

# 公路工程中石灰土路基施工技术 应用及质量控制措施

李建学<sup>1</sup>，余 盛<sup>2\*</sup>

(1. 四川路航建设工程有限公司，四川 成都 610000；

2. 四川三江交通建设工程有限公司，四川 宜宾 644000)

**摘 要** 随着我国交通基础设施的不断发展，高速公路的建设规模不断扩大，如何保证公路工程的施工质量，成为行业关注的焦点。在这一背景下，石灰土路基施工技术因其良好的稳定性、较低的成本，逐渐成为公路工程中的重要施工技术。这一技术能够有效提高路基的强度，防止路基沉降，是现代公路工程中常用的处理方法。本研究探讨了石灰土路基施工技术的应用及其质量控制措施，旨在为相关技术的优化提供有益参考。

**关键词** 公路工程；石灰土路基；选料配比；摊铺整平；碾压巩固

中图分类号：U416.1

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2025.07.020

## 0 引言

公路工程中的石灰土路基施工技术是指通过在土壤中加入适量的石灰，改善土壤的物理性质，提高其承载力。石灰土路基施工技术可以有效解决传统土质在路基建设中的弱点，为公路工程提供坚实的基础。然而，尽管石灰土路基技术具有许多优势，在实际施工过程中，仍然存在着石灰土配比不当、施工质量控制不到位等许多需要解决的技术问题，这些问题可能导致路基强度不足，影响公路的使用寿命。

## 1 选料配比环节技术及质量控制措施

在公路工程的石灰土路基施工中，选料配比环节是确保施工质量的关键步骤之一。合理的选料和精确的配比能够显著提高路基的承载能力、稳定性。石灰的质量、土壤的粒径分布、含水率等因素直接影响混合物的稳定性及后期的压实效果。在石灰土路基施工技术的选料配比环节中，要进行充分的实验研究，通过对不同类型土壤和石灰的相容性分析，选择最适合的原材料。土壤的类型（如粘性土或沙土）以及石灰的活性强度，都会影响到配比的精确性<sup>[1]</sup>。通常，石灰的含量控制在一定的范围内，过多或过少都会影响路基的质量。例如，石灰添加过多会导致土壤中的钙离子浓度过高，进而影响土壤的结构，可能出现膨胀等问题；而石灰添加过少则可能无法有效增强土壤的强度。根据不同土壤的特性，需进行合理的配比，以

保证路基的长期稳定性。在实际施工过程中，要确保石灰和土壤的来源符合相关规范要求，石灰必须为高活性石灰，且无杂质污染。随后，应通过实验室的试验检测，验证不同配比条件下土壤和石灰的相容性，以找到最优的配比比例，生石灰技术具体要求见表 1。

表 1 生石灰技术要求

| 项目                | 钙质生石灰 |      |      | 镁质生石灰 |      |      | 试验方法  |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
|                   | I     | II   | III  | I     | II   | III  |       |
| 有效氧化钙加氧化镁含量/%     | ≥ 85  | ≥ 80 | ≥ 70 | ≥ 80  | ≥ 75 | ≥ 65 | T0813 |
| 未消化残渣含量/%         | ≤ 7   | ≤ 11 | ≤ 17 | ≤ 10  | ≤ 14 | ≤ 20 | T0815 |
| 钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量/% | ≤ 5   |      |      | > 5   |      |      | T0812 |

在公路工程建设项目中，施工团队可以采用石灰土路基施工技术。该项目所选用的土壤为细粒土，经过实验室检测，该土壤的含水率为 18%，粒径分布符合施工要求，但其无机盐含量偏高，达到 0.9%。根据土壤的性质和项目要求，工程师决定采用石灰土混合物作为路基材料。根据试验结果，确定使用石灰的最佳配比为 12%，在此配比下，石灰土混合物的 CBR 值和压实度表现最佳。在选料过程中，项目组从多个供应商

\*本文通信作者，E-mail：842347717@qq.com。

中选择符合规范的高活性石灰，含有较高的氧化钙成分，确保其与土壤的良好反应性。随后，通过实验室试验，根据土壤的粒径、含水率以及石灰的活性强度，进行几种不同配比下的混合实验。通过对比不同配比情况下的力学性能，最终确定 12% 的石灰比例，这一比例在保证土壤充分稳定的同时，也符合路基设计的承载要求。在该项目中，压实后的土壤干密度达到  $1.95 \text{ g/cm}^3$ ，CBR 值为 8，符合二级公路的设计要求。路基的压实度通过对比设计标准与现场数据，确保每一层压实后的强度均达到 96% 以上。

## 2 摊铺整平环节技术及质量控制措施

摊铺平整环节是石灰土路基施工技术中非常重要的一步,是指将混合后的石灰土材料均匀摊铺并进行整平,以确保路基的厚度均匀、表面平整,并为后续的压实工作打下基础<sup>[2]</sup>。摊铺设备通常包括摊铺机和整平机,摊铺机通过控制摊铺厚度和宽度来保证摊铺层的均匀性,而整平机则进一步对摊铺层进行精细的整平,使其达到设计的平整度和厚度要求。摊铺的过程中,摊铺机的行驶速度、摊铺深度都是需要精确控制的要素。具体到石灰土路基的施工中,摊铺平整的技术要求更为严格,主要体现在对路基厚度、平整度等方面的控制。

