

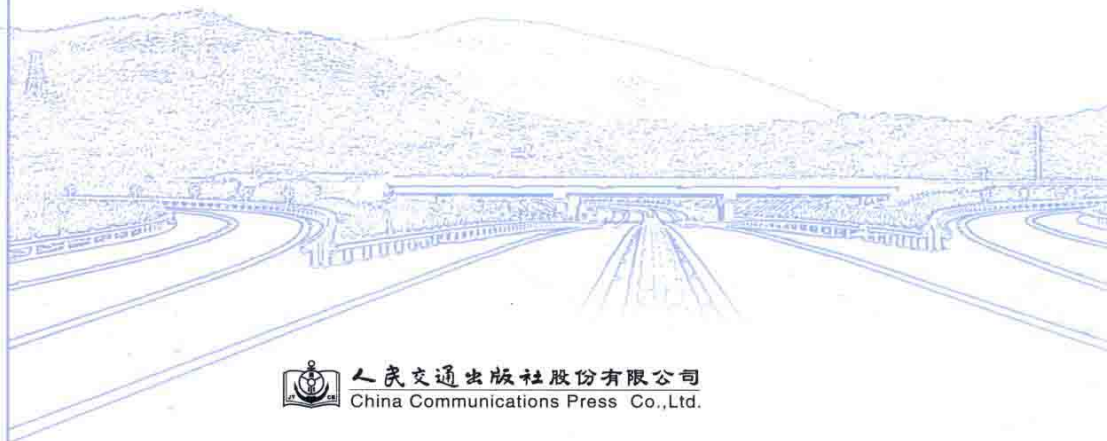


高速公路改扩建工程技术丛书

Application Guide of  
**Key Splicing Technology**  
for Highway Reorganization and Extension Project

# 高速公路改扩建工程 拼接关键技术 应用指南

主 编 董 辉  
副主编 王 伟 葛金城  
崔志勇 王 贺



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

# 高速公路改扩建工程拼接关键技术应用指南

主 编 董 辉

副主编 王 伟 葛金城 崔志勇 王 贺



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

## 内 容 提 要

本书以京港澳高速公路石家庄至磁县(冀豫界)段改扩建加宽工程为依托,为实现高速公路加宽工程的安全、耐久,结合工程实施过程中的研究成果,对路基、路面、桥梁、涵洞拼接加宽中采用的新技术、新工艺、新材料、新设备等进行总结和提炼。本书内容新颖、全面,具有较强的实用价值。

全书共分6章,主要内容包括:绪论,石安高速公路改扩建拼接工程勘察设计概况,高速公路改扩建工程路基拼接关键技术,高速公路改扩建工程路面拼接关键技术,高速公路改扩建工程桥梁拼接关键技术,高速公路改扩建工程涵洞拼接关键技术等。

本书可作为从事公路工程设计、施工、管理、监理及养护的技术和管理人员参考与培训用书,也可供高等院校相关专业师生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速公路改扩建工程拼接关键技术应用指南 / 董辉  
主编. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017. 10  
ISBN 978-7-114-14007-5

I. ①高… II. ①董… III. ①高速公路—改建—道路  
工程—指南②高速公路—扩建—道路工程—指南 IV.  
①U418.8-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第166757号

书 名: 高速公路改扩建工程拼接关键技术应用指南  
著 者: 董 辉  
责任编辑: 王 霞 李 娜  
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: 北京鑫正大印刷有限公司  
开 本: 787×1092 1/16  
印 张: 23  
字 数: 547千  
版 次: 2017年10月 第1版  
印 次: 2017年10月 第1次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-14007-5  
定 价: 88.00元  
(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

# 高速公路改扩建工程拼接关键技术应用指南

## 编写委员会

主 编：董 辉

副 主 编：王 伟 葛金城 崔志勇 王 贺

编 委：张韶波 蔡永利 康 博 赵瑞卿

李占锋 于盛彬 王晓兰 康 玮

雷明雪 崔少谦 任跃民 焦彦磊

熊保林

# 前言

## Foreword

京港澳高速公路石家庄至磁县(冀豫界)段是京港澳高速公路河北段的重要组成部分,也是河北省2020年高速公路网布局规划“五纵、六横、七条线”中最主要的南北交通干线,是河北省中南部地区联系首都北京,进而沟通东北、华北和华中地区的重要高速通道,其在国家及河北省路网中具有十分显要的地位,是全国最繁忙的交通要道之一。京港澳高速公路石磁段于1997年年底建成通车后,交通量迅速增长,服务水平趋于饱和。根据交通量预测,按现有技术标准,至2015年已全部进入三级服务水平。因此,扩建本段高速公路是十分必要的。

本次京港澳高速公路石家庄至磁县(冀豫界)段改扩建工程,石家庄附近石黄枢纽—西封斯枢纽新建段另辟走廊新建,西封斯枢纽—冀豫界段则采用沿旧路两侧加宽的方案。既有京港澳高速公路为双向四车道高速公路,路基宽度26m,设计速度120km/h,扩建后为双向八车道高速公路,路基宽度42m,设计速度120km/h。石黄枢纽—西封斯枢纽新建段按双向八车道高速公路标准建设,路基宽度42m,设计速度120km/h。邯郸东南环按双向四车道高速公路标准新建,路基宽28m,设计车速120km/h。

