

# 高速公路土石混填路基施工技术研究

尹 洲 王瑞涵

浙江交工集团股份有限公司 浙江杭州 310000

**摘 要:** 文章围绕高速公路土石混填路基施工技术,深入剖析了土石混填路基材料的特性与工程要求,详细探讨了施工关键技术要点,提出了切实可行的施工质量控制措施。通过对这些方面的研究,旨在提高高速公路土石混填路基的施工质量,为我国高速公路建设的可持续发展提供技术支持。研究表明,合理运用施工技术、严格把控质量控制环节,能够有效提升土石混填路基的稳定性和耐久性,确保高速公路的安全运营。

**关键词:** 高速公路;土石混填路基;施工技术;质量控制

## 引言

如今,我国交通基础设施建设蒸蒸日上,高速公路就像一条经济动脉纵贯大江南北,有力地支持着区域经济的沟通和融合。而路基是高速公路的根基,路基施工质量的好坏直接影响着整条公路使用寿命以及运营安全。土石混填路基是常用路基形式之一,因具有简便、经济、快速、高效等优点而被广泛应用于高速公路施工中。但土石混合材料复杂多样,对路基建设提出很多挑战。因此,对高速公路土石混填路基的施工技术进行深入研究具有一定的实际意义。

## 一、土石混填路基材料特性与工程要求

### (一) 土石混填材料分类与特性

土石混填材料为土料与石料拌合而成的路基填料,按石料性质及含量可分为多种类型。就石料的强度而言,有硬质石料与软质石料之分。像花岗岩和石灰岩这样的硬质石料,因其出色的强度和稳定性,在压实时能够展现出优越的承重性能;页岩和泥岩等软质石料的强度较低,压实时易被压碎,但是它们的透水性更好。就石料含量而言,可以划分为土多石少、土石相当及石多土少三类。不同种类土石混填材料的工程特性各异,如土多石少混合料压实性好,但强度较低;石多土少混合料强度高,但压实困难。

土石混填材料颗粒组成差异显著,均匀性不足。其中粗颗粒粒径大小不等、形状不一,细颗粒含量及特性不同。这种不均匀性使土石混填材料在压实时呈现复杂的力学行为,其压实特性、压缩特性和抗剪强度均不同于均匀材料。如粗颗粒含量中等时,土石混合料压实性好、压实抗载能力强;但粗颗粒含量过高或过低时,都

将影响压实效果,使其强度及稳定性下降。

### (二) 路基设计要求和规范标准

高速公路土石混填路基的设计要求和规范标准主要包括以下几个方面:

(1) 承载能力要求:路基应具有足够的承载能力,以承受车辆荷载和路面结构的重量。根据《公路路基设计规范》,高速公路路基的承载能力应满足相应的设计标准,一般采用K30检测法等方法来检验路基的承载能力。

(2) 稳定性要求:路基应具有良好的稳定性,在车辆荷载和自然因素的作用下,不应发生滑动、坍塌等破坏现象。为了保证路基的稳定性,需要合理设计路基的边坡坡度、设置挡土墙等支挡结构,并采取有效的排水措施。

(3) 平整度要求:路基表面应具有良好的平整度,以保证路面的平整度和行车舒适性。在施工过程中,需要严格控制路基的填筑厚度和压实度,采用合适的施工工艺和设备,确保路基表面的平整度符合设计要求。

(4) 压实度要求:路基的压实度是保证路基质量的关键指标之一。根据《公路路基施工技术规范》,高速公路土石混填路基的压实度应满足相应的标准要求。不同路段和不同填筑材料的压实度标准可能会有所不同,需要根据实际情况进行确定。

## 二、高速公路土石混填路基施工技术要点

### (一) 石料的选择和处理

石料的选择是影响土石混填路基质量的一个重要因素。在选择石料时,应根据工程要求和地质条件进行详细的分析,充分了解石料的质地、硬度、抗压强度等相关性能,选择适合工程要求的石料进行路基施工。具体来说,应注意以下几点:

(1) 抗压强度:选用的岩石路基填料饱水抗压强

度不能低于15MPa,若小于规定强度,岩石强度应按照CBR标准执行。当超过15%却不符合规定时,必须以施工相关要求为依据进行控制。在实际施工中,应严格对石料的抗压强度进行检测,确保其符合设计要求。

(2) 粒径:石料的粒径应符合施工要求。过大的石料粒径会导致路基压实困难,过小的石料粒径则会影响路基的强度和稳定性。在施工过程中,应根据实际情况对石料进行筛选和破碎,确保石料的粒径在合理范围内。

(3) 级配:石料的级配应良好,以保证路基的密实度和稳定性。在选择石料时,应尽量选择级配合合理的石料,避免出现单一粒径的石料。同时,在施工过程中,可以通过掺配不同粒径的石料来改善石料的级配。

