

论道路施工中路基路面施工重点技术

李永胜

杭州市交通工程集团有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 路桥工程作为国家交通基础设施的骨干,其质量直接关乎行车安全、舒适性及使用寿命。在路桥施工体系中,路基是承载基础,而路面则是直接承受车辆荷载和环境侵蚀的“表皮”,其施工质量尤为关键。本文聚焦于路桥路面施工,系统阐述了路基与路面协同作用的重要性,并重点剖析了沥青混凝土路面与水泥混凝土路面两大主流类型的核心施工技术。文章深入探讨了原材料质量控制、混合料设计与拌和、摊铺工艺、压实技术、接缝处理以及智能建造等关键环节的技术要点与质量控制措施。旨在为提升我国路桥路面工程的整体质量、耐久性和服役性能提供理论参考与实践指导。

关键词: 路桥工程; 路面施工; 沥青混凝土; 水泥混凝土; 压实技术

引言

我国经济快速发展与城镇化推进,对交通基础设施提出更高要求,路桥工程建设规模与技术标准不断提升。路基传递荷载至地基,路面暴露于自然环境,承受多重考验,影响行车舒适性与安全性,决定路桥工程全寿命周期成本。现代路桥设计理念强调路基与路面协同工作,稳固路基是高质量路面前提,高性能路面能保护路基。但实际工程中,路面病害如车辙、裂缝等仍困扰行业,根源常在于施工的技术偏差或管理疏漏。因此,本文聚焦“路面”施工环节,系统梳理分析重点技术,以科学方法和先进工艺提升路面质量与耐久性,助力构建“平安百年品质工程”。

1 路基与路面的协同关系:高质量路面的前提

任何卓越的路面施工都无法脱离一个优质的路基。二者是唇齿相依、不可分割的整体。(1) 路基强度与稳定性是根本保障:路基的回弹模量、CBR(加州承载比)值等指标直接决定了其承载能力。若路基存在软弱下卧层、压实度不足或不均匀沉降等问题,即便采用最高标准的路面材料和工艺,也难以避免反射裂缝、沉陷等结构性病害的发生。因此,在路面施工前,必须确保路基经过严格的检测与验收,达到设计规范要求。(2) 路基平整度是路面平整度的基础:现代高等级公路对平整度的要求极高(通常用国际平整度指数IRI衡量)。研究表明,路基表面的微小不平整会在路面各结构层中逐层放大,最终显著影响行车舒适性。因此,路基顶面的精平工作至关重要,需采用高精度的平地机配合水准仪进行精细整平。(3) 路基排水系统是路面耐久性的守护者:水是道路的“天敌”。路基内部或路基-路面界面处积水会软化路基土体,降低其强度,并在冻融循环地区引

发严重的冻胀与翻浆。完善的路基排水系统(包括边沟、盲沟、渗沟等)能迅速排除地下水和地表水,保持路基处于干燥或最佳含水状态,从而为路面提供一个稳定、干燥的工作平台。综上所述,高质量的路面施工始于一个坚实、平整、干燥的路基。忽视路基质量而片面追求路面表观效果,无异于沙上筑塔。

2 沥青混凝土路面施工重点技术

沥青混凝土路面因其行车舒适、噪声低、养护便捷、可再生利用等优点,在我国高等级公路和城市主干道中占据主导地位。其施工是一个连续、动态、多工序紧密衔接的复杂过程,任何一个环节的失误都可能导致最终质量缺陷。

2.1 原材料质量控制与混合料设计

这是确保沥青路面性能的源头。沥青混合料应根据气候分区、交通荷载等级选择合适的沥青标号(如70#、90#)或改性沥青(如SBS改性沥青)。重点控制其针入度、软化点、延度、粘韧性等关键指标。对于重载交通路段,必须采用高性能改性沥青以提高高温抗车辙能力和低温抗裂性能。集料是沥青混合料的骨架,其质量至关重要。粗集料应坚硬、耐磨、洁净,具有良好的棱角性和嵌挤能力;细集料应洁净、干燥、无风化;矿粉应采用石灰岩等憎水性岩石磨细而成,保证其亲油性^[1]。必须严格控制集料的压碎值、磨耗值、含泥量、砂当量等指标。配合比设计采用马歇尔设计法或Superpave设计法,通过目标配合比、生产配合比及生产配合比验证三个阶段,确定最佳沥青用量(OAC)。设计时不仅要满足空隙率、矿料间隙率(VMA)、沥青饱和度(VFA)等体积指标,还需进行车辙试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验等性能验证,确保混合料具备优异的高温稳定性、

