次发生活动。在现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 条文说明中,关于断裂对工程的影响评价问题作了进一步说明,即对一般的建设工程只考虑全新世以来活动过的断裂,在此地质时期以前的活动断裂可不予考虑。对于核电、水电等工程,则应考虑晚更新世以来活动过的断裂,隐含了重大建设工程仅考虑全新世以来的活动断裂是不够的,仅晚更新世有过活动的断裂也存在重新活动的风险。鉴于处置场属于断裂活动性较为敏感的工程,处置区的断裂一旦发生断错活动,可能导致天然屏障和人工屏障的失效,同时为核素运移提供了良好的通道;另一方面,根据我国发震构造研究结果,一般将晚更新世以来的活动断裂判定为强震的发震构造,导致场址的设计地震动参数水平较高。因此,针对处置场进行断裂对场

址的影响评价时,应考虑避让晚更新世以来的活动断裂。我们也注意到,美国 Andrew 场址评价报告中仅提出了要求处置设施应避让全新世活动断裂 200 英尺以上,但这一考虑不符合我国地震构造环境。

“必要的调查”是指在现有资料整理、高精度卫星及航空影像解译的基础上,结合近区域地震地质背景分析,对可能存在活动断裂的地段开展适量的现场控制性调查。

2 初步评价场址区是否存在核素运移通道的断裂破碎带时,分析的重点是第四纪以来有活动的断裂,主要是因为第四纪以来有活动的断裂的破碎带一般没有固结,具有可能成为潜在核素运移通道的风险。

3 不适宜因素主要指场址区可能存在活动断裂或场址附近范围存在可能影响到场址适宜性的活动断裂。

5.1.3 本条规定了可行性研究阶段断裂勘察应满足的要求,本阶段需要提供确切的论证资料,调查工作需满足一定精度要求。

(1)场址区断裂发育展布特征是确定断裂活动性鉴定对象的重要依据,要求所依据的基础资料具有较高的调查精度,断裂调查应达到 1:10000 的精度。

(2)评价活动断裂潜在地表破裂带影响范围是一个难度较大的问题,目前还没有一致的认识,一般认为与发震断裂的性质类型、地震震级大小和覆盖土层的厚度有关,而且与破裂带不同部位有关。例如,2010 年玉树 7.1 级地震为典型的走滑型,地震地表破裂带宽度较小,最宽为 30m;1976 年唐山 7.8 级地震位于第四系覆盖区,地震地表破裂带为正-走滑型,永红路附近两条平行的地震地裂缝距离大于 200m;2008 年汶川 8 级地震地表破裂带为逆冲型向北过渡为走滑型,沿映秀—北川断裂上产生大于 240km 的地震地表破裂带,同时在映秀—北川断裂以东的江油—灌县断裂上产生了大于 70km 的地震地表破裂带,两条地表破裂带相距约 12km,就映秀—北川断裂带上的地震地表破裂带而言,其宽度最

大可达 300m,约有 10%的地点宽度超过 240m;1932 年昌马 7.6 级地震也产生了两条地震地表破裂带,为逆-走滑型,主破裂带小口子-大口泉破裂带长 85km,最宽 120m,其南面马家埃-红线线破裂带长 25km,宽为 10m~20m,两条地表破裂带相距达 8km;说明地震地表破裂带十分复杂,其避让距离需要结合处置场构造环境等实际资料进行专门研究。基于上述分析,本规范对避让距离不作具体的规定。

5.2 水文地质

5.2.1、5.2.2 水文地质勘察是处置场岩土工程勘察的重要专题之一,因此应按不同勘察阶段的具体要求分阶段进行。通过资料收集、水文地质测绘、调查、勘探、试验、地表(下)水动态监测等方法 and 手段获取处置场选址、设计、施工及环境影响评价所需的水文地质资料和数据。实际勘察中,可视勘察任务的具体情况和已有资料的可利用程度及水文地质条件的复杂程度合并勘察阶段。

5.2.3 地下水的分布和变化规律是处置场水文地质勘察的基本内容之一。IAEA 安全导则《近地表处置设施的选址》No. 111 - G - 31 和技术文件(IAEA-TECDOC)均明确指出,近地表处置设施的选址和场址水文地质特征评价需开展地下水水流模拟研究工作。因此,除初步可行性研究阶段之外,后期各勘察阶段均应结合勘察成果,建立相应的地下水水流模型,并分析预测处置场水文地质环境可能发生的变化及其对处置场建设的影响。

5.2.4 渗透性是处置场水文地质勘察的核心内容之一,渗透系数是处置场场址适宜性评价及后期模型研究的重要水文地质参数之一。本条规定应对处置场的岩土层进行渗透性分级,附录 A 给出了处置场岩土层渗透性分级原则,主要参考了现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB 50287 中关于岩土渗透性分级的规定。鉴于低、中水平放射性废物处置场对控制核素的运移要求较高,因此条文中规定的岩土渗透性分级提高了标准。

5.2.5 基于避免核素从处置单元释放造成放射性污染的目的,本条从处置场地地貌类型、地质条件、包气带分布、处置层渗透性、地下水的循环条件、岩土层的吸附等条件的复杂程度将预选处置场场地水文地质条件的复杂性划分为简单、中等和复杂三类。分类标准主要参考了现行国家标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 中关于场址要求的相关规定。

5.2.6 初步可行性研究阶段水文地质勘察主要通过资料收集和现场调查,了解处置场的区域水文地质条件。水文气象条件是影响地下水补给、转化从而导致核素运移的主要因素,在进行水文气象条件调查时,应收集长系列降水量、蒸发量、气温、湿度、冻结深度等气象资料以及地表水系、水库、湖泊等地表水体的分布、规模、流量、水位、水质等水文资料;区域水文地质调查时,范围应包括处置场所所在的水文地质单元以及相邻的水文地质单元,并初步查明各水文地质单元间地下水的补排关系。

初步可行性研究阶段,在资料收集分析和水文地质调查的基础上,可结合水文地质调查,初步查明场址所在水文地质单元的补给、径流和排泄条件,岩土层的渗透特征、主要透水层和隔水层的分布规律及埋藏条件。

地下水动态变化规律是后期分析和地下水水流模拟及环境影响评价的基础。因此,本条规定应在初步可行性研究阶段布置地下水的长期监测工作,长期观测孔的布置宜结合钻孔和区内井、泉分布情况确定。

本阶段水文地质勘察结束后,应从水文地质角度初步评价场址的适宜性,为场址比选提供依据。

5.2.7 本阶段处置场水文地质勘察工作应全面展开。通过对初步可行性研究阶段成果的分析,结合具体场址的特征,综合采用钻探、工程物探、水文地质试验和长期监测等手段,定性、定量查明场址附近范围的含水系统特征,掌握地下水的补给、径流和排泄特征,并获取主要透水层和隔水层的渗透系数、孔隙度、弥散系数等

关键参数,进一步评价水文地质条件对场址适宜性的影响。

第2款规定了可行性研究阶段水文地质勘察的主要任务。

区内水资源利用和规划利用主要需查明利用方式、取水点的分布和用水量,具体应查明场址附近范围流域的汇水面积、地表径流流速、流量以及历史最高水位等。

处置场包气带特征是限制核素在释放条件下运移进入到地下水系统的重要水文地质条件,应查明其分布特征和厚度情况,以及岩性、孔隙度、有效孔隙度、含水率剖面和渗透性能等特征和参数。

在初步可行性研究阶段查明区域地下水系统主要特征的基础上,本阶段主要查明处置场及其附近地区水文地质单元地下水的补给来源、地下水的流向、流速和主要排泄方式和渠道,并着重查明区内地下水与地表水的补给与排泄关系,为处置场场地的设计和评价提供资料和数据。

处置场水文地质勘察除需查明透水层的分布特征和渗透性能外,也应查明弱透水层、隔水层的空间分布和渗透特征。应重点查明场区内断裂破碎带的分布和渗透特征,避免发生类似美国肯塔基州 Maxey Flats 处置场因核素经破碎带运移而产生严重污染的事故。

分析预测场地平整前后地下水流场的变化情况是可行性研究阶段水文地质勘察和分析的重要内容之一。应结合本阶段勘察所获得的资料,建立地下水水流模型,预测场区地下水的长期变化趋势并分析其影响因素。

本阶段应综合分析场区地表水特征,包气带特征,含水介质的类型、埋藏条件和地下水的补给、径流、排泄等水文地质条件,评价场地水文地质条件对场址适宜性的影响。

第3款对本阶段水文地质的勘察方法和工作布置作了原则规定。

为更好地分析水文地质条件在空间上的变化特征,应对场址区进行大比例尺的水文地质测绘,同时对处置场附近范围进行有

针对性的水文地质调查。测绘和调查范围应包括处置场所在的水文地质单元及与其有水力联系的水文地质单元。

为查明处置场附近范围的水文地质条件,水文地质勘探点应结合工程地质勘探点布置。勘探点的数量和深度以能查明处置场场址区边界条件和地下水渗流路径的水文地质条件为准。

对于水流运移路径上的透水层和隔水层,应根据现场条件采用渗水、注(压)水和抽水试验以及室内试验等手段获取渗透系数、孔隙度、给水度等重要参数。应着重查明场址边界条件的透水性和地下水的流向、流速,鉴于导水通道对核素运移的重要性,应采用填图、钻探、工程物探和水文地质试验等手段查明其分布规律和渗透特征。

