

特殊地区公路丛书

盐渍土地区 公路工程

青海省交通局 罗伟甫

人民交通出版社

特殊地区公路丛书

盐渍土地地区公路工程

青海省交通局 罗伟甫

人民交通出版社

1980年·北京

内 容 提 要

本书为特殊地区公路丛书中的一册。本书介绍盐渍土地区修筑公路的一般常识，侧重于内陆地区盐渍土公路路基、路面设计与施工。全书共分四章。其内容包括：盐渍土的成因与分类以及对公路的危害；盐渍土地区选线原则及应搜集的资料；盐渍土地区公路路基设计与施工注意事项及路基横断面设计图；盐渍土地区公路路面结构型式及施工操作方法等。此外，在附录中还列有易溶盐、中溶盐和难溶盐的测定方法。

本书可供公路工程技术人员、工人、有关干部参考。

特殊地区公路丛书

盐渍土地区公路工程

青海省交通局 罗伟甫

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：3.625 字数：79 千

1980年9月 第1版

1980年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,200册 定价：0.38元

前 言

盐渍土在我国分布面积很广，且盐渍土地区的公路设计与施工，有着与一般土质地区不同的特殊的技术问题。为了便于交流盐渍土地区公路设计与施工的经验，以提高盐渍土地区公路工程质量，我们在参加编写《公路设计手册（路基）》一书中“盐渍土地区路基”章节的基础上，学习了各省（区）公路战线广大职工在盐渍土地区修筑公路的实践经验，总结我省在修筑公路中的体会，编写了这本小册子。由于编者实践经验和技术水平有限，错误和不妥之处，在所难免，欢迎广大读者给予批评指正。

本书承我局汤予儒、陈益培等同志帮助审查和修改，在此致以衷心的感谢。

编 者

一九七八年十一月

目 录

第一章 盐渍土概述	1
第一节 盐渍土及其生成原因.....	1
第二节 盐渍土的分布和分类.....	3
第三节 盐渍土中的主要易溶盐.....	12
第四节 盐渍土的基本工程性质和它对 公路工程的危害.....	19
第五节 简易识别盐渍化的方法.....	26
第二章 盐渍土地区公路选线	32
第一节 路线选定的原则.....	32
第二节 勘测调查工作的注意事项.....	33
第三节 调查资料内容.....	35
第三章 盐渍土地区公路路基	37
第一节 设计原则.....	37
第二节 路基修筑注意事项.....	45
第三节 路基横断面设计参考图.....	48
第四节 盐湖上的公路路基.....	52
第四章 盐渍土地区公路路面	60
第一节 常用的路面结构型式.....	61
第二节 路面施工工艺要求.....	69
第三节 利用当地的盐类材料养护路面.....	84
第四节 路面病害的防治.....	86
附录 试验方法	93

一、易溶盐内各项离子测定方法.....	93
二、中溶盐石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 测定法.....	107
三、难溶的碳酸盐 (CaCO_3) 测定法.....	108

第一章 盐渍土概述

第一节 盐渍土及其生成原因

盐渍土系指包括盐土和碱土在内的，以及不同程度盐化、碱化土壤的统称。当土壤中含有的盐碱成分达到一定程度时，就会恶化土壤物理性质，影响农作物的正常生长。在修筑公路的时候，有时亦会遇见地面表层显露盐水的迹印，或者可见到一层薄薄的白色粉状的盐霜，亦有的是一层坚硬的盐壳。这样由于自然地理、气候条件、以及水文地质上的特点，使一般土壤中含有不同种类和一定数量的盐分。在公路工程上，按地表全层1米以内容易溶于水中的无机盐类（以下简称易溶盐类）含量平均达0.5%以上的土壤，称之为盐渍土。

