

中华人民共和国行业标准

铁路工程地质膨胀土勘测规则

**Surveying regulation for expansive
soils of railway engineering geology**

TB 10042—95

主编单位:铁道部第二勘测设计院

批准部门:中华人民共和国铁道部

施行日期:1995年4月1日

1995 北 京

关于发布《铁路工程地质膨胀土 勘测规则》的通知

铁建函[1995]2 号

现发布《铁路工程地质膨胀土勘测规则》(TB10042—95),自1995 年 4 月 1 日起施行。

本规范由部建设司负责解释。出版发行由建设司标准科情所负责组织。

铁 道 部

一九九五年一月三日

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
3	新建、改建铁路勘测设计阶段膨胀土工程地质工作	4
3.1	膨胀土地区工程地质选线	4
3.2	新建铁路踏勘(草测)膨胀土工程地质勘测	4
3.3	新建铁路初测膨胀土工程地质勘测	5
3.4	新建铁路定测膨胀土工程地质勘测	7
3.5	改建既有线及增建第二线膨胀土工程地质勘测	8
4	施工阶段膨胀土工程地质工作	10
5	运营期间膨胀土工程地质工作	11
6	膨胀土工程地质勘测内容及方法	12
6.1	准备工作	12
6.2	地质调查测绘	12
6.3	勘探与采取土样	13
6.4	测试	14
7	膨胀土场地评价	16
附录 A	膨胀土的判别与分级	17
附录 B	蒙脱石含量测定——二氯化锡容量法	19
附录 C	极限膨胀率、极限膨胀力、极限收缩率试验方法	21
附录 D	本规则用词说明	25
附加说明	26
《铁路工程地质膨胀土勘测规则》条文说明	27

1 总 则

1.0.1 为了统一膨胀土工程地质工作的技术要求,提高勘测质量,适应铁路工程建设的需要,制订本规则。

1.0.2 本规则适用于铁路勘测设计、施工阶段及运营期间针对膨胀土进行的工程地质工作。

1.0.3 膨胀土工程地质工作除应按本规则执行外,尚应符合铁道部现行的有关标准的规定,其中有关试验的内容,除应符合本规则附录 B、C 要求外,应按现行行业标准《铁路工程土工试验方法》、《铁路工程岩土化学分析方法》执行;铁路房屋的地基勘察应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》的要求。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 膨胀土

指土中粘粒成分主要由亲水性矿物组成,具有吸水显著膨胀软化和失水急剧收缩开裂,并能产生往复胀缩变形的高塑性粘性土。

2.1.2 胀缩潜势

膨胀潜势和收缩潜势的总称。膨胀潜势是指土在充分吸水饱和时发生膨胀的潜在能力;收缩潜势是指土失水收缩的潜在能力。

2.1.3 大气影响深度

降水、蒸发、温度、湿度等气候因素引起土的物理风化与胀缩变形的有效深度。

2.1.4 场地

建筑物所在地的一定区域。

2.1.5 环境工程地质

人们的工程活动引起的地质环境的变化及由这种变化造成的对人们生活环境或工程环境的影响。

2.1.6 极限胀缩性

原状土试样或扰动土制样由缩限状态下吸水膨胀的最大膨胀率和膨胀力,以及胀限状态下失水收缩的最大收缩率特性。胀限状态是指试样在缩限状态下吸水膨胀的极限含水量状态。

2.2 符 号

序号	符号	意 义
2.2.1	F_s	自由膨胀率
2.2.2	M	蒙脱石含量
2.2.3	CEC	阳离子交换量
2.2.4	V_{HM}	极限膨胀率
2.2.5	P_{HM}	极限膨胀力
2.2.6	e_{shM}	极限线缩率
2.2.7	e_{sh}	极限体缩率
2.2.8	ϕ_f	峰值内摩擦角
2.2.9	ϕ_r	残余内摩擦角
2.2.10	α	残余剪切强度系数

3 新建、改建铁路勘测设计阶段膨胀土 工程地质工作

3.1 膨胀土地区工程地质选线

3.1.1 膨胀土地区,工程地质选线应符合下列原则:

3.1.1.1 线路宜避开山前斜坡及不同地貌单元的结合带,选在地形平坦、地貌单一的地带。若穿越垄岗,宜垂直垄岗轴线。

3.1.1.2 应避开强膨胀土,选在弱膨胀土并且土层薄的地带。

3.1.1.3 宜避开多元土层或有软弱夹层的土体结构复杂的地带,或垂直其走向通过。

3.1.1.4 宜选在植物生长良好的地带。

3.1.1.5 宜离开既有重要建筑物一定距离。

3.1.2 膨胀土地区,线路宜采用浅挖低填形式通过。无法避免高填深挖时,应与桥梁、隧道方案作比较。

3.2 新建铁路踏勘(草测)膨胀土工程地质勘测

3.2.1 踏勘(草测)膨胀土工程地质勘测应完成下列任务:了解影响线路方案的膨胀土主要工程地质问题,为线路方案比选和编制可行性研究报告,提供地质资料。

3.2.2 踏勘(草测)膨胀土工程地质工作,应包括下列内容:

3.2.2.1 搜集线路通过地区的区域地质、第四纪地质及地貌、气象、航片、工程地质、水文地质等资料。

3.2.2.2 根据地貌地质特征,初步判别线路通过地区有无膨胀土,并了解其分布范围及与线路的关系。

3.2.2.3 搜集沿线既有建筑物的地质资料及其稳定状况。

3.2.2.4 初步评价膨胀土对铁路工程的影响、危害程度,提出方案比选意见。

3.2.3 踏勘(草测)资料编制,应包括下列内容:

3.2.3.1 在工程地质总说明书中,应阐述控制线路方案的膨胀土的分布范围及工程性质,对线路方案作出评价,并提出初测膨胀土工程地质工作的建议。

3.2.3.2 在全线工程地质图(比例尺 1:50000~1:200000)中,对控制线路方案的膨胀土地段,应大致划分膨胀土级别并标明其分布范围。

3.3 新建铁路初测膨胀土工程地质勘测

3.3.1 初测膨胀土工程地质勘测应完成下列任务;主要查明线路方案膨胀土的分布范围、级别和特征,为线路方案的选择和初步设计提供膨胀土地质资料。

3.3.2 初测膨胀土工程地质勘测,可按下列顺序进行:

