

# 隧道初期支护施工质量控制与试验检测

郑子龙

中交三公局华东建设工程有限公司 浙江 杭州 311100

**摘要：**隧道作为现代交通网络的重要组成部分，其施工质量和安全性直接关系到整个交通系统的稳定运行和公众的生命财产安全。隧道初期支护作为确保隧道开挖后围岩稳定的关键措施，其施工质量控制与试验检测显得尤为重要。本文旨在深入探讨隧道初期支护施工质量控制要点与试验检测方法，以期为隧道工程实践提供理论依据和技术指导。

**关键词：**隧道；初期支护；质量控制；试验检测

## 引言

隧道初期支护是指在隧道开挖后，为确保围岩稳定而采取的一系列临时或永久性的支护措施，包括锚杆支护、喷射混凝土、钢拱架等。这些措施的有效实施直接关系到隧道施工的安全与后续结构的耐久性。因此，加强隧道初期支护施工质量控制与试验检测研究，对于提高隧道工程质量具有重要意义。

## 1 隧道初期支护施工质量控制

### 1.1 原材料质量控制

隧道初期支护的原材料质量是确保支护效果的关键。因此，必须实施严格的原材料质量控制措施。具体而言，原材料进场时，应按批次和规定的频率进行系统的试验与检测，包括但不限于材料的物理性能、化学成分以及机械性能等方面，以确保其全面满足设计和相关规范的要求。对于外购的成品、半成品等材料，必须要求供应商提供出厂合格证和质检证明，并由项目相关职能部门人员和驻地监理办进行抽检，只有抽检合格的材料方可投入使用。此外，所有原材料的检验均需遵循项目《施工监理管理办法》的规定，由指定的检测实验室出具详细的试验报告。未经此程序批准的材料，一律不得使用于隧道初期支护施工中。

### 1.2 施工过程质量控制

#### 1.2.1 超前支护施工质量控制

超前支护是隧道初期支护的重要组成部分，其施工质量直接影响到隧道的整体稳定性和安全性。因此，必须对超前支护的施工过程进行严格控制。对于超前小导管和超前锚杆等超前支护材料，必须严格按照设计要求控制其根数、长度和环向间距等参数。超前小导管应采用高质量的钢管制作，确保导管平直，尾部焊有加固箍，顶部呈尖锥状，以便于顶入钻孔。在安装前，应对钢管的尺寸进行严格检查，确保其满足设计要求。同

时，应确保顶入钻孔的长度不小于设计管长的95%，以保证超前小导管的支护效果。注浆材料的质量和配合比也是超前支护施工质量控制的重要环节。注浆材料应具有良好的流动性、凝固性和强度，以满足支护要求。在注浆前，应对注浆材料进行严格的试验和检测，确保其质量符合设计及规范要求。同时，应按照设计要求的配合比进行注浆，确保注浆的均匀性和密实性<sup>[1]</sup>。在超前支护施工过程中，还应加强现场监控和管理，确保施工过程的规范化和标准化。施工人员应严格按照施工图纸和操作规程进行施工，确保超前支护的施工质量满足设计要求。同时，监理人员应对施工过程进行全程监督，及时发现和纠正施工中的问题，确保超前支护施工质量的稳定性和可靠性。

#### 1.2.2 锚杆施工质量控制

锚杆施工是隧道初期支护的关键环节，其质量控制对于确保支护结构的稳定性和安全性至关重要。在锚杆施工过程中，应重点控制以下几个方面：首先，锚杆的加工质量是施工质量控制的基础。锚杆的材料、直径、长度等参数必须符合设计要求，加工过程中应确保锚杆表面光滑、无裂纹、无锈蚀等缺陷。同时，锚杆的尾部应加工成规定的形状，以便于安装和固定。其次，锚杆的安装尺寸也是质量控制的重要环节。锚杆的位置、孔深、孔径等参数必须严格按照设计要求进行控制。在安装前，应对钻孔进行清理和检查，确保钻孔的直径、深度和方向满足设计要求。安装时，应采用专用的安装设备和技术，确保锚杆的垂直度和间距符合规定。此外，拉拔力试验也是锚杆施工质量控制的重要手段。拉拔力试验应按锚杆数量的1%且不小于3根进行，试验过程中应记录拉拔力的大小和变化情况，确保拉拔力满足设计要求。如拉拔力不符合要求，应及时进行补打或采取其他加固措施。最后，对于砂浆锚杆，其注满度也是质量控

制的关键指标。注满度检测可采用Thurner原理,通过超声波检测砂浆的饱满程度。检测前应对检测设备进行校准和检查,确保检测结果的准确性和可靠性。如注满度不符合要求,应及时进行补注或采取其他处理措施。

### 1.2.3 喷射混凝土施工质量控制

喷射混凝土施工是隧道初期支护的核心环节,其质量控制直接关系到支护结构的强度和稳定性。为确保喷射混凝土施工质量,应重点控制以下几个方面:

