

主编 刘坤鹏 副主编 马宏建 崔波



# 新建京石客运专线 石家庄隧道工程 重点技术



XINJIAN JINGSHI KEYUN ZHUANXIAN  
SHIJIAZHUANG SUIDAD GONGCHENG  
ZHONGDIAN JISHU

河北科学技术出版社

主编 刘坤鹏 副主编 马宏建 崔波



# 新建京石客运专线 石家庄隧道工程 重点技术



XINJIAN JINGSHI KEYUN ZHUANXIAN  
SHIJIAZHUANG SUIDADAO GONGCHENG  
ZHONGDIAN JISHU

河北科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

新建京石客运专线石家庄隧道工程重点技术/刘坤  
鹏主编. — 石家庄:河北科学技术出版社, 2012. 11  
ISBN 978-7-5375-5535-7

I. ①新… II. ①刘… III. ①高速铁路—铁路隧道—  
隧道施工—研究—石家庄市 IV. ①U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 260081 号

## 新建京石客运专线石家庄隧道工程重点技术

主编 刘坤鹏 副主编 马宏建 崔波

---

出版发行 河北科学技术出版社  
地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编 050061)  
印 刷 石家庄燕赵创新印刷有限公司  
经 销 新华书店  
开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 25.5  
字 数 590000  
版 次 2012 年 12 月第 1 版  
2012 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 68.00 元

---

## 编委会

名誉主任:郭大焕 张继奎 朱惠刚 康学东

主任:洪开荣 范国文

副主任:熊江陵 刘坤鹏 梁振发 边绍曾

编委:(以姓氏笔画为序)

万清 千昆蓉 马锁柱 王华强 王志刚

王建功 史学平 刘树新 刘晖 朱洪伟

李永红 李怀鉴 李治国 杜华林 杨军

陈虹伟 宫谊彬 赵晋生 蒋树谦 管泽英

主编:刘坤鹏

副主编:马宏建 崔波

审读:杜华林 于全胜 夏福奎 曾怀明 孔小兵

编者:刘杨 付林林 张彬 梁和旺 黄圣

王二平 庞贇 苏海霞 陈明胜 乔永伟

蔡文汉 赵宝锋 杨毅 尹龙 任彦超

# 目 录

<b>第一部分 工程重点技术</b> .....	( 1 )
<b>第一章 石家庄六线隧道工程概述</b> .....	( 2 )
第一节 工程背景 .....	( 2 )
第二节 工程位置与环境 .....	( 2 )
第三节 工程地质及水文地质 .....	( 3 )
第四节 设计概况 .....	( 5 )
第五节 工程特点与重难点 .....	( 8 )
<b>第二章 施工策划与组织</b> .....	( 11 )
第一节 项目的边界条件 .....	( 11 )
第二节 项目组织机构 .....	( 12 )
第三节 项目的管理目标 .....	( 14 )
第四节 项目的策划与组织实施 .....	( 15 )
第五节 工程的风险识别评估 .....	( 18 )
第六节 总体施工顺序、主要施工方案及辅助施工技术措施 .....	( 19 )
第七节 资源计划及组织 .....	( 25 )
第八节 临时工程 .....	( 26 )
第九节 外部环境策划 .....	( 26 )
<b>第三章 明挖隧道围护结构施工技术</b> .....	( 28 )
第一节 围护结构施工简介 .....	( 28 )
第二节 土钉护坡施工技术 .....	( 28 )
第三节 围护桩施工技术 .....	( 30 )
第四节 预应力锚索施工技术 .....	( 35 )
第五节 混凝土支撑施工技术 .....	( 37 )
<b>第四章 明挖隧道主体结构施工技术</b> .....	( 38 )
第一节 明挖结构施工简介 .....	( 38 )
第二节 明挖主体结构施工技术 .....	( 40 )
<b>第五章 双连拱大跨浅埋下穿营业线软土暗挖隧道施工技术</b> .....	( 53 )
第一节 施工概况 .....	( 53 )

