

中华人民共和国行业标准

铁路工程地质盐渍土勘测规则

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

**TB 10045—96**

主编单位:铁道部第一勘测设计院

批准部门:中华人民共和国铁道部

施行日期:1996年8月1日

**1996 北 京**

# 关于发布《铁路工程地质盐渍土勘测规则》 等四个铁路工程建设标准的通知

铁建函[1996]221 号

《铁路工程地质盐渍土勘测规则》(TB10045—96)、《铁路工程地基土旁压试验规程》(TB10046—96)、《铁路工程水文地质勘测规范》(TB10049—96)、《铁路轨道施工及验收规范》(TB10302—96)经审查批准,现予发布,自 1996 年 8 月 1 日起施行。

本规范由部建设司负责解释,由建设司标准科情所负责组织出版发行。

铁 道 部

一九九六年五月二十五日

# 目 次

1	总 则 .....	1
2	术语、符号 .....	2
2.1	术 语 .....	2
2.2	符 号 .....	3
3	新建、改建铁路勘测设计阶段盐渍土工程地质工作 .....	4
3.1	盐渍土地区工程地质选线 .....	4
3.2	新建铁路踏勘(草测)盐渍土工程地质勘测 .....	5
3.3	新建铁路初测盐渍土工程地质勘测 .....	5
3.4	新建铁路定测盐渍土工程地质勘测 .....	8
3.5	改建既有线及增建第二线盐渍土工程地质勘测 .....	10
4	施工阶段盐渍土工程地质工作 .....	11
5	运营期间盐渍土工程地质工作 .....	13
6	盐渍土工程地质勘测内容及方法 .....	15
6.1	准备工作 .....	15
6.2	遥感图像判释 .....	15
6.3	地面调查测绘 .....	16
6.4	水文地质调查 .....	17
6.5	勘探与测试 .....	17
6.6	取样与试验 .....	18
7	盐渍土观测 .....	21
7.1	一般规定 .....	21
7.2	地下水动态观测 .....	21
7.3	毛细水强烈上升高度调查观测 .....	22
7.4	定点观测 .....	24
附录 A	盐渍土分类 .....	25

附录 B	盐渍土工程性质试验项目及盐渍土分析报告 .....	27
附录 C	盐渍土病害防治措施 .....	30
附录 D	本规则用词说明 .....	32
附加说明	.....	33
《铁路工程地质盐渍土勘测规则》条文说明 .....		35

# 1 总 则

**1.0.1** 为了统一盐渍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,制定本规则。

**1.0.2** 本规则适用于铁路勘测设计、施工阶段及运营期间盐渍土工程地质工作。

**1.0.3** 在工作区,当地表土层 1.0m 深度内易溶盐平均含量大于 0.5%时,应判定为盐渍土地区(或场地)。

**1.0.4** 盐渍土工程地质工作,除应按本规则执行外,尚应符合铁道部现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 盐渍土

易溶盐含量大于 0.5% 的土。一般是由于埋藏不深的地下水沿土中毛细孔隙上升并不断蒸发,在地表土层中发生盐分聚集而形成。盐渍土具有吸湿、膨胀、溶陷等特性,影响路基稳定,并有腐蚀建筑物等不良作用。

#### 2.1.2 毛细水强烈上升高度

在毛细水上升的最大高度内,受地下水直接补给的部分。对上部土层(或路堤填土)的次生盐渍化和冻胀有重要作用。

#### 2.1.3 最大分子吸水量

土粒表面由分子力所吸引的薄膜水的质量与干土质量的比值,以百分数表示。

#### 2.1.4 有害冻胀深度

路基冻胀高度大于 4mm 定为有害冻胀,其相应的冻胀深度,称为有害冻胀深度。

#### 2.1.5 次生盐渍化

次生盐渍化是针对原生盐渍化而言,即原来为非盐渍土,由于人类生产活动(如水利设施不当,排灌不合理等),使地下水位升高或盐分直接聚集于地表,而产生的盐渍化。

#### 2.1.6 指示植物

是指在一定立地条件下,才能生长的植物,其对生态环境起着指示作用。

## 2.2 符 号

序 号	符 号	意 义
2.2.1	$DS$	含盐量
2.2.2	$d_{10}$	有效粒径
2.2.3	$d_{50}$	平均粒径
2.2.4	$h_c$	毛细水强烈上升高度
2.2.5	$H_K$	毛细水上升最大高度
2.2.6	$w_m$	最大分子吸水量
2.2.7	$k$	渗透系数

### **3 新建、改建铁路勘测设计阶段 盐渍土工程地质工作**

#### **3.1 盐渍土地区工程地质选线**

**3.1.1** 盐渍土地区的线路方案,应在查明盐渍土形成的地质条件和工程性质的基础上,综合考虑施工、养护、运营等条件,进行全面技术经济比较,合理选定。

**3.1.2** 盐渍土地区工程地质选线应符合下列原则:

**3.1.2.1** 线路应绕避强、超盐渍土,特别是硫酸盐渍土、碱性盐渍土发育地段及盐沼地带(盐渍土类型按本规则附录 A 划分)。

**3.1.2.2** 线路宜绕避低洼潮湿、地下水位高、水质矿化度高的地段。

**3.1.2.3** 线路宜选择在地势较高、排水条件好、土中含盐量低及盐渍土分布范围小的部位。

**3.1.2.4** 线路宜以路堤通过,并根据当地地下水位、基底盐渍土及路堤填土的毛细水强烈上升高度、最大冻结深度等因素,确定路堤的最小高度值。

**3.1.3** 在不同地貌单元和地形条件下,线路位置的选择,应符合下列要求:

**3.1.3.1** 山前倾斜平原区,当线路通过山前倾斜平原前缘时,宜选择在灌丛沙堆与盐渍土的过渡地带。

**3.1.3.2** 盆地区,应充分利用有利的微地形条件,结合盐渍土的类型,把线路选择在地面较高、渍盐程度轻的氯盐渍土地段。

**3.1.3.3** 河谷区,线路宜选择在有利于排水的一侧。

**3.1.3.4** 平原区,线路宜绕避积水洼地、水库、背河洼地(地上悬河两岸之洼地)等受地表水危害和地下水位较高的地段。



**3.1.3.5** 滨海区,线路应绕避盐田、咸水区、虾池、鱼塘等;在软土和盐渍土共生地段,应在满足软土选线要求的同时,一并考虑对盐渍土的处理。

## **3.2 新建铁路踏勘(草测)盐渍土工程地质勘测**

**3.2.1** 踏勘(草测)工程地质勘测,应了解盐渍土的工程地质性质及其对各线路方案的影响,评估其对铁路工程可能产生的危害,为编制可行性研究报告提供资料。

**3.2.2** 踏勘(草测)盐渍土工程地质勘测应包括下列内容:

**3.2.2.1** 收集和研究线路通过地区的区域地质、地形地貌、水文地质、遥感图像、气象、盐渍土及其工程特性的资料。

**3.2.2.2** 进行遥感图像初判,概略了解盐渍土分布范围、严重程度、地下水的埋藏条件等,编制遥感图像盐渍土判释略图,拟定踏勘重点、踏勘路线及应解决的问题。

**3.2.2.3** 踏勘过程中,对遥感图像判释成果进行重点核对验证,必要时应进行简易勘探和取样试验并访问盐渍土季节变化情况。

**3.2.3** 踏勘(草测)资料编制应包括下列内容:

**3.2.3.1** 工程地质总说明书中,阐明盐渍土分布、成因及其工程性质的概况,以及对各线路方案的影响,提出方案比选意见,评价控制线路方案的盐渍土地段的工程地质条件,对初测工作的重点提出建议等。

**3.2.3.2** 全线工程地质图(比例尺1:50 000~1:200 000)中绘制盐渍土的分布范围,可与线路方案平、纵断面缩图合并。

## **3.3 新建铁路初测盐渍土工程地质勘测**

**3.3.1** 初测盐渍土工程地质勘测,应初步查明盐渍土的成因、类型和性质、范围、分布规律、发展趋势及其对线路方案的影响,为方

案选择和初步设计提供资料。

**3.3.2 初测盐渍土工程地质勘测,应按下列步骤进行:**

**3.3.2.1** 分析研究可行性研究阶段的资料,进一步收集有关盐渍土工程地质资料及气象资料。

**3.3.2.2** 利用遥感图像,进一步判释盐渍土的不同含盐程度、含盐类型,范围大小及分布规律等。

**3.3.3 初测盐渍土工程地质调查应包括下列内容:**

**3.3.3.1** 查明地形、地貌、地层岩性、水文地质特征及水库、人工渠道的渗漏情况,研究区内盐渍土的形成条件。

**3.3.3.2** 初步查明盐渍土的成因类型、发育程度、盐分积聚特点及分布规律等。若在雨季勘测,应注意访问旱季地表泛盐情况。

**3.3.3.3** 初步查明盐渍土地区的最高地下水位(常年地下水最高稳定水位或冻前地下水最高稳定水位)及其年变化幅度和规律,地表水与地下水的补给关系,地下水流向,研究排除地表水和降低地下水位的可能条件。

**3.3.3.4** 查明地下水补给源区内的河流、湖泊、水库的水文条件及地方水利工程的蓄、排情况。

**3.3.3.5** 初步查明植物的种类、生态特征、覆盖度、分布规律及其与盐渍土发育的关系。

**3.3.3.6** 初步查明土层中毛细水强烈上升高度,最大冻结深度(或有害冻胀深度)和蒸发强烈影响深度。

**3.3.3.7** 调查盐渍土地区既有建筑物如道路、房屋的使用情况,建筑材料被腐蚀程度及有关处理措施与效果。

**3.3.3.8** 滨海盐渍土地区,必要时应查明咸水区的分布范围。

**3.3.4 初测盐渍土勘探应满足下列要求:**

**3.3.4.1** 勘探目的应以查明地层结构、地下水位、水质及各种盐渍土在水平和垂直方向上的分布,毛细水强烈上升高度的一般规律为度。

**3.3.4.2** 勘探点的数量和深度应结合盐渍土形成的地质条件、工程类别、方案比选的复杂程度而定。控制线路方案地段,应重点勘探,主要线路方案勘探点的密度应以查明沿线盐渍土的工程地质性质并满足确定代表性设计工点的要求为原则。宜控制在 500~1000m 有一个勘探点。

**3.3.4.3** 代表性设计工点的勘探,应综合考虑工点长度、盐渍土的类型、复杂程度、拟采用的工程措施等诸因素。每个代表性设计工点应有不少于 3 个代表性地质横断面;每个断面的勘探点应不少于 2 个。

**3.3.4.4** 区段站及区段站以上的大站,厂房集中区,应有一定数量的勘探点、测试点,以控制纵、横断面图的绘制。

**3.3.4.5** 静力触探相关公式的建立或验证工作,应于初测阶段完成。

**3.3.5** 初测盐渍土试验应包括下列内容:

**3.3.5.1** 试验重点是在代表性横断面上取土样,作盐渍土分析及物理力学性质试验(试验项目按本规则附录 B 执行)。

**3.3.5.2** 取代表性地表水及地下水进行水质分析。用苦水(高矿化度水)灌溉地区,必须作苦水的水质分析。

**3.3.6** 当盐渍土的环境变迁短时间内难以查明,影响线路方案的确定时,应提前进行观测工作(按本规则第七章要求执行)。

**3.3.7** 初测资料编制应包括下列内容:

**3.3.7.1** 工程地质总说明书,应阐明盐渍土地区的区域地质条件,盐渍土成因、各类盐渍土的主要物理力学指标、分布规律、发展趋势及其对各线路方案影响的评价,并提出比选意见及重点工程应采取的主要工程措施意见(应符合本规则附录 C 提出的处理原则);盐渍土地区既有厂矿、水利工程、农田灌溉等对铁路工程影响的评价及应采取的防治措施;定测工程量的估计与应注意的事项。