**施工分段与分层:**喷射混凝土施工应严格按照分段、分片、分层的方式进行。每次喷射的区段长度不宜过长,一般控制在合理范围内,以便于施工控制和质量管理。分层喷射时,应确保每层混凝土的厚度均匀一致,初喷混凝土厚度宜控制在20~50mm之间,既能够形成初步的支护效果,又能够避免混凝土过厚导致的开裂和脱落问题<sup>[2]</sup>。复喷厚度则应根据具体的设计要求进行确定,以满足支护结构的整体强度和稳定性要求。

**危石处理与断面检查:**在喷射混凝土施工前,必须对开挖面进行全面的危石处理。通过人工或机械方式清除所有松动的岩石和浮土,确保喷射混凝土能够牢固地附着在稳定的岩面上。同时,应对开挖断面的净空尺寸进行仔细检查,确保开挖断面符合设计要求,为喷射混凝土施工提供良好的基础条件。

**喷射参数控制:**喷射混凝土施工过程中,应严格控制喷射压力、风压及喷射距离等关键参数。喷射压力应根据混凝土的坍落度和泵送能力进行合理调整,以确保混凝土能够均匀、连续地喷射到岩面上。风压应保持恒定,避免过大或过小导致混凝土喷射不均匀或回弹率过高。喷射距离也需根据具体情况进行调整,一般控制在合理范围内,以确保混凝土喷射的密实度和均匀性。

**混凝土质量控制:**喷射混凝土的质量直接影响到支护结构的强度和耐久性。因此,在喷射过程中应严格控制混凝土的质量。混凝土应具有良好的和易性和流动性,以便于喷射和密实。同时,应确保混凝土的配合比符合设计要求,水泥、骨料等原材料的质量合格且计量准确。在喷射过程中还应注意观察混凝土的喷射效果,及时调整喷射参数和处理喷射过程中出现的问题。

### 1.2.4 钢拱架施工质量控制

钢拱架作为隧道初期支护的重要组成部分,其施工质量直接关系到隧道的稳定性和安全性。为确保钢拱架施工质量,需从加工、安装及连接等多个环节进行严格控制。

**加工质量控制:**型钢与连接钢板等原材料进场时,需按批次进行严格的检验,确保其材质、规格、力学性

能等符合设计要求和相关标准。型钢与连接钢板的焊接是钢拱架加工的关键环节。焊接前应清除焊接区域的油污、锈蚀等杂质,确保焊接面清洁干燥。焊接过程中,应严格控制焊接电流、电压、焊接速度等参数,确保焊缝质量。焊接完成后,应对焊缝进行外观检查 and 无损检测,确保焊缝无裂纹、夹渣、未熔合等缺陷。

**安装质量控制:**在安装钢拱架前,应对初喷混凝土表面进行处理,清除松动的混凝土块和浮尘,确保钢拱架能够紧贴初喷混凝土表面。钢拱架安装时,应使用测量仪器对钢拱架的垂直度和间距进行精确测量和控制,确保钢拱架的垂直度和间距满足设计要求。安装过程中,应随时检查调整,避免出现偏差。

**连接质量控制:**钢拱架之间的连接节点应处理得当,确保连接牢固可靠。连接钢板应焊接牢固,焊缝质量应符合要求。连接螺栓应拧紧到位,防止松动。通过合理的连接方式和紧固措施,使钢拱架之间形成整体受力体系。在连接过程中,应注意检查各连接部位是否紧密贴合、受力均匀,确保整体受力体系稳定可靠。

## 2 隧道初期支护试验检测研究

### 2.1 传统检测手段

#### 2.1.1 目测检查

通过肉眼观察支护结构的外观状态,检查是否存在裂缝、剥落、渗水等现象。目测检查应全面细致,不仅限于支护表面,还应包括支护与围岩的接触情况。检查人员需具备丰富的经验,能够准确判断支护结构的状态。优点是直观、快速;缺点是对隐蔽缺陷难以发现,且受主观因素影响较大。

#### 2.1.2 打钻孔取芯

在支护结构上钻孔并取出芯样,通过芯样的物理力学性质分析支护质量。钻孔位置需精心选择,以代表支护结构的不同区域。取芯过程应小心谨慎,避免对支护结构造成过大损伤。芯样取出后,需进行详细的物理力学性质测试,如强度、密度等。优点是结果准确可靠;缺点是破坏性大,且效率较低。

#### 2.1.3 钻孔声波检测

利用声波在介质中的传播特性,通过钻孔向支护结构发射声波,分析接收到的声波信号以评估支护质量。检测前需确定合理的声波发射频率和接收方式。检测过程中,需记录并分析声波的传播时间、振幅、频率等参数。根据声波信号的变化,可推断支护结构内部是否存在空洞、裂缝等缺陷<sup>[3]</sup>。优点是无损检测,对支护结构无破坏;缺点是受介质条件影响较大,如湿度、温度等。

