

高速公路水稳基层关键技术研究

王 成

新疆北新科技创新咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 高速公路水稳基层作为路面结构的重要组成部分,对道路整体质量起着关键作用。本文围绕高速公路水稳基层关键技术展开研究,详细阐述了包括原材料选择与控制(如水泥、集料、水的要求)、混合料配合比设计(目标、生产及验证配合比各环节)、混合料的拌和与运输,以及摊铺与碾压等关键技术要点。同时探讨了其技术创新与发展趋势,涵盖新型材料应用、施工工艺革新、信息化智能化管理和环保可持续发展等方面,旨在为提升高速公路水稳基层质量提供参考。

关键词: 高速公路;水稳基层;关键技术;研究

引言: 高速公路在交通运输中占据着极为重要的地位,而水稳基层质量直接关乎高速公路的使用性能与寿命。随着交通流量不断增大以及对道路品质要求日益提高,深入研究高速公路水稳基层关键技术显得尤为迫切。良好的水稳基层能有效承载路面行车荷载,防止路面出现裂缝、变形等病害。旨在系统梳理水稳基层各项关键技术,并对其创新发展趋势加以探讨,以期助力高速公路建设事业更好地发展,保障道路的安全与耐用性。

1 高速公路水稳基层概述

水稳基层,即水泥稳定基层,是高速公路路面结构的关键承重层。它通过将水泥、集料与水按特定比例拌和、压实成型并养护而成。水泥在其中起着关键的胶结作用,使松散的集料形成坚固整体。集料则是构成基层骨架的主要成分,包括粗集料与细集料,其质地、级配等特性对基层性能有着重要影响。水作为拌和媒介,参与水泥水化反应,促使混合料凝结硬化。水稳基层具有诸多优良特性。其强度较高,能够承受路面传来的车辆荷载,减少路面变形。水稳性良好,在潮湿环境或地下水作用下仍能保持结构稳定,不易软化、唧泥。整体稳定性强,能有效防止基层开裂、松散等病害,为高速公路路面提供坚实可靠的支撑。在高速公路建设中,水稳基层施工质量的控制至关重要。从原材料选择与控制,到混合料配合比设计、拌和运输、摊铺碾压以及后期养生等环节,任何一个步骤出现偏差都可能影响基层的最终性能,进而影响高速公路的使用品质和寿命^[1]。

2 高速公路水稳基层关键技术

2.1 原材料选择与控制

2.1.1 水泥

水泥是水稳基层强度形成的核心材料。应优先选用初凝时间大于3小时、终凝时间不小于6小时且强度等级

为32.5或42.5的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等。水泥质量稳定性至关重要,其强度波动会影响基层整体性能。在使用过程中,要严格控制水泥存放环境,避免受潮、结块而降低活性。不同厂家、批次水泥需进行适配性试验,防止因水泥特性差异导致水稳混合料性能不稳定,从而保障水稳基层在强度、耐久性等方面满足高速公路的高标准要求。

2.1.2 集料

集料包含粗集料与细集料,对水稳基层结构特性影响显著。粗集料需质地坚硬、洁净,最大粒径一般不超31.5mm,压碎值、针片状含量等指标要符合规范,例如压碎值不超26%,其良好级配可使基层具备足够强度与稳定性。细集料宜质地坚硬、无杂质,含泥量不超3%,级配合理能有效填充粗集料空隙,增强混合料粘结性。在选择集料时,要充分考虑其来源稳定性,对进场集料严格检验,确保各项指标达标,以形成密实且性能优良的水稳基层结构。

2.1.3 水

水在水稳基层施工中虽用量相对较少,但作用不可忽视。应采用清洁无污染的饮用水,水中不能含有影响水泥正常凝结硬化的有害物质,如过量的硫酸盐、氯化物等。非饮用水需进行水质检验,硫酸盐含量(按 SO_4^{2-} 计)一般不宜超过2700mg/L。水的酸碱度也需控制在合适范围,防止对水泥水化反应产生不良影响。在施工过程中,准确计量加水量,使其处于最佳含水量范围,保障混合料的和易性与压实效果,确保水稳基层的质量和性能稳定。

2.2 混合料配合比设计

2.2.1 确定目标配合比

首先对集料进行全面筛分试验,依据不同粒径集料

的特性与规范要求,确定粗、细集料的大致掺配比例,构建初步级配范围。接着,选取多个水泥剂量(通常在3%-6%间)制备混合料试件,开展标准养护后进行无侧限抗压强度测试。以7d无侧限抗压强度为关键控制指标,综合考量强度达标情况与经济性,确定适宜的水泥剂量作为目标值。例如,在某项目中,经多组试验对比,发现4%水泥剂量下试件7d无侧限抗压强度达4.2MPa,高于设计要求的4MPa,且相比更高剂量水泥成本更低,最终选定4%为目标水泥剂量,同时确定各集料精确比例,完成目标配合比设计,为后续生产提供基础依据。

