

# 道路桥梁隧道工程建设中的开挖支护施工技术研究

蒋双江

深圳市粤通建设工程有限公司

**摘要:** 随着社会的进步,道路桥梁隧道等基础设施的建造也不断增加。在工程建设中,开挖支护技术占据重要位置,直接关系到工程的质量。因此,对于道路桥梁隧道工程中的开挖支护技术进行深入地探讨和分析显得尤为重要。在施工过程中,技术创新不断涌现,但也需要依据施工现场的具体环境,灵活运用适宜的支护方案,使工程质量得到保障。基于此,本文展开研究,对道路桥梁隧道工程建设中开挖支护施工技术的应用进行探讨。

**关键词:** 道路桥梁隧道工程; 开挖支护技术; 工程质量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.072

道路桥梁隧道工程建设过程中,面对诸多不确定因素,尤其是地质情况的复杂性。如果对地质的勘查不彻底,则很难预测潜在风险。特别是泥石流等地质灾害,增加了施工的风险。在施工的过程中还可能破坏现有地质结构,导致塌方等事故的发生。工程建设的各个步骤都紧密联系,后续环节会对前期环节覆盖,导致潜藏问题难以发现,进而影响整个工程的施工安全与进度。

## 一、道路桥梁隧道工程开挖支护施工的概述及作用

### (一) 道路桥梁隧道工程开挖支护施工概述

在道路桥梁隧道开挖施工开始前,必须由地质工程专家进行周密且科学的地质环境调查。这涉及对工程区域的土壤情况、地质特性、交通流量以及水文情况等各方面的深度评估。此外,施工团队还需深度考虑如何执行开挖作业,包括开挖方法、支护技术和维护周期等,以确保施工的顺利进行。确保施工区域,特别是岩石地质的稳定性,是施工过程中的首要任务。总之,在道路桥梁隧道工程中,开挖支护施工是指采取措施防止开挖边坡坍塌或变形,确保开挖安全和施工质量的施工过程<sup>[1]</sup>。

### (二) 道路桥梁隧道工程开挖支护施工的作用

在进行道路桥梁隧道的开挖支护作业时,支护结构发挥着支撑的作用,开挖支护技术主要职能是为施工提供支撑并确保安全。目前,开挖支护技术主要分为以下几种:第一,锚杆支护技术。通过使用锚杆来强化围岩,其核心技术在于锚杆的悬挂和固定作用,有效增强了岩石的稳定性。第二,混凝土喷射支护技术。该技术通过向岩土强度较弱的区域喷射混凝土,既提高了该处的坚固度,也增加了厚度,可显著提升隧道的整体稳定性。第三,钢架支撑。作为一种以钢材为基础的支持系统,它通常被用作临时防护措施,特别是在岩土结构薄弱需要防止变形的情况下,以确保施工进度不受影响。

第四,超前小导管施工技术。主要用于自稳时间短的软弱破碎带、浅埋段、洞口偏压段、砂层段、砂卵石段、断层破碎带等地段的预支护<sup>[2]</sup>。第五,钢筋网施工技术,将钢筋按照设计要求加工成网状结构,然后将其安装到混凝土结构中的施工方法,其主要作用是提高混凝土结构的整体性,节省材料,保证整体质量。

## 二、道路桥梁隧道工程开挖支护技术类型

### (一) 全断面开挖法

在进行道路桥梁隧道的施工时,全断面开挖技术的应用必须考虑到实际施工的具体情况,并做出合理的决策。在这个过程中,施工人员应该沿着道路桥梁隧道的方向规划开挖的断面,并遵循施工规程使用钻孔车等设备进行施工。首先,施工人员在施工区域进行钻孔和连线作业,通过一次性爆破形成所需结构;其次,根据施工需求和规定,安排设备到达隧道的指定开挖位置,这一步骤是循环的一部分,需不断重复执行;最后,建立基础支撑并进行隧道的二次衬砌是确保整体结构稳定的关键。施工时必须灵活运用全断面挖掘技术,并选择恰当的挖掘方式,无论是使用护板还是掘进机。一次性开挖整个断面,适用于地质条件良好、围岩稳定的隧道工程。地质条件稳定,无显著地下水影响。开工速度快,施工周期短,适合大规模施工。对地质条件要求较高,不适用于地质复杂或不稳定的区域<sup>[3]</sup>。