**3.3.7.2** 全线工程地质图(比例尺 1:10 000~1:200 000)必

要时作。图中应填绘盐渍土范围界线,有关图例符号,并辅以文字说明或以图例表示于平面图相应地段。较大范围的内陆盆地盐渍土或冲积平原盐渍土地区线路方案较多时,应有说明各线路方案特征的代表性地质示意剖面图和各类盐渍土的范围界线。

**3.3.7.3** 详细工程地质图(比例尺 1:2 000~1:5 000),图中应填绘各类盐渍土的范围界线、小柱状图(并标出地下水位深度)。

**3.3.7.4** 沿线工程地质分段说明,应根据导线里程和纸上定线里程,按地貌单元、盐渍土类型、地下水等工程地质条件分段编写。其内容应包括:地形地貌、地层岩性、盐渍土类型、地表形态、地下水位深度及矿化度、补给排泄条件、毛细水强烈上升高度,强超盐渍土的厚度以及工程处理措施等。

**3.3.7.5** 代表性设计工点工程地质资料应包括下列内容:

(1)工程地质说明;

(2)工程地质图(比例尺 1:2 000 或 1:5 000)应有不同含盐类型及含盐程度的工程地质分界线,小柱状图(标注地下水水位);

(3)工程地质横断面图(比例尺 1:200)应绘上最高地下水位线;

(4)工程地质纵断面图(比例尺横 1:500~1:5 000,竖 1:100~1:500)应绘上最高地下水位线。当盐渍土工程地质条件复杂、纵向工程处理差异较大或需进行长期观测时绘制。

### **3.4 新建铁路定测盐渍土工程地质勘测**

**3.4.1** 定测盐渍土工程地质勘测,应详细查明采用方案沿线盐渍土的工程地质特征,具体确定线路位置,为各类工程建筑物搜集编制技术设计(或施工图设计)的工程地质资料。

**3.4.2** 定测盐渍土工程地质调查应包括下列内容:

**3.4.2.1** 详细查明线路沿线各类盐渍土的分布范围,盐分积聚特点(水平及垂直方向)及季节性变化规律,特别是强、超盐渍土的

分布范围和厚度。

**3.4.2.2** 详细查明盐渍土的物理、化学、力学性质,提供有关地基基本承载力及防护处理措施的意见。

**3.4.2.3** 查明或测试盐渍土以及作为路基填料和隔断层材料的毛细水强烈上升高度、有害冻胀深度和蒸发强烈影响的深度。

**3.4.2.4** 详细查明沿线地下水的流向、水位及变化幅度和地表水的积聚、淹没等情况,提出排除或疏干的措施。

**3.4.2.5** 调查分析既有建筑物的基础类型,材料及其受盐渍作用的变形、腐蚀等使用情况。

**3.4.3** 定测盐渍土勘探、测试应包括下列内容:

**3.4.3.1** 勘探、测试点应按线路纵、横断面方向并结合建筑物类型,按不同盐渍土地段和深度要求布置,并取样作盐渍土分析及物理力学性质等方面的试验。必要时硫酸盐渍土作低温膨胀试验,碱性盐渍土作湿化试验。

**3.4.3.2** 取地下水及地表水作水质分析。

**3.4.4** 初测设立的观测站点在定测中应延续观测。

**3.4.5** 定测资料编制应包括下列内容:

**3.4.5.1** 工程地质总说明书,阐明沿线各种盐渍土及地下水的分布特征,盐渍土的工程特性,各类土层毛细水强烈上升高度,主要物理力学指标,提出工程措施、施工注意事项和防止恶化环境的措施意见。

**3.4.5.2** 根据各类工点的工程地质资料,修改、补充详细工程地质图(比例尺 1:2 000 或 1:5 000)。

**3.4.5.3** 编制详细工程地质纵断面图(与线路详细纵断面图合并或单独绘制),标出有关地下水位线。

**3.4.5.4** 各类建筑物工程地质资料,与初测代表性工点的要求相同。

## **3.5 改建既有线及增建第二线盐渍土工程地质勘测**

**3.5.1** 改建既有线及增建第二线工程地质勘测应符合下列要求:

**3.5.1.1** 应充分利用既有线勘测、设计、施工、运营期间积累的资料,全面评价其工程地质条件,确定改建方案或增建第二线的左右侧位置。

**3.5.1.2** 改建既有线平面的左右移动及增建第二线与既有铁路线并肩、平行地段的盐渍土工程地质调查,应充分考虑既有建筑物的稳定性、第二线建筑物对既有线建筑物稳定性的影响及既有盐渍土防治措施的利用和改善。

**3.5.1.3** 采用绕线方案时,盐渍土工程地质勘测应按新建铁路的要求办理。

**3.5.2** 改建既有线及增建第二线盐渍土工程地质勘测应包括下列内容:

**3.5.2.1** 收集盐渍土地段勘测、设计、施工、运营期间的有关档案资料。

**3.5.2.2** 调查了解沿线盐渍土路基地段病害的发生、发展、演变、整治及现状,并提出改建或增建第二线防治盐渍土路基病害的意见。

**3.5.2.3** 在调查测绘和对既有地质资料分析研究的基础上适当进行补充勘探和水土试验工作。

**3.5.2.4** 勘探点布置应尽量避免开既有盐渍土防治工程和观测设施,如不得已破坏后应按原样加固。勘探点的深度应达到既有建筑物基础底面以下 3~5m。

**3.5.3** 资料编制应按现行行业标准《铁路工程地质技术规范》及本规则 3.2、3.3、3.4 节的有关要求办理。

## **4 施工阶段盐渍土工程地质工作**

**4.0.1** 盐渍土施工工程地质工作应完成下列任务:

**4.0.1.1** 掌握全线工程地质资料,重点核对盐渍土的分布范围、类型、地下水位及水质等地质资料,如与设计不符或有条件改善线路方案时,应及时修改设计并提出改变施工方法的意见。

**4.0.1.2** 检验盐渍土地区重点工程(高填方、高地下水位、大中桥工点)地段的施工记录,核查填方分层夯实厚度和夯实密度、含盐种类、含盐量、有机质含量以及防盐渍化工程的施工质量,编制竣工地质资料。

**4.0.1.3** 勘测期间设立的观测站(点),在施工期间应延续观测。

**4.0.2** 由于施工不当,有可能促进盐渍土的发展,恶化工程环境时,应及时改善施工方法,并采取必要的措施予以防范。

**4.0.3** 竣工资料的编制应符合下列要求:

**4.0.3.1** 竣工工程地质说明包括下列内容:

(1)施工概况;

(2)评价盐渍土勘测设计资料,说明施工过程中变更设计地段的改进意见,工程处理措施实施情况等;

(3)通过施工检验总结勘测设计中的经验和教训,今后施工中应注意的问题,并提出运营、养护应注意的有关事项。

**4.0.3.2** 根据施工情况,对全线工程地质图及详细工程地质图、详细工程地质纵断面图提出修改意见。

**4.0.3.3** 重点工程的竣工资料(利用原设计资料修改或补充)包括以下内容:

(1)竣工工程地质说明;

(2)竣工工程地质图;

**(3)竣工工程地质纵断面图(有纵向观测系统、且盐渍土地质复杂时做);**

在代表性地质横断面图上,应包括有地基地质资料及路堤盐渍化防治措施、路堤夯实密度、地基土层分层含盐成分和含盐量等有关资料。

**4.0.3.4 观测资料分析报告,按本规则第七章内容编写。**



## 5 运营期间盐渍土工程地质工作

**5.0.1** 运营期间应监视铁路沿线因盐渍土发展而引起的各种病害并及时预报,为防患和整治病害提供盐渍土工程地质资料。

**5.0.2** 运营期间盐渍土工程地质工作应包括下列内容:

**5.0.2.1** 分析研究竣工工程地质资料,掌握沿线各类盐渍土的分布、形成和发展趋势,以及勘测、设计、施工过程中出现的主要工程地质问题。

**5.0.2.2** 对已建立的观测站(点),应延续进行观测,并进行路基病害工点的监测,划分盐渍土路基病害类型和严重程度。

**5.0.2.3** 经常检查整理病害工点和地段的有关资料,按期巡视了解盐渍土地段路基稳定情况,预测病害发生、发展趋势,提出处理和环境保护措施。

**5.0.3** 盐渍土地段的增建和补强工点的工程地质勘测内容,应视工程大小、地质条件的复杂程度而定。

**5.0.3.1** 地质条件简单的增补工程,可利用既有资料提供设计或施工。

**5.0.3.2** 地质条件复杂的增补工程,应按定测和施工阶段地质工作要求进行,并提供工程地质资料和编制竣工工程地质图表及说明。

**5.0.4** 盐渍土工点或地段的工程地质监测资料编制,应包括下列内容:

**5.0.4.1** 监测工点(或地段)工程地质平面图(比例尺 1:500 或 1:1000),可利用原详细工程地质图修改,必要时也可实测,其内容应包括:

(1)监测地段的起迄里程及长度;

(2)工程地质监测横断面线;

(3)工程地质监测纵断面线;

(4)盐渍土的类型及分布范围、小柱状图;