2.2.2 生产配合比调整

在生产前,对搅拌设备各料仓集料再次筛分,精确测定其实际含水量与粒径分布。依据这些数据,微调各料仓进料比例,使生产配合比合成级配与目标配合比高度吻合,偏差控制在极小范围内。同时,根据集料与水泥含水量,精准计算并调整加水量,保障混合料含水量处于最佳含水量 $\pm 2\%$ 区间。比如,某工地生产时发现粗集料含水量比试验时高3%,则相应减少加水量,并适当调整粗集料料仓下料速度,确保生产出的混合料质量稳定、性能可靠,满足高速公路基层施工要求,有效避免因生产条件变化导致的质量波动。

2.2.3 验证配合比

验证配合比是确保水稳基层施工质量的关键步骤。按照调整后的生产配合比开展试生产,将生产出的混合料铺筑试验段。在试验段施工过程中,密切监测混合料的和易性、离析状况等施工性能表现。施工完成后,在试验段钻取芯样,进行无侧限抗压强度、压实度等核心指标检测。若各项指标均符合设计与规范要求,表明验证配合比成功,可用于大规模施工。反之,如某试验段检测发现芯样7d无侧限抗压强度略低于设计值,经分析是由于水泥剂量在实际生产中波动所致,及时对水泥添加设备计量精度进行校准优化后重新试生产试验段,直至所有指标合格,最终确定施工配合比,为高速公路水稳基层高质量施工奠定坚实基础。

2.3 混合料的拌和与运输

2.3.1 拌和

混合料拌和质量直接关系到水稳基层的性能。采用强制式拌和机进行拌和,其生产能力需与摊铺和运输能力相适配,以保障施工的连续性。拌和前,对拌和机精准调试,确保各料仓进料比例、水泥剂量及加水量等参数准确无误。在拌和过程中,严格把控原材料计量精度,水泥剂量误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,集料计量误差不超

过 $\pm 2\%$,加水量误差在 $\pm 1\%$ 以内。例如,某拌和站借助先进的电脑自动控制系统,实时监控并调整原材料计量,水泥每盘计量误差稳定在 $\pm 0.3\%$ 左右。保证混合料拌和均匀,无花白料与结团现象,一般拌和时间不少于60秒,具体时长依据拌和机性能与混合料特性确定,通过充分拌和使水泥、集料与水均匀混合,形成均质稳定的混合料,为后续摊铺施工提供优质材料。

2.3.2 运输

混合料的运输环节对其质量保持至关重要。选用大吨位自卸汽车运输,根据拌和机产量、运输距离及摊铺速度等合理确定车辆数量,确保摊铺机前始终有3-5辆车等待卸料,避免摊铺机因待料而停顿,影响施工平整度与密实度。运输车辆装料前清洗干净,车厢内保持湿润但无积水,防止混合料粘结车厢。运输过程中,对混合料严密覆盖,减少水分散失并避免污染。如在高温季节,采用篷布覆盖并适时洒水降温,确保运至摊铺现场的混合料含水量比最佳含水量高1%-2%。合理的运输组织与措施能够有效维持混合料的工作性能,保证水稳基层施工顺利进行,提高施工效率与质量。

2.4 摊铺与碾压

2.4.1 摊铺

摊铺是水稳基层施工的关键工序,直接影响路面平整度与压实度。采用具备自动找平功能的摊铺机作业,其摊铺宽度与厚度依据设计要求和路面实际情况确定。摊铺前,彻底清扫下承层并洒水湿润,确保其表面清洁、湿润且无松散物料,为混合料摊铺提供良好基础。摊铺机应保持缓慢、均匀且连续的摊铺状态,摊铺速度一般控制在1-3m/min,依据混合料供应与碾压能力灵活调整。例如,在某高速公路施工中,综合考虑拌和站产量,将摊铺速度设定为1.5m/min,有效保障了摊铺质量。密切关注摊铺机螺旋布料器的转速与料位高度,通常转速控制在60-100r/min,料位高度维持在螺旋布料器中心轴以上2/3位置,防止混合料离析,确保摊铺后的混合料均匀平整,符合设计要求。