盐渍土对公路的影响，主要取决于盐渍土所含易溶盐类的成分、性质和它的总含量，盐类和水状态的性质，以及所在地区自然条件对盐渍土稳定性的影响。一般来说，由于易溶盐的存在及其状态的改变，致使路基处于潮湿状态，较快地丧失它的稳定性，形成道路泥泞，路堤密实度减小，甚至坍塌，翻浆病害更趋严重。当路基土壤含有硫酸盐类时，即会产生有害于公路的松胀作用。根据盐渍土地区修筑公路的特点，结合当地实际，充分发挥易溶盐存在土中的有利因素，设法降低它的有害影响，用物理和物理化学的方法，根本改善土壤的性质，使之适应于工程的要求，精心，正确、

合理地选择设计和施工方案，对于在盐渍土地区，多快好省地修筑公路，有着极为重要的意义。

盐渍土生成原因是比较复杂的，它的生成过程是各种易溶盐类在土壤中不断聚集和积累的过程，而易溶盐类的生成，主要是地壳上原为海洋盐分沉积形成的岩石，受地质作用而上升，露出地面的岩石不断风化所致。它又与所处地理位置、地形地貌、地质土壤、地下水位和矿化度、气候条件和人类活动等因素有着密切关系，因此，生成的盐渍土盐分聚积的数量及易溶盐的性质也就随着上述有关因素的变化而不同。

沿海低洼地段和江河下游濒海的平原地区，由于海水经常浸渍岸边土壤，或者因为新构造运动而形成的海滩，海水在经过不断蒸发作用，留下盐质在地面之上，这种海水参与土壤积盐过程，生成的盐渍土称之为沿海盐渍土。

在内陆地区的岩石，经过不断的风化，易溶性盐分随着地面径流到处漫流，一部分易溶盐溶解在水中带入低洼之处，相当部分的易溶盐随水渗入土壤和地下水中，从而使地下水的矿化度逐渐升高，当这种地下水由于受毛细管引力的作用，上升至地面表层，在干旱多风季节，蒸发强烈，盐分先后被析出在表层土壤内，地表出现较厚的盐壳，这样日月累地常年积盐，生成的盐渍土称之为内陆盐渍土。

内陆地区由于气候变化剧烈，常年干旱，降雨少，蒸发量特大，风力极大，这样亦使部分易溶盐分随风力移动和积累，当它下降至地面后，使该地区的土壤增加了盐分，生成聚集在地表层的盐渍土。又鉴于内陆地区气候因素，蒸发量远远地大于降雨量的原因，形成盐分多数在地表层聚集，而盐分聚集地带内，由于各种盐类的溶解度不同，最易溶解的氯化物盐聚集在上层，其下为较不易溶解的石膏 (CaSO_4 ·

H₂O)，再下则为碳酸钙。最易溶解的氯化物盐和硝酸盐被搬运至最远之处，其次是硫酸盐和碳酸盐，而二氧化硅(SiO₂)和三氧化物(如Fe₂O₃等)最近。

在华北平原和东北地区，夏季降雨较多而集中，盐分的淋溶较多，其它季节降雨量少，尤以春季干旱多风，蒸发强烈，土壤积盐占优势，生成的盐渍土即会有地表层盐分较多、底部含盐不高、盐结晶不多的土壤盐分分布状况。而在黄河中游的宁夏和内蒙古的冲积平原，限于年降雨量较少，夏季盐分淋溶较弱，春秋季节蒸发量大，生成的盐渍土为地表层积盐重，底部的盐分亦较高，常有盐结晶析出并出现盐积皮或薄层盐结壳的情况。

第二节 盐渍土的分布和分类

盐渍土在我国分布很广，面积亦大，类型众多。青海、新疆、内蒙古、甘肃、宁夏等省(区)的很多地方分布较广，陕西、辽宁、吉林、黑龙江、河北、河南、山东、江苏等省也都有零星的分布。

盐渍土多分布在较低洼的地方，如平原低地，湖岸周围，河谷洼地和三角洲，且常与沙漠和沼泽伴生。气候的干旱，排水不畅，以及地下水位过高，是引起土壤盐渍化的主要原因。地下水可以通过毛细管作用上升至地表附近而蒸发，通常促进盐渍化的深度为1.5~2.0米，特殊情况下可达3.5~4.0米。由于缺水或农业上灌溉的不合理，排水不良等原因，也可引起次生盐渍化，或者某些原来非盐渍土的土壤变为盐渍土。

