

# 浅析隧道工程结构防水施工工艺

张帆

浙江交工集团股份有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**隧道工程结构防水施工工艺是确保隧道长期稳定运行的关键技术之一。本文旨在探讨隧道工程结构防水的基本原则、主要防水体系、关键施工技术及质量控制要点，以为隧道工程结构防水施工提供理论参考和实践指导。

**关键词：**隧道工程；结构防水；施工

## 引言

随着交通基础设施建设的快速发展，隧道工程在交通运输体系中扮演着越来越重要的角色。然而，隧道工程由于其特殊的地质条件和施工环境，防水问题一直是工程建设的难点和重点。本文将从结构防水原则、防水体系、施工技术及质量控制等方面，对隧道工程结构防水施工工艺进行深入研究。

### 1 隧道工程结构防水原则

隧道工程结构防水原则强调综合治理，即“防、排、堵、截”四者有机结合。在设防策略上，采取多道设防，形成层层防护，确保防水效果。以防为主，注重预防措施，从源头上减少水害风险。排水系统需设计得通畅高效，能迅速排除隧道内积水，避免水压对结构造成损害。防水措施需可靠有效，能长期抵御地下水侵蚀。同时，防水方案需经济合理，平衡防水效果与工程成本<sup>[1]</sup>。在材料选择上，刚柔结合，利用刚性材料的强度和柔性材料的密封性，共同构建防水屏障。此外，防水工作需从工程勘察及选址阶段就开始重视，根据地质条件和水文情况，合理规划防水方案，并将防水理念贯穿于整个工程的设计与施工过程中，确保隧道工程结构的防水性能达到最优。

### 2 隧道工程主要防水体系

#### 2.1 结构自防水

隧道工程主要防水体系之中，结构自防水占据核心地位，它是确保隧道长期稳定运行的首道防线。结构自防水的实现，关键在于提升混凝土的抗渗性能，这要求从混凝土的原材料选择、配合比设计到施工工艺都需严格把控。采用C45防水钢筋混凝土是结构自防水的常见做法，该等级混凝土具有较高的强度和良好的抗渗性。在原材料方面，应选用低水热化、低含碱量的水泥品种，以减少混凝土因水化热过高而产生的裂缝。同时，加入高效减水剂可以显著降低混凝土的水灰比，提高混凝土

的密实度和抗渗性。磨细粉煤灰和膨胀剂的掺加也是提高混凝土抗渗性能的有效手段。磨细粉煤灰能够填充混凝土中的微细孔隙，提高混凝土的致密性；而膨胀剂则能在混凝土硬化过程中产生微膨胀，补偿混凝土的收缩，从而减少裂缝的产生。除了原材料的选择和配合比的优化，施工工艺也对结构自防水效果有着重要影响。在混凝土浇筑过程中，应严格控制浇筑速度，避免产生过大的冲击力导致混凝土离析；振捣时应均匀适度，确保混凝土密实；养护期间应保持混凝土表面湿润，避免干缩裂缝的产生。

#### 2.2 附加柔性防水层

附加柔性防水层在隧道防水体系中扮演着至关重要的角色，它作为结构自防水的有效补充，进一步提升了隧道的整体防水性能。这一层主要包括防水板、防水卷材等材料，它们具有优异的柔韧性、耐候性和抗渗性，能够适应隧道复杂多变的环境条件。在防水层铺设之前，对基层的处理至关重要。基层必须平整、干净且坚实，以确保防水层能够与基层紧密贴合，避免空鼓、起泡等现象的发生。因此，在铺设前，需要对基层进行彻底的清理，去除表面的浮土、杂物和油污，同时对不平整的地方进行修补和找平。铺设防水层时，应严格按照从下到上、从一端到另一端的顺序进行。这不仅可以保证卷材的平整度和美观性，更重要的是可以避免卷材之间出现搭接不紧密、漏水等问题。在铺设过程中，需要特别注意卷材的平整度和无皱褶、翘曲等现象，确保防水层能够均匀覆盖基层，形成连续的防水屏障。此外，对于防水层的搭接处和特殊部位，如隧道变形缝、施工缝等，需要采取特殊的处理措施。通常，这些部位会采用加强型防水卷材或防水涂料进行加强处理，以确保防水层的连续性和密封性。