水稳定性和耐久性。

2.2 混合料拌合与运输

拌合采用间歇式沥青拌和厂进行集中厂拌，确保混合料的均匀性。拌合温度是关键参数，需根据沥青类型和黏度精确控制（普通沥青约150~160℃，改性沥青约160~170℃）。拌合时间应足以使沥青均匀裹覆所有集料颗粒。实时监控拌合楼的计量系统和温度控制系统，确保生产配合比的准确执行。运输使用大吨位自卸车运输，并采取保温措施（如覆盖篷布），防止混合料温度离析和过度降温。运料车在装料时应采用“前-后-中”的移动装料法，减少集料离析。到达现场后，应有专人指挥，保证摊铺作业连续性，避免摊铺机停机待料。

2.3 摊铺工艺

摊铺是形成路面初始结构和外观的关键步骤。应选用带有自动找平装置（通常采用非接触式平衡梁或激光找平系统）的高性能摊铺机。根据路面宽度选择单机或多机梯队作业。熨平板的初始仰角、夯锤和振动频率需根据混合料类型和厚度进行预设。摊铺温度直接影响压实效果。普通沥青混合料不低于140℃，改性沥青不低于160℃。现场应配备红外测温仪，对到场混合料和摊铺后温度进行实时监测。摊铺速度应缓慢、均匀、连续，一般控制在2~4m/min。严禁摊铺机随意停顿或急转弯，以免造成横向离析和厚度不均。多机联合作业时，前后间距不宜过大（通常5~10m），并确保两幅搭接处的热接缝质量^[2]。离析是导致路面早期损坏的主要原因之一。除前述的装料、运输、摊铺速度控制外，还应关注螺旋布料器的转速与料位高度，确保混合料在熨平板前始终保持“满埋”状态，以减少横向温度与级配离析。

2.4 压实技术

压实是赋予沥青路面最终强度、密实度和耐久性的决定性工序。遵循“紧跟、慢压、高频、低幅、少遍”的原则。典型的碾压组合为：双钢轮压路机初压（1-2遍）→轮胎压路机复压（4-6遍）→双钢轮压路机终压（1-2遍，消除轮迹）对于改性沥青或SMA等特殊混合料，可能取消轮胎压路机，全程采用双钢轮振动压路机。必须在混合料的有效压实厚度区间内完成碾压。初压温度越高，越有利于获得高密度。压路机应紧跟摊铺机，初压区段长度控制在20—30m以内。碾压速度应与摊铺速度相匹配，初压宜慢（1.5—2km/h），复压可稍快（2.5—3.5km/h）。通过试铺段确定最佳碾压遍数，避免欠压（导致空隙率过大）或过压（导致集料破碎、泛油）。路肩边缘和施工接缝处是压实薄弱区，应使用小型振动压路机或振动夯板进行补充压实。

2.5 接缝处理技术

接缝是路面的薄弱环节，处理不当极易成为水损害和裂缝的起点。横向接缝多采用平接缝。在摊铺结束时，趁混合料未冷却前用切割机垂直切割端部不平整部分，并清理干净。下次摊铺前，在接缝处涂刷少量粘层油，摊铺机熨平板放置于已压实路面上预热，起步后立即检查接缝处的平整度，并用人工筛出的细料填补微小缝隙。纵向接缝优先采用热接缝。两台摊铺机梯队作业时，相邻摊铺带应有5~10cm的重叠，趁热跨缝碾压，以消除接缝痕迹。若采用冷接缝，则需在先铺筑的边缘切齐、涂刷粘层油，并调整摊铺机熨平板，确保新旧混合料的良好衔接。

3 水泥混凝土路面施工重点技术

水泥混凝土路面以其强度高、稳定性好、耐久性强、养护费用低等优势，在重载交通、港口、机场跑道等领域应用广泛。其施工核心在于控制混凝土的收缩、徐变和温度应力，防止开裂。

3.1 原材料与配合比设计

水泥宜选用道路硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。要求收缩小、耐磨性好、抗折强度高。严格控制水泥的安定性和凝结时间；对集料的级配、含泥量、针片状含量、坚固性等要求极为严格。良好的级配能减少水泥用量，降低水化热和收缩；广泛使用减水剂以降低水灰比，提高强度和耐久性；使用引气剂引入微小气泡，提高抗冻性；掺加粉煤灰、矿渣粉等可改善工作性、降低水化热。配合比设计以抗弯拉强度为主要设计指标，同时兼顾工作性、耐久性和经济性；严格控制水灰比（通常不大于0.46），并通过试配确定最佳砂率和单位用水量。

