

基于道路桥梁中桥隧连接工程关键技术分析

原宗锋

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250000

摘要: 随着交通建设飞速发展,桥隧连接工程重要性凸显。本文聚焦道路桥梁中桥隧连接工程,先阐述其常见的结构类型,包括整体型、紧靠型和连接型连接。接着深入剖析关键技术,涵盖隧道洞口浅埋偏压段、桥隧过渡段、桥台施工技术,以及施工监测与信息化管理、绿色施工技术等方面。最后探讨该工程技术的发展趋势,指出其将朝着智能化、绿色化、长大型化和多功能化方向迈进,旨在为桥隧连接工程的设计、施工及发展提供全面的理论参考与实践指引。

关键词: 桥隧连接工程; 结构类型; 关键技术; 发展趋势

引言: 在道路桥梁建设领域,桥隧连接工程是关键且复杂的部分。它处于桥梁与隧道的衔接位置,承担着不同结构形式间力学传递与转换的重要任务,其工程质量直接影响整个交通线路的安全性与通行能力。随着交通需求的增长和工程技术的进步,桥隧连接工程面临更多挑战与机遇。不同类型的桥隧连接结构,在力学特性、施工难度等方面存在差异。深入分析其结构类型与关键技术,把握未来发展趋势,有助于优化工程设计、提升施工质量,推动道路桥梁建设向更高水平发展,满足日益增长的交通运输需求。

1 桥隧连接工程的结构类型

1.1 整体型连接

整体型连接是桥隧连接工程中一种较为紧密的结构形式。它通过将桥梁与隧道主体结构进行一体化设计与施工,使两者形成一个连续、整体的结构体系。在这种连接方式下,桥梁的梁体与隧道的衬砌结构在连接部位实现无缝对接,共同承受车辆荷载、地震力等外部作用。其优点在于结构整体性好,力学性能优越,能有效减少结构间的相对位移和应力集中现象,提高桥隧连接处的耐久性和安全性。不过,整体型连接对施工工艺要求极高,需要精确的测量定位和严格的施工控制,且施工周期相对较长,成本也较高^[1]。

1.2 紧靠型连接

紧靠型连接是指桥梁与隧道在空间位置上紧密相邻,但结构上相对独立的一种连接方式。桥梁的桥台或桥墩紧贴隧道洞口设置,两者之间通过一定的构造措施进行连接和过渡。这种连接形式在一定程度上能减少桥隧连接段的长度,降低工程规模和造价。同时,由于其结构相对独立,在施工时可以分别进行桥梁和隧道的施工,施工组织相对灵活。然而,紧靠型连接在受力方面较为

复杂,需要充分考虑桥梁与隧道之间的相互影响,合理设计连接构造,以避免出现不均匀沉降等问题,确保结构的安全稳定。

1.3 连接型连接

连接型连接是借助专门的连接结构将桥梁与隧道连接起来的方式。常见的连接结构有连接梁、连接板等。这些连接结构在桥梁和隧道之间起到传递荷载、协调变形的作用。连接型连接的优点是能够根据桥隧的具体情况和设计要求,灵活选择连接结构的形式和尺寸,具有较强的适应性。而且,它可以在一定程度上隔离桥梁和隧道的振动,减少相互干扰。但该连接方式也存在不足,连接结构本身的设计和施工质量对整体连接效果影响较大,若连接不当,容易出现连接部位开裂、破坏等问题,影响桥隧连接工程的使用寿命。

2 基于道路桥梁中桥隧连接工程的关键技术

2.1 隧道洞口浅埋偏压段施工技术

在道路桥梁桥隧连接工程里,隧道洞口浅埋偏压段施工难度大、风险高,需严谨把控关键技术。(1)施工前的准备工作务必精细。开展全面且细致的地质勘察,精准掌握偏压状况、围岩性质与地下水分布等信息,为方案制定提供可靠依据。依据勘察结果,科学规划施工方案,合理确定开挖方法、支护参数等。同时,做好人员培训,让施工人员熟悉工艺流程与安全要点;准备好符合标准的施工材料与先进设备,并进行调试,确保其性能良好。(2)开挖过程要遵循特定原则。采用分部开挖,如环形开挖预留核心土法,控制每循环进尺,减少对围岩的扰动。爆破作业时,优化爆破参数,采用微差爆破,降低振动影响。偏压一侧开挖需谨慎,避免过度开挖加剧偏压。(3)支护施工要及时且到位。超前支护采用超前小导管注浆,增强围岩整体性。初期支护迅速跟进,钢

拱架、锚杆、钢筋网与喷射混凝土协同作用。在偏压侧，加密锚杆、加厚喷混凝土，增强抗偏压能力。同时，加强监控量测，在洞内洞外设置监测点，实时掌握变形情况，依据数据调整施工，保障施工安全与质量^[2]。

