

隧道通风竖井施工对围岩扰动影响及支护优化

代冲冲

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：隧道通风竖井施工过程中，围岩扰动问题对施工安全构成了严重挑战。针对这一问题，本文探讨了竖井施工对围岩的扰动影响及支护优化设计的有效性。通过数值模拟与现场实验分析，提出了适用于不同地质条件的支护优化方案。研究表明，合理设计支护结构能显著减少围岩扰动，降低施工过程中围岩变形和坍塌的风险。优化的支护措施不仅提高了隧道施工的安全性，还能有效提升施工效率，为类似工程提供了实践指导和理论支持。

【关键词】：隧道施工；通风竖井；围岩扰动；支护优化；数值模拟

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.004

引言

隧道施工的安全性与稳定性一直是地下工程中需要重点关注的问题。在隧道的开挖过程中，特别是在通风竖井施工时，围岩的扰动对隧道的影响不可忽视。围岩扰动可能导致地质灾害、塌方等安全事故，给施工带来极大的风险。因此，如何减小竖井施工过程中对围岩的扰动，提升隧道的稳定性，成为了隧道施工设计中的重要课题。支护优化是提高隧道施工安全的有效途径之一，通过合理的支护结构设计，可以显著降低围岩的扰动，确保施工过程中的围岩稳定和人员安全。

1 竖井施工对围岩扰动的影响机制

竖井施工过程中的围岩扰动主要来源于开挖过程中的机械作用、振动和应力释放。由于竖井的开挖通常穿越复杂的地质层，围岩的物理力学特性在施工过程中会发生变化，导致岩体的稳定性降低。尤其是岩层中存在弱面、断层或裂隙时，竖井的施工更容易引发围岩的显著变形。当施工工具切割岩石时，产生的应力集中区域可能会使围岩局部破裂，进一步加剧岩体的扰动。在竖井开挖过程中，随着深度的增加，围岩的受力状况不断发生变化，地层的变形逐渐向周围扩展，特别是在竖井底部和侧壁，可能会出现局部应力集中的现象。土压力、岩石自重以及地下水的作用共同影响着围岩的稳定性。竖井施工产生的扰动不仅限于开挖区域本身，影响范围会随着地层的渗透和应力扩散效应进一步扩大，导致周围岩体的裂缝扩展或岩体的局部坍塌。

竖井施工过程中的爆破作业也是围岩扰动的重要来源之一^[1]。爆破作业能够引起震动波的传播，增加围岩中已有裂缝的扩展速度，并且震动波通过岩体时还可能引发远距离的二次破坏。在深层地下隧道施工

中，竖井开挖对地下水的影响也不可忽视，水流的变化可能导致围岩的湿润性和脆性增强，进而加剧围岩的破坏。不同地质条件下，围岩的扰动效应有所不同。软弱地层和复杂的断层带会增加施工过程中围岩变形的幅度，导致更加明显的扰动。相反，在坚硬的岩石层中，扰动的的影响可能较小，但依然会受到施工过程中应力释放和岩石变形的影响。因此，了解竖井施工中围岩扰动的具体机理，是制定有效支护设计和施工方案的基础。

2 支护结构优化设计与数值模拟分析

支护结构的优化设计是确保隧道施工安全的关键之一，尤其在竖井施工中，优化支护设计对减小围岩扰动、保障施工进度和安全具有重要意义。在竖井施工中，支护结构不仅要承受来自围岩的外部压力，还需要应对施工过程中因机械破碎、爆破作业等带来的动态荷载。针对不同的围岩条件，支护结构需要具有较强的适应性和可调性。通过对支护设计进行优化，可以有效减小围岩扰动的范围和强度，确保竖井开挖区域的稳定性。

在支护结构的优化设计过程中，选择合适的支护材料和结构形式至关重要。在软弱围岩或复杂地质条件下，采用多层支护系统，例如钢筋混凝土框架或喷射混凝土支护，能够增强支护的整体稳定性。支护系统的构造需要考虑到围岩的变形特性和地质条件的差异，合理调整支护的厚度、强度和刚度，以适应施工过程中的应力变化。在施工过程中，支护结构的预应力设计也是优化支护方案的一个重要环节，预应力的合理配置能有效缓解围岩的变形和压力集中，减小支护结构和围岩之间的摩擦力，进而提高支护结构的稳定性和可靠性。

