



高速公路穿越高速铁路 施工关键技术与 安全控制

Gaosu Gonglu Chuanyue Gaosu Tielu
Shigong Guanjian Jishu ji Anquan Kongzhi

徐 珂 主编
李慧民 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高速公路穿越高速铁路 施工关键技术及安全控制

徐 珂 主编
李慧民 主审

人民交通出版社股份有限公司

内 容 提 要

本书结合商周高速公路二期工程中箱桥下穿顶进陇海铁路、京九铁路的工程实践,系统全面地介绍了高速公路穿越高速铁路技术方案选择、公铁交叉风险因素分析和控制指标体系、箱桥下穿顶进导致铁路既有线路基变形的数值分析、施工降水导致铁路既有线路基变形影响的数值分析、引道 U 形槽单片墙大体积混凝土施工控制、铁路既有线路基控制变形措施及施工监测、箱桥下穿路段路面排水技术、高速公路下穿既有铁路工程安全风险评估及控制等内容。

本书适用于公路工程设计、施工、监理等工程技术人员,以及相关工程管理人员。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路穿越高速铁路施工关键技术及安全控制 /
徐珂主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,
2014.8

ISBN 978-7-114-11682-7

I. ①高… II. ①徐… III. ①高速公路—道路施工—
安全技术 IV. ①U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 197744 号

书 名:高速公路穿越高速铁路施工关键技术及安全控制

著 作 者:徐 珂

责任编辑:李 农 闫吉维

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×980 1/16

印 张:13.75

字 数:280 千

版 次:2014年8月 第1版

印 次:2014年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11682-7

定 价:60.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

《高速公路穿越高速铁路施工关键技术及安全控制》

编审委员会

主 编：徐 珂

副主编：田 卫 管品武

主 审：李慧民

编 委：胡 敏 罗伦英 赵西文 王 琦

汪 洋 徐洪跃 王鲁军 董泽强

黄继成 于金伟 娄瑞杰 李辉华

金 磊 金 豪 李芳华 毕 倩

刘志勇 陆莎莎 张 扬 郭海东

田 飞 裴兴旺 允惠娜 刘忠玉

孟会英 张四恒 黄亚敏

前 言

随着我国国民经济的发展,高速公路与高速铁路等交通基础设施建设从无到有、从稀疏到密集、从连接核心城市到初步形成了四通八达的交通网络。由于路网密度的不断提升,交通通道资源日益紧缺,两种交通方式间的交叉穿越逐渐增多。高速公路下穿既有运营铁路是指新建高速公路与既有铁路发生交叉,需要在既有铁路正常运营的情况下,通过采取工程措施使高速公路从既有铁路下方通过。此类工程既有一般高速公路工程的特点,又具有其特殊性,其中最突出的问题就是高速公路施工区域的安全和既有铁路线安全运营的冲突。一方面,新建高速公路下穿既有铁路,施工过程中会对既有铁路线的路基造成影响,容易造成安全事故;另一方面,既有铁路线在施工的条件下正常营运,铁路运营安全受到威胁。

随着我国路网建设继续完善,可以预见,今后在我国交通路网建设过程中将会不断涌现类似立体交叉工程。在既有运营铁路下进行箱桥顶进施工时,施工对既有铁路路基及列车运营速度必将产生相应影响;同时,列车通过施工路段时的动荷载对顶进施工也将产生影响。但是,两者彼此影响的程度有多深?如何减少施工对周围土层的扰动,最大限度地降低施工对铁路路基变形的影响,以及如何对受影响地层及周围环境采取保护措施?如何选取适宜的箱桥顶进速度限值、列车运营速度限值、降水方案,才能在满足安全运营的同时保证穿越施工顺利进行?这一直是人们所关心的问题。因此,就穿越施工引起的既有线路路基变形及安全控制进行研究具有重要的实际意义。

本书结合商丘至周口高速公路二期工程箱桥下穿陇海铁路、京九铁路的工程实践,较为系统地收集了类似工程和相关研究的资料,开展了以下研究:

