

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2025.02.018

引用格式:梁丽艳,周富华.湿热地区市政道路过湿土路基设计要点分析[J].公路与汽运,2025,41(2):83-86.

Citation:LIANG Liyan,ZHOU Fuhua.Analysis of design key points of overwetted soil roadbed of municipal road in hot and humid area[J].Highways & Automotive Applications,2025,41(2):83-86.

湿热地区市政道路过湿土路基设计要点分析

梁丽艳¹,周富华²

(1.融水苗族自治县交通运输局,广西柳州 545300;2.广西交投科技有限公司,广西南宁 530001)

摘要:过湿土是湿热地区市政道路工程建设中常见特殊性土,严重影响工程质量、安全和耐久性。现行技术规范将过湿土列为软土,采用翻晒、掺灰改良、废弃等处置方法,与湿热地区气候条件不相适应,且大量弃土将增加占地,甚至引发次生灾害。文中结合某市政道路工程,分析过湿土的工程特性,提出原位强夯置换、石料改良、防排水等处置方法,为高温多雨地区工程建设中过湿土处置提供参考。

关键词:公路;市政道路;过湿土;路基设计;湿热地区

中图分类号:U419

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2025)02-0083-04

过湿土在中国南方湿热地区分布广泛^[1],其天然含水率偏高,明显大于其最佳含水率,压实困难,强度随季节变化大,对地基、边坡稳定性影响大,建成后路基沉陷、开裂、边坡失稳等病害问题突出^[2]。做好过湿土处置设计,可从源头提升工程质量和安全水平,有效降低运维成本。现行技术规范将过湿土列为软土进行处置^[3],存在一定局限,在湿热多雨地区适应性差。本文分析某市政道路过湿土的工程特性和现行处置技术存在的问题,提出原位强夯置换、石料改良、防排水等技术措施,有效降低过湿土含水率,提升其自身强度,实现过湿土的综合利用。

1 工程概况

1.1 自然环境条件

广西南宁市东郊某市政道路全长 1 238.0 m,为城市次干路,设计速度 50 km/h,道路标准段红线宽度为 30.0 m,单幅路形式,双向四车道^[4]。项目区常年平均气温为 21.8℃,最高温度为 38.2~39.6℃,年平均降雨量为 1 307.1 mm。路线跨越垄状低丘,分布有小丘坡、低洼沟谷、坡地等微地貌,最大相对高差约 28 m,自然坡度一般为 2°~8°,局部大于 10°。K0+760—780 段以挖方形式下穿贵南(贵阳—南宁)高速铁路,K0+240—260 段路基挖方边坡上方分布有高压输电塔基、油气管线及工业厂房等重要设施。

1.2 工程地质条件

沿线地形起伏较大,挖方工程量约 40.0 万 m³,挖方路段长 755 m,占 61%,挖方高度 3.0~16.5 m;填方工程量约 25.0 万 m³,填方路段长 483 m,占 39%,填方高度 3.0~16.5 m。主要地层岩性为素填土、冲积土、残积土和泥岩,其中:素填土为城市建设弃置,主要成分为泥岩弃土及黏性土,混杂 25%~40%砾石、碎石、建筑垃圾和有机质等,土质不均,厚度为 0.50~15.10 m,填筑时间约 5 年;冲积土包括粉质黏土和圆砾双层结构土体,厚度为 0.8~7.5 m;残积土为粉质黏土,属于粉砂质泥岩风化产物,厚度为 1.0~14.0 m;下伏泥岩包括中厚层状泥岩、粉砂质泥岩夹煤层或煤线。各地层的主要物理力学指标见表 1。

项目区零星分布有水塘和湿地公园,受其影响,主要地下水包括上层滞水、孔隙潜水和碎屑岩类孔隙裂隙水。其中:上层滞水赋存于素填土的孔隙中,土层储水条件差,赋存埋深 2.0~10.5 m,路基开挖揭露到该层地下水,易发生边坡崩塌、滑坡,对工程建设影响较大;孔隙潜水赋存于圆砾层,地下水位、水质、水量受季节气候影响较大,赋存埋深 5.0~15.0 m,路基未揭露到该层地下水,其对工程建设影响小;碎屑岩类孔隙裂隙水为孔隙裂隙承压水,赋存于粉砂岩孔隙裂隙中,深度超过 20.0 m,水量贫乏,路基建设未揭露。