工程物探是水文地质勘察中不可缺少的手段,通过工程物探手段可以查明处置场区内存在的隐伏地质构造带、破碎带及洞穴等重要的导水通道。在实际应用中应根据勘察目的,在处置区和地下水的运移路径上合理布置。

地下水动态变化情况是地下水埋藏条件和形成条件的综合反映,同时也是计算地下水均衡要素必不可少的资料。因此,本阶段应在地下水径流路径上完善地下水监测系统;在地表水与地下水关系复杂的地段,应设置专门的地下水监测孔研究地表水与地下水的相互转换关系,如西班牙 El Cabril 处置场场地就设置了专门的地下水监测系统。地下水水位长期监测时,应同步监测区内地表水的水位和气象情况。

IAEA 安全导则(No. 111-G-31)和技术文件(IAEA-TEC-DOC)对近地表处置设施的选址和场址水文地质特征评价中均明确指出需开展地下水水流模拟研究工作,因此第 4 款对可行性研究阶段地下水水流的模拟工作作了原则规定。

可行性研究阶段通过水文地质勘察工作获取了大量的水文气象、水文地质与工程地质和长期监测资料,宜根据所得资料,开展地下水水流的模拟工作,其必要性包括三个方面:一是综合分析并

总结所获得的水文地质资料,正确并全面地认识处置场附近范围的水文地质条件;二是根据处置场的初步规划,定量预测处置场或关注区域地下水水流的变化特征;三是通过模型研究,分析本阶段处置场附近范围水文地质条件中仍然存在的不确定因素,为下阶段的水文地质勘察工作提供依据。

处置场场址区的地下水水流模型研究工作应充分利用收集、调查和勘察所得的所有资料,选用国际或国家认证的,通过应用实例充分验证的模拟软件进行,同时必须对模型进行检验和校正。本款中规定了开展地下水水流模拟研究的基本要求、注意事项和工作内容。

5.2.8 可行性研究阶段的水文地质勘察已查明了处置场附近范围的水文地质特征和参数,在处置场场地初步设计和施工图设计阶段,其水文地质勘察任务是**一致的**,均是针对场平或其他人为活动导致水文地质条件改变较大的场地,开展有针对性的水文地质勘察工作,故可将初步设计和施工图设计阶段合并进行。

初步设计/施工图设计勘察的目的在于解决可行性研究阶段遗留的水文地质问题,同时查明场地平整或分期建设后场地的水文地质条件变化,获取新的水文地质参数,如回填区地下水的渗透系数、弥散系数、孔隙度等,以及新的条件下包气带的分布和厚度特征、地下水与地表水的相互关系等。

初步设计/施工图设计阶段水文地质勘察的主要任务、勘察方法、工作量的布置,应结合前期水文地质资料和场地平整或分期建设后的具体情况制订。本阶段水文地质勘察结束后,应充分利用前期所获得的勘察和监测资料,进一步校正处置场场地的地下水水流模型,加深对处置场场地在平整或分期建设前后水文地质条件的认识,并根据场地设计需要预测场址区的地下水水流变化特征。

第4款对初步设计/施工图设计阶段水文地质的勘察内容作了原则规定。通过本阶段以前所获得的水文地质和长期监测资

料,对场平前后的场地水文地质条件有了充分的认识。因此,本阶段应确保水文地质概念模型及数学模型的准确性,并利用所有监测资料校准模型,分析模型的不确定性和计算结果对各参数变化的灵敏性,并宜根据处置场场地设计和需要预测地下水水流的特征。

5.2.9 施工建造阶段是处置场场地水文地质勘察的最终阶段,主要在处置场场地施工运行期间实施。本阶段勘察应根据处置场施工中揭露的问题,采取适当的手段查明原因,及时校正前期对处置场场地水文地质条件的认识,重新获取相应的关键参数,并继续进行地下水、地表水的长期监测工作。

当场地平整或土石方运移后水文地质条件改变较大,场地开挖后揭露可能影响天然屏障特性的断裂破碎带、节理密集带、破碎的岩脉等时,应补充针对性的水文地质勘察工作。

应根据更新的水文地质勘察成果和地下水监测资料,进一步检验和校正处置场地下水水流模型,并进行预测。

施工建造阶段勘察结束后,在对处置场水文地质条件充分了解的基础上,应结合前期勘察成果进一步分析评价水文地质条件对处置场的影响。

5.3 水文地球化学

5.3.1 水文地球化学是在水文地质学的基础上发展起来的学科,因此水文地球化学本身属于水文地质的重要研究内容。国外低、中水平放射性废物处置场(美国 Andrew 场地、法国 Aube 场地、西班牙 El Cabril 场地)勘察报告中均对场地的水文地球化学条件进行了分析评价;同时,在 IAEA 安全导则(No. 111-G-31)和现行国家标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 中均要求获取水文地球化学资料和数据。因此,本规范将水文地球化学从水文地质里面提取出来,单独作为一个专题开展工作。

水文地球化学勘察的内容主要包括两个方面：一是查明场址附近范围地下水的化学成分、形成作用和演化机理；二是针对处置废物的核素种类，测试分析核素在地下水系统内的弥散、阻滞作用和过程，获取弥散度、分配系数、阻滞系数等参数。在实际勘察过程中，水文地球化学勘察应与水文地质勘察同时进行，各阶段勘察结束后，宜编写水文地球化学专题勘察报告，当该阶段勘察内容简单时，亦可以章节的形式编入水文地质勘察报告之中。

5.3.3 溶质运移模型是综合分析和解释水文地球化学试验数据的重要技术手段和环境影响评价的基础。除初步可行性研究阶段外，其余各阶段宜根据水文地质和水文地球化学勘察成果，结合地下水水流模型，模拟分析核素的运移规律。

5.3.4 本阶段水文地球化学勘察宜与水文地质调查和勘察相结合，主要通过资料收集和补充测试分析进行，初步了解处置场所属水文地质单元地下水的化学成分、形成作用和演化机理。

岩、土介质对核素的吸附能力是选择场址的重要考虑因素，因此本阶段应根据收集到的资料分析场址岩土介质的类型和主要化学特性，并初步分析岩土介质对核素的阻滞能力。

5.3.5 可行性研究阶段应全面开展水文地球化学勘察工作。对于初步可行性研究阶段筛选出来的场址，通过本阶段的水文地球化学勘察，应全面掌握场址附近范围地下水的化学类型、形成作用和演化机理，测试分析场址岩土的各项化学特性以及对核素运移的吸附阻滞能力，获取环境影响评价所需的各项水文地球化学参数。

第2款规定了可行性研究阶段水文地球化学勘察的主要任务。

核素在地下水系统中的运移主要受两个方面的影响：一是地下水的影响，二是岩土固体介质的影响。地下水的影响主要表现为核素与水化学成分、胶体及有机质的反应，因此水文地球化学勘察应查明场址地下水的化学成分、氧化还原条件以及胶体和有机

质含量等;岩土固体颗粒对核素运移的影响主要表现为矿物的沉淀、阳离子交换和表面络合等反应。因此,水文地球化学勘察应查明核素在场址的可能运移路径上岩土层的化学特性、矿物沉淀/溶解条件、阳离子交换和吸附过程等。

核素在含水系统中的存在形态,可以用固-液相来描述,一般用固-液相间的分配系数来定量分析核素的运移规律,因此应采样并测定各处置核素的分配系数和阻滞系数。

可行性研究阶段处置场水文地球化学条件分析应结合勘察成果,分析处置场地下水的化学类型、形成作用和演化机理,分析影响放射性核素溶解/沉淀和吸附/解吸及阳离子交换的化学过程和条件,并评价水文地球化学条件对核素的阻滞能力。

含水系统的弥散特征是水文地质或水文地球化学勘察的重要任务之一。在可行性研究阶段,应结合场地条件,在地下水水流的主要路径上开展 1 组~2 组多孔弥散试验,以获取有效孔隙度和弥散系数。

本阶段应采取相应的岩、土、水试样进行试验分析,测定岩、土样的化学成分、矿物成分和对特定核素的吸附参数,测试分析水样的化学成分,并在地下水水流的主要路径上布置地下水水化学长期监测点。

溶质运移模拟是综合水文地质及地球化学勘察成果,反映溶质在处置场地下水系统内运移过程和规律的重要手段,同时也是指导下阶段水文地球化学勘察工作的重要依据,美国 Andrew 场址、West Valley 场址和西班牙 El Cabril 场址等在执照申请的勘察报告中均开展了溶质运移的数值模拟研究工作。因此,本阶段宜根据勘察所获得的水文地质和地球化学资料开展处置场场地溶质运移模拟计算,分析评价核素从处置单元释放进入地下水系统后的运移规律。

