

地下工程支护结构选型对施工安全的影响研究

李 蒋

重庆千牛建设工程有限公司 重庆 400700

【摘 要】：公路隧洞、矿山井巷同属地下开挖作业范畴，岩体开挖后原始应力场被重新调整，围岩变形失稳是施工现场高发安全风险。支护体系承担约束围岩变形、隔绝垮塌风险的实际作用，支护类型的合理选取，深刻影响现场作业安全保障水平。基于此，本文将结合两类工程共同作业条件，探究支护选型和施工安全之间的内在联系，归纳选型判断依据，为地下作业安全管控提供现实借鉴。

【关键词】：地下工程；支护结构选型；施工安全；影响

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.093

引言

无论是公路隧道掘进还是矿山井下巷道开拓，地下施工工序都会打破岩体原始平衡状态。各类支护设施作为约束岩体变形、抵御地层压力、保障作业空间稳定的关键技术手段，其选型是否科学合理，直接决定施工现场安全防控的整体成效。因此，针对地下工程支护结构选型对施工安全的影响进行深入研究极为重要。

1 地下工程支护结构选型对施工安全的影响

1.1 匹配地层条件，根除结构失稳隐患

不同区域地下岩体的完整程度、地应力参数存在明显差异，浅埋公路隧洞与深部矿山巷道的围岩受力状态区别尤为突出。施工中结合现场地层实况，针对性搭配锚网索喷+钢支撑+砌碛（二次衬砌）+超前支护等防护方式，可有效限制岩体松动与位移。一旦支护类型与现场地质条件不匹配，防护结构承载能力无法适配岩体压力，极易出现巷道片帮、顶部塌落等险情，对现场人员、机械设备构成直接安全威胁。

1.2 优化支护选型，保障作业环境稳定

公路地下工程浅表施工易受地表荷载、周边土体扰动影响，矿山井下巷道则长期面临深部岩体应力持续释放的问题。科学合理的支护配置能够有效调和岩体应力分布，抑制围岩开裂、持续变形等问题，保障作业空间长期规整稳定。若仅凭施工经验随意选型，会造成支护结构受力失衡，引发构件开裂、形变、失效等问题，让施工现场长期存在持续性安全隐患。

1.3 精准适配方案，简化现场安全管控

贴合工程实况的支护设计方案，能够契合现场施工工序，助力施工人员标准化、规范化作业，大幅降低支护安装偏差、工序错乱等人为施工问题。同时，精准的选型设计可彻底规避支护冗余配置或防护不足的问题，避免过度支护挤占施工空间、影响设备操作，以及支护薄弱带来的动态安全隐患，有效

降低现场安全管理的难度与压力。

1.4 科学配置支护，阻断次生灾害链条

地下工程施工中常见的落石、透水、局部坍塌等次生灾害，多数源于支护结构与工况适配度不足、防护性能不达标。结合公路隧道浅埋特性、矿山巷道深埋高压的差异化特点定制支护方案，可全方位强化围岩防护体系，从源头阻断各类灾害的诱发条件，杜绝支护失效引发的连锁安全事故，为地下工程施工全过程筑牢安全屏障。

2 借助地下工程支护结构选型提升施工安全性的有效策略

2.1 贴合地质实况选型，匹配围岩承载需求

地层地质条件是支护方案设计与选型的核心先决条件，岩体完整程度、原位应力大小、裂隙发育密度及围岩破碎状态的不同，对应适配的支护工艺与结构参数存在显著区别，仅凭施工经验开展支护作业极易埋下安全隐患。对于岩体整体性良好、地层应力较低的稳定作业区段，可采用砂浆锚杆搭配薄层喷射混凝土的简易支护体系，借助锚杆的浅层锚固作用固结表层松散岩体，利用混凝土封闭层隔绝外界水汽与风化侵蚀，以轻量化支护方式满足基础施工安全标准。针对裂隙密集、岩体破碎的不稳定地层，单一柔性支护的承载与约束能力存在短板，需采用锚网索喷+钢支撑+二次衬砌+超前支护的复合支护结构，依托多层结构协同受力，分散岩体集中应力，有效抑制围岩松动脱落。面对深埋高地应力区域、断层破碎带等复杂不良地质，需在常规锚喷支护基础上增设可缩性支架，借助钢架高强度抗压特性抵消岩体挤压作用力，弥补柔性支护抗形变能力不足的缺陷，从源头杜绝围岩失稳引发的各类安全事故。