表 1 各地层的主要物理力学指标

岩性	天然含水率/%	质量密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	液性 指数	内摩擦角/(°)			黏聚力/kPa			压缩模 量/MPa	承载力特 征值/kPa
				直剪	固结 快剪	饱和 快剪	直剪	固结 快剪	饱和 快剪		
素填土	30	2.00	0.22	6.0	6.2	5.0	10.0	16.0	8.0	6.0	120
冲积层粉质黏土	25	2.15	0.21	7.0	—	—	14.0	—	—	6.5	180
冲积层圆砾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	280
残积层粉质黏土	25	2.08	0.09	10.4	9.5	9.0	35.0	25.0	18.0	10.0	210
强风化粉砂质泥岩	—	2.10	—	13.5	—	—	70.0	—	—	—	280
中风化粉砂质泥岩	—	2.20	—	20.0	—	—	90.0	—	—	—	600

1.3 工程安全问题

沿线过湿土层厚度大,这类土的透水性较差,含水量偏高,对工程质量和安全的影响主要为:

(1) 地基稳定性。根据设计标高,挖方路基顶位于填土、冲积土、残坡积土层,填方地基大部分为过湿性填土,压缩模量大,地基强度低。

(2) 挖方土质的路用性。挖方主要有填土、残坡积土,含水量偏高,压实效果差。如用作填料,工后沉降大。如将其废弃,将占用大量土地,甚至引发水土流失、地质灾害等次生问题。

(3) 边坡稳定性。土的含水量偏高,边坡开挖后,水分蒸发,土干缩开裂,强度急剧下降,易发生崩塌、滑坡,危及周边设施安全。如 K0+760—780 段下穿贵南高速铁路,挖方高度达 10 m;K0+240—260 段路基挖方边坡高 15 m,边坡上方分布有高压塔基、厂房等设施。

2 过湿土的工程特性

2.1 过湿土的判别与分类

相关技术规范对过湿土无统一的界定标准,涉及种类多^[5]。市政、公路路基土分类中将过湿土列入软土、高液限黏土^[3,6],《公路桥涵地基与基础设计规范》根据天然含水率将粉土划分为很湿土、湿土和稍湿土三类^[7]。本文根据多年工程勘察设计经验,参考文献[8-9],采用土体的天然含水率 w 和稠度 W_c 判别过湿土。稠度为土的液限与天然含水率之差/塑性指数,可较全面地反映土的软硬程度和可压实性。 $w \geq 20\%$ 判定为湿土, $w \geq 30\%$ 判定为很湿土。 $W_c < 1.00$ 时称为过湿土,其中 $W_c < 0.5$ 时呈极软塑状, $W_c = 0.50 \sim 0.75$ 时呈软塑状, $W_c = 0.75 \sim 1.00$ 时呈硬塑状。该判别方法与碾压中潮湿性细颗粒黏性土、粉土易翻浆、起弹簧的现象较吻

合,也符合较高的塑性和液限指数测试值特性。

2.2 过湿土的物理力学特性

过湿土主要来自素填土、粉质黏土层,通过土工试验检测其物理力学指标,结果如下:

(1) 天然含水率均大于 25%,液限为 50%~60%,稠度为 0.5~0.8,属于高液限软塑~硬塑湿土。

(2) 挖方土最小承载比为 2.0~5.0,强度基本满足路基要求。

(3) 土质自由膨胀率为 0.28~0.35,胀缩总率为 1.50~2.00,50 kPa 下相对膨胀率为 0.20~0.80,依据 DB 45/T 396—2022《膨胀土地区建筑技术规范》判定为弱膨胀土,可用作路基下路床和路堤填料。

(4) 最佳含水率为 10%~15%,远小于其天然含水率,压实效果差。

(5) 过湿土与软土在高含水率、高孔隙比和低强度等特性方面存在较大区别,其程度比软土低,如过湿土的承载力指数和黏聚力总体较高。

2.3 过湿土的工程影响

(1) 填方地基、挖方路床属于过湿土,可压缩性大,后期容易出现沉降变形和路基、路面开裂。

(2) 如直接将挖方土用于路基填筑,碾压过程中易出现车辙、翻浆和弹簧现象,可压实性差,工后沉降和边坡变形大。

(3) 挖方边坡土质呈软塑状,开挖后土体应力释放,易发生较大变形;高温作用下表层水分蒸发,会出现开裂,黏聚力急剧下降,导致边坡坍塌。

3 过湿土路基设计技术

3.1 现有过湿土处置技术

相关技术规范^[6]和文献^[10]关于过湿土路基的

处置技术主要包括:1) 零填、挖方路基。对路床及以下一定范围过湿土采用水稳性较好的填料进行换填,换填厚度0.8~1.5 m。2) 填方路基。地基采用换填、复合地基或水泥、石灰拌和进行处理。对填料采用翻拌、粉碎、晾晒方式或石灰改良进行处理,降低其含水量,接近最佳含水量后进行填筑。3) 路基边坡。坡度采用1:1.5~1:2.0,并进行植物防护。如不具备放坡条件,则设置支挡结构。

