



图 7 优化后工艺凝固过程模拟结果

## 6 生产验证

基于华铸 CAE 模拟优化结果, 确定优化后的浇注系统可有效控制铸件变形及冲砂、夹杂风险。按照优化方案进行组箱造型, 树脂砂造型完成后在平整造型平台上静置待浇; 浇注前在砂箱顶面施加约 7 倍浇注重量的压铁, 以抑制铸件凝固过程中石墨化膨胀引发的变形; 浇注后铸件在型内冷却 100h, 待温度低于 250℃ 时进行落砂处理; 去除浇注系统后对铸件进行去应力退火, 经清理打磨后检测: 导轨面硬度达到 200HB (满足  $\geq 180\text{HB}$  的技术要求), 导轨最大变形量仅 5.7mm; 铸件外观无明显缺陷, 厚大部位无缩松、缩凹等内部缺陷, 完全满足客户技术要求, 实现一次性成功生产<sup>[5]</sup>。

## 7 结语

本文通过 "CAE 模拟仿真 — 工艺优化迭代 — 生产实践验证" 的技术路径, 成功解决了大型 HT300 机床横梁实型铸造过程中的充型不均、温差过大、变形超标等关键技术难题。核心创新点在于重构阶梯式浇注系统, 采用纸塑管组合结构与双阶 24 组内浇口均匀布局, 通过优化浇道截面积比例, 实现了充型平稳性、温度场均匀性与凝固同步性的协

同提升。

实际生产验证表明, 优化后的工艺可使铸件导轨面硬度达到 200HB, 最大变形量控制在 5.7mm 以内, 无缩松、冷隔等缺陷, 显著提升了铸件质量与生产可靠性。本研究建立的 "模拟驱动 — 工艺迭代 — 生产验证" 方法, 为大型复杂灰铸铁件的实型铸造工艺设计提供了高效、可靠的技术范式, 对同类铸件的生产具有重要的工程应用价值与推广意义。

## 参考文献

- [1] 范涛, 张巨成等. 传动壳体铸铁件的数值模拟和铸造工艺优化 [C]. 第十一届中国钢铁年会论文集.
- [2] 赵红乐, 张纬. 一种铸钢行星架产品的铸造工艺优化 [J]. 铸造, 2021, 70 (11).
- [3] 冯涛, 申荣华. 采用实型铸造的模架工艺设计及优化 [J]. 铸造技术, 2016, 37 (03).
- [4] 李平, 樊帅奇. 铲板槽帮消失模铸造过程数值模拟及工艺优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43 (03).
- [5] 肖占德, 韩永生, 张宝兴. 中大型机床实型铸造工艺设计 [J]. 铸造技术, 2008, 28 (3).

# Discussion on the Quality Control of Municipal Road Lime Soil Subgrade Construction

Hui Liao

Shanghai Jinbinhai Construction Development Co., Ltd., Shanghai, 200540, China

## Abstract

With societal development, municipal road traffic volume has significantly increased, leading to more frequent instances of roads operating at full or even overload capacity. Consequently, the overall integrity, load-bearing capacity, and stability of road subgrades have become increasingly critical. The subgrade and base course of municipal road projects predominantly consist of lime-soil subgrades, which now require higher construction quality standards. Taking the Linxing Road (Tinghao Road–Tingkai Road) project in Tinglin New Community as a case study, this paper explores the formulation of a lime-soil subgrade construction plan based on the project's actual conditions. It provides a detailed analysis of material quality control and construction procedures for lime-soil subgrade construction in this project, identifies common quality deficiencies during construction, and proposes corresponding remedial measures. The study ultimately summarizes effective construction methods for lime-soil subgrades in municipal road projects, offering valuable references for similar engineering applications.

