

# 浅谈公路工程施工中路面垫层的施工技术

朱银涛<sup>1</sup> 柳浩哲<sup>2</sup>

1. 陕西交通控股集团有限公司铜西马泾高速公路建设管理处 陕西 咸阳 713702

2. 陕西交通控股集团有限公司榆吴分公司 陕西 榆林 719000

**摘要：**路面垫层作为公路工程的重要部分，具有隔离、应力扩散、调节路基水温等多重功能。文中介绍不同类型垫层的特性与应用，分析了施工前材料、机械设备、场地准备等关键环节。施工技术方面，详细阐述了粒料垫层与稳定土类垫层的施工方法，以及特殊环境下的施工策略。同时，对施工过程质量控制与检测方法进行说明。文章还展望了路面垫层施工技术的发展趋势，包括新型材料应用、技术创新与环保可持续发展方向。

**关键词：**公路工程；路面垫层；施工技术

## 1 公路工程施工中路面垫层概述

### 1.1 路面垫层的功能

在公路工程体系里，路面垫层承担着多项关键功能，是保障道路长期稳定运行的重要部分。首要功能为隔离作用，能有效阻挡地下水通过毛细作用上升至路面结构层，防止水分侵蚀路基与路面，避免因水损害引发的路基软化、路面唧泥等病害，极大地延长公路使用寿命。在季节性冻土地区，垫层还能缓解冻胀对路面的破坏，通过阻断冻胀水源，减少因温度变化导致的路面变形。同时，路面垫层具有应力扩散功能，当车辆荷载作用于路面时，垫层能够将集中的应力均匀分散至较大范围的路基上，降低路基单位面积所承受的压力，增强路面结构的整体稳定性，避免因局部应力过大造成路基沉降、路面开裂等问题<sup>[1]</sup>。垫层对路基水温状况的调节也十分关键，在炎热季节，它能减少热量向路基传递，防止路基土因温度过高而强度降低；在多雨季节，良好的排水性能可迅速排除积水，维持路基处于适宜的湿度状态，确保路面结构性能稳定。

### 1.2 路面垫层的类型

公路工程施工中，路面垫层依据材料不同可分为多种类型，各有其特性与适用场景。粒料垫层是较为常见的一种，主要由碎石、砾石等颗粒材料组成。这类垫层透水性好，能迅速排出路面结构内的积水，有效改善路基的潮湿状况，尤其适用于地下水位较高的路段。粒料间较大的摩擦系数使垫层具有较好的抗滑性能，在车辆频繁行驶过程中，能保持路面稳定性。稳定土类垫层则以水泥稳定土、石灰稳定土等为主，通过水泥或石灰与土的化学反应，提高土的强度与水稳定性。相较于粒料垫层，稳定土类垫层强度更高，适用于交通流量较大、对路面承载能力要求较高的道路，但需注意其可能因收缩特性产生裂缝。

土工合成材料垫层近年来应用逐渐广泛，如土工格栅、土工布等。土工格栅具有良好的加筋作用，可增强路基与路面结构的整体性，提高路基的承载能力；土工布则主要用于隔离与过滤，防止不同材料相互混杂，同时能让水分顺利通过，阻止土颗粒流失，在特殊地质条件或对环保要求较高的工程中优势显著。

## 2 公路工程施工前准备工作

### 2.1 材料准备

在选择粒料时，需严格把控颗粒级配。优质的粒料应具备连续且合理的级配，确保在压实过程中能相互嵌挤，形成稳定结构，有效抵抗车辆荷载。例如，通过筛分试验，精确分析粒料各粒径组成比例，确保符合设计要求。含水量也是重要指标，合适的含水量有助于粒料压实成型，一般通过烘干法测定，保证施工时粒料含水量处于最佳范围。对于稳定土类材料，配合比设计尤为关键。依据工程所处环境、交通荷载等因素，确定土、水泥或石灰的精确比例。通过无侧限抗压强度试验等方法，反复调整配合比，以满足垫层强度与耐久性要求。对土工合成材料，要重点检查拉伸强度、顶破强度等力学性能，保证材料在施工及使用过程中不被破坏，能有效发挥加筋、隔离等作用<sup>[2]</sup>。所有材料进场前，均需提供质量合格证明文件，并按规定进行抽样检验，杜绝不合格材料进入施工现场。

### 2.2 机械设备准备

路面垫层施工所需机械设备种类繁多，选型至关重要。摊铺机的选择需依据工程规模与垫层类型。对于大面积粒料垫层摊铺，宜选用大功率、宽幅摊铺机，确保摊铺效率与平整度。其熨平板的性能直接影响摊铺质量，先进的摊铺机配备自动找平装置，能精准控制摊铺厚度。压路机的选择要综合考虑垫层材料特性与压实要求。轻型压路