2.4.2 碾压

碾压作业对于水稳基层密实度和强度的形成起着决定性作用。遵循先轻后重、先慢后快、先静压后振动的原则开展碾压。首先使用轻型压路机(如12t双钢轮压路机)静压1-2遍,初步稳定混合料,接着采用重型压路机(如20t-25t单钢轮振动压路机)振压3-5遍,最后再用重型压路机静压1-2遍收光。碾压时,压路机行驶速度需严格控制,静压速度一般为1.5-2.5km/h,振压速度为2-3km/h。例如,在某项目中,先用12t双钢轮压路机以1.5km/h速度

静压1遍,然后22t单钢轮振动压路机以2km/h速度振压4遍,最后22t单钢轮压路机以1.5km/h速度静压1遍,使基层表面平整密实,无明显轮迹。碾压顺序从路肩向路中心推进,相邻碾压带重叠 $1/3-1/2$ 轮宽,在超高路段由低侧向高侧碾压,且压路机起步与刹车应平稳,防止混合料推移、拥包等问题,确保碾压效果满足设计规范要求^[2]。

3 高速公路水稳基层技术创新与发展趋势

3.1 新型材料应用

随着科技进步,新型材料在高速公路水稳基层中得到应用。纤维增强材料是其中之一,如聚丙烯纤维、钢纤维等加入混合料后,能有效提升基层的抗裂性能。聚丙烯纤维在混合料中均匀分散,可抑制裂缝产生与扩展,增强基层整体性。另外,采用再生集料也是趋势,将废弃混凝土、沥青路面等破碎加工后用于水稳基层,既解决废弃物处置问题,又降低资源消耗。例如,某些地区将旧水泥混凝土路面再生集料应用于水稳基层,经试验检测其性能满足要求且成本降低。此外,新型缓凝水泥的研发,可延长混合料凝结时间,为长距离运输和高温天气施工提供便利,有利于提高施工质量与效率,推动高速公路水稳基层材料向多元化、高性能化方向发展。

3.2 施工工艺革新

施工工艺革新为高速公路水稳基层建设带来新活力。例如,采用全厚式摊铺工艺,一次性摊铺成型较大厚度的水稳基层,减少分层摊铺的施工周期与层间粘结问题,提高基层整体性与稳定性。还有智能压实工艺,利用传感器技术实时监测压路机的振动频率、振幅、压实度等参数,根据反馈数据自动调整压路机的工作状态,确保压实均匀性与质量。在拌和工艺方面,温拌技术逐渐兴起,通过添加特殊添加剂降低混合料拌和温度,减少能源消耗与有害气体排放,同时改善施工环境。

3.3 信息化与智能化管理

在原材料管理方面,借助物联网技术,对水泥、集料等原材料的采购、运输、存储和使用全过程进行实时监控,实现质量追溯与精准调配。例如,通过传感器

实时监测料仓中集料的存量与质量变化,自动预警缺料或质量异常情况。在施工过程中,采用智能摊铺控制系统,根据预设的摊铺厚度、宽度等参数,自动控制摊铺机的运行,提高摊铺精度与平整度。利用卫星定位与地理信息系统,对施工机械进行定位与调度管理,优化施工路线与资源配置。

3.4 环保与可持续发展

在原材料选择上,优先选用当地可再生资源,减少运输过程中的碳排放与资源浪费。例如,就地取材加工集料,降低对环境的影响。在施工过程中,注重粉尘与噪声污染控制。采用封闭式拌和设备与洒水降尘措施,减少粉尘排放;合理安排施工时间与采用低噪声设备,降低噪声污染。加强对施工废水的处理与循环利用,避免废水直接排放对水体造成污染。此外,水稳基层的再生利用技术研究也在推进,在道路改造或维修时,将废弃的水稳基层材料回收再加工,用于低等级道路基层或其他附属设施建设,提高资源利用率,实现高速公路水稳基层建设与环境保护、资源可持续利用的协调发展。

结束语

高速公路水稳基层关键技术的深入研究与有效应用,是保障高速公路品质与寿命的关键所在。通过对原材料严格筛选、精准设计混合料配合比、规范拌和运输流程以及科学实施摊铺碾压和养生等工作,为基层质量筑牢根基。积极探索新型材料应用、施工工艺革新、信息化智能化管理以及环保可持续发展等趋势,将进一步提升水稳基层建设水平^[3]。

参考文献

- [1]陈伟,黄林.公路路面水稳基层施工技术[J].交通世界,2020(35):37-38.
- [2]余华,龚伟玲.高速公路沥青路面级配碎石基层施工技术[J].黑龙江交通科技,2019,42(12):76+78.
- [3]张丽素.高速公路路面级配碎石柔性基层施工技术探讨[J].中国公路,2019(06):100-101+107.