

# 公路隧道大变形支护技术研究与应用

王 疆

新疆北新顺通路桥有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

**[摘要]**随着城市化进程的加快，公路隧道的建设需求日益增加。然而，在隧道施工过程中，地质条件复杂、岩体变形等因素常常导致隧道发生大变形，严重影响隧道的安全性和使用寿命。为此，文中对公路隧道大变形的支护技术进行了系统研究，分析了大变形的成因及其对隧道结构的影响。通过对多种支护技术的对比研究，提出了一种适用于大变形隧道的支护方案，包括预应力支撑、锚杆加固、喷锚支护等技术的结合应用。结合实例，探讨了该方案在实际工程中的应用效果，验证了其有效性和可行性。研究表明，采用综合支护措施能够有效控制隧道的变形，提升施工安全性，为未来公路隧道建设提供了理论支持和实践指导。

**[关键词]**公路；隧道；大变形；支护技术

DOI: 10.33142/ec.v7i12.14572

中图分类号: U459.1

文献标识码: A

## Research and Application of Large Deformation Support Technology for Highway Tunnels

WANG Jiang

Xinjiang Beixin Shuntong Road and Bridge Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, the demand for highway tunnel construction is increasing day by day. However, during tunnel construction, complex geological conditions and rock deformation often lead to significant deformation of the tunnel, seriously affecting its safety and service life. Therefore, a systematic study was conducted on the support technology for large deformations in highway tunnels, analyzing the causes of large deformations and their impact on tunnel structures. Through comparative research on various support technologies, a support scheme suitable for large deformation tunnels is proposed, including the combined application of prestressed support, anchor reinforcement, spray anchor support and other technologies. By combining examples, the application effect of this scheme in practical engineering was discussed, and its effectiveness and feasibility were verified. The research results indicate that adopting comprehensive support measures can effectively control the deformation of tunnels, improve construction safety, and provide theoretical support and practical guidance for future highway tunnel construction.

**Keywords:** highway; tunnels; large deformation; support technology

### 引言

在城市交通和山区公路等特殊地理环境中，现代交通工程的一个关键要素是公路隧道，它在这些领域扮演着不可或缺的角色。在隧道施工过程中，特别是在软土层及地质结构复杂的岩层，经常面临的问题是巨大变形，施工中的大变形会对隧道结构的完整性造成威胁，这种隐患可能会损害其未来的功能<sup>[1]</sup>。为控制隧道变形，公路隧道工程领域迫切需要研究高效支护技术，这一课题具有重要意义。科技的进步推动了支护技术的不断创新，进而促进了相关领域的持续发展，从传统的支护手段到现代的先进支护材料和技术。各种支护方案层出不穷，在多种地质状况与工程环境中，各项方案呈现不同特性，明智地挑选与运用支护加固技术，对于确保隧道的安全与效率极为关键。

### 1 公路隧道大变形的成因

引起公路隧道大幅变形的因素，主要涵盖地质状况、施工技术以及外部环境等多方面原因。隧道建造时，遭遇地质状况易引发巨大变形，该现象深受地质状况影响，岩（土）层的性质与地质构造对岩（土）层稳定性产生直接

影响。特别是在软土、填充土和特殊地质等地质环境中，岩（土）体的承重能力较弱，容易引发流动和压缩，这进而会引起隧道结构的形变。地下水位波动、降水与融雪等环境因素，均可能引致岩（土）体强度衰减，从而恶化隧道形态变化问题。在施工技术领域，隧道的开挖技术与支护策略对隧道的形变起着决定性作用，采用不适宜的开挖技术或构建不恰当的支护方案，可能会引起岩（土）体稳定性和形态的改变，在实施开挖作业时，若未适时采取支护措施，岩（土）体将因自身重量导致坍塌或较大规模形变<sup>[2]</sup>。

