

聚脲橡胶板一体防渗技术的质量控制

王睿恒 牛永超

中国南水北调集团中线有限公司河南分公司 河南 郑州 450016

摘要：某大型钢筋混凝土输水隧洞工程，常年运行经退水检修发现，原结构缝聚脲橡胶板一体防渗体系部分遭到损坏，出现原有聚脲涂层破损、鼓包或橡胶板粘接不牢等多种病害现象。为提高工程使用寿命，加强有压输水隧洞防渗体系建设，对防渗施工质量控制提出了更高要求。本文介绍了聚脲橡胶板一体防渗技术中橡胶板安装的质量控制要点，为其他有压输水隧洞工程防渗技术提供借鉴与处理思路。

关键词：橡胶板；有压输水隧洞；防渗；水利行业

引言

混凝土输水隧洞工程中结构缝防渗处理是工程建设中重要一环，常见防渗止水形式为泡沫板、聚硫密封胶、铜止水、橡胶止水带，通过于结构缝外表面，增加一道聚脲橡胶板一体防渗体系，进一步加强隧洞防渗止水能力，采用聚脲对结构缝、施工缝等存在渗水可能的部位进行封闭施工，可大大降低输水结构的渗漏量，且能承受较大的水压力^[1]。在水利工程建设不断发展的当下，有压输水隧洞作为水资源调配的关键设施，其运行的安全性和耐久性与防渗体系的质量息息相关。聚脲橡胶板一体防渗技术作为一种较为先进的防渗手段，在实际应用中面临着复杂的施工环境和多样的技术挑战，因此对其质量控制进行深入研究具有重要的现实意义。

1 聚脲橡胶板一体防渗体系

1.1 主要结构及工序

1.1.1 结构组成

聚脲橡胶板一体防渗体系主要由结构缝混凝土开槽后安装“T”型橡胶板并喷涂聚脲的防渗方案。开槽形式如图1所示：沿结构缝向两侧刻环向矩形槽，槽宽10cm（含2cm结构缝），槽深1cm，原结构缝清缝后，填塞相应尺寸T型橡胶止水带，最后喷涂42cm宽、3mm厚聚脲^[2]。这一结构设计充分利用了“T”型橡胶板的形状特点，使其能够与结构缝紧密契合，而聚脲涂层则在橡胶板外侧形成一道坚固的防护屏障，两者协同作用，有效阻挡水流渗透。“T”型橡胶板的竖向部分嵌入结构缝内，横向翼板则通过粘接材料与混凝土表面相连，这种结构不仅延长了渗水路径，还能分散水压力对防渗体系的冲击，增强了整体的防渗性能。聚脲材料具有优异的耐候性、耐磨性和抗腐蚀性，能够适应隧洞内复杂的水文地质环境，为防渗体系提供长期稳定的保护。

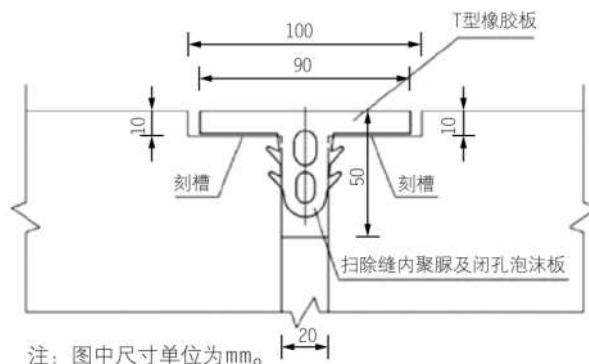


图1 聚脲橡胶板一体防渗结构示意图^[2]