机常用于粒料垫层初压,使粒料初步稳定;重型压路机用于复压,增强压实效果;轮胎压路机终压,可消除轮迹,提高表面平整度。装载机则负责材料装卸与短距离运输,其装载能力应与工程材料用量相匹配。设备进场后,需进行全面调试。检查摊铺机的螺旋布料器、振捣装置是否运行正常;调试压路机的压实参数,包括振动频率、振幅等;确保装载机的液压系统、制动系统性能良好。对设备进行定期维护保养,制定详细的保养计划,更换易损件,添加润滑油,保证设备在施工期间稳定运行,减少故障发生率,提高施工效率。

### 2.3 场地准备

场地准备为公路工程施工创造良好条件,首先,需彻底清理施工场地。清除场地内杂物,如废弃建筑材料、垃圾等,避免其影响施工机械作业与材料堆放。铲除杂草、腐殖土,因为此类土壤承载能力低,易导致地基沉降,影响垫层施工质量。场地清理范围应超出施工边界一定距离,为后续施工操作提供足够空间。场地平整是关键步骤,根据设计标高,运用平地机、推土机等设备进行作业。对于地势起伏较大区域,先进行填方与挖方处理,确保场地平整度符合要求。在平整过程中,利用水准仪、全站仪等测量仪器实时监测,控制场地高程误差在允许范围内。测量放线工作精准确定施工位置。依据设计图纸,在场地内放出路面垫层的中心线、边线以及各控制点坐标。使用石灰或全站仪标记,为后续材料摊铺、机械设备行驶提供准确参照。设置临时排水设施,如边沟、集水井等,防止施工场地积水,保障施工顺利进行,避免积水对已清理和平整场地造成破坏。

## 3 公路工程施工中路面垫层的施工技术

### 3.1 垫层施工前准备

明确路面垫层的设计要求,包括垫层的厚度、宽度、材料类型及配合比等关键参数,确保施工人员对施工任务有清晰且准确的理解。同时,对施工现场进行再次勘查,检查场地清理和平整情况是否符合要求,确认测量放线的准确性,避免因场地问题影响后续施工。另外,材料的二次检验不可或缺。尽管材料在进场前已进行过检验,但在施工前仍需抽样复查,尤其是对水泥、石灰等时效性较强的材料,确保其性能未发生变化。对粒料的级配、含水量等指标再次检测,保证材料质量稳定可靠。机械设备也需进行最后的调试与检查,确保摊铺机、压路机、装载机等设备处于最佳运行状态,各项仪表显示正常,易损部件已提前更换,为垫层施工提供坚实的设备保障<sup>[1]</sup>。

### 3.2 垫层施工方法

公路工程路面垫层施工方法因垫层类型而异,以常见的粒料垫层和稳定土类垫层为例。粒料垫层施工时,摊铺环节至关重要。若采用机械摊铺,应根据垫层宽度和厚度调整摊铺机参数,确保摊铺均匀、平整。摊铺过程中,设专人跟机检查,及时处理粒料离析现象。压实是形成稳定结构的关键步骤,遵循先轻后重、先慢后快的原则。先用轻型压路机稳压1-2遍,使粒料初步就位;再用重型压路机进行复压,一般碾压4-6遍,控制碾压速度在2-4km/h,通过振动压实使粒料紧密嵌挤。最后用轮胎压路机收光,消除轮迹,提高表面平整度。稳定土类垫层施工,混合料拌和质量直接影响垫层性能。厂拌法能更好地保证混合料均匀性,在拌和过程中严格控制水泥或石灰剂量、含水量及拌和时间。运输过程中做好覆盖,防止水分蒸发和离析。摊铺时采用摊铺机匀速作业,控制摊铺厚度和平整度。压实应在混合料初凝前完成,先静压,再弱振、强振,最后静压收面,确保压实度达到设计要求。

### 3.3 特殊环境下的施工技术

特殊环境给公路工程路面垫层施工带来诸多挑战,需针对性采取技术措施。在地下水位较高地区,对于粒料垫层,要加强排水设计。在垫层底部设置排水盲沟,盲沟内填充透水性良好的碎石或砾石,并铺设土工布防止堵塞。盲沟与边沟相连,及时排除地下水,降低垫层含水量,保证其稳定性。在严寒地区,冬季施工时,稳定土类垫层施工需采取保温措施。对原材料进行加热,如对水加热至适宜温度,对砂、石料覆盖保温。拌和过程中,适当提高水泥或石灰剂量,增强混合料早期强度。缩短从拌和到压实的时间间隔,采用暖棚法、蓄热法等养护方式,确保混合料在低温环境下正常硬化。在软土地基路段,为防止路基沉降对垫层造成破坏,对于土工合成材料垫层,可采用多层铺设方式,增强路基与垫层的整体稳定性。同时,对软土地基进行预处理,如采用排水固结法、深层搅拌法等,提高地基承载能力,为路面垫层施工创造良好条件。

## 4 公路工程施工质量控制与检测

### 4.1 施工过程质量控制

在材料质量把控上,严格执行进场检验制度,对每一批次的粒料、稳定土材料以及土工合成材料,依据标准规范进行全面检测。对于粒料,除检测颗粒级配、含水量外,还需关注其压碎值,确保材料强度满足设计要求。稳定土材料的水泥或石灰剂量必须精准控制,通过滴定试验等手段实时监测,防止因剂量偏差影响垫层强度与稳定性。施工工艺参数控制至关重要。以压实环节