(5)铁路及沿线建筑物盐渍土病害按严重程度划分段落。

**5.0.4.2** 监测工点(或地段)工程地质横断面图:横断面数量视工点的长度而定,一般不得少于3个,其宽度应至路基或建筑物用地范围外20~40m。

**5.0.4.3** 监测工点(或地段)工程地质纵断面图,需进行纵向监测时作。一般布置在产生病害一侧的路肩处,必要时布置于路堤两侧坡脚处。

**5.0.4.4** 监测工程地质纵、横断面图,应包括下列内容:

(1)地层结构、监测孔及编号、观测期间最高和最低地下水位线,并注明时间。

(2)用图表、文字,表明地下水位变化、地下水水质分析成果、盐渍土分析成果、路堤填土分层含盐类型、含盐量及夯实密度、含水量变化规律。

**5.0.4.5** 有关监测记录的资料(图表)和测试资料。

**5.0.4.6** 监测点总结报告,按本规则第七章内容编写。

## 6 盐渍土工程地质勘测内容及方法

### 6.1 准备工作

**6.1.1** 勘测前应收集下列资料:

**6.1.1.1** 区域地质、地形地貌、第四纪地质、水文地质、区域遥感图像及既有判释资料。

**6.1.1.2** 气温、地温、湿度、降水、蒸发、风以及土的最大冻结深度及其初终期、干燥度等主要气象资料。

**6.1.1.3** 水文及水利工程方面的资料。

**6.1.1.4** 盐碱资源开发及群众治盐改土的方法和经验,以及当地工程建设方面的经验。

### 6.2 遥感图像判释

**6.2.1** 遥感图像判释应参照区域地质资料进行,宏观了解盐渍土的分布范围、含盐类型、发育程度、地下水的埋藏条件以及地表水的积聚、排泄情况等。

**6.2.2** 遥感图像的判释应包括下列内容:

**6.2.2.1** 地貌形态及其特征。

**6.2.2.2** 地表组成物质、植被覆盖度及其均匀程度。

**6.2.2.3** 盐渍土的类型及分布范围。

**6.2.2.4** 地表水分布形态、地下水露头点、道路及居民点等地物。

**6.2.2.5** 利用不同时相的遥感图像,判释盐渍土的发展趋势。

**6.2.3** 遥感图像判释,应按下列步骤进行:

**6.2.3.1** 建立判释标志,根据不同的遥感片种显示的光谱特征,如色调、色彩、纹形图案、地形及地表形态、植被等,建立一套盐

渍土判释标志。

**6.2.3.2 室内判释:**利用判释标志,勾绘不同类型盐渍土的分布界线,编制判释略图,拟定野外核对重点,制定野外核对路线。

**6.2.3.3 现场核对:**对判释成果进行重点核对,并填绘在全线工程地质图及详细工程地质图件上。

**6.2.4 盐渍土工程地质判释所用航片,**应以普通黑白片为主,比例尺宜为 1:10 000~1:35 000,有条件时,可采用彩色红外片、热红外扫描或多波段扫描片。

## **6.3 地面调查测绘**

**6.3.1 地面调查**应利用遥感图像判释成果,进一步查明盐渍土的成因、类型、严重程度、分布范围及发展趋势。

**6.3.2 地面调查测绘**应包括下列内容:

**6.3.2.1 盐渍土形成的地形地貌条件,**各种盐渍土的水平分布与地貌形态之间的关系。

**6.3.2.2 查明盐壳的形状、厚度、味道、坚硬程度、分布特点。**

**6.3.2.3 查明地表土层的成因类型,土质成分、结构特征、含盐成分及程度、渍盐特点及季节迁移规律。**

**6.3.2.4 查明区内植物的种类、生态特征、覆盖度、均匀度、分布规律及代表性植物(指示植物及指示群落)等。**

**6.3.2.5 查明地表水的分布状况、径流和排泄条件,其在不同季节与地下水的补给关系。**

**6.3.2.6 查明因水库、渠道漏水,排灌不当或用苦水灌溉等所引起的次生盐渍化情况。**

**6.3.2.7 调查区内既有道路、房屋及其它建筑物的使用情况、防护措施及效果。**

**6.3.2.8 配合有关专业了解渗水土等隔断层材料的来源、产地、储量和质量。**

**6.3.3** 根据气候和地表水体的变迁、地下水位升降、植物演变、地表盐分迁移等特点,判断盐渍土的发展趋势。

**6.3.4** 盐渍土地区的调查测绘,宜选择在对路基最不利的季节,如在最潮湿的季节测定含水量,在最干旱的季节(盐分积聚旺盛)测定含盐量。

## **6.4 水文地质调查**

**6.4.1** 水文地质调查应查明盐渍土形成的水文地质条件、动态变化规律,为引排地下水及其他工程处理措施提供依据。

**6.4.2** 水文地质调查应包括下列内容:

**6.4.2.1** 地下水的补给、径流、排泄条件,地表水与地下水的补给关系。

**6.4.2.2** 不同地貌单元地下水的赋存条件,水化学成分及其与上部土层盐渍化的关系。

**6.4.2.3** 地下水动态变化规律:

(1)地下水位季节变化幅度和逐年变化趋势;

(2)农田水利工程的渗漏、退水、排水及有关水库、河湖的水位变化对附近地下水位的影响;

(3)冻前地下水最高稳定水位,常年地下水最高稳定水位,可根据勘探、调查、观测资料综合分析确定,必要时应建立地下水观测站点积累有关资料。

**6.4.2.4** 地下水的开发利用所引起的生态问题。

**6.4.2.5** 当采用排水疏干、降低地下水位的措施时,查明地下水的流向、流速或渗透系数。

## **6.5 勘探与测试**

**6.5.1** 为了解地层结构,不同深度的含盐成分与含盐量,土质成分及其物理力学性质,地下水位埋深和水质等,应进行勘探。

**6.5.2** 盐渍土地区的勘探,应符合下列要求:

**6.5.2.1** 勘探方法,应以挖探为主,简易勘探(洛阳铲、螺纹钻)、钻探、静力触探与其配合使用。

**6.5.2.2** 勘探点的深度,应根据建筑物的类型确定,一般为3~6m,必要时还应加深。为测定毛细水强烈上升高度的取样勘探,应深达地下水面。

**6.5.3** 盐渍土地区使用静力触探,应按下列要求进行:

**6.5.3.1** 采用静力触探直接取得的天然地基土的承载力,必须经与载荷试验或其他测试成果进行对比、验证后,才能使用。

**6.5.3.2** 同一地区应采用同一设备类型的静力触探仪。

**6.5.3.3** 载荷试验点的布置应具有代表性,应尽量靠近线路和工程所在地点,其数量应满足散点图上建立公式的要求。

**6.5.3.4** 应根据测试数据,建立适合本线、本地区的相关公式,对已有经验公式的盐渍土地区,使用前必须进行载荷试验点验证,验证点数量应满足有关规定并根据盐渍土地段的长度确定。

## **6.6 取样与试验**

**6.6.1** 盐渍土工程试验项目应根据勘测阶段和工程类型合理选择。

**6.6.2** 取样应具代表性,并有足够数量。作盐渍土分析的扰动土样,均质土每个应不少于500g;非均质土每个应不少于1000g,作其他项目的扰动或原状土样数量,应根据现行行业标准《铁路工程土工试验方法》有关规定办理。

**6.6.3** 土样采取应选择干旱季节,并应符合下列要求:

**6.6.3.1** 作物理力学性质试验的土样,应按常规方法采取;原状土样应及时蜡封,严防扰动。

**6.6.3.2** 作盐渍土分析的土样,必须逐段连续采集,取样深度一般为1.0m,自地表向下分别在0~0.05、0.05~0.25、0.25~

0.50、0.50~0.75、0.75~1.00m 深度采取。

当地下水位埋深小于 1.0m 时,应取样至地下水位;当地下水位埋深大于 1.0m,必要时应加大取土深度,1.0m 深度以下可每隔 0.5m 取样一组至地下水位。

**6.6.3.3** 试坑中取样,必须随挖随取,按上述规定的深度,于试坑壁等量刮取或用犁沟法(沿试坑壁分段挖槽)铲取。

**6.6.3.4** 路堤填料试验的土样,应在该填料的取土点采取,取样深度至少与取土坑设计深度相同。

**6.6.4** 地表土层 1.0m 深度内平均含盐量及含盐成分,应按公式(6.6.4)计算:

**6.6.4.1** 平均含盐量根据分层含盐量,按取样厚度加权平均计算,公式如下:

$$DS = \frac{\sum_{i=1}^n h_i DS_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (6.6.4)$$

式中  $DS$ ——平均含盐量(%);

$DS_i$ ——第  $i$  层土的含盐量(%);

$h_i$ ——第  $i$  层土的厚度(m);

$n$ ——分层取样的层数。

**6.6.4.2** 平均含盐成分,根据分层阴离子含量(mmol/100g 土),同样按取土厚度加权平均计算,计算方法见公式(6.6.4)。根据表 A.0.1 所列阴离子比值,确定盐渍土的含盐类型。

**6.6.5** 地表 1.0m 深度以下土的含盐量及含盐成分应单独计算;当取样不足 1.0m 时,应按实际取样深度计算;计算方法按本规则 6.6.4 的规定进行。

**6.6.6** 盐渍土的分析项目应包括:易溶盐含量( $DS$ )、酸碱度(pH)、主要离子  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $(\text{Na}^+ +$

$K^+$ ), 试验方法按现行行业标准《铁路工程土工试验方法》执行。

### **6.6.7 水质分析应包括下列内容:**

**6.6.7.1** 分析项目, 总矿化度、总碱度、酸碱度、主要离子  $CO_3^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $(Na^++K^+)$ 、游离  $CO_2$ 、侵蚀性  $CO_2$ 、蒸发残渣等。试验方法按现行行业标准《铁路工程水质分析方法》执行。

**6.6.7.2** 水样取样数量应不少于  $1kg$ , 用玻璃瓶、耐酸碱塑料瓶(或桶)装。

测定侵蚀性  $CO_2$  的水样, 应另取一瓶约  $0.5kg$  的水样, 加入  $3\sim 5g$  大理石粉( $CaCO_3$ ), 密封瓶口, 并振荡  $2\sim 3min$ , 以后每天不定时的振荡,  $3d$  后再进行分析。

**6.6.8** 环境水对混凝土侵蚀性的判定应符合现行行业标准《铁路混凝土及砌石工程施工规范》规定; 铁路厂房建筑区的水质侵蚀标准, 应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》执行。



## 7 盐渍土观测

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 为了准确掌握盐渍土的工程性质、发展趋势,检验建筑工程效果,确保施工质量、运营安全,必要时应在重点盐渍土地段进行必要的观测。

**7.1.2** 盐渍土的观测应包括下列内容:地下水动态、毛细水强烈上升高度、盐渍土的含盐量及含水量、路基稳定和次生盐渍化以及盐渍土对各类建筑物的腐蚀情况。观测期间应定期收集该地区的有关气象资料或进行简易气象观测。

**7.1.3** 盐渍土的观测期限、观测时间及观测点的布置,应根据工程类型、观测目的和内容确定。

### 7.2 地下水动态观测

**7.2.1** 当勘测期间难以确定区内最高地下水位和变化幅度,运营期间需监测盐渍土地段病害的发生、发展趋势时,应进行地下水动态观测。

**7.2.2** 地下水动态观测应符合下列要求:

**7.2.2.1** 观测内容应包括井、泉、钻孔的地下水水位、流向、水温 and 水质;

**7.2.2.2** 观测时间应选择在地下水水位升降及盐渍土中水盐变化最明显的季节和月份进行,一年不得少于四次,必要时应增加观测次数。观测年限不应少于二个水文年。

**7.2.2.3** 每个测区的观测孔应不少于3个,应充分利用勘测期间的观测孔,以保持观测资料的连续性完整性。

当需观测地下水与地表水的联系时,应布置垂直于等高线的

观测断面,同时观测地表水位的变化。

**7.2.2.4** 对地下水位的观测及水质分析,应与其上部土层中的水、盐测定同时进行,相互验证。

**7.2.2.5** 观测资料应逐年、逐次整理,绘制图表,并分析地下水动态和水质变化规律。

**7.2.2.6** 观测孔应设立标志,并加设护孔结构和盖锁。

### **7.3 毛细水强烈上升高度调查观测**

**7.3.1** 对粘性土和砂类土,毛细水强烈上升高度应分别用塑限含水量和最大分子吸水量判定。

**7.3.2** 毛细水强烈上升高度,可用下列方法测定:

#### **7.3.2.1 直接观测法**

在开挖试坑 **1~2d** 后,直接观察坑壁干湿变化情况,变化明显处至地下水位的距离,为毛细水强烈上升高度。

#### **7.3.2.2 曝晒法**

(1)当测点地下水位深度大于毛细水强烈上升高度与蒸发强烈影响深度之和时,分别在开挖试坑的当时和曝晒 **1~2d** 后,沿坑壁分层(间距 **15~20cm**)取样,测定其含水量并按图 **7.3.2-1** 格式绘制含水量曲线,两曲线最上面的交点至地下水位的距离为毛细水强烈上升高度,两曲线最上面的交点至地面的距离为蒸发强烈影响深度。

(2)当测点地下水位较浅,毛细水强烈上升高度超出地面,不能在天然土层中直接测出时,可利用测点附近的高地、土包或土工建筑物进行观测,不得已时,尚可人工夯填土堆,待土堆中含水量稳定后再进行观测,方法同(1)。