(1)列举了公铁交叉中常见的技术方案,通过建立三角模糊数-TOPSIS模型,对施工技术方案进行比选。

(2)研究公铁交叉中箱桥下穿顶进施工的技术原理、适用范围及工艺流程。

(3)提出了顶进施工过程中铁路路基变形和运营期箱桥下穿路面积水是公铁交叉项目存在安全风险的主要原因,并详细分析了顶进施工中铁路路基

变形的主要原因。

(4)利用有限差分软件 FLAC3D、有限元分析软件 ABAQUS 对工作坑开挖、箱桥顶进步长、列车时速、施工降水等因素造成的铁路路基变形进行数值分析。

(5)针对 U 形槽单片墙大体积混凝土温度裂缝产生原因及控制措施进行研究。

(6)根据分析结果,提出铁路路基加固方案,进而提出了箱桥下穿施工中铁路路基变形的控制措施,并提出适合的施工监测方案。

(7)针对平原区高速公路下穿铁路路段积水这一难题,提出了高速公路正常排水系统+集水沉井+渗井的解决方案。

(8)通过影响安全的关键技术分析,进一步研究了箱桥下穿顶进施工的安全风险管控体系:通过具体施工关键技术研究,分析影响施工安全的主要危险源和安全风险因素,确定高速公路下穿既有运营铁路工程安全风险评估指标体系;通过对各安全风险评估方法的比较,选定合理的安全风险评估模型,采集相应数据,对工程施工安全做出评价,为项目安全管理与决策提供参考依据,并提出一套完善的高速公路下穿既有运营铁路施工的安全管理体系。

编者
2014 年 7 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 商周二期下穿陇海铁路项目简介	6
1.4 研究内容和方法	11
1.5 技术路线	12
第二章 高速公路穿越高速铁路技术方案选择	13
2.1 高速公路穿越高速铁路工程的特点	13
2.2 高速公路穿越高速铁路方案介绍	14
2.3 三角模糊数-TOPSIS 法决策的原理与方法	16
2.4 三角模糊数-TOPSIS 法在本工程方案选择中的应用	23
第三章 公铁交叉风险因素分析和控制指标体系研究	40
3.1 箱桥顶进施工简介	40
3.2 公铁交叉项目风险因素分析	42
3.3 公铁交叉项目风险因素分析的控制指标体系研究	44
第四章 箱桥下穿顶进导致铁路既有线路基变形的数值分析	47
4.1 路基变形的数值分析方法	47
4.2 工作坑开挖对铁路既有线路基变形影响的数值分析	52
4.3 不同顶进步长对铁路既有线路基变形影响的数值分析	58
4.4 不同列车时速对铁路既有线路基变形影响的数值分析	65
第五章 施工降水导致铁路既有线路基变形影响的数值分析	71
5.1 降水方案的选择	71
5.2 箱桥下穿高速铁路施工降水工程数值模拟分析方法	72
5.3 不同降水速率对铁路既有线路基变形影响的数值分析	75
5.4 连续降水对铁路既有线路基变形影响的数值分析	83
5.5 加固补强后连续降水对铁路既有线路基变形影响的数值分析	85
5.6 箱桥下穿顶进过程中降水突停对铁路既有线路基变形的影响	94
第六章 引道 U 形槽单片墙大体积混凝土施工控制研究	100
6.1 U 形槽单片墙大体积混凝土温度裂缝产生原因	100

6.2	U形槽单片墙大体积混凝土温度场的基本理论	106
6.3	大体积混凝土裂缝控制的方法与措施	112
第七章	铁路既有线路基控制变形措施及施工监测	119
7.1	箱桥下穿顶进施工过程分项控制措施	119
7.2	箱桥下穿顶进施工过程监测预警机制的构建	123
7.3	监测预警机制在本工程中的应用	142
7.4	理论分析数据与现场监测数据耦合度分析	151
第八章	箱桥下穿路段路面排水技术	153
8.1	路面排水设计概述	153
8.2	本项目排水工程专项设计	155
第九章	高速公路下穿既有铁路工程安全风险评估及控制研究	161
9.1	箱涵下穿顶进施工过程风险源的识别	161
9.2	高速公路下穿既有铁路工程安全事故理论研究	164
9.3	高速公路下穿既有铁路工程安全风险评估指标研究	173
9.4	高速公路下穿既有铁路工程安全风险评估研究	178
9.5	高速公路下穿既有铁路工程安全风险控制研究	194
9.6	高速公路与铁路交叉施工管理体制的探讨及对安全的影响	200
第十章	总结与展望	204
10.1	总结	204
10.2	展望	206
参考文献		207