地下水水流模型是溶质运移模型的基础。因此,溶质运移模拟应在水流模型的基础上进行,根据水文地球化学勘察成果建立

正确的概念模型,选用国际或国家认证的、通过应用实例充分验证的软件来模拟,并根据参数测试结果,预测溶质(可选处置核素中的中性和强吸附性核素进行计算)在处置场场地内的运移规律并进行参数灵敏性分析,评价影响核素运移的各种不确定性因素。

5.3.6 与水文地质勘察一致,水文地球化学勘察可将初步设计和施工图设计阶段合并进行。本阶段勘察的目的在于解决可行性研究阶段遗留的水文地球化学问题,同时查明场地平整或分期建设后处置场场地的水文地球化学条件,获取回填区的弥散系数、有效孔隙度等参数,并根据本阶段补充获取的水文地质和地球化学资料,校正溶质运移模型,分析和预测核素在处置场地下水系统内的运移规律。

第2、3款对初步设计/施工图设计阶段水文地球化学的勘察任务作了原则规定。

场平和分期建设必然会改变处置场的水文地质及水文地球化学条件。应在分析前期水文地球化学勘察成果的基础上,考虑场地水文地球化学条件的改变情况,布置有针对性的试验和长期监测工作。

场平和分期建设改变了处置场场地的水文地质和水文地球化学条件。因此,应根据本阶段勘察所获得的资料和数据,结合本阶段的地下水水流模型,校正溶质运移模型并预测核素运移规律。

5.3.7 施工建造阶段是水文地球化学勘察的最后阶段,主要任务是检验前期勘察成果的正确性,出现异常应采取适当的手段查明原因,必要时重新获取相应的关键参数。

施工建造阶段应结合校正后的地下水水流模型,根据本阶段的水文地球化学勘察成果,分析评价核素的运移特征,并进行水化学的长期监测工作。

5.4 不良地质作用

5.4.1 不良地质作用对处置场稳定性和天然屏障有效性的影响

大,引发的工程问题通常不易通过工程措施解决,增加了处置场安全的不确定性,对环境安全和生命财产具有重大的潜在威胁。因此,本条强调对不良地质作用“应进行专门勘察”。

5.4.2 处置场场地平整通常涉及较大规模的土石方运移,改变了初始的地形地貌、覆盖层结构、地表水与地下水的流通过程及补给关系,可能引发地质灾害和不良地质作用,因此应对场地平整工程土石方运移方案进行论证。考虑到不良地质作用的特点,本条指出“应进行专门勘察”。

5.4.3 不良地质作用的种类较多,不同类型的不良地质作用对处置场稳定性和天然屏障的有效性的影响范围和影响程度差异较大,应对不同类型的不良地质作用进行专门分析与评价;同时由于处置场及其附近区域存在的不良地质作用对处置场的处置设施与天然屏障长期、持续地产生作用,影响深远。因此,应评价不良地质作用对处置场稳定性和天然屏障有效性的影响,并给出明确的结论,这对于处置场的选址、设计、建设与运营具有重要意义。

预测和防治方案的建议应考虑到处置场的有效期为300年~500年这一特征,不良地质作用的发展趋势具有很大的不确定性,潜在危害程度较大或难于治理的不良地质作用应予以避让。当采用工程措施防治时,应考虑工程措施的耐久性,比如边坡工程应以坡率法设计为主,普通人工材料,如钢筋、混凝土、土工织物和土工膜等在有效期限内可能因为老化而失效。

6 勘察方法

6.1 工程地质和水文地质测绘与调查

6.1.1 工程地质和水文地质测绘与调查虽然是一项重要的勘察手段,但并不是每个勘察阶段都需要进行。鉴于工程地质和水文地质测绘与调查的主要目的是查明场址附近范围工程地质与水文地质条件的先行工作,因此宜在初步可行性研究和可行性研究阶段进行。施工建造阶段工程地质测绘的主要工作是对场地开挖进行跟踪编录,目的是对前期勘察成果的现场检验,确认设计条件。初步设计阶段和施工图设计阶段应对勘察过程中发现的特殊岩土工程问题(如断裂、滑坡、破碎带、节理密集带等)进行专门的测绘与调查。

6.1.2 工程地质测绘与调查的范围应与各个勘察阶段的任务要求一致。在初步可行性研究阶段,测绘范围应不小于场址附近范围;在可行性研究阶段,测绘范围应包括拟建处置场的所有建(构)筑物场地及对场地工程地质条件有重要意义的临近地段,该阶段工程地质测绘需结合水文地质测绘合理确定测绘范围;在初步设计、施工图设计及施工建造阶段,测绘范围应根据所解决的岩土工程问题合理确定,不宜过大,以解决实际问题为前提。

初步可行性研究阶段水文地质测绘与调查的范围应包括处置场所在的水文地质单元以及相邻的水文地质单元,应重点调查地表水体包括河流、湖泊的水位、流量、流速和与处置单元的距离,调查历史洪水记录、地表水和地下水的取水利用情况,为评价核素运移规律提供依据;可行性研究阶段的测绘范围则可集中于处置场所在水文地质单元以及与之存在水力联系的水文地质单元,应侧重于对处置单元降水入渗条件、地下水的径流和排泄的调查,为评

价处置核素由处置单元释放后运移到地表水体的风险提供水文地质依据。

6.1.3 对本条作以下几点说明:

1 工程地质和水文地质测绘的比例尺要求主要是参照国内核电厂勘察的通常做法确定的。初步可行性研究阶段场址及其周边地区工程地质测绘比例尺应为 1:5000~1:10000,而场址附近范围工程地质测绘比例尺可为 1:25000;可行性研究阶段处置场场区工程地质测绘比例尺应为 1:1000,而处置场周边区测绘比例尺可为 1:2000。

2、3 对处置场建设有特殊意义的地质单元体,如滑坡、断层、洞穴、软弱层及破碎带等都应进行填绘,在图上反映不清楚时,应扩大比例表示,以便更好地解决岩土工程的实际问题。

6.1.4 本条对处置场工程地质和水文地质测绘与调查观测路线布置作了原则规定。当进行小比例尺测绘时,应采用横穿越与界限追索相结合的方法,前者指横穿越岩层走向或地质现象的一种观测方法,该法能较快地查明场地的地层分布和地质构造等地质现象,如能对重点地段和重要的地质现象采用追索的方法配合探查,会取得更好的效果;当进行大比例尺测绘时,应采用全面查勘法。处置区地层是工程屏障失效后核素运移所途经的第一道天然屏障,本条明确提出在处置区场地应布置相互垂直的穿越剖面,目的在于重点查明处置区场地的工程地质条件,并及时发现对处置场建设有特殊意义的岩土工程问题。

6.1.5 观测点的布置是否合理,是否具有代表性,对成图的质量及岩土工程评价至关重要。地质观测点宜布置在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、不整合面、微地貌单元的分界线和不良地质作用分布的地段,对不同地貌单元和地质单元体均应有适量的地质观测点控制。地质观测点应充分利用采石场、路堑、井、泉等天然和人工露头,获取有关岩土体特性的资料,这些资料包括层理的走向,节理裂隙的发育、充填和胶结情况,岩层风化剖面与表面

松散层及下部胶结层之间的结合特征,以及地下水露头等。当天然露头不足,尤其是在进行大比例尺测绘时,应根据场地的具体情况布置一定数量的勘探工作,必要时可布置适量的钻探、工程物探或坑探、槽探工作。

地质观测点的定位常采用目测法、半仪器法、仪器法和卫星定位系统(GPS),其中目测法适用于小比例尺的工程地质测绘,半仪器法适用于中等比例尺的工程地质测绘,仪器法适用于大比例尺的工程地质测绘。对于处置场建设有重要意义的地质观测点,如地质构造线、软弱夹层、节理密集带、地下水露头等,均应采用仪器法定位。

6.1.6 本条规定了工程地质和水文地质测绘与调查的主要内容。

工程地质测绘和调查的内容包含地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质作用、人类工程活动及当地的建筑经验等方面。针对处置场的性质和要求,应有所侧重地对崩塌、泥石流区、岩溶等影响处置场稳定性的不良地质作用以及节理裂隙的发育、充填、胶结情况和软弱夹层的特性等影响处置场适宜性的地质问题进行测绘和调查。

由于核素在释放情况下主要通过包气带、透水层以及导水褶皱、断层和节理等优势通道的运移进入地表水或地下水取水点,因此处置场场地的水文地质测绘应着重对上述内容进行调查,主要包括四个方面:一是水文气象情况,包括降水情况、地表水体、汇水面积和流量;二是地下水的补给、径流、排泄和动态特征;三是包气带和地下透水层及隔水层特征;四是着重对破碎带、节理密集带等导水通道的测绘与调查。