数值模拟作为支护优化设计中的重要工具，能够

帮助工程师准确评估不同支护方案的效果^[2]。通过建立三维数值模型,模拟竖井施工过程中的围岩响应及支护结构的受力状态,可以在实际施工前预测围岩的变形、应力分布以及支护结构的承载能力。在数值模拟分析中,常采用有限元法(FEM)对施工过程中的地质扰动、支护结构应力和变形进行细致分析。通过数值模拟,能够直观地呈现出不同支护设计方案在面对不同围岩条件下的表现,帮助工程师优化设计方案,从而避免出现施工过程中的意外问题。

不同的地质环境对支护结构的要求也有所不同。在较为坚硬的岩层中,支护结构可能更侧重于承受地层压力,设计上可以适当简化。但在复杂地质条件下,尤其是软弱地层和断裂带区域,支护系统需要具备更高的抗变形能力。数值模拟能够提供围岩与支护结构之间的相互作用数据,帮助设计团队评估支护结构的适应性与稳定性,并及时调整设计参数,减少施工中可能遇到的风险。通过数值模拟和优化设计,不仅可以为隧道施工提供更加精确的支护方案,还能有效降低施工过程中的成本,提高施工效率。在支护结构优化设计的过程中,合理的技术方案能够显著提高隧道的施工安全性和稳定性,尤其在竖井施工过程中,支护优化设计为围岩扰动控制提供了重要的理论依据和实践支持。

3 支护优化对围岩扰动控制的实际效果

支护优化在控制围岩扰动中的实际效果尤为显著,尤其在隧道和竖井施工中,围岩的扰动直接关系到施工的安全性与稳定性。通过合理设计和施工支护系统,可以有效减少开挖过程中产生的围岩应力集中,降低地层的变形幅度,进而控制施工过程中围岩的扰动效应。支护优化措施不仅提高了施工过程中的安全性,还提高了施工的效率,减少了由于围岩失稳导致的停工和成本增加。支护结构优化能够通过合理配置支护材料和加固方案,减轻竖井开挖对周围岩层的负

面影响。实际施工中,通过采用高强度、高刚度的支护材料,结合合理的支护结构设计,能够有效控制围岩变形,避免因围岩变形引发的次生灾害。在软弱围岩区域,通过增设外部钢支撑和内衬层的支护措施,可以有效承受外部岩土压力,减缓围岩变形速度,从而降低开挖过程中岩体破裂和塌方的风险。在此过程中,支护系统与围岩的相互作用被显著改善,支护结构不仅能有效分担应力,还能在围岩受力不均时通过调整支护强度和刚度来平衡应力分布,避免围岩局部的破坏。

支护优化还通过加强围岩的稳定性,减少了开挖过程中的位移和沉降^[3]。通过对支护系统的预应力加固,能够在围岩受到扰动时,及时调整支护结构与围岩之间的应力差异,进一步减缓围岩的变形。数值模拟和现场试验表明,采用优化的支护设计能够有效降低围岩的动态响应,使围岩在施工过程中保持较为稳定的状态,从而避免围岩的过度变形和破坏。在实际应用中,支护优化方案根据地质条件的不同,采取了不同的设计策略。对于断裂带、软弱层等特殊地质条件,支护结构通过更为复杂的多层支护系统以及适当的超前支护措施,确保围岩在施工过程中不会出现大范围的变形和破坏。通过支护优化设计,施工团队能够根据围岩扰动的实际情况进行动态调整,确保施工过程中围岩扰动对隧道或竖井开挖的影响降至最低,从而有效保障隧道施工的安全性和施工进度。

4 结语

支护优化设计在隧道通风竖井施工中具有重要的实际意义。优化的支护结构不仅能够有效控制围岩扰动,还能提高施工的安全性和稳定性。通过合理的支护设计,结合实际地质条件,可以最大限度地减少施工过程中围岩的变形和破坏,确保隧道施工的顺利进行,并为后续的工程提供有力保障。

参考文献:

- [1] 蔡丁锡.隧道通风竖井地下风机房及联络通道施工工艺探讨分析[J].福建建设科技,2025(1):71-73.
- [2] 陈林万,靳俊奇,张睿,丁远灏,王斌,陈有聪.子母岩隧道深大通风竖井施工井架受力分析及安全评估[J].交通节能与环保,2025,21(5):258-261.
- [3] 曹向东.特长隧道廊道式联合施工竖井排风节能通风优化[J].建筑技术,2023,54(7):789-791.