

Dazhongxing Lijiao Qiaoliang Shigong Jishu

大中型立交桥梁 施工技术

——石家庄市环城公路立交桥建设

檀宗斌 主 编
李彦伟 甄京山 副主编
樊文林 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

Dazhongxing Lijiao Qiaoliang Shigong Jishu

大中型立交桥梁施工技术

——石家庄市环城公路立交桥建设

	檀宗斌	主 编
李彦伟	甄京山	副主编
	樊文林	主 审

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书结合石家庄市环城公路建设的实践,按大中型立交桥施工工艺的不同分别编列。本书共九章,分别为:桥梁顶推、顶进施工,桥梁转体施工,钢—混凝土叠合梁施工,现浇预应力混凝土箱梁施工,预制梁施工,预制梁吊装施工,大体积混凝土防裂与水化热控制技术,施工监控,自平衡法桩基检测。

本书包含多种桥型、多种施工工艺,对同类桥梁的施工具有较强的指导作用,可供公路桥梁专业科研、教学、设计和施工工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大中型立交桥梁施工技术:石家庄市环城公路立交桥建设 / 檀宗斌主编. —北京:人民交通出版社, 2009.11

ISBN 978-7-114-07989-4

I. 大… II. 檀… III. 立体交叉—公路桥—桥梁工程—施工技术—石家庄市 IV.U448.17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 164628 号

书 名: 大中型立交桥梁施工技术
——石家庄市环城公路立交桥建设

著 作 者: 檀宗斌

责任编辑: 王文华

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.25

字 数: 445千

版 次: 2009年11月 第1版

印 次: 2009年11月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07989-4

定 价: 40.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

本书编委会人员名单

主 任:孙宏普 汤余先

主 编:檀宗斌

副主编:李彦伟 甄京山

主 审:樊文林

各章主要编写人员:

第一章:檀宗斌 卫宏发 梁军峰 潘庆军 吴仕荣

第二章:李德峰 周铁柱 高志刚 陈森南 檀宗斌

第三章:成志辉 王 江 陈泽山 李 芬 王向荣

第四章:刘新宏 祖连春 鄯增平 闫 利 徐 谨

第五章:王菊红 王湘华 胡光全 庞增贵 鲁永飞

第六章:李彦伟 黄 俊 阎 科 陈任务 李为军

第七章:甄京山 刘立国 张华明 崔文凯 王东虎

第八章:胡素敏 王克海 王慧东 韦 韩

第九章:檀宗斌 穆保岗 龚维明 杨广庆

统 稿:檀宗斌

前 言

石家庄市环城公路是河北省路网规划中的一条省级干线公路,是融绕城功能和城市快速路功能于一体的复合型交通干道,同时兼顾城市防洪的要求和营造开放靓丽的现代化道路景观的要求。建成后的石家庄市环城公路将成为新的城乡定位线,将把石家庄市城区由原来的约 150km^2 扩大至 323km^2 。石家庄市环城公路的建设,既可确定未来 30~50 年石家庄城市发展的空间,又可区别并连接主城区与四个卫星城,落实 1+4 组团式城市发展的总体战略目标。

石家庄市环城公路总长 74.828km,其中北环利用石太、石黄高速公路 28.75km,新建西环、南环、东环共 46.078km,主线新建段采用双向六车道一级公路标准建设,路基宽 33m,设置 3m 宽中央分隔带,计算行车速度 80km/h。

石家庄市环城公路在设计阶段,突破传统做法,本着功能齐备、适度超前、汇聚人文、提升品质的理念,在全国具有甲级设计资质的设计院中,采用方案征集和招标的方式,确定由河北省交通规划设计院、天津市市政工程设计研究院、上海市市政工程设计研究总院、铁道第三勘察设计院集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司五家设计院负责项目的主体设计。

