

道路桥梁施工中桥梁防水层的施工技术

王 浩

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250014

摘 要: 道路桥梁施工中,桥梁防水层施工技术对保障结构耐久性至关重要。本文围绕防水层材料选择、施工前技术准备、施工工艺及过程质量控制展开系统研究,分析高分子卷材、聚氨酯涂料等常用材料特性,提出基于桥梁结构特点与环境因素的材料选型依据;阐述基层处理、设备适配及人员培训等施工前准备要点;详细介绍卷材铺贴、涂料涂刷及新型材料施工工艺;强调材料检验、工序监控及成品保护等质量控制措施,为提升桥梁防水工程质量提供技术参考。

关键词: 道路桥梁;桥梁防水层;材料选择;施工工艺;质量控制

引言:道路桥梁作为交通基础设施的关键部分,其质量直接影响交通运输安全与效率。桥梁防水层作为隐蔽工程,虽不直接显露,但对桥梁结构耐久性起着决定性作用。防水层能有效阻止水分侵入桥梁结构内部,避免钢筋锈蚀、混凝土碳化等病害发生,延长桥梁使用寿命。然而,桥梁防水层施工涉及材料选择、工艺控制、质量检测等多个环节,技术要求高、施工难度大。因此,深入研究桥梁防水层施工技术,对保障桥梁工程质量具有重要意义。

1 桥梁防水层材料选择

1.1 常用防水材料类型

1.1.1 卷材类防水材料

卷材类防水材料中,高分子防水卷材以合成树脂或橡胶为主要基材,具有拉伸强度高、延伸率大、耐老化性能优异的特点,适用于大跨度桥梁或动荷载作用频繁的区域,能有效适应基层变形并防止开裂^[1]。沥青基防水卷材以改性沥青为涂盖层,通过胎基增强形成复合结构,具备较好的低温柔性和抗穿刺能力,常用于气候温和地区或对成本敏感的桥梁工程,尤其适合与沥青混凝土铺装层协同工作。

1.1.2 涂料类防水材料

涂料类防水材料中,聚氨酯防水涂料通过异氰酸酯与聚醚反应生成,形成连续弹性膜,具有高强度、高延伸率及优异的耐化学腐蚀性,能适应桥梁复杂结构表面的施工需求,广泛应用于桥面、墩台等部位的防水处理。丙烯酸防水涂料以丙烯酸酯共聚物为成膜物质,具有施工便捷、干燥速度快、环保性能好的特点,适用于气候干燥、紫外线辐射强的地区,尤其适合对工期要求较紧的桥梁维修工程。

1.1.3 其他新型防水材料

其他新型防水材料中,喷涂聚脲防水材料通过双组分快速反应固化形成无缝弹性体,具有瞬间固化、耐磨损、抗冲击的独特性能,适用于异形结构或需要快速返工的桥梁防水工程。水泥基渗透结晶型防水材料以硅酸盐水泥为基材,掺入活性化学物质,遇水后生成不溶性晶体填充混凝土孔隙,形成永久性防水屏障,适用于地下结构或潮湿环境中的桥梁防水,尤其能增强混凝土自身的抗渗能力。

1.2 材料选择依据

桥梁结构特点直接影响防水材料选型。梁式桥因跨度大、动荷载显著,需选用延伸率高、抗疲劳性能好的材料;拱式桥拱脚部位应力集中,需采用抗撕裂强度高的卷材或高弹性涂料。伸缩缝、排水口等特殊部位需使用耐候性强、适应变形能力突出的材料,如改性沥青密封胶或聚氨酯嵌缝膏。环境因素中,高温地区需避免选用软化点低的沥青基材料,寒冷地区应选择低温柔性好的高分子卷材;高湿度或降雨量大区域需优先选用耐水性优异的涂料或渗透结晶型材料;地下水位高或土壤腐蚀性强的地区,需采用抗化学侵蚀的卷材或添加防腐剂的水泥基材料。施工条件方面,工期紧张时宜选择干燥速度快的涂料或喷涂材料;施工空间受限时需选用可冷施工的卷材或无需大型设备的涂料;交通繁忙区域需考虑材料施工对交通的影响,优先选用环保型、无异味的产品。