#### **7.3.2.3 塑限与含水量曲线交会法**

于试坑壁每隔 **15~20cm**,取样作天然含水量测定,并根据土质成分,粘性土作塑限、砂类土作筛分及最大分子吸水量试验,并

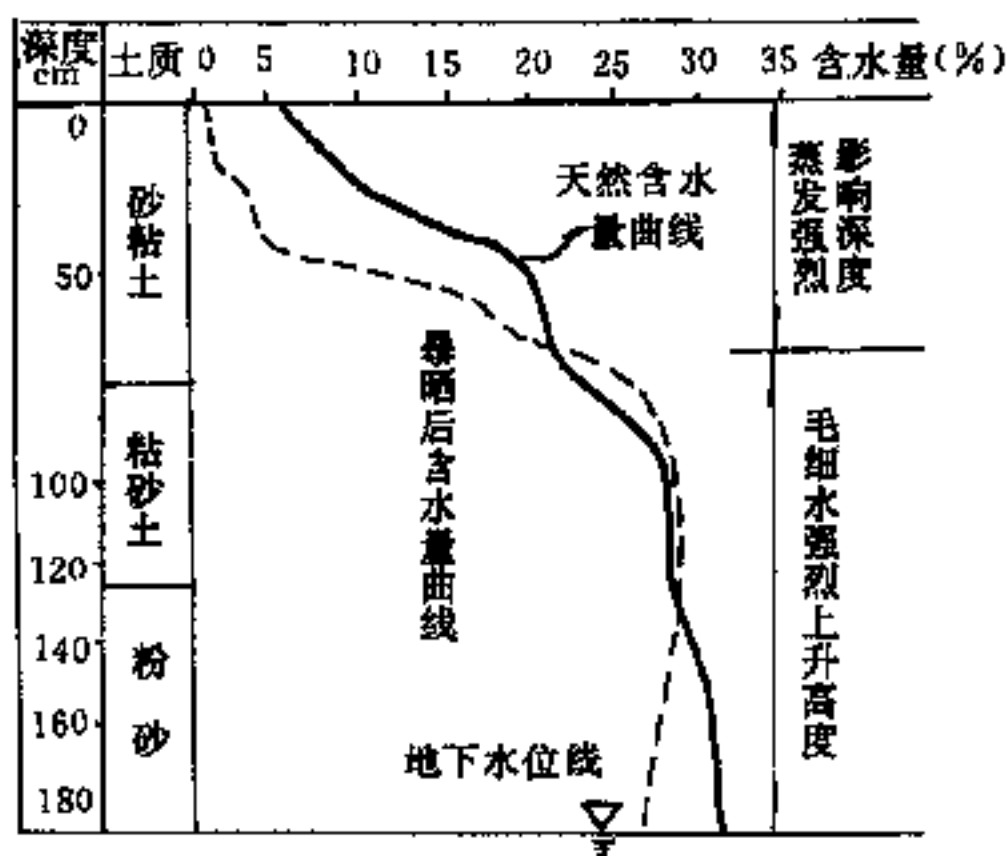


图 7.3.2—1 毛细水强烈上升高度示意图

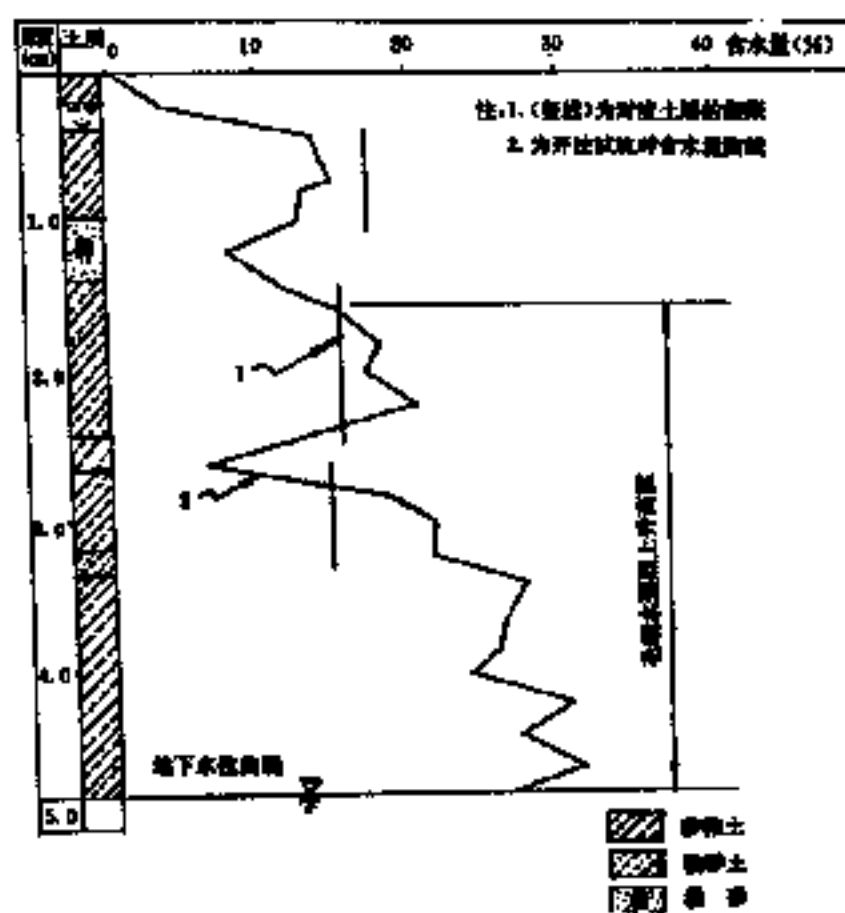


图 7.3.2—2 含水量分布曲线示意图

绘制天然含水量分布曲线,按图 7.3.2—2 所示,用竖直线段在图上标出相应土层的塑限或最大分子吸水量,竖直线段与含水量曲线最上面的交点,即为毛细水强烈上升高度的顶点,此点到地下水位距离为毛细水强烈上升高度。

## 7.4 定点观测

**7.4.1** 勘测中对地段较长、性质复杂的强、超盐渍土地段,为取得准确的设计依据(含盐类型、含盐量、含水量、地下水质、水位、毛细水强烈上升高度、有害冻胀深度),应建立有代表性的观测站、点,在不同季节对上述项目进行观测。

**7.4.2** 运营铁路盐渍土工点或地段应作下列定点监测:

**7.4.2.1** 路基形态调查:应观察路肩、边坡有无松胀、开裂及次生盐渍化现象,路基有无季节性下沉、鼓胀、雨季冲刷、溶蚀情况。

**7.4.2.2** 对采用不同工程措施的盐渍土路基,应分别选取代表性地段了解路基内部水分、盐分迁移情况,分析各种工程措施的效果和路基稳定程度。

**7.4.2.3** 监测工作应符合下列要求:

(1)观测时间宜选择在春融、秋季、初冬期。

(2)取样方法可用洛阳铲在路肩下每隔 0.25m 取土样一组至地下水位,取样时严防上部土层坠落。

(3)土样应作含水量及盐渍土分析,并绘制曲线和图表。

(4)观测资料整理分析应按期连续进行,并根据盐渍土中水分、盐分动态变化,作如下判断:对采用路堤最小高度地段,应判别次生盐渍化的界线,查明其对路基的危害程度;采用隔断层地段,应对各种隔断层的效果作出评价。

**7.4.3** 盐渍土腐蚀各类建筑物基础的监测,应定期检查基础被腐蚀的程度及各种防腐蚀措施的效果。

# 附录 A 盐渍土分类

盐渍土根据含盐成分和含盐量按表 A.0.1、A.0.2 进行分类。

盐渍土按含盐的成分分类

表 A.0.1

盐渍土名称	$\delta(\text{Cl}^-)$	$\Sigma(\text{CO}_3^{2-}) + \delta(\text{HCO}_3^-)$	路基基底和填料容许含盐量(%)
	$\Sigma(\text{SO}_4^{2-})$	$\delta(\text{Cl}^-) + \Sigma(\text{SO}_4^{2-})$	
氯盐渍土	$>2$	—	5~8(一般为 5%, 如加大夯实密度, 可提高其含盐量, 但不得超过 8%)
亚氯盐渍土	2~1	—	5(其中硫酸钠的含量不得超过 2%)
亚硫酸盐渍土	1~0.3	—	5(其中硫酸钠的含量不得超过 2%)
硫酸盐渍土	$<0.3$	—	2.5(其中硫酸钠的含量不得超过 2%)
碱性盐渍土	—	$>0.3$	2(其中易溶的碳酸盐含量不得超过 0.5%)

注:①干燥度大于 50,年降水量少于 60mm,年平均相对湿度小于 40%的西北内陆盆地地区,路基填料和基底土,在不受地表水浸泡时,可不受氯盐含量的限制;  
②表中  $\delta(\text{Cl}^-)$ 、 $\Sigma(\text{CO}_3^{2-})$ ……,指括号内物质的质量摩尔浓度,单位为 mmol/100g 土。

盐渍土按盐分的含量分类

表 A. 0. 2

盐渍土名称	土层的平均含盐量(%)		
	氯化盐渍土及 亚氯化盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土
弱盐渍土	0.5~1.0	——	——
中盐渍土	1.0~5.0	0.5~2.0	0.5~1.0
强盐渍土	5.0~8.0	2.0~5.0	1.0~2.0
超盐渍土	>8.0	>5.0	>2.0

# 附录 B 盐渍土工程性质试验项目及盐渍土分析报告

盐渍土工程性质试验项目

表 B.0.1

项目单位 及 工程类别	天然含水量	天然密度	天然孔隙比	液限	塑限	液性指数	塑性指数	颗粒分析	渗透系数	压缩系数	毛细管水上升高度	最大分子吸水量	有机质含量	粘土矿物分析	易溶盐含量	盐化试验	膨胀		夯实		原位测试	
	$w_0$	$\rho$	$e$	$w_L$	$w_P$	$I_L$	$I_P$		$k$	$a_v$	$H_k$				$DS$		膨胀量	膨胀力	最优含水量	最大干密度	静力触探	荷载试验
	%	g/cm <sup>3</sup>		%	%			%	cm/s	MPa <sup>-1</sup>	cm	%	%		%		$V_H$ $V_{FH}$	$P_p$	$w_{opt}$	$\rho_{dmax}$		
	+	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+

注：①表中带括号者视需要作；

②易溶盐含量分析项目按“盐渍土分析报告”表中所列项目见表 B.0.2；

③表中膨胀试验，系指对硫酸盐渍土的低温膨胀试验；

④为盐渍土定名、颗粒分析用的土样应洗盐，测定物理力学性质的土样不洗盐。





项目基本单元 B	测定结果									
	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±
阴阳离子总和 $\Sigma(B+A)$										
分层含盐量(%)										
pH										
分层比值 (mmol/100g ±)	$[2b(\text{CO}_3^{2-}) + b(\text{HCO}_3^-)]/[b(\text{Cl}^-) + 2b(\text{SO}_4^{2-})]$									
	$b(\text{Cl}^-)/2b(\text{SO}_4^{2-})$									
分层定名										
评价										
填表:	复核:	审核:	单位(章)							

## 附录 C 盐渍土病害防治措施

**C. 0. 1** 盐渍土病害防治应符合下列原则:

**C. 0. 1. 1** 应从盐渍土形成的气候、地质、水文地质等条件入手,以防为主,因地制宜,综合治理。

**C. 0. 1. 2** 应根据各种盐渍土的工程特性,危害程度,并结合当地填料,防护材料以及气候条件等,选择适宜的防护措施。

**C. 0. 1. 3** 采用排水降低地下水位措施时,宜与地方水利工程施工规划统筹安排。在没有地方水利工程施工规划地区,铁路路基设计应采取防止排放污水污染农田和环境的措施。

**C. 0. 1. 4** 盐渍土地区与其他特殊地质和不良地质(软土、风沙等)共生时,应综合治理。

**C. 0. 2** 盐渍土病害防治措施应符合下列要求:

**C. 0. 2. 1** 路堤填料的含盐量必须符合表 A. 0. 1 规定,并注意含盐量的均匀性,严禁填土中夹杂盐块及含盐植物的根茎。

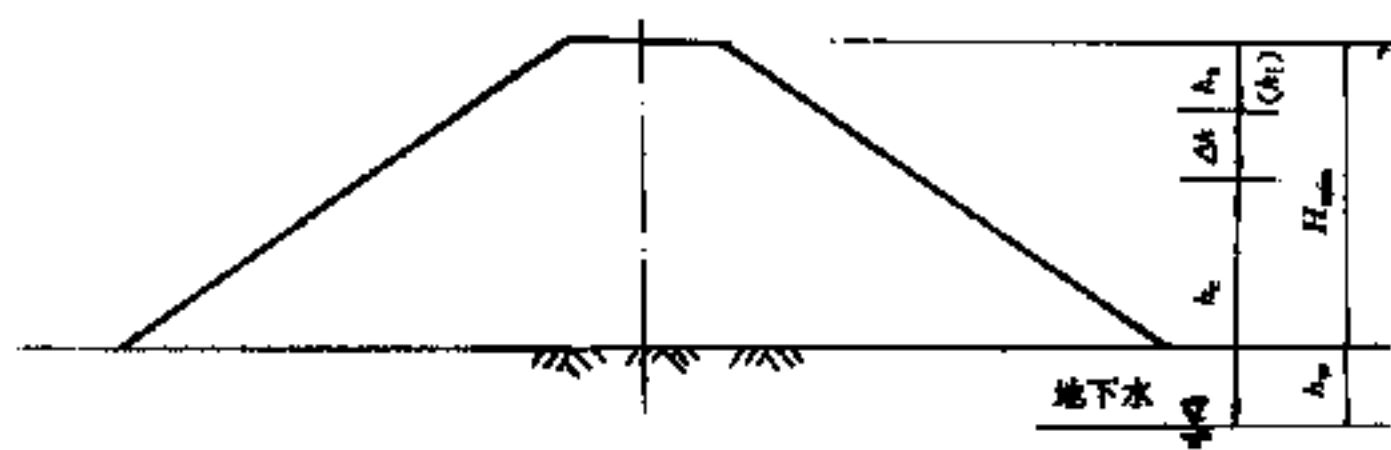


图 C. 0. 2 路堤最小高度示意图

**C. 0. 2. 2** 应控制路堤最小高度( $H_{min}$ ),按公式(C. 0. 2)计算:

$$H_{min} = h_c + \Delta h + h_e \text{ 或 } (h_f) - h_w \quad (\text{C. 0. 2})$$

式中  $h_c$ ——毛细水强烈上升高度(m);