石家庄市环城公路新建段共设置 13 座互通式立交桥、13 座分离式立交桥、2 座大桥、11 座小桥,这些桥梁结构复杂、桥型各异、工艺独特,本书选取其中有代表性的几座立交桥梁,按施工工艺的不同分别编列。第一章为桥梁顶推、顶进施工,主要介绍 307 东互通立交桥跨越石德铁路良村火车站的主桥系杆拱多点顶推施工技术和 308 互通立交下穿石安高速公路框架桥顶进施工技术;第二章为桥梁转体施工,主要介绍跨越石太铁路编组站的石太分离式立交独塔单索面斜拉桥转体施工技术;第三章为钢—混凝土叠合梁施工,主要介绍上跨石黄高速互通立交桥钢箱梁现场加工施工技术、石太高速互通立交桥钢箱梁吊装方案及混凝土桥面板施工工艺;第四章为现浇预应力混凝土箱梁施工,主要介绍现浇箱梁施工技术;第五章为预制梁施工,主要介绍大跨径预制 T 梁施工技术和大跨径预制箱梁施工技术;第六章为预制梁吊装施工,主要介绍大跨径预制 T 梁吊装施工技术和钢箱梁跨高速吊装施工技术;第七章为大体积混凝土防裂与水化热控制技术;第八章为施工监控,主要介绍 307 东互通立交桥钢管拱监控技术和石太铁路分离式立交桥转体监控;第九章为自平衡法桩基检测。

檀宗斌负责全书的策划、编纂,樊文林负责审定,本书在编写过程中得到了各参建单位的大力支持,特此谨致谢意。因编者水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2009 年 8 月

目 录

第一章 桥梁顶推、顶进施工	1
第一节 307 国道东立交主桥系杆拱顶推施工技术	1
一、工程概况	1
二、工程特点	1
三、国内外顶推法概述	2
四、国道 307 东互通主跨钢管拱顶推法主要施工工艺	3
五、系杆拱顶推施工安全保证措施	22
六、投入的人员和设备	30
七、小结	32
第二节 308 国道互通立交下穿石安高速框架桥顶进施工技术	32
一、工程概况	32
二、施工准备	33
三、顶进施工方法简介	33
四、顶进主要设施(单幅)	35
五、箱涵制作	36
六、箱涵的防水与排水	39
七、顶进施工	39
八、测量监控与恢复线路	43
九、质量检查与验收	43
十、小结	44
第二章 桥梁转体施工	45
一、工程概况	45
二、施工组织与工料机准备	50
三、主跨箱梁和塔柱施工方案	57
四、转体施工方案	64
五、施工安全应急预案	71
第三章 钢—混凝土叠合梁施工	75
第一节 石黄高速互通立交桥钢箱梁现场制作施工技术	75
一、工程概况	75
二、施工组织和施工部署	77
三、钢箱梁制作施工现场平面布置	79
四、钢箱梁加工的设备机具	79
五、钢箱梁的加工制作	80
六、钢箱梁节段吊装	98
七、质量保证体系及安全保证应急措施	112

第二节 石太高速钢—混凝土叠合梁施工技术·····	115
一、工程概况·····	115
二、施工准备·····	117
三、实施性施工方案·····	119
四、主要工序的施工组织方案·····	127
五、主要工序的施工工艺·····	129
六、横道图、网络图及槽钢桩边坡防护检算·····	153
第四章 现浇预应力混凝土箱梁施工·····	157
一、工程概况·····	157
二、现浇箱梁施工工艺·····	157
三、质量保证措施·····	171
四、安全施工保证体系与措施·····	174
第五章 预制梁施工·····	179
第一节 107 南互通立交大跨径 T 梁预制施工技术·····	179
一、T 梁特征·····	179
二、工程数量·····	179
三、资源配置·····	179
四、工期目标·····	180
五、预制方案·····	180
第二节 南新城互通立交 40m 箱梁施工技术·····	184
一、工程概况·····	184
二、施工工序安排·····	184
三、施工准备、临时工程·····	185
四、箱梁预制主要施工过程及方法·····	188
五、架梁·····	197
第六章 预制梁吊装施工·····	201
一、施工依据·····	201
二、工程概况·····	201
三、桥机性能·····	202
四、总体部署·····	204
五、架梁方案·····	206
六、要点计划·····	216
七、桥面系施工·····	218
八、人员组织·····	222
九、安全措施·····	223
十、应急预案·····	224
第七章 大体积混凝土防裂与水化热控制技术·····	226
一、工程概况·····	226
二、施工工艺·····	226
三、混凝土施工安全措施·····	238