在公路工程项目的石灰土路基施工技术中,摊铺平整环节作为关键的施工步骤之一,直接关系到路基的密实度、平整度以及最终的承载能力。该项目所选用的石灰土混合物采用12%的石灰配比,根据试验结果,石灰土的CBR值达到8,符合二级公路的要求。在施工过程中,摊铺设备使用现代化的全自动摊铺机,这些设备能够确保摊铺厚度在规定范围内,且保证摊铺层的均匀性。在实际施工中,每层石灰土摊铺的厚度控制在25 cm左右,这一厚度既能保证材料的压实效果,又能确保后期压实后的强度达到设计要求。在施工过程中,摊铺机的行驶速度被精确控制在每小时2.5 m,摊铺宽度为6 m,确保施工的高效和精确。为进一步确保施工质量,施工队要使用激光测量仪器对摊铺层的平整度进行实时监控,最终的平整度误差控制在 $\pm 3$  mm。由于该区域的气候较为湿润,石灰土的初期含水量为18%,因此在施工前期,施工队要进行适当的水分调整,确保摊铺材料的含水量稳定在20%左右,以便在摊铺过程中能够更好地与土壤混合并实现均匀摊铺。为避免施工中出现不均匀摊铺的情况,摊铺机的配料系统要确保石灰土的供应量稳定,避免因供料不均造成摊铺层厚度不一致的情况。摊铺后,施工团队对每一层进行了检查,确保其压实度达到96%以上。现场检查结果显示,第一层和第二层的压实度分别为97%

和 96%，符合二级公路的设计要求。

### 3 碾压巩固环节技术及质量控制措施

碾压是利用机械碾压,通过施加压力和振动,使石灰土混合物内部颗粒密实,形成均匀且具有足够强度的路基结构。碾压不仅能提高土体的密实度,使路基达到设计要求的承载力。在碾压巩固过程中,碾压机的类型、压实轮的选择都至关重要<sup>[3]</sup>。碾压机通常包括静压式、振动式,不同类型的碾压机的适用于不同的施工条件,选择合适的碾压机能够提高碾压效果。在石灰土路基施工技术中,压实的目标是达到设计要求的干密度,并确保压实后的路基表面无明显裂缝或沉降。此时,公路工程施工人员应根据石灰土混合物的特性以及现场的具体情况来调整碾压的参数。在理论上,碾压巩固的过程应按照一定的层次进行,即每次碾压后需要等待一定时间,让土体能够自我调整。每一层的压实度和干密度都会影响到路基的质量,因此每一层压实完成后,都必须通过检测确保其达到要求。

在公路工程石灰土路基施工技术中,施工团队可以使用石灰土混合物配比为 12% 的石灰,经过实验室检测,石灰土的 CBR 值为 8,符合二级公路的技术要求。在施工过程中,采用现代化的振动式碾压机,该设备能够通过振动的作用有效地提高压实效果,适用于细粒土的压实。碾压层的厚度控制在 25 cm 以内,每次碾压后都会进行适当的养护,确保每一层都能充分压实。在实际操作中,碾压机的行驶速度控制在 2.5 km/h,碾压的方向和次数根据现场的土壤特性和湿度进行调整。该项目的施工队选择振动式碾压机进行碾压作业,并设置每层碾压 3 次,以确保每一层的压实度达到设计要求。根据设计标准,每一层的干密度要求达到  $1.95 \text{ g/cm}^3$  以上,压实度需达到 96% 以上。在碾压完成后施工队使用核子密度仪和现场静力压实测试方法对每一层进行检测。检测结果显示,第一层和第二层的干密度分别为  $1.98 \text{ g/cm}^3$  和  $1.97 \text{ g/cm}^3$ ,压实度分别为 97% 和 96.5%,均符合设计要求。此外,由于项目所在地区的气候条件较为湿润,施工前土壤的含水量约为 18%。为确保碾压效果,施工队在施工过程中适时调整水分,确保石灰土的含水量稳定在 20% 左右,以便更好地与石灰混合并进行均匀碾压。在碾压过程中,施工队员还特别注意避免碾压机的行驶速度过快,以免出现不均匀压实的情况。

#### 4 临时排水环节技术及质量控制措施

公路工程施工团队排除施工期间积水，保持施工现场干燥，能够避免水分对路基土壤和石灰土混合物造成不良影响。在理论上，临时排水系统的设计应确保水分能够及时排出施工区域，防止积水滞留，保持