2.2 优化刚柔支护组合，完善整体防护体系

地下围岩的形变发展存在明显的阶段性特征，开挖初期以弹性微变形为主，施工中后期逐步转化为塑性变形，单一的刚

性或柔性支护模式均无法适配围岩全周期形变规律,打造刚柔互补的复合型支护体系,是提升施工现场安全冗余度的重要途径。柔性支护主要包含各类锚固构件、预应力锚索及薄层喷砼结构,能够适配围岩开挖初期的微小弹性形变,有序疏导地层内部积聚的应力,避免支护结构因应力集中出现开裂、破损等问题。刚性支护以型钢拱架、现浇二次衬砌为核心,具备结构刚度大、极限承载力高的优势,可有效约束围岩中后期的大幅位移与塑性形变。现场施工需遵循先释压、后固结的核心原则,开挖断面成型后第一时间施作锚喷柔性支护,快速封闭裸露岩壁,遏制初期形变快速发展。待围岩应力释放趋于平稳后,结合现场岩体实际状态增设可缩性支架,强化整体支护强度,锁定围岩稳定状态。这种差异化组合选型模式,兼顾了地层应力释放与作业空间稳定,弥补了单一支护结构的性能缺陷,可有效降低支护结构失效导致的安全隐患。

2.3 区分工程工况差异,定制场景化支护方案

公路地下隧洞与矿山井下巷道的作业环境、受力条件、外部干扰因素差异较大,标准化、统一化的支护模式无法适配两类工程的个性化安全需求,需结合场景工况特征定制专属支护选型方案,精准化解不同场景的施工风险。公路隧道多属于浅埋地下结构,施工过程易受地表覆土沉降、地面荷载、雨水入渗等外部因素干扰,围岩表层风化、渗水掉块、局部塌落风险偏高,支护选型需重点强化围岩封闭与抗扰动能力,通过加密锚喷支护布设密度、优化喷砼浇筑密实度、调整锚杆布设间距,并对薄弱区段增设钢架补强的方式,封堵岩体裂隙渗水通道,避免水体软化围岩引发的结构失稳问题。矿山巷道普遍埋深较大,长期处于高地应力、岩体持续蠕变、潮湿腐蚀的特殊环境,围岩长效变形、支护结构老化破损问题突出,选型时优先选用

高强度树脂锚杆、深层预应力锚索搭配重型钢架的组合支护工艺,通过深部锚固技术稳固深层完整岩体,依靠刚性支护抵御长期地层蠕变压力,同时选用耐腐蚀支护主材,延缓结构腐蚀老化,保障井下长期作业环境的安全稳定。

2.4 依托动态监测调整,实现支护选型动态优化

地下工程围岩的应力状态与形变特征始终处于动态变化过程,固定不变的支护参数难以适配全施工周期的工况变化,依托现场实时监测数据动态调整支护选型与参数,是实现长效安全管控、预判规避突发险情的关键手段。施工全过程需同步开展围岩收敛变形、支护结构应力、岩体位移变化等常态化监测工作,实时捕捉岩体形变速率、支护受力变化等核心数据,精准判定现有支护体系与现场工况的适配性。当监测数据平稳、围岩形变趋于稳定时,可保持现有锚喷、钢架支护参数不变,保障施工高效有序推进。若监测数据出现异常,围岩形变速率骤增、支护应力超出安全阈值,需及时优化支护体系,通过加密锚杆锚索布设点位、加厚喷砼防护面层、增补辅助钢架支撑等方式,强化薄弱区段的防护等级。针对施工后期岩体蠕变引发的缓慢形变问题,可增设预应力锚索实施二次加固,有效约束后期围岩位移。这种监测研判、动态优化的选型模式,可及时补齐支护体系防护短板,实现地下工程施工全过程的动态安全管控。

总而言之,地下工程支护方案的取舍,深刻关系到施工现场风险的实际管控成效。不顾围岩特质与周边环境直接套用现成方案,很容易引发结构变形乃至失稳事故。未来实际施工,还需结合现场地质、外部限制条件综合权衡,将安全研判落实到方案确定的各个环节,从而有效规避各类施工险情,为同类地下项目的风险防控提供现实参考。

参考文献:

- [1] 丁海.地铁车站基坑开挖支护选型研究[J].工程技术研究,2026,11(14):205-207.
- [2] 时欢.复杂地质条件下住宅深基坑支护结构选型与稳定性分析[J].中国建筑装饰装修,2026,(13):176-178.
- [3] 王小彦.房建深基坑支护结构选型与施工技术研究[J].中国建筑装饰装修,2026,(11):144-146.
- [4] 李贵荣.矿山井巷工程监理中的支护质量控制[J].低碳世界,2026,16(6):120-122.
- [5] 郭晓凯.超前支护技术在公路工程顺层路堑边坡中的应用[J].交通世界,2026,(11):43-45.