

# 道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控

杜超

枣庄路发工程咨询有限公司, 山东 枣庄 277100

**摘要：**在交通基础设施建设快速发展的背景下，道路桥梁和隧道工程规模和复杂度与日俱增。文章对道路桥梁隧道工程关键施工技术进行深入分析，主要包括路基路面的施工，桥梁上部结构和下部结构的施工以及隧道开挖和支护技术，并对各个环节的技术要点进行详细说明。与此同时，本文就施工期安全监控体系建设，监控方法及应对措施等方面进行了研究，目的在于为促进道路桥梁隧道工程施工质量的提高提供参考、保障施工安全，为促进交通建设行业的稳步发展提供了综合理论依据和实践指导。

**关键词：**道路桥梁隧道；施工技术；安全监控；质量保障

## Construction Technology and Safety Monitoring of Road, Bridge, and Tunnel Engineering

Du Chao

Zaozhuang Lufa Engineering Consulting Co., Ltd. Zaozhuang, Shandong 277100

**Abstract：** With the rapid development of transportation infrastructure, the scale and complexity of road, bridge, and tunnel projects are increasing day by day. This article provides an in-depth analysis of key construction techniques for road, bridge, and tunnel projects, including roadbed and pavement construction, the construction of the superstructure and substructure of bridges, and tunnel excavation and support techniques. Detailed technical points for each step are also provided. Additionally, this article explores the establishment of a safety monitoring system during the construction phase, monitoring methods, and response measures. The aim is to provide a reference for improving the construction quality of road, bridge, and tunnel projects, ensure construction safety, and offer a comprehensive theoretical basis and practical guidance for promoting the steady development of the transportation construction industry.

**Keywords：** road, bridge and tunnel; construction technology; safety monitoring; quality assurance

### 一、道路桥梁隧道工程施工技术要点

#### (一) 道路工程施工技术

##### 1. 路基施工技术

(1) 填方路基施工：填方工作之前，需要对放线进行准确的测量，明确填方的边界和坡度。选择适宜的填方材料并严格控制填方材料的含水量和粒径，以保证压实效果。分层填筑是至关重要的一步，每一层的厚度都是根据压实机械性能来合理确定的，通常是控制在20-30厘米的范围内，然后逐层压实到规定的密实度，常用压路机静压，振压联合作用来确保路基稳定和承载能力<sup>[1]</sup>。

(2) 挖方路基施工：以地质勘察资料为依据，准确地计划开挖的坡度和深度，以免出现超挖、欠挖现象。针对岩石路段合理选择预裂爆破和光面爆破两种爆破技术，在控制爆破震动作用于周围岩体和环境时，及时清理挖方土石和修整边坡并采取防护措施以防边坡垮塌<sup>[2]</sup>。

##### 2. 路面施工技术

(1) 沥青路面施工：沥青混合料配合比的设计非常关键，需要考虑道路等级，交通流量和气候条件，准确地分配沥青和集料的配比。在摊铺过程中，要确保摊铺机能够均匀且连续地工作，

同时控制摊铺的厚度和平整度，通常的厚度误差应控制在 $\pm 5$ 毫米之内。碾压分为初压，复压和终压3个环节，初压跟上摊铺，用轻型压路机实现稳压；复压选择重型压路机以保证压实度满足设计要求；终压后轮迹被消除，路面平整度得到增强，确保了沥青路面耐久性和行车舒适性。

(2) 水泥混凝土路面施工：模板的安装应坚实顺直、拼接紧密，以保证混凝土在浇注过程中不漏浆。混凝土搅拌严格执行配合比、水灰比控制、确保混凝土的强度。在混凝土的浇筑过程中，需要确保充分的振捣，以避免出现如蜂窝和麻面这样的缺陷<sup>[3]</sup>。同时，要及时进行拉毛和养生处理，这样可以确保养护时间不少于14天，从而提高混凝土路面的抗裂性和使用寿命。