在作业期间，岩（土）体遭受由振动与荷载引起的动态作用，进而引发位移与沉降的连锁反应。隧道稳定性会受到外部环境的诸多因素影响，如周边建筑物的振动、交通负荷的上升，以及如地震这类自然灾害的侵袭。为了降低公路隧道在施工过程中出现的严重变形问题，有必要深入探讨岩（土）体性质、施工技术以及周边环境之间的相互作用，进而规划出有效的支护策略及施工计划。这样不仅能从根本上降低大变形引发的风险，还能提升隧道建设的稳定性和延长其使用期限，深入探究这些成因，能够为

未来隧道的设计与施工提供更加科学的标准和指南,进而有效管理隧道变形的风险。

## 2 大变形隧道支护技术

为了应对隧道施工中可能出现的较大变形,研发了一系列技术手段,统称为大变形隧道支护技术。这些技术手段的根本目的在于增强隧道的稳定性和安全性,保障施工过程的顺利进行以及隧道未来使用的功能性需求得到满足。为了确保支护结构的合理性,必须对岩(土)层进行彻底的地质调查,深入掌握其物理及力学特性,从而挑选出最适宜的支护方式和材料。在地下工程中,常见的支护手段有喷射混凝土、锚杆以及钢支撑等多种技术的综合应用。此外,还有复合支护系统这一集成方案,初期支护中,喷射混凝土的应用能迅速构建支护层,有效减少土体扰动,从而提升土体的整体稳定性。采用钢支撑系统,能显著增强支护结构的负载承受力,满足大幅变形的适应性需求<sup>[3]</sup>。

为了应对大变形隧道独特的工程挑战,诞生了锚杆支护技术,此技术通过将锚杆植入稳固的岩(土)层内部,确立与周围岩(土)体的稳固联结,有效抵御来自外部的荷载与形变压力。在支护过程中,关键在于精确选取锚杆的尺寸、配置及其角度和数量,以确保有效的结构支撑。在支护体系的设计过程中,往往融合多种支护手段,旨在提升整体支护效能。在隧道工程中,采用喷射混凝土技术,联合锚杆与钢支撑材料,构建起一套较为完备的支护系统,以此确保在面临显著形变时,能够有效增强结构的安全性。

除了支护结构的设计与施工,实时监测技术的应用也是大变形隧道支护技术的重要组成部分。通过安装位移监测仪、应变计等监测设备,可以实时掌握隧道的变形情况,为施工调整 and 支护设计提供数据支持,确保隧道在施工和使用过程中的安全性。大变形隧道的支护技术需要综合考虑地质条件、施工工艺及监测手段等多方面因素,以实现隧道的安全、高效施工,确保隧道结构的长期稳定与可靠性。

## 3 大变形隧道支护方案设计

### 3.1 支护方案的基本原则

设计隧道支护方案时,应主要考虑其安全性、经济性和适应性,以保证系统的有效性 with 持续性。在支护方案的设计中,安全性占据首位,其目的在于使所有措施足以承受可能出现的地质灾害以及外部负荷,以保障施工与运营阶段人员和设备的安全。设计专业人员须执行彻底的地质调查,精确鉴定岩(土)层特性、地下水位以及地壳应力等参数,据此为制定的支护计划提供坚实的科学支撑<sup>[4]</sup>。在支护方案的设计过程中,经济性是一个不容忽视的关键要素,为了提升资源的利用效率,在确保施工安全和结构可靠的前提下,应设计一种支护方案。该方案主要目标是在不牺牲质量的前提下,最大程度地降低材料消耗和施工费用。在进行项目支护设计时,设计师需全面权衡支护材料的挑选、施工方法的适宜性以及维护作业的便捷性,以