第二节	隧道开挖方法的选择 .....	(54)
第三节	营业线加固施工技术 .....	(57)
第四节	隧道的开挖支护施工技术 .....	(60)
第五节	隧道衬砌施工技术 .....	(65)
第六节	经验教训 .....	(69)
<b>第六章</b>	<b>下穿市政主干道盖挖法施工技术 .....</b>	<b>(71)</b>
第一节	盖挖结构简介 .....	(71)
第二节	施工技术 .....	(71)
<b>第七章</b>	<b>路基施工技术 .....</b>	<b>(76)</b>
第一节	总体施工概述 .....	(76)
第二节	路基 CFG 桩加固地基技术 .....	(78)
第三节	路基旋喷桩加固地基技术 .....	(80)
第四节	路基管桩加固地基技术 .....	(83)
<b>第八章</b>	<b>既有线安全施工技术 .....</b>	<b>(88)</b>
第一节	施工及安全概况 .....	(88)
第二节	既有线施工安全管理程序 .....	(88)
第三节	深基坑临近既有线安全施工技术 .....	(90)
<b>第九章</b>	<b>隧道主体结构防水施工技术 .....</b>	<b>(96)</b>
第一节	工程概况 .....	(96)
第二节	主要施工方法和施工技术 .....	(97)
第三节	施工管理措施 .....	(103)
<b>第十章</b>	<b>监控量测技术 .....</b>	<b>(105)</b>
第一节	监测的必要性及目的 .....	(105)
第二节	监测实施 .....	(106)
第三节	应急预案 .....	(125)
第四节	石家庄六线隧道基坑监控量测情况 .....	(126)
第五节	监测优化及合理化建议 .....	(126)
<b>第十一章</b>	<b>六线隧道主要施工设备配备 .....</b>	<b>(128)</b>
第一节	概述 .....	(128)
第二节	砼灌注桩设备配套 .....	(129)
第三节	土方开挖设备配套 .....	(132)

第四节	垂直运输设备配套 .....	(136)
第五节	隧道衬砌设备配套 .....	(137)
第六节	工厂化机械设备配备 .....	(141)
第七节	结语 .....	(142)
<b>第十二章</b>	<b>营业线长大隧道综合施工技术科研攻关 .....</b>	<b>(143)</b>
第一节	科研项目概况 .....	(143)
第二节	各子项科研项目实施及取得的成果 .....	(147)
第三节	需进一步研究的问题 .....	(150)
<b>第二部分</b>	<b>技术论文 .....</b>	<b>(151)</b>
	Study on Instability Risk Analysis for Excavation Close - spaced Building based on Matlab .....	(152)
	Study on the Management System of Safety Risk during Construction Stage for Underground Engineering .....	(160)
	Study the Management of Safety Risk during Construction Stage for Vnderground Engineering .....	(163)
	城市复杂环境大规模多工作面施工劳动力组织与设备配置 .....	(172)
	城市复杂环境下穿既有线铁路施工安全防护技术及管理措施 .....	(180)
	多线大跨三连拱隧道模筑混凝土防裂施工技术 .....	(190)
	繁华城区多工作面明挖隧道施工风险分析及施工控制技术 .....	(199)
	工程合同管理 .....	(218)
	钻孔灌注桩后注浆提高承载力应用与研究 .....	(221)
	近接房屋的基坑失稳风险分析与管理 .....	(233)
	基于 WebGIS 的地下工程安全风险管理系统 .....	(242)
	基于可靠度的基坑近接失稳风险定量分析与控制研究 .....	(252)
	既有线安全防护与既有结构拆除安全施工技术 .....	(261)
	近距离既有线运输对新建隧道基坑围护结构施工的影响及对策 .....	(264)
	京石客专石家庄城市隧道预应力锚固系统的优化 .....	(267)
	京石客专石家庄隧道工程三跨不等高主体结构施工 .....	(271)
	列车动载下预应力锚索的锚固效果研究 .....	(278)
	列车动载作用下锚索锚固力响应规律的研究 .....	(285)
	列车荷载下地层振动效应试验研究 .....	(293)

列车振动传播规律的研究 .....	(301)
浅埋暗挖隧道土体变形分布式光纤监测技术 .....	(308)
浅析混凝土耐久性的影响因素及改善措施 .....	(314)
浅析施工阶段安全风险管理 .....	(320)
石家庄六线隧道围护结构现场监测分析 .....	(325)
土层预应力锚索锚固技术与应力松弛控制技术 .....	(332)
下穿既有线超大断面超浅埋隧道施工技术 .....	(338)
压力分散型锚索与拉力集中型锚索抗振性能研究 .....	(342)
直埋式光纤传感钻孔注浆耦合材料配合比试验研究 .....	(352)
钻孔灌注桩施工工艺及常见质量问题的防治 .....	(359)
钻孔灌注桩关键工序质量控制要点 .....	(371)
<b>第三部分 工程建设照片 .....</b>	<b>(375)</b>