3.3.2.1 充分利用踏勘工作成果,进一步搜集地区的地质和工程资料,进行综合分析研究。

3.3.2.2 有航片的地区,宜采用航片作膨胀土的地貌形态、分布特征的判释。

3.3.2.3 取代表性样品进行膨胀土判别(按本规则附录 A 执行)。

3.3.2.4 在全面调查的基础上,对代表性或重点地段的膨胀土进行重点勘测。

3.3.2.5 搜集并分析气象因素(降水、蒸发、地温、气温等)对膨胀土的影响。

3.3.3 初测膨胀土调查测绘,应包括下列内容:

3.3.3.1 地层、时代、成因类型及其分布范围和厚度。

3.3.3.2 裂隙发育程度、组合情况以及软弱结构面特征。

3.3.3.3 水文地质特征。

3.3.3.4 既有建筑物的稳定情况及其与水库、池塘、灌溉渠道、公路等建筑物的相互作用和影响。

3.3.3.5 自然斜坡和人工边坡的稳定状况、植被情况;坡面变形的演变特征。

3.3.4 重点膨胀土地段的调查测绘,除满足本规则 3.3.3 条要求外,还应包括下列内容:

3.3.4.1 膨胀土的土体结构特征及其与建筑物的关系。

3.3.4.2 灰绿、灰白色膨胀土软弱夹层的层位、厚度及其空间分布规律。

3.3.5 初测膨胀土工程地质勘探,应满足下列要求:

3.3.5.1 勘探工作的重点,应集中在控制线路方案的强膨胀土或土体结构复杂地段及重大工程地段。

3.3.5.2 勘探点的数量,应以探明膨胀土层或土体结构而定。

3.3.5.3 勘探孔的深度,应至路基面设计高程或建筑物基础底面以下不小于 3.0m。

3.3.5.4 选择代表性地点开挖试坑,观察膨胀土风化过程及大气影响深度。

3.3.6 初测膨胀土工程地质试验,应包括下列内容:

3.3.6.1 为进行膨胀土判别与分级,应采取扰动土试样测定自由膨胀率,必要时还应测定蒙脱石含量、阳离子交换量。

3.3.6.2 重大工点,宜作大面积浸水膨胀试验。

3.3.6.3 其他常规试验项目按现行行业标准《铁路工程地质技术规范》执行。

3.3.7 初测资料编制,除在全线地质综合资料中编入膨胀土内容外,工点资料应包括下列内容:

3.3.7.1 工点工程地质说明应包括下列内容:

1. 膨胀土的地形、微地貌及植被情况。
2. 膨胀土的分布、厚度、分层及其工程地质特征。
3. 膨胀土的水文地质特征。
4. 地区气候特征。
5. 大气影响深度。

6. 线路通过方案及工点工程地质条件评价、地质参数和工程措施。

3.3.7.2 工点工程地质图(比例尺 1:500~1:2000),必要时

作,并划分膨胀土级别。

3.4 新建铁路定测膨胀土工程地质勘测

3.4.1 定测膨胀土工程地质勘测应完成下列任务;根据初步设计鉴定意见,在初测资料的基础上,对膨胀土进行详细勘察,为技术设计提供膨胀土地质资料。

3.4.2 在初判的基础上,对重大工程建筑场地膨胀土进行详细判别和分级。

3.4.3 定测工程地质勘测应为膨胀土场地评价搜集资料,其内容按本规则第7章要求进行。

3.4.4 针对各类建筑物,定测应满足下列要求;

3.4.4.1 路基工程,应确定膨胀土路基的边坡坡率和路基设防加固的分界高度及构筑物类型。

3.4.4.2 桥涵、隧道工程,提出地基承载力、隧道围岩类别及施工注意事项。

3.4.4.3 站场房建工程,提出地基承载力,为基础设计及地基处理提供依据。

3.4.5 查明路堤填料的土源、性质,提出土质改良的措施意见。

3.4.6 查明沿线膨胀土地区既有建筑物的断面形式、坡率、坡高及防护加固类型、基础形式与埋深等,并分析其稳定情况。

3.4.7 定测膨胀土工程地质勘探,应符合下列要求;

3.4.7.1 勘探点的布置宜采用分段控制与工程相结合的方法,其点位与数量应满足铁路工程与防护加固工程设计的要求。

3.4.7.2 勘探孔深度,应至路基面设计高程或建筑物基础以下不小于 3.0m。

3.4.7.3 应在代表性地段,结合涵洞、路基工点,采用挖探或配合轻型钻探,查明膨胀土裂隙发育情况、土层含水量变化及大气影响深度。

3.4.7.4 分段、分层采取膨胀土样,取样勘探孔(坑)的数量,应不少于勘探孔总数的 1/2。

3.4.7.5 采取地下水样。

3.4.8 定测膨胀土工程地质试验,应包括下列内容:

3.4.8.1 为膨胀土的详判,应作蒙脱石含量、阳离子交换量及自由膨胀率试验。

3.4.8.2 除作常规物理、力学、膨胀、收缩、湿化试验外,应结合工程需要,作残余强度、极限膨胀率、极限膨胀力、极限收缩率、先期固结压力试验和土的 **PH** 值试验。

3.4.8.3 重大工点,宜作旁压试验、大面积剪切或大面积浸水膨胀试验。

3.4.9 定测资料编制,除在全线地质综合资料中编入膨胀土内容外,工点资料应包括下列内容:

3.4.9.1 工点工程地质说明应包括下列内容:

1. 地形、气候特征及大气影响深度。
2. 膨胀土的地层层序、岩性特征及分布规律。
3. 膨胀土的主要工程地质问题。
4. 各类建筑物设计所需要的膨胀土级别、软弱夹层性质与位置。边坡稳定性检算所需的地质参数。
5. 场地或地基稳定性评价。
6. 工程处理措施意见。
7. 施工注意事项。

3.4.9.2 工点(地段)工程地质图(比例尺 1:500~1:2000)及相应比例尺的纵、横断面图,必要时作。

3.5 改建既有线及增建第二线膨胀土工程地质勘测

3.5.1 改建既有线及增建第二线膨胀土工程地质勘测,应充分利用既有线勘测、设计、施工及运营期间积累的地质资料及病害历史资料,全面评价其工程地质条件,提出改建方案或增建第二线左、右侧的选择及方案比选的意见。

