

# 断层超前管棚支护的施工方法与优化

郝胜

中铁十五局集体第四工程有限公司

**摘要：**本文研究了断层超前管棚支护的施工方法与优化方案，对断层超前管棚支护进行了概述，介绍了其在工程中的重要性和应用领域，详细探讨了主要的施工方法，包括明挖法、全段面法、台阶法和三台阶临时仰拱法。在施工方法的基础上，提出了主要的支护优化方案，包括管棚施工、超前小导管施工、质量控制与管理以及环境保护与可持续性考虑。这些优化方案旨在提高支护工程的效率和安全性，确保工程顺利进行。

**关键词：**断层超前管棚支护；施工方法；支护优化；管棚施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.029

**引言：**断层超前管棚支护在地下工程中起着关键作用，能够有效稳定断层带，确保工程的顺利进行。为了提高支护工程的效率和安全性，需要采用科学的施工方法和优化方案。本文将详细探讨断层超前管棚支护的主要施工方法和支护优化方案，为相关工程提供参考和指导。

## 一、项目工程概况

新建某铁路站前Ⅷ标峰高岭隧道是一项重要的铁路工程，全长9087米，位于安徽省黄山歙县至绩溪县平银附近。该隧道设计为双线客运专线，具有高度现代化的技术标准。铁路正线采用电力牵引，机车类型为动车组，设计行车速度达到250公里/小时，确保了高效、快速的列车运行。工程涉及的隧道类型包括三线隧道（DK218+325~DK218+561）和双线隧道（DK218+561~DK227+412）。其中，隧道最大埋深达380米，对不同级别的围岩采用了相应的施工方法，包括全断面法、台阶法、三台阶法等。在地质方面，隧址地段岩层稳定，未发现泥石流、滑坡等地质灾害，为施工提供了相对较好的条件。同时，交通便利，隧道进出口均有乡村公路及县道，方便了物资和人员的运输。整个工程采用了现代化的列车运行控制方案，实施自动控制，并通过调度集中的方式进行运输调度指挥。这将有助于提高运输效率，确保铁路运行的安全和可靠性。总体而言，新建杭黄铁路站前Ⅷ标峰高岭隧道是一项具有先进技术和高标准的铁路工程，将为当地和远距离旅客提供更便捷、快速的交通服务。

## 二、断层超前管棚支护概述

断层超前管棚支护是地下工程中一项重要的支护技术，主要应用于断层带的稳定与治理。断层带是地质构造

中的脆弱区域，其存在常常给地下工程带来不确定因素，因此需要采取有效的支护手段，确保工程的安全进行。断层超前管棚支护的概念涵盖了两个方面，一方面强调了在地下工程施工过程中，及时采取措施对断层带进行治理的重要性。另一方面通过引入管棚结构使得支护系统在超前作业中得以实现。这种支护方式的特殊之处在于它在地下工程施工前先对断层带进行治理为后续的施工提供了可靠的基础。断层超前管棚支护的应用领域广泛，包括隧道、地铁、水利工程等地下工程，在这些工程中，断层带的存在可能导致地层不稳定、岩体崩塌等问题，因此及时而有效的支护显得尤为关键。超前管棚支护通过提前对断层带进行治理，有效降低了工程施工过程中的风险，提高了工程的安全性和可靠性。

## 三、主要施工方法

### 1、明挖法

明挖法是断层超前管棚支护中常用的一种施工方法，主要适用于隧道明洞及洞门的开挖。这种方法通过直接对地层进行开挖和支护，使得隧道工程在地质条件复杂的断层带中能够安全、高效地进行。在明挖法中需要对隧道的明洞或洞门位置进行准确定位，根据设计要求和地质勘察结果确定开挖的位置和尺寸。接下来采用机械设备如挖掘机等，对地层进行逐层的挖掘。在挖掘的同时，需要对挖掘面进行及时的支护以防止地层坍塌和岩体滑坡。在支护方面明挖法通常采用刚性支护和软土支护相结合的方式。刚性支护包括喷锚、锚杆、钢架等，用于稳定断层带周边的岩体。软土支护则采用注浆、喷浆等方式，对地层进行固结，提高其稳定性。这种组合支护的方式能够更好地适应不同地质条件下的挖掘需求。

