

# 公路工程隧道二衬质量控制措施分析

吴志文

(中铁二十三局第六工程有限公司, 重庆 400000)

**摘要** 公路工程隧道二衬质量控制是确保隧道结构安全和耐久性的关键环节。姚南高速公路为全面推进施工标准化建设, 落实项目工程质量行为管理标准化和工程实体质量控制标准化的双标管理, 坚持将工程的内部质量与外观品质融为一体, 深植“以百年规划为基础, 将质量放在首位”的观念, 切实提升工程质量管理水平。本文从多个角度分析了公路工程隧道二衬质量的影响因素, 提出了相应的质量控制策略, 以期为提升公路隧道工程的质量提供借鉴。

**关键词** 公路工程; 隧道; 二衬钢筋; 保护层; 质量控制

**中图分类号**: U45

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)03-0080-03

公路建设的快速发展, 使隧道工程在公路交通中的地位日益突出。二衬作为隧道结构的重要组成部分, 其质量控制对于隧道整体结构的稳定性、安全性及耐久性具有重要影响。本文旨在探讨公路工程隧道二衬质量的影响因素及控制措施。

## 1 施工前准备

1. 仔细查看图纸、熟读规范及相关文件要求, 在施工前分别对二衬各班组进行安全、施工技术交底, 明确安全、质量技术要求及验收标准。

2. 认真落实材料进场验收制度、模板准入验收制度、联合检查验收制度、首盘混凝土鉴定制度等相关制度。确保隧道混凝土在浇筑前各类原材料、钢筋绑扎、预埋件尺寸位置、模板拼装、防排水安装等满足规范及设计要求<sup>[1]</sup>。

## 2 隧道二衬施工质量控制措施

### 2.1 台车就位

1. 姚南高速隧道二衬模板台车全部实行验收制。对进场台车模板的厚度、刚度、几何尺寸、拼装后的间隙、错台等指标进行只有通过联合检验及验收合格后, 才能投入使用。堵(挡)头模须采用定型塑钢模, 便于控制止水带安装质量及纵环向钢筋间距。台车就位后, 要严格检查中线、高程、断面及净空尺寸。浇筑时泵管独立安装, 不能震动影响到台车发生偏位。

2. 模板台车定位, 以衬砌圆心为基准点, 构建平面坐标系。确保测量洞内的顶模中心点、顶模和侧模的连接点以及侧模的底部点来保证台车准确定位至其工作位置<sup>[2]</sup>。特别是在曲线隧道施工时, 需要充分考

虑到由于内外弧之间长度差异导致的左右模板搭接长度的调整, 以此来减少接缝不齐现象, 确保隧道曲线的顺畅。

3. 台车模板应与混凝土间维持必要的重叠长度, 以确保模板撑开后的稳定性。完成就位后, 需对台车的各部位进行检查, 确认其稳定, 检查模板是否有错动或移位的情况, 同时观察模板是否发生变形, 并确保其位置的准确性。

### 2.2 施作防排水设施

1. 在进行二次衬砌作业前 1 至 2 个模板长度的位置先行铺设防水板, 并在该处配备临时挡板, 以防机械作业导致的损伤或电火花对防水板造成烧伤。铺设工作应从顶部开始至底部结束, 且下方的防水板需要覆盖上方的防水板边缘。确保适度的松紧余量, 使防水板与围岩有着全面接触。

2. 用热合器或热风焊枪使防水板与热熔垫圈紧密粘结。面对基底表面凹凸不平较为显著的情况, 在断面变化的区域应增设固定点, 确保与混凝土表面密切吻合。

3. 在进行焊接时, 防水板必须保持干净, 在执行焊接作业时, 焊接接缝必须是光滑的, 不允许存在气泡、褶皱或者空洞。防水板的覆盖部分应采用自动移动的热合设备, 并通过双缝焊接技术进行热熔接合, 爬焊机施工不便的地方或修补时, 可采用手持焊枪工艺。

4. 在安装止水带之前, 应清理矮边墙处的杂物、积水和浮渣。止水条通过 U 型钢钢筋牢固地安装在挡墙头部的模板上, 从中间一半镶入混凝土中, 另一半则用 U 形筋进行固定。只有在隐蔽工程检验通过并获得

验收合格后,才能进行混凝土浇筑作业。

5. 隧道的排水盲管包括环向、纵向和横向三种型式排水盲管,三种盲管通过三通接头连为一体,形成完整的排水系统,在安装过程中,三通管的位置应准确,接头应牢固。盲管内部应无杂物堵塞,泄水孔应保持通畅。在隧道内水流量大的区域,应根据洞内实际情况增设排水盲管,以确保洞内水流能及时排出<sup>[3]</sup>。

### 2.3 二衬钢筋保护层和主筋间距控制

姚南高速公路对隧道二衬钢筋保护层和主筋间距的实体检测指标为:二衬钢筋保护层合格率 $\geq 85\%$ ,隧道二衬钢筋主筋间距合格率 $\geq 95\%$ 的控制要求。为确保钢筋保护层和主筋间距指标我们采取了以下措施。

