

高速公路丛书

高速公路路基设计与施工

高速公路丛书编委会



人民交通出版社

04-16
二-141
高速公路丛书

Gaosu Gonglu Luji Sheji yu Shigong
高速公路路基设计与施工

高速公路丛书编委会

人民交通出版社

870749

图书在版编目(CIP)数据

高速公路路基设计与施工/高速公路丛书编委会
编.-北京:人民交通出版社,1998

(高速公路丛书)

ISBN 7-114-02914-4

I. 高… II. 高… III. ①高速公路-公路路基-设计②
高速公路-公路路基-工程施工 IV. U412.3
中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 04131 号

高速公路丛书

高速公路路基设计与施工

高速公路丛书编委会

责任印制:孙树田

插图设计:高静芳 版式设计:刘晓方 责任校对:张莹

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

三河新世纪印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:33.75 插页:2 字数:608千

1998年8月 第1版

1998年8月 第1版 第1次印刷

印数:0001—10100册 定价:46.00元

ISBN 7-114-02914-4

U·02081

序

我国高速公路的发展,经过70年代规划论证,80年代中期实现零的突破,进入90年代后,高速公路有了很大发展,到1996年底,高速公路通车里程已达到3422km。高速公路在中国的出现,引起了人民的普遍关注,高速公路以其巨大的社会效益,赢得了社会的公认,已经成为现代化交通的重要标志。今后,随着我国国民经济和社会的蓬勃发展,公路客、货运输量的迅速增长,高速公路必将进一步发展。

改革开放以来,我们在学习和借鉴国外有关高速公路规划、设计、施工和管理经验的基础上,结合我国的国情,不断实践、探索、总结,逐步形成有自己特色的一套高速公路规划、设计、施工和管理体系。根据人民交通出版社的建议,国家新闻出版署将高速公路丛书列为“八五~九五”国家级重点图书,交通部原工程管理司(现公路管理司)于1992年底组织全国18个省(市)和部属单位的有关专家,组成了高速公路丛书编写委员会,具体负责丛书的编写工作。

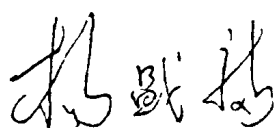
这套丛书共八册,内容包括《高速公路规划与设计》、《高速公路路基设计与施工》、《高速公路路面设计与施工》、《高速公路立交工程》、《高速公路交通工程及沿线设施》、《高速公路建设管理》、《高速公路运营管理》和《高速公路环境保护与绿化》,将于1996年起陆续出版发行,以填补我国在高速公路科技丛书方面的空白。

丛书广泛地收集了我国已建成高速公路的建设和运营管理的资料,及时地总结了我国10余年来高速公路建设、管理的经验和教训,并吸取了国外有关的先进技术和管理经验,是一套结合我国国情、理论联系实际、全面系统介绍我国高速公路规划、设计、施工和运营管理的科技丛书。该丛书既可供从事高速公路的科研、设计、施工、养护和管理人员学习、借鉴,也可供大专院校、中等专业学校的师生学习参考,以促进我国高速公路健康发展,少走弯路,不断提高建设和管理水平。

虽然我国高速公路从“七五”以来,有了较大的发展,但应该说还是刚刚起步,丛书所论述的观点,难免有其局限性。为此,希望从事高速公路建设和

1995/0707

管理工作的领导和工程技术人员,在今后的实践中,不断丰富、完善、发展、提高有关高速公路建设和管理的理论,为促进我国高速公路建设和管理现代化代添砖加瓦,再创辉煌。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '杨', '显', and '丰'.

1996 年 1 月

前 言

80年代以来,我国高速公路建设有了飞速的发展,至1997年底高速公路通车里程已达4 735km,预计到2000年将达到6 500km。

路基是路面的基础,是公路工程的重要组成部分,总结探索高速公路路基设计与施工中的经验和科研成果,介绍推广技术成熟、经济实用的新材料、新技术、新工艺、新设备,将为今后高速公路路基设计与施工提供重要的参考和指导作用。为此,在高速公路丛书编委会、人民交通出版社的组织下,于1996年6月在上海召开了有关设计单位、施工单位参加的《高速公路路基设计与施工》分册编写工作会议。会议讨论通过了编写大纲,确定了编写组织机构、编写分工、进度计划、编写技术要求及有关事宜。会议同时明确了由上海市公路管理处任主编单位,山东省交通规划设计院、交通部第一公路工程总公司为副主编单位。