第八章 施工监控	239
第一节 跨石德铁路主跨钢管混凝土拱桥顶推施工监控	239
一、监控研究目的	239
二、主要研究内容及技术关键	239
三、达到的目标、成果形式和技术经济指标	240
四、采用的研究方法和试验安排	240
五、测试方案及施工注意事项	241
六、进度安排	248
七、全桥监控测点及传感器	248
第二节 跨石太铁路斜拉桥主桥施工监控	249
一、工程概况	249
二、监测内容及测点布置	250
三、上转盘、梁体混凝土水化温度监测	251
四、分段浇筑主塔、主梁混凝土,张拉预应力钢筋阶段	254
五、斜拉索张拉阶段	257
六、拆除施工支架阶段	259
七、拆除临时墩前后阶段	259
八、转体阶段	259
九、合龙阶段	263
十、进行桥面铺装等二期荷载施工阶段	263
十一、控制目标及误差限制	263
十二、施工监控工作流程	263
十三、施工监控项目管理	264
第九章 自平衡法桩基检测	267
一、概述	267
二、试验依据	269
三、自平衡试桩法	269
四、测试仪器设备	271
五、施工要求	271
六、试验前期室内工作安排	272
七、试桩前期现场工作	272
八、现场试验、测试工作	272
九、试验程序	272
十、试验数据的分析、整理	273
十一、编写试验报告	273
十二、质保体系	274
十三、进度安排	274
十四、试桩图	274
参考文献	277

第一章 桥梁顶推、顶进施工

第一节 307 国道东立交主桥系杆拱顶推施工技术

一、工程概况

石家庄市环城公路 307 国道东互通立交位于石家庄市裕华区小西帐村北,由南向北依次跨越 307 国道、石德铁路良村车站、307 国道复线、石津灌溉渠,见图 1-1。石家庄市环城公路主线的主跨桥位于直线段,一跨跨越良村车站,下部结构采用群桩基础,桥墩为矩形等截面柱式墩;上部结构跨径为 102m,采用 100m 哑铃形钢管混凝土拱和 102m 单箱三室预应力钢筋混凝土箱梁相结合而成的无推力系杆这一种新型的拱梁组合结构。每道拱肋采用两根钢管拼成哑铃形,材质采用 Q345qD 钢,钢管外径 120cm,钢管及腹板除拱肋预埋段壁厚为 16mm 外,其余壁厚均为 14mm,内充 C50 微膨胀混凝土。主桥系梁采用箱形断面,高为 263~301.4cm,宽为 2430cm,吊杆间距为 5.0m,每片拱肋设吊杆 17 根,吊杆采用外径 9.5cm、PE 防护的半环氧喷涂钢绞线。本桥全宽 49m,分左右两幅,分幅施工,主桥上部系杆拱结构采用顶推法施工。