对于不符合要求的石料,应进行相应的处理。例如,对于抗压强度不足的石料,可以采取破碎、掺配等方式进行处理;对于粒径过大的石料,可以进行破碎加工,使其符合施工要求。

## (二) 石子铺设

石子的铺设是一个系统工程,牵涉的工作内容很多。施工前要有充分的准备工作,在施工材料上,要求石子粒径要适中,质地要硬,不能有裂缝及杂质;砂浆是用水泥、砂和水按照一定的配比拌制而成的,以确保强度及粘结性;还需要用钢筋来强化石子层,增强其稳定性,并考虑使用石灰、石粉、水泥等不同的材料。施工工具主要有平地机、推土机、压路机之类的大机械和铲子、耙子、筛子之类的小工具以及水准仪、卷尺之类的测量仪器。施工人员包括负责总体安排配合的施工队长,督导技术质量的技术员,从事具体作业的施工员,协助施工的劳动力等。

施工中,首先将地面整平,甄别适宜石子。然后对基层处理以确保基层结实、平整并且没有杂物、油污及灰尘。后把石子铺到基层,铺的过程中面层的厚度及宽度要控制,以保证达到设计要求。在铺设完成后,采用砂浆进行灌缝处理,对于宽度超过5mm的缝隙,首先放置泡沫棒,然后再进行填缝,以增加其弹性。缝合完成后,让其静置大约30分钟以达到初步的固化效果,并使用湿布轻轻擦拭其表面以避免被污染。最后检查质量,用压路机压平以保证面层的致密和平整,修整好表面,做到美观不凹凸。完成铺设后,覆盖塑料薄膜防止水分蒸发,每日喷水养护3次,持续7天,保证石子路面强度和稳定性。

## (三) 均压处理

均压处理被广泛应用于不同的领域,并各有其特点。工业系统的均压箱能使系统压力均衡稳定。其包括箱体、

进气管和排气管,其内设有若干腔室或者通道。系统中气体压力增大时,高压气体从进气管流入均压箱内,并在箱内扩散混合以减小局部高压的作用。当箱体内部的压力超过系统的其他部分时,多余的气体会通过排气管被排放出去,这些排出的气体可以循环利用或进行处理。均压箱可以减少设备损坏及安全风险的同时,也减少了能量的浪费并提高了系统能效。为了确保其正常工作,必须定期对进气管、排气管阀门及其接头处进行检查、清洗内部沉积物与杂质、更换磨损部件、校准调整等工作。

建筑施工中,均压环的施工需要充分的准备工作。为施工人员提供安全技术培训、根据设计图纸定位及尺寸测量、材料切割加工成型、预埋件安装。均压环的间距视建筑物的高度及结构特点而定,一般不超过10m,并应布置排水口。施工完成后经过试压、冲洗、防腐等工序,严把材料质量关,以保证满足设计及国家标准的要求。

均压通风技术同样是煤矿领域中的一项重要技术。例如榆家梁煤矿52209综放工作面使用的“U”形均压通风系统和大庄矿采用的局部均压法处理上隅角瓦斯等均收到较好的效果。推行均压通风需要对风压差值进行严格的监控和应急处置措施的制定。

## (四) 边坡码砌

边坡码砌是填石路堤施工中的重要环节,对于提高路堤稳定性和安全性意义重大。按照公路路基施工技术规范,台阶式边坡码砌与路基填筑宜基本同步进行,每层码砌高度略大于路基填筑高度20—30cm。对于硬质岩填石路堤,填方高度大于10m时,应设台阶分级,每级台阶高度为5—8或8—10m,台阶宽度为2—3m,边坡坡度自上而下依次为1:1.5、1:1.75、1:2、1:2.5。

在石料选择上,要确保石料强度、尺寸及码砌厚度符合设计要求,抗压强度需大于30MPa,且避免使用易风化石料,码砌的石块最小尺寸不应低于300毫米<sup>[13]</sup>。施工过程中,边坡码砌要求紧贴、错缝、密实,无明显孔洞、松动,砌块间承接面向内倾斜,坡面平顺,坡率符合设计规范要求。

这种施工方式能加快施工速度,路堤填筑与边坡码砌依次进行,使施工人员劳动强度相对较低,还能保证路基边缘充分压实,提高路基整体稳定性。在进行首件施工时,要明确质量、安全、环保目标,通过首件施工取得技术参数,确定施工方案可行性,总结经验,确定最优施工工艺和施工组织。此外,二级及二级以上公路的填石路堤应分层填筑和压实,特殊陡峻山坡地段的砂石路面公路可采用倾填方式填筑路堤下部。