保证在既定项目经费限制下达成最优的支护功能实现。在挑选建筑材料与施工方法时,关注性价比是降低建设成本的关键,此外,还需预估工程的日后维护与运营开销。

适应性原则指出,支护方案应当具备针对各类地质状况与施工情境的变通调整能力。在对隧道进行开挖的过程中,鉴于地质条件的不可预测性,必须设计出灵活可调的支护结构,以便针对现场的具体问题进行及时的调整和改善。在施工过程中,应当对可能产生的结构变形进行预测,并设计出包含监测与调整机制的支护预案,以期及时处理地质变化及潜在的安全风险。在隧道支护方案的制定中,设计者必须兼顾安全、经济和适应性的要求,全面权衡各种因素,以保证施工及使用阶段的结构稳定性与可靠性。

### 3.2 预应力支撑技术的应用

在公路隧道大变形支护领域,广泛应用的预应力支撑技术,主要通过提升支撑结构的承载能力和稳定性,从而延长隧道的使用寿命。通过预先在支撑结构中施加一定的预应力,该技术能够使得结构本身在初始状态下即具备一定的应力分布,进而在承受外力时,更有效地对地基变形以及外部荷载产生的影响抗衡。在为大变形隧道提供支持的过程中,采用预应力技术对结构进行加强,这不仅减少了结构的形变,还降低了隧道可能引发的地面沉降问题,并减少了未来的维护开销。针对地质复杂与施工环境恶劣的挑战,预应力支撑技术能有效应对。在隧道开挖作业时,经常面临软土层与地下水位较高这两大挑战,它们往往使得常规的支持手段难以达到必要的安全标准。在隧道施工的设计阶段,可以根据现场的具体情况,对支撑方案进行合理的调整,施加预应力筋强化支撑结构的抗变形能力,从而确保隧道施工的安全和顺利进行<sup>[5]</sup>。

预应力支撑的施工方法相对简单,能够有效缩短施工周期。预应力的施加一般在支护结构形成后进行,这一过程可以与其他施工工序并行,减少了施工的复杂性和工期。此外,预应力支撑结构在使用过程中,其承载性能不会因长期荷载的作用而显著下降,这对于隧道长期运营的稳定性和安全性具有重要意义。随着材料科技的不断进步,预应力支撑技术的材料选择和施工工艺也日趋成熟,应用效果逐渐显现。现代高性能混凝土和钢材的结合使用,使得预应力支撑在承载能力和耐久性方面有了显著提升。此外,借助现代监测技术,对预应力支撑的状态进行实时监测和评估,也为工程的安全管理提供了可靠的依据。

### 3.3 锚杆加固技术的应用

在处理公路隧道的大变形问题时,锚杆加固技术扮演了关键角色,这一技术手段显著提升了支护结构的稳定性。采用此技术,通过把锚杆植入隧道周边的岩土结构中,借助锚杆拉力与土体间的摩擦力来提高支撑架构的稳定性和承重力。在大变形隧道工程中,采用锚杆加固技术,能显著降低围岩变形,提升隧道抗剪强度,进而保障施工过

程中的安全并确保隧道的长期稳定性。复杂多变的地质环境可以通过锚杆加固技术得到有效的控制与改善,针对多种隧道建设项目,鉴于地壳层的不均匀性和各层变形特性的差异性,往往必须依据各种特定的地质条件,拟定适宜的支撑设计计划。采用锚杆技术,能够显著提升支护方案的灵活性与适应力,使其能针对具体的现场条件进行优化调整<sup>[6]</sup>。

锚杆加固技术以其施工的便捷性和高效率而显著,锚杆的设置程序较为便捷,能够与多种建筑施工流程同时展开,进而显著减少工程的总体施工时长。锚杆施工过程中,无须依赖重型机械和众多材料,从而降低了经济投入。合理设计并布置锚杆,使其在支护结构中得以均匀分布,以此确保其承载力满足预设标准,从而提升隧道的整体稳定性。实施锚杆加固技术的过程中,监测与维护的操作较为简便,现代监控技术的进步使得锚杆受力状况及邻近土体变形的实时跟踪成为可能,从而能够迅速识别隐藏的安全风险,对锚杆加固后的效果进行评估,能够为隧道的安全运行提供有力保障。材料科学与工程相结合,对锚杆的设计进行了持续优化,引入现代高强度材料后,显著增强了锚杆的持久性与承载力。作为一种关键的公路隧道大变形支护方法,锚杆加固技术显著提升了结构的稳定性与承载力,在应对复杂地质环境方面表现出色,其施工简便、成本效益显著的特点,使其成为保障隧道施工安全和稳定运行的关键技术手段<sup>[7]</sup>。