盐类在地球表面的重新分配，以及在与此有关的土壤中聚集，是水文地质和生物化学过程的结果。径流的渗入，地

下水的形成和移动，都会引起盐类的淋溶作用和地下水及土层中的聚集。地下水的化学组成与当地自然条件有着密切关系，且呈现有显著的地带性，因此，盐类在水中或盐渍土中的聚集过程也是带有地带性的。积盐过程的地理分布与气候条件，首先与大气降水的数量同样有着密切的关系，而且总是与草原、荒漠的干旱气候相适应的，其大致情况如表1所示。

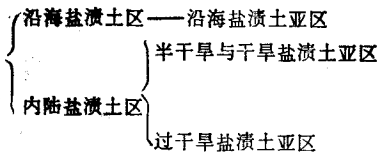
盐渍土地理分布情况

表1

盐 类		沙 漠	半沙漠	草 原	森林草原
CaCO ₃		√	√	√	√
CaSO ₄		√	√	√	—
易 盐 溶 类	Na ₂ CO ₃	√	√	√	—
	Na ₂ SO ₄	√	√	—	—
	NaCl, MgCl ₂ , CaCl ₂	√	√	—	—
	MgSO ₄	√	√	—	—

一、盐渍土按其地理所在区域位置分类

盐渍土按其地理所在区域位置，结合修筑公路工程的要求，可分列为沿海盐渍土区和内陆盐渍土区两个大区、三个亚区



(一)沿海盐渍土区主要是指河北、山东、江苏、辽宁等省的沿海一带地区，多数由于海水的浸渍和海潮入侵，向沿海或河流近岸的地下水补给盐分，参与土壤的积盐过程。一

般离海愈远，土壤所含盐分和地下水矿化度愈轻，反之则愈重。各种沿海盐渍土大致平行于海岸呈带状分布，并且以氯化物盐渍土居多数，盐分的组成以氯化钠为主，氯离子约占全部阴离子的60~80%，硫酸盐次之，碳酸盐仅占1~2%，个别地区沿海盐渍土呈强酸性反应（PH值4.5~5.7）外，一般都是碱性或微碱性PH值约为8.0~8.5，含盐量在5%以下，由于该地区气候比较湿润，地下水也很丰富，因此，水对这一地区盐渍土的稳定性影响很大。

（二）内陆盐渍土区又可分为半干旱与干旱盐渍土和过干旱盐渍土两个亚区，这个区的主要特点是面积大，连续分布，地表积盐严重，常形成盐皮、盐壳和松胀盐的聚积层，表层1~5厘米含盐量，通常在5~20%，高者可达60~70%，由于气候干旱，雨量稀少，蒸发量大，一般分布在洪积——冲积扇角缘三角洲的下部及边缘，有时暴雨及山洪溶解了含盐层的盐分而带至山前平原，这种积盐形式范围较小，不呈现大面积和连续分布。

1. 半干旱与干旱盐渍土亚区。该亚区除已属沿海盐渍土区及过干旱盐渍土亚区外，包括青海、新疆、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、辽宁、吉林、黑龙江、河南等省（区）内的广大草原、半荒漠和荒漠地区，这些地区的盐渍土通常出现在河道两岸，平原低洼地带也有分布，以及一些灌区附近也会有分布。形成盐渍土的主要原因是水中矿化度高，地下水或地面水经过蒸发以后，盐分聚集于土壤之中。这一亚区面积最大，盐渍化类型多种多样，程度的轻重差别也很悬殊，气候、地质条件亦各不一致。因此，水对这一亚区盐渍土稳定性的影响，差别亦是很大。