3.5.2 增建第二线并肩、平行的线段,应充分考虑既有建筑物的稳定状况及增建第二线建筑物对既有建筑物稳定的影响,对线路

左、右侧方案的位置进行技术经济比选。绕行地段膨胀土的工程地质勘测工作,应按新建铁路的要求进行。

3.5.3 详细调查既有线各类工程及建筑物变形与破坏的发生、发展、演变情况及其整治措施的效果,提出处理意见。

3.5.4 改建既有线及增建第二线膨胀土工程地质勘探、试验工作,应在充分利用既有资料的基础上,比照新建铁路膨胀土工程地质勘探、试验的要求办理。

3.5.5 改建既有线及增建第二线膨胀土工程地质文件编制,除定测阶段需编制既有线工程地质放大纵断面图(比例尺同线路既有线放大纵断面图,亦可与线路既有线放大纵断面图合并)外,其余可比照新建铁路工程地质文件编制的要求办理。

4 施工阶段膨胀土工程地质工作

4.0.1 施工阶段膨胀土工程地质工作应完成下列任务;核实、修改设计图中的地质资料,预测和解决施工中出现的膨胀土工程地质问题。

4.0.2 施工阶段膨胀土的工程地质工作,应包括下列内容:

4.0.2.1 研究和了解全线膨胀土的分布和特征;在施工中对场地膨胀土的级别、土体结构、风化程度等物理力学特性进行检验。

4.0.2.2 重大、复杂的膨胀土工点,施工中应监测其变化情况,必要时设观测网、点进行观测,对其稳定状态进行分析预测。为变更设计及安全施工提供依据。

4.0.2.3 施工中应作好建筑工地用水排放工作,严防地表水流入基槽;路堑边坡开挖后,必须采取有效而及时的防护措施,并做好防排水工程等工作。

4.0.3 膨胀土地区竣工资料的编制,除按常规编制综合资料外,重大膨胀土工点,应编制相应的竣工工程地质图件及说明,并附试验与监测资料。对于膨胀土滑坡工点,应将开挖后实测的滑动面形状、位置等资料,绘制于相应的竣工工程地质横断面图上。

5 运营期间膨胀土工程地质工作

5.0.1 运营期间膨胀土工程地质工作应完成下列任务：维护建筑物的稳固与安全，监测并发现膨胀土地区铁路病害的发生、发展情况，提出预防和整治措施。

5.0.2 运营期间膨胀土工程地质工作，应包括下列内容：

5.0.2.1 核对竣工工程地质资料，提出维护建筑物安全的环境保护工程措施。

5.0.2.2 巡山、巡道中密切监视环境的变化及边坡、基床和支挡建筑物的稳定情况，作好记录，建立工点履历卡片，分析病害的成因，预测病害的发展趋势，提出防治对策。

5.0.2.3 严重的膨胀土病害工点，如滑坡、建筑物变形等，应建立观测网点，补充完善病害工点的观测工作，一旦发生险情，提出抢险措施及整治方案意见。

6 膨胀土工程地质勘测内容及方法

6.1 准备工作

6.1.1 资料搜集应包括下列内容:

6.1.1.1 沿线区域地质、地貌及第四纪地质报告和图件,地区历年气象资料(降雨、蒸发、地温、气温等),及地形图、航片等。

6.1.1.2 膨胀土地区既有建筑物的勘测设计资料。

6.1.1.3 膨胀土病害的历史档案。

6.1.2 在充分研究已有资料和历史档案的基础上,根据地形、地质条件与不同勘测阶段制定工作实施计划。

6.2 地质调查测绘

6.2.1 地质调查测绘范围,应包括线路通过地区或建筑场地,并视需要适当扩大调查范围。

6.2.2 膨胀土地形地貌调查,应包括下列内容:

6.2.2.1 地貌单元、形态及微地貌特征。

6.2.2.2 地形相对高度、坡度及植被情况。

6.2.2.3 不良地质的分布及其危害。

6.2.2.4 自然斜坡稳定的坡度和高度。

6.2.2.5 地表径流的汇集与排泄条件。

6.2.3 膨胀土地层岩性调查应包括下列内容:

6.2.3.1 膨胀土的成因类型、时代、层序、土性、含水状态、结核及包含物等。

6.2.3.2 土体结构特征及与上、下土层或岩层的关系、软弱夹层的性质及其分布。

6.2.3.3 裂隙形态、分布密度、产状,裂隙面特征。

6.2.3.4 风化程度及其分带规律。

6.2.4 环境工程地质调查应包括下列内容:

6.2.4.1 铁路工程修建后可能引起的地质环境的变化,并预测这种变化对工程稳定性的影响。

6.2.4.2 铁路工程与周围既有建筑物的相互关系及作用。

6.2.4.3 地区气候特征及其对膨胀土风化与胀缩变形的影响。

6.2.5 既有建筑物调查应包括下列内容:

6.2.5.1 既有建筑物的类型、基础形式及其埋置深度、稳定状态。

6.2.5.2 膨胀土边坡的断面形式、坡率、坡高及其稳定状况。

6.2.5.3 防护与加固措施、排水设施及其使用情况。

6.2.5.4 建筑物周围植被种科、分布,与建筑物距离。

6.3 勘探与采取土样

6.3.1 膨胀土勘探应在工程地质测绘的基础上,合理布置钻探、挖探或触探。

6.3.2 膨胀土勘探应满足下列要求:

6.3.2.1 查明膨胀土地层及土体结构的空间分布及土的物质组成、结构特征。

6.3.2.2 查明软弱夹层位置、厚度和性质。

6.3.2.3 查明地下水类型、埋藏条件、水位和水量变化。

6.3.3 膨胀土勘探点的布置,应符合下列要求:

6.3.3.1 一般线路地段宜沿线带状布孔;重大工程及复杂场地应按网格布置勘探孔。

6.3.3.2 勘探线位置应垂直地形等高线,并结合地貌单元和工程建筑物的纵轴线布置。

6.3.3.3 勘探点的密度和间距,应视场地地质复杂程度和工程建筑物类型而定。

6.3.4 钻探深度应视膨胀土层厚度及建筑物类型而定,当土层厚度不大时,宜穿过膨胀土至下伏地层;若土层厚度较大,则应钻至路基面设计高程(或建筑物基础底面)以下不小于 3.0m。

