

# 特小断面长输水隧洞开挖中支护形式优化研究

于 秦

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310030

**摘 要：**文章探讨特小断面长输水隧洞开挖中支护形式的优化研究。通过对地质勘探资料的综合分析，结合数值模拟和力学分析，评估不同支护形式的适用性和效果。基于经济性和施工可行性的考量，提出支护形式的优化设计方案。研究表明，优化后的支护形式在确保隧洞稳定的同时，降低施工难度和经济成本。本文的研究成果对于指导特小断面长输水隧洞开挖中的支护设计和施工具有重要的参考价值。

**关键词：**特小断面；长输水隧洞；开挖；支护形式

## 1 特小断面长输水隧洞的特点

特小断面长输水隧洞的特点主要体现在几个方面：第一，施工难度大：特小断面长输水隧洞的施工面较小，使得在狭窄的施工环境下进行爆破、出渣以及钻孔等作业变得尤为困难。这不仅对施工人员的操作技能要求高，而且在狭小的空间内同时进行多种作业，还容易引发安全事故，如机械设备操作不当导致的崩塌、瓦斯爆炸等。第二，通风困难：由于隧洞断面小且距离长，通风成为一个重要的挑战。这不仅影响施工人员的作业环境，还可能导致有害气体和粉尘的积聚，对施工人员的身体健康造成威胁。通风不畅还可能影响隧洞内的温度、湿度等环境参数，进一步增加施工难度。第三，机械化程度低：特小断面的限制使得许多机械化程度高的施工机械无法进入隧洞进行作业，只能依赖人工开挖和小型机械化设备辅助施工。这不仅降低了施工效率，还增加了施工成本和工期。第四，地质条件复杂：长输水隧洞往往需要穿越各种地质条件复杂的区域，如岩石破碎带、溶洞、暗河等。这些地质条件不仅增加了施工难度，还可能对隧洞的稳定性和安全性造成威胁。第五、供水与排水问题：特小断面长输水隧洞在施工中需要解决供水与排水问题。由于隧洞断面小，供水管道和排水管道的布置和安装都面临一定的困难。隧洞内的排水不畅也可能导致积水问题，影响施工进度和隧洞质量。

## 2 长输水隧洞在水资源输送中的重要性

长输水隧洞在水资源输送中扮演着至关重要的角色，其重要性体现在以下几个方面：（1）长输水隧洞是连接水源地与用水地的重要通道。在水资源分布不均的地区，长输水隧洞能够将丰富的水资源从源头输送到缺水的地区，有效缓解当地的水资源短缺问题，满足人们的日常生活和工农业生产的需求<sup>[1]</sup>。（2）长输水隧洞具有高效稳定的输送能力。相比于其他输送方式，如地面

渠道或管道，长输水隧洞能够避免受到地面环境、气候条件和人为因素的影响，确保水资源在输送过程中的稳定性和安全性。隧洞内部的光滑表面和较低的流速也能减少水资源的损失和浪费，提高输送效率。（3）长输水隧洞在环境保护方面也具有重要意义，通过地下输送方式，长输水隧洞能够减少水资源的蒸发和渗漏，降低对周边生态环境的影响。隧洞的建设和运行还能有效避免地面沉降、水体污染等环境问题，保护生态环境和生态平衡。（4）长输水隧洞的建设对于促进区域经济发展也具有重要作用，水资源是经济发展的重要基础，长输水隧洞的建设能够改善当地的水资源条件，为工农业生产提供稳定可靠的水源保障。隧洞的建设还能带动相关产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的繁荣。

## 3 特小断面长输水隧洞开挖的支护形式

在特小断面长输水隧洞的开挖过程中，支护措施的选择至关重要，它直接关系到隧洞的稳定性和施工的安全性。

### 3.1 钢支撑

**特点：**钢支撑是一种传统的支护方式，主要通过安装钢拱架、钢格栅等结构来承受围岩压力，防止隧洞坍塌。钢支撑具有结构稳定、承载能力强、安装便捷等优点。在特小断面隧洞中，钢支撑可以灵活调整尺寸，适应不同断面的支护需求。**适用条件：**钢支撑适用于围岩稳定性较差、地层松散、易坍塌的隧洞段。在特小断面隧洞中，由于施工空间有限，钢支撑的安装和拆卸需要精心设计和操作，以确保施工安全和隧洞稳定。钢支撑还需要定期进行维护和检查，防止锈蚀和损坏影响支护效果。