6.2 工程物探

6.2.1 工程物探作为工程勘察的辅助方法可应用于处置场各阶段的勘察。工程物探适用范围广、方法多、效率高,是工程勘察的重要手段。但各种工程物探方法都需具备一定的应用条件,其装

置的选择、测线的布置、采集的数据质量和资料的处理与解译都直接关系到工程物探的效果,因此应根据工程需要合理使用。

6.2.3 工程物探通过探测地质体物理场的分布特征来推断地质体的分布,应用工程物探时,探测对象与相邻介质必须存在某种物理性质的明显差异,并且探测对象的规模必须足够大,能够被仪器接收。此外,由于地形起伏使探测对象的物理场产生畸变,环境干扰会降低所采集的数据的信噪比,因此,物探能否取得效果还取决于地形条件和干扰程度。

6.2.4 工程物探测线的布置宜垂直或大角度相交于探测对象,以在数据采集时获取最大异常场;探测对象的走向未知时,工程物探测线宜采用网状布置,以控制探测对象的走向。场地边界线附近应布置与场地边界线平行的物探测线,以探测指向场地的断裂、隐伏构造等。

6.2.5 由于探测对象具有多种物理性质,考虑物探的多解性,在场地条件复杂或干扰因素较多时,宜根据探测对象与相邻介质的不同物性差异选择两种或两种以上有效的物探方法,相互补充,相互印证,综合探测。

物探方法的有效性试验是通过现场试验选取合适的物探方法和适合于物探数据采集的观测系统,使所选择的物探方法和各项参数满足于工区的物性条件、地形地貌条件和探测精度要求,用于指导后续工作。

6.2.6 由于受各种干扰因素的影响,不同时间所采集数据的信噪比会发生改变,实测数据的检查宜由不同的操作员在不同时间用不同的仪器进行。

6.2.7 工程物探成果的反演具有多解性特点,应充分收集工点的各种勘察资料对物探资料进行综合分析,按从已知到未知、先易后难、点面结合、反复认识、定性指导定量的原则进行综合解译。各物探方法的解译应相互补充、相互印证,解译结果不一致时,应分析原因,并对推断的前提条件予以说明。解译结果应说明探测对

象的形态、产状、延伸等要素。物探成果结论宜明确,符合测区的客观地质规律;对于已知资料不足,暂时不能得出具体结论的异常,应说明原因。

6.3 钻 探

6.3.1 选择钻探方法时不仅要关注钻进的有效性,还应考虑如何满足勘察技术要求,应考虑的原则主要包括:

- (1)结合地层特点选择钻探方法和工艺;
- (2)满足鉴别地层、了解地下水情况的要求;
- (3)满足取样的要求;
- (4)满足测试的要求。

6.3.2 本条作以下几点说明:

(1)考虑破碎岩体的岩芯采取难度较大,国内多数规程规范中对其岩芯采取率的要求较低,而现行行业标准《水利水电工程钻探规程》SL 291—2003 中对破碎岩体的岩芯采取率的要求为不低于85%,主要考虑了破碎岩体对水利水电工程的不利影响。部分第四系土层和破碎岩体可能形成较为连续的渗透通道,影响地质体对核素迁移的屏障效果,因此在处置场岩土工程勘察中提高了对岩芯采取率的要求,以便于对这些土层的准确划分和鉴别。

(2)砂层、卵石层等渗透性较好的地层对场地的渗透性起控制性作用,在钻探过程中应选择合适的钻探工艺保证其采取率,确保在钻进过程中不漏失地层。

(3)钻探现场漏渗的柴油、润滑油等不仅污染环境,还会对处置场水文地球化学等测试结果产生影响,现场钻探时应采取有效措施避免,当出现漏渗时应及时处理并进行记录。

6.3.4 地下水水位量测是处置场岩土工程勘察的一项重要工作,本条规定旨在确保钻孔水位真实反映地下水位情况。

6.3.5 砂层、卵石层等渗透性较好的土层和岩层中分布的节理密集带、断裂破碎带可能成为渗透通道,这些岩土层对地下水渗流起

控制性作用。由于处置场的特殊性,对这些岩土层的分布特征应给予特别关注。节理裂隙的调查是处置场岩土工程勘察中的重要问题,在对岩芯进行描述时应统计节理裂隙的发育、充填及胶结情况。

6.3.6 考虑钻孔本身对工程的影响,不同性质的工程对钻孔封孔要求不同,现行行业标准《水利水电工程钻探规程》SL 291、《堤防工程地质勘察规程》SL 188 等都对钻孔竣工后的钻孔封孔进行了规定,主要考虑了沿钻孔的渗漏破坏对工程稳定性产生的影响。人工屏障失效后,核素通过钻孔可以很快地进入到各个含水层,钻孔本身极有可能成为处置场核素运移的最快通道,考虑到核素泄漏运移会造成生态环境的破坏,危及身体健康安全,本规范特别强调了钻孔封孔在处置场岩土工程勘察中的重要性并对封孔要求作出了规定。

在对处置场钻孔进行封孔前,应确保孔底深度与钻探深度一致,采用由孔底逐步向上灌注回填的方式进行回填,以保证封孔质量,封孔负责人应在封孔记录上签字并将记录存档以备查考。

处置场封孔材料的选择应满足封孔材料的强度、渗透性等要求,同时确保封孔材料与勘探孔孔壁及孔底岩土体的有效结合。根据国内外相关经验,将硅酸盐水泥、膨润土和水按一定比例配制成的混合泥浆,具有低渗透和高强度等特性,是处置场较为理想的封孔材料,现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 中对隔水有特殊要求场地的封孔材料建议为 4 : 1 的水泥、膨润土浆液,美国 Andrew 场址的封孔材料也由水泥、膨润土和水按 90 磅 : 5 磅 : 12 加仑的比例配制而成。

6.4 井探、槽探和洞探

6.4.4 探井、探槽工作完成后,大多数情况下采用原土回填,其密实度原则上不低于原土密实度,采用夯击或碾压方法可以达到密实回填的效果。

由于位于处置单元底部等核素迁移路径上的探井、探槽的回填效果会影响天然屏障的有效性,其回填后的防渗性能不应低于原土的防渗性能,优质黏土是理想的回填材料。当回填量不大且防渗要求较高时,也可采用水泥和膨润土的混合料。

6.6 原位测试

6.6.1 原位测试是在岩土体基本不扰动的原位状态下,以一定的手段、方法测定土体的物理、力学特性的试验技术。原位测试能更直接、客观、准确地获取工程设计和施工所需的有关参数。在岩土工程勘察中,原位测试是十分重要的手段,在探测地层分布、测定岩土特性、确定地基承载力方面有突出优点,应与钻探取样和室内试验配合使用。在有经验的地区,可以以原位测试为主,选择原位测试方法时,应考虑土类条件和地区经验等因素。

(1)荷载试验:荷载试验一般反映的是荷载板直径 2 倍深度范围内岩土体的压力-变形关系,对于粗粒土,承压板直径一般不小于测试岩土体中最粗粒径的 5 倍。荷载试验一般不考虑温度的影响,但是对于试验期间温差较大足以影响沉降量的情况下,建议增加相应的温度测试设备。一般认为,荷载试验在各种原位测试中是最为可靠的,并以此作为其他原位测试的对比依据,但这一认识的正确性是有前提条件的,即基础影响范围内的土层应均一。实际土层往往是非均质土或多层土,当土层变化复杂时,荷载试验反映的承压板影响范围内地基土的形状与实际基础下地基土的形状有很大的差异,故在进行荷载试验时,对尺寸效应要有足够的估计。

(2)标准贯入试验:由于影响标准贯入击数 N 值的因素较多,故在利用 N 值解决工程问题时,应持慎重态度,依据单孔标贯资料提供设计参数是不可信的,当依据 N 值提供定量的设计参数时,应有当地的经验,否则只能提供定性的评价参数。

(3)静力触探试验:静力触探圆锥探头截面积有 10cm^2 和

15cm²两种规格,一般情况下 10cm²对应 36mm 的锥身直径,而 15cm²对应于 44mm 的锥身直径,相同条件下截面积 15cm²的探头有更高的强度,在提供充裕反力的条件下,即拥有了更强的贯入能力;当然,10cm²的探头拥有比 15cm²探头更高的分层精度。孔压静力触探在试验前应该将探头充分的饱和,孔压探头饱和后在硅油或者甘油中浸一下,会降低空气再次进入探头的可能性。利用静探资料估算变形参数时,由于贯入阻力与变形参数间不存在直接的机理关系,可靠性差。

(4)旁压试验:旁压仪包括预钻式和自钻式,国内规范中关于旁压仪规定一般主要适用于预钻式旁压仪。成孔质量是预钻式旁压试验成败的关键,成孔质量差会使得旁压曲线反常失真,无法应用;选择测试点要保证旁压器的量测腔在同一土层内,根据实践经验,旁压试验的影响范围,水平向约为 60cm,垂直向约为 40cm,为避免相邻试验点应力影响范围重叠,建议试验点的垂直间距至少为 1m。

