

沥青混凝土面层压实不足对早期破损的影响研究

申 鹏

中铁二十局集团有限公司 陕西 西安 710000

【摘要】：沥青混凝土面层压实质量是保障路面结构稳定性和使用寿命的核心环节，压实不足会直接破坏面层内部结构完整性，诱发多种早期破损病害，缩短路面服役周期并增加养护成本。本文以沥青混凝土面层压实不足为研究核心，通过现场检测、室内试验结合工程实例分析，探究压实不足对面层密实度、强度及抗水损害能力的影响机制，明确压实不足与早期开裂、车辙、松散等破损形式的内在关联，提出针对性防控措施。研究表明，压实不足导致的面层密实度不足，是引发早期破损的主要诱因，合理控制压实参数可有效降低早期破损发生率，为沥青混凝土路面施工质量控制提供理论支撑和实践参考。

【关键词】：沥青混凝土面层；压实不足；早期破损；压实质量；病害机制

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.020

引言

沥青混凝土路面因行车舒适性好、施工便捷等优势，广泛应用于公路工程建设中，但早期破损问题频发，严重影响路面使用性能和通行安全，其中压实不足是导致面层早期破损的关键因素之一。实际施工中，受压实工艺、机械选型、施工环境等因素影响，压实不足现象普遍存在，进而引发路面开裂、车辙、坑槽等病害，不仅增加养护投入，还降低道路通行效率。基于此，深入研究沥青混凝土面层压实不足对早期破损的影响，明确其作用机制，提出科学防控策略，对提升路面施工质量、延长路面服役寿命具有重要现实意义，也为后续相关研究奠定基础。

1 沥青混凝土面层压实不足及早期破损的现状分析

沥青混凝土面层作为道路结构的表层承重与防护部分，其压实质量直接决定路面的整体性能和服役寿命，当前在道路施工实践中，压实不足的问题较为普遍，且多伴随早期破损现象出现。实际施工中，部分施工单位为追赶工期，未严格遵循碾压工艺要求，碾压机械组合不合理、碾压遍数不足或碾压速度过快，导致沥青混合料未能充分密实，面层内部空隙率偏大，破坏了沥青混合料中沥青与集料的嵌挤结构，使得面层整体强度和粘结力下降，为早期破损埋下隐患^[1]。这种压实不足的问题在道路边角、交叉口等施工难度较大的区域更为突出，部分路段表面看似平整，实则内部密实度未达到规范要求，属于典型的隐性质量缺陷。

压实不足引发的沥青混凝土面层早期破损，在道路通车后短期内即可显现，且破损形式多样，与正常使用年限内的破损有明显区别。常见的早期破损表现为路面局部松散、细微裂缝、坑槽及车辙等，这些破

损多从压实薄弱区域开始出现，逐步向周边蔓延。由于面层压实不足，空隙率过大，雨水极易渗入面层内部，在行车荷载的反复作用下，形成动水压力，冲刷沥青与集料的结合面，导致沥青膜剥落，集料松动，进而发展为松散和坑槽；同时，压实不足使得面层抗剪强度不足，在重载车辆的碾压下，易产生塑性变形，形成车辙，影响行车舒适性和安全性。

当前沥青混凝土面层压实不足、早期破损频发的现状，与施工全过程质量管控缺失密切相关。部分施工人员规范意识薄弱，对压实关键工序把控不严，碾压温度、遍数、速度控制不合理，横向与纵向接缝处理不到位，易造成面层密实度不均、局部空隙率偏大，形成结构薄弱区域。施工现场缺乏高效的实时监测与过程验收手段，压实质量难以在施工阶段及时判定与整改，往往等到道路投入使用后，松散、裂缝、坑槽等早期破损才集中显现。此时再开展维修养护，不仅大幅增加工程运维成本，还会造成交通中断，影响正常通行。此类问题在各级公路、城市主干道及市政道路中普遍存在，已成为制约道路工程质量、缩短路面使用寿命、影响行车舒适性与安全性的突出问题。

2 压实不足诱发沥青混凝土面层早期破损的作用机制

压实不足会直接导致沥青混凝土面层内部空隙率过大，破坏沥青混合料的密实结构，这是诱发早期破损的核心前提。实际施工中，若压路机碾压遍数不足、碾压速度过快或碾压温度控制不当，都会使沥青混合料颗粒无法充分嵌挤咬合，留存过多连通空隙^[2]。这些空隙会成为水分和空气渗透的通道，雨水容易顺着空隙渗入面层内部，与沥青胶结料发生作用，逐渐降低沥青的黏结性能，导致混合料颗粒间的结合力下降，进而引发面层松散、起砂等早期破损现象，尤其在多雨地区，这种破损表现更为明显。