高速公路主体主要包括路基、路面、桥梁、涵洞等结构,那么路基、路面、桥梁、涵洞结构的拼接就成为了高速公路改扩建拼接工程的主要方面。为实现新旧道路的有效衔接,结合石安高速公路改扩建工程实践,研究并提出了路基、路面、桥梁等拼接工程的关键创新技术。主要包括:一是车载三维激光扫描技术成功地应用于改扩建公路测量,使车载三维激光点云精度和由点云生成的DEM精度满足平面坐标中误差小于 $\pm 5\text{cm}$ 、高程精度小于 $\pm 2\text{cm}$ 的要求;二是对高速公路改扩建工程路基拼接中粉煤灰填料路基加宽拼接技术进行了详细说明,对路基锚固加筋技术进行了创新,对加宽路基的沉降观测技术进行了更新;三是对路面拼接局部地段进行了应力吸收带方案的施工,给出了应力吸收带的设计与施工工艺、质量控制指标,并对其进行了相应的现场测试与跟踪观测,观测表明,应力吸收带在拓宽路面拼接中的应用具有很好的适应性;四是开展一系列基于重载交通的桥梁耐久性研究,研



发新技术、新结构、新材料,进一步延长桥梁的使用寿命、节约养护成本、提高桥梁与交通的安全性。

本书共分6章。第1章绪论介绍了高速公路改扩建的必要性,石安高速公路改扩建工程概况,包括项目背景、项目区域自然条件以及主要技术指标等。第2章介绍了石安高速公路改扩建拼接工程勘察设计概况,高速公路路网安全性评价和应急技术,车载三维激光扫描勘察技术在高速公路改扩建工程中的应用以及石安高速公路改扩建工程路基、路面、桥梁、涵洞拼接设计概况等。第3章介绍了高速公路改扩建工程路基拼接关键技术,包括高速公路改扩建工程加宽路基破坏机理及处理技术、石安高速公路老路现状及扩建拼接方案、软基沉降处治技术、粉煤灰填料路基加宽技术、路桥过渡段加宽技术、锚固加筋技术、加宽路基沉降观测技术等。第4章介绍了高速公路改扩建工程路面拼接关键技术,探讨高比例回收料厂拌热再生技术应用方案及质量控制指标,研究改扩建高速公路路面桥面层间处治技术标准 and 施工质量控制指标。第5章介绍了高速公路改扩建工程桥梁拼接关键技术,包括空心板梁桥单板受力加固改造技术、铰接板梁桥铰缝合理构造研究、新旧桥梁合理拼接构造技术研究、RPC梁预制节段拼接技术以及中、小跨径桥梁延伸桥面板伸缩缝技术等。第6章介绍了高速公路改扩建工程涵洞拼接关键技术,介绍了高速公路涵洞加宽工程施工技术要点,提出减小新旧涵基础沉降差的工程措施、涵洞加宽工程施工质量检测方法及控制标准等。

本书具有以下几个显著特点:一是高速公路主体工程所包括的路基、路面、桥梁、涵洞结构等的改扩建拼接关键技术均涉及,每一个拼接结构的施工方法、施工步骤、施工工艺都非常具体,并且图文并茂;二是密切联系工程实际,以工程应用为宗旨,结合现场实际情况开展研究;三是内容新颖,高速公路主体工程拼接过程中采用了很多新技术、新工艺、新材料,对提高我国高速公路建设水平和公路及相关行业的技术进步具有重要推动作用。

本书由董辉担任主编,王伟、葛金城、崔志勇、王贺担任副主编。撰写过程中得到了石安高速公路改扩建工程中各设计单位、施工单位和监理单位等的大力支持,在此表示感谢。对为本书的编写和出版提供帮助的所有人员表示衷心的感谢。

限于时间和编者水平,书中遗漏、不足之处在所难免,敬请广大读者批评、指正。

编者

2017年6月

# 目 录

## Contents

第1章 绪论	1
1.1 高速公路改扩建的必要性	1
1.2 石安高速公路改扩建工程概况	1
1.3 本书主要内容	6
第2章 石安高速公路改扩建拼接工程勘察设计概况	8
2.1 高速公路改扩建工程车载三维激光扫描勘察技术	8
2.2 石安高速公路改扩建工程路基路面拼接设计概况	30
2.3 石安高速公路改扩建工程桥梁涵洞拼接设计概况	34
2.4 本章小结	39
本章参考文献	39
第3章 高速公路改扩建工程路基拼接关键技术	41
3.1 高速公路改扩建工程加宽路基破坏机理及处理技术	41
3.2 石安高速公路旧路现状及扩建拼接方案	45
3.3 高速公路改扩建工程软基沉降处治技术	47
3.4 高速公路改扩建工程粉煤灰填料路基加宽技术	77
3.5 高速公路改扩建工程路桥过渡段加宽技术	89
3.6 高速公路改扩建工程锚固加筋技术	107
3.7 高速公路改扩建工程加宽路基沉降观测技术	114
3.8 本章小结	133
本章参考文献	134
第4章 高速公路改扩建工程路面拼接关键技术	136
4.1 路面拼接与土工材料铺设方案	136
4.2 高速公路改扩建路面层间处治技术	149
4.3 沥青混合料厂拌热再生方案	160
4.4 厂拌热再生沥青混合料路用性能	168