2.2 桥隧过渡段施工技术

在道路桥梁桥隧连接工程中，桥隧过渡段施工质量直接影响行车安全性与舒适性，需严格把控关键技术。(1)施工前的准备不容忽视。要全面勘察现场地形、地质条件，详细了解桥梁与隧道的基础形式、结构特点，以此为依据制定科学合理的施工方案。同时，精心挑选符合设计要求的施工材料，对材料的强度、弹性模量等性能指标进行严格检测，确保材料质量达标。还要组织施工人员进行技术交底与安全培训，使其熟悉施工流程与安全规范。(2)基底处理是关键环节。需彻底清除基底表面的杂物、松散土层，对软弱地基进行加固处理，如采用换填法、强夯法等，提高基底承载力，减少不均匀沉降。在处理过程中，要严格控制处理深度与压实度，保证基底平整坚实。(3)过渡段填筑施工要精细操作。选用级配良好的填料，分层填筑、分层压实，每层填筑厚度严格控制，采用合适的压实机械与压实工艺，确保压实度满足设计要求。在靠近桥台与隧道洞口部位，采用小型压实设备进行精细压实，避免出现压实死角。同时，做好过渡段与桥梁、隧道的衔接，保证结构整体性，为道路桥梁的安全运营提供坚实保障。

2.3 桥台施工技术

在道路桥梁桥隧连接工程里，桥台施工技术至关重要，关乎整个结构的稳定性与耐久性。

(1)施工前的准备工作需全面且细致。要精准测量放样，确定桥台的准确位置与尺寸，为后续施工提供精确的基准。对施工现场进行清理和平整，清除杂物、障碍物，保证施工场地具备良好的作业条件。同时，仔细检查施工所需的材料，如钢筋、混凝土等，确保其质量符合设计要求和相关标准，对材料的规格、性能进行严格检验，杜绝不合格材料进入施工现场。(2)基础施工是桥台稳定的关键。根据地质条件选择合适的基础形式，如扩大基础、桩基础等。在基础开挖过程中，要严格控制开挖尺寸和深度，避免超挖或欠挖。对于软弱地基，需进行加固处理，提高地基承载力。基础混凝土浇筑时，要保证振捣密实，避免出现蜂窝麻面等质量缺陷，确保基础具有足够的强度和稳定性。(3)台身施工要注重工艺控制。钢筋绑扎要符合设计规范，保证钢筋的间距、数量和锚固长度。模板安装要牢固、平整，接缝严密，防止漏浆。混凝土浇筑要分层进行，控制好浇筑速度和高

度，及时进行养护，保证台身的外观质量和内在强度，使桥台能够承受桥梁传递的荷载，保障桥隧连接工程的安全运行。

2.4 施工监测与信息化管理技术

在道路桥梁桥隧连接工程中，施工监测与信息化管理技术是保障工程安全、质量和进度的重要手段。(1)施工监测是获取工程实时状态的关键。通过在桥隧连接结构的关键部位，如桥台、隧道洞口、桥隧过渡段等，布置各类监测传感器，如应力传感器、应变传感器、位移传感器、沉降观测点等，能够实时采集结构的应力、应变、位移、沉降等数据。这些数据反映了结构在不同施工阶段和运营环境下的受力与变形情况，为评估结构的安全性和稳定性提供了直接依据。(2)信息化管理技术实现了数据的整合与分析。利用先进的计算机软件和信息技术，将采集到的监测数据进行集中处理和存储，建立数据库。通过数据分析模型和算法，对数据进行深度挖掘和分析，及时发现结构可能存在的安全隐患和异常情况，如应力集中、过大变形等，并发出预警信号，以便施工人员及时采取措施进行处理。(3)信息化管理技术还促进了施工过程的协同管理。通过建立项目管理信息系统，实现施工各方之间的信息共享和实时沟通。施工管理人员可以根据监测数据和分析结果，及时调整施工方案和工艺参数，优化施工组织，提高施工效率，确保桥隧连接工程顺利推进，实现安全、优质、高效的建设目标^[3]。

2.5 绿色施工技术

在道路桥梁桥隧连接工程中，绿色施工技术对于降低环境影响、实现可持续发展具有重要意义。(1)在材料选择方面，优先选用绿色环保材料。比如采用可再生、可回收的建筑材料，像再生骨料混凝土，既能减少天然骨料的开采，降低对自然资源的消耗，又能解决建筑垃圾处理难题。同时，选用低污染、低能耗的防水材料、保温材料等，从源头上减少对环境的污染和能源的浪费。(2)施工过程中注重节能减排。优化施工机械设备配置，选用节能型设备，并合理安排设备的使用时间和作业顺序，避免设备空转，提高设备利用率，降低能源消耗。采用先进的施工工艺，如预制装配式施工技术，减少现场湿作业，降低施工过程中的扬尘、噪音污染，同时缩短施工周期，提高施工效率。(3)加强水资源保护与利用。设置完善的排水系统，对施工废水进行沉淀、过滤等处理后循环利用，用于施工现场的洒水降尘、车辆冲洗等，提高水资源的重复利用率。在施工过程中，采取有效的水土保持措施，如设置挡土墙、植草防护等，防止水土