# 第一部分 工程重点技术

# 第一章 石家庄六线隧道工程概述

## 第一节 工程背景

### 1.1 工程建设背景

石家庄市位于河北省中南部,地处燕赵腹地,东临衡水、沧州与渤海相距 300km,西与煤炭基地山西相连,南邻邢台、邯郸,北靠京、津两大直辖市。石家庄是河北省省会,是冀中南地区和华北南部的中心城市。

石家庄铁路枢纽是全国重要的铁路枢纽之一,枢纽衔接京广、石太、石德三条铁路干线,石家庄铁路枢纽担负着华北、山西以及内蒙古东部等地区与华东、中南地区以及东北地区与中南地区间的客货交流的集疏运任务,既可沟通我国南北两方向的联系又可将西部与东部地区联接成一个整体。石家庄六线隧道作为京石客专唯一的一条穿城入地铁路,在全国铁路网中具有十分重要的作用。

### 1.2 工程建设意义

建设京石客运专线石家庄枢纽改造工程,实行客货分线运输,从根本上解决本段客货运输特别是货物运输的紧张局面,迅速形成高速度、大能力、安全畅通的运输通道,适应日益增长的运输需要;有利于完善本地区基础设施建设、投资环境,优化城市布局,对构造完善现代化的综合交通运输体系,促进区域社会经济发展,具有巨大的社会效益和经济效益。石家庄六线隧道的工程建设可以从根本上满足市场对铁路运输的需求,具有巨大的社会效益和经济效益,也是推动国家社会、经济、科技发展及交通运输结构合理配置的有效途径。它的建设,是国家实施可持续发展战略,降低社会成本,拉动经济发展,提高综合国力,实现我国经济社会发展和民族复兴伟大历史使命的需要。

## 第二节 工程位置与环境

### 2.1 工程位置

石家庄六线隧道工程是石家庄枢纽改造工程的重要组成部分,是京石客专北京铁路局代建工程中的重点控制工程,地处河北省石家庄市内,位于既有京广线东侧,自北向南纵穿石家庄市。沿线经过吴家庄、石家庄铁路局供电段、中铁物资集团石家庄有限公司、石家庄国家粮食储备库、石家庄电厂、石家庄铁路二中、石家庄铁路局机车检修厂、石家庄铁路局第

二幼儿园、石家庄铁路公务段、石家庄建筑段、石家庄站、胜利五金市场以及石家庄棉七纺织股份有限公司等企业,沿线房屋较多。

## 2.2 工程环境

### 2.2.1 自然条件

石家庄市地处半湿润半干旱地区,属于暖温带大陆性季风气候,四季分明,气候变化大。春季干旱少雨,夏季炎热多雨,秋季天高气爽,冬季严寒少雪。市区多年平均降水量 534.6mm,降水量年季变化比较大,受气候、地形等因素影响,降水量具有年内分配非常集中的特点,全年降水量的 70% ~ 80% 集中在 6 ~ 9 月,甚至更短时间之内,特别是一些大水年份更加集中。按对铁路工程影响的气候分区石家庄属温暖地区。根据历年气象和调查资料,沿线土壤最大冻结深度为 0.54m。

### 2.2.2 既有线路情况

工程周边既有线有京广、石太、石德等铁路干线,其中京广线是连接中国南北交通大动脉,石太线是山西煤炭外运的主要通道。隧道位于京广线东侧与京广线平行。隧道结构外轮廓距离既有线中线 10.6 ~ 36m,下穿越石太直通线和石德联络线。

