

伸缩缝

积水病害

排水装置

桥梁伸缩缝处积水病害的研究 ——以广西南宁市东西向快速高架桥梁为例

文_赵胜兵（南宁市建筑规划设计集团有限公司，一级注册结构工程师、高级工程师，硕士）

罗献燕（广西建设职业技术学院，一级注册结构工程师、副教授，硕士）

李 琪（广西建设职业技术学院，一级注册建造师、教授，硕士）

伸缩缝作为桥梁的重要组成部分，既要保证桥梁结构在各种因素作用下的变位，使行车顺适、不颠簸，又要保证伸缩缝与沥青桥面有更长的使用寿命，是桥面构造中直接与桥梁服务功能有关的重要部件之一。

一、桥梁伸缩缝处积水病害问题分析

目前桥面基本采用沥青路面铺装，具有梳齿板式、牙齿式、多向变位波浪式及无螺栓型在内多种类型的伸缩缝。由于沥青铺装层内均未设有排水装置，仅依靠桥梁道路表面进行排水，加之沥青桥面铺装普遍存在着不同程度的渗水，且桥面还具有一定的纵坡，造成雨后桥面渗水从高处流淌到伸缩缝混凝土端部与桥梁沥青路面

交接处的内部。而伸缩缝混凝土过渡带就像挡水埂一样，把渗水阻挡在迎水面。由于桥梁横坡较小，这部分积水也无法通过横坡及时排出，在沥青铺装空隙内部大量积存。这种固有的结构缺陷，造成了以下危害。

（1）维修费用大量增加。由于伸缩缝混凝土端部与桥梁沥青铺装路面交接处内部孔隙大量积水，在车辆行驶过程中受到轮胎的反复碾压，孔隙内的积水压力变化极大，水流在孔隙中起着“泵引”和“压裂”的作用，使桥面铺装沥青混凝土中的沥青逐渐剥落，引起石子松动，从而形成坑洞，造成伸缩缝与桥面沥青路面早期损坏，影响行车顺适感和伸缩缝的使用寿命，维修费用也大量增加。

（2）耐久性问题突出。由于伸缩缝混凝土端部与桥梁沥青铺装路面交接处的积水不能及时排出，导致伸缩缝耐久性不足。

二、桥梁伸缩缝处积水病害原因分析

由因果分析鱼刺图如图1，找出9个末端因素。其中桥梁伸缩缝处没有排水系统缺陷，确定了5条末端因素；伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差缺陷，确定了4条末端因素。经过全面的因果分析后，进一步确认主要影响因素。为充分了解南宁市现有部分桥梁伸缩缝处积水情况，本文对南宁的已建桥梁进行专题调查。



图1 因果分析鱼刺图

（一）设计人员对伸缩缝排水设计不够重视

桥梁排水系统和伸缩缝在桥梁设计中属于附属结构部分，部分设计人员对伸缩缝处的排水细节处理没有加以详细设计和说明。通过走访调查市内各个设计单位，与30名桥梁设计人员进行沟通了解，发现大部分设计人员对伸缩缝排水设计没有足够重视。调查表如表1。可知，设计人员的重视程度不足是主要因素之一。

表1 设计人员对伸缩缝排水设计重视度调查表

调查人数	足够重视人数	足够重视率	对比确认标准
30	18	18/30=60%	60%<90%

（二）设计人员经验水平不足

通过与设计人员的沟通了解，调查这些设计人员是否有过一次或者一次以上的桥梁伸缩缝排水设计经验，结果是绝大部分人都了解并做过这部分内容的设计。经过分析，设计人员经验水平不足是次要因素之一。

（三）设计人员对先进设计理念学习不够

过去，设计人员桥梁设计理念不够完善，很多细节没有考虑到，但随着实践中遇到越来越多的问题，设计理念也在一步步地更新完善，针对伸缩缝处积水病害问题，也有了进一步的改进措施。但可能有部分设计单位没有注重对员工的先进设计理念更新培训，加上员工自身可能也没有积极查阅相关资料，导致他们在设计过程中思想固化，甚至照搬套用旧图纸。经过分析，设计人员对先进设计理念学习不够是次要因素之一。

（四）层间水排水设计缺陷

桥梁伸缩缝处积水的一个很大原因是伸缩缝附近桥面沥青铺装层内充斥着大量的层间水，这部分积水无法通过桥面排水系统有效排出，需针对此病害专门设计排水装置。通过查阅市政管理处和业主单位保存的40份已竣工桥梁施工图，发现大部分桥梁施工图没有专门做层间水排水设计，调查统计结果如表2。可知，层间水排水设计缺陷也是主要因素之一。