本书内容涉及高速公路路基设计与施工的各个方面,主要包括填方、挖方路基、特殊地区路基、软土路基处理、路基防护与加固、挡土墙、路基排水等。全书采用了国家和交通部最新颁布的有关技术标准、规范,并在内容选择与编写深度上较全面地反映了高速公路路基建设的经验与科研成果,具有较强的实用性和可操作性。

本书共分十五章。第一章由张珂编写;第二章、第六章由宋心中编写;第三章、第八章由陈辉海编写;第四章由姜荣泽编写;第五章、第七章由张秋萍编写;第九章由张奎鸿、徐犇、林海蓉编写;第十章、第十三章由龚瑞书编写;第十一章由赵景明、赵晖编写;第十二章由王立中编写;第十四章由王立中、杨志鸣编写;第十五章由马宁、徐犇编写;第十六章由张珂、钱玢编写。全书由沈天勇、常广生、彭扬言、张朝生审稿,由朱惠君、徐犇统稿。

本书在编写过程中得到了参编单位、上级领导及有关兄弟单位的大力支持与协助,在此表示衷心的感谢!由于编者水平有限,书中如有错误或不当之处,敬请使用单位或个人多提宝贵意见,以便今后再版时修正补充。

编 者

1997年7月于上海

内 容 提 要

《高速公路路基设计与施工》是《高速公路丛书》之一,全书共十五章,包括绪论、填方路基设计、挖方路基设计、软土地基处理设计、其它特殊地区的路基设计、路基防护与加固、挡土墙设计、路基排水设计、填方路堤施工、挖方路基施工、软土地基处治施工、其它特殊地区的路基施工、路基防护与加固施工、挡土墙施工和路基排水设施施工。

本书全面系统地总结了我国近十几年来高速公路设计与施工的先进技术经验,内容丰富,语言简练,图文并茂。既可供公路设计与施工技术人员参考、借鉴,亦可供大专院校相关专业师生学习参考。

《高速公路丛书》编委会

编委会主任：杨盛福

编委会副主任：张之强 李家本

编委：(按姓氏笔画为序)

于凤河	乌小健	王秉纲	毛宝兴	田凝寿
朱惠君	李 华	李少峰	李守善	李道辅
闵 江	沈天勇	张 全	陆仁达	郑道访
杨华仕	杨家沪	赵凤娟	顾 锋	屠筱北
曹右元	程英华	熊秋水		

秘 书 组：韩 敏 沈鸿雁

《高速公路路基设计与施工》

编写委员会

主 编 单 位：上海市公路管理处

副主编单位：山东省交通规划设计院

交通部第一公路工程总公司

主 编：朱惠君

副 主 编：李守善 沈天勇

编 委：

朱惠君	张奎鸿	陈良钧	徐 森	王一如
赵景明	杨志鸣	钱 玠	马 宁	李守善
张秋萍	陈辉海	宋心中	张 珂	沈天勇
陆仁达	闰洪海	冀瑞书	王立中	姜荣泽
林海蓉	赵 晖			

统 稿：朱惠君 徐 森

审 稿：沈天勇 常广生 张朝生 彭扬言

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述.....	1
第二节 路基土.....	2
第三节 路基干湿类型	11
第四节 高速公路路基的基本构造	27
第二章 填方路基设计	43
第一节 概述	43
第二节 填方路基的典型横断面	46
第三节 路基填土与压实	55
第四节 高路堤边坡稳定性验算	63
第五节 粉煤灰等工业废料填筑路堤	66
第三章 挖方路基设计	72
第一节 概述	72
第二节 挖方路基的横断面形式和路堑边坡	75
第三节 深路堑设计	78
第四节 工程实例	87
第四章 软土地基处理设计	92
第一节 概述	92
第二节 预压处理法	97
第三节 砂井、塑料排水板加固法	109
第四节 水泥土桩地基加固法.....	113
第五节 砂桩、碎石桩加固法	119
第五章 其它特殊地区的路基设计	124
第一节 概述.....	124
第二节 滑坡地段路基.....	125
第三节 多年冻土地区路基.....	140
第四节 岩溶地区路基.....	152
第五节 崩坍与岩堆地段路基.....	159
第六节 盐渍土地地区路基.....	169