2 桥梁防水层施工前技术准备

2.1 基层处理技术要求

基层表面清理是防水层施工的基础环节,需彻底清除基层表面的杂物、灰尘、油污等污染物,确保基层与防水材料之间形成有效粘结^[2]。对于基层存在的凹凸不平、孔洞或裂缝等缺陷,需采用水泥砂浆或聚合物修补材料

进行找平处理，修补后表面平整度偏差应控制在规定范围内。基层强度检测需通过回弹法或钻芯法等规范方法进行，若检测结果不满足防水层施工对基层强度的要求，需对基层进行加固处理，例如采用碳纤维布加固或喷射混凝土补强等措施。基层干燥度控制是影响防水层施工质量的关键因素，需根据防水材料类型确定干燥标准，通常以基层含水率不超过一定数值为判定依据。控制基层干燥度的方法包括自然通风、热风机烘干或红外线加热等，需根据现场环境条件选择适宜方式，确保基层干燥均匀且无局部积水现象。

2.2 施工设备与工具技术适配准备

卷材施工设备需根据卷材类型和施工工艺合理选用。卷材铺贴机应具备自动纠偏、张力控制等功能，以提高铺贴效率和质量；热熔焊接设备需配备精准的温度控制系统，确保焊接过程中卷材熔融均匀，避免出现虚焊或烧穿现象。涂料施工工具的选择需匹配涂料性能，喷涂设备应具备可调节喷涂压力和流量的功能，以满足不同粘度涂料的施工需求；刷涂和滚涂工具需根据基层粗糙度选择适宜的刷毛或滚筒材质，确保涂料涂布均匀且无漏涂。其他辅助工具中，测量工具如水平仪、卷尺等需经计量检定合格，并在有效期内使用；安全防护用品包括安全帽、防护手套、防滑鞋等，需按规范要求配备齐全，确保施工人员安全。

2.3 施工人员技术组织与培训

施工队伍组建需结合工程规模和施工进度要求，合理配置各岗位人员数量。技术负责人需具备防水工程相关专业资质，负责施工方案编制和技术指导；操作人员需经过专业培训，熟悉防水材料性能和施工工艺流程；质量检查人员需具备独立检测能力，负责施工过程质量监控。明确各岗位人员职责和分工，例如技术负责人负责技术交底和问题处理，操作人员负责具体施工操作，质量检查人员负责成品验收，形成高效协作的施工团队。施工培训内容需涵盖防水层施工工艺、质量控制要点和安全操作规程，通过理论讲解和现场示范相结合的方式，确保施工人员掌握关键技术要求。培训过程中需强调施工过程中的质量控制要点，例如卷材搭接宽度、涂料涂布厚度等，同时明确安全注意事项，如高空作业防护、电气设备使用安全等，提升施工人员质量意识和安全意识。

3 桥梁防水层施工工艺

3.1 卷材防水层施工工艺

3.1.1 卷材铺贴方向与顺序

卷材铺贴方向需根据桥梁结构受力特征确定。当桥面板纵坡小于3%时，卷材宜平行于桥轴线铺贴，以减少

纵向搭接次数；纵坡大于3%时，应垂直于桥轴线铺贴，防止水流沿搭接缝渗入^[3]。铺贴顺序遵循“先低后高、先远后近”原则，从最低标高处开始向高处推进，避免施工用水积聚在已铺区域。对于多跨连续梁桥，应从跨中向两端对称铺贴，确保卷材受力均匀。

3.1.2 卷材搭接处理

卷材长边搭接宽度需满足设计要求：高分子卷材搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ ，沥青基卷材 $\geq 80\text{mm}$ 。热熔焊接法施工时，加热板温度控制在 $200\text{--}250\text{°C}$ ，焊接时间 $2\text{--}3\text{s}$ ，待卷材表面沥青熔化后迅速压合，确保焊接缝强度 \geq 母材强度。胶粘剂粘贴法需在基层和卷材背面均匀涂刷胶粘剂，涂刷后静置 $10\text{--}15\text{min}$ 至指触不粘，再辊压粘结，搭接部位需用密封膏封边。