表2 层间水排水设计缺陷调查统计表

查阅施工图份数	施工图做了合理的层间水排水设计份数	施工图做了合理的层间水排水设计率	对比确认标准
40	12	12/40=30%	30%<100%

（五）设计人员对厂家现有产品依赖大

普通桥梁伸缩缝装置一般是由厂家标准化生产加工，设计人员可能缺乏针对不同桥梁设计伸缩缝的意识。通过走访市内各个设计单位，与30名桥梁设计人员进行沟通了解，发现大部分设计师具备相应意识，会针对特定桥梁结构设计伸缩缝结构，调查统计结果如表3。可知，设计人员对厂家现有产品依赖大是次要因素之一。

表3 设计人员对厂家现有产品依赖调查统计表

调查人数	有针对桥梁设计伸缩缝的意识的人数	有针对桥梁设计伸缩缝的意识率	对比确认标准
30	27	27/30=90%	90%=90%

（六）设计缺陷

设计人员设计桥面铺装层时如果没有严格控制好桥面标高和伸缩缝过渡段混凝土标高一致，会导致桥面伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差。查阅了市政管理处和业主单位保存的20份已竣工桥梁施工图，发现所有施工图设计标高都一致，调查统计结果如表4。可知，设计缺陷是次要因素之一。

表4 设计缺陷调查统计表

查阅施工图份数	设计标高一致份数	设计标高一致率	对比确认标准
40	40	40/40=100%	100%=100%

（七）施工缺陷

施工单位技术员未对工人进行技术交底，桥面铺装施工过程中标高控制不严，导致桥面标高与设计值存在偏差，伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差。为此，走访调查了5个正在铺装桥面的施工现场，与20名技术管理人员进行沟通了解，发现初始问题结症表现在无设计交底，或设计交底不详细、全面，施工员对施工图理解不透彻，施工过程中没有严格控制路面标高等，调查表如表5。可知，施工缺陷是次要因素之一。

表5 施工缺陷调查统计表

调查项目评估结果	施工过程中严格控制路面标高等程度	施工员施工图理解程度	对比确认标准
效果评估（%）	70%	80%	75%<90%
综合评估（%）	(70%+80%) /2=75%		

（八）管理、养护不善

桥面铺装层与伸缩缝混凝土过渡段交接处沥青桥面出现石子剥落等早期病害后，车辆行驶过出现跳车现象。如果不及时进行维修养护，交接处桥面长期承受车轮反复冲击荷载，导致沥青层出现坑洼，高差加大。针对这个问题，走访了市政管理处等主管单位，查阅了20起桥梁维修养护记录，发现绝大部分都能在发现病害两周内实施维修养护。调查表如表6。桥梁主管部门基本都能针对伸缩缝处桥车跳车等病害迅速作出反应，实施维修。可知，管理、养护不善是主要因素之一。

表6 管理、养护不善调查统计表

查阅记录数	从发现病害开始两周内实施维修数	从发现病害开始两周内实施维修数率	对比确认标准
20	19	19/20=95%	95%>90%

（九）环境因素

桥面铺装层与伸缩缝混凝土过渡段交接处沥青层在施工时可能存在压实度不够、强度不足的现象。在反复承受车轮荷载的情况下，沥青层会出现沉降变形过大、石子剥落、坑洼、龟裂等现象，而混凝土强度较高，变形较小，导致沥青层和过渡段混凝土产生高差。针对这个问题，QC小组调查了8座新建桥梁，记录20处伸缩缝处沥青路面通车后的变形情况，调查表如表7。调查的20处伸缩缝处沥青路面都没有发生较大变形，表明施工单位对伸缩缝混凝土过渡段附近沥青路面层已经做了压实处理，路面强度符合验收规范要求。可知，环境因素是次要因素之一。

表7 环境因素调研统计表

调查伸缩缝数	沥青路面没有发生较大变形数	沥青路面没有发生较大变形率	对比确认标准
20	20	20/20=100%	100%=100%

综上，通过调查不同结构体系、不同规模桥梁的伸缩缝处积水情况，发现设计人员对伸缩缝排水设计不够重视、层间水排水设计缺陷及管理、养护不善等为主要因素，其他均为次要因素。

三、桥梁伸缩缝处积水病害的解决处理案例实践

（一）案例基本情况

南宁市东西向快速路是广西第一条城市高架快速路，对桥梁的安全、行车舒适度等要求较高。东西向快速路西起接清川大道，沿城西铁路平行而建，在中华路全段上空架桥，继续沿园湖路架桥，之后飞跃民主路上空，然后沿铁路线轨迹，越过长堙村、长湖路、茅桥片区，最后接上厢竹大道，延伸到火车东站主干道凤岭北路。路线全长13.33千米，双向6车道，设计时速约为80千米/小时，总投资约为50亿元。2018年11月30日全线主线建成通车，如图2。