明挖法的优势在于其施工过程相对直观容易掌握和操作。同时对于明洞和洞门的开挖，这种方法更为适用。然而也存在一些挑战，如在断层带中的施工可能面临较高的地质风险需要谨慎设计和施工。在采用明挖法的同时，还需要注意对挖掘现场的环境保护和安全管理。对废弃物的处理、作业现场的通风与照明等方面都需要符合相关的规范，确保施工过程中不对周边环境造成不良影响并保障工人的安全。

### 2、全段面法

全段面法特别适用于隧道Ⅱ围岩的开挖，这一方法的核心理念在于一次性对整个断层带进行处理以确保隧

道工程在复杂的围岩条件下能够安全、高效地进行。在采用全段面法进行隧道开挖时需要进行细致的地质勘察和工程设计，以全面了解断层带的地质特征和周围围岩的情况，为确定合理的开挖和支护方案奠定了基础。与其他施工方法不同全段面法的独特之处在于它一次性地处理整个断层带，而非逐层逐段进行。施工过程中的开挖前准备工作，需要确定隧道的开挖尺寸和位置，清理施工现场确保施工区域的安全和整洁。随后采用机械设备对整个断层带进行一次性的整体开挖，要求施工人员具备高超的技术水平以确保开挖的准确性和安全性。

在整体开挖的同时实施全面的支护工作是全段面法中的关键步骤，支护手段涵盖刚性支护，如锚杆、喷锚以及软土支护，如注浆、喷浆等目的在于保障断层带的稳定性，有效防止岩体的崩塌。时监测地质条件、支护结构的情况等，及时调整施工方案，以确保工程的顺利进行。同时环境保护与安全管理也是不可忽视的方面，包括对废弃物的合理处理、通风与照明的规范等，以确保施工的环保和安全。

### 3、台阶法

台阶法作为一种适用于铁路客运单线、双线隧道 III~IV 级围岩地段，以及在采用了有效的预加固措施后可用于 V 级围岩隧道的施工方法，施工测量通过精确的测量获取隧道的地质数据和围岩情况，为后续的施工提供准确的信息。在确定了施工的位置和尺寸后，就可以进行多功能台架的就位，多功能台架是用于支持和操控钻孔设备的工具，能够提供精确的定位和控制，钻孔阶段通过合理的布置和设备操作对隧道进行钻孔，目的是为了准备后续的装药工作。装药是将爆炸物质填入钻孔中，以实现爆破的目的。在进行这一步骤时，需要确保安全规范和操作规程，以防止事故发生。

起爆是爆破过程中的关键步骤需要严格控制爆炸的时机和力度，以确保隧道的稳定性。同时，通风工作也是至关重要的，通过通风设备确保施工现场的空气流通防止有害气体积聚。出碴阶段是清理爆破后产生的碴石保持施工现场的整洁。最后支护工作是确保隧道结构稳定的关键环节，采用刚性支护和软土支护等手段对隧道进行有效的支护，以防止地层坍塌和岩体滑坡。在 V 级围岩隧道采用台阶法施工时预加固措施是前提条件，可能包括在施工前进行地层加固，提高围岩的稳定性从而保障隧道的施工安全。

## 四、主要支护优化方案

### 1、管棚施工

管棚施工方法采用导管进行支护，导管规格包括外径 89mm、108mm 等，壁厚满足设计要求。管棚施工的关键参数包括管距、倾角、注浆材料、设置范围和长度。管距是指导管之间的环向间距一般设定为 40cm，这样的