3.1.3 特殊部位卷材施工

伸缩缝处卷材需根据变形量裁剪成“U”形或“Z”形，预留 $20\text{--}30\text{mm}$ 变形空间，铺贴后用不锈钢压条固定。排水口周围卷材应裁剪成放射状，中心部位预留孔洞，孔洞边缘用防水密封胶包裹，再与排水管粘结，形成连续密封层。转角部位需增设 500mm 宽附加层，附加层与主卷材层叠铺贴，确保应力集中区域防水可靠性。

3.2 涂料防水层施工工艺

3.2.1 涂料涂刷遍数与厚度控制

聚氨酯涂料需分 $3\text{--}4$ 遍涂刷，每遍厚度控制在 $0.5\text{--}0.7\text{mm}$ ，总厚度 $\geq 1.5\text{mm}$ ；丙烯酸涂料分 $2\text{--}3$ 遍涂刷，每遍厚度 $0.3\text{--}0.5\text{mm}$ ，总厚度 $\geq 1.0\text{mm}$ 。采用齿形刮板控制涂层厚度，刮板齿距根据涂料粘度选择（低粘度用 3mm 齿距，高粘度用 5mm 齿距），每遍涂刷方向垂直于前一遍，确保涂层均匀覆盖。

3.2.2 涂料涂刷间隔时间

相邻两遍涂刷间隔时间需根据环境温度调整：温度 25°C 时，聚氨酯涂料间隔 $6\text{--}8\text{h}$ ，丙烯酸涂料间隔 $4\text{--}6\text{h}$ ；温度低于 15°C 时，间隔时间延长至 $12\text{--}16\text{h}$ 。湿度大于 85% 时，需采取通风措施加速干燥，避免涂层发黏导致层间剥离。

3.2.3 特殊部位涂料施工

阴阳角部位需用砂浆抹成圆弧形，半径 $\geq 50\text{mm}$ ，再涂刷 2mm 厚涂料增强层。管道根部周围 200mm 范围内涂刷 3 遍涂料，形成环形加强带，并在管根与基层交接处嵌填密封胶。穿墙螺栓孔需先清除孔内杂物，再分两次填充聚合物水泥砂浆，最后涂刷涂料封闭。

3.3 新型防水材料施工工艺

3.3.1 喷涂聚脲防水材料施工工艺

喷涂设备需在施工前进行压力校准，A、B组分压力

差控制在 $\pm 0.2\text{MPa}$ 内,喷枪距离基层 $300\sim 500\text{mm}$,移动速度 $0.5\sim 0.8\text{m/s}$ 。单遍喷涂厚度控制在 $0.8\sim 1.2\text{mm}$,通过多次喷涂达到设计总厚度(通常 $\geq 2.0\text{mm}$),每遍喷涂间隔不超过30分钟,防止层间脱壳。

3.3.2 水泥基渗透结晶型防水材料施工工艺

材料配制时,粉料与水重量比控制在 $1:0.3\sim 0.35$,搅拌时间 ≥ 3 分钟至均匀浆体。涂刷施工分两遍进行,第一遍干燥后(约2小时)用硬毛刷进行第二遍涂刷,方向垂直于第一遍。喷涂施工时,喷枪压力 $0.4\sim 0.6\text{MPa}$,喷嘴直径 $2.0\sim 3.0\text{mm}$,形成均匀点状覆盖,干燥后用抹子压实抹平。