第七节 黄土地区路基·····	176
第八节 膨胀土地区路基·····	198
第六章 路基防护与加固·····	208
第一节 概述·····	208
第二节 坡面防护·····	209
第三节 冲刷防护·····	220
第七章 挡土墙设计·····	229
第一节 概述·····	229
第二节 作用与计算力·····	233
第三节 重力式挡土墙·····	241
第四节 钢筋混凝土悬臂式和扶壁式挡土墙·····	252
第五节 加筋土挡土墙·····	258
第六节 锚固式挡土墙·····	269
第七节 工程实例·····	275
第八章 路基排水设计·····	286
第一节 概述·····	286
第二节 路基排水设计的一般规定·····	287
第三节 地表排水·····	288
第四节 地下排水·····	297
第五节 路面排水·····	308
第九章 填方路堤施工·····	314
第一节 概述·····	314
第二节 填方路堤填筑施工·····	315
第三节 桥涵及其它构造物处的填筑·····	320
第四节 粉煤灰路堤施工·····	328
第五节 路基压实·····	333
第十章 挖方路基施工·····	340
第一节 概述·····	340
第二节 挖方土石工程分级·····	343
第三节 土方路堑的开挖·····	346
第四节 爆破法开挖岩石路堑·····	354
第五节 松土法开挖岩石路堑·····	376
第六节 深挖路堑的施工·····	378
第十一章 软土地基处治施工·····	380
第一节 概述·····	380

第二节	垫层与浅层处治·····	382
第三节	排水固结法·····	386
第四节	振冲碎石桩·····	400
第五节	粉喷桩·····	408
第六节	土工聚合物处治加固法·····	417
第十二章	其它特殊地区的路基施工·····	422
第一节	滑坡地区路基施工·····	422
第二节	多年冻土地地区路基施工·····	427
第三节	岩溶地区路基施工·····	431
第四节	崩塌、滚石地区路基施工·····	434
第五节	盐渍土地地区路基施工·····	438
第六节	黄土地区路基施工·····	440
第七节	膨胀土地地区路基施工·····	443
第十三章	路基防护与加固施工·····	450
第一节	坡面防护施工·····	450
第二节	冲刷防护施工·····	467
第十四章	挡土墙施工·····	483
第一节	重力式挡土墙·····	483
第二节	钢筋混凝土悬臂式和扶壁式挡土墙·····	489
第三节	锚固式挡土墙·····	499
第四节	加筋土挡土墙·····	507
第十五章	路基排水设施施工·····	515
第一节	地表排水设施施工·····	515
第二节	地下排水设施施工·····	518
第三节	路面排水设施施工·····	522
参考文献	·····	524

第一章 绪 论

第一节 概 述

80年代以来,我国交通基础设施重点建设得到加强,公路建设有了飞速的发展,以高速公路为标志的高等级公路从无到有,进入一个新的建设时期,至1997年底高速公路通车里程已达4735km,预计到2000年将达到6500km。

高速公路作为现代化的公路运输基础设施,其产生和发展是国民经济发展的必然结果。目前,我国高速公路的通车里程不断增加,覆盖区域逐步扩大,建设步伐日益加快。1988年10月,沪嘉高速公路建成通车,使中国大陆高速公路实现了零的突破;1990年9月,大陆里程最长(全长375km)的沈大高速公路全线建成通车,它标志着我国公路建设进入了发展高等级公路的新时代;1993年9月,全长143km的京津塘高速公路全线开通营运,成为我国第一条部分利用世界银行贷款建设的跨省市高速公路。

高速公路是专供汽车分道高速行驶并全部立交、全部控制出入的公路,它代表了现代公路的最新、最高技术水平,采用较高的技术标准和较完善的交通工程设施,使高速公路与一般公路有质的不同。由于它具有标准高、质量好、设计车速高、承载与通行能力大、运输成本低、使用寿命长、交通事故少等特点,具有使汽车快速、安全、舒适、全天候、连续行驶的功能,因此,它在公路运输中占有重要的地位并发挥着巨大的作用。

