

高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放对策探析

周晓军

重庆市交通规划和技术发展中心，重庆南坪，400060；

摘要：本文针对高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放问题展开深入研究。阐述层间水产生原因、危害，详细分析常见排放方法及应用，提出优化设计原则与施工控制要点，旨在为高速公路桥梁建设和维护提供科学指导，保障桥梁结构稳定和行车安全。

关键词：高速公路；桥梁路面；伸缩缝；层间水排放

DOI：10.64216/3080-1508.25.07.015

引言

在高速公路桥梁的使用过程中，水破坏是较为常见且危害严重的问题。其中，伸缩缝作为桥梁结构的关键部位，若在建设时未能得到严密控制，会致使大量水在伸缩缝处蓄积。尤其是对于单向双车道及桥梁纵坡超过2%的沥青桥面铺装，层间水难以通过桥梁横坡汇聚到边侧排水构造，大部分排向迎水面伸缩缝端，使该区域沥青桥面铺装长期处于饱水状态。在车辆荷载作用下，承压层间水极易引发伸缩缝附近沥青桥面铺装层唧浆、剥落及坑槽等早期病害，严重威胁行车安全。随着交通量增长和车辆荷载增加，这一问题愈发凸显，因此，深入研究高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放对策具有重要的现实意义。

1 高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水产生的原因

1.1 桥面纵坡及伸缩缝自身因素

由于桥面存在纵坡，雨水在重力作用下会向伸缩缝处汇集。而伸缩缝装置自身及其安装固定材料与桥面沥青混凝土铺装层透水性能存在较大差异，当雨水流至伸缩缝处时，无法及时顺利排出，从而导致积水。例如，一些桥梁采用的型钢类伸缩缝装置，在与桥面预埋件固定后，采用普通钢纤维混凝土回填，这种混凝土不透水，阻挡了雨水的排出，使得伸缩缝处透水的沥青混凝土铺装层长期浸泡在积水中。

1.2 沥青混凝土铺装层的特性

沥青结构层内部存在空隙，且抗渗性较差。在车辆荷载的反复作用下，沥青混凝土内部的空隙逐渐增大，使得水更容易侵入结构层内部。水侵入后，会沿纵坡方向在伸缩缝混凝土前聚集，在行车荷载产生的动水压力作用下，面层中的水逐渐侵入到沥青与集料的接触面上，导致沥青膜与集料脱离，进一步降低了沥青混凝土的抗渗性能，使得更多的水进入结构层，形成恶性循环。

1.3 排水系统设计不合理

部分高速公路桥梁的排水系统在设计时，未充分考虑伸缩缝处的特殊情况。例如，桥面泄水孔上口设计高度不合理，导致排水不畅；在铺装层横坡下侧边部设置纵向沟槽并连通泄水孔，但沟槽设计过浅或排水能力不足，无法有效排出大量积水；排水管道布置不合理，存在排水死角等问题，都使得伸缩缝处的层间水难以有效排出。

2 高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水的危害

2.1 承载能力下降

车辆在高速公路上行驶时，速度较快且荷载较大。如果层间水长时间不处理，在高负荷作用下，会形成一定的水压，水压会导致水流速度加快。在此过程中，水压持续作用于摊铺材料，使得摊铺材料不断受到冲刷和侵蚀，其承载能力不断降低。在寒冷天气下，未经处理的路面水会结冰，冰的体积膨胀会对路面结构产生额外的压力，进一步降低路面的平整度，削弱路面的承载能力。研究数据表明，当车辆高速行驶时，动态水压可达到一定高度，对路面结构造成较大的挑战。

2.2 降低材料强度

层间水会直接影响道路的物质结构。长期浸泡在水中，会使沥青混合料产生裂痕，导致混合料的掉落。水还会逐渐向道路内部渗透，对道路内部结构产生影响，降低结构材料的强度，使其无法发挥应有的功能，进而缩短道路的使用寿命。例如，一些桥梁伸缩缝附近的沥青混凝土铺装层，由于长期受到层间水的侵蚀，出现了严重的松散剥落现象，不得不进行频繁的维修和更换。

2.3 影响行车安全

伸缩缝处的层间水会导致路面抗滑性能下降，在车辆行驶过程中，尤其是在雨天或潮湿环境下，容易发

生打滑现象,增加交通事故的风险。此外,伸缩缝附近的路面病害,如唧浆、剥落及坑槽等,会使路面平整度降低,车辆行驶时产生颠簸,影响行车舒适性,严重时还会导致车辆失控,危及行车安全。

3 高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放方法分析

3.1 改进排水系统设计

3.1.1 优化泄水孔设计

合理调整桥面泄水孔上口高度,使其低于沥青混凝土铺装层表面一定距离,确保层间水能够顺利流入泄水孔。同时,增加泄水孔的数量和直径,提高排水能力。例如,对于桥面较宽或纵坡较大的桥梁,可以适当加密泄水孔的布置,以加快排水速度。在设计泄水孔时,还应考虑其位置的合理性,避免出现排水死角。