3.2 模板安装与传力杆、拉杆设置

模板多采用钢模板，要求刚度大、不变形、易于拆装。模板安装必须牢固、顺直、平整，其高度应与设计面板厚度一致；接头处不得有错位。在胀缝和横向缩缝处设置传力杆（光圆钢筋），以传递荷载，防止板块错台；在纵缝处设置拉杆（螺纹钢筋），以防止板块横向拉开。其位置、间距、长度和端部处理（如涂沥青套筒）必须严格按照设计图纸施工，确保其功能正常发挥；

3.3 混凝土拌合、运输与摊铺

拌和采用强制式搅拌机，确保混凝土拌和物均匀；严格控制搅拌时间和投料顺序。运输使用搅拌运输车，防止混凝土离析和坍落度损失；运输时间不宜过长。摊铺可采用三辊轴机组、滑模式摊铺机或轨道式摊铺机。摊铺机应匀速前进，振动仓内的混凝土应保持充足，以保证振捣密实。严禁抛掷和耢耙；以免造成离析。

3.4 振捣、整平与抹面

振捣通过摊铺机自带的排式振捣棒或插入式振捣器,使混凝土充分液化、密实,并排出内部气泡。振捣要均匀,避免过振或漏振。整平利用三辊轴或振动梁进行初步整平,再用浮动式整平梁进行精平,确保面板的平整度和高程符合要求^[3];在混凝土初凝前进行多次抹面,消除表面缺陷,闭合泌水通道;提高表层密实度。最后一次抹面应在混凝土表面泌水消失后进行,以形成致密、耐磨的表层。

3.5 接缝施工与养生

横向缩缝应在混凝土达到一定强度(通常为抗压强度8-12MPa)时及时切缝,切缝深度和宽度应符合设计要求(通常为板厚的1/4-1/5)。切缝过晚会因收缩应力导致不规则裂缝。待混凝土充分干燥后(通常养生14天),清除缝内杂物,灌入专用的聚氨酯、硅酮或橡胶类填缝料,要求饱满、密实,与缝壁黏结良好。养生是防止早期塑性收缩和干缩裂缝的关键。可采用覆盖土工布洒水养生、喷洒养生剂或覆盖塑料薄膜等方式,养生期不少于14天,期间应始终保持混凝土表面湿润。

4 面向未来的路面施工技术发展趋势

随着科技的进步,路桥路面施工正朝着更高质量、更高效率、更智能化的方向发展。(1)智能压实(IC)技术:通过在压路机上集成GPS、加速度计、温度传感器等,实时采集压实遍数、压实度、温度等数据,并生成可视化压实地图。这实现了压实过程的精准控制和质量管控,彻底改变了传统的“凭经验、靠抽检”的模式。(2)无人化摊铺与碾压:基于北斗高精度定位和路径规划算法,实现摊铺机和压路机的集群协同无人驾驶作业。这不仅提高了施工精度和效率,还减少了人为操作误差和安全风险^[4]。(3)全过程信息化管理(BIM+GIS):利用建筑信息模型(BIM)和地理信息系统(GIS)技术,对

路面施工的原材料、配合比、设备运行、人员操作等全要素、全过程进行数字化管理和追溯,实现工程质量的透明化和可预测性。(4)绿色环保技术:大力推广温拌沥青、再生沥青(RAP/RAS)技术,减少能源消耗和碳排放;研发新型生态透水路面,缓解城市内涝,补充地下水。

5 结语

路桥路面施工是一项融合了材料科学、机械工程、信息技术和精细化管理的系统工程。高质量的路面绝非偶然,而是源于对每一个技术细节的极致追求。本文通过对沥青混凝土和水泥混凝土两大路面体系的重点技术进行系统梳理,强调了从原材料源头把控到最终接缝处理的全过程质量控制理念。尤其突出了压实技术、离析控制、温度管理、接缝处理等核心环节的关键作用。未来,随着智能建造、绿色建造理念的深入人心和技术的不断成熟,路桥路面施工将迈入一个全新的时代。然而,无论技术如何演进,“以人为本、精益求精”的工匠精神和对规范标准的敬畏之心,始终是铸就百年品质工程的基石。唯有将先进科技与严谨态度深度融合,方能铺就一条条安全、舒适、耐久的康庄大道,为国家经济社会发展提供坚实的交通保障。

参考文献

- [1]卫东.施工中路基路面施工技术重点探析[J].黑龙江交通科技,2022,45(10):25-27.
- [2]殷锐.路桥工程中路基路面施工技术重点探析[J].住宅与房地产,2020,(27):185+192.
- [3]陆勇.道路施工中路基路面施工技术重点[J].黑龙江交通科技,2020,43(07):77-78.
- [4]吴越,任玉朋.道路施工中路基路面压实技术研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(10):248-250.