2. 过干旱盐渍土亚区。该亚区包括青海、新疆、甘肃、宁夏等省（区）最干旱的一些荒漠地区，主要包括柴达木盆

地、塔里木盆地、准噶尔盆地以及阿拉善沙漠等，这一地区的大致水热状态为：年降水量小于100毫米，年蒸发量大于2000毫米，年平均相对湿度小于50%，年湿润系数K值小于0.05，相当于“中国公路自然区划”的西北干旱区中的绿洲荒漠区(VI₂)与柴达木荒漠区(VI₂)。这一亚区为盐分聚集的中心，有着极为丰富的盐类，盐渍化程度亦较严重。在这些地区里可以看到各种类型的盐渍土，土和盐的混合物，以及纯晶体盐块(岩盐)等形态。青海柴达木盆地更具有多种多样的盐类，几乎包含有各种性质的盐，除以氯盐为主外，还可以遇见其它地区少见的硝酸盐和硼酸盐(如硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)，一般土壤内含盐的规律是：盆边少，盆心多；上层多而下层少。所含盐类性质在平面上的分布规律是：湖沼外围潜水水流来处硫酸盐类多，湖周湿润处氯化物盐多，而湖心几乎全为氯化物盐类(图1)。

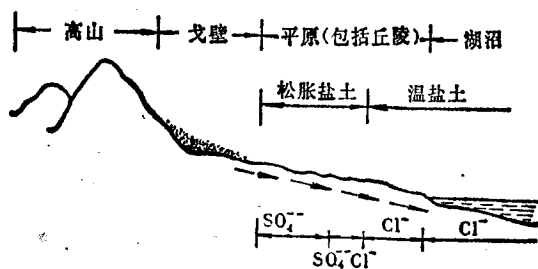


图1 内陆地区盐类地形分布规律图

新疆盐渍土分布随气候干湿条件不同，其积盐程度有着很大差异，一般寒冷湿润的西北部含盐较轻，愈往东南盐分含量愈重，盐分的组成由于地理条件不同，也有一定的差异。天山以北的准噶尔盆地和天山西端的伊犁盆地以氯化物硫酸盐为主，天山以南及新疆东部地区以硫酸盐氯化物为

主，在盆地的洪积扇边缘以碳酸盐为主，在盆地平原上则以氯化物硫酸盐为主，盆地中心则同样以氯化物为主。土壤内含盐和分布的规律，与柴达木盆地也有所不同，例如塔里木盆地，其边沿露泉带的盐分较严重，尤以东缘罗布泊的洼地盐分更为严重，而盆心的盐分反而较轻。

这个亚区范围内气候异常干燥，水对盐渍土稳定性的影响可以说是很小，在一定条件下，还可以利用盐渍土和岩盐当做路基填料、铺筑路面材料。区内的盐渍土按其呈带状分布的特点，可列分为五个带（图2），也有的建议合并为三个带，即砾石带、灌丛绿洲带、盐渍土带。

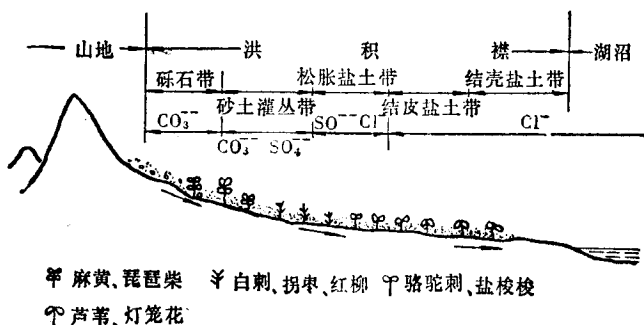


图2 内陆地区盐渍土带状分布图

从山地到湖沼分列为五个带阐述如下：

1) 砾石带。一般说来，砾石带所处地势比较高，坡度亦大，漫流水系发育，它的主要特征是地面多为砾石土或卵石土。砾（卵）石来源多种多样，有的是古代的冲积物，也有的是洪积的碎屑物，也有的是母岩风化的残积层。潜水埋藏较深，流速亦大，矿化度轻。表层土壤中含有碳酸钙 (CaCO_3)，生长有琵琶柴和麻黄等砾生灌木。

2) 砂土灌丛带。它比砾石带地势低平，水流呈宽浅型的

网状流或片流，地层为砂性土，潜水位距地表5~6米，表层土壤中有时含有碳酸盐（如 NaCO_3 ）或硫酸盐（如 CaSO_4 ）。生长有白刺、拐枣和红柳等植物，并有灌丛砂丘。