1. 二衬钢筋安装要严格采用台架及短钢筋控制好每环钢筋间距及双层钢筋层间距。

2. 在进行钢筋布置之前,需先对隧道初级支护的内部空间尺寸进行测量和放线,以确认隧道的轮廓线尺寸,并依据这个长度进行材料的裁剪。

3. 二衬钢筋安装应按 3m 左右划分区间,第一层钢筋安装完后要再次进行测量放样,确定第二层主筋具体位置,然后在第一层钢筋上焊接定位钢筋来控制层间距,每区间完成后,再用纵向连接筋把每个区连成整体,环向每 3m 要先设置纵向筋,防止在绑扎剩余钢筋时,定位钢筋出现偏位,待全部完成后对整体骨架再进行检查和调整。

4. 第二层钢筋安装要先绑扎两端头处,然后拉水平线标出环向主筋布设位置。外层钢筋安装完对钢筋保护层检查合格后,在钢筋骨架主筋外侧绑扎每平方不少于 4-5 个成梅花状布置高强垫块和支撑筋来控制钢筋保护层。

5. 边墙位置二衬钢筋必须预埋准确,仰拱及拱墙二次衬砌均采用卡具(胎架)控制每层钢筋间距,用定位短钢筋控制两层钢筋的层间距,且定位钢筋要加密布设,防止因钢筋自重产生下挠或径向倾斜。

### 2.4 二衬混凝土浇筑

1. 混凝土的拌制。所有使用的原材料必须经过严格检测,确保质量合格后才能使用,禁止使用未经检验或检验结果不达标的原材料。混凝土配制必须严格遵循试验室给出的配比要求进行。每次拌制前需对砂石料进行含水量检测,然后按照当天检测出的含水量输入施工配合比,再按各重量比进行拌制,并确保混凝土搅拌时间不少于 2 分钟。为确保拌制出的混凝土在各项性能上满足施工要求需对首盘混凝土进行首盘鉴定<sup>[4]</sup>。

2. 混凝土的运输。在混凝土运输时,需要遵守以下规定:已经搅拌完成的混凝土在运输过程中,应以每分钟 2-4 转的速度搅拌,不得高速旋转。混凝土运输到场后在卸料前,才能以高速搅拌混凝土,使混凝土状态均匀。从加水开始算起,混凝土运输和卸出的时间不宜超过 90 分钟。

### 3. 混凝土的浇筑。

(1) 当混凝土从模板窗口灌入时,应遵循从下往上的原则,分层对称浇筑,放料高度不得超过 2m 防止混凝土离析。在混凝土浇筑作业中,应细致监控模板、钢筋、嵌件以及预留孔洞是否出现变形或位移情况,若有异常,必须立刻实施加固处理。

(2) 混凝土浇筑应保持连续性。若因故需间歇,间歇时间超过混凝土初凝,应按接缝进行处理。

(3) 混凝土的浇筑层厚度应适当,建议设置为振动棒作用深度的 1.25 倍,但最大分层厚度不宜大于 60cm。新浇筑混凝土应在下层混凝土初凝前浇筑完成。

(4) 对于混凝土二衬以下没有附着式振动器的采用插入式振捣棒进行人工振捣,在执行振捣工作时,振捣棒需穿透至下一层混凝土 5cm 至 10cm 深度,以确保不同层次混凝土间紧密结合。操作振捣棒时,应迅速插入而缓慢抽出。振捣每个点位的适宜时长,取决于混凝土停止明显沉降且不再冒出水份和气泡,表面开始呈现浆液,通常这一过程需要 10 秒到 30 秒。在插入振捣棒的过程中,避免触碰模板、钢筋以及预埋管线。在完成二次浇筑拱顶的过程中,应按序激活粘附型振动器进行振捣作业,确保混凝土振捣均匀致密,避免出现未振捣或过度振捣的问题。

(5) 每块二衬在拱顶区域必须设有注浆孔。待二衬混凝土强度达到设计的 100% 时,应采用雷达探测技术进行扫描检查,若探测到初衬与二衬之间存在空洞,则需立刻执行注浆作业以填补空隙,确保初衬和二衬之间紧密结合,以实现均匀分布的受力状况。

### 2.5 拆模及养护

混凝土的拆模强度必须达到设计规定的标准。通常,如果隧道内平均温度超过 10 摄氏度,混凝土浇筑次日,且其表面和边角无因拆模作业而产生的损伤,此时便可进行模板拆除。混凝土浇筑完成后,应在 12 小时内开始进行洒水养护,如果洞内平均温度小于 5 摄氏度时不得采用洒水的方式进行养护,而需进行保温覆盖<sup>[5]</sup>。养护的时间根据混凝土的水胶比和洞内平均温度决定养护期限,一般隧道洞内二衬混凝土的养护期限不小于 14 天。