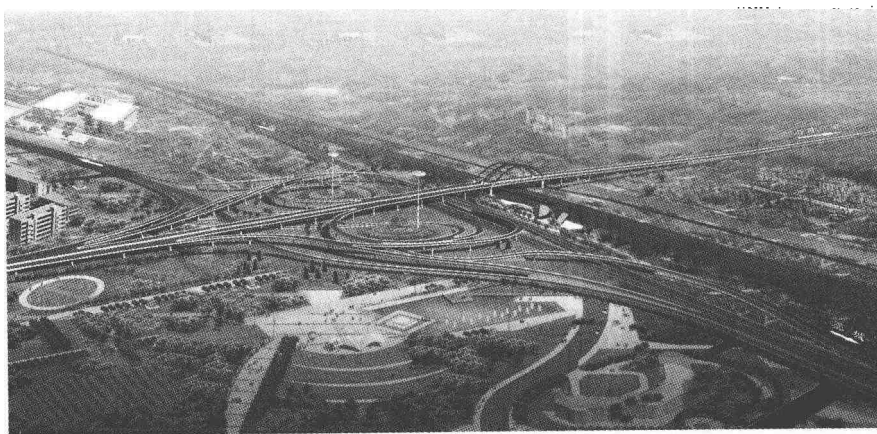


图 1-1 石家庄市环城公路 307 国道东互通立交

二、工程特点

1. 跨越位置特殊,铁路安全要求高

主线由南向北依次跨越 307 国道、石德铁路良村车站、307 国道复线、石津灌溉渠。施工过程中要保证 307 国道及其复线的正常通行,不能侵占石津渠过水断面,更为重要的是石德铁路为石家庄连接东部地区的干线铁路,行车密度大。主跨穿越良村车站,站场内密布既有线和

规划预留线位,施工场地狭窄。系杆拱结构施工时,必须在石德铁路上行线和相邻到发线间、石德铁路到发线和货物线间布置临时墩。石德铁路上行线和相邻到发线线间距仅 7.55m,行车限界以外可利用有效空间仅 2.55m,必须确保石德铁路运营安全。

2. 主桥施工难度大

主桥采用跨径 102m 系杆拱结构,其拱肋采用 120cm 直径的钢管混凝土,系梁采用预应力混凝土箱梁,体积大、结构相对复杂;主梁采用顶推法施工横跨铁路,顶推距离远、顶推重量大、安全要求高。施工组织设计必须针对现场情况进行多方案比选,尤其是顶推临时工程的设计要充分考虑 4 条路渠的运营情况,因地制宜地确定临时墩的位置。选择合适的材料、施工方法,既方便施工又要确保铁路运营安全,而且便利以后的拆除。

三、国内外顶推法概述

桥梁顶推法施工是在沿桥纵轴方向的桥台后方设置预制场地,分节段预制梁体,使用预应力筋将预制节段与已施工完成的梁段连成整体,通过水平千斤顶施力,使得梁体在墩台上的临时滑道上滑动,将梁体顶出预制场,并支承在墩台的临时滑道上,而后继续在预制场预制下一梁段,周而复始,直至全桥预制、顶推到位,最后更换支座,从而完成全部施工的桥梁施工方法。

顶推法于 1959 年首次在奥地利的阿格尔桥上使用。1962 年在委内瑞拉建成的卡罗尼河桥使得顶推法得到进一步发展,该桥全长 550m,为 6 孔一联预应力混凝土连续梁桥,最大跨径 96m,采用分段预制、逐段顶推施工工艺,并在最大跨的跨中设置临时墩,使顶推最大跨径减小到 48m,顶推法施工取得成功。以后各国采用顶推法施工先后建成了数百座桥梁,顶推法施工工艺也日臻完善。

我国从 1977 年开始应用顶推法修建预应力混凝土连续梁桥,依顶推施力方法将顶推法施工工艺分为单点顶推施工法和多点顶推施工法。

1. 单点顶推施工法

单点顶推施工法常用的方法为水平千斤顶与垂直千斤顶联合使用、互相配合进行顶推,即全桥纵向只设一组顶推装置的施工方法。该施工方法的通常程序为:

- (1)在滑道上安置滑块和竖向千斤顶,将梁体垂直顶升;
- (2)使用水平千斤顶推动竖向千斤顶,使梁体、竖向千斤顶与滑块一起在滑道上滑移一个水平千斤顶行程;
- (3)水平千斤顶活塞回缩复位,竖向千斤顶落梁;
- (4)重新安置滑块和竖向千斤顶,开始下一个顶推循环;
- (5)如此反复作业,直到将梁体顶推到位。