6.3.5 膨胀土钻探工作除应按现行行业标准《铁路地质钻探技术

规则》执行外,尚应符合下列要求;

6.3.5.1 钻探宜采用干钻,特别是取原状土时应严防水的浸湿。

6.3.5.2 钻进中应记录地下水位及有无缩孔、挤孔等现象,防止钻具被孔周土体膨胀包裹而难于拔出。

6.3.6 钻探岩心鉴定和整理,应符合下列要求;

6.3.6.1 岩心取出后应按上、下顺序逐层编号,记录描述土的颜色、组成、裂隙性质及裂面特征,应特别注意记录岩心风干后的碎裂性状。

6.3.6.2 岩心鉴定应按岩心不同颜色和物质组成进行分层,特别应划分出灰白、灰绿色土层的层位、标高。

6.3.6.3 代表性岩心及灰白、灰绿色夹层的岩心,必要时应拍照后装箱保存。

6.3.7 挖探应满足下列要求;

6.3.7.1 查明膨胀土土层与土体结构。

6.3.7.2 查明土中裂隙发育程度及风化深度。

6.3.7.3 采取原状土样,或进行原位大面积浸水膨胀试验。

6.3.8 采取膨胀土样应满足以下要求;

6.3.8.1 采取原状土样应从自然地面以下 1.0m 处土层开始,分层取样,自上而下每隔 1.0~2.0m 取一组。

6.3.8.2 遇有灰绿、灰白色土层,必须增加取土数量。

6.3.8.3 钻孔取样,取土器入土长度不得大于其直径的 3 倍,所采土样直径不得小于 89mm。

6.3.8.4 所采土样应保持天然含水量与原状结构,并立即封蜡装箱送试验室。

6.3.8.5 采取土样的数量及品质,应满足试验项目的要求。

6.4 测 试

6.4.1 膨胀土试验应包括下列项目;

6.4.1.1 用于判别与分级,应作土的自由膨胀率、蒙脱石含量

及阳离子交换量测定,必要时结合工程作残余强度试验。

6.4.1.2 膨胀与收缩试验,除按现行行业标准《铁路工程土工试验方法》要求外,应根据需要做极限膨胀与极限收缩试验。

6.4.1.3 选作填料的膨胀土,应按扰动土制样进行各项指标的测试。

6.4.2 为确定地基土的承载力,可使用原位测试提供膨胀土层的力学参数。

7 膨胀土场地评价

7.0.1 膨胀土场地评价,应以建筑场地内膨胀土的分布和土的工程地质特性,以及环境工程地质条件为依据,进行综合论证与评价。

7.0.2 膨胀土场地评价,应包括下列内容:

7.0.2.1 微地貌与场地的关系及其对场地稳定性的影响。

7.0.2.2 土体结构对膨胀土边坡和地基的影响。

7.0.2.3 风化作用对土的工程地质性质的影响。

7.0.2.4 膨胀土的胀缩潜势及强度变化特征。

7.0.2.5 预测铁路工程修建过程中及运营期间可能出现的工程地质问题与病害发生的可能性、危害程度。

7.0.2.6 综合评价建筑场地的适宜性及其防灾减灾措施的有效性。

7.0.3 铁路工程建筑场地可按表 7.0.3 分为简单场地和复杂场地两类;

场地分类

表 7.0.3

场地类别 地质条件	简单场地	复杂场地
地形地貌	平坦,正地形	陡坡,负地形
土体结构	均质土体,裂隙较发育	非均质复合土体,含软弱夹层,裂隙极发育
土的膨胀潜势	弱膨胀土	中等~强膨胀土
土的抗剪强度	衰减小	衰减大
土的风化程度	弱风化	中等~强风化
水文地质条件	无地表水、地下水渗透影响	有地表水、地下水渗透影响

附录 A 膨胀土的判别与分级

A. 0. 1 对膨胀土的判别应分为初判和详判。在勘测工作中,需要一般地了解膨胀土的分布情况时,可采用初判。当初判数据在界限值附近($F_s \geq 35\%$)或有疑问难以判定时,必须进行详判。

A. 0. 2 初判中当野外宏观地貌地质特征符合表 A. 0. 2 内容时,且土的自由膨胀率大于或等于 40%,应判定为膨胀土。

膨胀土的宏观地貌地质特征

表 A. 0. 2

地 貌	具垄岗式地貌景观,常呈垄岗与沟谷相间,地形平缓、宽阔,无自然陡坎,坡面沟槽发育
颜 色	多呈棕、黄、褐色间夹灰白、灰绿色条带或薄膜,灰白、灰绿色多呈透镜体或夹层出现
结 构	具多裂隙结构,常见垂直、水平、斜交三组,裂面光滑有擦痕,有的裂隙充填有灰白、灰绿色粘土条带或薄膜
土 质	粘土质重、细腻、具滑感,常含有钙质或铁锰质结核或豆石,局部钙富集成层形成钙盘
自 然 地 质 现 象	坡面常见浅层塑性滑坡与溜坍、地裂。新开挖坑(槽)壁易发生坍塌等

A. 0. 3 详判采用自由膨胀率 $F_s \geq 40\%$,蒙脱石含量 $M \geq 7\%$,阳离子交换量 $CEC \geq 17[\text{mmol}(\text{NH}_4^+)/100\text{g 干土}]$ 三项指标,当符合其中两项指标时,应判定为膨胀土。

A. 0. 4 膨胀土的膨胀潜势按表 A. 0. 4 分为弱、中、强三级。

膨胀潜势分级

表 A. 0. 4

级 别 分级 指 标	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
F_s (%)	$40 \leq F_s < 60$	$60 \leq F_s < 90$	$F_s \geq 90$
M (%)	$7 \leq M < 17$	$17 \leq M < 27$	$M \geq 27$
$CEC[\text{mmol}(\text{NH}_4^+)/100\text{g 干土}]$	$17 \leq CEC < 26$	$26 \leq CEC < 36$	$CEC \geq 36$

A. 0. 5 路基工程场地膨胀土,可根据需要按表 A. 0. 5 分级。

膨胀土残余强度分级

表 A. 0. 5

级 别 残余强度指标	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
ϕ_r (°)	$23 \geq \phi_r \geq 20$	$20 > \phi_r \geq 15$	$\phi_r < 15$
$\alpha = \frac{\phi_r - \phi_r}{\phi_r}$	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	$0.4 < \alpha \leq 0.6$	$\alpha > 0.6$