第一章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着我国经济建设的迅速发展,我国交通基础设施的建设也在不断发展完善。在大规模的基础设施建设中,交通建设更是重中之重。2007年,我国铁路实施了第六次大面积提速,列车密度大幅提高,铁路与公路平面交叉口的交通阻塞问题愈加突出。因此新建高速公路与既有铁路线进行交叉时,采取高速公路下穿既有铁路就是一种重要的穿越形式。这种穿越需要在既有铁路正常运营的情况下,主要采用预制箱桥下穿铁路的施工工艺。具体为:在高速铁路的路基一侧,先预制好钢筋混凝土箱桥结构,再对高速铁路线路进行加固架空,然后借用大量千斤顶将箱桥逐步顶入高速铁路下的路基中,最后拆除加固架空设备。该施工工艺既可保证下穿顶进施工的顺利进行,又能保证高速铁路在顶进施工全过程中的正常运营。

高速公路下穿既有铁路工程,既有一般高速公路工程的特点,又具有其特殊性,其中最突出的问题就是高速公路施工区域的安全和既有铁路线安全运营的冲突问题。一方面,新建高速公路下穿既有铁路,施工过程中会对既有铁路线的路基造成影响,容易造成安全事故;另一方面,既有铁路线在施工的条件下正常营运,倘若是繁忙的主干铁路线,会给工程施工带来很大难度,同时铁路线区域的作业人员的人身安全也会受到威胁。因此,此类工程的安全风险问题非常突出。

高速公路下穿既有铁路工程,由于高速公路与铁路存在不同的建设周期、技术标准、施工要求及管理模式,使得公铁交叉施工存在“技术壁垒”或“管理壁垒”,这些壁垒给两者的快速发展和运营安全带来极大风险。据统计,公铁交叉对于后建设一方,不仅是管理和技术上的控制性工程,更是重大的风险源;对于现运营一方同样承担着巨大的运营保障职责,因而施工中各种事故屡见不鲜。

2007年5月5日,中铁四局在湖北武昌站进行箱涵下穿顶进施工过程中工作坑的北侧突然发生坍塌,将工作坑内施工人员掩埋,造成2人死亡、2人轻伤。

2010年7月18日,由中铁九局承建的新建沈阳西塔公铁桥施工现场突然发生坍塌

事故,造成1人死亡、4人重伤。该事故不仅使工期发生了延误,还给企业造成了不良影响,更影响了周围居民的正常生活。

2012年5月23日,贵广铁路穿越广州绕城高速公路,防护棚贝雷片掉落,砸中3辆汽车,造成4人受伤(其中重伤1人),同时造成广州绕城高速公路拥堵十余小时。

山西大同至浑源高速公路下穿大秦铁路,由于技术与安全方面的风险,工程停工8个月。

据不完全统计,随着高速铁路、高速公路网密度不断提升,目前新建高速公路或高速铁路,60%以上的后建项目涉及公铁交叉问题。由于公铁交叉与其他工程相比,具有隐蔽性强、工序复杂、动态性和风险大等显著特点,因此此类交叉工程无一不是全线控制性工程,存在重大的管理、技术和安全风险。

1.1.2 研究目的及意义

由于我国的路网建设还不完善,可以预见,今后我国交通路网建设过程中将会不断涌现新修高速公路穿越既有运营铁路的立体交叉工程。在交通路网的建设中,新建线路下穿既有线路施工对既有线路的影响,以及施工过程中两者的相互影响十分复杂。高速公路下穿铁路施工普遍采用顶推工艺,在既有线路下进行箱桥顶进施工过程中,施工对既有线路路基及列车运营速度必将产生相应影响,施工中要重点解决铁路路基变形、基坑降水、箱涵下沉、大体积混凝土浇筑、路面排水等诸多技术难题,以及需要完善的技术设计方案和施工准备措施。