$\Delta h$ ——安全高度(一般取 0. 5m);

$h_e$ ——蒸发强烈影响深度(m);

$h_f$ ——有害冻胀深度(m);

$h_w$ ——常年地下水最高稳定水位埋深(m)或冻前地下水最高稳定水位埋深(m);

$h_s$ 、 $h_f$  取二者中大值进入计算。

一般情况下,路堤最小高度应不小于 1.5m。

**C. 0. 2. 3** 当不能满足路堤最小高度,又难以降低地下水位时,应采用毛细水隔断层。其材料宜就地取用,必要时应作技术经济比较后确定。隔断层一般设置在路堤底部,毛细水隔断层可采用下列几种类型:

(1)渗水土隔断层;

(2)天然级配的卵、砾石隔断层;

(3)沥青胶砂及沥青砂板隔断层;

(4)盐壳隔断层,西北极干旱地区内陆盆地中的氯盐渍土,当盐壳底面距地下水位大于 0.35m、厚度不小于 10cm,含盐量大于 40%且盐壳质地坚硬时可就地使用,宜事先通过室内或室外测试验证;

(5)土工布隔断层。

**C. 0. 2. 4** 当地基土和天然护道的表土含盐量超过规定标准时,均应清除,并压实松散的地基表土层。

**C. 0. 2. 5** 为防止盐渍土路堤吸湿软化、淋溶冲刷、松胀吹蚀,应在路肩及边坡坡面设置防护层,防护材料应结合当地自然条件及来源选用,一般用粗粒土、炉碴、碎石碴、草皮等。

**C. 0. 2. 6** 应在路基两侧设置排水沟,并将水引排至路基范围之外。

## 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”。

### 本规则主编单位和主要起草人名单

主编单位:铁道部第一勘测设计院

主要起草人:王淑彦      邓霹豪

---

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一勘测设计院(兰州市和政路 75 号,邮政编码:730000);并抄送铁道部建设司标准科情所(北京朝阳门外大街 227 号,邮政编码:100020),供今后修订时参考。



# 《铁路工程地质盐渍土勘测规则》

## 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。

**1.0.3** 土中所含的盐类,按其在中性水中的溶解程度,通常分易溶盐、中溶盐和难溶盐三大类。

**易溶盐:**是指在中性水中溶解度较大的盐类,如硫酸钠( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )、氯化钠( $\text{NaCl}$ )、氯化钙( $\text{CaCl}_2$ )、硫酸镁( $\text{MgSO}_2$ )、碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )、碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )等,对土的工程性质影响较大。

**中溶盐:**是指在中性水中溶解度很小的盐类,如硬石膏( $\text{CaSO}_4$ )及石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )。

**难溶盐:**是指在中性水中几乎不溶解的盐类,如碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ )、碳酸镁( $\text{MgCO}_3$ )等。

本规则把“易溶盐的含量大于 0.5%”规定为盐渍土的含盐量标准,是因为土中的含盐量超过这个标准时,土的工程性质将受到盐分的影响而发生较大变化;与现行国标《岩土工程勘察规范》中的易溶盐含量标准是相同的。

表层 1.0m 的土层是铁路一般路基主要持力层,也是受地下水毛细作用、蒸发作用盐分迁移最明显的部位,对铁路基础设施有直接影响。盐渍土地区,一般盐分表聚性强,多集中在 1.0m 深度范围内,1.0m 以下含盐量急剧减少;经数十年的工程实践证明使用这一深度标准是恰当的。因此本规则仍沿用以地表 1.0m 土层中的平均含盐量作为评价盐渍土场地的定量标准。

本规则不适用于第四系含盐的碎石类土地层和第四纪以前的

含盐地层。

**1.0.4** 本规则是根据《铁路工程地质技术规范》(TBJ12—85)(以下简称《地质规范》),针对盐渍土地质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,因此它的内容并不面面俱到,而是力求突出“盐渍土”这个主题。

本规则第3至5章着重提出工程地质选线原则,以及各阶段盐渍土工作的重点、项目、程度及工作量,其有关具体工作内容及方法,则集中列于以后各章条文及附录中。

**2.1.2** 毛细水强烈上升高度,是铁路行业根据盐渍土地区毛细水对路基的危害而提出来的概念,是确定盐渍土地区路基最小高度的主要因素之一。

由于毛细力支持的毛细孔隙水所能达到的高度,称为毛细水上升的最大高度( $H_K$ )。在毛细水上升的最大高度内,由于离地下水位距离远近,运移水盐的能力差异很大,在距地下水位较近处,毛细水受地下水的直接补给,土中含水量高,水分呈自由水运动状态,向上部土层转移水分、盐分的能力很强,此段毛细水上升高度叫做毛细水强烈上升高度( $h_c$ )。当路堤填土位于毛细水强烈上升高度内,毛细水所转移的水分、盐分足以使路堤填土产生次生盐渍化和冻胀,以致影响路基的稳定。毛细水强烈上升高度以上的土层,则得不到地下水的直接补给,毛细水呈悬着水状态,运移水盐的能力弱,土中含水量低,对土层或路堤填土的积盐和冻胀影响不大,所以在盐渍土地区确定路堤高度时,只需考虑对路基有害的毛细水强烈上升高度,而不必采用毛细水上升最大高度。

毛细水强烈上升高度与土颗粒大小,地下水矿化度高低等因素有关。一般颗粒愈小,毛细水强烈上升高度愈大;地下水的矿化度愈高,毛细水强烈上升高度愈小。各类土毛细水强烈上升高度经



验值如说明表 2.1.2。

各类土毛细水强烈上升高度经验值 说明表 2.1.2

土的名称	毛细水强烈上升高度(m)
砂粘土	3.00~4.00
粘砂土	1.90~2.50
粉砂	1.40~1.90
细砂	0.90~1.20
中砂	0.50~0.80
粗砂	0.20~0.40

2.1.3 最大分子吸水量的经验数值如说明表 2.1.3。

最大分子吸水量经验值 说明表 2.1.3

土的名称	粗砂	中砂	细砂	粉砂
经验数值	1%	2%	3%	4%

2.1.4 根据铁一院在包兰铁路观测试验结果,认为有害冻胀深度一般为最大冻结深度的 60%,但在高寒地区,因地温低,持续时间长,有害冻胀深度可达最大冻结深度的 100%。

最大冻结深度,可在冻结终期现场直接观测,或自线路附近的气象台、站收集。

2.1.6 盐渍土地区常见的指示植物种类 说明表 2.1.6

盐渍土名称	常见的指示植物
氯盐渍土	碱蓬、盐爪爪、芨芨草、盐蒿、白刺等
硫酸盐渍土	盐穗木、琵琶柴、盐梭梭、怪柳、骆驼刺、甘草等
碱性盐渍土	碱蒿、苜蓿、羊胡子堆、铺草、海乳草、剪刀股、胡杨等

3.1.1 选择合理的线路方案是防治盐渍土病害和确保铁路运营安全的根本保证。由于盐渍土地区地形平坦,工程简易,技术条件上存在的问题往往为人们所忽视。实际上,盐渍土发育一般范围较大,线路经过地段长,一旦发生路基病害,其维修养护工作量大,耗资可观。总结几十年在盐渍土地区选线的经验教训,应在本规则中加以强调,并结合铁路可能通过的地形条件,分别作出具体规定,

旨在避免因选线不当给铁路运营带来后患。

**3.1.2 盐渍土的工程性质**,因所含的易溶盐性质不同而异,对铁路工程有着不同的影响和危害,见说明表 3.1.2。

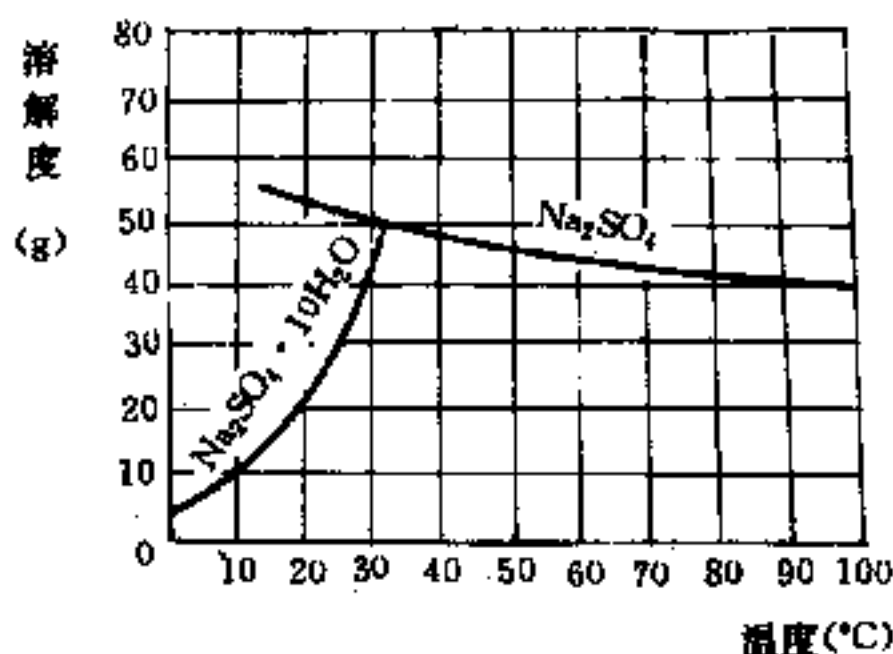
盐渍土路基病害一览表

说明表 3.1.2

盐渍土类别	病害类型	病害特征	病害产生原因
硫酸盐渍土	松胀	路基表层 0.3m 范围内,土体疏松,足踏下陷,路肩变窄,边坡失稳	土中硫酸钠含量超过 2%,在昼夜气温变化影响下时而吸水结晶体体积膨胀,时而脱水体积缩小,反复相变,致土体密度减小,结构破坏,产生松胀现象
硫酸盐渍土	膨胀	深部土体膨胀,一般距地表 1m 左右,个别 3m 以下,致路面季节性隆起,坡脚产生纵向裂缝	土中硫酸钠含量超过 2%,在季节性气温变化影响下,引起路堤深部土体中硫酸钠吸水结晶,体积膨胀,一般高塑性土较低塑性土膨胀快且膨胀量大
碱性盐渍土		路基土体松软,边坡坍塌,路肩泥泞不堪	易溶的碳酸盐含量超过 0.5%,因吸附性钠离子作用,使土的分散性增强,呈现过高的膨胀性,塑性及遇水崩解性
各种盐渍土	冻胀翻浆	冬季土体冻胀,路面隆起,春融季节土质松软,路基下沉,翻浆冒泥	在一定低温条件下,盐渍土同样会冻结,当土的含水量大于塑限,且水分补给来源充足时,形成层状冰,致土体膨胀,温度回升后冰层消融,含水量增加,土质松软。硫酸盐渍土因盐晶脱水滞缓延长翻浆时间;碱性盐渍土因 $\text{Na}^+$ 作用,路面更为泥泞不堪