注：① 土样试件，路堑用原状土，路堤用扰动土制样；

② 残余剪切强度系数 α 是原状土的指标。

附录 B 蒙脱石含量测定——二氯化锡容量法

B. 0. 1 本试验的目的是测定粘性土试样中蒙脱石矿物成分的含量,为膨胀土的判别与分级提供依据。

B. 0. 2 仪器设备应符合下列规定;

B. 0. 2. 1 电炉。

B. 0. 2. 2 分析天平;感量 0.0001g。

B. 0. 2. 3 滴定管、锥形瓶、量液瓶、比色管、移液管等。

B. 0. 3 试剂应符合下列要求;

B. 0. 3. 1 0.2%次甲基兰水溶液(CR),将试剂预先在 85~100℃烘 6~7h,准确称量。

B. 0. 3. 2 1%焦磷酸钠溶液。

B. 0. 3. 3 浓盐酸(分析纯)。

B. 0. 3. 4 5%二氯化锡溶液。称取二氯化锡($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 29.7477g,溶解于 500ml 6mol 盐酸溶液中(用煮沸冷却的蒸馏水配制),以石蜡封于液面,并包黑纸避光,放入冰箱在 15℃以下贮存备用。

B. 0. 3. 5 0.1%二氯化锡溶液。用上述溶液加 6mol 盐酸溶液稀释而成(用时配制)。

B. 0. 4 试验应按下列步骤进行;

B. 0. 4. 1 用四分对角法取代表性风干土约 10g,碾细过 0.25mm 的筛,拌匀,在 105~110℃下烘干至恒重,在干燥器内冷却至室温。

B. 0. 4. 2 称取上述试样 0.1000g 于 150ml 烧杯中,加 1%焦磷酸钠 15ml,加入少许蒸馏水。

B. 0. 4. 3 煮沸 5min,冷却后准确加入 0.2%次甲基兰 15ml(以滴管边滴入边搅拌)。

B. 0. 4. 4 定量将其转移到 100ml 比色管中,静置 5~10min;若比色管上部出现透明液层,且呈浅兰色,可补加 2~3ml 次甲基兰

溶液(准确至 0.1ml);若完全透明略有兰色,可补加 5~10ml(或另称取少于 0.1g 的试样重做),最后统一定容摇匀,静置 4h 或过夜备用。

B. 0. 4. 5 准确吸取上部清液 10ml 于 150ml 锥形瓶中,加 12mol 盐酸 10ml,迅速以 0.1% 二氯化锡标准溶液滴定到无色(或微黄绿色)即为终点。

B. 0. 4. 6 以同样步骤进行空白滴定。

B. 0. 5 蒙脱石含量按公式(B. 0. 5)计算:

$$\text{蒙脱石含量} = \frac{(V_0 - V_1 \cdot T \cdot V_2 / V_3) \cdot A}{m \times 0.44} \cdot 100 \quad () \quad (\text{B. 0. 5})$$

式中 V_0 ——加入的次甲基兰(ml);

V_1 ——所消耗的 0.1% 二氯化锡(ml);

V_2 ——总体积(定容体积)(ml);

V_3 ——取清液的体积(ml);

T ——为滴定度,即每毫升二氯化锡标准溶液相当于 0.2% 次甲基兰的毫升数,由空白求出;

m ——试样质量(g);

A ——标准甲基兰浓度(g/ml);

0.44——吸兰量对蒙脱石的换算系数。

附录 C 极限膨胀率、极限膨胀力、极限收缩率试验方法

C.1 极限膨胀率试验

C.1.1 本试验是测定粘性土原状试样或扰动土制样在缩限状态下的无荷载最大膨胀率,以提供评价膨胀土的膨胀潜势。

C.1.2 仪器设备应符合下列规定:

C.1.2.1 固结仪;带护环,另备有孔活塞板。

C.1.2.2 环刀;用 $d=8.74\text{cm}$ 、 $h=2.5\text{cm}$ 的环刀(特制)或用固结仪 50cm^2 及 30cm^2 面积的环刀。

C.1.2.3 击实仪。

C.1.2.4 压力机。

C.1.3 试验应按下列步骤进行:

C.1.3.1 扰动土制样按击实试验配制最佳含水量和最大干密度的试样(用压样法或击实法制备)。

C.1.3.2 用 $d=8.74\text{cm}$ 、 $h=2.5\text{cm}$ 的环刀或 50cm^2 面积的环刀制取原状土或扰动土制样(最好用压样法),并测定土的含水量和密度。

C.1.3.3 将试样在低温下干燥到体积基本不变。

C.1.3.4 用 50cm^2 或 30cm^2 面积的环刀对准干燥后的试样,在压力机上将环刀压入试样,削刮去多余的土或量测试样高度。

C.1.3.5 将装有试样的环刀移入固结仪,装好环刀,压紧护环,放上有孔活塞板,对准中心,安装量表,记下初读数。

C.1.3.6 向盒中缓慢注入蒸馏水,并使水面高出试样 5mm ,记下注水开始时间,按 5 、 10 、 20 、 30min 、 1h 、 2h 间隔时间测读量表;以后每隔 2h 测记量表一次,直至两次读数差值不超过 0.01mm 为止(不需绘制 $V_{\text{HM}} \sim t$ 曲线时,只每隔 2h 测记量表一次)。

C.1.3.7 试验结束,吸去容器中的水,拆除仪器,取出试样,测

定试验后土的含水量和密度。

C. 1. 4 极限膨胀率按公式(C. 1. 4)计算;

$$V_{\text{HM}} = \frac{R_t - R_0}{H_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (\text{C. 1. 4})$$

式中 V_{HM} ——时间 t 时的极限膨胀率(%);

R_t ——时间 t 时的量表读数(0.01mm);

R_0 ——试验开始时的量表读数(0.01mm);

H_0 ——试样高度(mm)。

C. 2 极限膨胀力试验

C. 2. 1 本试验是测定粘性土原状试样或扰动土制样在缩限状态下,保持体积不变时由于吸水膨胀而产生的最大内应力,为评价膨胀土和确定地基承载力及洞室围岩压力提供参数。

C. 2. 2 仪器设备应备有高压固结仪或固结仪。其余同 C. 1. 2。

C. 2. 3 试验应按下列步骤进行;

本试验采用加压平衡法,制样与 C. 1. 3. 1~C. 1. 3. 4 相同。其余操作步骤与膨胀力试验相同。

C. 2. 4 极限膨胀力按公式(C. 2. 4)计算;

$$P_{\text{HM}} = 0.1 \times \frac{P \cdot n}{F} \quad (\text{kPa}) \quad (\text{C. 2. 4})$$