表 1

混凝土类型	水胶比	洞内平均 气温 T (°C)	养护期限 (d)
胶凝材料中掺 有矿物掺和料	≥ 0.45	5 ≤ T < 10	21
		10 ≤ T < 20	14
	< 0.45	T ≥ 20	10
		5 ≤ T < 10	14
		10 ≤ T < 20	10
		T ≥ 20	7

### 2.6 及时检测查漏消缺

二衬混凝土施工完毕后需及时采用超声波雷达进行扫描, 雷达扫描时采用左右边墙, 左右供腰及拱顶五条测线进行数据采集, 排查出二衬混凝土后方是否存在缺陷并准确标记出里程及缺陷类型和大小, 待打孔验证确认缺陷后及时采用压浆料材料按图纸要求进行压浆处理, 并再次超声雷达扫描确认缺陷部位消缺完毕, 以确保隧道二衬的质量稳定可靠。

### 3 质量控制要点

1. 二衬混凝土不得超过隧道净空限界, 所以在衬砌测量放样时, 可以将设计的净空轮廓线扩大 3cm。这样做是为了确保衬砌不会侵入净空限界内, 从而保证隧道的安全和稳定性。

2. 对于二次衬砌钢筋的主筋间距和钢筋保护层厚度, 必须进行严格控制。为保障钢筋的保护层厚度达标, 应采用与二衬混凝土等级相同的砂浆块或合规的标准螺母作为支撑垫块。这一措施能够保证钢筋在混凝土内部的正确布置, 并避免其暴露于外, 进而确保构筑物的结构安全及长期耐用性。

3. 在进行混凝土浇筑作业之前, 需细致检查模板、支撑系统、钢筋框架以及预埋件等, 以确保它们的准确性和完整性。确保这些结构部件的完整性和稳定性, 以及确保它们符合设计要求和施工规范。

4. 混凝土浇筑现场, 必须有技术人员、试验员值班, 入模前对每车混凝土的和易性、塌落度进行检验, 不合格的混凝土不得入模。严格禁止在混凝土中额外加水, 因为这将显著削弱混凝土的结构强度和耐久性, 并增加混凝土出现裂纹的风险。

5. 混凝土浇筑应由下向上分层, 左右交替从边墙向拱顶对称浇筑。控制混凝土浇筑落差, 防止混凝土离析。混凝土封顶时, 应在拱顶挡头板预留观察孔, 有浆溢出, 保证拱顶混凝土浇筑饱满。

6. 在混凝土浇筑结束后对管道进行清洗, 并及时

对二衬台车模版进行打磨, 并涂刷脱模剂确保混凝土的质量和外观。

7. 加强养护工作, 养护可以有效提高混凝土早期强度及减少混凝土表面龟裂。待龄期满足要求时及时安排雷达检测及时消缺不漏。

### 4 强化质量检测与验收

质量检测与验收是确保隧道二衬质量的最后一道防线。在这方面, 姚南高速项目配备了两台海创高科厂家的钢筋保护层测定仪和两台数显回弹仪, 确保检测结果的准确性和可靠性。同时, 应制定严格的验收标准, 并确保这些标准与工程实际需求相匹配。对于不合格的部分, 应有明确的处理和整改措施, 以确保最终成品的质量符合要求。在过程控制中, 每一道工序完成后都应进行质量检验, 确保前一道工序的质量问题不会传递到下一道工序, 从而保证整个隧道二衬施工过程的质量可控。

### 5 引入先进技术与管理经验

随着科技的不断发展, 国内外在隧道二衬施工领域涌现出了许多先进的技术和管理经验。我们应当积极引进这些技术和经验。例如, 采用自动化监测系统对施工过程进行实时监控, 利用 BIM 技术进行施工模拟和优化等。同时, 加强与行业内外的交流与合作也是必不可少的。我们可以共同探讨隧道二衬质量控制的新方法、新思路, 从而推动整个行业的技术进步。

### 6 结论与建议

通过对公路工程隧道二衬质量控制的研究, 我们可以得出结论: 要确保隧道二衬的质量, 必须从原材料、施工工艺、环境因素等多方面进行综合控制。为了进一步提高隧道工程质量, 建议在未来的公路工程建设中加强技术研发与培训, 完善质量管理体系, 并积极推广先进的隧道二衬施工技术和管理经验。

### 参考文献:

- [1] 吴声宏, 马红宇. 铁路隧道二次衬砌工程的施工质量控制 [J]. 中国建材科技, 2011(04):97-100.
- [2] 陈涛. 浅谈隧道二次衬砌施工技术 [J]. 四川建材, 2013(01):178-180.
- [3] 徐祥. 试论建筑工程混凝土施工技术与质量管理 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(09):113.
- [4] 王鹤, 苏海峰, 陈曦, 等. 浅谈路隧道二次衬砌混凝土施工质量控制 [J]. 混凝土世界, 2012(02):58-61.
- [5] 陈明辉, 翁敦理. 地铁暗挖隧道二次衬砌施工质量控制浅析 [J]. 现代隧道技术, 2012(02):119-124.