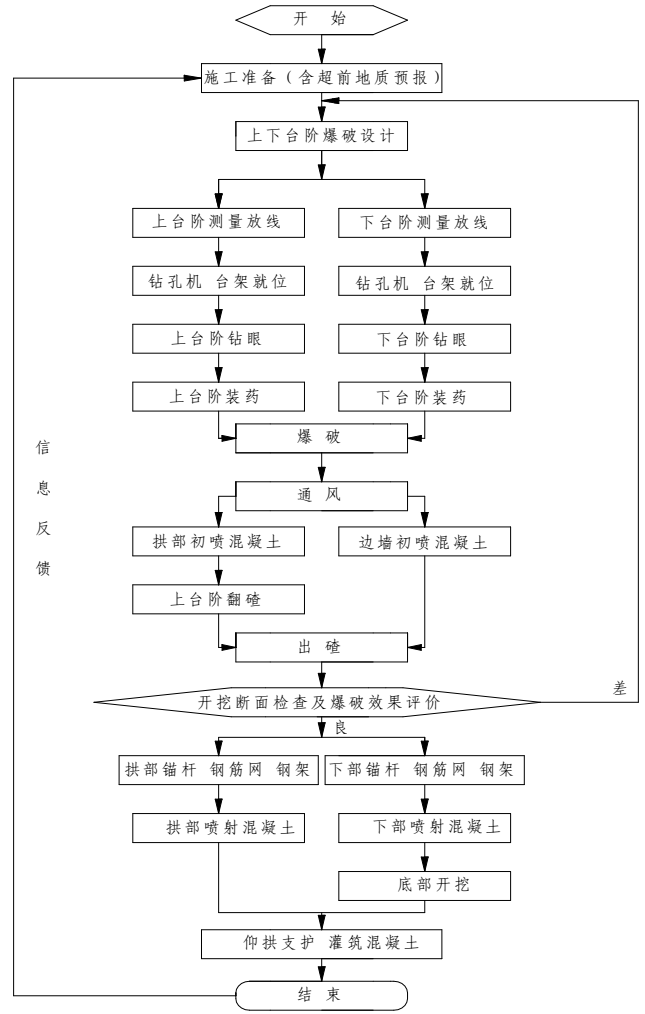


图 1 台阶法施工工艺流程图

合理距离能够有效地支撑周围岩体，提高隧道的整体稳定性。倾角是指导管的外插角度，一般设置在 1°~3° 之间，可以根据实际情况进行调整。适当的倾角有助于导管在岩层中的固定，提高支护效果。注浆材料是管棚施工中至关重要的一环，常用的注浆材料包括 M20 水泥浆或水泥砂浆。这些材料具有良好的固化性能，能够在导管周围形成坚固的注浆体，加强支护效果。

设置范围是指管棚施工中导管的布置范围，通常设定在拱部 120°~135° 的范围内，这样的设置范围能够充分覆盖隧道拱部，提供全方位的支护，防止岩体的塌方和滑动。管棚的长度通常在 10~40m 之间取决于隧道的具体情况。适当的长度既能够提供足够的支护覆盖范围，又能够在施工过程中方便操作和管理。管棚施工的优势在于其灵活性和适用性，能够适应不同的地质条件和隧道要求。通过合理设置导管参数，可以提高支护的效果，确保隧道的安全施工。在管棚施工中，需要严格按照设计要求进行操作，注重质量监控，确保注浆的均匀性和充实性，提高支护的可靠性。

## 2、超前小导管施工

超前小导管施工方法主要包括超前小导管的钢花管制作、安装、注浆等工序，其中涉及小导管的环向间距、倾角、注浆材料、设置范围等关键参数。超前小导管的钢花管制作需要精确制作小导管的钢花管，确保其质量和尺寸符合设计要求。钢花管的制作质量直接影响到后续的导管安装和支护效果。小导管的安装包括环向间距、倾角和设置范围等参数的调整，小导管的环向间距一般设定为40cm，这是一种经验值，能够在保证支护效果的前提下提高施工效率。倾角通常设置在 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 之间，以便导管能够更好地贴合隧道壁，增强支护的稳定性。设置范围则一般为拱部 $135^{\circ}$ 的范围，确保小导管的布置能够全方位覆盖拱部。

注浆材料是小导管施工中的重要环节，常用的注浆材料包括M20水泥浆或水泥砂浆，这些材料具有优异的固化性能，能够在小导管周围形成坚固的注浆体提高支护效果。超前小导管施工的优势在于其灵活性和适用性，能够适应不同的地质条件和隧道要求。通过合理设置小导管的参数，可以提高支护的效果，确保隧道的安全施工。在小导管施工中需要严格按照设计要求进行操作注重质量监控，确保注浆的均匀性和充实性提高支护的可靠性。