### 三、高速公路土石混填路基施工质量控制措施

#### (一) 优化混合料配合比

优化混合料配合比对改善道路性能具有重要意义。对道路沥青混合料的设计需要从多个方面来优化。在特殊性能的验证过程中, SMA需要对谢伦堡析漏损失( $\leq 0.3\%$ )和肯塔堡飞散损失( $\leq 15\%$ )进行检测, 而OGFC则用于检测渗水系数( $\geq 1000\text{mL}/\text{min}$ )和构造深度( $\geq 0.8\text{mm}$ )。生产配合比设计时, 热料仓筛分对拌和楼各热料仓(通常4—5仓)出料筛分, 调整冷料比例使合成级配接近目标级配; 在目标OAC的基础上, 沥青的使用量进行了 $\pm 0.2\%$ 的调整, 并通过马歇尔实验进行了验证; 在确定混合参数时, 基质沥青拌和所需时间为30—45s, 出料温度范围是150—165 $^{\circ}\text{C}$ , 改性沥青拌和所需时间为45—60s, 而出料温度则在170—185 $^{\circ}\text{C}$ 之间。生产配合比验证阶段, 2mm以上粗集料比例从25%升至35%, 换用SBS改性沥青(动粘度 $3\text{Pa}\cdot\text{s}$ ), 沥青用量从4.8%调为5.2%, 掺加0.4%木质素纤维与0.3%抗剥落剂(集料采用花岗岩且粘附性三级)。另外, 还要遵循性能导向的原则, 依据道路等级、气候分区和交通荷载等因素来确定核心性能要求, 例如高温地区的动稳定度应重点考虑, 在温度较低的地区, 应提高低温弯曲的应变能量, 而在多雨的地方, 应增强冻融劈裂的强度比。

#### (二) 加强现场施工管理

强化现场施工管理需要从安全、质量、人员、资源和环境等诸多方面入手。安全管理是关键, 必须建立和完善安全生产责任制、广泛进行安全意识和纪律教育。根据建筑施工的特点加强安全技术管理等, 深基础和大孔径桩的施工、超出一定深度的应根据土质放坡或增设支撑、槽边指定范围不允许堆放物品等。为了增强应急响应能力, 需要装备必要的安全工具, 并定期组织各种演习和模拟演练。同时, 建立完善的安全检查机制以及时消除潜在风险, 并通过监控系统及时上报重大的安全事故。

在质量管理上, 制定了健全的质量管理体系、清晰的标准与流程。施工前要进行图纸会审和技术交底工作, 并在工艺上加强对原材料和其他质量的控制, 对关键工序要进行旁站督导, 对质量问题要进行经常性的巡检和处理。

在人员管理方面, 建立完善的人员管理制度、明确的岗位职责、操作规范等, 保证施工人员按照流程进行操作。

资源管理应搞好设备及物资的购置、管理及维修工作, 以确保施工资源的供给及使用。在制定和实施环境保护措施时, 降低了建设对周围环境的影响, 保证满足

环保要求。

#### (三) 强化质量检验和验收

质量检验与验收, 是确保土石混填路基质量的最后防线。施工期间要根据有关规范标准及设计要求对其质量进行综合检测与验收。

质量检验应当包括原材料、施工过程、成品的检查。原材料检验以填料粒径、强度和含水量为主, 保证填料质量满足要求。施工期检验主要针对施工期填筑厚度、压实度、平整度等各参数进行测试, 及时发现并改正施工期质量问题。成品检验以竣工路基综合检验为主, 检验项目有路基强度、稳定性、平整度、宽度、高程, 保证路基质量满足设计及规范要求。

验收工作要按规定程序办理, 施工单位完成施工任务时, 首先要对其进行自检并将自检结果报送监理单位。监理单位应当组织有关人员验收工程质量, 经验收合格的方可交付使用。验收时, 要严格按验收标准考核, 不合格的地方要请施工单位改正, 直到合格。

#### 结论

高速公路土石混填路基施工技术作为一项复杂系统工程, 涵盖了材料特性、施工技术和质量控制诸多方面。通过对土石混填路基材料特性及工程要求进行深入的研究, 把握施工中关键技术要点并采取有效质量控制措施, 能够提升高速公路土石混填路基施工质量, 确保公路稳定耐久。在今后高速公路施工过程中要进一步加大土石混填路基施工技术创新力度, 不断提高施工工艺与质量控制体系。同时要加强对施工人员的培训与管理, 提升施工人员技术水平与质量意识。经过各方面的努力, 促使高速公路土石混填路基施工技术得到了持续发展, 对我国交通事业发展起到了较大的促进作用。

#### 参考文献

- [1] 王迪. 高速公路土石混填路基施工技术研究[J]. 建筑机械, 2025(6).
- [2] 李得胜. 公路施工中土石混填路基压实施工技术的应用研究[J]. 交通科技与管理, 2024(22).
- [3] 刘亚磊. 公路施工中的土石混填路基施工技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023.
- [4] 于庆邦, 牛立可, 孙甲奇, 等. 土石混填路基压实质量现场试验研究[C]//2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册). 2024.
- [5] 李志国. 公路土石混填路基压实关键技术分析[J]. 交通世界, 2023(4): 125—127.