土壤湿度在施工所需的理想范围内,同时避免施工设备和人员因积水造成的安全隐患<sup>[4]</sup>。良好的排水系统能够提高施工效率,减少因恶劣天气或地下水位上升引起的施工延误,从而确保工程进度。临时排水系统的理论基础主要包括两个方面:一是地形地貌的影响;二是土壤的透水性。施工现场的地势起伏决定了排水设计的复杂性,若地势较低,则可能需要较为复杂的排水系统;若地势较高,则设计时可考虑使用较简单的引流系统。此外,施工土壤的透水性和吸水性也决定了排水系统的效果,粘性土壤排水难度较大,而沙土或砂砾土的排水效果则较好,因此在不同土壤条件下,临时排水系统的设计和实施策略有所不同。在石灰土路基施工技术中,常常会出现由于设备、材料堆积而造成排水设施堵塞或损坏的情况。因此,施工队伍应安排专门人员负责临时排水系统的日常巡查,及时清理排水管道和排水沟,确保其畅通无阻<sup>[5]</sup>。

以年降水量为 800 mm 的地区为例,公路工程施工队要先对地形进行详细勘察,确定主要水流方向并标注出积水易发区。根据勘察结果,决定在施工区域周围布设排水沟,这些排水沟的宽度为 50 cm,深度为 40 cm,坡度设置为 2%,以确保水流能够顺畅排出。排水沟与施工区域的其他排水设施(如集水池)相连接,形成完整的排水网络。此外,施工队还在低洼地区设置 4 个临时排水泵,确保在大雨期间能够快速排水,防止积水对施工造成影响。在施工期间,施工团队严格执行临时排水设施的检查和维护计划。每天进行巡查,确保排水沟畅通无阻,并及时清理可能导致堵塞的杂物。同时,排水管道和沟渠的接缝处采用高强度的防水材料,确保无渗漏。施工队还特别重视天气变化,确保排水系统在暴雨来临前得到及时的检查和维护。为应对突发降雨,排水泵的启动速度和排水能力需进行多次测试,确保排水量达到每小时 100 m<sup>3</sup>。通过严格的技术控制和质量管理,临时排水系统能够保障项目的顺利进行。石灰土路基施工技术完成后,排水设施要按照环保要求拆除,避免对周围环境造成任何负面影响。

## 5 质量验收环节技术及质量控制措施

质量验收的核心理论在于通过系统的检查,确保每一施工环节的成果都符合技术标准,避免因质量问题导致的后期维修。在石灰土路基施工技术完成后,需通过系统的检测手段,对比设计图纸和施工规范,检查路基的厚度、压实度等重要技术指标,确保施工过程中没有任何偏差。此外,质量验收还包括对公路工程施工环境和施工过程的检查,确保在施工过程中所有工艺的操作都严格按照标准进行,并且在施工过程中发现的问题能得到及时整改。在具体操作过程中,质量验收需要依

赖于一系列检测设备和方法。例如,采用核子密度仪、手持式密度计等工具检测压实度,确保石灰土路基的密实性达到设计要求。CBR 值测试通常通过静力法或动态法进行,确保其抗压强度符合设计要求。每一项测试后,验收人员会将结果与设计标准进行比对,如果不符合规定标准,应立即向施工方提出整改要求。

在实践中,公路工程施工队可以使用核子密度仪对每一层石灰土进行检测,检查结果显示第一层的压实度为 97%,第二层为 96.5%,第三层为 96%。这些数据表明每层的压实度均符合设计要求。根据石灰土路基施工技术设计标准,路基的压实度必须达到或超过 96%,而实际检测结果表明,施工过程中的压实度超出最低要求,能够为后续施工奠定稳固的基础。此外,在 CBR 值的检测中,验收人员采用静力法进行测试。项目设计要求 CBR 值为 8 以上,验收时在三个不同位置分别进行检测,测试结果显示第一测试点 CBR 值为 9,第二测试点为 8.5,第三测试点为 8.2,所有测试结果均符合设计要求。此结果进一步证明了石灰土路基的强度达到设计目标,具备足够的承载能力。在干密度的测试中,施工队使用标准的试验方法,结果显示路基干密度分别为 1.98 g/cm<sup>3</sup>、1.97 g/cm<sup>3</sup> 和 1.96 g/cm<sup>3</sup>。根据设计要求,路基的干密度需要达到 1.95 g/cm<sup>3</sup> 以上,所有检测结果均高于这一标准,说明路基土壤的密实度得到有效提升,具备较强的稳定性。

## 6 结束语

随着技术的不断进步,石灰土路基施工技术必将得到进一步优化,采用更加科学的材料配比和施工方法,结合先进的检测技术,提高施工质量。同时,随着环保要求的提高,石灰土路基施工中的环保措施也需进一步加强,实现绿色施工。在未来的公路建设中,石灰土路基施工技术要向着更加成熟的方向前进,成为保证公路工程质量的重要手段,为我国交通基础设施的建设与发展贡献更多力量。

## 参考文献:

- [1] 王龙. 公路工程中石灰土路基施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2024(34):31-33.
- [2] 刘博明. 石灰改良膨胀土路基施工技术在高速公路中的应用[J]. 交通世界, 2021(31):93-94.
- [3] 沈容啸. 建筑旧料再生石替代石灰土路基的施工技术研究[J]. 建筑科技, 2021,05(03):43-45,84.
- [4] 王飞. 高速公路石灰改良膨胀土路基施工技术的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2021(04):207-208.
- [5] 邢永学. 高速公路路基建设中的石灰改良膨胀土路基施工技术[J]. 工程技术研究, 2020,05(10):61-62.