式中 P_{HM} ——极限膨胀力(kPa);

P ——平衡物总量(N);

n ——仪器杠杆比例;

F ——试样面积(cm^2)。

C. 3 极限收缩率试验

C. 3. 1 本试验是测定粘性土原状试样或扰动土制样在胀限状态下失水收缩的最大收缩率。以供评价膨胀土的收缩潜势。

C. 3. 2 仪器设备应符合下列规定;

C. 3. 2. 1 收缩仪;多孔板直径约 70mm,厚约 4mm,孔的总面积大于整个板面的 50%以上,测板直径 10mm,厚约 4mm。

C. 3. 2. 2 固结仪试验环刀;面积 50cm^2 ,高 2cm 。

C. 3. 3 试验应按下列步骤进行;

C. 3. 3. 1 土样制备同 C. 1. 3. 1~C. 1. 3. 4。

C. 3. 3. 2 将试样放入瓷盘,下面垫上滤纸、透水石,对准试样套上环刀,向盘内注水至水面与滤纸齐平,并保持水面不变,让其吸水膨胀。 12h 或过夜后吸去盘中水,然后削、刮去膨胀冒出环刀的土,称量,测定含水量和密度。

C. 3. 3. 3 将试样连同环刀置于收缩仪多孔板上,放上测板,安上量表,称总质量准确至 0.1g ;调好量表,记下初读数,风干脱环后,再在 30°C 左右温度下收缩。

C. 3. 3. 4 试验开始风干脱环阶段,每隔 $6\sim 24\text{h}$ 测读量表和称量一次,以后每 $2\sim 3\text{h}$ 测读量表和称量一次,每次称量应轻拿轻放,不得震动,直至连续三次读数基本不变为止。

C. 3. 3. 5 取出试样,放入烘箱在 $105\sim 110^\circ\text{C}$ 温度下烘至恒重,冷却后称干土质量,准确至 0.1g ,用卡尺测记试样的平均高度和直径。

C. 3. 4 极限线缩率、极限体缩率、缩限、收缩系数的计算,应符合下列要求;

C. 3. 4. 1 极限线缩率按公式(C. 3. 4. 1)计算;

$$e_{\text{LM}} = \frac{R_t - R_0}{H_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (\text{C. 3. 4. 1})$$

式中 e_{LM} ——试样在某时刻的极限线缩率(%);

R_t ——某时刻的量表读数(0.01mm);

R_0 ——量表的初始读数(0.01mm);

H_0 ——试样高度(mm)。

C. 3. 4. 2 极限体缩率按公式(C. 3. 4. 2)计算;

$$e_{\text{M}} = \frac{V_0 - V}{V_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (\text{C. 3. 4. 2})$$

式中 e_{M} ——极限体缩率(%);

V_0 ——试样体积(cm^3);

V ——烘干后试样体积(cm^3)。

C. 3. 4. 3 缩限以线缩率为纵座标,含水量为横座标,绘制收缩关系曲线求得。

C. 3. 4. 4 收缩系数按公式(C. 3. 4. 4)计算;

$$C_{shM} = \frac{\Delta e_{shM}}{\Delta w} \quad (C. 3. 4. 4)$$

式中 C_{shM} ——极限收缩系数;

Δe_{shM} ——与 Δw 相对应的两点线缩率之差(%);

Δw ——收缩过程中第 I 阶段内两含水量之差(%)。

附录 D 本规则用词说明

执行本规则条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

D. 0. 1 表示很严格,非这样做不可的用词;

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

D. 0. 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词;

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

D. 0. 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词;

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

附加说明

本规则主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：铁道部第二勘测设计院

参加单位：铁道部第四勘测设计院

主要起草人：廖世文 周国政 郑先才

在执行本规则过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料寄交铁道部第二勘测设计院(成都市通锦路 3 号,邮政编码:610031);并抄送铁道部建设司标准科情所(北京市朝阳门外大街 227 号,邮政编码 100020),供今后修订时参考。

《铁路工程地质膨胀土勘测规则》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅,只列条文号未抄录原条文。

1.0.2 本规则是针对膨胀土而言,不适用于膨胀岩。两者不论物质组成、成岩程度以及工程特性都各有特点。膨胀岩至今研究还很不充分,有待于积累资料。

1.0.3 本规则是依据《铁路工程地质技术规范》(TBJ12—85)(以下简称《地质规范》),针对膨胀土工作作出的具体规定,在施行中应与《地质规范》配套使用。

本规则的编写除少数条文外,不重复叙述《地质规范》中的共性规定,因此其内容并不面面俱到,而是力求突出“膨胀土”这个主题。

本规则 3~5 章提出工程地质选线原则,以及各阶段膨胀土工作的重点、项目、程度及工作量,与各阶段均有关的具体的工作内容及方法,集中列为 6、7 章及附录。

2.1.1 本规则膨胀土的定义,是多年来科研和生产实践中揭示出来的膨胀土的本质特性的总结。膨胀土物质成分中粘土矿物蒙脱石的含量,以及小于 2μ 粘粒的含量,是决定膨胀土胀缩潜势大小、强度高低及其变化的主要物质基础。同普通粘性土的胀缩性的重要区别,在于它具有吸水显著膨胀软化和失水急剧收缩硬裂,并且两方向变形可逆的特性。

2.1.6 膨胀土胀缩性的测试指标是同试样的起始含水量与干密度密切相关的,不同起始含水量和干密度的试样,测试所得膨胀率、膨胀力和收缩率是不相同的。而试样的含水量和干密度又是随现场取土样的季节、取土深度而变化的。因此,一般在天然湿密状

态下测试的胀缩性指标离散性很大,只有在试样极限含水量状态(缩限、胀限)下测试的胀缩性指标,表示土样的最大胀缩潜势,对于评价膨胀土的本质特性,才是最有意义的。因此本规则提出了极限胀缩特性的概念和试验方法。