### 3.4 喷锚支护技术的结合应用

在公路隧道大变形支护领域,喷锚支护技术的融合运用起到了极为关键的作用,该技术不仅提升了支护结构的稳定性,同时也显著提高了施工的效率。结合快速施工需求与围岩稳定性提升,该技术融合了喷射混凝土工艺及锚杆加固手段,开创了一种新颖的隧道支护方法,特别是在软弱围岩和大变形难题面前,喷锚支护技术能有效应对复杂的地质条件,发挥其作用。

喷锚支护技术在施工过程中展现出快速响应的能力。通过喷射混凝土的方式,能够快速形成初步支护层,保护围岩免受外界因素的影响。随后,锚杆的安装能够进一步增强支护结构的承载力。这种先喷后锚的施工模式,不仅能够缩短施工周期,还可以有效降低因施工延误引起的地质变形风险,从而提升隧道的施工安全性。喷锚支护技术在地质适应性方面表现出色。在大变形隧道中,围岩的变形和松散现象较为严重,单纯依靠传统的支护方法难以满足要求。而喷锚支护技术结合了喷射混凝土的高流动性和

锚杆的拉力特性,能够有效填充围岩裂隙,减小应力集中,防止进一步的变形和破坏。

在岩土工程领域,喷锚支护技术通过监控和维护,能显著提升其性能表现,监测技术的提升使得施工现场能够对喷锚结构实行实时监控,从而准确获取支护效果以及围岩变形的即时数据。借助此种监测技术,不仅获取了用以判定支撑效果的稳定数据,而且为隧道的持续维护和加固工作提供了坚实的科学根据,从而确保了隧道在长时间内的安全运作。在公路隧道大变形支护领域,喷锚支护技术的融合应用,凸显了其突出的优点。在应对地质复杂的隧道建设时,借助迅速的建设方法、良好的适应性以及有效的监控手段,确保了工程的安全防护<sup>[8]</sup>。

## 4 结语

在隧道工程领域,针对大变形现象所采取的支护技术研究,及该技术的应用,显著提高了工程的安全性和施工的效率。科技的持续进化预示着在隧道工程的支撑材料、建造技术和监控方法等领域将遭遇创新的浪潮,这将为确保工程的安全性与稳固性加固防线。

### [参考文献]

- [1]文展.公路隧道大变形控制及合理支护现场试验研究[J].江西建材,2024(3):58-60.
- [2]柴琦龙.深埋软岩公路隧道大变形段双层支护方案研究[J].建筑技术开发,2023,50(7):83-87.
- [3]秦晋芳.公路隧道大变形控制及合理支护形式现场试验研究[J].黑龙江交通科技,2023,46(6):108-110.
- [4]李强,黄锋,甘立松.近距平行构造环境中片岩公路隧道大变形机理及判别[J].岩土工程技术,2023,37(2):186-193.
- [5]汪波,喻炜,訾信,等.软岩大变形隧道不同支护模式的合理性探讨——以木寨岭公路隧道为例[J].隧道建设(中英文),2023,43(1):36-47.
- [6]王宗学.九绵高速软岩隧道大变形预测分级与支护技术研究[D].四川:西南交通大学,2022.
- [7]何成素.公路隧道软岩大变形及支护施工技术[J].四川建材,2022,48(4):189-191.
- [8]王丽霞.公路隧道软岩大变形段开挖支护技术研究[J].江西建材,2022(1):182-183.

作者简介:王疆(1980.11—),毕业院校:新疆大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆北新顺通路桥有限公司,职称级别:高级工程师。