盐渍土类别	病害类型	病害特征	病害产生原因
氯盐渍土 碱性盐渍土	溶蚀	路肩及边坡冲沟累累,路堤内有大小不一的空洞,路基沉陷。	氯盐溶解度大,不受温度的影响(除氯化钙外)极易淋失;碱性盐渍土遇水易崩解,抗冲蚀能力差。
各种盐渍土	基床病害	各种形状的道碴槽、道碴囊等。	由于路堤填土中含水量高,土质持水性强,水分不易散失,土体长期处于软塑状态。

注:防护措施按附录 C 内容选择



说明图 3.1.2 硫酸钠的溶解度曲线

氯盐渍土具有较强的吸湿性和保湿性,若路堤填土中氯盐含量不能为土中水分溶解时,过饱和的盐分便结晶析出,赋存于土颗粒之间协同土颗粒起着骨架作用;湿季随着土中含水量增加,盐晶溶解,土的孔隙度增加、密度降低,当土中氯盐含量大于 8% 时,干湿季节的变化将影响路堤的稳定。如兰新铁路五华山、红光区段内,曾因氯盐含量过高,其吸湿、溶陷造成路堤填土软化下沉。但在

特定干旱气候条件下,尽管土中氯盐含量超过规定标准,却不致酿成病害,如青藏铁路察尔汗盐湖南岸的超氯盐渍土路基,已建成多年,运营情况良好。

硫酸盐渍土,最突出的工程特性是膨胀,又称盐胀。硫酸盐渍土中所含易溶盐的主要成分为硫酸钠,俗称芒硝,其溶解度受温度变化的影响,在温度  $32.4^{\circ}\text{C}$  时为最大,也是失去结晶水的临界温度,见说明图 3.1.2。低于此温度时,过饱和或粉末状的硫酸钠都吸收 10 个水分子变成晶体芒硝( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ),体积增大,相当于无水硫酸钠的 3.1 倍;高于这个温度时,结晶的硫酸钠又失去结晶水变成无水芒硝,体积相对缩小。随着温度的升降,硫酸钠时而吸水体积膨胀,时而脱水体积缩小,如此反复相变致使土体结构破坏,强度降低。通过多年的科研成果及现场调查表明:当路堤填料中硫酸钠含量超过 2%,其膨胀量随含盐量增加显著增大,以致危害路基;膨胀量的大小还与土中含水量、温度、土质密切相关,其中温度的变化是反复产生膨胀收缩的主导因素。如兰新铁路疏勒河至吐鲁番区段,六十年代建成初期,硫酸盐渍土路基病害不断产生,每年入冬路基鼓胀,鼓胀高度一般数十毫米,翌年春季地温回升时,路基又发生下沉,严重地段钢轨爬行,危及行车安全。

碱性盐渍土,以含碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )、碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )为主,其它易溶盐极少。碳酸盐水溶液呈强碱性反应,含有大量吸附性阳离子(钠离子),有较强的亲水性。在碱性盐渍土遇水后,钠离子与土中粘粒,胶体颗粒相互作用,在其周围形成稳固的结合水薄膜,颗粒间的粘聚力降低,因而相互分散,引起土体膨胀,呈现出过高的塑性、持水性、压缩性和崩解性。试验证明当土中易溶碳酸盐含量超过 0.5% 时,膨胀率会明显增大,故《铁路工程地质技术规范》及《铁路特殊土路基设计规则》规定路堤填料中易溶碳酸盐含量不得超过 0.5%。

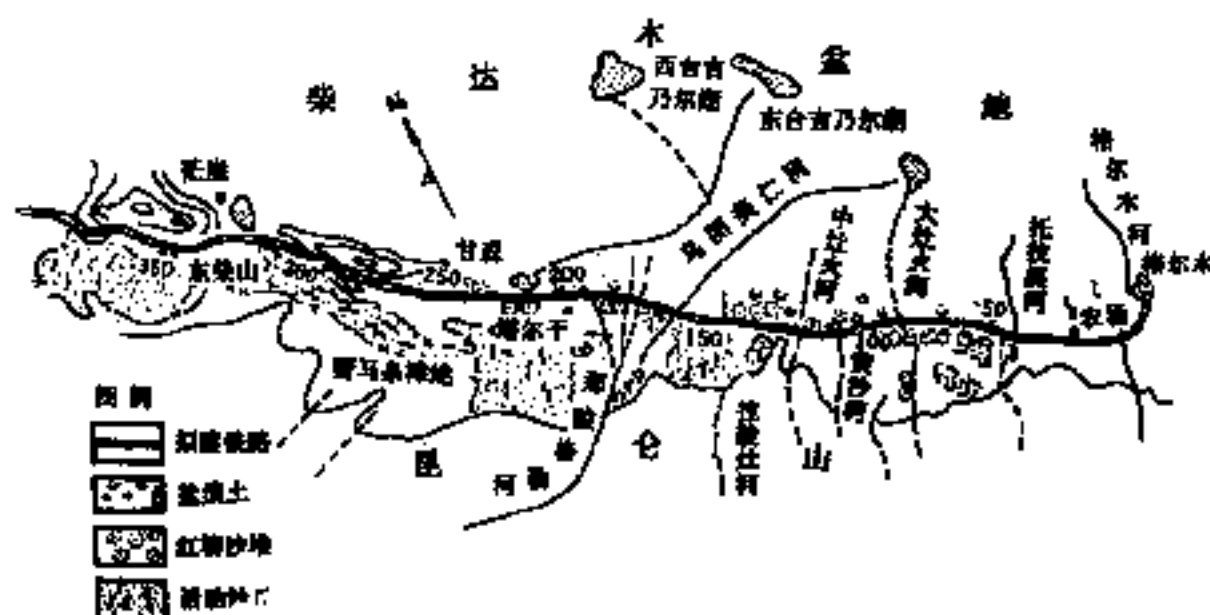
八十年代曾对东北的通辽——让湖路、四平——齐齐哈尔、长

春——白城、满洲里——哈尔滨四条铁路进行调研,发现这四条铁路均有不同程度的碱性盐渍土病害,尤以通让铁路最为严重。这条铁路建于 60 年代,病害年年发生,路堤填土取样分析含盐量只有 0.5~0.8%,而含水量却高达 25%。其土质松软,用钢钎稍加压力便可插入土中,曾酿成翻车事故。

从上述三种盐渍土的工程性质来看,硫酸盐渍土及碱性盐渍土,尽管含盐量不高,但对铁路工程的危害极大,土的可利用程度低,因此在选线中,应尽量绕避。

盐渍土地区地下水位一般都较高,为避免挖方地段积水和处于毛细水强烈上升高度之内而加剧路基次生盐渍化,所以采用路堤形式通过盐渍土地区为宜。

**3.1.3.1** 在西北内陆盆地铁路选线中,经常遇到此类地貌。这时要充分利用内陆盆地所特有的带状地貌结构,既要避开流动沙丘,又要减少盐渍土的危害,权衡利弊,确定线路位置。如青新线格尔木至茫崖段,线路通过柴达木盆地南缘昆仑山山前倾斜平原,靠山前侧分布着大量的活动沙丘及波状沙地,风沙流危害严重,施工困难;旁盆地侧又发育着大面积不同渍盐程度的盐渍土,地下水位高,矿化度大,水质对圬工亦有侵蚀性。唯有两者之间的低红柳沙



说明图 3.1.3 青新铁路格尔木至茫崖线路位置示意图

堆与盐渍土的过渡地带,工程地质条件较好,红柳沙堆多为固定沙丘,对风沙流起屏障作用,风沙危害小,并且土层盐渍化轻,地下水水质较好,可供机车和生活用水,是线路通过的较理想部位。见说明图 3.1.3。

**3.1.3.2** 线路通过盆地中心部位,因地形低洼平坦,只能着重考虑微地貌对土中水、盐运移的影响,结合各种盐渍土对铁路工程的危害程度,选择线路位置。如青藏铁路穿过察尔汗盐湖南岸 57km 的超、强盐渍土地段,选线中舍弃了东方案,虽然其方案线路顺直,但盐渍土中含水量很高,俗称湿盐渍土,乃积盐最活跃阶段,并有地面积水,施工困难,为此,采用了沿敦格公路行进的西方案,该方案地面相对稍高,地下水埋藏深度相对较深,土中含水量低,又可利用现有公路减少施工便道的工程费用,经多年运营,显示了这一方案的优越性。

**3.1.3.4** “背河洼地”系指河流进入平原地区,因坡降减小,流速减缓,上游携带的大量泥沙发生淤积,抬高河床,使河床高出两岸地面,形成“地上悬河”,此与两岸河堤外侧毗连的洼地,称为“背河洼地”。黄河自河南花园口以下河段均呈“地上悬河”形态,两岸多见这种洼地。

**3.3.3.1** 盐渍土的形成是所在地区自然条件综合作用的产物,其形成一般需具备如下条件:

- (1)地形低洼,地表水及地下水迳流条件差,排泄不畅;
- (2)地下水矿化度较高,埋藏浅,毛细水作用能到达或接近地表;
- (3)气候干旱,蒸发量大于降水量。这样才能使埋藏不深且矿化的地下水,沿毛细孔隙上升并不断蒸发,而导致盐分残留于地表形成盐渍土。

通过对工作区的地形地貌、水文地质、地质以及地表水体的调查,方可全面了解和掌握区内盐渍土的成因和形成条件,为防治措

施提供依据。

**3.3.3.2** 在土层盐渍化过程中,不仅进行着盐分的积累,同时还发生着盐分的溶失,这一过程明显地表现在季节性积盐和脱盐上。在干旱季节,例如西北荒漠地区,地下潜水矿化度高,地面强烈蒸发,地表渍盐显著增加,形成“返盐期”;雨季或春融季节,由于土中含水量增加,盐分部分溶解下渗,表层含盐量则相对减少,发生“脱盐”作用。我们曾在兰新铁路盐渍土路段,作过观测试验,表明不同季节路堤填土含盐量及含水量变化较大,如说明表 3.3.3。为准确掌握盐分季节性迁移规律,正确评价盐渍土的工程性质,所以在雨季勘测时,必须访问旱季地表泛盐情况。

说明表 3.3.3

兰新铁路通过 准噶尔盆地地段 采样、观测地点	地下水埋深 (m)		地下水矿化度 (g/L)		路堤填土含盐量 (%)	
	4 月	7 月	4 月	7 月	4 月	7 月
K 2413+188	1.7	2.05	2.80	6.04	5.91	12.05
K 2413+208	2.45	2.60	2.80	6.04	5.25	15.47
K 2413+228	2.75	3.20	2.80	6.04	6.20	12.64
K 2413+288	3.50	3.80	2.80	6.04	3.08	8.16

**3.3.3.3 和 3.3.3.6** 常年地下水最高稳定水位或冻前地下水最高稳定水位;毛细水强烈上升高度、最大冻结深度及蒸发强烈影响深度都是确定盐渍土路堤最小高度的依据,初测阶段应初步查明,以便为代表性设计工点提供这些参数。

**3.3.4.2** 盐渍土地段的勘探点应尽量结合桥涵工点布置,对于盐渍土路基也应有适量的代表性勘探点。勘探点的间距要求 500—1000m,是根据西北几条主要铁路干线勘测的实践经验提出的。当盐渍土地区微地貌变化大,地表形态、地植物种类多变,盐渍土类型复杂时,勘探点的间距不宜大于 500m。当盐渍土的上述特征

在长距离内变化不大,勘探点的间距则可适当加大,但间距亦不宜超过 1000m,以免遗漏工点及难以控制盐渍土工点范围。

**3.3.6** 当盐渍土地地区线路方案的确定受盐渍土环境变迁影响,初测或短时间内难以查明,又无既有资料和工程建筑经验可借鉴时,应提前组织人力进行观测和研究工作。观测研究工作通常有:盐分动态观测,地下水动态及水质变化观测,毛细水强烈上升高度试验观测,隔断材料及其效果的试验观测,防腐材料试验及效果观测,修筑盐渍土试验路基等。