4.5	路面厂拌热再生施工质量控制指标 .....	182
4.6	公路拓宽新旧路面新型连接结构 .....	189
4.7	本章小结 .....	204
	本章参考文献 .....	205
<b>第5章</b>	<b>高速公路改扩建工程桥梁拼接关键技术 .....</b>	<b>208</b>
5.1	空心板梁桥单板受力加固改造技术 .....	208
5.2	铰接板梁桥铰缝合理构造 .....	237
5.3	新旧桥梁拼接构造技术 .....	267
5.4	RPC 梁预制节段拼接技术 .....	290
5.5	中、小跨径桥梁延伸桥面板伸缩缝技术 .....	308
5.6	本章小结 .....	327
	本章参考文献 .....	329
<b>第6章</b>	<b>高速公路改扩建工程涵洞拼接关键技术 .....</b>	<b>333</b>
6.1	公路涵洞拼接技术 .....	333
6.2	涵洞加宽设计方法研究 .....	336
6.3	涵洞加宽施工技术研究 .....	345
6.4	减小加宽涵洞沉降技术研究 .....	354
6.5	本章小结 .....	356
	本章参考文献 .....	356



# 第1章 绪 论

## 1.1 高速公路改扩建的必要性

近年来,随着国民经济的快速发展,我国高速公路建设十分迅猛,特别是加入 WTO 以来,物流业的发展和城市间的合作往来更加紧密,高速公路的交通流量日益增加。截至 2013 年年底,全国高速公路通车里程达 104468km。由于受建设时社会经济水平、交通流量、技术水平和建设思想的制约,在已经建成使用的高速公路中,绝大多数是双向四车道,六车道和八车道高速公路所占比例较低,现在有相当一部分已经远远不能满足日益增长的交通需求和社会发展的要求,许多高速公路运输能力均已达到或超过饱和状态,造成了时间的浪费和运输成本的提高,一定程度上影响了区域经济的发展。相当一部分高速公路无法满足车辆快速、安全、舒适行驶要求,甚至出现了比较严重的路面病害,严重影响了高速公路的服务水平和使用寿命,为了满足急剧增长的交通要求和提高道路服务水平,更好地为经济建设服务,有必要对原高速公路进行改扩建,提升高速公路的通行能力。

解决这一问题有以下几种途径:一是路网加密方案,如将 106 国道走廊带交通条件改善提高,以分流 107 国道走廊带交通;二是近距离新建高速公路;三是旧路加宽方案。路网加密方案工程投资大,对已建高速公路交通吸引有限,特别是加密公路建设规模较小时,对长大距离交通吸引甚微;近距离新建高速公路投资规模大,占用土地多,且容易造成路网分布不均;而旧路加宽方案利用已建高速公路部分工程,占地拆迁较少,工程投资相对较小。

结合国外经验及根据国家未来经济发展,全国主要经济干线走廊带内,如京广、京沪、京沈等,远期将需要 10 条左右车道的高速公路的通行能力。因此,从长远发展和经济效益的角度讲,高速公路的扩建加宽工程将是 21 世纪我国公路建设亟待解决和必须解决的重要问题。

## 1.2 石安高速公路改扩建工程概况

### 1.2.1 项目背景

京港澳高速公路是国家高速公路网(7918 网)中的“射 3”(北京—港澳)线,自北向南连接北京、石家庄、郑州、武汉、长沙、广州、香港、澳门等多个中心城市,连接华北、华中、华南三大经济区,是我国最为重要的南北运输通道。



石家庄至磁县(冀豫界)段是京港澳高速公路河北段的重要组成部分,也是河北省 2020 年高速公路网布局规划“五纵、六横、七条线”中最主要的南北交通干线,是河北省中南部地区联系首都北京,进而沟通东北、华北和华中地区的重要高速通道,其在国家及河北省路网中具有十分显要的地位,是全国最繁忙的交通要道之一,改扩建路线位置如图 1-1 所示。