经过多年的实践,虽然箱涵下穿施工技术得到了很大改进,技术发展得相对成熟,但施工过程中仍然不可避免地会对周围土体产生扰动,进而导致不同程度的路基位移和变形^[2]。路基的变形超过一定限度时,必然危及相应既有线路上列车的安全运行。因此,必须采取相应措施,最大限度地降低施工对既有线路的不利影响。同时,列车通过施工路段时的动荷载对顶进施工也将产生影响。两者彼此影响的程度有多大?如何减少施工对周围土层的扰动,最大限度地降低施工对既有线路路基变形的影响?以及如何对受影响地层及周围环境采取保护措施?如何选取适宜的箱桥顶进速度限值、列车运营速度限值、降水方案,才能满足安全运营同时取得最大的经济效益^[3]?这些一直是人们所关心的问题。因此,就箱桥顶进法施工引起的既有线路路基变形及控制进行研究具有重要的实际意义。

在施工管理中,如果不能准确评估高速公路下穿既有铁路工程的安全风险,就会导致盲目处理问题。即要么对此类工程的安全风险估计过高,为了保证工程的安全,不惜大笔资金投入造成成本增加,同时在工程建设的设计、施工、环境保护等各个方面采取保守应对策略,在一定程度上限制了高速公路建设的发展;要么对此类工程的安全风险估计不足,未采取有效的手段预防和解决工程中的安全问题,导致既有铁路线破坏,造成安全事故,对社会、经济和人员产生难以估量的损失。所以,为了减少高速公路下穿既有铁

路工程安全事故的发生,提高工程的安全水平,对此类工程进行安全风险评估和控制研究已迫在眉睫。

本书立足于商丘至周口高速公路二期工程(以下简称商周二期)穿越陇海铁路商丘段(时速 200km)交叉工程实际,对施工全过程进行实地调研,收集现场试验数据、资料及国内外大量研究文献,找出影响高速公路下穿高速铁路施工的关键技术线路和控制点,研究如何建立有效的施工安全风险管控体系。在公铁交叉关键技术中,重点研究了商周二期下穿陇海铁路箱桥顶进技术理论,顶推过程路基变形及控制研究,高地下水位地质条件下施工降水研究,U 形槽大体积混凝土技术,箱桥及引道 U 形槽路面排水研究等关键技术。分析技术流程,找出关键管控因素,形成公铁交叉的完整技术控制链条。同时通过以上关键技术研究,分析影响施工安全的主要危险源和安全风险因素,确定出高速公路穿越高速铁路工程安全风险评估指标体系,通过对各安全风险评估方法的比较,选定合理的安全风险评估模型,采集相应数据,对工程施工安全做出评价,为项目安全管理与决策提供参考依据,并提出一套完善的高速公路穿越高速铁路施工安全管理体系。通过本书的研究,以期对我国今后类似工程的安全管理研究提供一定的借鉴,并能在实际工程中产生一定的实用价值,减少安全事故的发生,为管理者提供一套科学的决策和管理方法。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 箱桥顶进施工研究现状

穿越工程对既有线路的影响在发达国家比较受重视,其理论研究和实际应用都已达到很高水平。尤其是在德国、加拿大、日本等国家的交通建设中,穿越工程影响因素的评估、控制技术和控制理论方面的研究成果,都是值得我们学习和借鉴的。

国际上大多数国家的交通状况并没有我国那么繁忙,穿越工程施工时,完全可以先停止既有线路的运营,然后再进行穿越施工,施工完毕后再恢复穿越线路的运营。目前,只有日本的东京地铁对穿越地铁的工程给了控制变形值指标,并要求施工单位严格控制^[3]。在我国,由于交通繁忙,这就要求穿越施工时不能中断既有线路的运营。目前,我国在穿越工程对既有线路的影响方面的认识还不够深刻,还只是在施工过程中发现问题才采取相应措施进行补救,这不仅会对新建线路的施工进度造成延误,更会影响既有线路的安全运营,给业主和建设单位造成经济损失。

对于穿越工程中地层移动和地表沉降的预测,国内外都进行了大量的数值模型研究,其主要方法有:有限元法、边界元法、半解析法等。有限元法又分线弹性、非线性弹性、弹塑性、黏弹性、黏弹塑性等几种情况^[4]。

