

复杂地质桥隧相连地段施工技术研究

文 / 王 珺 陕西省引汉济渭工程建设有限公司

摘要：复杂地质桥隧相连段是山岭地区铁路设计与施工的重难点，而目前国内对桥隧相连段的研究并不充分，在桥隧连接方式、复杂地质施工组织以及洞口段地质灾害预防等问题上，有待于进一步研究。在这一背景下探讨复杂地质铁路桥隧相连地段施工技术具有巨大的现实意义。本文通过对新建南龙铁路桥隧相连段施工现场分析，对桥隧相连段进行施工方案比选，提出了行之有效的施工方案，解决了多种情况下，桥隧相连施工难题，确保了工程施工和运营安全，为类似工程施工提供了参考。

关键词：山岭隧道；桥隧相连；方案比选；不良地质；运营安全

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.059

引言

随着我国铁路建设迅猛发展，铁路等级与数量逐步提高，铁路市场进一步由交通发展成熟的平原地区向地质复杂的山岭地区发展，复杂地质桥隧相连段设计与施工成了铁路项目的重难点。与此形成鲜明对比的是复杂地质铁路桥隧相连地段施工技术的研究相当有限。这导致许多桥隧连接工程处理缺乏科学性、合理性、有效性，盲目施工既消耗了大量的人力物力又无法保证桥隧相连段的舒适性、安全性。针对此种现状，本文以南龙铁路桥隧相连工程为依托从地质结构、营运安全以及经济效益等方面，对复杂地质铁路工程桥隧相连地段施工技术进行比较系统的研究。

一、桥隧相连段施工特点

铁路项目施工过程中，隧道与桥梁间紧密连接或桥台在隧道中时，其连段落称为桥隧相连段。桥隧相连工程普遍具有场地狭小、地质复杂、施工干扰大等特点。同时桥隧相连段地形地貌千差万别，设计图纸及规范缺乏通用性，对施工指导性较差，施工过程中极易出现桥隧顺接僵硬、桥台防护不到位等情况，为运营埋下重大安全隐患。

根据桥梁与隧道之间的位置状态，桥隧相连段工程施工方案分为：连接式、紧密式、整体式。

（一）连接式方案特点

连接式桥隧相连工程，隧道洞门与桥台由较短的路基连接，桥、路、隧在结构与受力方面无直接联系，这种连接方式的桥、隧相互干扰较小，桥台置于基岩上，不破坏山体，但对施工场地要求较高，同时由于桥、路、隧变形产生的位移是相互独立的。而三者位移的不协调，存在安全隐患，且对行车有一定影响。

（二）紧密式方案特点

紧密式桥隧相连工程，隧道洞门与桥台直接连接，但不伸进隧道，桥台与隧道之间路面表层结构为一个完整的整体，但桥台与隧道洞门独立受力，因此紧密式桥隧相连段具有较高的稳定性。

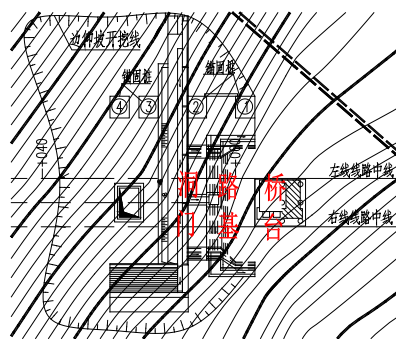


图1 连接式桥隧相连平面图

从施工角度讲，紧密式结构对施工场地及基础要求较高，且防排水设计施工困难，很多时候不具备施工条件。一般情况下，由于桥隧存在施工缝，导致桥台与洞门变形产生的位移是相互独立的。二者位移量的不协调，直接会导致施工缝处横向断裂，影响行车安全。

（三）整体式方案特点

整体式桥隧相连工程，桥梁伸入隧道，正常情况下桥台整体在隧道里，桥台设托梁，隧道洞门整体断面加大，特殊情况下暗洞也要加大一部分，加大段与正常段多采用套拱施工，从而减少隧道内净空突变因起的诸多问题。在结构方面该方案桥台与洞口段为一个整体，保证桥隧结构的完整性，实现了结构共同受力且变形位移统一，对行车影响极小，但整体式桥隧相连方案对洞口地质条件要求较高，造价较高，施工难度较大。

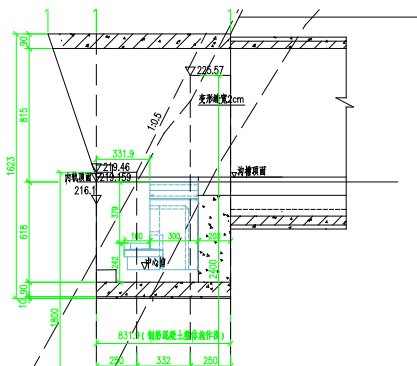


图2 整体式桥隧相连剖面图

(四) 桥隧相连方案分析

针对以上三种方案的施工特点, 对桥隧相连方案分析比较如表 1 所示:

二、复杂地质铁路工程桥隧相连地段施工技术应用

南龙铁路为国家一级铁路, 设计时速为 200km/h, 相关桥隧相连工程见表 2。

表 1 桥隧连接方案优缺点对比表

方案	连接式	紧密式	整体式
方案简介	隧道洞口采用过渡段与桥梁连接, 桥梁与隧道无联系	桥隧紧密连接, 桥台置于基岩上, 桥梁与隧道无直接联系	桥梁深入隧道, 隧道洞口段衬砌断面加大, 桥台位于隧道中
施工难易度	施工无干扰, 施工方便, 风险小	施工干扰较小, 施工较方便, 风险较小	施工难度大, 且桥台施工难度大
防排水处理	排水简单	排水较复杂	桥台在隧道中, 一般情况下需加深中心水沟, 排水设计复杂
环境影响	无影响	有较小影响	有一定影响
运营安全	对行车有一定影响	对行车有较小的影响	基本无影响
工程造价	造价低	造价较低	造价较高

表 2 南龙铁路桥隧相连段落统计表

序号	工点名称	隧道里程		长度	连接类型
		DK095+078.120	DK096+314.800		
1	竹州隧道进口	DK095+078.120	DK096+314.800	1236.68	紧密式
2	莘口隧道进口	DK096+877.000	DK097+388.000	511.00	紧密式
3	下城一号隧道进口	DK098+014.000	DK101+610.000	390.00	整体式
4	柳城隧道进口	DK110+261.000	DK113+596.000	3335.00	整体式
5	黄岗隧道出口	DK101+906.000	DK106+055.000	4149.00	连接式

(一) 柳城隧道进口整体式桥隧相连施工

1. 工程概况

柳城隧道全长 3620m, 隧道内铺设砟轨道, 隧道进口与黄砂岩大桥相连, 该桥由 4 跨 T 型简支梁组成, 桥隧相连段地质条件极差, 地势陡峭, 坡率大于 1:0.5, 洞口外无桥台施作位置, 洞口上方的仰坡岩体节理裂隙发育, 存在较大规模危石危树。

2. 施工方案比选

隧道进口桥隧相连处地质多为松散土体与岩堆, 边坡高度大于 40 米, 坡率大于 1:0.5, 采用连接式、紧密式结构桥台施工难度极大, 且需要大量的边坡防护保护桥台, 给铁路运营留下巨大的安全隐患, 因此该处施工采用整体式连接方案。具体方案如下:

- a. 针对柳城隧道出口软基桥台地质特点, 采用钻孔桩基础加托梁形式, 桥台伸入隧道内 6.5m;
- b. 清除隧道边仰坡松散土石, 并在仰坡截水天沟外设置主动网、被动网;
- c. 洞口仰坡采用预应力锚杆防护, 边仰坡裂缝采用灌浆等措施。洞顶清除危石危树, 增设主动网、被动网;
- d. 隧道洞口桥隧相连且地势较陡位于山脊处, 黄砂岩大桥龙岩台座落在柳城隧道洞门处, 隧道进洞采用直接进洞的方案, 方案平面图见图 3, 该方案直接影响桥

台施工工期 6 个月, 项目通过变更采用于线路前进方向左侧 (DK98+200 处) 设横洞一处, 方案平面图见图 4。

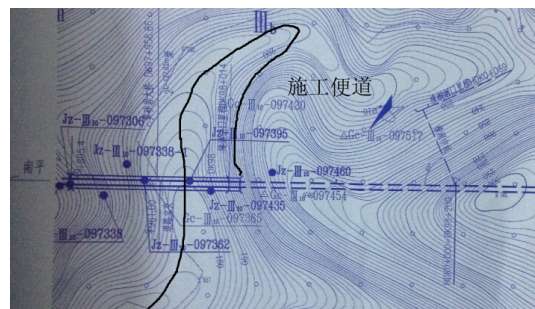


图 3 原隧道进洞方案



图 4 目前隧道进洞方案

(二) 紧密式桥隧相连

1. 工程概况

竹洲隧道全长 1236.68m, 隧道内铺设砟轨道, 隧道进口与竹洲大桥相连, 竹洲大桥为 8 跨 T 型简支梁, 桥台位于陡坡上。

2. 施工方案比选

竹洲隧道进口桥隧相连处地质为强~弱风化变质砂岩, 隧底标高至边坡底部约 15m。桥台边坡接近 90°。隧道仰坡约 45°。洞口设置桥台难度较大, 无法采用连接式桥隧相连结构, 洞口下方为 205 国道, 开挖难度较大, 采用整体式桥隧相连结构易扰动原有围岩, 造成重大安全事故。因此该处施工采用紧密式连接方案。具体方案如下:

a. 针对竹洲隧道进口地质特点, 桥台基础采用钻孔桩基础加承台形式, 桥台与隧道紧密连接;

b. 隧道出洞方向为下坡, 隧道内水沟汇水由洞口端头横向排水管排出洞外, 施工过程中加强洞门与桥台的施工协调, 先施工桥台, 再进行隧道开挖, 避免相互干扰。

c. 隧道洞口下部为国道 205, 洞口及洞内爆破安排在没有车辆、行人通行的情况实施, 施工前与交通管制部门联系, 施工期间实施交通管制, 合理安排施工程序。洞口开挖过程中选择合理爆破参数, 遵从“宁散勿飞”的原则。并在施工期间洞口下部横向布置 50mSNS 临时被动防护网, 尽量避免产生飞石。