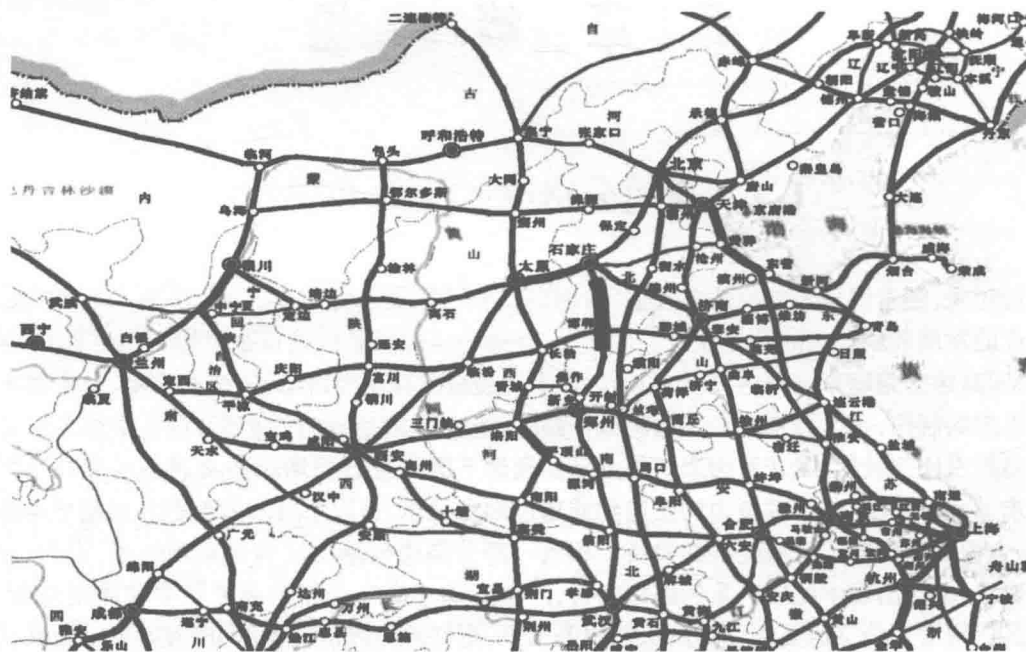


图 1-1 石安高速公路改扩建工程位置示意图

京港澳高速公路石磁段于 1997 年年底建成通车后,交通量迅速增长,服务水平趋于饱和。根据交通量预测,按现有技术标准,至 2015 年将全部进入三级服务水平。因此,扩建本段高速公路是十分必要的。

既有京港澳高速公路石家庄至磁县(冀豫界)段起于石家庄市北郊南高营,北接京石高速公路终点。道路向南经栾城区、元氏县、高邑县、柏乡县、隆尧县、内丘县、邢台市、沙河市、永年县、邯郸市、磁县等市县,止于临漳县的冀豫界收费站,顺接京港澳高速公路河南段,全长 216.05km。

既有京港澳高速公路于 1997 年建成通车。设计技术标准采用原交通部颁《公路工程技术标准》(JTJ 01—1988)[现已更新为《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)]中高速公路标准,设计速度为 120km/h,双向四车道,路基宽度 26m,如表 1-1 所示。

## 1.2.2 项目区域自然条件

### 1.2.2.1 自然地理条件

#### (1) 地形、地貌

路线所经地区位于河北省南部,属华北平原的西部边缘带,太行山山前冲积平原,地形平坦,地貌类型单一。沿线地势自东北向西南逐步升高,但起伏极小,绝对高程在 36~79m 之间。



既有京港澳高速公路技术指标表

表 1-1

序号	项 目	指 标	序号	项 目	指 标
1	公路等级	高速公路	10	最大平曲线半径(m)	9000
2	设计速度(km/h)	120	11	同向曲线间直线段 最短长度(m)	738.810
3	车道数(道)	4	12	反向曲线间直线段 最短长度(m)	0
4	路基宽度(m)	26.00	13	凸形竖曲线 最小半径(m)	20000
5	中央分隔带宽度(m)	3.00	14	凹形竖曲线 最小半径(m)	20000
6	行车道宽度(m)	2×3.75	15	最大纵坡(%)	1.389
7	硬路肩宽度(m)	2.50	16	最短坡长(m)	300
8	土路肩宽度(m)	0.75	17	荷载等级	汽车—超 20 级 挂车—120
9	最小平曲线半径(m)	5500	18	桥梁净宽(m)	与路基同宽

## (2) 气候与气象

该项目区属于大陆性季风气候,四季分明。春季气候干燥,降水量少,常有 5、6 级偏北风或偏南风。夏季降雨频繁,6、7、8 三个月降水占全年降水量的 63%~70%。秋季晴朗少雨,温度适中,偶有寒潮天气发生。冬季气候寒冷干燥,天气晴朗少云,降水少。该项目区年平均气温 13.5℃,极端最低气温 -19℃,极端最高气温 42.5℃。年平均降水量 558.7mm,年日照 2447~2871h,无霜期 200d。

## (3) 水文

该项目区水系比较发育,且多为宽浅型季节性河流,河流多源于太行山脉,平时流量较小,洪水季节受上游水库调洪,河道也基本处于干涸状态,近年来大多被辟为农田。石黄枢纽—西封斯枢纽新建段跨越的主要河渠有石津干渠、汪洋沟、回灌渠及洹河;西封斯枢纽—冀豫界加宽扩建段主要跨越槐河、泚河、滏阳河、漳河、支漳河及南、北民有渠等人工开挖式拓宽河道。

### 1.2.2.2 工程地质条件

#### (1) 地层岩性

改扩建线路沿太行山东麓山前平原分布,所经地段均为第四系松散岩层,主要成因类型为冲积、洪积堆积物,地层岩性以黏性土为主,其次为砂土及砾卵石,部分路段存在冲积、湖积相淤泥质黏性土。