目前国内学者采用不同的分析方法,考虑不同的影响因素对箱桥穿越工程进行研究,在理论分析、模型试验、工程实践方面都取得了一定的研究成果。箱桥在预制和顶进

的过程中,会由于外界因素如温度、受力等的影响产生较大的内力甚至是变形、裂缝。邱建安(2003)^[5]结合实际工程,对预制混凝土箱桥裂缝产生的原因进行了分析,指出预制箱桥裂缝的产生主要是由于温度应力、徐变等原因引起的,并提出了相应的施工建议;杜守继等(2005)^[6]为分析箱桥结构与土的相互作用对结构本身及周围土体的影响,采用三维实体建模方法分别模拟有列车荷载和无列车荷载两种工况,分析总结了箱桥结构与周围土体的位移、应力分布特征,为箱桥结构设计提供了可靠的分析依据;海潮等(2005)^[7]针对双孔斜交箱桥在地铁开挖前后的受力状态,用有限元法进行了分析,得到了斜交箱桥在不同工况下的受力特点,并根据所得结果总结出箱桥底板在不同工况下的弯矩分布规律和底板下各点的沉降规律等;针对大跨度斜交箱桥底板下地铁开挖对箱桥结构的影响问题,林文泉等(2004)^[8]借助大型有限元分析软件 ANSYS 进行了探讨,分析了地铁开挖前、后箱桥结构的受力和变形,得出不影响箱桥结构安全受力状态的最小开挖深度。

1.2.2 箱桥顶进安全管理研究现状

建设工程项目具有资金投入大、施工技术复杂、施工周期长、涉及单位多等特点,导致其不可预见风险因素较多,一旦发生安全事故,对社会和环境会造成重大影响。为了减少安全事故的发生,许多国家已经积极开展关于安全管理的研究,并先后建立了适合本国国情的政策法规。比如,欧共体行政院于 1992 年发布了“欧共体就在临时或移动施工现场实施最低安全和健康要求的指令”^[9];2003 年英国发布了《英国隧道工程建设风险管理联合规范》^[10]。日本劳动省于 1976 年开发出全面系统的关于化学工业厂安全的“六步骤评价法”,此方法基于蒙得指数评价方法和火灾爆炸指数评价方法,融合了系统工程相关技术。

学术研究方面,Samelson 于 1982 年通过调查发现具有较高安全素质的承包商所负责的工程项目安全率也比较高,故提出了一种通过选择高安全素质的承包商来确保工程项目的安全率的观点,并研究了业主应该如何主动而仔细地选择高安全素质承包商^[11];Liska 于 1993 年提出建设安全工程的“零事故”技术,强调了建设工程项目施工前的安全计划编制,对工作人员进行安全培训和教育,公司召开安全会议并提供安全保障措施的重要性;Lingrad H. C. 等人于 1997 年以减少安全事故和规范作业为目的,提出了行为安全管理理论,强调该理论以设定安全管理目标为核心,且需要实时对比评估管理目标和施工行为^[12];Joe M. Wilson 于 2000 年研究认为,安全的组织和程序可有效消除和防止安全事故,保证工程的经济效益,并提出了为了保证连续动态的安全管理工作必须进行实时监控和调整^[13];Burland J. 于 2000 年以伦敦 JUBILE 线工程为例,研究了隧道工程对既有环境的影响并进行了评估,计算出可能存在的损伤及破坏概率,同时提出了相应防范治理措施^[14];A. J. M. Sne 于 2002 年以阿姆斯特丹南北地铁工程为背景,基于工期、质量和投资三方面研究了设计和施工阶段如何进行风险管理,并提出了一种 IPB 风险管理模式;Gregory Carter 于 2006 年对现阶段工程的危险源识别水平进行了调研,为了解决调研中发现的识

别水平较低现象,提出了融入信息技术的全面安全管理方法^[15];Matthew R. Hallowell 等人于 2010 年构建了基于安全和健康的风险分析模型,使工程的专业安全员可以有效地评估安全风险和选择安全计划实施内容,并通过实例验证该模型的科学性和有效性^[16]。