1.1.2 施工工序

聚脲橡胶板一体防渗主要工序包括：原有防渗拆除—基面处理—结构缝刻槽—缝面修补—橡胶板安装—聚脲喷涂—成品保护。本文重点对缝面修补与橡胶板安装工序进行说明。

(1) 缝面修补

针对结构缝缝宽超限、缝壁破损、缝中心线偏距骤变、缝宽过窄、错台等现象，需对结构缝进行处理，以确保橡胶板能完好嵌入结构缝中。

缝宽超限。缝宽超限部位，采用环氧砂浆，对偏离结构缝中心线一侧的缝壁进行修补。在修补前，需要对超限部位进行详细的测量和标记，确定修补的范围和厚度。环氧砂浆的调配应严格按照配比要求进行，确保其具有足够的强度和粘结力。涂抹环氧砂浆时，要分层进行，每层厚度不宜过大，并用工具压实抹平，使修补后的缝壁表面平整、顺直，与周边混凝土面过渡自然。

缝壁豁口或局部破损部位。采用环氧砂浆对破损部位进行修补。首先要将破损部位的松散混凝土、杂物等清理干净，必要时可用风枪冲洗，确保基面洁净。对于较深的豁口，可先采用细石环氧混凝土填充，再用环氧砂浆抹面修整。修补过程中要注意与原缝壁的结合，避

免出现新的缝隙。

缝中心线偏距骤变。如缝壁完好，100mm长度范围内，结构缝中心线相对周边中心线偏距 $\geq 5\text{mm}$ 时，应切除靠近中心线一侧的缝壁，然后采用环氧砂浆对远离原中心线一侧的缝壁进行修补。切除缝壁时，要使用专用工具，保证切口整齐、平直，避免对周边混凝土造成不必要的损伤。修补环氧砂浆时，要根据中心线的偏差情况进行精准填补，确保修补后的中心线平顺过渡，满足橡胶板安装的要求。

缝宽过窄的结构缝，在安装橡胶板前，对结构缝缝壁打磨，使缝宽与深度满足要求。打磨过程中要控制打磨力度和范围，避免过度打磨导致缝壁破损或结构强度降低。可采用手持打磨机进行作业，同时不断用尺子测量缝宽和深度，确保达到设计标准。打磨完成后，要将打磨产生的粉尘清理干净。

结构缝两侧仓段错台 $\geq 10\text{mm}$ ，须对结构缝两侧仓段中较高的一侧边缘打磨成缓坡，缓坡宽度不小于35mm，缝边打磨深度现场确定，确定方法：初步打磨完成后，用橡胶板试装，以橡胶板两侧翼板均不翘边、并与结构缝两侧混凝土面贴合紧密为准。打磨缓坡时，要从错台处逐渐向两侧过渡，使坡度均匀一致。试装橡胶板时，要仔细检查翼板的贴合情况，如有不贴合之处，需重新进行打磨调整，直至满足要求。

(2) 橡胶板安装

橡胶板翼板与结构缝两侧内衬混凝土面采用双组份聚硫密封胶粘接，分别在结构缝两侧内衬混凝土面刷涂底涂和双组份聚硫密封胶，然后将橡胶板安装进结构缝。

基面清理，采用无水乙醇将表面浮土擦拭干净，要求基面洁净干燥，验收时白手套擦拭无痕迹。基面清理是确保粘接质量的关键环节，若表面存在浮土、油污、水分等杂质，会严重影响密封胶的粘接效果。在清理过程中，要对整个粘接区域进行全面擦拭，尤其是结构缝的角落和边缘部位，确保无任何杂质残留。清理完成后，要及时进行验收，只有验收合格才能进入下一道工序。

聚硫密封胶底涂施工，基面验收合格后，在结构缝两侧基面刷涂双组份聚硫密封胶底涂，涂刷范围：结构缝两侧内衬壁面及结构缝内壁槽底区域。底涂的作用是提高密封胶与基面的粘结强度，涂刷时要均匀一致，不得出现漏涂、流挂等现象。涂刷工具可采用毛刷或滚刷，根据基面的形状和尺寸选择合适的工具。底涂涂刷完成后，要等待其表干，表干时间根据环境温度和湿度而定，一般为几小时不等，在表干前要避免基面受到污染。