3.1.1 膨胀土的分布,一般是在较大范围内呈片状或带状出露,铁路选线时,要绕避它是相当困难的。通常是尽量缩小穿越范围,择地形平缓处,以降低线路的填、挖高度。尽可能减少病害的发生和节省防护加固工程的费用。

3.1.1.1 陡坡、陡坎、坡肩等地形变化较大的部位,由于受膨胀土的基本特性(胀缩性、多裂隙性、超固结性)影响,加之又处于大气影响深度内,最易产生变形和破坏,同时由于这些部位的地形起伏大,铁路的堤、堑高度必然也大,故线路应尽量避免通过这些地段。

3.1.1.3 膨胀土土体中的裂隙结构面,软弱夹层,或有地下水富集的层面,通常是发生变形滑动的基础。线路通过时,如能与这些薄弱面的走向垂直,则可能减少边坡顺层滑动的危害,并减少易发生变形的地段的长度。

3.1.1.4 对铁路路基工程来说,地面完整,植被良好的平缓岗地相对于地面起伏大,陡坎多,光秃无植被覆盖的岗地稳定性要好。

3.1.1.5 由于膨胀土边坡易变形破坏,从而危及建筑物的安全,所以线路宜远离既有建筑物。堑顶边缘至建筑物的距离,视堑坡高度和膨胀土分级的强弱而定,一般不小于 20m。

3.3.2.4 所谓代表性地段,是泛指代表不同地质时代,不同成因类型,不同的环境工程地质条件,不同的地层层次等,进行重点的勘测与室内试验,以便进行初步的判别分级。

3.3.2.5 地区的气象分析,主要为降水、蒸发、地温、气温,以及相对湿度、日照等气象要素,它们是膨胀土风化营力中的重要因素。

浅部土层的温度(即地温)主要受大气寒暖交替的影响,其变

化幅度随土层垂直深度的增加而逐渐减弱,最后趋于稳定。从地温变化幅度可了解膨胀土风化作用的深度。

3.3.3.2 膨胀土体的裂隙大小、长度、形状、产状;裂隙的性质与组合;裂隙充填情况和土体的结构形态与联结特征等,是决定和影响膨胀土的工程地质性质极为重要的因素。

3.3.5.1 控制或影响线路方案的地段和重大工程是指深、长路堑,高、长路堤,隧道,枢纽,大型滑坡工点等。

3.3.5.4 开挖后的风化过程,可通过调查区内其他已完成和正在施工的建筑场地,或开挖试坑或土柱进行观测得到。

大气影响深度,可通过土中湿度随深度波动幅度的变化;浅部土层中地温的变化幅度;在土层内不同深度埋设测量变形的设备;用静力触探方法测试土层不同深度的贯入阻力;观测裂隙或地裂发育的可见深度等方法确定。

3.4.5 膨胀土不宜直接作为路堤填料,尤其是分级属中、强的膨胀土,但是由于膨胀土的分布往往范围较大,要舍弃它(含路堑弃方)另寻土源是困难的,且会增大工程造价,因而又不得不利用它作为路堤填料,此时,需对其进行土质改良。

土质改良的措施,以往有过不少研究与实践,如单一的掺入不同比例的石灰、石膏、水泥、粉煤灰、中粗砂、砾石、石屑、矿渣;或由膨胀土、砂、矿碴、加固剂、激活剂组成一种复合土。

实践经验较多,且一般认为效果较好的方法是在膨胀土中掺入5%~10%的石灰。其混合土的工程性质变化主要表现为细颗粒成分减少,粗颗粒成分增加;液限降低,塑限增加;土的亲水性降低;土的膨胀与收缩性极大减弱而强度显著提高。

基于土质改良的方法尚在研究发展中,且各地条件与膨胀土的性质差异颇大,故在使用该方法时,应根据工程要求,结合当地具体情况与料源,以及施工条件等全面权衡确定。

3.4.6 确定膨胀土地基上建筑基础的合理深度应考虑;场地条件、地基膨胀土胀缩等级、大气影响深度、建筑物的结构类型和基础形式、作用在地基上的荷载大小和性质、相邻建筑物的基础埋

深,以及是否采取处理措施等条件综合确定。

3.4.8.3 重大工点系指对沉降有特殊限制的、大型的和重要建筑物,勘测时应力争作现场大面积剪切或孔内旁压试验。如这两种试验配合使用,则效果更为理想。

4.0.2.2 重大工点,如膨胀土滑坡工点。滑坡的形成和发展因素很多,归纳起来可概括为:内在因素和外部条件两个方面。工点的施工开挖常造成了滑坡产生的外部条件。

以往实践中有不少由于施工方法不当,如雨季施工,采用全面开挖,防护不及时,没有做好排水等而导致边坡滑动。所以滑坡工点施工中应做好安排,加强监测。

6.2.1 膨胀土一般呈大面积分布,线路往往仅穿过其中一部分地带。为了地层对比,准确区分出膨胀土与非膨胀土的界限,同时为了同邻近地区进行类比分析,可视其需要,扩大调查范围。

6.2.2 膨胀土地区自然斜坡的稳定状态对于确定路基边坡坡率有重要的参考意义。自然界膨胀土斜坡一般比较平缓,无自然陡坎,这是膨胀土的重要地貌特征之一,因此查明地貌及水文情况,调查统计自然斜坡高度、坡度,可以大致用于人工边坡的类比。

6.2.3 膨胀土地区的地层往往并非由单一的膨胀土层组成,一般都是由几层颜色不同、膨胀性强弱不等的膨胀土,或由膨胀土与非膨胀土(如卵砾石、砂层、粘土层等)组成。有的可能存在软弱夹层,软弱夹层往往呈灰绿色、灰白色。其工程地质性质是比较复杂的。

膨胀土中的裂隙是影响土的性质的重要特性之一,一般可分为垂直裂隙、水平裂隙、斜交裂隙三种。土中各裂隙的组合及其产状对膨胀土边坡的稳定性有着很重要的控制作用。有的组合裂隙倾向线路中心常导致边坡滑动。因此应进行裂隙的统计分析,以便确定边坡形式及防护加固措施。