#### (二) 桥梁工程施工技术

##### 1. 桥梁下部结构施工

(1) 基础施工：对桩基础而言，灌注桩在施工时应应对桩位，垂直度和桩径进行准确控制，泥浆护壁以保证孔壁的稳定性，避免塌孔，钢筋笼的下放工艺顺利，处于中间位置，混凝土浇筑持续致密。扩大基础的施工需要对基坑进行良好的支护，并根据地质情况选择适当的支护形式例如钢板桩支护和土钉墙支护，在开挖到设计标高时进行，适时浇筑基础混凝土以确保基础的强度和稳定性。

(2) 墩台施工：在墩台的施工过程中，我们使用了定型的钢模作为墩台模板，以确保接缝的密封性和表面的光滑性。在安装过程中，我们严格监控其垂直度，通常误差不会超过0.3%。混凝土的浇筑过程是分层的，每一层的厚度都不会超过30厘米，并且需要均匀地振捣，确保养护到位，以防止墩台产生裂缝，从而为上层结构的施工提供坚实的基础。

## 2. 桥梁上部结构施工

(1) 预制梁施工：预制梁场的场址要考虑场地面积和运输条件，预制台座要牢固平整并留有反拱。钢筋骨架捆扎牢靠，波纹管位置精准，保证预应力管道的畅通。混凝土浇筑由附着式振捣器和插入式振捣器配合使用，确保了振捣效果。预应力张拉严格遵守设计所需张拉顺序，张拉力大，通过智能张拉系统准确调控，压浆致密，增强预制梁承载能力和抗裂性能<sup>[4]</sup>。

(2) 现浇梁施工：采用支架法，支架的设计应符合强度、刚度和稳定性的要求，预压以消除非弹性变形的影响，预拱度的测定和设定。挂篮法是一种适合大跨径连续梁的施工方法，挂篮的拼装，向前移动严格按照工艺标准进行，混凝土对称浇注，挂篮的变形得到了控制，保证了梁体优美的线形和结构的安全性。

## (三) 隧道工程施工技术

### 1. 隧道开挖技术

(1) 钻爆法：按围岩的等级对炮孔间距和深度及装药量进行合理的设计，用光面或预裂爆破来降低超欠挖。周围的眼间距通常被限制在30-60厘米之间，根据围岩的硬度来调整装药量，严格控制爆破产生的震动速度，以保护围岩的完整性，并为后续的支护工作创造良好的条件。

(2) 盾构法：盾构选型是根据隧道直径，地质条件，地下水情况等来决定的，盾构的装配，调试准确。在推进时对盾构姿态进行实时监测，并控制推进速度和出土量，通过同步注浆充填盾尾空隙来阻止地层沉降的发生，适合软土地层隧道的建设，且施工效率高，受周围环境影响较小<sup>[5]</sup>。

### 2. 隧道支护技术

(1) 初期支护：喷射混凝土应及时、跟上开挖面的步伐，并采取湿喷工艺以保证混凝土的强度和附着力、厚度满足设计要求。锚杆安装稳固且锚固力合格，配合喷射混凝土提高围岩的自稳能力。钢拱架架设位置精确，并与锚杆和喷射混凝土密切结合构成联合支护体系。

(2) 二次支护：通常用模筑混凝土施工，待初期支护的变形趋于稳定，钢筋绑扎和模板的安装均满足规范要求，并将混凝土浇注振捣致密，用作隧道永久支护结构以确保其长期稳定运行。

## 二、道路桥梁隧道工程安全监控体系构建

### (一) 监控目标和原则

安全监控的目的是实时了解施工期的安全状况，防止事故的发生，确保人员，设备和工程结构的安全。遵循全面性的原则，覆盖了施工各环节和各种风险源；及时性原则保证监测数据的迅速反馈以采取适时的措施；准确性原则、使用高精度的监测设备

确保数据的可靠性；动态性原则根据施工进度和环境的变化对监测的重点和参数进行调整。以隧道施工为例，当开挖深度加大，围岩情况发生变化时，适时调整监测点位和频次，时刻关注重点风险部位以保证监测效果<sup>[6]</sup>。

### (二) 监控组织架构

建立了以项目经理为组长，技术负责人，安全管理人员和各施工班组负责人参加的安全监测小组。项目经理协调配合，技术负责人拟定监控方案并进行数据分析，安全管理人员实地检查并实施整改，施工班组长对本班施工区域进行日常安全检查和信息报送，从而形成了分工协作，协同有效的监控组织体系。大型桥梁工程建设过程中安全监控小组每天都要举行例会，对各方面情况进行总结，对监测到的问题进行及时处理，确保建设安全、有序地进行。