聚硫密封胶施工，确认底涂界面清洁、干燥、无污

染；底涂表面若被灰尘污染，采用无纺布或脱脂纱蘸取无水乙醇擦拭。双组份聚硫密封胶拌和后在结构缝两侧进行涂抹，形成胶膜厚度约3mm。密封胶的拌和要均匀，确保两组份充分反应。涂抹时要控制好厚度和范围，使胶膜连续、平整。对于结构复杂的部位，要特别注意涂抹质量，避免出现气泡和空缺。

双组份聚硫密封胶涂抹后，须立即安装橡胶板，2小时内完成。安装前，采用无纺布或脱脂纱蘸取无水乙醇擦拭橡胶板粘接面，再用无纺布或脱脂纱刷涂橡胶板专用底漆。橡胶板安装时，应从一侧起沿环向安装至另一侧，使用橡胶锤锤击橡胶板翼中，将橡胶板锤入结构缝，然后对翼板进行压实，直至翼板与混凝土面紧密贴合^[3]。安装橡胶板时要注意位置的准确性，确保橡胶板的中心线与结构缝的中心线重合。锤击橡胶板时，力度要适中，避免损坏橡胶板。压实翼板时，要从中间向两侧逐步进行，将密封胶中的气泡挤出，保证翼板与密封胶之间紧密结合，无空隙存在。

2 质量管理

2.1 工序施工质量控制

2.1.1 缝面修补质量控制

结构缝缝面修补工序施工的质量优良直接关系到后续橡胶板安装与聚脲喷涂正常开展，跟聚脲橡胶板一体防渗体系的质量密切相关，须严格执行打磨与修补的技术标准，加强工序验收环节质量控制。

结构缝打磨严格控制缝宽、缝深等指标，若出现缝宽不足、喇叭口（内窄外宽）等现象，将导致橡胶板无法嵌入结构缝内。在打磨过程中，质量管理人员要随时进行检查，使用专用的测量工具对缝宽和缝深进行测量，确保符合设计要求。两侧错台超过10mm打磨处理，若两侧错台过大，将导致橡胶板安装后单侧翘边。打磨处理前，要对错台的高度和范围进行测量记录，制定详细的打磨方案。打磨完成后，要进行试装检查，确保橡胶板能够顺利安装且贴合紧密。

中心线偏距骤变部位需精细打磨、修补处理，并采用橡胶板进行试安装比对，若处理不到位，将导致橡胶板无法嵌入结构缝或出现翘边现象。试安装比对时，要使用与实际安装相同规格的橡胶板，仔细观察橡胶板的嵌入情况和贴合程度，如有问题及时进行处理。

制作打磨、修补专用验收模具，材料可选用不锈钢或木材进行加工，其中木质模具造价便宜，但易于磨损，须及时更换，确保结构缝缝面修补施工质量。专用验收模具的设计要符合结构缝的尺寸和形状要求，能够准确检测缝宽、缝深、中心线偏差等指标。在验收过程

中，要将模具与结构缝进行贴合比对，判断修补后的结构缝是否符合标准。

2.1.2 橡胶板安装质量控制

“T”型橡胶板为防渗体系中关键组成部分，起到延长渗径、聚脲支撑、承受水头压力作用，橡胶板与结构缝之间能否安装稳定牢靠，将直接影响到防渗体系建设质量的成败。

密封胶底涂与密封胶即拌即用，严格按照产品指导书与使用要求比例拌和，材料凝胶后，不能使用。在拌和密封胶底涂和密封胶时，要由专人负责配料和搅拌，确保比例准确、搅拌均匀。同时要记录拌和时间，根据材料的凝胶时间合理安排使用量，避免材料浪费和因凝

胶而影响施工质量。

密封胶涂抹应适当富余，在橡胶板安装后用工具对翼板进行反复压实，将密封胶或气泡从翼缘挤出，确保翼板与密封胶之间充分粘接。压实翼板时，要使用合适的工具，如橡胶刮板等，确保压实均匀，无遗漏部位。