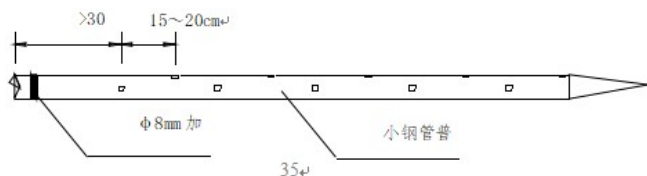


图2 注浆小导管结构图 3、质量控制与管理

有效的质量控制与管理措施不仅能够预防潜在问题，还能及时纠正施工中的异常，确保工程按照设计要求和规范精准进行提高工程的可靠性和耐久性。在质量控制与管理的初期进行详细的计划和设计是至关重要的，地质勘察、工程设计、支护方案设计等方面的全面规划是确保工程质量的基础，不仅提供了科学合理的施工指导，还为后续的施工阶段奠定了可靠的基础。施工过程中的质量控制包括对各种材料进行严格的检测和验证，确保其符合设计和规范的要求。这包括支护材料、混凝土、钢材等的质量控制。同时对施工过程的每一个步骤进行监测和控制，确保施工按照正确的工艺流程进行，包括开挖、支护、注浆等环节的精细控制。

## 4、环境保护与可持续性考虑

环境保护与可持续性考虑最大限度地减少对自然环境的不良影响，同时确保工程的可持续性。有效的环境管理措施有助于降低生态足迹，减缓资源消耗提升社会责任感。隧道施工中要充分考虑到地质环境，采用科学合理的施工方案以减少对周边生态系统的影响。在地质

勘察和工程设计阶段，需要详细了解施工区域的生态环境，特别是野生动植物的栖息地和水源地。在制定开挖和支护方案时，应避免对敏感地区的侵害减少土地破坏和生态系统的扰动。隧道施工可能涉及地下水的开采和排放，需要谨慎处理以防止对地下水位和水质产生负面影响。合理利用水资源采用水循环利用系统，将排放的水进行处理后回收再利用，降低对周边水资源的压力实现水资源的可持续利用。

在土石方挖掘和处理过程中，要采取有效的尘埃控制措施，以减少空气污染。使用环保型机械设备，安装喷雾系统对施工现场进行及时湿润，有效降低尘埃的扩散。此外合理规划运输路线，采用封闭式运输方式减少物料运输中的扬尘。针对施工废弃物的处理要制定科学的废弃物管理计划。采用分类收集和再利用的方式最大限度地减少废弃物对环境的负面影响。可通过废弃物的回收再利用，将废弃物转化为资源实现可持续性的利用。在施工现场的绿化方面，可以通过种植适应当地环境的植物修复施工区域的植被，有助于减缓生态系统的恢复提高施工区域的生态质量。

## 结语：

总的来说，断层超前管棚支护的施工方法与优化方案是地下工程中不可或缺的关键因素。通过对明挖法、全段面法、台阶法和三台阶临时仰拱法等主要施工方法的研究，以及对管棚施工、超前小导管施工、质量控制与管理、环境保护与可持续性考虑等支护优化方案的探讨，能够更好地应对地下断层带的工程挑战确保工程的平稳进行，在今后的实际应用中，需要根据具体工程条件灵活运用这些方法与方案，并加强科技创新不断提升支护技术水平，以适应不同地质环境的需求实现地下工程的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 钱运秋. 超前管棚支护技术在矿山断层破碎带中的应用探讨[J]. 中国金属通报, 2021, (04): 27-28.
  - [2] 杨永靖, 刘佳, 陈彪等. 浅谈超前管棚注浆支护技术在复杂断层带隧道中的应用[J]. 科学技术创新, 2020, (18): 133-134.
  - [3] 熊德坤. 巷道过断层破碎带施工技术及安全措施[J]. 福建冶金, 2017, 46 (02): 6-8.
  - [4] 高超, 闫满志, 王文才. 超前管棚支护技术在井巷断层破碎带中的应用[J]. 现代矿业, 2015, 31 (03): 218-219.
  - [5] 韩伟学. 隧道超前支护效应数值分析[J]. 中国水运 (下半月), 2014, 14 (07): 286-287.
- 作者简介: 郝胜, 1991.06, 男, 汉, 山东、菏泽, 工程师, 本科, 研究方向: 隧道桥梁。