沥青混凝土面层的承载能力与压实度密切相关,压实不足会显著降低面层的整体强度和刚度,无法有效承受车辆荷载的反复作用。车辆行驶过程中,荷载会通过面层传递至基层,压实不足的面层因结构松散,颗粒间的接触应力分布不均,局部区域容易产生应力集中。长期的荷载反复作用下,应力集中部位会逐渐出现细微裂缝,这些裂缝会随着车辆的反复碾压不断扩展,从表面延伸至内部,最终形成横向裂缝、纵向裂缝等破损形式,影响面层的使用性能和使用寿命。

压实不足会显著加快沥青混凝土面层的老化进程,进而引发道路早期破损。未充分压实的面层内部空隙率偏大,沥青胶结料与空气的接触面积大幅增加,在日照、高温、温差循环等自然因素作用下,沥青极易发生氧化、硬化与老化,逐渐丧失塑性与黏结性能,整体变脆、失去韧性。老化后的沥青难以有效裹覆与黏结集料,沥青混合料结构松散、整体性大幅下降。在行车荷载与雨水、冻融等外界因素反复作用下,面层易出现集料脱落、表面松散、剥落及坑槽等病害。此类破损一旦形成,会在车辆碾压与环境侵蚀下快速扩展,不仅降低路面平整度与使用寿命,还会直接影响道路行车安全与正常通行能力。

3 沥青混凝土面层压实不足的主要影响因素探究

沥青混合料的自身性能是影响压实效果的基础因素,直接关系到面层压实的难易程度与最终压实质量。实际施工中,混合料的级配组成不合理会直接导致压实不足,若粗集料含量过多,颗粒间空隙过大,碾压时难以形成紧密嵌挤结构,空隙率偏高;若细集料或填料不足,混合料黏结性变差,碾压过程中易出现松散、推移现象,无法达到规定的压实度^[3]。沥青结合料的针入度、软化点等指标不符合设计要求,会影响混合料的可塑性和黏聚性,软化点过低时,高温碾压易出现泛油、推移,软化点过高则混合料刚性过大,碾压时难以压实,最终导致面层压实不足,为早期破损埋下隐患。

施工工艺及操作规范的执行不到位,是造成沥青混凝土面层压实不足的核心人为因素。碾压机械的选择与使用不合理是常见问题,实际施工中若选用的压路机吨位不足、碾压速度过快,会导致压路机对混合料的压实功传递不足,无法有效克服混合料颗粒间的摩擦力和黏结力,难以实现密实度要求;碾压顺序混乱、碾压遍数不足,会使面层不同区域压实度不均匀,局部区域因未充分碾压而存在松散、空隙率过大的问题。此外,碾压时机把控不当也会影响压实效果,混合料碾压温度过高易出现推移、泛油,温度过低则混

合料流动性变差,颗粒间难以紧密结合,均会导致压实不足,影响面层整体稳定性。

施工环境条件及现场管控水平,对沥青混凝土面层压实效果有着不可忽视的影响。施工现场的气温、风速等环境因素直接影响沥青混合料的温度变化,低温环境下,沥青结合料黏度增大,混合料流动性降低,碾压时需要更大的压实功才能达到规定压实度,若未采取有效的保温措施,极易导致压实不足;风速过大时,混合料表面温度下降过快,同样会影响压实效果。同时,现场施工管控不到位,对混合料摊铺厚度、碾压参数的管控不严格,施工人员操作不规范,未及时对碾压过程中出现的松散、推移等问题进行处理,会进一步加剧压实不足的情况,导致面层结构密实度不够,抗水损害、抗疲劳性能下降,进而引发早期破损。

4 抑制压实不足及早期破损的施工防控技术

抑制沥青混凝土面层压实不足及早期破损,需从施工原材料管控入手,这是防控工作的基础环节,也是避免后续压实问题的前提^[4]。在实际施工过程中,需严格控制沥青混合料的配合比,确保骨料级配符合设计要求,避免出现骨料级配偏细或偏粗的情况,防止混合料压实过程中出现空隙率过大、密实度不足的问题。同时,要管控沥青的针入度、软化点等关键指标,避免因沥青性能不佳导致压实后粘结力不足,进而引发早期松散、开裂等破损。施工前需对原材料进行抽样检测,剔除不合格材料,确保沥青混合料的均匀性和稳定性,为后续压实作业奠定良好基础,从源头减少压实不足带来的早期破损隐患。