为例,压实遍数、压实速度和压实机械的选择直接影响压实效果。在施工前,通过试验段确定最佳压实参数,施工过程中严格按照参数执行。施工工序管理同样不容忽视,建立严格的工序验收制度,上一道工序验收合格后方可进入下一道工序。例如,在垫层摊铺完成后,需对平整度、厚度进行检测,合格后才能进行压实作业,避免因工序混乱导致质量问题。

#### 4.2 质量检测标准与方法

压实度是衡量垫层质量的关键指标,依据《公路工程质量检验评定标准》,不同类型垫层有相应的压实度要求。对于粒料垫层,压实度通常要求达到95%以上,采用灌砂法进行检测。在检测时,准确选取检测点,确保样品具有代表性,通过测定砂的密度和灌入砂的质量,计算出垫层的压实度。平整度影响行车舒适性,使用三米直尺检测,将直尺放置在垫层表面,测量直尺与垫层表面的最大间隙,规定间隙不得超过一定数值,如5mm。厚度检测则采用钻孔取芯法,从路面钻取芯样,测量芯样厚度,与设计厚度对比,偏差应控制在允许范围内,一般为 $\pm 10\text{mm}$ 。对于稳定土类垫层的强度检测,采用无侧限抗压强度试验,在规定龄期内,对制作好的试件施加压力,测定其抗压强度,确保强度符合设计标准,保障路面垫层在车辆荷载作用下的稳定性<sup>[4]</sup>。

### 5 公路工程路面垫层施工技术的发展趋势与创新

#### 5.1 新型材料的应用

公路工程路面垫层施工技术发展趋势中,新型材料的应用为行业带来新活力。在粒料方面,研发出高强度、高韧性的新型集料,如玄武岩纤维增强集料。这种集料在保持良好透水性的同时,能显著提高粒料垫层的承载能力,有效抵抗车辆荷载产生的应力,减少路面变形与开裂风险。在稳定土类材料中,纳米改性水泥的应用逐渐兴起。纳米材料的加入改善水泥的微观结构,增强水泥与土颗粒间的黏聚力,提高稳定土垫层的早期强度与耐久性,降低收缩开裂可能性。对于土工合成材料,智能型土工格栅崭露头角。这类土工格栅内置传感器,可实时监测垫层受力与变形情况,一旦出现异常能及时预警,便于采取维护措施,提升路面垫层的安全性与可靠性,适应复杂多变的交通与地质条件。

#### 5.2 施工技术与设备的创新

在施工技术上,数字化施工技术得到广泛应用。利用建筑信息模型(BIM)技术,对路面垫层施工过程进行

模拟分析,提前优化施工方案,精准控制施工进度与质量。例如,通过BIM模型可直观展示垫层各部分的施工顺序、材料用量以及可能出现的问题,提前制定应对策略。在设备创新方面,智能化摊铺设备不断涌现。这些设备配备先进的传感器与自动控制系统,能根据路面状况自动调整摊铺厚度、速度和材料用量,确保摊铺均匀性与平整度,大幅提高施工效率与质量。新型压实设备采用智能压实技术,可实时监测压实效果,通过反馈调整压实参数,避免过度压实或压实不足,实现高效、精准压实,提升路面垫层整体质量。

#### 5.3 环保与可持续发展

在材料选择上,注重使用环保型材料。例如,利用工业废弃物生产的再生粒料,将废弃矿渣、钢渣等经过处理后作为路面垫层材料,既减少天然材料的开采,又实现废弃物的资源化利用,降低环境污染。在施工过程中,推广节能施工技术。如采用太阳能辅助加热系统用于稳定土材料拌和,减少传统能源消耗,降低碳排放。同时,优化施工工艺,减少施工过程中的扬尘与噪声污染。在养护阶段,采用生态养护技术,在垫层周边种植适宜的植被,既能防止水土流失,又能美化环境,促进公路工程与自然环境的和谐共生,实现公路建设的可持续发展目标。

#### 结束语

综上所述,公路工程路面垫层施工技术涉及多方面因素,需综合考虑材料、设备、工艺及环境等条件。随着新型材料的应用与施工技术的不断创新,路面垫层的质量与性能将得到进一步提升。同时,注重环保与可持续发展,实现公路工程建设与自然环境的和谐共生,是未来路面垫层施工技术发展的重要方向。通过持续研究与改进,将推动我国公路工程建设迈向更高水平。

#### 参考文献

- [1]杨晓俊.探讨公路工程路面垫层的施工技术[J].中华建设,2022,(07):133-134.
- [2]阎军.公路工程中路面垫层施工要点分析[J].交通世界,2021,(36):94-95.
- [3]刘益铨,陈强.公路工程施工中路面垫层的施工技术分析[J].运输经理世界,2020,(09):87-88.
- [4]杨晓磊.公路工程路面垫层施工技术研究[J].交通世界,2021(23):104-105.