4 桥梁防水层施工过程质量控制技术

4.1 防水材料质量管控技术

材料进场检验是确保防水工程质量的基础环节。防水材料进场时,需严格核查质量证明文件,包括产品合格证、出厂检测报告及型式检验报告,确保材料符合设计要求及相关标准规范^[4]。外观检验需观察材料表面是否平整、无破损、无气泡,卷材类材料需检查胎基是否均匀浸透,涂料类材料需检查有无分层或沉淀现象。规格检验需核对材料尺寸偏差是否在允许范围内,例如卷材长度、宽度及厚度,涂料粘度及固含量等关键参数。性能检验需通过抽样送检方式,委托具备资质的检测机构对材料的拉伸强度、断裂延伸率、低温柔性、不透水性等核心指标进行复验,确保材料性能满足工程使用需求。材料储存管理需根据材料特性制定专项方案。卷材类材料应直立堆放于干燥通风的库房内,避免阳光直射,堆放高度不超过规定限值,防止卷材变形;涂料类材料需按品种分类存放,远离火源及热源,保持容器密封,防止溶剂挥发导致性能劣化;粉状材料需存放在防潮垫板上,避免受潮结块。储存环境需控制温湿度,例如高分子卷材储存温度不宜高于 40°C ,水泥基材料需防止雨水浸淋。定期对储存材料进行检查,发现破损或变质材料及时隔离处理,严禁将不合格材料投入使用。

4.2 施工工艺质量管控技术

施工过程监督检查需安排专职质量员对关键环节实施动态巡查。检查内容包括施工人员是否按技术交底要求操作,例如卷材铺贴方向是否正确、涂料涂布顺序是否合理;施工设备运行状态是否正常,例如热熔焊接设备温度控制是否精准、喷涂设备压力是否稳定;施工环境是否满足要求,例如基层含水率是否达标、风力是否

影响施工安全。对发现的操作不规范或设备故障问题,需立即责令整改并记录在案,确保施工过程可控。关键工序质量控制需聚焦影响防水层耐久性的核心环节。卷材搭接宽度需按设计要求严格控制,采用热熔法施工时需确保搭接部位熔融充分,无漏焊或虚焊现象;涂料涂刷厚度需通过针测法或涂层测厚仪进行检测,每100平方米至少抽查5处,单点厚度偏差不超过规定限值。对阴阳角、管根等细部节点,需采用附加层增强处理,附加层宽度及材料需符合规范要求。检测结果不合格的部位需立即返工,直至满足质量标准。

4.3 防水层成品保护技术措施

防水层施工完成后的保护措施需覆盖养护期及后续施工阶段。养护期内禁止在防水层上堆放杂物或进行其他作业,避免尖锐物体划伤防水层表面;对已完成的防水区域设置警示标识,防止人员踩踏或车辆碾压,尤其在涂料未完全固化前需严格控制人员进出。后续工序施工前,需与土建、安装等施工队伍进行技术交底,明确防水层保护要求,例如在防水层上铺设临时保护层或设置隔离垫板;对必须穿越防水层的管线,需采取套管密封处理,并在套管周边做加强防水构造。施工过程中定期检查防水层完整性,发现破损及时修补,确保防水功能不受影响。

结束语

桥梁防水层施工是一项系统性工程,涵盖材料、工艺、管理等多个层面。从材料科学选型,到施工前精细准备,再到严格把控施工工艺与质量,每个环节都紧密相连、缺一不可。通过科学合理的材料选择、严谨规范的施工操作以及全面有效的质量控制,能够显著提升桥梁防水层施工质量,降低渗漏风险,为桥梁结构提供可靠防护。这不仅能保障桥梁长期安全稳定运行,还能减少后期维修成本,提升交通基础设施整体效益。

参考文献

- [1]刘宁,焦立祥.道路桥梁施工中防水路基面的施工技术[J].建筑与装饰,2025(11):127-129.
- [2]杜春源,王鹏贺.道路桥梁施工中路面防水处理技术研究[J].运输经理世界,2025(8):77-79.
- [3]卫东.道路桥梁施工中防水路基面的施工技术分析[J].四川建材,2024,50(2):140-142.
- [4]胡明.浅析公路桥梁隧道施工中注浆技术的应用[J].科学技术创新,2023(14):129-132.