(5)扁铲侧胀试验:可进行扁铲侧胀试验的土层十分广泛,尤其适用于相对扁铲钢膜片尺寸(直径 60mm)粒径较小的砂土、粉土和黏性土。由于扁铲探头具有相当高的强度,因此只要有足够的贯入力,即使在一些硬土层和密实砂土层中仍可使用。由于扁铲探头的钢膜片面积较小,当土颗粒的粒径较大时,钢膜片极易受力不均匀,从而导致测试结果呈现较大的离散性或损坏膜片,因此扁铲侧胀试验不适用于碎石土或含砾石的土层。

6.6.2 进行原位测试的岩土层,宜在代表性地点采取适量试样进行室内试验,并相互验证数据的正确性。

6.6.3 造成原位测试成果误差的因素较为复杂,包括测试仪器、试验条件、试验方法、操作技能、岩土层的不均匀性等,对此应有基本估计,并剔除异常数据,提高试验成果的合理性。

6.6.4 原位测试成果的应用,应以地区经验的积累为依据。由于我国各地的土层条件、岩土特性有很大差别,建立全国统一的经验

关系是不可取的,应建立地区性的经验关系,这种经验关系必须经过工程实践的验证。

6.7 水文地质试验

6.7.1 低、中放射性废物处置场的岩土工程勘察应根据试验目的、地层透水性能以及工程对参数的要求,结合地区经验选择合适的水文地质试验方法。在欧美国家处置场勘察中采用了多种水文地质试验方法,部分试验还具有研究性质(如美国 WIPP 处置场针对场址内盐岩的微渗透性采用了气体渗透试验获取了岩层的渗透系数)。处置场勘察中应主要采用较为成熟的试验方法,针对特殊条件的场地也可采用新的测试技术,但应与其他测试方法相配合,以确保测试数据的可靠性。

6.7.3 地下水的流向和流速可采用人工放射性同位素单井法、电解法、充电法等方法测定,也可通过绘制等水位线图获得。采用示踪剂法测定地下水流向、流速时,试验孔与监测孔的距离可参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

6.7.4 抽水试验、渗水试验、注水试验和压水试验是国内外测定岩土体渗透性能的常用方法,理论研究较为成熟,在处置场岩土工程勘察中应根据试验地层的特性合理选择试验方法。

6.7.5 弥散试验是根据地下水中由于质点热动能和机械混合作用引起化学元素稀释的原理,利用示踪剂来测定含水层中地下水弥散参数的试验,目前较为常用的方法有单井脉冲法、多井法和单井地球物理法。在水文地质条件相对复杂的场地,多井法弥散试验较单井法弥散试验具有一定的优越性,采用多井法弥散试验可验证场地岩土介质的非均质性并获取对比数据,如西班牙 El Cabril 低、中水平放射性废物处置场针对场区内的裂隙介质,就采用了单孔抽水、5 个孔投源的多井法弥散试验。条文中对多井法弥散试验的要求是结合处置场工程特点参照相关手册和通常做法确定的。受试验条件影响,现场弥散试验与室内弥散试验测量得到的

结果有较大的差异,应考虑尺度效应及试验条件,结合室内弥散试验成果对现场弥散试验成果进行合理分析;当采用多个投源孔进行弥散试验时,应分别采用不同的示踪剂以避免采用相同示踪剂带来的观测误差。

6.7.6 连通试验是为了测定透水层、透水层之间、地下水露头点相互之间的水力联系而进行的野外试验,通常包括示踪剂法、抽水试验法和工程物探方法等。在处置场岩土工程勘察中可采用连通试验测定断裂破碎带、节理密集带等不良地质体的连通性。

6.7.7 示踪剂的选择应以方便试验、保护环境为原则,同时还应考虑对其他试验项目测试结果的影响。

7 室内试验

7.1 一般规定

7.1.1 一般的岩土试验,可以按照标准的、通用的方法进行,但是必须注意到岩土性质和现场条件中存在的许多复杂情况,包括应力历史、应力场、边界条件、非均质、各向异性、不连续性等,使岩土体与岩土试样的性状之间存在不同程度的差别,试验时应尽可能模拟实际,使用试验成果时不应忽视这些差别。当需要时应考虑岩土的原位应力场和应力历史,工程活动引起的新应力场和新边界条件。由于岩土试样和试验条件不可能完全代表现场的实际情况,故建议在岩土工程评价时,宜将试验结果与原位测试成果或原型观测反分析成果比较,并做必要的修正。

7.2 物理力学试验

7.2.1 渗透试验:常水头渗透试验适用于砂土,变水头渗透试验适用于黏性土和粉土;对渗透性很低的饱和黏性土,可通过固结试验测定固结系数,从而计算渗透系数。土的渗透性是水流通过土的孔隙的能力,显然,土的孔隙大小,决定着渗透系数的大小,因此分析渗透系数时,必须说明与渗透系数相对应的土的密度状态。

7.2.2 固结试验:固结试验加荷的大小、等级、速度等,应根据土质特征、取土深度、荷载大小、施工条件及设计要求确定,施加的最大荷载应该大于设计荷载。

7.2.3 各种土的动力性质试验方法,各有其适用的应变幅范围,应根据工程所涉及的应变幅范围,选择合适的试验方法:

(1)测定应变幅值 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 范围的动模量和阻尼比时,可

进行动三轴、动单剪或动扭剪试验；

(2)测定应变幅值 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ 范围的动模量和阻尼比时，可进行共振柱试验；

(3)为边坡或地基土动力稳定性分析需测定土的动力性质时，可进行动三轴试验；

(4)用应力法判别土层液化可能性需测定砂土、粉土抗震液化强度时，可进行动三轴、动单剪或动扭剪试验；

(5)用刚度法判别土层液化可能性需测定砂土、粉土发生孔压增长的门槛剪应变时，可进行共振柱试验；

(6)需要模拟整个场地的动力反应时，可开展振动台模型试验。

7.3 地球化学试验

7.3.1、7.3.2 IAEA 安全导则(No. 111 - G - 3)和现行国家标准《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 均规定应掌握候选场地地球化学资料。地球化学室内试验是水文地球化学勘察的重要手段，应根据场址适宜性评价要求，获取场址内岩、土、水的化学成分和性质，并分析计算分配系数等关键参数。

水化学测试内容主要参考了 IAEA 技术报告(Series No. 412)和安全导则(No. 111 - G - 3)的规定。

地表水和地下水的温度、酸碱度(pH)、氧化还原电位(Eh)、电导率、溶解氧(DO)等指标与现场环境密切相关，条件允许时宜在现场直接测定。岩、土对核素运移的化学阻滞能力主要表现在吸附和阳离子交换两个方面，岩、土体的吸附能力取决于其矿物成分和含量、化学成分、胶体颗粒含量、酸碱度和阳离子交换容量以及矿物溶解与沉淀等因素。因此，在场地勘察过程中应测试上述内容和参数，并试验分析处置核素在场区水-岩/土体系内的分配系数。

7.3.3 室内弥散试验是定性分析溶质在岩、土体内弥散系数的重

要手段,室内弥散试验宜结合现场弥散试验进行。本条对室内弥散试验的试验方法作了基本要求。

7.3.4 本规范附录 E 对地球化学室内试验的主要试验内容作了规定,并推荐了相应的试验方法。

8 岩土参数分析

8.1 一般规定

8.1.2 正确划分地质单元和层次不可忽略宏观地质背景条件,处置低、中水平放射性废物需要几百年的时间,各种有影响的因素经过长时期的累积后可能达到不可忽略的程度,设计参数的取值须考虑;核能的利用和低、中水平放射性废物的处置历史仅仅几十年,理论分析还存在较多不确定性,对通过岩土试验或根据施工、运行监测所得到的数据进行校正和调整是有必要的。

8.1.3 除尚不具备定量分析条件的岩土工程问题外,其他问题宜尽量采用定量分析评价。

8.2 岩土参数统计与选用

8.2.1 对试验数据进行统计,是为了取得有代表性的岩土参数值作为设计计算的依据。测试成果是岩土参数统计的基础,尤其应重视对与场地地质条件、工程特点相关的岩土参数的统计,综合确定岩土参数的取值,并优先考虑原位试验所获得的岩土参数。

8.2.2 本条所列步骤是按常用的数据检验法剔除粗差排序的,舍弃失真的数据,即根据经验舍弃那些明显缺乏代表性的测试数据;舍弃粗差,即根据统计的方法舍弃那些过于离散的数据。理论上,舍弃失真的数据和剔除粗差都是舍弃那些不属于一个总体的样本。