在湿热地区特殊气候条件和国家严格控制取弃土场临时用地、加快绿色低碳转型产业发展等政策背景下,上述过湿土处置技术弊端日益显现:换填、缓坡技术会增加项目用地,大量弃土生态环境效益差;复合地基、边坡支挡结构虽能快速提高土体强度、控制路基沉降和边坡变形,但对于强度较高的过湿土,其经济性差;填料翻晒方式的经济性较好,但该项目所在地区雨季时间长,石灰改良受土质韧性和湿热多雨天气影响大,严重影响工期和施工质量。

3.2 过湿土路基设计要点

针对该项目过湿土的工程特性及现有过湿土处置技术应用于高温多雨湿热地区的局限性,提出过湿土路基设计要点。

3.2.1 零填、挖方路基

(1) 路床的处理。清表后,挖除路床范围(深度0.8 m)内过湿土,采用轻型羊足碾进行原位碾压,压实度按88%控制。分层回填石料,按填石路堤选择填料并进行压实,顶部铺筑20 cm厚级配碎石。

(2) 挖除边坡、路床等过湿土,用作路堤填料。

(3) 路堑边坡。边坡分级高度为8.0 m,平台宽度为2.0 m,坡度为1:1.5,坡面挂三维网客土喷播防护。边坡平台硬化,沿边坡纵向间隔8 m修建一道横向渗沟,坡脚设置纵向排水沟和渗沟。紧邻高铁、高压输电塔基路段增设坡脚微型钢管桩挡墙,以较完整基岩作为挡墙的桩基持力层,严格控制边坡变形。

3.2.2 填方路基

(1) 地基处理。清表后,对过湿土表面夯填50 cm厚片石,通过强夯将其嵌入过湿土中,并铺筑30 cm厚级配碎石找平。

(2) 路基填筑。利用挖方过湿土填筑路基。过湿土稠度为0.75~1.00,呈硬塑状,天然含水率不超过30%,路堤填料最小承载比不小于2.5,路床填料最小承载比不小于3.0。填筑2层土,每层松铺厚度20 cm,压实度93%;再填筑一层30 cm厚、单轴抗

压强度不小于30 MPa的片石、碎石,按填石路堤进行压实控制。

(3) 路堤边坡。边坡坡度为1:1.5,分级高度为8.0 m,平台宽度为2.0 m,坡面挂三维网客土喷播防护。对边坡平台进行硬化并修建截水沟,沿边坡纵向间隔30 m修建一道横向急流槽。

路堑、路堤设计断面形式分别见图1、图2。

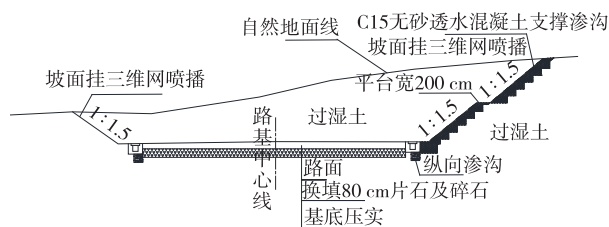


图1 过湿土路堑设计断面形式

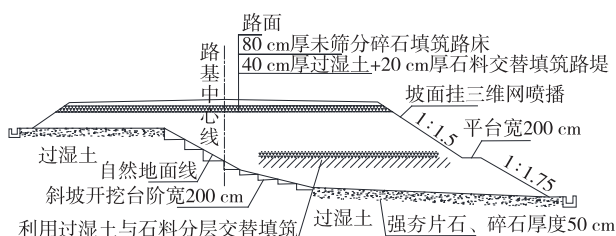


图2 过湿土路堤设计断面形式

3.3 处置效果

(1) 填方地基、挖方路床地基强度显著提高。过湿土经片石、碎石强夯置换,部分石料嵌入土体,形成强度较高的硬壳结构,有效承担了上部路面结构及行车荷载。地基承载力超过300 kPa,比常规换填土提高50%。

(2) 填方路基压实性能明显改善。过湿土和石料分层交替填筑,为过湿土压实过程排水、固结营造了更好的通道,压实度明显提升,并有效提高了路基整体强度。沉降观测结果表明,填筑1个月后,填高为16 m的路堤沉降趋于稳定,工后沉降时间大大缩短。