### 2.2.3 地面及地下既有建(构)筑物、管线

线路沿线经过的房屋需要拆除。同时有石家庄火车站四站台、火车站南货场需部分拆除。

和平路北侧有人防工事(改 DK280 + 090)与隧道横穿,裕华路北侧人防工事(改 DK282 + 185)与隧道横穿,人防与隧道交叉段落需拆除。

根据现场调查和设计资料反映,隧道范围内,特别是与市政道路交叉处管线较多,涉及给水、排水、电信、电力、燃气、通信电缆等 272 条,全部管线都需拆改。

### 2.3.4 地面交通

工程位于石家庄市市区,既有京广铁路、京珠高速公路、107 国道与本线基本并行,可作为施工运输的铁路、公路主干道,经市区道路与标段相连,交通运输条件便利。

工程横穿义堂路、和平路、正东路、中山东路、裕华路,上述道路包含石家庄市二环路内所有东西向道路,车流量大,交通拥挤。

## 第三节 工程地质及水文地质

### 3.1 工程地质

#### 3.1.1 工程地质情况概述

石家庄六线隧道工程位于河北省石家庄市。线路位于太行山东麓的冲洪积平原,地形平坦开阔,既有京广铁路东部局部为低洼地。地势总体上由西向东倾斜。地面高程一般在 60.0 ~ 95.0m 之间,局部地段由于人工挖掘,使地面凹凸不平。沿线表覆第四系地层,其成因类型可分为人工堆积层、冲洪积层、风积层、坡洪积层。石家庄地区大地构造,属中朝准地台,二级构造单元隶属华北断拗和山西断隆,三级构造单元为冀中台陷和太行拱断束。线路位于冀中台陷西南隅的石家庄凹陷的南部,为一北北东向的中、新生代沉积凹陷。

沿线经过的断裂主要有涿县-石家庄断裂,该断裂由多条断层组成,无明显破碎带。断裂在晚更新世早期仍有较弱活动,进入晚更新世晚期以来,少见活动迹象,该断裂目前处于相对稳定状态。

### 3.1.2 不良地质

#### (1)地面沉降。

河北平原地面沉降形成于20世纪60年代中期以后,1975~1979年随着深层水的大规模开采,含水层被压缩,降落漏斗进一步发展,地面沉降量不断增大。线路经过石家庄沉降漏斗,根据初步研究成果,京石客运专线(涿州至石家庄段)沿线地面沉降量较小,1977~1998年沉降量累计值大部分都小于300mm。总体上看,年沉降速率较小,地面沉降不严重,但随着工农业用水量的增加,漏斗范围有逐渐扩大的趋势。

#### (2)地裂缝。

河北平原处于新构造较活跃的地区,在区域应力场的作用下,使地壳浅表层的土层产生构造节理,局部在二次应力场作用下开启成缝,由地表水下渗、冲刷、侵蚀,特别是汛期,在降水入渗水流渗透、潜蚀的作用下,水溶解土层中的溶盐类物质,连同大量土粒顺开启的土层构造节理流失,使其两壁扩宽,向上延及地表成地裂缝,这是常见的一种类型即区域微破裂开启型地裂缝。

线路附近调查区内的地裂缝单条长度在30~182m,距线路的最小距离为300m,规模很小。经探槽开挖观察不到水平位移及垂直错动现象,只是会造成局部地基土层顺裂缝软化,影响深度很小。这种地裂缝不是断裂构造引发的地裂缝,对铁路工程的变形影响很小。

#### (3)地震液化层。

沿线地下水水位埋深较大,一般大于地震液化判定深度,大部地段不存在地震液化层,但在河道雨季积水地带的松散和稍密砂层应考虑液化的影响。

### 3.1.3 特殊岩土

#### (1)填土。

沿线填土类型包括填筑土、杂填土,主要分布于高速公路、城镇附近,厚度变化较大,一般2~4m,最厚可达5.0m。由于填筑年代长短不一、填筑方法多样、填料组别不一,造成其性质存在差异。特别是杂填土成分以粉质黏土、建筑垃圾和生活垃圾为主,成分复杂,压实困难,作为基底不能满足要求,应予以清除。

#### (2)新黄土。

主要分布在石家庄市西南低缓丘陵区,为次生黄土,黄褐色、褐黄色,硬塑至坚硬,局部地表新黄土具湿陷性,湿陷系数0.015~0.042,属I级轻微非自重湿陷场地。新黄土分布地段的地基应加强地表排水,路基工程做好地基处理。