8.2.3 本条划分地层和岩土单元的基本规定,主要是强调数据统计应为同一地质单元,即数据样本来自同一个总体,数据必须是通过大致相同的取样和测试方法获得。

8.2.4 岩土参数统计样本容量,应视岩土体在场地的空间分布状况、物理力学特性和试验项目的重要性等而确定。样本数越多,统

计结果就越具有代表性也越接近总体真值。样本容量不少于 6 组是最低要求,为保证舍弃失真的数据和剔除粗差后满足统计容量的要求,测试数据应多于 6 组。

8.2.5 本条规定了非相关型数据的平均值和标准差的计算方法。

8.2.6 绘制主要参数沿深度(或距离)变化的图表是数据值与深度(或距离)的散点图或表格。当地层的埋藏深度变化较大时,可采用测试位置与地层顶部或底部的距离作为相关参数;当地层厚度变化较大时,可采用测试位置与地层顶部的距离占该处层厚的百分比作为相关参数。本条所指的相关性特指直线相关型,理论上非直线相关型的数据并不表示没有关系,非直线相关型的数据按非相关型数据考虑。

相关型数据的判定标准,以相关系数 r 的绝对值来确定,当 $|r| > r_c$ (相关系数临界值) 时即为相关型数据,当 $|r| \leq r_c$ 时即为非相关型数据,可由附录 F 查相关系数的临界值 r_c , n 值在表中没有列出时,宜采用内插值法求得。

对相关性参数宜采用最小二乘法确定回归直线的经验公式,计算公式(8.2.6-2)~公式(8.2.6-4)中的 f_m 、 z_m 是算术平均值。

剩余标准差 σ_r 与标准差 σ_t 具有不相同的意义,在统计计算时注意不要混淆。标准差 σ_t 是反映数据相对于算术平均值的离散性,相关型数据的剩余标准差 σ_r 是反映数据相对于回归方程直线的离散性,其统计方法和意义都不一样。

8.2.7 在数理统计中,剔除粗差的方法不少,主要有 3 倍标准差检验法、Chauvenet 检验法、Dixon 检验法、Grubbs 检验法。用 3 倍标准差检验法,当样本容量小于 10 时,经常出现不能剔除任何粗差,可见该检验法有一定的局限性,不推荐采用;Chauvenet 检验法缺乏信度的概念,但可推导出拟合公式,用计算机进行统计比较方便;Dixon 检验法在 n 较小时性能较好, n 接近 30 时性能开始变差,因此,限定其在样本容量 $n \leq 30$ 时使用;Grubbs 检验法适用于样本容量 $n \geq 6$ 的整数。

同一个工程中宜使用一种方法,一般按照有利于安全的原则,采用单侧检验法,信度 α 值越小表示出现不安全的概率越低,应根据各勘察阶段的特点选择适当的信度,不同勘察阶段信度取值可不相同;采用双侧检验剔除粗差时,信度 α 的取值大小已无偏于安全与否的意义了,单侧检验剔除粗差时应将信度 α 值除以 2 后再查表,双侧检验应首先比较 $|f_{\max} - f_m|$ 和 $|f_{\min} - f_m|$ 的大小:如 $|f_{\max} - f_m| > |f_{\min} - f_m|$ 且 $f_{\max}$ 符合剔除条件时,剔除 $f_{\max}$;同样如 $|f_{\max} - f_m| < |f_{\min} - f_m|$ 且 $f_{\min}$ 符合剔除条件时,剔除 $f_{\min}$ 。单侧和双侧检验都应遵守每次只能剔除一个粗差数据的原则,每次检验不得剔除两个或两个以上的粗差数据,每剔除一个粗差数据后都应重新计算平均值和标准差再进行检验。

由于相关型数据的平均值是一直线关系式,尚可用图解法剔除粗差,或用 $|f_i - (a - bz)| > 2\sigma_r$ 剔除。

8.2.8 变异系数 δ 是用来评价岩土参数的相对波动特征;相关型数据随相关参数(深度或距离)呈有规律的变化,经回归分析与相关系数计算,可确定经验公式(回归方程),由于相关系数的绝对值 $|r| \leq 1$,经回归计算的剩余标准差小于未经回归的标准差,可见回归作用减少了参数的随机变异性,提高了预估参数的可靠性,计算公式(8.2.8-1)反映了回归对于变异系数的影响,其中 f_m 为数据的算术平均值。

标准值是岩土工程设计时经常采用的基本代表值,也是岩土参数的可靠性估值,按照有利于安全的原则,采用单侧置信界限值,计算公式(8.2.8-4)、公式(8.2.8-5)与多数勘察规范、规程中计算标准值的公式相同,根据统计学区间估计理论,是双侧置信水平(可信的程度)90%的简化公式,当公式中“ $\pm$ ”取“ $+$ ”或“ $-$ ”时的单侧置信水平为 95%,适用于正态分布的数值类型。

理论上,在置信水平相同的情况下,样本量越多,置信区间越窄;在样本量相同的情况下,置信水平越高,置信区间越宽。置信区间是一个概念,表示在该区间的可信程度不低于置信水平,不代表

数据样本出现在该区间的概率。以压缩模量标准值为例,表示大于标准值的压缩模量值的可信程度大于 95%,并不代表大于标准值的试验成果数量大于 95%,在实际统计计算中,经常出现大于标准值的试验成果量小于 95%的情况,后面的统计计算示例就是这种情况。

确定岩土参数标准值仍按相关和非相关两种类型进行。

相关型标准值的计算公式(8.2.8-5)的推导过程如下:

$$f_k = f_m \cdot r_s \quad (3)$$

$$f_k = f_m \cdot \left[1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \cdot \delta_r \right] \quad (4)$$

$$f_k = f_m \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \cdot f_m \cdot \delta_r \quad (5)$$

$$f_k = a + b \cdot z \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \cdot \sigma_r \quad (6)$$

某层一般性黏性土,有压缩模量数据 22 组,按取样深度 z 和取样点至层底距离 h 与压缩模量 E_s 试验的对应数据列于表 3。

表 3 取样深度、取样点至层底距离与压缩模量试验数据

序号	压缩模量 E_s (MPa)	取样深度 z (m)	至层底 距离 h (m)	序号	压缩模量 E_s (MPa)	取样深度 z (m)	至层底 距离 h (m)
1	5.8	5.25	6.45	12	6.2	5.58	5.33
2	7.3	2.83	6.17	13	10.7	5.61	3.39
3	8.3	2.71	6.29	14	10	6.41	2.59
4	6.2	3.12	5.88	15	10.5	4.53	2.33
5	8.4	3.24	5.76	16	11.4	6.45	2.55
6	7.2	6.02	5.02	17	10.9	2.56	1.52
7	9.2	3.75	5.25	18	12.3	7.65	1.35
8	8.6	4.56	4.44	19	12.9	3.48	4.53
9	9.9	5.05	4.86	20	10.1	3.98	5.02
10	9.2	5.33	3.67	21	10	4.65	4.35
11	7.9	5.29	3.71	22	15.7	2.55	0.70

(1)按取样深度检验压缩模量的相关性。

按式(8.2.6-1)计算得 E_s 和 z 的相关系数 $r = -0.0397$, 当 $\alpha = 0.05, n = 22$ 时, 查本规定附录 F 相关系数临界值表得 $r_\alpha = 0.4227$ 。 $|r| < r_\alpha$, 属非相关型数据(深度与压缩模量不具线性相关性)。

①按非相关型(常规方法)统计计算公式进行计算, 剔除粗差采用单侧检验的方法, 并按照安全有利的原则剔除大值:

平均值 $E_{sm} = 9.49$ 、标准差 $\sigma_t = 2.38$ 。

a)按 Grubbs 法去粗差: 样本容量 $n = 22$, 信度 α 取 0.05, 查表得 Grubbs 检验临界值 $g(0.05, 22) = 2.603$ 。

最大数据 $E_{smax} = 15.7$, $|15.7 - 9.39| / 2.38 = 2.614 > 2.603$, 剔除。

剔除最大数据 15.7 以后重新计算:

平均值 $E_{sm} = 9.19$ 、标准差 $\sigma_t = 1.98$ 。

b)按 Grubbs 法去粗差: 样本容量 $n = 21$, 信度 α 取 0.05, 查表得 Grubbs 检验临界值 $g(0.05, 21) = 2.580$;

最大数据 $E_{smax} = 12.9$, $|12.9 - 9.19| / 1.98 = 1.876 < 2.580$, 保留。

②评价岩土参数的变异性:

根据平均值与标准差计算, 可得变异系数 $\delta = 0.215$;

确定岩土参数标准值:

根据公式(8.2.8-3)计算得修正系数 $\gamma_s = 0.92$;

根据公式(8.2.8-4)计算得压缩模量的标准值 $E_{sk} = 8.43$ 。

(2)按取样点至层底距离检验压缩模量的相关性。

按公式(8.2.6-1)计算得 E_s 和 h 的相关系数 $r = -0.7786$, 当 $\alpha = 0.05, n = 22$ 时, 查本规定附录 F 相关系数临界值表得 $r_\alpha = 0.4227$ 。 $|r| > r_\alpha$, 属相关型数据, $r < 0$, 具有负相关性, 即随着 h 的降低 E_s 增大。

