

沥青路面施工温度对压实度及早期损坏的影响研究

向 焱

云南云岭高速公路工程咨询有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：沥青路面凭借优良的行车性能，在我国公路建设中得到广泛应用。施工阶段的温度控制，是影响沥青混合料成型质量的关键因素，与路面最终压实效果密切相关。若温度控制不合理，极易导致路面压实度不足、内部结构不均匀等问题，进而引发松散、开裂、车辙等早期病害，降低道路整体使用寿命。基于此，本文将从温度作用机理入手，探讨其对压实质量与路面病害的影响，提出相应的应对措施，以期优化现场施工控制、提升工程耐久性提供参考。

【关键词】：沥青路面；施工温度；压实度；早期损坏；影响

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.029

引言

在沥青路面施工中，决定沥青路面质量的最后一道工序便是压实，该工序也是影响沥青路面施工质量的重要工序之一。压实不足或压实过度对沥青路面的质量都不利，影响压实质量的因素是多方面的，例如：钢轮压路机洒水、碾压速度的快慢等，除此之外，施工时的风速、气温、压实温度都会对压实质量造成影响。因此，针对沥青路面施工温度对压实度及早期损坏的影响进行深入研究极为重要。

1 沥青路面施工温度作用机理

沥青路面施工温度的作用逻辑，贯穿于混合料拌和、运输、摊铺、碾压的整个施工流程，其核心作用方式是通过调节沥青的黏弹特性，间接影响混合料的使用性能与路面成型效果。作为沥青混合料的核心胶结成分，沥青对温度变化极为敏感，温度的升降会直接改变其黏度与延展能力，进而影响沥青对骨料的包裹效果以及混合料颗粒的排列状态。适宜的施工温度可使沥青处于理想黏弹状态，有效降低碾压过程中的阻力，保障路面压实度达到标准、内部结构均匀致密；施工温度过高会加快沥青热老化进程，导致混合料出现推移、泛油等问题，温度过低则会让沥青脆性增强，无法与骨料实现充分黏结，最终造成路面压实不足。此外，施工过程中形成的温度梯度与温度波动，会促使路面产生收缩应力，直接关系到沥青路面的压实质量与长期服役寿命。

2 沥青路面施工温度对压实度及早期损坏的影响

2.1 施工温度对沥青混合料可压实性的基础影响

沥青混合料的可压实性能，是决定压实度能否达到设计标准的核心前提，而这一性能的优劣，主要由施工温度来调控，其内在影响逻辑与沥青自身的黏弹特性紧密相关。沥青作为沥青混合料的核心胶结物质，温度每升高 10℃，其黏度就会降低 30%~40%，流动性与延展能力也会明显提升，能够更充分地包裹骨料颗粒、填充颗粒之间的空隙，为后续碾压成型工作创造良好条件。

沥青温度变化	每升高 10℃	黏度降低 30%~40%，流动性、延展性提升
摊铺温度	130℃~150℃	可压实性最佳，颗粒排列均匀
摊铺温度	低于 110℃	可压实性下降超 50%，难达 ≥96% 设计压实度
摊铺温度	高于 160℃	混合料软化推移，压实度下降 3%~5%，易泛油车辙
运输温度损耗	每增加 1km 运输距离	温度损耗 1℃~2℃，超 5km 无保温易低温

结合实际工程施工经验来看，当沥青混合料的摊铺温度控制在 130℃~150℃ 这个区间时，其可压实性能处于最佳状态，碾压过程中颗粒之间的摩擦力与黏结力能够形成良好平衡，便于颗粒重新排列组合；若摊铺温度低于 110℃，沥青黏度会急剧上升，可压实性能下降幅度超过 50%，碾压时的阻力会大幅增加，即便加大碾压力度，也很难达到设计要求的压实度标准（通常设计压实度需 ≥96%）；若摊铺温度高于 160℃，混合料会出现软化、推移等问题，碾压后容易产生泛油、车辙等安全隐患，压实度反而会下降 3%~5%。除此之外，混合料运输过程中的温度损耗也会对可压实性产生影响，一般情况下，运输距离每增加 1km，温度损耗约为 1℃~2℃，若运输距离超过 5km 且未采取有效的保温措施，混合料到场时的温度就容易低于合理范围，直接影响后续的压实效果。

2.2 施工温度对压实度均匀性的具体影响

压实度的均匀性，是保障沥青路面结构稳定的重要基础，而施工温度分布不均衡，是造成压实度不均匀的主要原因之一，这种温度差异主要体现在摊铺层内外温差、路段横向温差两个方面。从摊铺层内外温差来看，混合料摊铺完成后，其表面会受到环境温度、风速等外界因素的影响，降温速度比内部快 8℃~12℃/h，这就导致表层混合料先凝固成型，而内部混合料仍处于流动或半流动状态，碾压时表层无法充分压实，内部则因过度碾压容易出现结构松散的问题，最终导致上下层压实度的差值可达 4%~6%。从路段横向温差来看，摊铺作业过程中，摊铺机两侧与中间区域的温度差异可达 5℃~8℃，两侧温度较低的区域，其压实度通常比中间区域低 2%~3%，形成横