## Keywords

Lime soil subgrade construction; Quality control; Treatment measures

# 浅谈市政道路石灰土路基施工质量控制

廖晖

上海金滨海建设发展有限公司, 中国·上海 200540

## 摘要

随着社会的发展, 市政道路车流量越来越大, 道路存在满负荷甚至超负荷运转情况也越来越多, 对应的市政道路对基层的整体性、承载力、稳定性越来越高。市政道路工程基层和底基层多为石灰土路基, 对石灰土路基的施工质量也有了更高的要求。现以亭林新社区林兴路(亭浩路—亭凯路)工程为例, 结合项目实际情况, 几方探讨制定石灰土路基施工方案。比较详细的阐述了本工程石灰土路基施工的原材质量控制和施工流程, 指出了施工中常见质量薄弱点, 给出相应的处理措施。总结形成市政道路工程石灰土路基施工方法, 为相似工程提供借鉴。

## 关键词

石灰土路基施工; 质量控制; 处理措施

## 1 引言

道路路基质量直接影响路面施工状况, 石灰土具有造价低廉且具有较高的强度, 较强的板体等性能, 因此在市政道路建设中被广泛应用于路面的垫层、底基层及基层中。但石灰土的施工工艺和质量控制比较复杂, 需要多方面考虑质量影响因素并采取有效措施加以控制。因此市政道路质量的关键在于石灰土路基施工质量。

本文结合亭林新社区林兴路(亭浩路—亭凯路)新建工程施工现状, 探讨石灰土路基在市政道路工程中的质量控制。

本工程位于亭林新社区, 结合地勘报告和现场实

际土质, 表层为杂填土, 中下层多为砂性土和重黏土。为控制造价和做好土方平衡, 和施工单位商定表层杂填土清表完成后, 充分利用开挖路床土方, 在项目东段远离居民区的路边堆大牛闷灰, 后期在加灰路拌的施工方案。

本项目开工日期为 2021 年 12 月 25 日, 开工后先进行雨、污水管道施工, 至 2022 年 4 月中旬雨、污水管道施工完成。4 月下旬至 6 月上旬进行石灰土路基施工。一方面可以避开春季雨季和梅雨雨季, 另一方面可以避开冬季和夏季高温, 有利于石灰土路基施工质量控制。

石灰土底基层设计图纸为 30cm 6% 石灰土 +30cm 8% 石灰土, 6% 石灰土压实度 93%, 8% 石灰土压实度 95%。结合实际土质多为砂性土和重黏土情况, 采用磨细生石灰初步堆大牛闷灰和二次加熟石灰路拌的方式进行石灰土施工。第一次加入生石灰一半左右, 在土场堆大牛处理。闷料 3 天, 不仅可降低重黏土的含水量, 还能对重黏土起“砂化”作用,

【作者简介】廖晖(1981—), 男, 中国湖北宜城人, 本科, 工程师, 从事市政工程施工管理研究。

有效缩短施工周期,降低施工难度。第二次采用路拌形式加入熟石灰料,用稳定土拌合机充分拌合后,推土机初平,平地机精平,随后用压路机进行碾压成活,最后洒水养护。

## 2 原材料质量控制

### 2.1 土质

有条件时尽可能选用属性指数在 12 ~ 20 之间的粉质粘土。如土源紧缺,也可以选择砂性土或重黏土,但为保证工程质量,要经过必要处理。

如土质为砂性土,需经实验室做配合比实验确定相关参数,掺入适当比例黏土,还要加大石灰剂量来提高强度,必要时还要加入一定剂量水泥。

如土质为重黏土,必须对土块进行晾晒和充分破碎,否则石灰很难拌和均匀,进而影响碾压效果和强度。实践经验,重黏土分两次加灰效果较好。

### 2.2 石灰

石灰宜采用 1~3 级的新灰。本工程采用 2 级石灰,进场合格证齐全,送检检测合格后方可投入使用。磨细生石灰可以不消解直接使用。用块灰时应在使用前提前消解,未消解的灰块粒不得大于 1cm。生石灰的  $\text{CaO}+\text{MgO}$  含量不低于 60%,熟石灰的  $\text{CaO}+\text{MgO}$  含量不低于 50%,当石灰质量不能达到以上要求时,可提高石灰用量以补充其活性。