图2 南宁市东西向快速路工程——大西段主线桥梁航拍图

（二）解决目标值分析级及确定

本文对南宁市不同结构体系、不同规模的桥梁伸缩缝处积水情况进行了专题调查，调查表如表8。各调查项目各抽取25个点，对桥梁伸缩缝处没有排水系统、伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差、桥梁纵坡大、桥梁养护不到位进行详细调查。桥梁伸缩缝处积水发生率平均达到33%。

1. 目标值分析

（1）由表8得知，“桥梁伸缩缝处没有排水系统”和“伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差”这两项主要缺陷累计频数为26（15+11）点，累计频率达到78.79%（26/33≈0.7879），重点分析解决这两项缺陷，如能解决其中的90%，缺陷率则可降为 $[33-(15+11) \times 90\%] / 100 = 9.60\% < 10\%$ 。

（2）伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差，阻止桥梁的排水，水沿沥青层渗入伸缩缝形成积水，积水不能及时排出，在汽车往复荷载作用下，伸缩缝及桥面出现病害，此因素在施工中加强施工管理和施工技术得以解决。

2. 目标值确定

全力解决桥梁伸缩缝处没有排水系统和伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差两项主要因素，就可将伸缩缝积水发生率降低至小于10%。

表8 市内部分现有桥梁伸缩缝处积水调查表

序号	项目	检查点数	不积水点数	积水点数	不积水率	积水发生率
1	桥梁伸缩缝处没有排水系统	25	10	15	40%	60%
2	伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差	25	14	11	56%	44%
3	桥梁纵坡大	25	21	4	84%	16%
4	桥梁养护不善	25	22	3	88%	12%
5	合计	100	67	33	67%	33%

（三）对策及结论

经过以上总结出的影响桥梁伸缩缝处积水病害发生率的3项主要原因（末端因素），对此情况制定以下对策。

1. 提高设计人员对伸缩缝排水设计的重视

通过分析桥梁伸缩缝处积水的原因及积水导致伸缩缝处沥青桥面易出现石子剥落、坑洼等病害，来体现伸缩缝排水设计的重要性，并列举部分南宁市内出现这些病害的桥梁。要求全体桥梁设计人员在今后的设计中应重视对伸缩缝排水的设计，深刻认识到桥梁伸缩处积水病害带来的危害，意识到伸缩缝排水设计在桥梁工程设计中的重要性。

2. 解决层间水排水设计缺陷

沥青桥面层内积水是纵向排水被伸缩缝混凝土过渡段阻挡，且横向排水非常缓慢所造成的。因此，从加强横向排水效率的角度出发，设计了一个桥梁伸缩缝层间水排水装置，详见图3。

该装置主要是在伸缩缝混凝土过渡段中预留横向矩形断面集水槽。集水槽与沥青层相通，接触面设置透水土工布。集水槽内填充2cm级配碎石。集水槽安装时与桥面横坡保持一致，并在低点桥面边侧设置泄水孔，泄水孔设置不锈钢丝网以防止碎石掉落。泄水孔与桥面排水系统相连。该装置可有效将层间水引入集水槽并通过横坡迅速排出。

该方案用于南宁市东西快速路桥梁工程中，经现场调查，该排水装置排水效果良好，沥青路面未出现积水潮湿现象，有效解决了伸缩缝混凝土过渡段与桥梁沥青路面交接处的内部积水问题。

3. 解决施工缺陷

联系、组织全体项目技术管理人员召开技术培训会。会议中，设计负责人赵胜兵分析桥面标高对排水产生的影响，强调伸缩缝处积水病害的危害。要求技术管理人员对施工工人进行详细图纸交底，严格管理施工过程，控制好桥面标高与设计标高一致。

通过现场召开技术培训会，增强管理人员的责任心。全体项目管理人员认识到控制桥面标高的重要性，积极对施工员进行图纸交底，施工员全面理解施工图。管理人员严格管控施工过程，确保桥面标高与设计标高一致。

通过措施计划实施及小目标验证后，影响桥梁伸缩缝处积水病害发生率的3个要因消除，从而解决了“桥梁伸缩缝处没有排水系统”“伸缩缝处混凝土与沥青接触面存在高差”这两项主要问题。