流失,保护周边生态环境,实现桥隧连接工程与自然环境的和谐共生。

3 基于道路桥梁中桥隧连接工程技术的发展趋势

3.1 智能化

随着科技飞速发展,智能化成为桥隧连接工程技术的重要发展趋势。在施工阶段,智能化技术可实现施工设备的自动化操作与精准控制,如利用智能掘进设备根据地质条件自动调整掘进参数,提高施工效率与质量。同时,借助传感器网络和物联网技术,能实时采集施工过程中各类数据,如应力、应变、位移等,通过大数据分析 and 人工智能算法,及时预警潜在的安全隐患,保障施工安全。在运营维护阶段,智能化监测系统可对桥隧连接结构进行全天候、全方位监测,根据监测数据自动评估结构健康状况,为养护决策提供科学依据^[4]。

3.2 绿色化

在全球倡导绿色发展的大背景下,桥隧连接工程技术也朝着绿色化方向迈进。在设计环节,注重采用环保材料和节能设计理念,减少对自然资源的消耗和对环境的破坏。例如,选用可再生材料或可回收材料,降低工程全生命周期的碳排放。施工过程中,通过优化施工工艺和设备选型,降低能源消耗和污染物排放。如采用低噪声、低排放的施工机械,合理安排施工时间,减少施工对周边环境的影响。同时,加强施工废水、废渣的处理与回收利用,实现资源的循环利用。在运营阶段,利用自然采光、通风等技术,降低能源消耗,打造绿色、生态的桥隧连接工程,实现工程建设与环境保护的和谐共生。

3.3 长大型化

为满足日益增长的交通需求,提高运输效率,桥隧连接工程呈现出长大型化的发展趋势。长大桥隧连接工程能够跨越更广阔的地域,连接重要的经济区域和交通枢纽,减少中转换乘,实现长距离、大运量的快速运输。在技术层面,长大型化对结构设计、施工技术和材料性能提出了更高要求。需要研发更先进的地基处理技术、结构抗震抗风技术以及高性能材料,以确保长大桥隧连接工程在复杂环境下的安全性和耐久性。同时,长大桥隧连接工程的施工组织和管理也面临更大挑战,需要采

用更科学的施工方案和更高效的协调机制,保障工程顺利推进。长大型化的发展将进一步提升我国交通基础设施的整体水平,促进区域经济的协调发展。

3.4 多功能化

未来桥隧连接工程不再局限于单一的交通功能,而是朝着多功能化方向发展。除了满足车辆和行人的通行需求外,还将融合多种功能于一体。例如,在桥隧连接结构中设置商业设施、观景平台、休闲区域等,为人们提供更多的服务和体验。一些桥隧连接工程还结合城市规划,与周边景观相融合,成为城市的地标性建筑,提升城市形象和文化内涵。此外,多功能化还体现在对能源的综合利用上,如在桥隧结构上安装太阳能板、风力发电装置等,实现能源的自给自足,降低对传统能源的依赖。多功能化的桥隧连接工程将更好地适应城市发展的多元化需求,为人们创造更加丰富、便捷、舒适的生活和出行环境^[5]。

结束语

桥隧连接工程作为道路桥梁建设中的关键部分,其关键技术的掌握与应用至关重要。从隧道洞口浅埋偏压段、桥隧过渡段、桥台施工,到施工监测与信息化管理,再到绿色施工等技术的深入剖析,我们清晰认识到每项技术都紧密关联着工程的安全、质量、效率与环保。未来,随着科技的不断进步,这些关键技术将持续创新与完善。我们应积极推广应用新技术、新工艺,不断提升桥隧连接工程建设水平,打造更多安全可靠、绿色环保的优质工程,为交通运输事业的高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]梁杰.浅析公路桥隧连接工程施工技术[J].四川水泥,2022,246(02):149.
- [2]李埃军.山岭隧道洞口段桥隧相接工程施工技术探析[J].交通世界,2020.545(23):90-92.
- [3]柳正.山区高速公路桥隧连接工程的施工技术研究[J].黑龙江交通科技,2022,37(02):92-93.
- [4]郭永兵.基于道路桥梁中桥隧连接工程关键技术分析[J].文化科学,2020.106.
- [5]陈鑫.基于道路桥梁中桥隧连接工程关键技术分析[J].建筑设计及理论,2025.208.