高速公路是社会经济发展的产物,它建成通车后又促进社会经济高速发展。高速公路造就了高速经济产业带。被誉为“巴蜀坦途”的西南第一路——成渝高速公路通车仅一年,就产生了巨大的社会效益,沿成渝高速公路两侧已形成有相当规模和实力的,以机械、汽车、电子、冶金、化工、轻纺、建材、黑色金属冶炼为主的工业产业带,工农业总产值占全省的60%以上。而沪宁高速公路的建成通车不但对推动长江三角洲地区经济的发展将发挥很大的作用,同时它也为我国水网地区修建高速公路提供了一些新的经验。这条高速公路质量好、工期短、造价低,反映了我国在高速公路设计、施工与管理方面的新水平。沪宁高速公路的建成,将进一步密切内地与沿海

省市的联系,促进华东地区经济的进一步蓬勃发展。

我国高速公路建设方兴未艾,总结和探索高速公路设计和施工中的技术问题,总结路基建设中的经验与科研成果,推广应用技术成熟、经济合理的新技术、新材料、新工艺,对加快我国高速公路建设步伐,提高工程质量,节约投资具有十分重要的现实意义。

路基是公路工程的重要组成部分,是路面的基础。路基质量的好坏,将直接影响到路面的使用质量。路面的损坏往往与路基排水不畅、压实度不够、强度低等有直接关系,而且修复难度大、费用高。由此可见,保证路基稳定对提高路面使用品质的重要性不言而喻。因此,应将路基路面视为一个整体,进行综合设计与施工。高速公路的路基工程应严格按照交通部颁布的有关公路设计与施工的标准、规范的规定进行精心设计、精心施工,并依据当地自然条件,因地制宜,以保证路基具有足够的强度、稳定性和经济合理性。此外,还应考虑到养护、使用等方面的情况,并加强绿化环保工作,加强对社会环境和生态环境的保护。

在近十年来高速公路的建设中,作为公路主体工程的路基,在设计与施工技术方面取得了很大进展。先进的勘察、测试手段和电子计算机的应用为公路路基的设计提供了可靠的技术资料,公路路基综合稳定技术的研究列入了“七五”国家重点科技项目(攻关),并已通过科技成果鉴定,为生产实践所应用。岩土工程技术的发展,对软土、膨胀土、冻土、盐渍土、黄土等路基的工程治理,对不良地质地段,如滑坡、坍塌、泥石流的防治都有了新的突破,同时高路堤、深路堑的设计也取得了许多的经验。由于工程实践的需要,许多可用于路基工程的新材料,如土工织物、土工格栅、高强度塑料网、塑料排水板、软硬塑料排水管、加劲软式透水管、轻质填筑路基材料(EPS等)、土壤固化剂(NCS等)、草皮植生带;新技术方法,如深层搅拌、支挡技术、加筋技术、锚固技术、喷锚支护、网箱席垫、粉煤灰路堤、平孔排水等得到了充分的开发和应用。在设计与施工规范的制定和修订方面,也有了很大的进展,新的《公路路基设计规范》(JTJ 013—95)、《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—95)、《公路土工试验规程》(JTJ 051—93)、《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015—91)、《公路粉煤灰路堤设计与施工技术规范》(JTJ 016—93)、《公路软土地基路堤设计与施工规范》(JTJ 017—96)、《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 091—94)、《公路排水设计规范》(JTJ 018—97)业已颁布实施。目前正在制订用于路基设计的规范还有:《公路挡土墙设计与施工技术规范》、《公路勘测规范》等。上述的各个方面,对高速公路路基设计与施工的技术进步和提高路基工程设计与施工质量都起到了巨大的促进作用。

第二节 路 基 土

一、路基土的分类

自然界的土是在各种不同成土环境里形成的,其组成、结构、成分以及物理、水理、力学性质千差万别,再加之成土作用所经历的年代也有长短,因而土的种类繁多。在工程建设中为了正确评价土的工程特性,并从中测得其指标数据,以便采取合理的设计、施工方案,必须对土进行工程分类。