### 3 隧道工程结构防水的关键施工技术

#### 3.1 防水板铺设

隧道工程结构防水的关键施工技术中,防水板铺设占据举足轻重的地位。此环节不仅要求精细操作,还需严格遵循施工规范,以确保防水层的有效性和耐久性。在铺设防水板之前,对初期支护表面的检查与处理至关重要。这包括割除外露的锚杆头、钢筋等硬物,以及清除表面的浮土、杂物,确保基层平整、干净。此外,还需对初期支护的混凝土表面进行找平处理,以消除凹凸不平的现象,为防水板的铺设创造有利条件。铺设防水板时,应先将防水板横向中线与隧道中线对齐重合定位,这有助于确保防水板铺设的准确性和对称性。随后,从拱顶开始,向侧墙方向逐步铺设防水板,利用预留的绳索将其固定在暗钉上。在固定过程中,需保持防水板平整无褶皱,避免出现翘曲或空鼓现象。防水板接头的处理是铺设过程中的关键环节。为确保接头的密封性,应采用热塑焊接机进行双焊缝焊接<sup>[2]</sup>。焊接前,需对接头部位进行清洁处理,去除污物和水;焊接时,应严格控制焊接温度和速度,确保焊缝质量;焊接后,还需对焊缝进行检查,确保无漏焊、虚焊等现象。此外,在铺设防水板的过程中,还需注意保护防水板免受损坏。如遇到隧道内突出的岩石或异物,应及时进行处理,避免刺破防水板。同时,还需加强对防水板的检查和维护,确保其在使用过程中保持完整和有效。

### 3.2 止水带施工

止水带施工在隧道防水工程中扮演着举足轻重的角色,特别是在处理变形缝、施工缝等关键位置时,其重要性不言而喻。确保止水带的正确安装与紧密贴合,是提升隧道整体防水性能的关键。施工前,需对止水带的材质、规格进行严格检查,确保其符合设计要求及质量标准。同时,根据隧道的具体结构和缝隙形态,对止水带进行裁剪和预弯,以便更好地适应安装位置。在安装止水带时,必须严格按照设计图纸的要求进行定位,确保止水带与混凝土的接触面平整、无空隙。对于变形缝处的止水带,应特别注意其安装角度和紧固程度,以防止因混凝土变形而导致的止水带移位或脱落。为了增强止水带的防水能力,在变形缝处常采用背贴式PVC止水带等特殊处理措施。这类止水带具有优异的柔韧性和抗老化性能,能够有效抵御地下水的渗透和侵蚀。在安装背贴式PVC止水带时,需先将其粘贴在变形缝的基层上,并确保粘贴牢固、无气泡。随后,再进行混凝土的浇筑和振捣,使止水带与混凝土紧密结合,形成一道坚固的防水屏障。施工过程中,还需加强对止水带的保护,避免其受到机械损伤或化学腐蚀。同时,应定期对止水带的安装质量进行检查,确保其始终处于良好的工

作状态。

### 3.3 排水系统施工

排水系统在隧道防水施工中占据着举足轻重的地位,其高效运作对于保障隧道结构的稳定性和耐久性至关重要。施工过程中,必须依据隧道的地质条件、地下水分布及水量大小,科学合理地进行排水系统的规划与布置。环向排水板作为排水系统的首要组成部分,其铺设需紧密贴合隧道初支表面,确保水能够顺畅流入。在铺设过程中,应特别注意排水板的连接处,必须采用可靠的连接方式,如热熔焊接,以保证其密封性和连续性。纵向排水管则负责将环向排水板收集的水流引导至隧道底部的横向泄水管。在安装纵向排水管时,需确保其坡度符合设计要求,以便水流能够顺利排出。同时,纵向排水管与环向排水板、横向泄水管的连接也需牢固可靠,避免出现漏水现象。横向泄水管作为排水系统的最终出口,其设置位置需根据隧道地形和地下水情况来确定。在安装横向泄水管时,应确保其出口畅通无阻,避免被杂物堵塞。同时,为了便于后期维护,还应在泄水管出口处设置检查井或检修口。施工过程中,还需对排水系统进行严格的质量检查和验收。这包括检查排水板的铺设质量、排水管的连接质量以及泄水管的畅通情况等。只有确保每一个环节都符合设计要求和质量标准,才能保障排水系统的长期稳定运行<sup>[3]</sup>。此外,定期对排水系统进行检查和维护也是必不可少的。这包括清理排水管道内的杂物、检查连接处的密封性以及更换损坏的部件等。通过及时的检查和维护,可以确保排水系统始终保持良好的工作状态,为隧道的安全运营提供有力保障。