(3) 挖方边坡稳定性好。坡度设计为1:1.5,通过边坡平台硬化、增设渗沟、植草防护,有效减少了雨水入渗,加快了坡体排水,边坡土体强度明显提高。根据取样土工试验结果,施工完成1个月后,天然含水率降低20%,黏聚力、内摩擦角提高15%~20%,边坡稳定性系数提高。而周边类似工程中坡度1:1.75~1:2.00的过湿土边坡,开挖后均出现不同程度坍塌。

(4) 周边设施安全。通过设置穿越过湿土的桩

基挡墙,紧邻高铁、高压输电塔基等重要设施路段挖方边坡的抗倾覆、抗滑移能力提高,边坡变形得到有效控制,保障了坡顶设施的安全。

(5) 经济、环境效益好。减少 15.0 万 m^3 过湿土废弃。通过调整挖方边坡坡度,减少过湿土约 3.0 万 m^3 ,节约造价 900 万元。

4 结语

本文分析湿热多雨地区市政道路过湿土的工程特性,总结现行处置技术及存在的主要问题,研究湿热地区市政道路路基设计技术要点,通过构建较完善的路基排水设施和原位提高路基整体强度,实现过湿土的综合利用和工程的安全施工。主要结论如下:

(1) 对过湿土地基进行片石、碎石强夯置换,有利于地基排水固结,地基强度提高,能有效防止路基不均匀沉降、滑移等病害。

(2) 采用过湿土和片石、碎石分层交替填筑路堤,能避免传统掺水泥、石灰搅拌施工工艺复杂和工期较长的问题,路基整体强度提高且具有较好的排水效果,有利于路堤稳定。

(3) 边坡设置支撑渗沟和植物防护,具有良好的排水固结和吸水能力,岩土体强度提高,有利于边坡稳定。

(4) 对分布有重要设施的过湿土路堑边坡设置桩基挡墙,可有效控制边坡变形。

考虑到目前对过湿土尚无明确定义和现行技术规范中处置技术的通用性,在实际工程应用中,须深

入研究具体工点过湿土的工程特性,结合自然环境条件进行综合比选,确定经济合理、技术可靠的处置措施,建设平安百年品质工程。

参考文献:

- [1] 莫朝晖.海口绕城公路过湿土路基的处理方法[J].公路与汽运,2006(4):92-94.
- [2] 张建平.张罗公路过湿土路基处理技术[J].公路与汽运,2005(3):66-68.
- [3] 同济大学.城市道路路基设计规范:CJJ 194—2013[S].北京:建筑工业出版社,2013.
- [4] 中铁二院工程集团有限责任公司.某市政道路工程可行性研究报告[R].南宁:中铁二院工程集团有限责任公司,2022.
- [5] 周珍军.过湿土处理技术在公路路基施工中的应用研究[J].黑龙江交通科技,2017,40(3):94-96.
- [6] 中交第三公路工程局有限公司.公路路基施工技术规范:JTG/T 3610—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.
- [7] 刘晓娣,李会驰,赵君黎.《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363—2019)修订情况介绍[J].公路,2021,66(1):162-164.
- [8] 陈海萍,彭立峰.高速公路路基施工中过湿土的施工对策[J].东北公路,1997,20(1):59-60.
- [9] 甘顺金.过湿土路基工程特性及处治措施[J].青海科技,2009,16(6):104-106.
- [10] 陈海雄,刘龙武,张健,等.固化技术在软土地基中的应用研究[J].公路与汽运,2022(2):71-73.

收稿日期:2023-09-04

《公路与汽运》杂志 2025 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。为首届(2006年)中国高校特色科技期刊、《公路运输领域高质量科技期刊分级目录》收录期刊、RCCSE 中国准核心学术期刊(B^+)、湖南省一级期刊、JST 日本科学技术振兴机构数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据-数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊奖。

本刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术、新材料。2025 年拟设主要栏目:“智能车辆与交通”专栏;汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥梁工程;工程经济与管理。

本刊为双月刊,逢单月 25 日出版。国内邮发代号:42-95。每期定价 15 元,全年 90 元。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅,订阅款请汇至本刊编辑部或银行账号。

通信地址:长沙理工大学云塘校区 8 号信箱

邮编:410114

联系电话:0731-83528400,85258189

开户行:工商银行长沙银迅支行

户名:长沙理工大学

账号:190101600910988886