### (三) 监控设备选型与布置

(1) 道路工程：对高填方路基和深挖方边坡布设沉降观测点和位移观测点并利用全站仪和水准仪进行定期观测；将温度传感器设置于沥青路面摊铺施工现场，对沥青温度进行实时监控，以保证摊铺质量和施工安全。例如，在山区的高级公路建设项目中，每20米的高填方路段都会设置一组沉降观测点，并在边坡的关键区域设置位移观测点，这些定期的观测数据将为路基稳定性评估提供重要依据；沥青路面摊铺过程中温度传感器将数据实时传输给摊铺机控制系统以保证沥青温度处于最优压实区间。

(2) 桥梁工程：桥梁基础，墩台和梁体等关键部位设置应力应变传感器对结构的受力状态进行监控；将位移传感器设置于挂篮，支架及其他临时设施中，对其变形进行监测，选择高精度的传感器进行合理配置，确保数据能够综合反映结构的安全状态。跨海大桥建设过程中在基础桩身，墩台核心区，箱梁关键截面等位置设置应力应变传感器并在挂篮和支架的各个节点处设置位移传感器并将数据传输到监控中心进行实时监测，出现异常情况时即时报警<sup>[7]</sup>。

(3) 隧道工程：在隧道围岩周围设置收敛计对围岩的收敛变形进行监测；在拱顶处布置沉降观测点对隧道沉降进行监测；衬砌后方设置压力传感器对支护压力进行监测并组成立体监测网络对隧道的施工安全提供保障。在某铁路隧道的建设过程中，隧道内部每隔5米都会设置一组收敛计和沉降观测点。衬砌背后的压力传感器会按照特定的位置进行布置，以全面监控围岩和支护结构的动态变化，从而确保隧道施工的安全性。

## 三、道路桥梁隧道工程安全监控方法与应对措施

### (一) 安全监控方法

(1) 实时监测：采用自动化的监测系统对桥梁结构应力和隧道围岩变形的关键部位及参数实行全天候监测，实时将数据传输到监控中心并在超过预警值时马上启动预警机制。城市地铁建设过程中隧道周围建筑物的沉降，结构变形由自动化监测系统对其进行实时控制，当沉降速率超过标准时，应立即停建，并组织专家对其成因进行了分析，制定了应对措施。

(2) 定期巡查: 安全管理人员每天都要到施工现场检查施工设备的运行状态, 人员的操作规范和防护设施的设置情况, 并填写检查记录, 及时发现存在的问题并告知纠正情况。在桥梁施工现场中, 日常检查内容包括塔吊和起重机的作状态, 高空作业人员安全防护用品的穿戴, 及时发现设备存在的故障隐患或者违规操作并进行整改, 保障了施工安全<sup>[8]</sup>。

(3) 专项检查: 对隧道爆破作业和桥梁大型构件吊装这两个施工重难点环节组织专项检查并请专家参加, 对可能存在的安全隐患进行排查并制订专项防范措施。在隧道爆破具体检查时, 专家们从爆破设计, 炸药的储存和使用以及人员资质方面进行了综合评审, 并提出了相应的优化意见, 以减少爆破风险。

### (二) 预警与应急处置

(1) 预警分级: 预警按监测数据与正常范围偏差大小划分为蓝、黄、橙和红4个等级, 其中蓝色属于轻度异常, 红色是严重危急的颜色, 不同等级对应着不同的反应, 保证了报警的针对性和有效性。以公路高填方路基的沉降监测为例, 蓝色警告可能暗示观测频率的增强, 而黄色警告需要停止填方作业并对其成因进行分析, 橙色警告需要组织专家咨询, 红色警告需要即时启动应急预案并撤离周围群众。