研究出桥梁伸缩缝层间水排水装置的设计方案后，对东西向快速路部分未实施的匝道、人非桥等进行排水优化，在优化过程中严格按照上述标准进行伸缩缝处排水设计，施工质量同样要求非常严格，沥青路

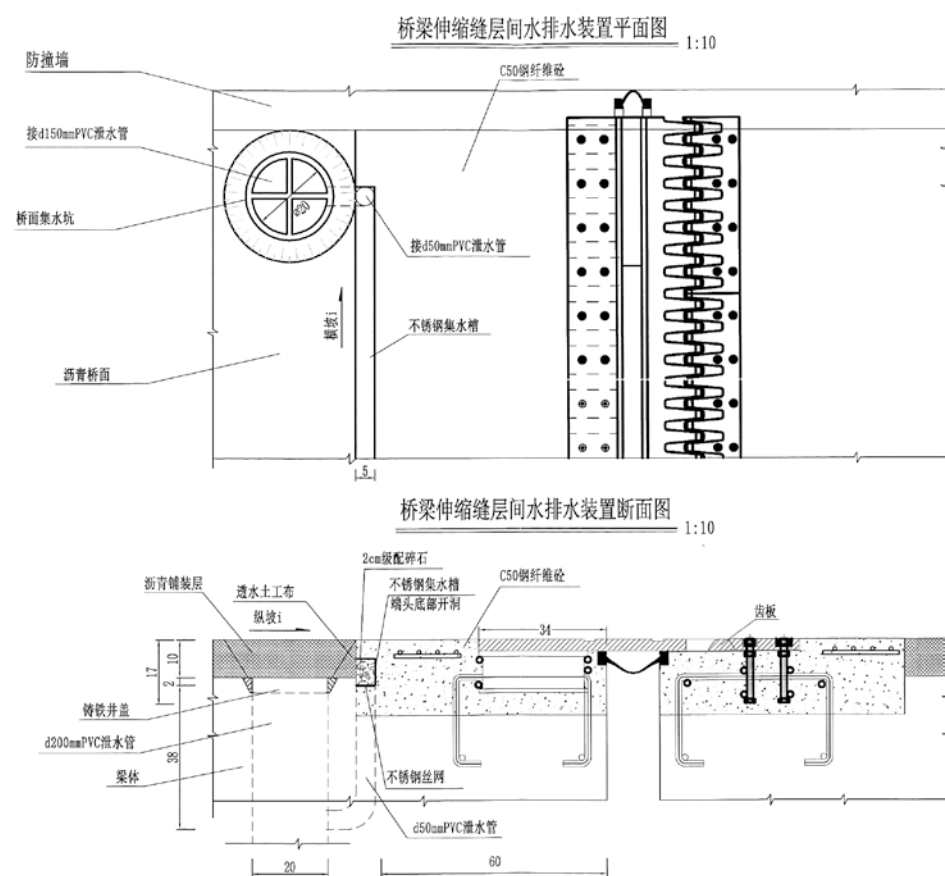


图3 桥梁伸缩缝层间水排水装置的设计方案

面与伸缩缝混凝土平整无高差。在雨后对南宁市东西向快速路的部分已按照优化后的排水方案实施的伸缩缝位置进行了现场调研，调查表如表9。累计调研伸缩缝15处，其中只有1处有积水现象，积水缺陷率 $1/15 \times 100\% = 6.67\% < 10\%$ 。现场实拍照片见图4。

表9 东西向快速路伸缩缝积水病害统计表

序号	路段	检查处数	积水处数	不积水处数	积水率	不积水率
1	大岭路上匝道	3	1	2	33.30%	66.67%
2	大岭路下匝道	3	0	3	0%	100%
3	清川立交人非桥	4	0	4	0%	100%
4	大西段	5	0	5	0%	100%
5	合计	15	1	14	6.67%	93.33%

四、桥梁伸缩缝处积水病害的研究效益

（一）技术效益

采用桥梁伸缩缝处排水装置，能够及时排出桥梁迎破面沥青混凝土层间水，降低水流在孔隙中存在的“泵引”现象和“压裂”作用，从而避免伸缩缝与桥面沥青路面早期损坏，延长行车顺适感和伸缩缝的使用寿命。



图4 大西段主线桥梁伸缩缝未积水

（二）社会效益

东西向快速路的精细合理设计，全线通车已满一年，尚未出现积水病害，得到了当地质量监督部门、建设单位、监理单位、设计单位、周边居民的一致好评。

（三）经济效益

通过研究实施，有效降低伸缩缝积水病害的发生率，避免伸缩缝与桥面沥青路面早期损坏，减少维修养护费用和由于维修养护而造成的道路中断等间接损失。