#### 2.1.4 压水试验

向支护结构中的钻孔压入清水,根据压入水量和施加压力的关系评估支护结构的透水性。试验前需确保钻孔密封良好,避免外部水源干扰试验结果。试验过程中,需逐步增加压力并记录压入水量,直至达到稳定状态。根据压水试验结果,可评估支护结构的密实度和抗渗性能。优点是能够直观反映支护结构的透水性;缺点是试验过程较为复杂,且对支护结构有一定的压力作用。

## 2.2 新型先进检测手段

### 2.2.1 雷达检测

雷达检测作为一种先进的无损检测技术,近年来在隧道工程领域得到了广泛应用。该技术通过向隧道初期支护结构与围岩层发射高频电磁波,并接收其反射信号,经过分析处理,能够精确检测锚杆长度、密实度以及衬砌厚度等关键参数。在具体实施过程中,雷达检测设备被放置在隧道内部,沿着支护结构进行移动扫描。高频电磁波从设备发射出,穿透支护结构和围岩层,遇到不同介质界面时发生反射。这些反射信号被设备接收并记录下来,通过专业的分析软件进行处理,最终生成详细的检测结果。雷达检测方法的优点在于其操作简便、结果直观。检测过程中,无需对支护结构进行破坏性采样,大大提高了检测效率<sup>[4]</sup>。同时,雷达检测能够实现支护结构内部缺陷的精确定位,为后续的修复和加固工作提供了有力依据。在隧道工程检测中,雷达检测已广泛应用于各个阶段的质量控制。特别是在初期支护阶段,通过雷达检测可以及时发现支护结构中的潜在问题,如锚杆长度不足、密实度不够或衬砌厚度不均匀等,从而确保支护结构的整体稳定性和安全性。

### 2.2.2 激光断面仪检测

激光断面仪作为现代隧道工程检测中的重要工具,通过高精度的激光扫描技术,为隧道净空断面的尺寸和形状分析提供了强有力的支持。激光断面仪的工作原理是利用激光束的快速扫描,对隧道断面进行全方位、无接触的测量。激光束发射后,遇到隧道内壁反射回来,通过精密的光电传感器接收并转换为电信号,再经过计算机处理,最终生成隧道断面的三维坐标数据。在实际的检测流程中,首先确保激光断面仪处于良好的工作状态,检查电池电量、激光发射器及接收器是否清洁无遮挡。然后将激光断面仪放置在隧道设计轴线选定里程的

中心桩处,确保仪器稳定且与隧道轴线垂直。根据隧道断面形状和尺寸,合理设置扫描参数。启动激光断面仪进行扫描,激光束在隧道断面上快速移动,记录每个扫描点的三维坐标数据。扫描过程中,应注意观察仪器显示屏上的实时图像和数据,确保扫描完整无遗漏。扫描完成后,将采集到的三维坐标数据导入计算机处理软件,进行滤波、去噪等预处理操作,以提高数据的准确性和可靠性。随后,利用软件生成隧道断面的三维模型,进行尺寸和形状分析。激光断面仪检测在隧道初期支护中具有显著的应用优势。首先,它采用非接触式测量方式,避免了传统接触式测量可能引入的误差,测量精度可达到毫米级甚至更高。其次,激光扫描速度快,能够在短时间内完成整个隧道断面的数据采集工作,大大提高了检测效率。此外,激光断面仪能够获取隧道断面的完整三维信息,不仅包括尺寸数据,还包括形状特征,为全面评估隧道净空状况提供了可能。最后,通过计算机软件处理后的三维模型直观展示了隧道断面的实际情况,便于技术人员进行直观分析和判断。

## 结语

隧道工程作为基础设施建设的重要组成部分,其施工质量和安全性直接关系到国家经济发展和社会稳定。因此,加强隧道初期支护施工质量控制与试验检测研究,对于推动隧道工程技术进步、保障公众生命财产安全具有重要意义。通过严格控制原材料质量、优化施工过程控制以及采用先进的试验检测手段,可以有效提高隧道初期支护的质量水平。未来,随着科技的不断发展,无损检测技术将在隧道工程中得到更广泛的应用,为隧道施工质量控制提供更加精准、高效的解决方案。

## 参考文献

- [1]瞿晗,张明阳.公路隧道初期支护施工质量控制研究[J].质量与市场,2021,(18):162-164.
- [2]张正蕾.公路隧道初期支护施工质量控制的相关思考[J].散装水泥,2024,(02):176-178.
- [3]张庆楠.隧道初期支护质量控制及相关检测[J].工程技术研究,2022,7(07):169-171.
- [4]吕春林.探地雷达检测技术在隧道初期支护检测中的应用[J].北方交通,2023,(06):75-78.