## 3.2 水文地质

沿线地下水类型为第四系孔隙潜水,局部有微承压性,第四系孔隙潜水主要含水层为砂类土、碎石类土,地下水主要接受大气降水、地表水及侧向径流补给。勘察期间,石家庄地区地下水埋深在30~58m。

目前石家庄地区平原地区地下水位埋深总的趋势是由北往南,由西向东呈递减之势,市区由于过量开采地下水,形成了水位下降漏斗,受开采量和降水入渗的控制,最大水位埋深

在石家庄铁道大学、桃园一带,接近 60m。

## 第四节 设计概况

### 4.1 标段及线路概述

石家庄六线隧道工程地处石家庄市二环内,北起石纺路,南至槐安路,里程段为 DK277 + 440 ~ DK283 + 500,全长 6060m。其中隧道段里程为 DK278 + 000 ~ DK282 + 980,长 4980m;北侧进口路基里程为 DK277 + 440 ~ DK278 + 000,长 560m,南侧出口路基里程为 DK282 + 980 ~ DK283 + 500,长 520m。全部工程位于既有京广线东侧。

隧道为六线并行(局部七线)隧道,线路从左至右(面向北京)依次为改建京广线、京石线和石青线。京石、改建京广线隧道进口里程为 DK278 + 000,出口里程为 DK282 + 980,隧道全长 4980m;石青客专进口里程为 DK282 + 980,出口里程为 DK278 + 540,隧道全长 4440m;石太联络线进口里程为 DK280 + 000,出口里程为 DK278 + 595,隧道全长 1405m。京石客专线间距 5m,改建京广线线间距 4.2 ~ 6.5m,石青客专线间距 4.2m,石太联络线为单线,位于改建京广线西侧。线路里程 DK279 + 260 ~ DK282 + 980 段六线并行等高(和平线路所段:里程 DK279 + 825 ~ DK280 + 063 为七线);DK278 + 823.632 ~ DK279 + 260 段为六线并行不等高;石青客专从 DK279 + 260 开始逐渐高出京石客专,并于 DK278 + 823.632 开始向西偏转至隧道出口。

京石客专左线隧道进口至 DK278 + 619.17 段为  $R = 7000\text{m}$  曲线,DK280 + 900 ~ DK281 + 858.82 段为  $R = 12000\text{m}$  曲线,DK282 + 350.88 至隧道出口段为  $R = 12900\text{m}$  曲线,其余段落为直线。隧道进口至 DK278 + 870 段为 15‰ 的下坡,DK278 + 870 至 DK280 + 300 段为 2.1‰ 的上坡,DK280 + 300 至 DK282 + 100 为 2.2328‰ 的下坡,DK282 + 100 至隧道出口为 14.88‰ 的上坡。隧道最大埋深约 22m(至基坑底)。

### 4.2 工程设计简介

#### 4.2.1 建筑限界、列车设计行车速度、隧道断面内轮廓

石家庄六线隧道内京石客专建筑限界采用《新建时速 300 ~ 350km 客运专线铁路设计暂行规定》(铁建设[2007]47 号)中“客运专线铁路建筑限界”,改建京广线、石青客专和石太联络线的建筑限界采用“GB146.2”中“电力牵引隧道建筑限界”。

石家庄六线隧道内京石客专速度目标值为 350km/h,改建京广线、石青客专速度目标值为 160km/h,石太联络线速度目标值为 120km/h。

京石客专轨面以上有效内净空面积按满足  $100\text{m}^2$  设计。特殊地段,如下穿市政路口埋深受限处按不小于  $92\text{m}^2$  设计,其他隧道净空面积按满足限界和救援通道空间设计。

各线等高的连拱段落,中隔墙每间隔 20m 开  $4\text{m} \times 3.5\text{m}$ (宽  $\times$  高)孔连通隧道,以缓解空气动力学效应和利于防灾疏散。

#### 4.2.2 洞门和洞口工程

①进、出口位置配合路基 U 形槽高度确定;

②结构进、出口段高出原地面部分应满足 1m 覆土,填土坡度 1:2,表面植草绿化;

③考虑洞口段景观设计,隧道进、出口段采用直切式洞门。

#### 4.2.3 支护衬砌设计

##### 4.2.3.1 主要设计标准

①隧道结构安全等级为一级, $\gamma_0 = 1.1$ ;