影响因素	具体参数	对应影响结果
------	------	--------

向压实度不均衡的现象,后期容易在这些压实度较低的薄弱区域诱发裂缝病害。某高速公路施工检测结果显示,温度分布均匀的路段,压实度合格率能够达到98%,而温度差异较大的路段,压实度合格率仅为72%,两者相差26个百分点,这一数据充分印证了施工温度均匀性对压实度的重要影响。

2.3 施工温度过高对压实度及早期损坏的影响

施工温度过高,是沥青路面施工过程中较为常见的问题,这种情况不仅会影响压实度的达标效果,还会加速路面早期损坏,其负面影响具有一定的隐蔽性和长期性。当施工温度超过160℃时,沥青会发生热老化现象,针入度下降15%~20%,延度降低25%~30%,黏结性能大幅衰减,碾压过程中容易出现混合料推移、泛油等问题,进而导致压实度不足,路面空隙率超出标准范围(超过5%)。与此同时,经过热老化的沥青,脆性会明显增强,后期在车辆荷载的反复作用下,容易出现脆裂、剥落等病害。相关工程数据显示,施工温度长期维持在165℃~175℃的路段,路面早期开裂率比温度控制合理的路段高出40%以上,通车1~2年就会出现明显的车辙,车辙深度可达8mm~12mm,远远超过规范允许的5mm限值。另外,温度过高还会导致混合料出现离析现象,粗骨料聚集的区域压实度不足,细骨料聚集的区域则容易出现泛油问题,进一步加剧路面结构的不均匀性,诱发局部破损。

2.4 施工温度过低对压实度及早期损坏的影响

施工温度过低,是造成压实度不达标、诱发路面早期水损、松散等病害的主要原因,尤其是在低温季节开展施工时,这种影响会更加突出。当摊铺温度低于110℃、碾压温度低于90℃时,沥青黏度会急剧增大,呈现出明显的脆性,无法与骨料实现充分黏结,碾压过程中颗粒之间难以有效排列,路面空隙率会超过8%,远高于规范要求的3%~5%,此时压实度合格率不足70%。空隙率超标会导致雨水极易渗入路面内部,浸泡沥青与骨料的黏结界面,导致两者之间的黏结力下降,进而引发松散、坑槽等水损病害。据统计数据显示,低温施工的路段,早期水损病害的发生率高达55%,比常温施工的路段高出30个百分点,而且这类水损病害的修复难度较大,后期养护成本也相对较高。同时,温度过低会导致混合料收缩不均匀,产生较大的收缩应力,当这种应力超过沥青的抗拉强度(通常为0.15MPa~0.25MPa)时,会直接引发横向裂缝,裂缝宽度可达0.3mm~0.5mm,后期会随着车辆荷载的反复作用逐渐扩展,影响路面的整体性。

2.5 施工温度波动对压实度及早期损坏的综合影响

施工过程中温度波动过大,会对压实度的稳定性以及路面早期服役性能产生综合性的负面影响,这种温度波动主要源于环境温度的变化、施工工艺操作不当等因素。结合工程实践经验来看,若施工期间环境温度日波动超过10℃,或者摊铺与碾

压之间的间隔时间过长(超过30min),混合料的温度会急剧下降,导致碾压过程中不同阶段的压实效果差异较大,压实度的波动范围可达3%~7%,无法形成稳定、密实的路面结构。温度的频繁波动,还会导致沥青混合料出现反复的收缩与膨胀,产生交变应力,长期处于这种应力作用下,沥青会逐渐发生老化、脆化,进而诱发疲劳裂缝。某省道施工监测数据表明,温度波动较大的路段,通车3年内的疲劳裂缝发生率达到62%,而温度控制稳定的路段,疲劳裂缝发生率仅为18%。此外,温度波动还会影响压实工艺的适配性,碾压速度、碾压遍数无法根据温度的实时变化及时调整,进一步降低压实度的达标率,加剧路面的早期损坏。

3 相应的应对措施

3.1 优化混合料拌和温控体系,筑牢施工质量基础

沥青混合料拌和阶段的温度管控,是保障后续压实工序顺利开展、路面成型质量达标的基础前提,需构建全流程、全方位的温控体系,精准把控拌和温度与混合料均匀度。施工期间,需结合所用沥青标号、骨料的物理特性,科学确定合理的拌和温度范围,严格把控沥青加热温度与骨料烘干温度,防止沥青因温度过高发生热老化,同时避免骨料加热不充分影响拌和效果。在混合料拌和过程中,需配备精度达标的温度监测设备,实时跟踪监测混合料出口温度,确保温度波动控制在±5℃以内,同时合理延长拌和时长,保障沥青与骨料充分融合、黏结紧密均匀。除此之外,需加强拌和设备的日常维护检修与参数校准,及时清理设备内部残留的混合料,防止残留料结块后影响后续拌和质量,从源头规避因拌和温度控制不当,引发的压实度不足、路面早期损坏等隐患。