(2) 应急响应: 当预警被触发后, 应立即启动应急预案、组织应急救援队伍、分配应急物资等, 如果隧道坍塌报警后, 则快速组织抢险人员进行救援、备齐抢险设备、撤离周围群众、按预定计划施救、尽可能少受损失。某隧道在施工过程中出现局部坍塌报警, 施工方快速启动方案, 抢险队伍带着专业设备快速进入现场, 撤离了正在施工的人员, 并采取紧急支护和清渣措施成功解决了此次危机。

### (三) 安全隐患整改与预防

(1) 隐患整改: 针对监控中查出的隐患, 要建立台账, 明确责任人、整改时限和整改措施等, 并对整改进程进行追踪, 直到隐患排除, 保证施工安全可持续控制。该桥墩台施工过程中发现模板拼缝不严密的情况, 当即建立了台账并指定模板工担任负责人, 要求两小时后进行整改, 并由安全管理人员对整改情况进行全程跟踪调查, 保证整改工作的顺利进行。

(2) 预防措施: 定期对安全监控数据和事故案例进行分析、总结经验和教训、优化施工工艺和安全管理制度、进行安全教育

和培训, 增强施工人员的安全意识, 从根本上防止安全事故的产生。道路施工企业按季度对安全数据和案例进行整理和分析, 并依此优化路基压实工艺、健全安全奖惩制度、进行全员安全培训等措施减少事故的发生<sup>[9]</sup>。

## 四、施工技术与安全监控协同发展策略

### (一) 技术创新推动安全提升

鼓励开发智能化盾构施工技术和桥梁预应力张拉远程监控等新的施工技术, 以降低人为操作的失误和提高精准度, 同时也给安全监控提供了更加方便和有效的工具, 使施工和安全监控工作协同推进。如智能化盾构施工技术能够对盾构运行参数进行实时反馈、推进姿态自动调节、减少操作风险等, 同时它的监测数据还与安全监控系统直接连接, 对隧道的施工安全起到了全方位的保障作用。

### (二) 人才培养强化技术保障

高校和职业院校强化道路、桥梁、隧道等专业, 培养不仅懂得施工技术, 而且熟悉安全监控和控制的复合型人才; 企业经常组织内部培训以提高职工的技能水平, 建设一支高素质的施工和安全监控队伍, 从而为工程的质量和提供人才支持。某大学新增了道路桥梁隧道施工及安全监控一体化的课程, 以实践教学和企业实习相结合的方式对学生的综合能力进行培养; 每年企业都会进行技能培训和比赛, 以调动职工的学习积极性, 促进团队整体素质的提高<sup>[10]</sup>。

## 五、结论

道路桥梁隧道工程施工技术和安全监控互为补充, 构成了保证工程质量和施工安全两大关键因素。通过对施工技术要点的深入研究, 技术工艺的持续优化, 安全监控体系的准确建设, 监控方法和应对措施的落实, 并促进二者的协同发展, 能有效地应对工程建设所面临的多种挑战, 创造出优质高安全的交通基础设施。今后, 伴随着科学技术的进步和管理理念的革新, 道路桥梁隧道工程的建设必将迎来更多的发展。

## 参考文献

- [1] 侯明研. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全管控分析[J]. 运输经理世界, 2023(08):111-113.
- [2] 王亚芬. 分析道路桥梁隧道工程施工中的难点和养护技术[J]. 四川建材, 2023, 49(03):174-175+194.
- [3] 韩金刚. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全管控[J]. 大众标准化, 2022(24):148-150.
- [4] 肖大宝. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全管控分析[J]. 运输经理世界, 2023(03):149-151.
- [5] 曹荣臣. 试析道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控[J]. 市场周刊·理论版, 2020(80):1.
- [6] 刘俊成. 试析道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控[J]. 建材发展导向, 2019, 17(13):1.
- [7] 王祥真. 公路工程桥梁隧道施工安全评估监控技术研究[J]. 工程建设与设计, 2019(13): 110.
- [8] 纪海鹏. 浅议公路桥梁涵洞隧道工程施工技术应用[J]. 中国科技投资, 2019(23): 52-53.
- [9] 刘明龙. 公路桥梁涵洞隧道工程施工技术的应用浅析[J]. 工程技术:引文版, 2020(2): 179.
- [10] 陈兴奎. 公路工程桥梁隧道施工安全评估监控技术[J]. 运输经理世界, 2022(07):82-84.