目前我国工程界对于土质分类法尚无统一完整的体系和标准。水电部、铁道部、地质矿产部、建设部、交通部等都编有本部门的“土工试验规程”(规范或手册)。由于工程对象不同,研究问题的出发点不同,因而对土质分类的目的、要求与方法以及对有关指标取值界限的数据也有所差异。公路路基土分类采用交通部颁布的《公路土工试验规程》(JTJ 051—93)(以下简称《土工规程》)的分类方法。

(一)土的分类依据

根据《土工规程》公路路基土的分类以下列特征作为土的分类依据:

1. 土颗粒组成特征以土的级配指标的不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)表示。

不均匀系数 C_u 反映粒径分布曲线上的土粒分布范围,其计算式为:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

曲率系数 C_c 反映粒径分布曲线上的土粒分布形状,其计算式为:

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (1-2)$$

式(1-1)和式(1-2)中, d_{10} 、 d_{30} 、 d_{60} 分别为土的粒径分布曲线上对应通过率10%、30%、60%的粒径(mm)。

当 $C_u \geq 5$ 、 $C_c = 1 \sim 3$ 时,属良好级配;如不同时满足此条件,则属不良级配。

2. 土的塑性指标以液限(w_L)、塑限(w_P)和塑性指数(I_P)表示。

3. 土中有机质存在情况。

(二)路基土的分类

首先,按有机质含量多少,划分成有机土和无机土两大类;其次,将无机土按粒组含量由粗到细划分为巨粒土、粗粒土和细粒土三类;最后,若为巨

粒土和粗粒土,则按其细粒土含量和级配情况进一步细分,若为细粒土,则按其塑性指数(I_P)和液限(w_L)在塑性图上的位置进一步细分。

公路用土按土的粒径分为巨粒组、粗粒组和细粒组,详见表 1-1。此外,对定出的土名还应给予明确含义的文字代号,公路用土分类的基本代号如表 1-2 所示,这样既可一目了然,又可为运用电子计算机检索土质试验资料提供条件。

粒 粗 划 分 表 表 1-1

粒径 (mm)	200		60	20	5	2	0.5	0.25	0.074	0.002	
粒 组	巨 粒 组		粗 粒 组						细 粒 组		
粒 名	漂 石 (块石)	卵 石 (小块石)	砾(角砾)			砂			粉 粒	粘 粒	
			粗	中	细	粗	中	细			

土的基本代号表 表 1-2

土 类	巨 粒 土	粗 粒 土	细 粒 土	有 机 土
成分代号	漂石 B 块石 B _a 卵石 Cb 小块石 Cb _a	砾 G 角砾 G _a 砂 S	粉土 M 粘土 C 细粒土 (C 和 M 合称)F 混合土 (粗细粒 土合称)SI	有机质土 O
级配和液限 高低代号	级配良好 W; 级配不良 P		高液限 H; 低液限 L	

注:①土类名称可用一个基本代号表示。当由两个基本代号构成时,第一个代号表示土的主成分,第二个代号表示副成分(级配或液限)。当由三个基本代号构成时,第一个代号表示土的主成分,第二个代号表示液限(或级配),第三个代号表示土中所含次要成分;

②液限的高低以 50 划分,级配以不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)表示。

根据上述分类依据,同时吸收国内外分类体系的优点,并结合本系统在工程实践中所取得的试验研究成果,提出了土质统一分类的体系详见图 1-1。

巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土的分类标准如下:

巨粒土分类:试样中巨粒组(大于 60mm 的颗粒)质量多于总质量 50% 的土称为巨粒土,分类体系见表 1-3。

巨 粒 土 分 类 表 表 1-3

土 组	土组代号	漂石粒(>200mm 颗粒)含量(%)
漂(卵)石 (大于 60mm 颗粒>75%)	漂 石	B
	卵 石	Cb
		>50
		≤50

续上表

土 组		土组代号	漂石粒(>200mm 颗粒)含量(%)
漂(卵)石夹土 (大于 60mm 颗粒占 75%~50%)	漂石夹土	BSI	>50
	卵石夹土	CbSI	≤50
漂(卵)石质土 (大于 60mm 颗粒占 50%~15%)	漂石质土	SIb	>卵石粒含量
	卵石质土	SIcb	<卵石粒含量