根据区域地质资料,该项目区第四系覆盖层总厚度达 250m,其中全新统( $Q_4$ )地层厚度 20~40m,其底界在山前平原区为地表以下第一个沉积旋回的砂、砾卵石层底部。结合原路地质资料,项目区内上部地层均为全新统( $Q_4$ )地层,仅在两座特大桥底部才揭露上更新统( $Q_3$ )地层。支漳河特大桥上更新统地层为粉质黏土,呈硬塑状,含大量钙质结核;漳河大桥为厚层卵石。各路段的地层岩性如下:



①K321 + 000 ~ K347 + 200 段:主要以粉质黏土为主,夹中砂、细砂及粉土,大多为透镜体分布,河道范围内表层砂层较厚。

②K347 + 200 ~ K350 + 500 段:该区主要特征为在勘探深度范围内的地层中含较厚的灰绿色高岭土,为膨胀土。

③K350 + 500 ~ K365 + 000 段:该段地层表层以砂土为主,夹薄层粉土、粉质黏土,中部夹卵石及砂层,底部为粉质黏土,夹卵石、角砾,含灰绿色高岭土。

④K365 + 000 ~ K422 + 100 段:该区段落较长,地层岩性相对分布平稳,主要以粉质黏土为主,局部夹粉土,河道范围表层砂层较厚,底层为角砾层及粗砂层。

⑤K422 + 100 ~ K432 + 600 段:该段地层以粉质黏土为主,夹中砂、细砂及粉土及黏土,大多为透镜体分布。

⑥K432 + 600 ~ K461 + 500 段:该段地层以粉质黏土为主,中部夹淤泥质粉质黏土,K452 + 800 以南淤泥质土呈不连续透镜体分布,表层土以细砂为主。

⑦K461 + 500 ~ K473 + 700 段:除表层土有细砂及粉砂外,大多为粉质黏土。其中 K469 + 600 ~ K473 + 700 段地层以细砂为主。

⑧K473 + 700 ~ K481 + 855 段:该段地层以细砂为主,表层及中部夹粉质黏土,底部为卵石。

⑨K481 + 855 ~ K487 + 579 段:地层以粉质黏土为主,局部夹粉土。

## (2) 地质构造

该项目位于新华夏系构造带内,太行山一级隆起带和华北坳陷的交接部位以东,在次级构造单元上属临清凹陷邯郸和汤阴断凹西部。其构造运动主要发生于燕山时期,喜马拉雅时期继续活动,且以断裂活动为主,伴以轻微褶皱,表现为中新统和上新统之间的角度不整合,断裂构造均呈隐伏状产出。区内均无基岩出露,区域内主要发育以下活动断裂:

①邢台—安阳深断裂:自石家庄东南的栾城向南,经邢台东北,永年临名关,到邯郸市西侧,大致顺京广铁路线延伸,到达磁县后,过丰乐镇、洪河屯至河南安阳,区内长约 200km。总体走向北东  $10^{\circ}$  左右,倾向东南,为继承性正断层。该断裂基本分布于拟改扩建高速公路西侧。

②磁县—大名大断裂:位于该区的南部边缘 K450 + 550 处。由磁县至大名一线,断裂走向北西  $70^{\circ}$  左右,断面倾向北东,断距大于 1.0km,区内长约 90km,向东延入山东,为中、新生代继承性活动断裂,在空间上同北邻的无极—衡水大断裂排成阶梯状,属隐伏性正断层。

③临漳断裂:位于临漳县城附近,走向近南北向,呈舒缓波状,力学性质上因新生代活动性的继承,由压扭性转化为张扭性,为隐伏性正断层。

## (3) 特殊性岩土

膨胀土:沿线膨胀土主要分布于 K347 ~ K351 区间,呈连续状分布。为灰绿色,黏性强,含高岭土。根据原路资料,膨胀土膨胀性强弱不等,自由膨胀率在 42% ~ 136%,弱、中、强膨胀性土均有分布。

软土:沿线软土主要分布于滏阳河北岸—崔曲之间,测设里程 K430 + 000 ~ K461 + 300,其中 K452 + 800 ~ K461 + 266 段软土呈不连续透镜体状分布。该区软土主要由灰黑色淤泥质黏土、粉质黏土组成,含有机质、有臭味,质地不均,夹薄层粉土,软塑 ~ 流塑状,属内陆湖泊相沉积层。该层埋深及厚度变化较大,在支漳河以北埋深 4.0 ~ 8.5m,一般层厚 2.0 ~ 6.0m,支漳



河以南中部该层又分为上下两层,第一层埋深 3.0 ~ 8.0m,第二层埋深 12.0 ~ 18.0m,单层厚为 1.0 ~ 3.0m。

可液化砂土:主要分布在石安高速公路 K430 + 300 ~ K446 + 600、K454 + 300 ~ K458 + 900、K473 + 700 ~ K483 + 000 三段,共约 30.2km,各段液化土特征如下。

①K430 + 300 ~ K446 + 600 段:液化土岩性为粉土与粉砂、细砂,地下水位埋深一般为 2.6 ~ 7.0m,粉土层厚度 0.9 ~ 7.1m,砂层厚度 0.9 ~ 9.9m,液化土层埋深一般为 4.9 ~ 7.7m、12.2 ~ 16.3m,厚度为 1.0 ~ 4.89m,液化等级为轻微液化,该段的液化土层较薄,而且呈零星分布。