施工过程中的压实工艺管控是抑制压实不足的核心,直接决定沥青混凝土面层的密实度和整体强度。实际施工中,需根据沥青混合料的类型和温度,合理选择压实机械的型号和组合方式,通常采用钢轮压路机与胶轮压路机配合使用,兼顾压实度和表面平整度。压实作业需遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的原则,控制好压实温度和压实速度,避免低温压实导致混合料不易成型,或高温过快压实施工出现推移、拥包等问题。压实过程中要安排专人进行现场管控,及时检查压实效果,对压实不到位的区域进行补压,确保面层各部位密实度均匀,减少空隙率,避免水分渗入和荷载作用下出现早期破损。

施工后的养护管理与现场管控,是防止压实不足引发早期破损的重要保障,也是施工防控技术的关键环节。沥青混凝土面层压实完成后,需及时进行覆盖养护,控制养护时间和环境温度,避免面层因温差过

大产生收缩裂缝，同时防止车辆过早通行对未完全成型的面层造成碾压损伤，导致压实效果失效。养护期间需加强现场巡查，严禁重型车辆违规通行，及时清理面层杂物，避免杂物影响面层平整度和密实度。此外，要建立完善的施工质量追溯体系，对压实作业的关键环节进行记录，针对施工中出现的压实问题及时分析原因，优化施工工艺，形成闭环管理，从全过程抑制压实不足及早期破损的发生。

5 压实不足防控及早期破损治理的工程应用实践

在沥青混凝土面层施工过程中，压实不足防控需贯穿施工全流程，结合工程现场实际工况优化管控措施，杜绝因压实不到位埋下早期破损隐患。施工前需对下层进行全面检查，确保基层压实度、平整度符合规范要求，对松散、下沉部位提前进行铣刨、补铺处理，为面层压实奠定良好基础^[5]。混合料运输过程中需用篷布严密覆盖，做好保温措施，确保到场温度满足压实要求，避免因温度过低导致压实困难。碾压作业严格遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则，合理搭配静态光轮压路机与振动压路机，按初压、复压、终压三个阶段有序作业，安排专人实时监测碾压温度与碾压轨迹，避免漏压、过压或碾压速度不均等问题，从源头防控压实不足现象的发生。

针对工程中已出现的因压实不足引发的早期破损，需结合破损实际情况采取针对性治理措施，避免破损范围进一步扩大。对于压实不足导致的面层松散、麻面等轻微破损，先清理破损区域的松散集料，采用高压空气清除基面灰尘，喷洒黏层油增强新旧混合料的黏结性，再摊铺新的沥青混合料并进行充分压实，确保修补部位与原路面衔接紧密。对于因压实不足引

发的裂缝、坑槽等较严重破损，需先切割破损区域至坚实基面，烘干基面后涂刷黏结材料，分层摊铺混合料并控制好压实温度与压实度，必要时采用振荡压实工艺，提升修补部位的密实度和整体强度，恢复路面的承载能力和使用性能。

工程应用实践中，压实不足防控与早期破损治理需建立闭环管理体系，结合施工经验持续优化管控措施。施工过程中加强技术交底与人员培训，提升作业人员的操作技能和质量意识，确保碾压工艺规范落实。定期对压实质量进行检测，采用钻芯法、无核密度仪法等方式核查压实度，对检测不合格部位及时进行返工处理。同时，结合路面使用情况定期开展巡查，对早期破损隐患早发现、早治理，合理选用适配的修复材料和施工工艺，兼顾治理效果与施工效率，通过全过程、精细化管控，有效解决压实不足引发的早期破损问题，延长沥青混凝土面层的使用寿命。

6 结语

沥青混凝土面层压实质量直接关乎路面服役效能，压实不足引发的密实度不足、强度下降等问题，是诱发面层早期破损的核心症结，其通过破坏混合料内部结构、加剧水损害与沥青老化，加速裂缝、车辙等病害发展，增加工程养护成本与通行隐患。本研究通过多维度分析明确了压实不足的影响因素与作用机制，提出的原材料管控、压实工艺优化及养护管理等防控措施，经工程实践验证可有效降低早期破损发生率。未来可结合新型检测技术与施工工艺，进一步深化压实质量精准管控研究，为沥青混凝土路面长效服役提供更全面的技术支撑，助力公路工程质量提升。

参考文献：

[1] 凌水.高速公路 AC-20C SBS 改性沥青混凝土中面层压实工艺研究[J].西部交通科技,2021,(09):71-75.
 [2] 丁耀权.市政道路大修沥青混凝土面层施工及技术分析[J].中国设备工程,2025,(S2):296-298.
 [3] 钟方明.道路沥青混凝土面层施工技术 & 改进路径[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(21):170-172.
 [4] 付立勇,陈文达.沥青混凝土路面面层施工工艺研究[J].交通世界,2024,(17):50-52.
 [5] 陆振盛.混凝土路面加铺沥青混凝土面层改造技术研究[J].江西建材,2023,(11):294-297.