**3.4.2.1** 盐类的积聚,一方面受地形地貌的影响,具有一定的水平地带性,另一方面由于各种盐类的溶解度不同,有着各自的沉积环境,在土层剖面上亦显示出一定的规律性,往往最易溶的氯盐聚集于表层,随着深度的增加依次为硫酸盐富集带,碳酸盐富集带。掌握这个规律有助于判定盐渍土发展趋势和确定盐渍土可利用深度。

**3.4.3.1** 在硫酸盐渍土及碱性盐渍土地地区进行重要建筑物(含区段站以上的大站)的勘察时,应进行硫酸盐渍土低温膨胀试验、碱性盐渍土湿化试验,以作为工程处理依据。

**4.0.1.2** 施工过程中需要对填料含盐情况进行检验,是因为施工季节与勘测季节不一定恰好一致,有时二者相隔时间较长,施工时土的含盐情况与设计资料可能不符,所以要求在填筑路堤之前对土中的含盐程度和类型再作一次分析,以核对设计资料。若出入较大,影响到处理措施,则应及时提出变更设计。对填料中有机质含量的检验,一方面由于有机质具胶体性,当填土中其含量超过一定限量后,会使土的透水性降低而压缩性增加;另一方面盐渍土地地区的植物残体,都含有程度不同的易溶盐,掺入填料,必然增加填土中的含盐量,见说明表 4.0.1。所以,对盐渍土地地区路堤填土除应满足一般路基填土规定标准(腐植质含量不超过 5%)外,还要考虑植物残体可能增加的含盐量,并有所控制。



植物名称	灰分含盐量(%)	植物名称	灰分含盐量(%)
芦苇	10.2~16.4	盐角草	53.5
柽柳	36~43.6	穗草	20.3
海韭菜	9.2	海乳草	15.4

**4.0.2** 由于施工不当,可能引起地下水位上升及水的矿化度加大,或造成地表积水、或隔断层失效,致使毛细水持续上升,导致填土中含盐不均超过有害含盐量等。

因此施工中要严格按设计要求,在施工填土前清除基底草皮、盐壳(特殊干旱地区除外)及松胀土;填料中应注意含盐的均匀性;冬季施工要做好施工安排,采取适当措施;施工过程中应按要求取土,分层夯实,达到压实密度标准;及时做好地表水排导;在隔断毛细水作用防盐渍化地段,应注意隔断层材料质量和施工方法,以防失效。发现施工方法不当,及时改变并采取预防措施。

**5.0.4.3** 监测工程地质纵断面图的位置和数量,应根据产生病害的性质和部位确定。例如,若由盐渍土松胀作用引起的路基病害,最严重的部位一般在路肩或边坡,监测工程地质纵断面应布置在产生病害一侧的路肩;由冻害引起的路基病害工点,监测工程地质纵断面应布置在冻害严重的路堤两侧坡脚处;由于路基填筑土的不均匀性产生的病害,会发生在路堤的不同位置,监测工程地质纵断面应选择在路堤变形的相应位置。

**6.1.1.2** 为分析区内盐渍土的形成与气候条件的关系,通常收集气温、地温、湿度、降水、蒸发、风等六个主要气象要素,其中降水和蒸发两要素最重要。极端干旱的气候条件,不仅能加速地表盐分的积累,同时由于气温的剧烈变化改变着盐类的溶解度和相态,影响盐渍土的工程性质。

干燥度是划分气候干旱程度的指标,目前多采用中国科学院

自然区划工作委员会(1959年)采用的计算公式:

$$\text{干燥度} = E/r$$

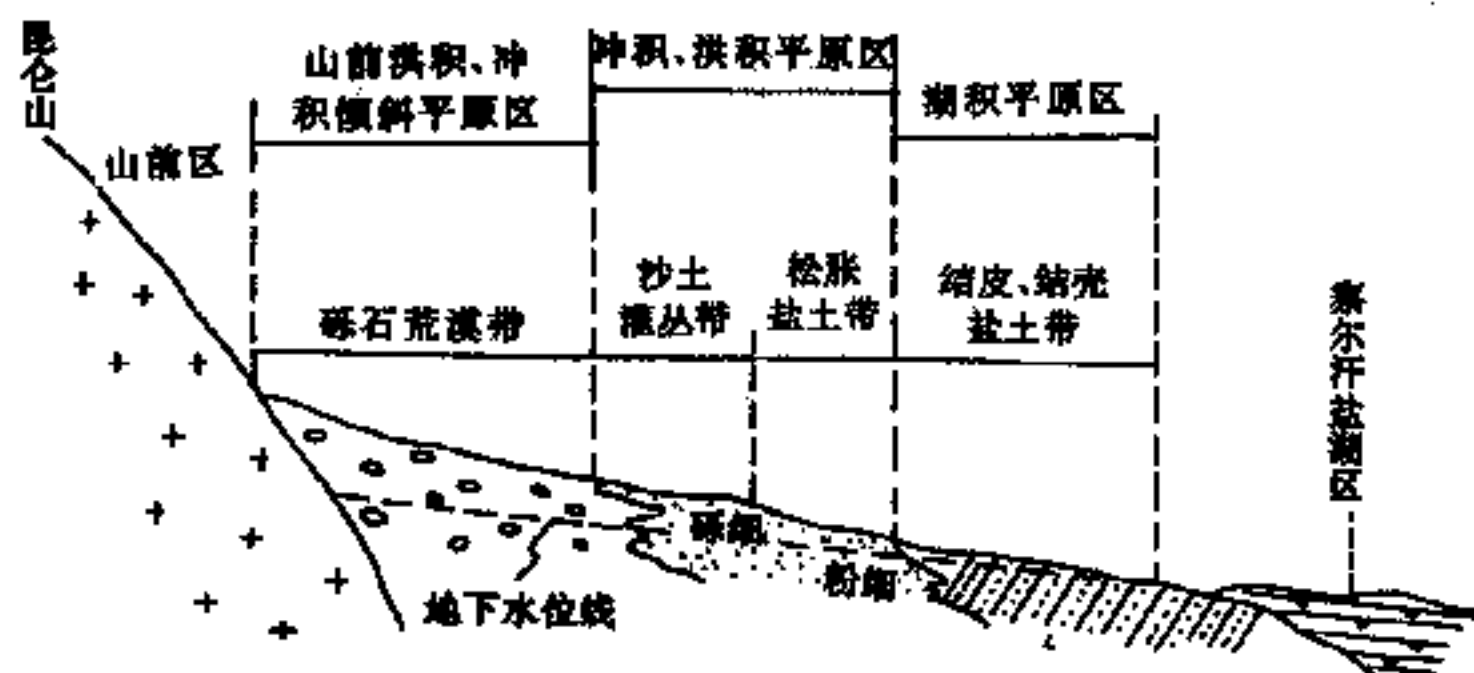
式中  $E$ ——可能蒸发量( $=0.16\Sigma t$ )(mm);

$\Sigma t$ ——日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 时期内的积温( $^{\circ}\text{C}$ );

$r$ ——同期降水量(mm)。

**6.2.3 盐渍土遥感图像判释主要标志是色调和纹形。**在全色航片上,不同盐渍化程度和类型有着不同的影像特征,强盐渍化土层地表色调紊乱,多呈灰、灰白色,其上往往无植物生长或大量枯死;氯盐渍土多见于低洼地或盐沼边缘,干旱时呈浅色或白色条斑,潮湿时呈深色或黑色斑块;松胀性盐渍土(亚氯、亚硫酸、硫酸盐渍土)具有光泽和无光泽的雪粒状覆盖物,地表呈微微凹凸不平;碱性盐渍土多呈淡白色调,常有龟裂现象;盐沼多位于明显的低洼地中,季节性有水,表面具白色盐壳和盐分晶体,其上有深色的龟裂纹,很少有植物生长。

在判释中应注意用地植物学方法,对植物的生长情况,包括密度、均匀度、生态特征等进行观察,进一步判释盐渍土的含盐量、含盐类型及潜水埋藏深度,矿化度等。



说明图 6.3.2 柴达木盆地南缘盐渍土水平分带示意图

**6.3.2.1** 地形对盐渍土形成最主要的影响在于促使盐分沿地形剖面的重新分布,西北内陆盆地中不同类型的盐渍土之所以沿盆地周边呈水平带状分布,正是盆地环带状地貌结构制约的结果。如说明图 6.3.2。从图中明显看出:从山前至湖区地形由陡变缓,地表覆盖层组成物质由粗变细,地下潜水埋藏深度由深变浅、矿化度由小变大,地表积盐程度由轻变重,盐类组成由溶解度较小的碳酸盐类逐渐过渡到较易溶的硫酸盐及极易溶的氯盐。

调查研究盆地盐渍土的水平分带性,将有助于选择合理的线路位置和采取相应的工程处理措施。

**6.3.2.2** 盐渍土地表形态是一定盐渍化程度和类型的外表特征,通过对地面的详细调查,能大致判断各种盐渍土的分布的规律,如说明表 6.3.2 所列内容。

不同盐渍土地表形态特征                      说明表 6.3.2

盐渍土类型	地表形态特征
氯盐渍土	地表常结成厚度几厘米至几十厘米的褐黄色坚硬盐壳,地表高低不平,波浪起伏,尤如刚犁过的耕地,足踏咔嚓咔嚓作响,盐壳厚者相对积盐较重,盐壳较薄或呈结皮状者积盐较轻
硫酸盐渍土	因盐胀作用,表面形成厚约 3~5cm 的白色疏松层,似海绵,踏之有陷入感,白色粉末尝之有苦涩味
碱性盐渍土	地表常有白色的盐霜或结块,但厚度较小,仅数毫米,结块背面多布有大量小孔,白色粉末尝之有咸味。 胶碱土地表很少生长植物,干燥时龟裂,潮湿时则泥泞不堪

**6.3.2.4** 盐渍土地区地植物生长和分布与土中含盐程度和类型、地下水位深度及矿化度等有密切关系,利用地植物的这一特点,对于查明盐渍土的分布规律及地下水的赋存条件,矿化度都很有帮助,可节省勘探试验工作量,收到事半功倍的效果。在地植物

调查中,要充分利用指示植物的作用,并掌握如下工作方法:

(1)首先收集区域性各种盐渍土的指示植物的有关资料和标本,熟悉其名称、生态特征。

(2)对已确定盐渍土类型的地段,应详细描述记录代表性植物的有关特征。

(3)根据各种植物的生长情况和生态习性,研究植物分布与地下水、地表盐渍化程度和类型的关系。

### **6.3.3 盐渍土发展趋势的主要判定标志:**

一、气候变化:如果年平均蒸发量与降水量的比值逐年增大,说明气候趋于干旱,地表盐渍化就会随之逐年加重,反之则变轻。

二、地表水体变迁:内陆湖泊后退,沼泽干涸,地表径流不断减弱,其周围往往会形成大片盐渍土。

三、植物演变:某地耐盐植物种属不断减少,植株大量死亡,则说明该地区地下水矿化度急剧升高,盐渍化程度增强;喜湿植物群落大量增加,说明地下水位不断升高。

四、地表盐分迁移:氯盐溶解度大,不受温度的影响,在淋溶作用下,首先下移,当地表出现以硫酸盐为主时,则说明表层退盐作用在产生和发展中,最终发展成柱状碱土。

五、水库上游地下水位壅升,农田洗盐、压盐及排灌系统渗漏,往往引起附近地下水位升高,遂使地表土层次生盐渍化。

**6.6.3.2** 当1.0m以下土层中含盐量仍然很高,为了解盐渍土的厚度和确定可利用土层的深度时,应加大取土深度至地下水位。

**6.6.4** 地表土层1.0m深度内平均含盐量及含盐成分,是判定盐渍土场地的依据,以往由于对计算方法未作统一规定,曾给具体工作造成困难。为统一做法,本规则规定采用分层含盐量及含盐成分加数平均值的计算方法,力求计算结果符合剖面含盐天然情况。