②隧道主体结构设计使用年限为 100 年;

③在荷载标准组合作用下,结构裂缝宽度迎水面应 $\leq 0.2\text{mm}$ ,背水面应 $\leq 0.3\text{mm}$ ;

④混凝土结构抗震等级为三级;

⑤隧道结构净空尺寸除应满足建筑限界和设备安装要求外,尚应考虑施工误差、测量误差、结构变形等因素予以确定。

##### 4.2.3.2 暗挖隧道

下穿既有石太直通线处,采用暗挖法施工,隧道暗洞采用复合式衬砌,采用双跨连拱形框架结构形式。

石太联络线从六线隧道分离出来后采用暗挖法施工,隧道暗洞采用复合式衬砌。

##### 4.2.3.3 盖挖隧道

隧道下穿和平路、中山路、裕华路市政道路段,采用三跨矩形结构断面,盖挖法施工。

##### 4.2.3.4 明挖隧道

(1)除暗挖、盖挖段落外,其余均采用明挖法施工。

①结构标准断面采用三跨(和平线路所局部四跨)拱(矩)形框架结构;

②石青客专与京石客专、改建京广线隧道分离为独立隧道后,京石客专、改建京广线隧道采用双跨四线拱(矩)形框架结构,石青客专隧道采用单跨双线拱(矩)形框架结构;

③由改建京广线引出的石太联络线,采用单跨单线拱(矩)形框架结构;

(2)石青客专高出京石、京广线,三跨不等高断面段落,石青客专底板以下,采用片石混凝土填充。

(3)明挖结构基底采用 150mm 厚碎石垫层和 100mm 厚 C15 混凝土垫层。地基承载力较低的段落采用微型桩加固地基。

(4)为保证防水效果,连跨拱形结构两拱之间均采用 3:7 灰土回填。

#### 4.2.4 隧道围护结构设计

##### 4.2.4.1 基坑的控制标准

(1)隧道结构外轮廓距既有线路基边缘(线路中线外 4m)的距离,在一倍基坑深度范围之内的地段以及隧道下穿和平路、正东路、中山路、裕华路段落,基坑变形控制保护等级为一级,重要性系数为 1.1,围护结构最大水平位移 $\leq 0.14\% H$ ;地面最大沉降量 $\leq 0.10\% H$ ( $H$ 为基坑深度),且 $\leq 30\text{mm}$ 。

(2)隧道结构外轮廓距既有线路基边缘(线路中线外 4m)的距离,在一倍基坑深度范围之外的地段,基坑变形控制保护等级为二级,重要性系数为 1.0,围护结构最大水平位移 $\leq 0.3\% H$ ;地面最大沉降量 $\leq 0.2\% H$ ( $H$ 为基坑深度),且 $\leq 50\text{mm}$ 。

##### 4.2.4.2 基坑的围护结构参数

(1)隧道结构外轮廓与既有线路基边缘(距线路中线 4m)的净距 $\leq 0.75H$ ( $H$ 为基坑深度),以及下穿和平路、正东路、中山路和裕华路段落,按一级基坑控制标准设计,均采用

φ1200@1800 钻孔灌注桩 + 混凝土支撑 + 锚索围护型式。靠近既有线一侧围护桩外,采用从地面往下袖阀管注浆加固地层,加固深度为地面下 3m 至基坑底下 2m。为减少桩长,基坑上部 1m 范围采用 24 砖墙支护。

(2) 隧道结构外轮廓与既有线路基边缘(距线路中线 4m),  $0.75H < \text{净距} \leq H$  ( $H$  为基坑深度),按一级基坑控制标准设计,采用 φ1000@1500 钻孔灌注桩 + 预应力锚索(基坑上部约 3m 放坡)的围护型式,靠近既有线一侧围护桩外从地面往下打设预留袖阀管,待基坑开挖时,根据监控量测结果,在必要时对地层进行加固,加固深度为地面下 3m 至基坑底下 2m。

(3) 隧道结构外轮廓与既有线路基边缘(距线路中线 4m), 净距  $> H$  ( $H$  为基坑深度),按二级基坑控制标准设计,采用 φ1000@1500 钻孔灌注桩 + 预应力锚索(基坑上部约 3m 放坡)的围护型式。