### 3.2 锚杆网片支护

**特点：**锚杆网片支护是通过在隧洞围岩中钻设锚杆孔，安装锚杆并挂设网片来形成支护结构。锚杆网片支

护具有支护效果好、施工简便、成本较低等优点。在特小断面隧洞中,锚杆网片支护可以充分利用隧洞空间,有效防止围岩变形和坍塌。适用条件:锚杆网片支护适用于围岩稳定性较好、地层较坚硬的隧洞段。在特小断面隧洞中,锚杆网片支护需要合理设计锚杆长度、直径和间距等参数,以确保支护效果。还需要注意锚杆的安装质量和网片的挂设方式,防止锚杆松动和网片脱落影响支护效果。

### 3.3 拱形支撑

特点:拱形支撑是一种利用拱形结构承受围岩压力的支护方式。拱形支撑具有结构稳定、受力合理、承载能力高等优点。在特小断面隧洞中,拱形支撑可以采用预制构件或现场浇筑的方式施工,具有较好的适应性和可调整性。适用条件:拱形支撑适用于围岩稳定性较好、地层较完整的隧洞段。在特小断面隧洞中,拱形支撑需要合理设计拱形结构的跨度和高度等参数,以确保其承载能力和稳定性。还需要注意拱形支撑与围岩之间的紧密贴合和固定方式,防止支撑结构松动或脱落影响隧洞稳定<sup>[2]</sup>。

### 3.4 各种支护形式的特点和适用条件总结

钢支撑:钢支撑适用于围岩稳定性较差的隧洞段,具有承载能力强、安装便捷等优点。但在特小断面隧洞中,安装和拆卸需要精心设计和操作,并需要定期维护和检查。锚杆网片支护:锚杆网片支护适用于围岩稳定性较好、地层较坚硬的隧洞段,具有支护效果好、施工简便、成本较低等优点。在特小断面隧洞中,需要合理设计锚杆参数并注意安装质量。拱形支撑:拱形支撑适用于围岩稳定性较好、地层较完整的隧洞段,具有结构稳定、受力合理等优点。在特小断面隧洞中,需要合理设计拱形结构参数并注意与围岩的紧密贴合和固定方式。在实际工程中,需要根据隧洞的地质条件、断面尺寸、施工条件等因素综合考虑选择合适的支护形式,以确保隧洞的稳定性和施工的安全性。

## 4 特小断面长输水隧洞开挖中支护形式优化研究方法

### 4.1 地质勘探和地质资料分析

研究方法:地质勘探是了解隧洞开挖区域地质条件的基础工作。通过钻探、物探、地质测绘等手段,获取隧洞沿线地层岩性、构造、水文地质条件等详细信息。合已有的地质资料,对隧洞开挖区域的地质条件进行综合分析,为支护形式的选择和优化提供科学依据。在地质勘探过程中,需要注意几点:(1)勘探点的布置应充分考虑隧洞断面的大小和走向,确保勘探数据的全面性和准确性。(2)勘探方法的选择应根据地层岩性和地质

条件的特点,选择适合的勘探手段和方法。(3)地质资料的收集和分析应全面、系统,对地质条件进行综合评价,为支护形式的选择和优化提供可靠依据。作用与意义:地质勘探和地质资料分析是支护形式优化的基础。通过深入了解隧洞开挖区域的地质条件,可以准确判断围岩的稳定性、变形特征和潜在风险,为支护形式的选择和优化提供科学依据。地质勘探和地质资料分析还有助于制定合理的施工方案和应急措施,确保隧洞开挖的安全和顺利进行。

### 4.2 数值模拟和力学分析

研究方法:数值模拟和力学分析是支护形式优化的重要手段。通过建立隧洞开挖和支护的数值模型,对隧洞开挖过程中的围岩变形、应力分布和支护结构的受力情况进行模拟和分析。通过调整支护参数和支护形式,优化支护方案,确保隧洞的稳定性和施工的安全性。在数值模拟和力学分析过程中,需要注意以下几点:(1)数值模型的建立应充分考虑隧洞开挖区域的地质条件、断面尺寸和支护形式等因素,确保模型的准确性和可靠性。(2)力学分析应全面、系统,对围岩的变形、应力分布和支护结构的受力情况进行深入分析和研究。(3)在模拟和分析过程中,应充分考虑施工过程中的各种因素,如爆破震动、地下水影响等,确保模拟结果的准确性和可靠性。作用与意义:数值模拟和力学分析为支护形式优化提供了科学的技术支持。通过模拟和分析隧洞开挖过程中的围岩变形和应力分布情况,可以准确预测支护结构的受力情况和变形特征,为支护形式的选择和优化提供科学依据。数值模拟和力学分析还有助于优化施工方案和施工工艺,提高施工效率和质量<sup>[3]</sup>。