3.1.2 增设纵向排水沟槽

在铺装层横坡下侧边部设置纵向沟槽,并连通泄水孔。沟槽内填充碎石等透水性材料,形成盲沟,加快横桥向排水效率。纵向排水沟槽的深度和宽度应根据桥梁的实际情况进行设计,确保能够容纳和排出大量的层间水。同时,要注意沟槽与泄水孔的连接,保证排水的顺畅性。

3.1.3 合理布置排水管道

优化排水管道的布置,确保排水路径短、坡度合理,避免出现排水管道堵塞或积水的情况。在排水管道的转弯处和连接处,应采用合理的管件,减少水流阻力。此外,还可以设置检查井,便于对排水管道进行定期检查和维修,及时清理管道内的杂物和沉积物。

3.2 采用新型排水材料和技术

3.2.1 透水沥青混凝土

使用透水沥青混凝土作为桥面铺装材料,可以提高铺装层的透水性能,使层间水能够迅速下渗并排出。透水沥青混凝土具有较大的空隙率,能够有效降低路面的积水风险。在使用透水沥青混凝土时,要注意其配合比的设计和施工质量的控制,确保其透水性能和强度满足要求。同时,还应设置相应的排水层和防水层,防止水分对基层和路基造成损害。

3.2.2 排水板

为解决伸缩缝层间水排放问题,可在伸缩缝构造层内增设排水板,所选排水板需兼具高效排水性能与抗车辆冲击的抗压强度,其内部多孔疏导结构能快速收集缝周层间积水,并通过预设导水通道将水引入桥梁纵向排水系统,从根本上避免积水在缝体及周边铺装层内滞留。施工时需确保排水板铺设平整、无杂物凸起,板体拼接

紧密且缝隙用专用密封胶嵌填,同时通过锚钉或黏结剂与基层、沥青铺装层牢固连接,防止车辆荷载作用下出现位移或脱落;选型阶段则需结合桥梁纵坡、伸缩缝型号、当地降雨量及层间水预估量等实际参数,选择匹配厚度、导水能力及抗压等级的规格,保障排水效果与结构耐久性相适配。

3.2.3 横向排水系统

为强化大纵坡桥梁伸缩缝处层间水排放效果,可在伸缩缝槽口内、沿伸缩缝来水方向侧安装厚壁方矩管,安装时需保证方矩管与伸缩缝横坡度完全一致,确保积水顺势流入。同时,在方矩管来水方向的侧面均匀钻设排水孔,孔间距与孔径需结合预估排水量确定,管体外部包裹反滤土工布以拦截泥沙、沥青碎屑等杂物,随后将方矩管与伸缩缝混凝土同步浇筑,使二者形成稳固整体,避免后期因车辆震动出现脱离。该横向排水系统能针对性解决大纵坡桥梁的排水难题,快速疏导伸缩缝周边路面层间水,从源头防止积水长时间聚集侵蚀沥青路面结构层,进而避免唧浆、剥落等病害发生。安装过程中需严格把控质量,精准定位方矩管位置,确保排水孔无堵塞、反滤土工布铺设平整牢固,全方位保障排水系统长期稳定运行。

3.3 加强伸缩缝施工质量控制

3.3.1 确保伸缩缝安装精度

在伸缩缝安装过程中,需以毫米级精度控制其平面位置与高程,核心目标是确保伸缩缝顶面与桥面铺装衔接平顺,既满足纵向顺直度要求,又保证横向无明显高低差。具体操作中,需先通过全站仪、水准仪等专业测量仪器,结合桥梁施工图纸标注的坐标与标高,对伸缩缝安装基准线进行定位放样;安装时实时监测缝体位置,对偏移处及时微调,将纵向直线度误差控制在3mm/10m内、顶面高程误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内,坚决避免出现高低差超5mm或错台现象。若安装精度不达标,不仅会破坏桥面排水坡度连续性,导致积水在缝侧滞留,还会使车辆通行时产生颠簸冲击,既影响行车舒适性,又会加剧伸缩缝与铺装层的早期损坏。

3.3.2 保证伸缩缝密封性能

为阻断雨水渗入伸缩缝内部,需选用适配的密封材料进行专项密封处理。所选材料需同时满足三大核心性能:一是优异的弹性,能随伸缩缝因温度、荷载产生的变形灵活伸缩,避免开裂;二是强耐老化性,可抵御紫外线、雨雪侵蚀,延长使用寿命;三是可靠防水性能,确保无渗水通道。密封施工时,需先清理缝内杂物与浮尘,再将材料均匀填充至缝内,保证饱满无空隙,且表面平整顺滑,杜绝裂缝、气泡等缺陷。此外,需建立定