②K454 + 300 ~ K458 + 900 段:该段的液化土层主要为粉砂与细砂,一般分布于地表,液化层底板(厚度)埋深一般为 4.3 ~ 9.0m,液化土层厚度为 1.7 ~ 3.0m,地下水位埋深 < 4.5m。液化等级为轻微液化。

③K473 + 700 ~ K483 + 000 段:液化土层为细砂及粉砂,砂层表层一般分布有薄层粉质黏土及粉土(耕种土层),砂层总厚度一般大于 20.0m,液化层下限埋深一般为 8.0 ~ 15.0m,液化层厚度 5.7 ~ 14.0m。地下水位埋深 5.58 ~ 10.8m。液化等级为轻微液化。其中,K476 + 300 ~ K478 + 800 砂土不液化。

### 1.2.2.3 工程地质分区与评价

路线所经地区均为第四纪冲、洪积沉积层,岩性以黏性土为主,其次为砂土及卵石,局部路段分布有淤泥质土和液化砂土。根据岩土在水平和垂直方向物理力学性质的变化,可将沿线划分为四个工程地质区,其工程特征分述如下:

A 区:K270 + 200 ~ K315 + 500(石黄枢纽—西封斯枢纽新建段)地势自东北向西南逐步升高,总体上来说地貌单元较为单一,线路所经区域地质条件相对稳定,无活动构造、断裂带通过,地层岩性比较单一,除部分路段有 I 级非自重黄土状土分布外,其余主要为第四系冲洪积黏性土。工程地质条件较好。

B 区:K321 + 000 ~ K347 + 200,主要以粉质黏土为主,夹中砂、细砂及粉土,大多为透镜体分布,河道范围内表层砂层较厚。该区地下水埋藏较深,北部埋深大于 30m,而南部则在 25m 左右。该区无不良地质体分布,工程地质条件良好。

C 区:K347 + 200 ~ K365 + 000,该区主要特征为在勘探深度范围内的地层中含较厚的灰绿色高岭土,为膨胀土。其中 K350 + 500 ~ K365 + 000 段地层表层以砂土为主,夹薄层粉土、粉质黏土,中部夹卵石及砂层,底部为粉质黏土,夹卵石、角砾,含灰绿色高岭土,有一定膨胀性。工程地质条件较差。

D 区:K365 + 000 ~ K430 + 000,主要由褐、黄褐色黏性土组成,含少量钙质结核,局部可见钙板薄层,多呈软塑或硬塑状,夹中砂、细砂及粉土,大多为透镜体分布,河道范围内表层砂层较厚。该区地下水埋藏较深且具有北深南浅的特征,北部埋深大于 20m,而南部则在 13m 左右。该区无不良地质体分布,工程地质条件良好。

E 区:K430 + 000 ~ K461 + 300,该区软土呈不连续透镜体状分布。该区软土主要由灰黑色淤泥质黏土、粉质黏土组成,含有机质、有臭味,质地不均,夹薄层粉土,软塑~流塑状,属内陆湖泊相沉积层。该层埋深及厚度变化较大,在支漳河以北埋深 4.0 ~ 8.5m,一般层厚 2.0 ~ 6.0m,支漳河以南中部该层又分为上下两层,第一层埋深 3 ~ 8m,第二层埋深 12 ~ 18m,单层



厚为1~3m。局部路段,由于水塘、荷塘及稻田长年积水,表层形成了一定厚度的软弱土,软弱土最厚可达0.6~1.0m。该段地质条件较差。

F区:K461+300~K483+000,该区以地表下20m范围内分布有较厚的饱和粉细砂为主要特征。其中K453+000~K458+500段和K481+750~K483+000段砂土属液化砂土,为该段不良工程地质层。其余路段大量分布灰黄、黄褐色黏性土层和以石英砂岩为主的砾、卵石层,工程地质条件较好。

G区:K483+000~K487+300,该区北起漳河南岸,南至终点,全长约4.6km,为路线的最南端。该区地层上部为黄褐色粉质黏土,含钙质结核,具中等压缩性,多呈软塑或硬塑状。厚度大于25m;下部为卵石,杂色,成分以石英砂岩为主,充填物主要为黏性土,呈中密~密实状。该层工程性质良好,容许承载力大于700kPa。

### 1.2.3 主要技术指标

根据研究报告,本次京港澳高速公路石家庄至磁县(冀豫界)段改扩建工程石家庄附近石黄枢纽—西封斯枢纽新建段另辟走廊新建,西封斯枢纽—冀豫界段则采用沿旧路两侧加宽的方案。既有京港澳高速为双向四车道高速公路,路基宽度26m,设计速度120km/h,扩建后为双向八车道高速公路,路基宽度42m,设计速度120km/h。石黄枢纽—西封斯枢纽新建段(SASJ-1)按双向八车道高速公路标准建设,路基宽度42m,设计速度120km/h。邯郸东南环按双向四车道高速公路标准新建,路基宽28m,设计速度120km/h。

其他技术标准按交通运输部颁《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)执行。主要技术标准见表1-2。