①按相关型(常规方法)统计计算公式进行计算, 剔除粗差采

用单侧检验的方法,并按照安全有利的原则剔除大值:

根据公式(8.2.6-2)~公式(8.2.6-4)求得 E_s 和 h 的回归关系式:

$$E_{sm}(h) = 14.01 - 1.09 \times h \quad (7)$$

根据公式(8.2.6-5)计算得: $\sigma_r = 1.529$;

剔除粗差采用单侧检验的方法,并按照安全有利的原则剔除大值:

计算每个参数的偏移量 $= E_{si} - (14.01 - 1.09 \times h_i)$, 最大值为第 19 个数据 3.835, 与回归线正向偏移值相比: $3.835 > 3.057 = 2\sigma_r$, 剔除。

②重新按公式(8.2.6-1)计算得 E_s 和 h 的相关系数 $r = -0.8403$, 当 $\alpha = 0.05$, $n = 21$ 时, 查本规定附录 F 相关系数临界值得 $r_\alpha = 0.4329$, $|r| > r_\alpha$, 属相关型数据。

③根据公式(8.2.6-2)~公式(8.2.6-4)求得 E_s 和 h 的回归关系式:

$$E_{sm}(h) = 13.93 - 1.12 \times h \quad (8)$$

根据公式(8.2.6-5)计算剩余标准差得: $\sigma_r = 1.283$ 。

④剔除粗差采用单侧检验的方法,并按照安全有利的原则剔除大值。

⑤计算每个参数的偏移量 $= E_{si} - (13.93 - 1.12 \times h_i)$, 最大值为第 21 个数据 2.550, 与回归线正向偏移值相比: $2.550 < 2.566 = 2\sigma_r$, 保留。

⑥根据公式(8.2.8-2)计算得变异系数 $\delta_r = 0.138$ 。

⑦根据公式(8.2.8-5)计算得压缩模量的标准值:

$$\begin{aligned} E_{sk}(h) &= 13.93 - 1.12 \times h - 0.49 \\ &= 13.44 - 1.12 \times h \end{aligned} \quad (9)$$

(3)统计成果分析。

根据非相关型的统计结果,该土层的压缩模量标准值为 8.43MPa,如果按此值进行地基沉降计算,沉降量刚好满足设计要

求,但试验成果低于 8.43MPa 的数值有 8 个(序号为 1~6、11、12),占总数的 36.4%,单纯从概率论分析,出现沉降量不满足设计要求的概率大于 36%;根据相关型的统计结果,压缩模量标准值为 8.43MPa 时与层底的距离 $h=4.47\text{m}$,上述设计需要基础埋入该土层一定深度,确保基础下该土层的剩余厚度 $h\leq 4.47\text{m}$,但试验成果低于 8.43MPa 同时 $h<4.47\text{m}$ 的数值只有 1 个(序号为 11),占总数的 4.5%,出现沉降量不满足设计要求的概率小于 5%。

如果地基沉降计算结果要求压缩模量不低于 10MPa,根据相关型的统计结果,压缩模量标准值为 10MPa 时与层底的距离 $h=3.07\text{m}$,当基础下该土层的剩余厚度 $h\leq 3.07\text{m}$ 时可满足设计要求;根据非相关型的统计结果,该土层的压缩模量标准值为 $8.43\text{MPa}<10\text{MPa}$,不满足设计要求。

综上所述,主要指标选择恰当的相关参数进行分析统计是有必要的。

8.2.9 在对参数样本进行统计的基础上,正确选取参数有助于提高工程评价的可靠性和工程设计的安全性。

1 各种岩土参数的用途不尽相同,分析用途可明确参数对使用结果的影响情况;同一岩土层的各个参数之间通常具有一定的关系,如含水率、孔隙比与强度参数具有负相关性,各强度参数之间具有正相关性,分析各参数间的相互关系,有助于评价测试成果的可靠性;与经验数值进行比较可了解岩土体是否具有特殊性。

2 岩土体的工程特性受环境及相关边界条件的影响,如围压对岩土体的强度和变形的影响特别明显,分析匹配性有助于评价参数的适用性,分析测试与计算模型相关条件的相似性有助于评价参数的代表性。

3 高变异性说明参数的变化较大,敏感性指计算时输入参数对计算结果的影响程度,随着输入参数的变化所得结果变化很大

为高敏感性,反之则为低敏感性,高敏感性参数取值时应更偏于安全些。

4 重要的参数是指与场址适宜性评价、地基和边坡稳定性评价相关的参数。与天然屏障有效性评价和工程屏障设计相关的岩土参数属与安全相关的参数,取值可相对保守些。

9 勘察成果报告编制

9.1 一般规定

9.1.1 低、中水平放射性废物处置场具有与其他建(构)筑物不同的特点,各阶段岩土工程勘察的目的、任务、内容各有不同,因此本条规定除应以全部勘察资料为依据外,还应按勘察阶段和处置场特点编制报告,同时要有工程针对性。

9.1.2 本条规定了资料整理的内容、要求和顺序。资料整理前应明确整理项目、内容、方法和技术要求,以保证资料整理的顺利进行。引用工程前期资料,要求一方面检查其原始资料的正确性,防止前期出现的差错延续到本次的报告中;另一方面考虑到处置场各阶段勘察的时间间隔可能较长,所以要求应按现行标准分析其正确性和可用性。原始资料是报告编写的基本素材,因此应先行检查、校核,确认无误后方可使用。岩土工程参数是报告的核心内容,也是资料整理的重点之一,因此在对各种测试获得的原始数据进行检查、校核后,应按现行标准和本规范对各项参数进行统计、分析与评价,并最终确定各项参数,编制相关图表。

9.1.3 岩土工程勘察报告是评价低、中水平放射性废物处置场稳定性、适宜性的基本文件,也是设计和施工的重要文件。本条要求勘察报告需全面真实反映场地的客观条件,内容完整,推荐的参数准确,提出的方案经过充分论证,结论可靠、正确,建议合理可行,以保证勘察报告的质量水平。

9.1.4 低、中水平放射性废物处置场要求的寿命周期很长,一般300年~500年,在运营期间和封闭后,需要一直对处置场的工程地质问题、水文地质问题、环境地质问题进行监测,发现问题需及时处理,这就要求所有的勘察资料需要长期保存,以备查阅和使用。

9.2 文字部分

9.2.1 本条规定低、中水平放射性废物处置场各勘察阶段岩土工程勘察报告编写所遵循的原则。

1 初步可行性研究阶段岩土工程勘察报告编制所遵循的原则是：根据区域地质、构造及活动性和地震地质等，评价场址的稳定性；根据收集和调查获取的区域水文地质和水文地球化学资料以及岩土工程勘察成果，从工程地质条件、水文地质条件、水文地球化学特征等方面初步评价场址的适宜性，并根据上述条件对候选场址的比选提出建议。

2 可行性研究阶段岩土工程勘察报告编制所遵循的原则是：全面论述处置场场址的构造特征、不良地质作用发育程度、地质灾害危险性程度、岩土性质等，在此基础上对场址的稳定性作出评价。通过勘察所获得的资料，对场址的工程地质条件、水文地质条件和水文地球化学条件等作出明确评价。建立合理的水文地质和溶质运移模型，初步预测处置场建设可能引起的岩土工程问题，对场址的适宜性作出评价，为处置场的总平面布置提出建议。

3 初步设计阶段岩土工程勘察报告编制所遵循的原则是：根据初步总平面布置方案，分区进行岩土工程条件评价；根据所查明的处置区的工程地质条件、水文地质条件、水文地球化学条件，评价处置区岩土特征、天然屏障特性和地基稳定性以及均匀性，推荐适宜的地基处理或基础方案、不良地质作用整治、边坡治理和基坑支护等方案建议；检验和校正处置场区地下水水流模型和溶质运移模型，分析预测处置场场地平整、建设、运营和关闭后的地下水变化和核素运移规律，评价其对处置场的影响，提出防治措施和处置场总平面最终布置的建议；根据所查明的辅助建(构)筑物区的工程地质和水文地质条件，评价辅助建(构)筑物区的岩土特征、地基稳定性以及均匀性，推荐适宜的地基处理和基础方案；根据所查明的缓冲区的工程地质条件、水文地质条件、水文地球化学条件，

分析评价缓冲区的天然屏障特性。

4 施工图设计阶段岩土工程勘察报告编制所遵循的原则是：根据所查明各建筑地段的工程地质条件、水文地质条件、水文地球化学条件，对各地段作出详细的岩土工程评价；对各种测试方法获得的参数，结合前期资料进行统计、分析和评价，提出正确的地基处理、基础设计、基坑支护等岩土参数；根据场地的实际条件，检验和校正处置场区地下水水流模型和溶质运移模型，分析预测在施工和运行期间可能产生的岩土工程问题，并提出防治建议。

