

# 高速公路隧道与桥梁衔接段施工技术难点分析

裴立

湖北省路桥集团华晟通建设工程有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要] 由于高速公路路基、桥梁以及隧道的施工方法和断面长度存在着一定的差异, 倘若无法有效控制其断面长度, 很容易造成交通事故的发生。因此, 分析其断面宽度之间的区别及其可能产生的问题, 设计三者衔接的有效方案, 可以为施工过程提供保障, 从而提高道路交通安全性。

[关键词] 高速公路隧道; 桥梁衔接段; 施工技术; 技术难点; 难点分析

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15074

中图分类号: U448

文献标识码: A

## Analysis of Technical Difficulties in the Construction of the Connection Section between Highway Tunnels and Bridges

PEI Li

Huashengtong Construction Engineering Co., Ltd. of Hubei Road & Bridge Group, Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract:** Due to the differences in construction methods and section lengths of highway subgrades, bridges, and tunnels, if their section lengths cannot be effectively controlled, it is easy to cause traffic accidents. Therefore, analyzing the differences in cross-sectional width and the potential issues that may arise, and designing effective solutions to connect the three, can provide guarantees for the construction process and improve the safety of road traffic.

**Keywords:** highway tunnels; bridge connection section; construction technology; technical difficulties; difficulty analysis

### 引言

高速公路隧道与桥梁的衔接段, 作为连接两种不同结构形式的过渡部分, 承担着重要的技术职责。该段在高速公路工程中常被视为关键节点, 其设计与施工面临着诸多挑战。隧道通常位于地下, 受到土体稳定性及地下水的影响, 而桥梁则为高架结构, 施工过程中往往会受到气候、交通荷载等外部因素的干扰。由于两者在结构性质上的差异, 隧道与桥梁的衔接段设计与施工显得尤为复杂。复杂的地质条件、不同的施工工艺以及结构衔接问题, 尤其是基坑支护、土体加固、地下水渗透等技术难题, 均在这一过渡段的施工中体现得尤为突出。随着高速公路建设的加速, 隧道与桥梁衔接段的施工难度不断增加, 尤其是在复杂地质环境、恶劣气候条件及施工现场环境较为严峻的情况下, 施工过程中不可预见的风险因素也显著增多。因此, 如何有效应对这些技术难点, 确保工程质量与安全, 已成为隧道与桥梁衔接段建设中不可忽视的课题。本文将深入分析隧道与桥梁衔接段施工中常见的技术问题, 并探讨相应的解决措施, 以期对未来高速公路项目的顺利实施提供有益的参考。

### 1 高速公路隧道与桥梁衔接段的设计特点

高速公路隧道与桥梁衔接段的设计, 因隧道与桥梁在功能、结构及受力方式上的显著差异, 具有较高的复杂性。作为地下结构, 隧道具备较强的封闭性与抗压能力, 而桥梁则为高架结构, 其承载力依赖于支撑或悬挂方式。这一结构性质的差异决定了衔接段设计时, 荷载的传递、振动及应力的分布必须经过精确计算, 以确保两者能够平稳过

渡, 避免由于连接不当而带来的安全隐患。此外, 隧道与桥梁衔接段的位置, 通常位于不同的地质环境中, 可能涉及软土、砂土或岩层等多种复杂地质条件, 进一步增加了设计的难度。在这种背景下, 地基的承载力、稳定性及沉降情况必须被充分考虑, 适当的基础处理措施也需被选用, 以确保结构的稳定性。考虑到隧道与桥梁在功能上的不同, 衔接段的设计需兼顾两者的特点, 尤其是在处理动态荷载、地震效应及温度变化对结构的影响时, 显得尤为重要。特别是在过渡段的路面设计中, 不同温度和湿度条件下, 隧道与桥梁的变形特性对衔接段的潜在影响, 亦需被充分考虑。

### 2 高速公路隧道与桥梁衔接段施工技术难点分析

#### 2.1 地质条件复杂性对施工的影响

在高速公路隧道与桥梁衔接段的施工过程中, 复杂的地质条件对施工进度及安全性产生了显著影响。该过渡段通常横跨多个地质单元, 涉及软土、砂土、岩石等多种土质类型, 甚至可能存在断层、滑坡或地下水丰富等不稳定因素。这些复杂条件不仅增加了勘察与设计的难度, 也对施工工艺、方法及安全管理提出了更高的要求。尤其是在隧道开挖阶段, 地质突变的引发可能由不同土层之间的切换而起, 进而增加了地层变形、塌方或涌水等潜在风险。同时, 桥梁基础的建设, 同样受地质条件的直接影响。在软弱土层上, 桥台基础的不稳定可能会出现, 而在岩层较为坚硬或存在裂缝的区域, 则可能影响施工设备的选型及作业效率。因此, 在施工过程中, 必须充分评估地质环境, 采取相应的技术措施, 确保工程的顺利进行。