密封胶底涂涂抹前对结构缝缝壁进行检查，可采用自制工具、橡胶板样品与测量工具等，检查无误方可施工。检查内容包括缝壁的平整度、洁净度等，确保缝壁符合底涂施工的要求。对于检查中发现的问题，要及时进行处理，处理合格后方可进行底涂施工。

聚硫密封胶起到粘接橡胶板与防渗水作用，存在同类产品未硫化丁基橡胶。两者产品质量优缺见表1。

表1 产品质量对比分析表

聚硫密封胶	未硫化丁基橡胶
与橡胶板之间粘结力相比较强，始终保持弹性；	与橡胶板之间粘结力相比较弱，始终保持弹性；
现场人工拌和、抹胶，质量受人为因素影响相比较多；	厂家加工成品，现场人工粘贴，质量受人为因素影响相比较少；
凝胶后内部存在空腔；	粘贴后内部较为密实；

2.2 常见质量缺陷处理

2.2.1 缝面修补缺陷处理

缝宽不足、喇叭口、错台，针对该缺陷须返工处理，加强工序验收，提前发现该类质量缺陷并及时整改。返工处理时，要彻底清除原有不合格的修补材料，按照正确的工艺和标准重新进行处理。在工序验收过程中，要增加检查频率和力度，采用更加严格的检查方法，确保及时发现和解决问题。

中心线偏距骤变，针对该缺陷进行精细打磨，打磨后中心线应过渡平顺，局部可轻微扩缝以确保橡胶板可嵌入结构缝内。精细打磨时要使用高精度的测量工具进行实时监测，确保中心线的偏差控制在允许范围内。轻微扩缝时要注意不要破坏结构缝的整体稳定性，扩缝后要对缝壁进行修整和清理。

2.2.2 橡胶板安装缺陷处理

翼板翘边，该类问题常出现于错台、中心线偏距骤变处理不到位，轻微翘边情况下应及时对翼板下补胶，并对翼缘处采用密封胶抹平。补胶前要将翼板下的杂物清理干净，确保补胶区域洁净干燥。补胶时要选用与原密封胶相同的材料，保证粘接效果。抹平翼缘处密封胶时，要使表面平整光滑，与周边密封胶过渡自然。

密封胶空腔，该类问题多因密封胶涂抹量不足、压实不严等情况导致，橡胶板安装后应对安装情况进行检查，若发现翼板按压空鼓，应及时按压密实，排出腔内空气，翼缘处重新补胶抹平，确保翼板与密封胶之间充

分粘接。对于发现的空腔，要及时进行处理，避免因空腔存在而影响防渗效果。

橡胶板反弹拱起，该类问题多因喇叭口、中心线偏距骤变导致，橡胶板反复压入结构缝反弹拱起的，采用压重措施直至凝胶，若无法压入结构缝或凝胶后仍反弹拱起的，须拆除返工处理。采用压重措施时，要选择合适的压重材料和方法，确保压重均匀，不会对橡胶板造成损坏。对于需要拆除返工的情况，要彻底清除原有橡胶板和密封胶，重新进行缝面处理和橡胶板安装。

结语

聚脲橡胶板一体防渗技术对结构缝部位进行封闭施工，可大大降低输水结构的渗漏量，且能承受较大的水压力^[1]。通过现场实践，该防渗技术效果显著、质量可靠，可为类似有压输水隧洞工程提供借鉴。

参考文献

[1]刘帅鹏,许志东.喷涂聚脲防渗技术在有压输水隧洞中的应用[J].黑龙江水利科技,2014(12):203-205. DOI:10.3969/j.issn.1007-7596.2014.12.074.

[2]马山玉,张玉明,王志刚,等.输水隧洞结构缝打磨开槽机机头研究与应用[J].建筑机械,2022(4):42-44,47. DOI:10.14189/j.cnki.cm1981.2022.04.002.

[3]中国南水北调集团中线有限公司河南分公司,长江水利委员会长江科学院.一种引水隧洞衬砌混凝土板结构缝新型橡胶止水结构:CN202322629091.2[P].2024-04-19.