### (二) 部分开挖法

部分开挖技术,也称作超前开挖技术,是根据实际的道路、桥梁和隧道工程需求,对指定的施工段落提前进行挖掘。正确的开挖方法选择取决于施工计划、周围环境以及地质状况。例如:北京地铁新机场线在建设过程中,面临了城市地下管网复杂、地下水位高等挑战。工程采用了全断面开挖法和部分开挖法相结合的方式,通过精确的地质预报和实时监测,以及高效的支护措施,确保了隧道施工的顺利进行<sup>[4]</sup>。分阶段进行开挖,适用于地质条件复杂或需要控制地表沉降的工程。地质条件复杂,需要控制地表变形。施工灵活,能有效控制地表沉降,降低对周边环境的影响。施工周期较长,成本相对较高。

### (三) 长台阶法

长台阶开挖方法主要适用于具有独特地形的隧道工程,在面临1至3级的环岩条件时,采用此法进行挖掘作业。其显著特征是挖掘面积较为有限,而作业流水线作业较长,这在挖掘的同时起到了稳定开挖面的效果。在实施长台阶开挖时,作业长度通常不超过100米,并且要边挖掘边进行支护工作,确保挖掘区域得到有效地维护,以满足隧道施工的标准。鉴于长台阶法的特性,施

工时需做好疏水和排烟的准备工作。

#### (四) 短台阶法

短台阶开挖法适用于10—15m长的路桥隧道工程。运用短台阶技术时，首先用少量炸药进行轻微的爆破作业，爆破后待松散土石出现，随即安排人员及设备转移土石。在此过程中，必须根据台阶长度合理安排爆破时间。一般而言，台阶越长，爆破所需时间越多。此技术可有效缩短隧道支护闭合时间，提升围岩的稳定性和承压能力，防止岩体变形。但需注意，施工时上下台阶不能同时作业。

#### (五) 超短台阶法

在面对5-6级的道路桥梁隧道围岩时，采用超短台阶法是非常适宜的。这时候岩石的稳固性较差，如果采用其他开挖方法，容易发生频繁的塌方事件，这不仅危及工人的生命安全，也影响施工效率，并可能损坏工程设备。超短台阶法通过分段及时地进行开挖和支护处理，可以显著提高施工的稳定性和安全性。然而，在实施过程中，施工质量的好坏尤其是支护工程的质量，对工程的最终效果影响巨大。因此，施工团队必须严格遵守工艺流程，确保整体工程质量能够得到有效地提高<sup>[5]</sup>。

### 三、道路桥梁隧道工程开挖支护施工技术

#### (一) 混凝土喷射施工

在隧道工程施工的支护技术方面，混凝土喷射是一项关键技术。施工团队需要在隧道开挖完成后立即进行混凝土喷射，确保围岩封闭。具体的混凝土喷射施工流程如图1：

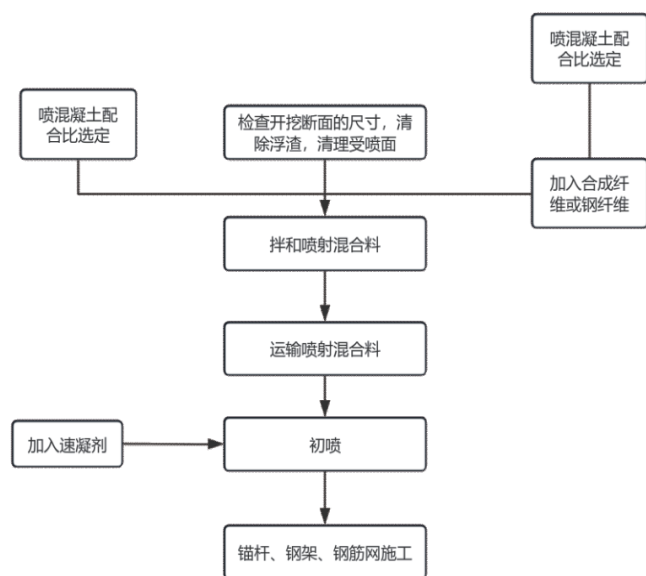


图1 混凝土喷射施工流程图

在喷射过程中，确保混凝土与岩面之间的紧密结合是至关重要的。但在实际施工中，超挖现象增加了混凝土喷射的难度和用量。一些施工单位为了节约材料，可能会采用如木板和石棉板等材料盖住超挖凹坑，并在其