5 施工建造阶段岩土工程勘察报告编制所遵循的原则是：按建筑地段对施工揭露的工程地质条件、水文地质条件、水文地球化学条件进行全面、详细的论述与评价，与前期勘察成果进行比对，评价其差异性，对岩土参数和地基改良或加固效果进行确认，对施工过程中发现的岩土工程问题提出处理意见。

9.2.2～9.2.5 条文规定了初步可行性研究阶段至施工图设计阶段岩土工程勘察报告主要包括的内容。编写报告时，应根据勘察任务要求和场地特点，对内容进行适当调整或增减。水文地质、水文地球化学、边坡、基坑支护等如进行了专题研究，报告可直接引用其结论性意见，避免篇幅过大，内容重复。

9.2.6 施工建造阶段勘察包括补充勘察、地质编录、基槽检验、桩基验收、边坡和基坑监测等内容，勘察报告应根据具体情况和要求编写。需强调的是本阶段的岩土勘察报告，其内容应满足环境影响评价报告的要求。

9.3 图表及专题报告

9.3.2 本条列出勘察报告宜附的图表。报告编制时，应根据需要附其他图表。

9.3.3 低、中水平放射性废物处置场勘察涉及的内容广、专业多，通过专题研究，解决专门的工程问题。本条列出了处置场勘察的主要专题报告，可根据实际情况和工程需要编制相应的专题报告。

10 现场检验与监测

10.1 一般规定

10.1.1 现场检验和监测工作是不可缺少的环节,只有提高检验和监测工作的质量和结果评价的可靠性,才能真正做到确保处置场工程的质量与安全。处置场建设周期长,每个阶段的现场监测内容都有其特定目的与自身特点,监测项目和内容宜根据不同勘察阶段的岩土工程勘察任务、处置场场地条件、岩土工程特点、运行条件等确定。处置单元构筑物 and 覆盖层等工程屏障的监测项目与方法由设计确定。

10.1.2 处置场工程涉及的现场检验与监测项目类型多,周期长,宜按照建设阶段和检验(监测)项目细分为多个子项目进行。在外业工作实施之前,编制详细的工作纲要是必要的,并且应在实施过程中作适当调整。

10.1.4 现场检验和监测报告应包括:检验(监测)目的和要求、检验(监测)项目、测点布置、检验(监测)时间间隔和期限、检验(监测)仪器、方法和精度、检验(监测)数据、分析图件、结论与建议等。

10.2 地基基础的检验和监测

10.2.1 地基条件检验内容包括岩土分布与性质、关键岩土层的埋深及性状、主要透水层和隔水层的水文地质特性、地下水情况等。检验内容应根据建筑物的功能要求有所侧重。例如,处置单元的地基起到延滞和阻止核素运移的作用,是天然屏障的一部分,对渗透和弥散特性要求较为突出;而辅助建(构)筑的地基主要承担上部结构传递的荷载,对承载能力要求较为突出。因此,对于处

置单元天然地基检验,应重点关注岩土层的渗透性等水文地质特性,对于辅助建(构)筑天然地基应更多关注岩土层的承载能力、变形等工程地质特征。

10.2.2 地基处理的目的是利用换填、夯实、挤密、排水、注浆、胶结、加筋和热学等方法对天然地基进行处理,用以改善地基土的工程特性:提高剪切强度、降低压缩性、改善透水特性、增强动力稳定性。不同的检验手段适用于不同的地基处理目的,因此应结合设计要求采取合理、有效的检测手段。现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 对多种地基处理技术的质量检验作了详细规定,检验重点为承载能力、压缩变形特征等地基力学特性,这些检验方法同样适用于处置场工程。除此之外,处置场工程地基处理尚包括对强透水层、节理裂隙、破碎的岩脉及其他影响天然屏障特性的地质体的改良。此时的检验重点应为渗透性等水文地质特性。由于水文地质原位试验一般耗时较长,为减小现场检验对施工建造安排的影响,此处规定渗透特性检验宜以室内试验为主,必要时采用原位试验确定。

10.2.3 钻孔封堵的目的是防止钻孔成为竖向优势导水通道,破坏地质屏障阻滞核素运移的能力。影响钻孔封堵效果的主要因素为封填材料的渗透特性、填充程度、密实程度以及封填材料与孔壁的结合程度。由于对钻孔封堵效果进行定量描述的工程经验尚少,实际操作中宜以定性描述、拍照记录为主,并辅以适当的原位测试手段。由于钻孔直径较小,一般为 76mm~130mm,原位测试宜选用小直径的测试仪器,以不破坏原封孔效果为原则。

10.2.4 处置坑槽区别于普通建筑基坑的最大特点是开挖暴露时间长,以美国 Andrew 处置场为例,处置单元坑槽开挖至填满废物需要历时数年。因此,应分地段、有针对性地制订检验与监测方案。处置坑槽监测点布设和辅助设备埋设时应充分考虑后续施工和周边条件变化对监测点持久性的影响,尽可能保证获得长期、连续的监测数据。

10.3 不良地质作用的监测

10.3.3 不良地质作用的监测系统宜采用自动化方式,自动采集和处理监测数据,并应建立监测数据库、数据和图形处理系统、趋势预报模型、险情预警系统等。监测方应定期向建设单位、监理方、设计方、施工方和运营方提交监测报告,必要时应提供实时监测数据。

10.4 地下水监测

10.4.1 地下水监测是处置场建设的基础性工作。处置场的目的是有效地采用天然屏障和工程屏障将低、中水平放射性废物与地下水和地表水隔离开来。因此对地下水动态实施监测,了解地下水在时空上的分布情况和动态变化规律,一方面是为了提供场址基础水文地质资料,另一方面,也是水均衡分析、地下水水流模型校正和场址适宜性评价甚至是后期环境影响评价的需要。

从国际原子能机构建议的地下水监测阶段来看,地下水监测覆盖了处置场运行前、运行期间和关闭期间三个阶段。运行前包括处置场的选址、设计以及施工阶段,运行期间包括在处置场的运营期和处置场的关闭活动,关闭期间包括处置场关闭后的任何活动。岩土工程勘察工作在处置场的生命周期中属于处置场运行前阶段,因此地下水监测应从初步可行性研究阶段开始,监测时间应持续到施工建造阶段。处置场运行期间和关闭之后的地下水监测不在本规范的范围之内。

10.4.2 处置场地下水位的监测是查明场地水文地质条件必须掌握的基础数据,水温、水化学成分则是背景值调查和监测以及分析评价核素运移必备的基础资料,因此也要进行监测;同样,处置场内地表水的水位、流量、水化学成分等与地下水存在密切的关系,其动态变化规律也是勘察期间必须掌握的内容。

10.4.3 蒸发量也是处置场选址中不可忽视的重要因素,当资料

缺乏时宜设置监测点进行长期监测,典型的案例有美国加利福尼亚州的 Ward Valley 处置场,因为对岩土层蒸发量的调查不够细致而被驳回执照申请。

10.4.4 地下水监测点网由监测点、线组成,应能覆盖处置场区域补给区至排泄区的整个地下水系统,并能对与地下水相关的含水层、构造带、地表水体等进行监测。由于在申请审批场址阶段、申请建造阶段、申请运营阶段需提交环评报告书,因此在可行性研究阶段就应基本完成地下水监测点网的布置,并在初步设计、施工图设计和施工建造阶段根据需要进一步完善。

为正确监测地下水水位和水化学成分,地下水监测点应设置在核素运移路径上。对于水流路径上存在多层含水层的,应分层监测。从经济和监测效果考虑,地下水监测孔应充分利用已有勘探孔、非经常开采的井点和泉眼。

10.4.5 监测时,水位观测计可根据实际情况选择,为保障观测精度,一般可采用电测水位计、自计水位计或测钟测量,有条件时可采用集中控制遥测系统,但地下水位的观测精度应在 $\pm 0.5\text{cm}$ 之内;水温、气温观测宜采用缓变温度计或热敏温度计,观测时应将温度计置于观测的含水层的深度,时间不少于 10min ,读数精度不应低于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

10.4.6 由于地下水与地表水之间存在密切的水力联系,所以要求地下水监测点应与地表水监测点(处置场区与地下水有水力联系的地表水体,包括溪谷、河流和湖泊)统一规划,以达到同步监测。雨季或其他原因导致地下水位变幅较大或较快时,应加大监测频率。

10.4.7 本条规定参考了现行行业标准《地下水监测规范》SL 183的相关规定。

10.4.8 现场监测应将本次监测的数据与前一次监测的数据进行对照,发现异常时应分析原因,检查测具和进行复测,并在观测记录备注栏内作出说明。监测人员应掌握有关测具的使用、保护和

检测技能,测具应准确、耐用,并定期检查,不合格者应及时校正或更换,否则不应继续使用。

10.4.9 地下水动态监测资料应及时整理和分析,并提出结论及建议。应提供地下水位动态变化图、等水位线图、地下水与降水量动态变化图、水化学成分动态变化图和等值线图等。

S/N:1580242·347



58024234701>



统一书号: 1580242·347

定 价: 27.00元