膨胀土的风化程度可按土体碎解的性状,根据大气影响随土层深度增加由强变弱的规律,自地表向下划分出土的风化强弱带,供设计基础埋深及防护工程考虑。

6.2.4 由于铁路施工使地形、地貌受到破坏,常引起地表迳流和

地下水变化。铁路两侧,尤其是在路堑两侧,如果有水渠、池塘、水田、水库等地表水体分布,往往由于地表水沿膨胀土中裂隙的渗漏而促使边坡失稳,造成溜塌、滑坡。铁路傍山通过,切穿坡腰或坡脚,可能引起坡体失稳,产生滑坡。膨胀土滑坡多具牵引式的特点,层层牵引向上发展,会导致大规模滑坡,应给予充分估计。因此对铁路周围地质环境进行调查分析,并采取预防措施,是一项重要的工作内容。

大气影响主要是引起膨胀土中湿度变化,由于水分的迁移转化,使土体产生风化碎解及胀缩变形。应收集多年的气象资料,以便对地区最大的降雨和蒸发等,进行综合分析。

6.2.5 膨胀土地区既有建筑物的调查,主要是为了进行工程类比分析。既有建筑物的各种参数,对于铁路工程都具有重要的参考价值,应全面收集。

6.3.3 膨胀土层多是非均质的,软弱夹层常呈透镜体分布,因此勘探点的布置,除沿线路带状布孔以了解膨胀土沿线路的分布外,还应适当考虑网格状布置勘探孔,尤其在重点工程及不良地质地段,以加强对膨胀土层的立体勘探。

勘探点的密度应以查清膨胀土的土体与土质工程特性,满足工程设计所需地质资料为准,一般可根据场地的复杂程度,结合工程的重要性,合理布置。简单场地,一般路基地段,勘探点间距可按 50~200m 布孔;复杂场地,重大工程勘探点密度应加大,可按 20~100m 间距布置。

6.3.4 同勘探阶段的要求相一致,若膨胀土层分布在线路高程以上,钻孔深度应穿过全部土层,如果膨胀土分布在路基面以下,则根据大气影响深度定为不得少于路基面或基础底面以下 3.0m。

6.3.5.1 采取膨胀土原状土样的要求较严,目的是尽量使土样不受扰动,以保持土的天然结构和天然湿度与密度。以往为了争取钻进尺度,有的水钻取样,使测试数据完全失真,是有不少教训的。因此,要求干钻,特别是取原状土样应严防水对土样的浸湿。

6.3.5.2 膨胀土因具超固结性和强胀缩性,当在其中钻孔或开

挖临空面时,一般均有显著的膨胀变形发生,孔径会明显缩小,使用人力钻探(如螺纹钻、钎钻、勺钻等)以及原位测试,均会发生孔壁土体膨胀缩孔,必须注意机具的安全。

6.3.8.1 地表浅层膨胀土一般都有不同程度的风化,土的原始结构已遭受一定程度的破坏,故要求在 1.0m 下开始采取土样,其目的是穿过土的强风化带。

6.4.2 在有条件进行原位测试时,尽量采用原位测试提供地基承载力。

7.0.1 对于膨胀土这类特殊土,场地的特性既受膨胀土本身性质的影响,同时又受环境的影响,因此进行场地评价时采用了膨胀土工程地质特性的评价,这是土的本质属性,属于微观方面的。结合环境工程地质条件评价,这是宏观的,环境的影响。再根据微观与宏观两个方面的分析结果,进行综合论证与评价。

附录 A 膨胀土的判别与分级

根据多年来生产实践经验,我们认为以往对膨胀土判别—根据野外宏观地质特征,结合土样的自由膨胀率一项试验指标是不充分的,容易发生错判、漏判。规则编制过程中就此问题作了专题研究,认为对膨胀土这一土性复杂的特殊土类,应该采用更能体现其本质特征的判别指标,不但用于区别其他土类,也有助于研究其本身的特性。在 1991 年 3 月铁道部建设司标准科情所召开的“膨胀土判别与分类标准专家评审会”上,对已有各类试验资料进行了统计分析研究,选取了蒙脱石含量和阳离子交换量列入判别指标,将判别分为初判和详判,并增加膨胀潜势的分级,确定了界限值。本附录采纳了专家评审会提出的方案,列为附录 A.0.1~A.0.4。

膨胀土的胀缩属性是由土中强亲水性粘土矿物,特别是蒙脱石的存在造成,目前采用二氯化锡容量法测定试样中蒙脱石含量,可以达到工程要求的精度,并比光学测定法更具普及的条件。阳离子交换量则表达了试样中粘粒的离子交换能力(此方法早已列入《铁路工程岩土化学分析方法》(TBJ103—87)),作为判别指标,可

视作蒙脱石含量的印证或补充。这两项试验比自由膨胀率更具有理论根据,并且更为精确。

初判沿用以往的作法,因为自由膨胀率试验简单易行,用于一般地了解工作地区或建筑场地的情况,是适宜的。取自由膨胀率40%作为膨胀土的下限,是采用国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ112—87)的规定。本附录又进一步规定当初判数据在界限值附近或有疑问难以判定,以及需要进一步查明情况时,再进行详判。此时,增加蒙脱石含量和阳离子交换量两项指标。详判的同时,其膨胀潜势的弱、中、强等级也随之判定,因为它与详判依据的是同样三个项目的数据。这样,初判——详判——分级,组成了更完善的判别方法。这一方法为铁路工程地质膨胀土勘测提供了方便,便于在生产过程中,根据地质情况,工作阶段和场地评价的需要,决定判别的程度。

研究、确定膨胀土的判别、分级界限值,使用的资料——包括自由膨胀率等常规项目外,含蒙脱石含量及阳离子交换量的资料225组,含蒙脱石、比表面积、残余强度值的资料64组,以及国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》编制组的专题报告“土的矿物成分与自由膨胀率”,此外,还有各生产单位积累的大量资料作旁证。

据目前已知,即使在我国膨胀土发育的地区,在一处场地中,膨胀土地层的分布也多是不均匀的。上述判别仅是对单个样品而言,因此,要查明一个地区(或场地)的情况,需要有足够的样品,要针对土层情况,选择取样地点和取样密度,以保证获取可靠的资料。

表A.0.5“膨胀土残余强度分级”是从膨胀土的力学特性的角度划分其等级。该表出自1988年铁道部科研成果“裂土基本特性及其在路堤、路堑边坡工程中应用技术条件的研究”。该项研究认为膨胀土路基边坡的破坏,基本上分为深层破坏(如滑坡)和浅层破坏。对深层破坏的模式,采用残余强度值作为分级的指标,如表A.0.5,其数值可作为路基设计的参考值。