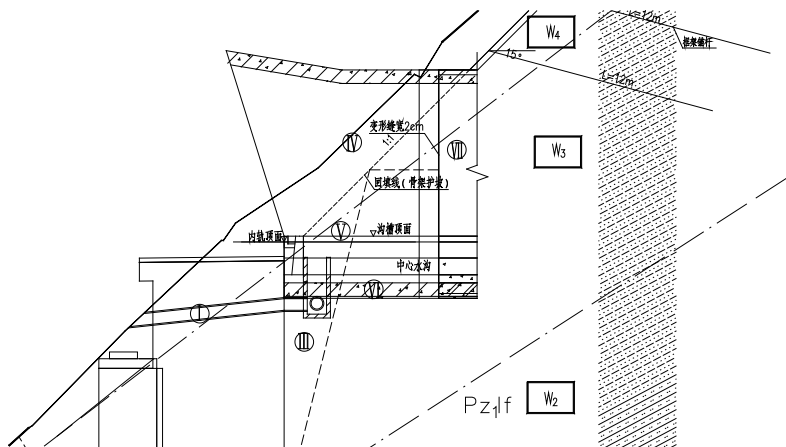


图 5 竹洲隧道进口桥隧相连剖面图

(三) 连接式桥隧相连

1. 工程概况

黄岗隧道全长 4149m, 隧道内铺设砟轨道, 隧道出口与井岗村大桥相连, 井岗村大桥为 7 跨 T 型简支梁, 洞口地势较为平缓, 桥台设置简单。该处主要为弱风化花岗岩组成。

2. 施工方案比选

隧道洞口桥隧相连处地质为弱风化花岗岩, 地势平缓, 洞口设置桥台容易, 洞口段隧道埋深较浅, 且为单压式结构, 综合考虑该处施工条件, 采用连接式施工方案。具体方案如下:

a. 针对黄岗隧道洞口地质特点, 桥台基础采用钻孔桩基础加承台形式, 采用桥台与隧道连接式方案;

b. 为了避免路基、桥梁、隧道连接处路面的刚度不一, 从而产生的不均匀沉降, 路基采用全刚性设计。

c. 短路基施工过程中, 合理安排台背回填与洞门施工时间, 避免桥隧相互干扰。

结语

本文依托南龙铁路桥隧相连工程, 对各个桥隧相连段形式的特点及适用反应进行了详细的分析, 并以南龙铁路为工程实例开展了方案比选, 总结如下:

a. 目前我国铁路工程桥隧相连段连接方式多为连接式、紧密式、整体式, 三者各有优缺点, 施工过程中要根据现场地质条件、经济效益、营运安全等方面综合考

虑选取施工方案。

b. 连接式、紧密式桥隧相连结构设置在地形缓和地段或较缓和地段, 由于隧道洞门与桥台相对独立, 易出现位移差, 影响行车安全。整体式桥隧相连结构常设置于地势较陡, 边仰坡围岩较差的地段。该结构对隧道洞口段稳定性影响较大, 但不存在桥、隧位移差, 行车舒适度高。

c. 因连接方式的不同, 不良地质条件下的隧道洞门施工要点各不相同, 采用紧密式、整体式连接方式时, 地质复杂程度较大, 需增加较多的防护工程量。采用连接式连接方式时, 地质复杂程度较小, 桥隧相连段施工较为容易, 但对短路基填筑要求较高, 且洞口段多为浅埋地形, 进洞多采用控制爆破。

d. 洞口地质稳定性差时, 为防止出现地质灾害, 须进行边坡及仰坡整治后, 才可进行桥台的桩基施工, 施工过程中尽量减少对原围岩的破坏, 必要时采取控制爆破技术。隧道边仰坡防护多采用预应力锚杆、裂缝灌浆等方式, 桥台防护主要包括抗滑桩、挡土墙等。

参考文献

[1] 丁浩, 蒋树屏, 程崇国等. 桥隧混合异型结构设计 [J]. 建筑监督检测与造价, 2009, 2(11 ~ 12): 58 ~ 62
 [2] 薛杰. 山区高速公路桥隧连接工程关键性技术研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学硕士学位论文, 2010.
 [3] 陈列. 武广客运专线桥隧相连地段混凝土简支箱形梁施工方案 [J]. 铁路工程学报, 2007.