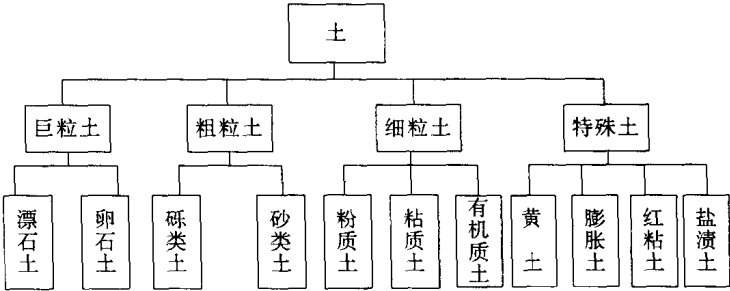


图1 1 土的分类总体系

粗粒土分类:试样中粗粒组(60mm~0.074mm 的颗粒)质量多于总质量 50%的土称为粗粒土。粗粒土中砾类组(60mm~2mm 的颗粒)质量多于总质量 50%的土称为砾类土,分类体系见表 1-4;粗粒土中砾类组质量少于或等于总质量 50%的土称为砂类土,其分类体系见表 1-5。

砾类土 分类表

表 1-4

土 组		土组代号	细粒组(<0.074mm)含量(%)
砾	级配良好砾	GW	<5
	级配不良砾	GP	
含 细 粒 土 砾		GF	5~15
细粒土质砾	粉土质砾	GM	15~50
	粘土质砾	GC	

砂类土 分类表

表 1-5

土 组		土组代号	细粒组(<0.074mm)含量(%)
砂	级配良好砂	SW	<5
	级配不良砂	SP	
含 细 粒 土 砂		SF	5~15
细粒土质砂	粉土质砂	SM	15~50
	粘土质砂	SC	

细粒土分类:试样中细粒组(小于 0.074mm 的颗粒)质量多于总质量 50%的土称为细粒土,细粒土根据塑性图分类,其分类体系见表 1-6。

细 粒 土 分 类 表

表 1-6

土		组	土组代号	粗粒组含量 (%)	砾粒含量
粉 质 土	高液限粉土	MH	≤25		
	低液限粉土	ML			
	含砾高液限粉土	MHG	25~50	>砂 粒	
	含砾低液限粉土	MLG			
	含砂高液限粉土	MHS		<砂 粒	
	含砂低液限粉土	MLS			
粘 质 土	高液限粘土	CH	≤25		
	低液限粘土	CL			
	含砾高液限粘土	CHG	25~50	>砂 粒	
	含砾低液限粘土	CLG			
	含砂高液限粘土	CHS		<砂 粒	
	含砂低液限粘土	CLS			
有机质土	有机质高液限粘土	CHO	土的塑性图上 A 线以上		
	有机质低液限粘土	CLO			
	有机质高液限粉土	MHO	土的塑性图上 A 线以下		
	有机质低液限粉土	MLO			

特殊土分类给出了黄土(Y)、膨胀土(E)和红粘土(R)在塑性图上的分布位置(见图 1-2)。由于特殊土的成因、矿物成分和结构与一般土有别,因此,它们在塑性图上各占据一定的范围。黄土粉粒含量高,其中的粘土矿物成分以次生的高岭石为主,属低液限粘土(CLY),故主要集中于 A 线以上的低液限区, $w_L < 40\%$ 。膨胀土(E)是高分散性的粘土,其矿物成分中亲水的蒙脱石含量较其它土为多,属高液限粘土(CHE),主要集中于 A 线以上高液限区, $w_L > 50\%$ 。红粘土(R)的粘粒含量一般为 50%~70%,属粘土。但由于它们富含铁铝,天然状态下呈团粒结构,使按常规方法测得的塑性指数(I_P)偏低而落于 A 线以下,因此,视它为高液限粉土(MHR),其 $w_L > 55\%$;并且发现,凡是落在 A 线以上的红粘土,其矿物成分中总是混入了一定量的蒙脱石和蛭石等亲水物质,这样的红粘土与 A 线以下的有明显区别,而且有强烈的膨胀性,如果它们位于膨胀土范围内,应当视为膨胀土。盐渍土(St)根据被利用的土层中平均总盐量可分为弱盐渍土、中盐渍土、强盐渍土和过盐渍土四类(见表 1-7),表中所指含盐种类名称的定性区分标准