### 2.3 施工用水

水质应清洁无污染,以自来水为宜。

## 3 机械设备选择

石灰土基层施工主要机械

反铲挖掘机、推土机、平地机、自卸车、轻型压路机、振动压路机、铁三轮压路机、洒水车等。

小型机具及检测设备

小型冲击夯、铁锹、全站仪、水准仪、塔尺、环刀等。

## 4 石灰土路基施工方法

石灰土底基层施工工艺流程一般按照“准备下承层→测量放样→运送、摊铺土方→摊铺石灰→石灰土拌和→整形、碾压→检测→养生”这样的工艺流程。

### 4.1 准备工作

#### 4.1.1 土工试验

在项目正式施工前,应选择料场的典型土样按照图纸要求进行重型击实试验,抽样送检石灰材料重点钙含量和氧化镁含量。不同土质和不同石灰剂量的石灰土各有其不同的最佳含水量,分别对 6% 和 8% 石灰土进行重型击实试验,以得到不同含水量下的干密度数据曲线。对照数据曲线,得到不同灰剂量下石灰土的最佳含水量和最大干密度。为后续的施工最佳含水量控制和压实度检测提供依据。

#### 4.1.2 下承层准备

在施工前先进行土路基验收。确认压实度、高程、宽度、

平整度、横坡、中线这些指标达到要求。

#### 4.1.3 测量放样

放样时,每 10 米设置一高程点位,并设置钢筋桩在相应的断面路肩外侧。木桩上用红油漆(或者塑料绳扎紧)标注该层石灰土的松铺高度。

#### 4.1.4 试验段施工

大面积石灰土底基层施工前,可选取 200 米左右进行试验段施工。通过试验来选定施工机械设备最佳组合方式,确定石灰土松铺系数、碾压遍数、碾压速度和碾压最佳含水量等工艺参数。如果石灰土底基层施工面积不大或者不具备试验段施工条件,相关技术参数指标可以往经验来定,实际施工过程中适当微调。

### 4.2 摊铺和拌合

#### 4.2.1 摊铺石灰土

铺筑前根据以往施工经验的松铺系数来算松铺厚度,人工配合推土机进行粗平。在摊铺过程中,安排工人及时捡除石灰土中的杂物

#### 4.2.2 二次布灰

本工程因多为砂性土和重黏土,采用一半磨细生石灰堆大牛,不仅可降低重黏土的含水量,还能对重黏土起“砂化”作用。石灰土摊铺后先用大宝马破碎机将未砂化的重黏土充分破碎至符合规定要求的粒径范围(一般小于等于 15mm)。平整后采用轻型压路机先稳压 1-2 遍,使其表面平整,然后打上方格网(方格网一般为 15m×15m),根据设计的灰剂量(路拌法灰剂量一般应增加 1-2%),准确计算出每个网格内所需熟石灰质量来进行均匀布灰。

#### 4.2.3 石灰土拌合

布灰完成立即拌合,大宝马拌合机翻拌 2-3 遍即可,具体看实际灰土粒径和石灰均匀度,不得留有素土夹层,要拌入到下一层 10mm 以上,在拌合过程中及时检查含水量,使其略大于最佳值。如石灰土过干补充洒水,保证混合料的色泽一致,没有灰团、灰条及花面;如石灰土过湿,可利用有利天气翻晒,拌合均匀至合适含水量。严禁工人随意布灰,造成灰剂量有较大偏差。拌合完成后及时抽检试验测定灰剂量,避免后续灰剂量检测不合格导致返工。

### 4.3 整形和碾压

#### 4.3.1 整形

石灰土拌合均匀后,先用轻型压路机进行稳压 1-2 遍,根据大面的平整度情况,对局部高程相差较大(一般指超出设计高程 +5 cm 时)的面用推土机进行粗平。粗平时直线段采用两侧向中心推平;平曲线段,内侧向外侧推平。这样易形成路拱和坡度。测量及时跟进,缺土部位及时填补。

#### 4.3.2 碾压

按照逐桩高程复测标高,根据横断面尺寸每个横断面至少复测三个点(路中+两侧路边)。据经验放出适当松铺系数,平地机进行精平,一般平地机精平过程中,石灰土