我国关于安全管理的研究起步较发达国家晚,最初研究主要是翻译国外文献。随着安全管理研究的深入,近年来我国在该领域取得了巨大进步。清华大学 1999 年成立的 GAMAN 建设工程安全生产管理研究中心,标志着我国建设工程安全生产管理研究体系的诞生;2002 年《中华人民共和国安全生产法》的出台标志着我国第一部安全生产法律的诞生,随后出台的《建设工程安全管理条例》、《地铁与地下工程建设技术风险控制导则》等法律规范也预示着我国在安全管理工作上所取得的成就。

国内学者关于安全管理方面的研究,郭仲伟于 1987 年系统地引入并发展了风险分析理论和方法,全面评述了国内外关于风险的研究成果;丁士昭于 1992 年以上海地铁一号线工程以及广州地铁首期工程为背景,研究了地铁建设过程中存在的风险和规避风险的保险模式;陈宝智于 1994 年对事故致因理论的发展和演变做了系统的介绍,并以此为基础提出了加强安全生产管理方法和控制事故发生措施的一系列内在原因;谢庭渝于 2003 年通过调查建设工程施工过程中人的行为及人与机械、材料等因素的关系,发现并论述了如何控制工程施工过程中塔吊倒塌、高处坠落等重大危险;方东平于 2005 年研究了施工过程中的意外事故对工程可能造成的各种伤害与损失,发现了我国目前统计建设工程经济损失的方法不完善之处^[17];骆建军于 2007 年针对建筑物沉降倾斜标准及其安全性,提出了地铁施工的安全管理方法,通过实例验证该方法能够较好地指导相关工程的安管理工作^[18];钱七虎等人于 2008 年针对地下工程建设的特点强调了地下工程进行安全风险管理的的重要性,通过对我国地下工程安全风险现状的研究,提出了一系列建议;杨顺新等人于 2008 年针对高速公路安全事故特点,在高速公路突发事件管理系统中引入范例推理理论,并通过试验验证了该系统的功效性^[19];李成华、李慧民于 2009 年根据项目的安全管理因素建立了安全管理绩效的评估指标,结合 AHP 和三角模糊数对建设工程的安全管理绩效进行评估,并通过工程实例验证了该方法的有效性^[20];周志鹏、李启民于 2009 年提出一种“问题发现型”安全管理方式——率先将险兆事件(NM)应用于安全管理,分析 NM 和安全事故的关系,结合工程特点构建适合的 NM 安全管理系统;周建亮、方东平于 2011 年为了解决我国建筑安全生产主要靠政府和监理检查等现象,探讨了我国建设项目安全管理中建设单位、设计单位和监理单位的定位,并据此提出建设单位和政府部门推动安全生产,激励施工单位主动安全生产等方案^[21]。

以上国内外关于安全管理的研究进展表明,虽然安全管理研究已在多个领域广泛开展,但关于高速公路下穿既有铁路工程的系统、全面的安全管理研究并不多。因此,有必要研究高速公路下穿既有铁路工程的安全风险,为此类工程的安全管理提供切实可行的方法与措施。

1.3 商周二期下穿陇海铁路项目简介

商周二期是河南省高速公路网的重要组成部分,本项目主要控制性工程是下穿陇海铁路工程(土建四标)。

1.3.1 项目背景

本项目被交叉的线路为时速 200km 的高速铁路,每天通行客车数量 185 列,其中动车组列车 60 列,每天高峰时段平均列车通过间隔小于 3min。由于地处平原区,既有铁路路基高度(路轨底面距地面自然高程)不足 2m。本项目位于黄淮冲积平原,水文地质环境较为复杂,实测地下水位埋深不足 2m。根据现场地质情况,最佳技术方案应为高速公路上跨陇海铁路,且上跨方案(高速公路连续箱梁跨越铁路)已经审批机关批复,并取得郑州铁路局同意。但实际实施过程中,由于新增规划的郑州至徐州高速铁路客运专线(以下简称郑徐客专)在此交叉以北 30m 与陇海铁路并行通过,如商周二期高速公路上跨陇海铁路,则根据技术要求同样须上跨郑徐客专。原铁道部认为高速公路上跨郑徐客专,后期运营中高速公路交通事故或车辆抛洒物将对高速铁路造成重大安全隐患,因此要求商周二期改为下穿郑徐客专。由于此处郑徐客专已临近入站,高程无法抬高,因此只得降低高速公路高程采用下穿方式通过陇海铁路及郑徐客专(图 1-1、图 1-2)。