## 2.2 基坑支护与土体稳定性问题

在高速公路隧道与桥梁衔接段的施工过程中, 基坑支护与土体稳定性问题构成了关键技术难题。由于该过渡段通常位于复杂的地质环境中, 基坑开挖时常会遭遇土体不均匀、地下水位高及土质松软等问题, 这些因素直接影响基坑支护的安全性及土体的稳定性。在基坑施工阶段, 若支护结构设计不合理或施工不到位, 基坑坍塌、土体变形, 甚至周围结构受损, 可能会发生。严重情况下, 隧道或桥梁的安全性也可能受到威胁。尤其在软弱土层或饱和土层中, 土体的承载力较低, 支护结构的压力分布不均, 局部失稳的引发, 极易发生<sup>[1]</sup>。此外, 基坑周围的地下水流动会改变土体的有效应力, 从而加剧土体的不稳定, 导致滑移或沉降, 进而影响施工进度与工程质量。

## 2.3 隧道与桥梁过渡段的结构衔接难题

高速公路隧道与桥梁衔接段的结构衔接, 作为施工过程中面临的重大技术难题, 具有极高的复杂性。隧道与桥梁分别属于两种不同的结构体系, 各自具有独特的设计要求与施工特点。隧道通常承受地下压力及土体的约束, 而桥梁的受力方式则更加复杂, 主要承受垂直荷载与横向力。在过渡段, 隧道与桥梁结构形式及受力状态的差异, 使得衔接部分的设计与施工面临不小的挑战。为了确保隧道与桥梁之间能够实现平稳过渡, 接合部的设计必须考虑土壤与结构的相互作用、地基沉降、温度变化引发的结构变形等多重因素。若结构衔接设计不当, 可能导致过渡段出现沉降不均、裂缝及变形等问题, 进而危及隧道与桥梁的整体稳定性与安全性。此外, 过渡段所在的地质条件、地下水的影响及土体的可压缩性等因素, 也使得结构衔接更为复杂。在两种截然不同的结构体系之间实现平衡, 确保结构顺畅过渡, 成为这一技术难点的关键所在。

## 2.4 地下水、气候条件等自然因素对施工的影响

在高速公路隧道与桥梁衔接段施工中, 地下水、气候变化等自然因素对施工进度与质量产生了深远影响。地下水的存在, 不仅增加了土体的湿润度, 还可能导致基坑渗水或积水, 从而对基础施工、支护结构的稳定性以及土体的承载力产生不利影响。尤其在隧道施工阶段, 地下水涌入往往增加了施工难度, 严重时, 水害等突发事件可能会被引发。气候条件的变化, 同样对施工工艺构成了挑战。极端天气如高温、低温、暴雨或冰雪等, 均会对施工材料的性能、设备的正常运转及施工人员的安全带来潜在威胁。在高温环境下, 混凝土的水化反应加速, 强度分布得不均匀, 可能导致, 进而影响结构质量; 而在低温环境中, 混凝土或土体可能发生冻胀, 从而影响施工进度。暴雨天气则会引发基坑积水、材料受潮等问题, 严重时, 工程的整体进度与施工安全, 可能会被干扰。

## 2.5 施工过程中技术与管理的协调难度

在高速公路隧道与桥梁衔接段施工过程中, 技术与管理的协调问题成为了一个重要的挑战。隧道与桥梁的施工

各自具有独立的技术要求, 隧道施工需重视地下环境及地质结构的稳定性, 而桥梁施工则更多关注上部结构与桥台的设计与建设。这两种工程在施工过程中所涉及的工艺、设备、材料及施工方法存在差异, 且对技术人员的要求亦各不相同。由于隧道与桥梁施工往往同步进行并相互交织, 技术人员的精确协调是必需的, 以确保各工序的顺利衔接。与此同时, 施工管理也面临着巨大的压力。施工现场需多个工种、不同部门与工程团队之间的密切配合, 如何在保障施工质量与进度的前提下, 资源合理调配、施工方案优化, 已成为管理者的重要职责<sup>[2]</sup>。特别是在突发状况或复杂施工环境下, 管理层必须能够快速做出决策, 及时有效地协调解决技术与管理之间的冲突。