(4) 石青客专隧道与京石客专隧道分离段落,基坑采用 φ1000@1500 钻孔灌注桩 + 预应力锚索(基坑上部约 3m 放坡)的围护型式和钻孔灌注桩 + 钢支撑围护型式。

(5) 石太联络线隧道明挖段基坑段落,两侧采用 1:0.3 土钉墙围护。

(6) 预应力锚索间距第一道为隔一桩一锚,以下各道为一桩一锚。混凝土支撑纵向间距 6m,格构柱纵向间距 6m,格构柱基础采用 φ1000@6000 钻孔灌注桩。

#### 4.2.5 防排水设计

(1) 防排水原则:“以防为主、刚柔结合、多道防线、因地制宜、综合治理。”

(2) 隧道结构防水等级为一级。

(3) 确定结构自防水为根本,同时加强施工缝、后浇带等细部结构的防水措施。隧道二次衬砌混凝土采用防水混凝土,防水混凝土的抗渗等级不小于 P12;防水混凝土施工采用“双掺”技术,掺加一级粉煤灰及具有补偿收缩功能的 HE 抗裂高效防水剂,参量根据现场实验确定。

(4) 全隧道衬砌均采用全包式防水,采用 LECB(自粘式 ECB)防水板,通过自粘防水板与现浇混凝土的粘结密贴,实现无死角的防水封闭。

(5) 施工缝防水及后浇带的设置:

① 连跨断面施工缝环向按 4m 一道设计,纵向按 8 道设计,结构外墙的施工缝采用两道中埋式橡胶止水带防水,内隔墙不设置;

原则上 60m 间距设置后浇带,其间距可根据现场情况进行调整,后浇带宽 1m,后浇结构与先施工的结构衔接处采用两道中埋式橡胶止水带防水。

② 隧道分成单线、双线及四线断面后,施工缝采用橡胶止水带防水,环向按 8~12m 一道设计,纵向按 4 道设计。

(6) 隧道洞内排水系统。

双线隧道设双侧排水沟与中心排水沟,单线隧道设双侧排水沟,并在隧道最低点处设置横向排水管,引至排水泵房。

#### 4.2.6 路基设计

##### 4.2.6.1 地基加固

采用 CFG 桩、旋喷桩、管桩进行地基加固。其中 CFG 桩桩径 0.5m,呈正方形布置,桩间距 1.6m,桩长 9.3~17.5m。旋喷桩桩径 0.6m,呈正方形布置,桩间距 1.6m,桩长 12.3~

17.5m;管桩正方形布置,桩间距 2.4m,桩长 8.0~19m。CFG 桩、旋喷桩、管桩施工里程段见表 1-1。

表 1-1 地基加固施工桩型及范围

序号	里程段	施工桩型	分布横断面范围
1	DK277 + 440.0 ~ DK277 + 797.8	旋喷桩	基坑西半幅
2	DK277 + 440.0 ~ DK277 + 797.8	CFG 桩	基坑东半幅
3	DK277 + 440.0 ~ DK277 + 797.8	CFG 桩	基坑全幅
4	DK282 + 980.0 ~ DK283 + 295.0	CFG 桩	基坑全幅
5	DK283 + 295.0 ~ DK283 + 500.0	管桩	基坑全幅

CFG 桩及旋喷桩桩顶设 C25 钢筋混凝土桩帽(挡土墙基础正下方不设桩帽),帽间回填碎石并压实,帽顶铺设 0.4m 厚碎石垫层,垫层内夹铺两层双向 100kN/m 土工格栅。

管桩桩顶设 0.15m 碎石垫层 + 0.5m 厚的钢筋混凝土板,混凝土板沿线路方向每 20m 设一道变形缝。

#### 4.2.6.2 堆载预压

基底碎石垫层施工完成后,基床表层填筑前,于 DK277 + 431 ~ + 670 段碎石垫层顶面铺一层土工布后全断面填筑预压土,预压土高度 3.0m,预压土卸载时间以沉降观测数据评估满足工后沉降要求为准;DK277 + 670 ~ DK278 + 000 段不采用堆载预压。

#### 4.2.6.3 防护结构

路堑两侧采用钢筋混凝土扶臂式挡墙防护,墙高 2.2~10.4m。标准单元长度为 11.98m,单元间设 2cm 变形缝,扶臂厚度为 0.6m,净间距 3.61m。挡土墙采用 C30 混凝土现场浇筑,主筋采用 HRB400,拉筋采用 HRB335 钢筋绑扎,基础埋深不小于 1.0m。