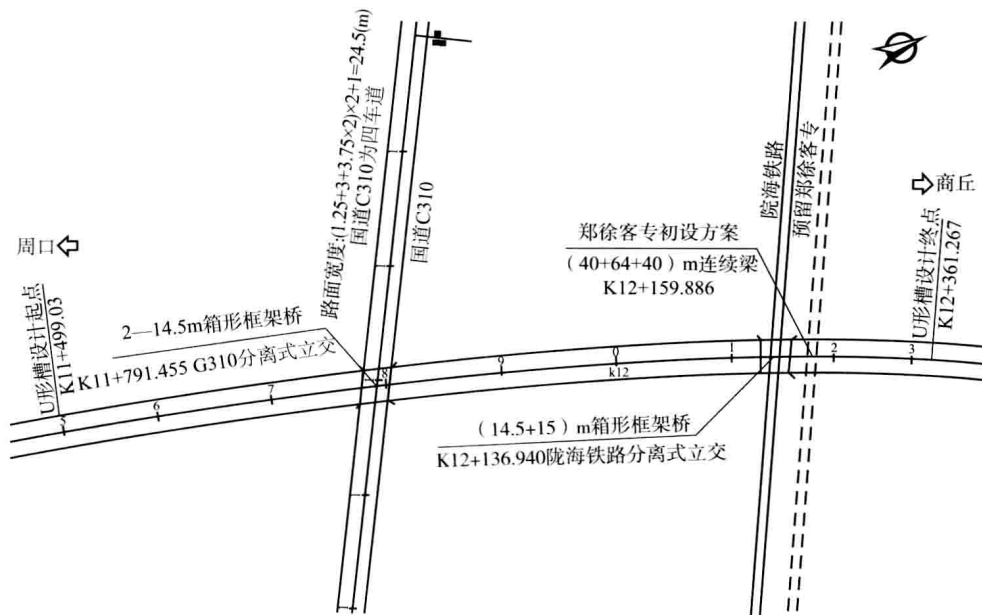


图 1-1 商周二期下穿陇海铁路平面图

注:1. 下穿陇海铁路工程 U 形槽段落:K11+499.030 ~ K12+361.267;

2. 中央分隔带采用新泽西护栏。



图 1-2 商周二期下穿陇海铁路通车后实景图

综合以上情况,为全力支持郑徐客专建设,经河南省交通运输厅和郑州铁路局多次研究,本项目进行了重大设计变更。原设计上跨陇海铁路方案变更为下穿陇海铁路方案。变更后给本项目实施造成巨大影响,主要表现为:

(1)陇海铁路为时速 200km 高速铁路,每天通行客车数量 185 列,动车组列车 60 列,每天高峰时段平均列车通过间隔小于 3min,下穿对铁路既有线扰动很大,安全压力陡增。且本项目施工期(2011 年 8 月~12 月)正值 2011 年“7.23 温州动车事故”善后处理期间,铁路安全是全国关注焦点,任何差错或意外都可能成为社会热点。

(2)既有铁路路基高度不足 2m,下穿施工工作坑须开挖至自然地面高程下 10m 左右,在此基础上预制箱涵进行顶进。项目所在地地下水位埋深不足 2m,且地层富含流沙、淤泥,下穿施工对降水要求高,技术难度及安全风险极大。

(3)陇海铁路南不足 100m 为国道 310(与陇海铁路平行),受高程限制,商周二期变更为下穿陇海铁路方案后,同样需下穿国道 310。导致高速公路出现长大纵坡,两侧变坡点间距达 4km,路面最低点低于地面自然高程近 8m,路面汇水面积近 30000m²,一旦遭遇暴雨可造成短时间内淹没高速公路,影响运营安全。

(4)工期短。商周二期是河南省政府确定的 2011 年通车高速公路项目,受陇海铁路设计变更影响,下穿工程 2011 年 7 月方正式开工,中间受铁路管理部门汛期禁止施工规定(汛期 7、8、9 月不得在铁路路基施工),有效施工时间不足 4 个月。