## 3 高速公路隧道与桥梁衔接段施工中的技术措施与应对策略

### 3.1 施工前期的地质勘察与设计优化

高速公路隧道与桥梁衔接段施工的前期地质勘察与设计优化, 构成了确保施工顺利进行的关键环节。地质勘察为施工提供了准确的地下条件信息, 帮助项目团队掌握土壤类型、地下水位、岩层分布及潜在地质灾害风险。这些数据对隧道与桥梁设计至关重要, 为后续施工工艺与技术措施的制定提供了可靠依据。通过深入的地质勘察, 能够及时识别地质条件的特殊性, 如软弱土层或地下水丰富区, 从而为应对复杂地质环境制定合适的设计方案。设计优化, 基于勘察结果, 对初步设计进行必要调整的过程, 涉及优化结构形式、施工方案及材料选用, 以提高结构的稳定性与安全性, 并减少因地质条件变化而带来的施工风险与成本增加。在优化设计时, 隧道与桥梁的结构协调性, 必须综合考虑, 确保二者能够顺利衔接。此外, 借助先进的计算软件与模拟技术, 设计团队可以在多种工况下进行模拟分析, 提前预判可能出现的技术难题, 为实际施工提供更加科学的解决方案。

### 3.2 基坑支护与土体加固技术

在高速公路隧道与桥梁衔接段施工中, 基坑支护与土体加固技术是确保施工安全与土体稳定性的关键措施。基坑支护系统的设计与施工, 需根据地质勘察数据、基坑深度及周围环境条件, 选择最合适的支护方式。常用的支护技术, 如锚杆支护、钢板桩支护和喷射混凝土支护等, 能够有效防止土体崩塌与基坑变形。特别是在软弱土层及地下水位较高的区域, 支护结构的稳定性与抗渗性能, 必须得到充分保障。土体加固技术, 通过对土层进行强化处理, 能够提升土体的承载力与稳定性, 从而减少沉降和变形的风险。常见的加固方法, 如深层搅拌、灌浆加固及土工格栅网加筋等, 能够增强土体的整体性, 避免施工过程中出现不均匀沉降或位移, 确保隧道与桥梁衔接段的结构安全。尤其在隧道与桥梁交界处, 由于两种结构形式的差异, 地基土壤的承载能力与变形特性可能大相径庭, 合理应用基坑支护与土体加固技术, 有助于降低施工中的潜在风险,

保障施工质量与人员安全。此外,这些技术措施,必须与周围环境变化相协调,以防止施工对周边建筑物或设施产生影响,避免其出现沉降或损坏。

### 3.3 隧道与桥梁衔接段的结构设计与施工方案

高速公路隧道与桥梁衔接段的结构设计与施工方案,是确保项目顺利推进与质量控制的关键环节。由于隧道与桥梁在结构形式、受力特性及施工环境上存在显著差异,因此,衔接段的设计方案需根据具体地质条件、设计标准及施工技术要求,合理选择过渡结构形式,以确保其在长期使用过程中的稳定性与安全性。在结构设计方面,过渡段的设计通常采用柔性及刚性结构的结合方式。考虑到隧道与桥梁的不同受力特点,适当的过渡段设计,必须设置以减缓两者之间的变形差异,避免不均匀变形导致裂缝或结构损伤。该设计不仅需考虑隧道与桥梁间的垂直与水平过渡,还应充分考虑抗震性、耐久性以及温度变化对结构应力的影响。

在施工方案方面,根据设计图纸与施工现场的具体条件,施工顺序应合理安排,力求缩短过渡段的施工周期,从而减小对周围环境的影响。特别是在基坑开挖、支护结构设置与土体加固等关键工序中,过渡段施工期间土体的稳定性与支护体系的安全性,必须得到特别关注<sup>[3]</sup>。此外,由于隧道与桥梁的过渡段常位于地下水丰富或气候复杂的区域,施工过程中,有效的防水措施必须被采取,防止地下水渗透对衔接段结构安全构成威胁。施工质量控制同样至关重要,混凝土的配比、浇筑过程与养护条件,必须严格监控,确保结构的强度与耐久性符合设计要求,从而确保衔接段在施工过程中的稳定性与长期安全性。