## 4 质量控制要点

### 4.1 材料质量控制

隧道工程结构防水施工的质量控制中,材料质量控制是首要环节,直接关系到整个防水系统的可靠性和耐久性。为确保防水材料的质量,施工前必须进行严格的质量检查与筛选。首先,对于防水板、防水卷材等柔性防水材料,应检查其厚度、抗拉强度、延伸率及抗渗性能等关键指标,确保材料符合相关标准及设计要求。同时,还需检查材料的外观质量,如表面是否平整、有无裂纹、孔洞等缺陷。其次,对于止水带、密封胶等刚性防水材料,应重点检查其硬度、韧性、耐老化性能及与混凝土的粘结强度等。特别是对于止水带,还需检查其尺寸是否准确,是否符合设计图纸要求。在材料采购环节,应选择信誉良好、产品质量稳定的供应商。材料进场前,应进行严格的验收程序,包括检查材料的出厂合

合格证、质量检验报告等文件，确保材料来源可靠、质量有保证。施工过程中，还应对防水材料进行定期的质量抽检，以及时发现并处理质量问题。对于发现的不合格材料，应立即停止使用，并追溯材料来源，防止类似问题再次发生。此外，防水材料的储存与保管也是材料质量控制的重要环节。应确保防水材料存放在干燥、通风、避光的环境中，避免材料受潮、变质或损坏。同时，还应定期对储存环境进行检查，确保材料处于良好的保存状态。

#### 4.2 施工过程控制

隧道工程结构防水施工的过程控制是确保防水质量的关键环节。在施工过程中，必须对每个工序进行严格检查和验收，以确保施工质量达到相关标准和设计要求。首先，施工前应对施工图纸进行仔细审查，明确防水施工的具体要求和细节。同时，制定详细的施工方案和工艺流程，确保施工过程中的每个环节都有明确的操作指导和质量控制标准。在施工过程中，应加强对关键工序的监控和管理。例如，在防水板铺设时，要确保防水板与基层紧密贴合，无空鼓、皱褶等现象；在止水带安装时，要确保止水带位置准确，与混凝土结合牢固；在排水管道安装时，要确保管道坡度正确，连接处密封严密。为了提高施工人员的防水施工技能和质量意识，应加强培训和管理。定期组织施工人员进行防水施工技术和质量控制的培训，提高他们的专业水平和操作技能。同时，建立完善的施工管理制度，明确施工人员的职责和权限，确保施工过程中的每个环节都有人负责，有人检查，有人验收。此外，施工过程中还应加强质量检查和验收工作。每个工序完成后，应及时进行检查和验收，确保施工质量符合相关标准和设计要求<sup>[4]</sup>。对于发现的问题和隐患，应及时进行处理和整改，防止问题扩大和影响后续施工。

#### 4.3 成品保护

隧道工程结构防水施工完成后，成品保护是确保防水层质量和效果的关键环节。为保护防水层免受后续施工的破坏，需采取一系列有效的保护措施。首先，应在防水层施工完成后立即设置围挡。围挡的设置应牢固可

靠，能够有效隔离施工区域，防止人员、机械等直接接触到防水层，从而造成损坏。围挡的材料应选择坚硬、耐用的材质，如钢管、木板等，并确保其高度和强度满足安全要求。其次，覆盖防水布也是保护防水层的有效手段。防水布应选择具有良好防水性能和抗撕裂强度的材料，如聚氯乙烯（PVC）防水布等。在覆盖防水布时，应确保其完整覆盖防水层，并留出足够的搭接宽度，以便进行密封处理。同时，还应定期检查和更换防水布，确保其始终保持良好的防水效果。除了设置围挡和覆盖防水布外，还应加强对施工人员的管理和教育。确保施工人员了解防水层的重要性和保护措施，避免在后续施工中随意践踏、破坏防水层。同时，还应建立完善的成品保护制度，明确保护责任人和保护措施，确保防水层在整个施工过程中都得到有效的保护。此外，还应定期对防水层进行检查和维护。如发现防水层出现破损、脱落等现象，应及时进行处理和修复，防止问题扩大和影响防水效果。通过采取有效的保护措施和定期检查维护，可以确保防水层的质量和效果，提高隧道的防水性能和使用寿命。

#### 结语

隧道工程结构防水施工工艺是一个系统工程，需要从设计、施工、材料选择等多个方面进行全面考虑。通过采用合理的防水体系、先进的施工技术和严格的质量控制措施，可以确保隧道工程结构防水的可靠性和耐久性。未来，随着新材料、新技术的不断涌现，隧道工程结构防水施工工艺将不断完善和发展。

#### 参考文献

- [1]梁英福.公路隧道土木工程中的防水防渗施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(01):66-68.
- [2]王汉震.地铁车站暗挖隧道防水设计及施工工艺[J].设备管理与维修,2021,(16):169-170.
- [3]梁俊壕.高速公路隧道工程防水施工技术应用研究[J].运输经理世界,2023,(20):75-77.
- [4]徐刘勇,张海松.下穿主河涌明挖隧道防水施工关键技术[J].工程建设与设计,2023,(06):141-143.