(5)施工期间降水量大。2011 年夏秋之交,商丘地区降雨量为 60 年之最,项目所在地地势低洼,地下水位高,给施工带来很大困难。

综合以上因素,本项目成为当年全国公铁交叉项目中难度最大的项目,原铁道部、郑州铁路局、河南省交通运输厅、商丘市人民政府等均对本项目最为关键安全风险点进行严格管控。依据本项目作为研究背景,具有很强的代表性及实际意义。

(2) 陇海铁路基本情况

陇海铁路为双线电气化无缝线路,上下行中心距5m,并行等高,与公路相交处轨顶高程为52.59m,钢轨为60轨。上行线为钢筋混凝土Ⅲ型枕,下行线为钢筋混凝土Ⅱ型枕,碎石道床。箱桥在铁路南侧预制(图1-4、图1-5)。

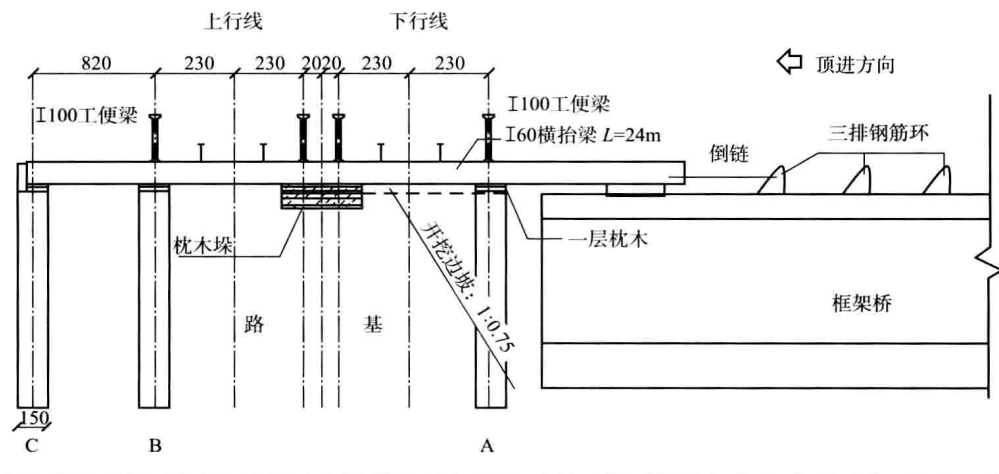


图 1-4 商周二期下穿陇海铁路箱桥架空顶进横断面图(尺寸单位:cm)

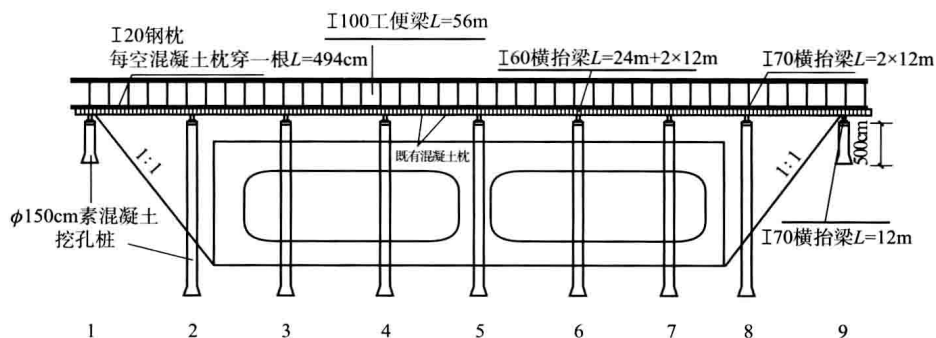


图 1-5 商周二期下穿陇海铁路箱桥架空顶进纵断面图

(3) 自然地质基本情况

本项目位于黄淮冲积地貌平原区,地形局部略有起伏,总体平坦、开阔,多为农田。根据勘探数据,该地区按成因和时代分类主要有:第四系全新统冲积层和上更新统河湖相沉积层。

本场地为浅层地下水,补给来源主要为大气降水入渗补给,排泄方式主要为蒸发和人工开采。浅层地下水的埋深受大气降水影响,雨季水位抬升,旱季水位下降,一般情况