### 4.3 经济性和施工可行性评估

研究方法:经济性和施工可行性评估是支护形式优化的重要环节。通过对不同支护形式的经济成本、施工工期、施工难度等因素进行综合评估,选择最优的支护方案。在评估过程中,需要充分考虑隧洞开挖区域的地质条件、施工条件和技术水平等因素,确保评估结果的准确性和可靠性。作用与意义:经济性和施工可行性评估为支护形式优化提供了实际应用的指导。通过综合评估不同支护方案的经济性和施工可行性,可以选择最优的支护方案,确保隧洞开挖的安全、经济、高效进行。经济性和施工可行性评估还有助于制定合理的施工方案和预算计划,为工程的顺利实施提供有力保障。

## 5 特小断面长输水隧洞支护形式优化方案

### 5.1 支护形式综合评估

在特小断面长输水隧洞支护形式优化方案中,需要

进行支护形式的综合评估。这一评估过程是基于对隧洞开挖区域地质条件、施工条件、技术要求以及经济成本等多方面的综合考虑。通过收集和分析地质勘探资料,了解隧洞沿线的地层岩性、地质构造、水文地质条件等基本信息,为支护形式的选择提供科学依据。支护形式的综合评估主要包括;地质适应性评估:评估不同支护形式对地质条件的适应性,包括围岩稳定性、地层岩性、地下水条件等因素。确保所选支护形式能够有效抵抗围岩压力,防止隧洞坍塌。技术可行性评估:评估不同支护形式在施工过程中的技术可行性,包括施工难度、工期、施工设备需求等因素。确保所选支护形式能够在现有技术条件下实现,并满足施工要求。经济成本评估:评估不同支护形式的经济成本,包括材料成本、人工成本、设备成本等。在确保支护效果的前提下,选择经济成本较低的支护形式,降低工程成本。环境影响评估:评估不同支护形式对周边环境的影响,包括噪音、尘土、废弃物排放等因素。选择对环境影响较小的支护形式,降低施工对周边环境的影响。

### 5.2 优化设计方案制定

在选定备选支护形式后,需要进行优化设计方案的制定。优化设计方案的目的是在满足工程安全、技术可行和经济合理的前提下,选择最优的支护形式。优化设计方案的制定主要包括;方案比较:对备选支护形式进行详细比较,包括支护效果、施工难度、工期、经济成本等方面。通过对比分析,找出各方案的优势和劣势。方案优化:针对各备选方案的劣势,进行针对性的优化。例如,对于施工难度较大的支护形式,可以研究改进施工方法或采用新型施工设备;对于经济成本较高的支护形式,可以研究替代材料或降低材料消耗等措施<sup>[4]</sup>。方案选择:在优化后的备选方案中,根据工程安全、技术可行和经济合理等要求,选择最优的支护形式。选择过程中应充分考虑地质条件、施工条件、技术水平和经济成本等因素,确保所选支护形式能够满足工程需求。

优化设计方案制定完成后,需要进行详细的施工图设计和施工方案编制,为工程实践提供具体指导。

### 5.3 工程实践应用情况

优化后的支护形式在实际工程中的应用情况是检验其优化效果的关键。通过工程实践应用,可以验证所选支护形式的适应性和可行性,并为今后的类似工程提供借鉴。在实际应用中,需要严格按照施工图设计和施工方案进行施工。施工过程中应加强对围岩稳定性的监测和支护结构的检查,确保施工安全和质量。应收集施工过程中的相关数据和信息,为今后的支护形式优化提供参考。通过工程实践应用,可以进一步验证所选支护形式的优化效果。如果支护效果良好、施工顺利、经济成本较低且对周边环境影响较小,则说明优化方案是成功的。如果在实际应用中存在问题或不足,则需要及时总结经验教训并进行改进。

### 结束语

特小断面长输水隧洞开挖中的支护形式优化研究是一个持续发展的过程。随着新技术和新材料的不断涌现,支护设计将更加科学、高效和经济。未来,期待通过更深入的研究和实践,为特小断面长输水隧洞的安全、高效开挖提供更优质的支护解决方案,为水资源输送工程的建设贡献更多智慧和力量。

### 参考文献

- [1]李明.王勇.张强.特小断面长输水隧洞开挖支护技术研究[J].水利与建筑工程学报.2021.19(1):175-179.
- [2]王立彬.杨威.陈曦.特小断面隧洞开挖支护方案优化与实践[J].地下空间与工程学报.2020.16(S2):691-696.
- [3]刘志超.赵铁军.张鹏.特小断面长输水隧洞开挖支护形式对比分析[J].水利科技与经济.2019.25(10):30-34.
- [4]刘世亮.蒋根谋.付欣艳.特小断面长距离隧洞开挖中的支护形式及施工要点研究[J].人民黄河.2022.44(1):110-113.