上喷射混凝土层，这虽然减少了混凝土的使用量，但是这种做法容易在支护和岩层之间留下空隙，增加了工程的潜在安全风险。

#### (二) 锚杆施工

在确定锚杆的位置时，应依据围岩的等级、风化情况和岩层的具体情况来布置，以确保其位置的合理性。隧道工程中若涉及多个施工区段，区域间的水文地质条件的差异性会增加，可能会导致显著的差别。理论上，为了最大化锚杆的支撑功能，其布置的方向、间隔和长度都应与岩层面保持垂直。施工过程中，施工人员应充分利用锚杆形成的组合梁和拱结构的效果。在实际建设项目中，设计和施工常由不同的团队执行。设计师根据地质调查定案，施工团队则严格按图施工，缺乏现场地质条件下的设计灵活性。结果是支护锚杆的长度和间距往往不能实时调整以适应地质变化，导致锚杆数量过多或不足。这不但造成材料浪费和成本上升，还可能削弱锚杆的支撑作用，增加施工风险。

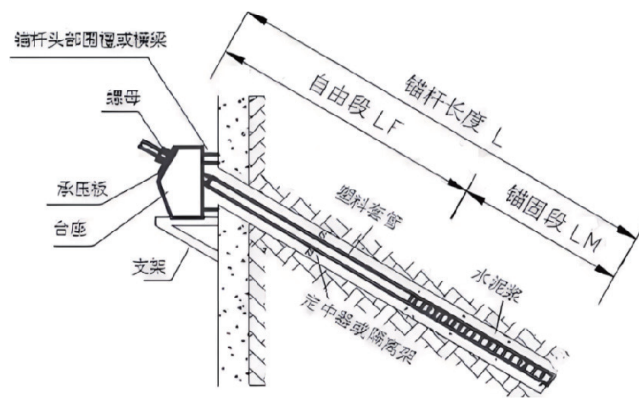


图2 锚杆施工技术图

#### (三) 钢筋网施工

钢筋网施工，在隧道工程中是一项至关重要的支护技术。是对已有支护措施的有效补充，特别是在那些岩石结构疏松，容易发生碎石坠落的情况下。通过在全断面铺设钢筋网，不仅提高了网挂作业的品质，而且确保了网挂的紧密度，从而显著增强了钢筋网的支撑作用，满足了隧道工程对稳固性的要求。钢筋网的应用对于防止隧道内壁出现不稳定的崩塌现象至关重要，对整个隧道支护结构的稳定性与安全性起到了不可或缺的作用<sup>[6]</sup>。

#### (四) 超前小导管施工

超前小导管技术通过钻入岩层并注入浆液的方式加固岩石，通过提高岩石的物理和力学性质，实现了止水和在开挖区域周边形成支撑壳体的目的。此外，该技术还通过充当纵向锚固来增强围岩的稳定性，减少其变形。上海长江隧道在建设时，施工团队面临了高水压、软土地基等技术难题。为了确保施工安全，工程采用了超前小导管技术和超短台阶法，通过预注浆和支护结构的加固，有效地提高了围岩的稳定性。

### （五）钢架施工

在钢架施工前，须先对框架进行预先制作和焊接工序，此举旨在确保框架的每个部分尺寸和弯曲度均符合设计要求。节点的联结是通过焊接钢板的末端来实现的。在钢结构的浇筑过程中，务必检验内部构件的准确尺寸，并保留必要的空间，避免对后续衬砌的空间产生影响。施工团队需用混凝土来填补岩石与钢构件间的空隙，以保障两者之间的紧密配合。同时，在整个建设过程中，控制围岩的形变也是至关重要的一环。钢结构通过沿其长度方向的连续钢筋进行连接，间隔不应超过1m，以形成一个整体的承载结构。

在常见的道路桥梁隧道建设中，挖孔法和明挖法是主要的技术。明挖法从地表开始，对将要建设的露天隧道进行挖掘和结构设计，完成后隧道会被覆土还原。而地下挖掘法则通过在不干扰地表土层的前提下进行挖掘，保持地面的完整。底部开挖法涵盖了包括盾构法、矿山法和掘进机法在内的多种技术，这些技术主要用于明挖法的巷道开挖。尽管这类方法相对简便，但可能会对环境造成负面影响，比如破坏植被，因而对于深埋隧道，露天挖掘并不适宜<sup>[7]</sup>。