3) 松胀盐土带。它所处的地势较为平缓，地面径流不多，地表土壤为粉砂土和粘性土，地下水距地表3~5米，属潜水停滞带，矿化度较低，属硫酸盐型或氯化物硫酸盐型。地表常有0.1~0.4米的松胀盐土。生长有骆驼刺，盐梭梭等耐盐植物，工程地质条件很差。

4) 结皮盐土带。它接近潜水溢出带，地下水仅距地表0.5~2.0米，矿化度较高，属硫酸盐和氯化物盐类。地表常呈现10~30厘米厚的灰色盐结皮，有时在盐皮下可见到结晶盐粒。地层为砂粘土、粉砂或粘土组成。生长有芦苇、灯笼花等喜湿植物。此带的工程地质条件也很差，容易产生翻浆、冻胀等公路病害。

5) 结壳盐土带。此带位于潜水溢出带或干涸的古湖盆地的底部。春融或雨季时排水不畅，地表常有积水。地下水矿化度很高，接近饱和状态，属氯化物盐类。地表由氯化钠和少量的粉土细砂胶结组成一层0.1~0.4米，有的0.8~1.0米灰色硬壳（盐盖），在盐壳下常有一层结晶盐粒。地层为砂粘土或粘土，潮湿时呈现可塑或软塑到流动状态。地表一般不生长植物，工程地质条件最差。

此外，介于沿海和内陆盐渍土区内，还有成片分布的冲积平原上的盐渍土，由于河床淤积抬高，或者在修建水库后促进了沿岸地下水位升高，它多属氯化物硫酸盐及硫酸盐氯化物盐渍土。灌溉渠水流的渗漏，引起沿渠附近的地下水上升，都可能导致土壤的盐渍化。这些地区的盐渍土，它的盐渍化程度和盐渍化类型，相差悬殊，水对盐渍土的稳定性的影响也是很大的。

二、盐渍土按其生成的条件或者所含盐类的不同可以分为三种主要类型

(一)盐土。在地层表面以下1~2米深或更深的垂直剖面范围内，含有易溶盐类（主要是钠盐）的土，叫做盐土。盐土多在干旱地区的低洼地方和滨海沿岸地带形成，按照盐分种类的不同，又有氯化物（如氯化钠 NaCl ）盐土、硫酸盐（如硫酸钠 Na_2SO_4 ）盐土、硫酸盐氯化物盐土、氯化物硫酸盐盐土和苏打（碳酸钠 Na_2CO_3 及重碳酸钠 NaHCO_3 ）盐土之分。

1.氯化物盐土又称潮湿盐土，氯离子约占阴离子总量的50~80%，有时亦含钙、镁和其他盐类，氯硫比（ $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--}$ 当量比）大于4，表层常呈潮湿和暗黑色。分布在水流汇集的低洼地方与湖沿边缘，亦有矿化水距地面较近和灌溉末端的地方，经过蒸发盐分聚集在土壤表层形成的这种盐土；在远离海洋的内陆草原河漫滩地与沙漠中的洼地里，带有盐分的地表水，蒸发与析离出的盐分，累积成的盐土；内陆过干旱地区，蒸发量远远大于降雨量，多风季节，盐分随风搬运，降落在土层里，日积月累，亦会形成盐土；沿海盐土以氯化物为主，仅在海水或个别地下水中发现微量的碳酸盐。氯化物盐土表面具有白色粉状盐霜、白色盐结皮和盐壳，因此比较容易识别。

2.硫酸盐盐土分布在比氯化物盐土稍高的地方，过干旱地区的盐湖外围处，地下水为硫酸盐、氯化物的镁钠水质。在强烈蒸发条件下，盐分往往累积在地表，也有盐结皮和盐壳出现，在基下部拥有大量的氯化钠和含有结晶水的硫酸钠。在硫酸钠失去结晶水后，就会出现土壤松胀的现象，与盐结皮（盐壳）分离的面团发酵般的蓬松层。盐结皮（盐壳）的厚薄与含盐量成正比。这种盐土地段常有石膏存在，