主要技术指标

表1-2

序号	项 目	石黄枢纽—西封斯枢纽	西封斯枢纽—冀豫界段		邯郸东南环
		新建	扩建前	扩建后	新建
1	起讫桩号	K270+200~K315+500	K322+150~K487+300		HK0+000~HK35+000
2	路线长度	44.800km	165.01km		37.881km
3	公路等级	双向八车道高速	双向四车道高速	双向八车道高速	双向四车道高速
4	路基宽度	42m	26m	42m	28m
5	设计速度	120km/h	120km/h	120km/h	120km/h
6	荷载标准	公路—I级	汽—超20挂—120(原构造物)		公路—I级
			公路—I级(拼宽构造物)		
7	地震烈度	0.05g~0.10g	0.05g~0.20g		0.15g
8	设计洪水频率	特大桥1/300、其他桥梁和路基1/100			

## 1.3 本书主要内容

高速公路主要包括路基、路面、桥梁、涵洞结构,那么路基、路面、桥梁、涵洞结构的拼接就成为了高速公路改扩建拼接工程的主要方面。为实现新旧道路的有效衔接,结合石安高速公



路改扩建工程实践,研究并提出了路基、路面、桥梁、涵洞结构拼接工程的关键技术,实现了对西安高速公路改扩建拼接工程质量的有效控制。本书主要从以下5个方面对高速公路改扩建工程拼接关键技术进行了详细阐述。

#### (1) 西安高速公路改扩建工程拼接设计概况

主要介绍了高速公路路网安全性评价和应急技术、车载三维激光扫描勘察技术在高速公路改扩建工程中的应用,以及西安高速公路改扩建工程路基、路面、桥梁、涵洞拼接设计概况。

#### (2) 高速公路改扩建工程路基拼接关键技术

阐明了高速公路改扩建工程路基拼接关键技术,包括:高速公路改扩建工程加宽路基破坏机理及处理技术、西安高速公路旧路现状及扩建拼接方案、软基沉降处治技术、粉煤灰填料路基加宽技术、路桥过渡段加宽技术、锚固加筋技术、加宽路基沉降观测技术。

#### (3) 高速公路改扩建工程路面拼接关键技术

通过室内试验研究旧路回收料中改性沥青成分和沥青老化程度对回收料产量及再生沥青路面性能的影响,考虑高速公路沥青路面改扩建再生方案确定标准,研究高比例回收料厂拌热再生技术应用方案及质量控制指标。探讨不同环境下改扩建高速公路路面桥面层间工作状态、层间处治措施材料性能分级以及两者的匹配关系,探讨改扩建高速公路路面桥面层间处治技术标准 and 施工质量控制指标。

#### (4) 高速公路改扩建工程桥梁拼接关键技术

通过调查、试验、理论分析、结构创新、技术开发等手段,对高速公路改扩建桥梁拼接的关键技术开展一系列研究,重点研究了5个方面:一是空心板梁桥单板受力加固改造技术研究;二是铰接板梁桥铰缝合理构造研究;三是新旧桥梁合理拼接构造技术研究;四是RPC梁预制节段拼接技术;五是中、小跨径桥梁延伸桥面板伸缩缝技术研究。从而延长桥梁的使用寿命、节约养护成本、提高桥梁与交通的安全性。

#### (5) 高速公路改扩建工程涵洞拼接关键技术

结合实体工程情况,研究涵洞加宽方案原则及不同加宽方式优缺点,对比分析不同类型涵洞新旧涵拼接设计方法及其适用条件,系统总结新涵结构设计理论及特点。探讨高速公路涵洞加宽工程施工技术要点,提出减小新旧涵基础沉降差的工程措施、涵洞加宽工程施工质量检测方法及控制标准。根据研究成果提出涵洞设计优化、涵顶减荷措施和合理的地基处理方法。

## 第 2 章 石安高速公路改扩建拼接 工程勘察设计概况

### 2.1 高速公路改扩建工程车载三维激光扫描勘察技术

车载三维激光移动测量技术已经成为当今测绘界比较前沿的技术之一。20 世纪 80 年代末,激光测绘技术在多等级三维地球空间信息的实时获取方面取得了重大突破,数据的获取方式逐步由人工单点获取,朝着连续自动获取的方向发展,使数据处理的自动化、智能化成为可能。激光测绘技术直接获取高精度三维数据,与传统测量技术相比具有明显的优越性,可广泛应用于三维空间数据的采集与更新。由于实际场景的多样性和复杂性,各种采集目标地物的激光扫描测量系统相继问世,车载激光扫描系统的研究成为热点,20 世纪 90 年代开始逐步发展起来,现在系统集成的相关研究已经相对成熟。同时车载激光点云数据处理技术随着系统的完善也在逐步发展,车载移动测量系统的应用领域也在逐步拓宽。三维激光雷达扫描系统根据工作方式和平台分为机载、地面站、车载、船舶和手持等不同类型的系统,被应用于公路勘测研究的有机载、车载和地面站系统。