现根据某铁路线盐渍土分析报告,举例计算平均含盐量(总含盐量),平均含盐成分,见说明表6.6.4—1和6.6.4—2。前者为一

## 盐渍土分析报告

说明表 6.6.4-1

线 段 测

送样单位:

报告编号:

工程名称:

报告日期:

试验编号	90土-25	-26	-27	-28	-29
送样编号	C <sub>7</sub> 土-114	-115	-116	-117	-118
取样位置	CK0+500右20m	CK0+500右20m	CK0+500右20m	CK0+500右20m	CK0+500右20m
深度(m)	0~0.05	0.05~0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00

## 测 定 结 果

项目基本单元

B

	mmol/ 100g土	mg/ 100g土	mmol/ 100g土	mg/ 100g土	mmol/ 100g土	mg/ 100g土	mmol/ 100g土	mg/ 100g土	mmol/ 100g土	mg/ 100g土
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.14	8.4	0.21	12.6	---	---	---	---	---	---
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.85	51.9	0.18	11.0	0.31	18.9	0.33	20.1	0.31	18.9
Cl <sup>-</sup>	78.43	2780.3	25.81	915.0	6.58	233.3	5.97	211.6	5.31	188.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	111.32	10693.4	31.15	2991.8	13.92	1335.7	13.80	1325.6	11.89	1112.2
Ca <sup>2+</sup>	6.33	253.5	5.57	223.0	5.69	228.5	5.14	205.5	3.37	134.9
Mg <sup>2+</sup>	16.25	399.6	5.97	145.1	1.27	30.7	1.39	33.8	0.81	19.7
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	267.97	5699.3	60.83	1520.8	20.82	520.5	19.28	482.9	22.35	558.8

阴阳离子总和 $\Sigma(B+A)$	481.29	20886.4	129.72	5819.3	48.59	2368.4	45.91	2278.9	44.34	2062.7
分层含盐量(%)		20.86		5.81		2.36		2.27		2.05
pH	8.3		8.8			7.9		7.7		7.6
分层比值 (mmol/100g 土)	$[2b(\text{CO}_3^{2-}) + b(\text{HCO}_3^-)] / [b(\text{Cl}^-) + 2b(\text{SO}_4^{2-})]$									
	$b(\text{Cl}^-) / 2b(\text{SO}_4^{2-})$									
分层定名	0.35		0.41			0.24		0.22		0.22
	超亚硫酸盐渍土	超亚硫酸盐渍土	超亚硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土

总含盐量计算:  $DS = \frac{20.86 \times 0.05 + 5.81 \times 0.20 + (2.36 + 2.27 + 2.05) \times 0.25}{0.05 + 0.20 + 0.25 \times 3} = 3.875(\%)$

查本规则附表 A.0.2 属强盐渍土。

含盐性质分类判别:

$$\frac{b(\text{Cl}^-)}{2b(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{78.43 \times 0.05 + 25.81 \times 0.20 + (6.58 + 5.97 + 5.31) \times 0.25}{2[11.32 \times 0.05 + 31.15 \times 0.20 + (13.92 + 13.80 + 11.89) \times 0.25]} = 0.312$$

查本规则附表 A.0.1 属亚硫酸盐渍土。最后评价为: 强亚硫酸盐渍土。从本表明显看出土中  $\text{CO}_3^{2-}$ 、

$\text{HCO}_3^-$  含量极少不可能出现碱性盐渍土定名, 故不必作  $\frac{2b(\text{CO}_3^{2-}) + b(\text{HCO}_3^-)}{b(\text{Cl}^-) + 2b(\text{SO}_4^{2-})}$  的计算

填表: 复核: 审核: 单位(章)

## 盐渍土分析报告

说明表 6.6.4-2

线 段 测

送样单位:

工程名称:

报告编号:

报告日期:

试验编号	90 ± -21	-22	-23	-24
送样编号	C <sub>7</sub> ± -110	-111	-112	-113
取样位置	CK0+500 中心	CK0+500 中心	CK0+500 中心	CK0+500 中心
深度(m)	0~0.05	0.05~0.25	0.25~0.50	0.50~0.75

## 测定结果

项目基本单元 B	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±	mmol/ 100g ±	mg/ 100g ±
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.24	14.1	0.12	7.3	—	—	—	—
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.73	44.5	0.25	15.3	0.38	23.2	0.38	23.2
Cl <sup>-</sup>	89.31	3166.0	24.09	854.0	5.72	202.8	5.46	193.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	103.10	9903.8	21.28	2043.7	14.06	1350.1	12.21	1172.6
Ca <sup>2+</sup>	6.07	243.3	6.07	243.3	6.02	241.3	4.89	195.8
Mg <sup>2+</sup>	19.97	436.5	4.46	108.3	0.76	18.5	1.19	28.8
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	254.94	6373.5	44.72	1118.0	20.10	502.5	16.84	421.0

阴阳离子总和 $\Sigma(B+A)$	472.36	20181.7	100.99	4389.8	47.04	2338.4	10.99	2034.8	
分层含盐量(%)		20.16		4.38		2.33		2.02	
pH	8.4		8.6		7.7		7.9		
分层比值 (mmol/100g土)	$(2b(\text{CO}_3^{2-})+b(\text{HCO}_3^-))/(b(\text{Cl}^-)+2b(\text{SO}_4^{2-}))$								
	$b(\text{Cl}^-)/2b(\text{SO}_4^{2-})$								
0.43		0.57		0.20		0.22			
超亚硫酸盐渍土	强亚硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土	强硫酸盐渍土		强硫酸盐渍土			
总含盐量计算: $DS=\frac{20.16\times0.05+4.38\times0.20+(2.33+2.02)\times0.25}{0.05+0.20+0.25\times2}=3.96(\%)$									
查本规则附表 A.0.2 为强盐渍土;									
含盐性质分类判别:									
评价	$\frac{b(\text{Cl}^-)}{2b(\text{SO}_4^{2-})}=\frac{89.31\times0.05+24.09\times0.20+(5.72+5.46)\times0.25}{2[103.10\times0.05+21.28\times0.20+(14.06+12.21)\times0.25]}=0.378$								
查本规则附表 A.0.1 为亚硫酸盐渍土,最后评价为:强亚硫酸盐渍土。									
从本表明显看出:土中 $\text{CO}_3$ $\text{HCO}_3^-$ 含量极少,不可能出现碱性盐渍土定名。故不必作									
$\frac{2b(\text{CO}_3^{2-})+b(\text{HCO}_3^-)}{b(\text{Cl}^-)+2b(\text{SO}_4^{2-})}$ 的计算									

填表: 复核: 审核: 单位(章)



般情况的算例(取样深度为 1.0m);后者为地层有变化或地下水位埋深很浅,取样深度不足 1.0m 时的算例。

当计算结果出现阴离子比值同时属于两种盐渍土定名指标时,应按对工程危害较大者定名;在处理措施上则要综合考虑。

**7.3.1** 盐渍土层中毛细水的上升可直接造成路堤填土吸水软化及次生盐渍化,促使冻胀、盐胀等病害的发生,为此,盐渍土地区筑路,必须查明土中毛细水强烈上升高度,为路基设计提供正确依据。本条规定了毛细水强烈上升高度的确定方法,这是我院多年来在南疆线、青藏线、南疆公路和静及焉耆地区等观测试验的成果,其理论建立在土中水存在状态和转移途径的基础上。地下水向上运移主要通过下列方式:

一、由于毛细孔隙水与地下水表面压力梯度所引起的毛细水上升运动;

二、由于土孔隙中不同浓度的溶液的渗透压力梯度所引起的矿化水渗透运动;

三、由于土粒表面电分子的吸附力梯度所引起的薄膜水的楔入运动;

四、由于蒸气压力梯度所引起的汽态水的扩散运动。

在上述四种运动方式中,毛细水的上升运动和矿化水的渗透运动,是属于自由水运动,其运动速度快、溶盐能力强、参与运动的水量大,对土中的水、盐运移起着主导作用。

再从物理意义上看,当粘性土处于塑限、砂类土处于最大分子吸水量时,土中的水属于结合水,大于这个含水量界限便转化为自由运动的毛细水;从冻胀角度而言,当土中含水量超过塑限或最大分子吸水量时,就会出现显著的聚冰现象,从而导致冻害,促进土中盐分的转移。

因此,只有当毛细水的上升运动,使土层中含水量大于塑限或最大分子吸水量时,对盐渍土路基才有危害。基于这点提出了粘性

计算等,上述计算方法均可作为参考。但为简化计算程序,便于判别和对铁路工程安全起见,把结合生成 2%硫酸钠的  $\text{SO}_4^{2-}$  含量作为有害界限含量,换算后  $\text{SO}_4^{2-}$  约为 1.352g/100g 土或 14.08 mmol/100g 土。这样在使用中,只需将盐渍土分析报告中的  $\text{SO}_4^{2-}$  与如上换算出的有害  $\text{SO}_4^{2-}$  的界限含量相比较,即可判断该硫酸盐渍土的危害程度。

现场调查多处硫酸盐渍土路基,发现凡路基填料中  $\text{SO}_4^{2-}$  含量在 15mmol/100g 土以内者,路基就完好;高于这个含量者,路基就变窄轨距不准。15mmol/100g 土  $\text{SO}_4^{2-}$  的含量折合成硫酸钠约 2.1%。由此可见,硫酸盐渍土用  $\text{SO}_4^{2-}$  1.352g/100g 土或 15mmol/100g 土作为有害含量界限,是符合实际情况的。

**附录 C. 0. 2. 3** 本附录中所指的盐壳,只限于察尔汗盐湖周围地面普遍存在的盐、土胶结层,一般厚 0.1~0.3m,含水量低,多小于 5%,含盐量大于 40%,结构疏松,孔隙度高,但由于盐的胶结作用具有较高的强度。过去曾规定在填筑路堤之前,盐壳连同其下含盐较高的土都必须加以清除。然而,通过对试验路堤解剖和室内模拟试验,证明这层盐壳对毛细水有较好的隔断作用,于是提出了根据当地气候条件、水文地质特点,可利用盐壳作为隔断层的结论。这一科研成果已在青藏铁路的设计、施工中就地采用,且效果良好。

计算等,上述计算方法均可作为参考。但为简化计算程序,便于判别和对铁路工程安全起见,把结合生成 2%硫酸钠的  $\text{SO}_4^{2-}$  含量作为有害界限含量,换算后  $\text{SO}_4^{2-}$  约为  $1.352\text{g}/100\text{g}$  土或  $14.08\text{mmol}/100\text{g}$  土。这样在使用中,只需将盐渍土分析报告中的  $\text{SO}_4^{2-}$  与如上换算出的有害  $\text{SO}_4^{2-}$  的界限含量相比较,即可判断该硫酸盐渍土的危害程度。

现场调查多处硫酸盐渍土路基,发现凡路基填料中  $\text{SO}_4^{2-}$  含量在  $15\text{mmol}/100\text{g}$  土以内者,路基就完好;高于这个含量者,路基就变窄轨距不准。 $15\text{mmol}/100\text{g}$  土  $\text{SO}_4^{2-}$  的含量折合成硫酸钠约 2.1%。由此可见,硫酸盐渍土用  $\text{SO}_4^{2-} 1.352\text{g}/100\text{g}$  土或  $15\text{mmol}/100\text{g}$  土作为有害含量界限,是符合实际情况的。

**附录 C. 0. 2. 3** 本附录中所指的盐壳,只限于察尔汗盐湖周围地面普遍存在的盐、土胶结层,一般厚  $0.1\sim 0.3\text{m}$ ,含水量低,多小于 5%,含盐量大于 40%,结构疏松,孔隙度高,但由于盐的胶结作用具有较高的强度。过去曾规定在填筑路堤之前,盐壳连同其下含盐较高的土都必须加以清除。然而,通过对试验路堤解剖和室内模拟试验,证明这层盐壳对毛细水有较好的隔断作用,于是提出了根据当地气候条件、水文地质特点,可利用盐壳作为隔断层的结论。这一科研成果已在青藏铁路的设计、施工中就地采用,且效果良好。