期检查机制,每季度排查密封材料状态,一旦发现老化、破损或脱粘现象,及时彻底更换,持续保障伸缩缝的防水效能。

3.3.3 加强伸缩缝混凝土浇筑质量

为保障伸缩缝结构稳定性与防水效果,其周边浇筑的混凝土需具备 C50 及以上高强度和 P8 级抗渗性能,以抵御车辆反复冲击荷载与雨水侵蚀。在混凝土浇筑前,需对伸缩缝槽口进行彻底清理:先用高压水枪冲洗槽内泥沙、碎石等杂物,再用钢丝刷打磨槽壁浮浆,直至露出新鲜混凝土基面;清理完成后,需提前 24 小时对槽壁进行洒水湿润,浇筑前再铺设一层同配比水泥浆,增强新老混凝土的粘结强度,避免出现界面裂缝。混凝土浇筑时,应选用坍落度 120-140mm 的自流平混凝土,采用插入式振捣棒沿槽壁周边及中部分层振捣,振捣时间控制在 20-30 秒 / 处,直至混凝土表面无气泡溢出、出现泛浆现象,杜绝蜂窝、麻面、露筋等质量缺陷。浇筑完成后,需立即覆盖土工布并洒水养护,养护周期不少于 14 天,前 7 天保持土工布持续湿润,后期根据环境温度调整洒水频率,防止混凝土因水分过快蒸发产生收缩裂缝,确保其达到设计强度与耐久性要求。

4 高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放对策的应用实例

4.1 某高速公路桥梁工程概况

某高速公路桥梁为多跨连续梁桥,桥面宽度为 25 m,桥梁纵坡为 3%。该桥梁在运营一段时间后,发现伸缩缝处沥青桥面铺装出现了唧浆、剥落及坑槽等病害,经检查分析,主要原因是伸缩缝层间水排放不畅。

4.2 采用的层间水排放对策

针对该桥梁的问题,采取了以下层间水排放对策:一是优化排水系统设计,增加泄水孔数量,将泄水孔直径由原来的 100mm 增大到 150mm,并调整了泄水孔的位置,使其更有利于排水;在铺装层横坡下侧边部增设了纵向排水沟槽,沟槽深度为 110mm,宽度为 150mm,内填碎石形成盲沟;重新布置了排水管道,缩短了排水路径,提高了排水坡度。二是采用新型排水材料和技术,在伸缩缝处铺设了排水板,并安装了横向排水系统。三是加强伸缩缝施工质量控制,在伸缩缝安装过程中,严格控制安装精度,确保伸缩缝与桥面的平整度和顺直度;选择了高性能的密封材料对伸缩缝进行密封处理;加强了伸缩缝混凝土的浇筑质量控制,确保混凝土强度和抗渗性满足要求。

4.3 应用效果

经过上述措施的实施,该桥梁伸缩缝处层间水排放问题得到了有效解决。经过一段时间的运营观察,伸缩缝附近沥青桥面铺装的病害得到了明显改善,未再出现新的唧浆、剥落及坑槽等病害,路面的平整度和抗滑性能得到了提高,行车安全性和舒适性得到了保障。同时,通过对排水系统的优化和新型排水材料的应用,提高了桥梁的排水能力,减少了水对桥梁结构的侵蚀,延长了桥梁的使用寿命。

5 结论与展望

高速公路桥梁路面结构层伸缩缝层间水排放问题是影响桥梁结构安全和行车安全的重要因素。通过对层间水产生原因和危害的分析,以及对排放方法的研究和应用实例的验证,可以得出以下结论:改进排水系统设计、采用新型排水材料和技术以及加强伸缩缝施工质量控制等对策,能够有效地解决高速公路桥梁伸缩缝层间水排放问题,保障桥梁的正常运营和使用寿命。在未来的高速公路桥梁建设和维护中,应进一步加强对层间水排放问题的研究,不断优化排放对策,提高桥梁的防水排水性能。同时,还应加强对桥梁排水系统的日常检查和维护,及时发现和处理排水系统存在的问题,确保排水系统的正常运行。此外,随着新材料、新技术的不断发展,应积极探索和应用更加先进的排水材料和技术,为高速公路桥梁的安全运营提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1] 钟曼君. 高速公路养护中桥梁伸缩缝维护探讨[J]. 工程建设与设计, 2025, (14): 207-209.
- [2] 张晓阳, 陶戴邦. 高速公路型钢伸缩缝快速维修技术经济研究[J]. 建筑科技, 2025, 9(07): 143-146.
- [3] 张险峰. 桥梁伸缩缝常见病害及处治措施研究[J]. 北方交通, 2025, (06): 30-31+35.
- [4] 武晋文, 朱泽文, 陈华鹏, 等. 高速公路箱梁桥病害调查分析及整治[J]. 工程建设与设计, 2025, (11): 85-88.
- [5] 孙培. 季冻区高速公路桥面伸缩缝水泥混凝土带防治技术研究[J]. 北方交通, 2025, (03): 31-34+38.

作者简介: 姓名: 周晓军 (1979-11), 性别: 男民族: 汉籍贯: 中国学历/职称: 本科/高级工程师, 研究方向: 工程质量控制。