其含量随气候干燥度的增加而递增。硫酸盐盐土多以硫酸钠为主，硫酸钙或硫酸镁次之。某些地区的硫酸盐盐土，整个剖面中氯化物含量很高，仅在表层（即蓬松层）硫酸盐的含量较多于氯化物。

3. 硫酸盐氯化物盐土和氯化物硫酸盐盐土，在盐土中较为常见，它们是相互转化的盐土。在盐化的初期，土壤中氯离子大量累积，生成氯化物盐土，嗣后，继续不断地积盐，硫酸盐成分增大，转化成硫酸盐氯化物盐土和氯化物硫酸盐盐土，最后随着硫酸盐再度积累，进而演变成为硫酸盐盐土。

4. 苏打盐土含有较多的易溶性盐，主要的是苏打 (Na_2CO_3)，同时又有较多的交换性钠，它可占阳离子交换总量的 30~50%，有时高达 70~80%，PH 值在 9 以上，属强碱性，土壤潮湿时膨胀，干燥时结硬，透水性差。苏打盐土在地表有薄层白色盐霜和灰白色的二氧化硅粉末，也有马尿色的盐结皮，盐结皮之下为土结壳，由于重碳酸钠 (NaHCO_3) 转化为碳酸钠（即苏打 Na_2CO_3 ）时所形成的二氧化碳 (CO_2) 孔洞，致使土结壳背部具有大量海绵状的气孔。苏打盐土如不采取防碱措施，脱盐后易于变为碱土。

(二) 碱土。碱土多位于山前洪积细土平原，以及古老冲积平原的低平处，常与盐土及零星孤立小沙丘伴生。它是具有明显层次的盐渍土壤，上层常呈层状结构，下层为柱状和核桃状颗粒结构居多数。它的特征是在含有少量碳酸钠的表层土壤中，没有或仅有极少量的氯根和硫酸根。碱土中粘土散体部分被吸收性钠离子所饱和。一般碱土在 40~60 厘米深度处，含有大量的易溶盐，其中主要的是 NaCl 、 NaSO_4 ，也聚集有 CaCO_3 和石膏。碱土是由盐土因地下水位降低，发生退盐渍化作用而形成，也可以通过地表间歇水的淋溶，使盐

土脱盐碱化而成碱土。另外在地下水位很高的条件下，碱土也可以转化成为盐土。

(三)胶碱土(又称龟裂粘土)。这是沙漠或半沙漠地区所特有的一种以粘土为主的特种土,不生长植物,它在干燥状态下非常坚硬,并且表面干裂,纹理交错呈绞裂状,当潮湿时,易膨胀,缝隙胀满后,表面即成为不透水层,非常泥泞。胶碱土整个垂直剖面内,含易溶盐不多,壤中水都较深,盐类被淋溶在0.50米以下的地层里,而表层往往含有吸附性的钠离子,促使细颗粒和土中的团聚体有很大的分散性,所以在潮湿时候,亲水性就特别大。

胶碱土多生成于低处,由粘土质淤积物形成,夏季潮湿,个别地方甚至被水淹没,秋季地表干燥后就会发生龟裂。胶碱土的形成过程非常复杂,一般认为是在表层土经过轻微的退盐渍化和盐渍化的反复循环作用而形成的。促进它形成的主要因素是:

1.沙漠区的水-热状态。

2.有可以胶体液化的土壤细小颗粒。

3.土壤中有一定数量的易溶盐,在周期性过多水分和随即干燥的影响下,盐类沉滞在土壤的表层。

介于盐土、碱土及胶碱土三种主要类型之间的过渡类型有盐质碱土和盐质胶碱土。盐质碱土它主要特征是表层没有盐类,其总的含盐量小于盐土而大于碱土,地下水位较盐土地段低。而盐质胶碱土多处于不能排水或排水困难的低洼之处。

三、盐渍土按含盐化学成分分类如表2。

四、按盐渍化程度分类如表3。

关于盐渍土分类的说明:上述三种分类方案,是按含盐种类和数量这种单一化学因素予以划分,似乎不能充分反映