## 第五节 工程特点与重难点

### 5.1 工程特点

(1)本项目具有开拓和示范意义。本项目是国内第一个铁路穿城入地工程,又紧邻既有营业线施工,没有先例可以借鉴,属于开创性工程,将为今后类似穿城入地工程提供经验和实践依据。

(2)工程规模大,施工组织复杂。明挖法施工跨度大,一次浇筑砼量大,施工单元多,地基处理工程量大,施工组织、调度指挥和现场控制难度大。

(3)营业线施工,安全风险高。明挖隧道结构与既有京广铁路线并行,暗挖大断面隧道下穿既有石太直通线,任何不安全行为或状态都可能酿成重大事故,造成重大影响。

(4)设计标准高,质量要求高。设计时速 350km/h,速度目标值高。工程采用了高标准的基础沉降控制设计和严格的路基填筑,确保线路满足高速运行需要的高平顺性要求。

(5)拆迁量大,施工任务重,工期紧张。工程地处石家庄市区,人口集中、建筑稠密,全线征地拆迁和地下管线迁改及临时用地的数量多、难度大,将对工程顺利推进产生较大影响。

(6)铁路客专要求施工中要保证“六位一体”,本工程横穿石家庄市中心且采用明挖法施工,环境保护及水土保持就更加重要。

## 5.2 工程重难点

根据京石客专代建工程特点和对工程的理解,路基、石家庄隧道是控制工程,征地拆迁是影响顺利建设的关键因素。考虑施工难度、工期安排、质量控制、安全生产等因素,重难点工程如下:

(1)控制明挖基坑变形,保证基坑稳定和营业线周边建(构)筑物安全和正常使用是深基坑工程施工的重点。

石家庄6线隧道(局部7线隧道),基坑规模大,开挖跨度局部达58m,开挖深度最深达22m。围护结构工序复杂、基坑安全等级高。基坑距离既有京广线较近,采用钻孔灌注桩+砼支撑(预应力锚索)作为围护结构,在围护结构的保护下进行开挖和主体结构的施工,基坑围护结构安全等级为一级。施工中需要高度重视周边建(构)筑物在安全和允许变形值等方面的要求,以控制基坑和建(构)筑物变形在允许范围内,确保营业线安全,确保建(构)筑物安全和使用。

(2)工程规模大、施工内容多、周边环境复杂、工期紧,选择合理组织管理模式、加强现场管理协调,是顺利完成本工程的关键。

石家庄六线隧道为六线(局部七线)并行隧道,为国内第一条六线并行隧道。隧道工程长4.98km,六线隧道下穿石太直通线80m为暗挖,过和平路、中山路、裕华路共218m采用盖挖法施工外,其余为明挖顺做法施工。基坑规模大,施工强度大,资源配置高,安全性要求高,受外界环境干扰大,被列为全线控制和重难点工程,因此施工组织是工程的重点,这需要承包商具备有力的资源调配能力和现场生产组织能力。

(3)搞好分期交通组织,做好周边协调、管线迁改保护工作,确保施工顺利进行是本工程的重点。

隧道穿越石家庄市中心城区,下穿和平路、正东路、中山路、裕华路,交叉段施工时需截断道路,需要交通疏解,以保证周围居民的正常通行;石家庄六线隧道洞身范围房屋、地下管线及铁路线路众多,全部管线需迁改,协调工作量大。

(4)客专大断面隧道下穿既有石太直通线,保证石太直通线正常运营是暗挖隧道施工的难点。

隧道在DK278+300~DK278+380范围内,下穿既有石太直通线,暗挖隧道下穿营业线施工,安全风险大;隧道断面大、埋深浅,最大开挖跨度28.05m,开挖高度13.28m,开挖面积324.53m<sup>2</sup>,拱顶覆土深度1.92~9.47m(包含路基高度6.5m);地质条件复杂,洞身大部分处于干燥的砂层中,开挖时溜塌严重。因而科学合理制定施工方案,建设过程中各参建单位高度关注、通力合作是隧道确保安全质量,按期完工的关键。