## 四、道路桥梁隧道工程开挖支护的施工质量的控制措施

### （一）科学设计施工方案

工程项目质量与施工设计方案息息相关，尤其是在道路桥梁隧道工程领域。施工单位在策划这些工程的施工设计时，必须遵循施工标准和实际要求，设计出严密的施工方案。不仅包括杜绝可能导致安全隐患的施工方法，而且还涉及制定严格的施工操作流程，确保施工过程科学、有序进行。秦岭隧道作为中国重要的铁路隧道之一，在建设过程中采用了多种开挖支护技术。由于地质条件复杂，工程进行科学施工方案的设计，采用了长台阶法和短台阶法进行开挖，同时结合锚杆、钢筋网和钢架等支护措施，有效地控制了围岩的变形和塌方风险。

### （二）完善施工规章制度

建立健全的施工管理规章制度是管理道路桥梁隧道工程施工技术和保证工程质量的关键。鉴于施工过程的复杂性、所需机械设备的多样性以及潜在的高风险性，施工单位需对施工人员实施严格的管理，并对关键操作如爆破作业和重型机械使用实行精细化管理。施工人员管理可通过成立专业监督部门，对施工安全和工作效率施加严格监督，并依靠完备的规章制度进行奖惩，以及定期培训增强员工的安全意识和工作技能。至于机械设备和爆破作业，则要依据实际工程需求，制定严格的操作流程和规范，始终以安全为首要原则，确保各项作业严格按照标准和流程执行<sup>[8]</sup>。

## 五、结论与展望

### （一）研究总结

在进行路桥隧道工程时，确保挖掘与支护工作的质

量至关重要，这对于隧道工程的成功完成是必不可少的。在开挖支护的实施过程中，不仅需要精通挖掘的关键技术点，还要熟练掌握支护技术的重要环节。这样做可以确保开挖支护工作的有效性。在实际操作中，应依据土质条件的具体特点，挑选最恰当的开挖支护策略，以此来达到工程需求，进而提升整个工程的质量水平。

### （二）对未来发展的展望

在道路桥梁隧道工程建设中，开挖支护是一个关键环节，直接关系到工程的安全、进度以及成本。随着科技的发展，开挖支护施工技术也在不断进步和创新。随着信息技术的飞速发展，智能化在开挖支护施工中的应用将更加广泛。通过安装各种传感器和实施物联网技术，实时监控开挖面的稳定性和支护结构的应力状况，预测可能出现的风险，实现预警和动态调整支护方案，提高施工安全性和效率。通过BIM技术，能够在项目设计阶段就对支护结构进行三维可视化模拟，优化设计方案，提前预测和解决可能出现的施工问题。施工过程中，结合数字化管理平台，实现施工进度、资源配置和质量安全的精细化管理。总之，未来的开挖支护施工技术将是智能化、绿色化、模块化、数字化的综合体现，旨在实现施工安全、高效、环保和经济的目标。

### 结束语

综上所述，道路桥梁隧道建设对我国不发达和山区至关重要，对我国经济发展起到不可替代的作用。本文分析了道路桥梁隧道工程的开挖支护技术，旨在提升工程质量，并希望为开挖支护施工技术水平的提升提供参考。

### 参考文献

- [1]王昌金.道路桥梁隧道工程施工技术及安全管控分析[J].运输经理世界,2023,(36):116-118.
- [2]王辛堂,许庆斌.大断面隧道开挖及支护施工技术分析[J].交通节能与环保,2023,19(S1):76-80.
- [3]雷新,宋树全,褚志远等.临近地铁工程深基坑支护施工技术分析[J].工程建设与设计,2023,(16):185-187.
- [4]李明江.路桥隧道工程开挖支护的施工要点分析[J].运输经理世界,2023,(12):105-107.
- [5]殷晓伟.基于预应力技术的道路桥梁基坑支护施工稳定性研究[J].交通世界,2022,(36):136-138.
- [6]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.
- [7]李宝玺.路桥隧道工程开挖支护的施工技术[J].中国新技术新产品,2021,(21):105-107.
- [8]汪治强.道路、桥梁、隧道工程施工中的难点和技术对策[J].工程建设与设计,2021,(18):177-179.

作者简介：蒋双江（1993年4月）男，瑶族，湖南省永州市，本科，高级工程师，研究方向：路桥隧施工及养护技术、数字化管理、技术创新。