3.2 完善混合料运输保温措施,减少温度损耗

混合料运输过程中的温度损耗,会直接影响其到场后的可压实性能,进而影响路面压实度,因此需针对性完善运输环节的保温措施,将温度损耗控制在合理区间。运输车辆需配备专业保温篷布及保温车厢,车辆出场前需对车厢进行预热处理,减少混合料与车厢壁之间的热量传递;运输途中,需全程覆盖保温篷布,有效隔绝风力、环境温度对混合料温度的影响,同时合理控制运输速度,缩短运输耗时,根据运输距离科学规划路线,避免车辆中途长时间停留导致温度过度损耗。混合料运抵施工现场后,需及时检测其温度,若温度低于合理摊铺范围,需采取规范的二次加热措施,确保混合料温度达标后再开展摊铺作业,坚决杜绝低温混合料直接摊铺,从而避免压实度不足等质量问题。

3.3 规范摊铺环节温控操作,保障压实均匀性

摊铺环节的温度控制,直接关系到路面压实度的均匀性,需规范各项操作流程,最大限度减少摊铺层温度分布差异。摊铺作业开展前,需对下承层进行预热处理,提升下承层表面温

度,缩小摊铺层与下承层之间的温差,防止摊铺层底部温度骤降,导致上下层界面黏结不牢固。摊铺过程中,需稳定控制摊铺机行驶速度,保持匀速推进,避免因摊铺机停顿导致局部混合料降温过快;同时,安排专人负责监测摊铺温度,根据实时温度情况,及时调整摊铺机熨平板温度,确保摊铺层表面温度均匀一致,减少横向、纵向的温度偏差。此外,摊铺宽度与摊铺厚度需保持均匀统一,避免因摊铺厚度不均导致温度分布失衡,为后续碾压工序实现均匀压实奠定良好基础。

3.4 优化碾压工艺与温控配合,提升压实质量

碾压工序是提升沥青路面压实度的核心环节,需结合混合料温度的实时变化,优化碾压工艺参数,实现温度管控与碾压操作的精准配合。需根据混合料的实时温度,科学选择碾压机械的类型,合理设定碾压速度与碾压遍数,在混合料最佳碾压温度区间内,有序完成初压、复压、终压三道工序,其中初压以稳压为主,复压以提升密实度为核心,终压以整形修平为重点,避免出现过度碾压或碾压不足的情况。碾压过程中,需实时监测混合料温度,根据温度变化及时调整碾压参数,当温度过高时,适当放慢碾压速度,防止混合料出现推移、泛油等问题;当温度过低时,加快碾压节奏,确保在混合料凝固前完成全部碾压作业。同时,严格遵循“从低到高、从边到中”的碾压顺序,确保摊铺层碾压均匀,减少压实度差异,提升路面整体压实质量。

3.5 建立全程温控监测与病害预警机制,强化过程管控

建立全程温控监测与早期病害预警机制,是及时发现温度

异常、防范路面早期损坏的重要保障,需构建完善的监测预警体系,实现施工全流程的精细化管理。施工期间,在混合料拌和、运输、摊铺、碾压等各个关键环节,均安装精准的温度监测设备,实时采集温度数据(如图1所示),建立完善的温度监测台账,对监测中发现的温度异常情况,及时发出预警并采取针对性处置措施,避免问题扩大。同时,加强路面施工后的早期养护监测工作,定期检测路面压实度及整体状况,对出现的轻微裂缝、表层松散等早期病害,及时采取规范的处置措施,防止病害进一步蔓延扩展。此外,建立健全温控与病害防控责任制,明确各环节管控职责,加强对施工人员的专业培训,提升其温控操作技能与责任意识,确保各项温控措施落实到位,从过程管控层面降低路面早期损坏发生率。



图1 实时采集温度数据

总而言之,科学管控施工温度,是保障路面压实质量、减少早期病害的核心环节,落实好各项温控管控要求,可有效延长沥青路面使用年限,降低后期养护投入。未来,还需结合实际施工场景,进一步完善温控工艺,从而助力公路工程施工质量稳步提升。

参考文献:

- [1] 何敏纳.沥青路面施工温度控制对压实质量的影响分析[J].城市建设,2025,(27):29-31.
- [2] 迟占华.改性沥青路面施工温度控制与质量保障体系构建[J].山西建筑,2025,51(14):126-128+132.
- [3] 杨洋.沥青路面施工中的温度均匀性控制技术研究[J].办公自动化,2025,30(12):20-22.
- [4] 张伟伟.沥青路面施工中压实温度与压实度的关系分析研究[J].内蒙古公路与运输,2019,(06):26-30.
- [5] 李立寒,曹林涛,殷治宁,等. 沥青路面施工温度分布特征及其对压实质量的影响[J].公路交通科技,2006,(03):63-65.