### 3.4 施工过程中的质量控制与监测手段

在高速公路隧道与桥梁衔接段的施工中,实施有效的质量控制与监测手段,作为确保工程质量与安全的核心环节,显得尤为重要。设计图纸与技术规范必须严格遵循,确保每一项施工操作精准到位。对于基坑开挖、支护施工、土体加固、结构浇筑等关键工序,现场质量检查必须严格进行,同时对施工材料的全面检验也不可忽视,以确保其符合相关标准。监测手段的运用同样至关重要,尤其是在实时监控土体变形、沉降及桥梁与隧道衔接段的位移等方面。通过这些监测数据,潜在的质量问题能够及时被揭示,从而促使工程技术人员及时调整施工方案或采取应急措施。此外,利用高精度的监测设备,如自动位移传感器、振动监测仪与地下水位监测系统等,可以对隧道与桥梁衔接段的结构安全进行连续、实时的数据采集,确保施工过程中潜在的安全隐患被迅速识别并消除。质量控制不仅限于监测与检查,还涉及施工队伍的技术培训与管理。施工人员应充分了解并熟悉相关施工规范与操作规程,避免因操作不当而导致的质量问题。在混凝土浇筑过程中,采用先进的质量控制技术,实时监控混凝土的配比、温度与湿度等环境条件,从而确保混凝土的强度符合要求。同时,

加强对混凝土养护过程的管理,裂缝或其他结构缺陷应避免出现,从而保障工程质量。

### 3.5 应对地下水渗透与气候变化的技术措施

在高速公路隧道与桥梁衔接段的施工过程中,地下水渗透及气候变化常作为关键且常见的施工难题出现。影响土体稳定性的地下水渗透,可能导致基坑积水,增加施工难度,甚至引发安全隐患。为应对这一问题,详细的地质勘察必须进行,以准确了解地下水位分布情况及其变化规律,从而为排水系统的合理规划提供依据。常用的技术措施包括在基坑周围设置深层降水井或井点降水,同时通过注浆加固土层,地下水位得以降低,从源头上防止水流渗透进入施工区域。此外,防水毯、土工布等防水材料也可以在施工过程中使用,进一步增强防水效果。应对气候变化,尤其是在极端天气条件下的影响,同样是施工过程中不可忽视的环节。为此,完善的气象监测与预警系统需建立,并根据气候变化提前采取相应措施。例如,在高温天气中,施工进度可通过调整合理安排,避免高温时段施工,从而减少混凝土因温度过高而产生的裂缝<sup>[4]</sup>。而在冬季施工时,采取有效的保温措施至关重要,防止混凝土发生冻结或冻胀问题。气候变化还可能导致土体膨胀或收缩,进而影响结构的稳定性。为此,选择适当的土壤改良技术,诸如膨胀土的固化处理,可以有效提高土体的强度与稳定性,从而确保衔接段施工过程中的结构安全。

## 4 结语

高速公路隧道与桥梁衔接段的施工技术难点,涵盖了诸多挑战,如复杂的地质条件、土体稳定性以及地下水渗透等问题。每一项技术难题,都需要通过精心设计、科学施工方法与严格质量控制来加以解决。随着工程技术的不断进步,施工单位能够通过优化施工方案、加强技术创新及完善管理手段,确保工程顺利推进。面对未来将更加复杂的技术要求,隧道与桥梁衔接段的施工将持续面临更多挑战。项目各方需不断努力,克服施工中的技术难题,以确保项目按期完成,达到高质量标准。保障项目安全与稳定,不仅能够实现,更将为高速公路建设积累宝贵经验,进一步推动交通基础设施的提升与发展。

### 【参考文献】

- [1]李太平.高速公路路基、桥梁、隧道衔接方案研究[J].运输经理世界,2024(2):89-91.
- [2]冯傲.高速公路桥隧连接段混合结构施工研究[D].陕西:长安大学,2017.
- [3]项坚,陈荣.高速公路路基、桥梁与隧道的衔接方案探讨[J].黑龙江交通科技,2015,38(11):126.
- [4]卢玉强.高速路桥梁、隧道及路基断面的成因分析[J].中国住宅设施,2019(3):117-118.

作者简介:裴立(1991.3—),男,职称:目前中级路桥,籍贯:湖北黄冈。