由于传统的公路勘测数据采集方法程度不同存在一定的问题和缺陷,跟踪世界先进技术的发展方向、及时将先进的数据采集方法应用于公路勘测领域成为广大公路勘测设计工作者的研究内容之一。三维激光扫描技术由于其突出的优点,很自然地进入了广大公路勘测设计研究人员的视野。

三维激光扫描技术可以快速、高效、低成本获取高精度的 DTM 数据,是公路勘测设计中数据采集的理想方式,可以为公路设计、施工和管理提供高精度的、可靠的基础资料。采用三维激光扫描技术进行改扩建公路勘测地形数据采集,可以大幅度地降低数据获取的周期,提高我国公路勘测、设计的质量和水平,从而产生非常可观的直接效益和间接效益。从长远角度讲,正像以前的 GPS 测量技术必将成为控制测量的主要方法一样,三维激光扫描技术必将逐渐成为数字地面模型和地形图,特别是高精度的数字地面模型和地形图获取的主要方法,因此开展三维激光扫描技术研究具有很大的重要性和必要性。

随着我国经济建设的快速发展,除新建高速公路的投资规模呈现加速发展的态势外,公路的改扩建工作同样成为当前国内公路建设与发展的一个重要方面,同时高速公路建设正逐渐由平原向山区、由简单地区向复杂地区、由植被稀少地区向植被密集地区推进,可以说公路勘测的工作量和难度越来越大、精度要求越来越高、勘测速度要求越来越快,传统的勘测手段已不能满足高等级公路勘测精度与建设速度的要求,因此,将数据采集新技术三维激光扫描技术





引入公路勘测领域,对于减少公路勘测的劳动强度,提高公路勘测的精度、效率具有很大的现实意义。

### 2.1.1 车载三维激光扫描技术简介

目前改扩建公路勘测方法有接触式测量方法和非接触式测量方法,接触式测量方法的平面位置测量主要有 GPS RTK 测量、全站仪测量、皮尺丈量,高程测量主要采用 GPS RTK 测量、全站仪测量、水准测量。非接触式测量方法主要有地面静态三维激光扫描技术、低空航空摄影测量、低空机载三维激光扫描技术和车载三维激光扫描技术。按照应用成熟情况分类可以分为常规测量方法和三维激光扫描技术,其中常规测量方法包括 GPS RTK 测量、全站仪测量和低空航空摄影测量,三维激光扫描技术包括地面静态三维激光扫描技术、低空机载三维激光扫描技术和车载三维激光扫描技术。

#### 2.1.1.1 车载三维激光扫描技术工作原理简介

三维激光系统由三维激光扫描仪、数码相机、扫描仪旋转平台、软件控制平台、数据处理平台及电源和其他附件设备共同构成,机载三维激光和车载三维激光扫描技术还包括惯性导航系统(IMU),是一种集成了多种高新技术的新型空间信息数据获取手段。

三维激光扫描系统是利用三维激光扫描仪向目标发射激光脉冲,依次扫描被测区域,快速获得地面景观的三维坐标和反射光强,利用相应软件进行三维建模,生成地面景观的三维图像和可量测点阵数据,并可方便地转化为多种输出格式的图形产品。利用三维激光扫描技术,可以深入到任何复杂的现场环境及空间中进行扫描操作,并可以直接实现各种大型的、复杂的、不规则、标准或非标准的实体或实景三维数据完整的采集,进而快速重构出实体目标的三维模型及线、面、体、空间等各种制图数据。同时,还可对采集的三维激光点云数据进行各种后处理分析,如测绘、计量、分析、模拟、展示、监测、虚拟现实等操作。采集的三维点云数据及三维建模结果可以进行标准格式转换,输出为其他工程软件能识别处理的文件格式。

三维激光扫描技术的测量原理是基于角度和距离测量的几何数据获取的方法,其过程是:从传感器上发射的激光信号被地面目标反射后,被三维激光扫描系统上的接收单元接收,根据发射和接收之间的时间差,可以计算出传感器与地面目标之间的距离,依次扫描被测区域,快速获得地面景观的三维坐标和反射光强。

车载三维激光扫描技术是以汽车作为三维激光扫描仪的运载工具,整个系统由三维激光扫描仪、MU 姿态测量系统、GPS 定位系统、计算机控制系统和点云处理系统组成。

三维激光扫描仪测量扫描仪到地面点的距离和角度,其扫描速度可以每秒钟几万甚至几十万个点,密度为  $600 \sim 1000$  点/ $m^2$ 。GPS 定位系统测量扫描仪瞬时空间三维坐标,MU 姿态测量系统测量扫描仪瞬时姿态,计算机控制系统对上述三个测量系统进行控制并记录测量数据,点云处理系统对海量的点云进行处理、转换,生成符合工程需要的数据。图 2-1 所示为车载三维激光扫描系统的组成。由于车载三维激光扫描技术中扫描仪的高度只有  $3 \sim 4m$ ,扫描的距离低,相应的距离测量精度要比机载三维激光距离测量精度要高,同时由于车载三维激光扫描的点云特别密集,每平方米达到为  $600 \sim 1000$  点,点间距只有  $3cm$  左右,可以克服点间距大而使内插高程误差大的问题,因此车载三维激光可以获得较高的测量精度。通过制定科学