该法在国外称为 TL 顶推法,该法由于需要大吨位的水平顶推千斤顶和竖向升、落梁千斤顶,顶推过程中升、落梁频繁,不宜做到同步,同时存在着顶推力偏小的缺点,在我国应用较少。

受铁路顶管技术的启发,本书主编檀宗斌和樊文林教授级高工于 1995 年提出了直接顶推箱梁尾部的单点顶推施工法的设想,并获得了国家发明专利。

该顶推法的特点在于将原多点顶推、分散施力变为集中的梁尾施力。其与常规顶推法比较,有如下优点:

(1)所用设备少,可省掉各墩台上的竖向千斤顶和水平千斤顶或穿心式液压千斤顶,以及与之配套的反力装置、油泵、油路,只需2台其总的额定顶推力为顶推梁体总重量的10%的大吨位水平千斤顶,相比之下,可节约大量资金。

(2)变分散施力为集中施力后,反力装置只需一个,施工简单易行,尤其适合桥头引道为高填方断面形式,既不影响反力台台背的路基填土施工,又可为反力台提供强大的顶推反力,省工省时。

(3)顶推力的施加更容易、直接。预制梁段尾部整个横断面的大部分位置都可以作为施力点,水平千斤顶布设在箱梁的尾部,施力点集中,油路、电路简单,施工方便,传力直接,容易控制。

该顶推法曾在河北省平山冶河桥和山西省太旧高速公路武宿立交桥成功实施。

2. 多点顶推施工法

多点顶推施工法常用的方法为拉杆式顶推,即在每个墩台上均设置一对小吨位的水平千斤顶(通常为液压穿心式),千斤顶中的穿心拉杆采用高强螺纹钢筋,拉杆的前部通过楔形块固定在活塞插头部,后端有特制的拉锚器与梁体连接,顶推时,水平千斤顶将拉杆推出一个行程,带动梁体在滑道上前进一个行程,水平千斤顶活塞收回复位后,锥形楔块又在新位置上将拉杆固定在活塞杆的头部,然后进行下一个顶推作业,如此循环直到梁体被顶推到位。

多点顶推法在国外称为SSY顶推法,与单点顶推法比较而言,可以免用大规模的顶推设备,并能有效地控制顶推梁体的偏移,同时具有减少对桥墩水平推力等优点,在我国特别是南方地区应用较多。

四、国道307东互通主跨钢管拱顶推法主要施工工艺

1. 顶推总体布置设计

顶推法架梁适用于跨径40~60m预应力混凝土等截面多跨连续梁架设,可架设直桥、弯桥、坡桥。弯梁桥或坡桥必须在同一曲率的平曲线、竖曲线段顶推。顶推施工可根据需要选用单点顶推或多点顶推。考虑到本桥只有102m主跨一孔,采用顶推法施工,高架梁体不适合在其后端设置顶推后背,决定采用多点顶推法施工。

根据良村火车站站场内轨道的实际情况,在主跨15号、16号内设置四排临时墩,分别位于石德线5股道南侧、正Ⅱ线和4股道之间、8股道和10股道之间以及10股道北侧,即临1号、临2号、临3号、临4号。由于临时墩处于铁路站场铁轨中间,场地狭窄,同时,考虑到便于顶推后的拆除,确定临时墩采用柱式钢管排架墩、钢筋混凝土承台、挖孔灌注桩基础。

施工期间要保证307国道、石德铁路良村车站、307国道复线、石津灌溉渠的正常运营,临时墩布置受现场条件限制,致使在顶推过程中预应力混凝土系梁前后悬臂均比较大,需设置前后导梁,形成前后双导梁结构进行顶推。

由于顶推梁体重量大,起落梁困难,顶推过程中梁底高程与最终控制高程相同。顶推到位后的状态即为成桥状态,箱梁顶推到位后,在临时墩支承受力的情况下,15号、16号墩反力较小,直接起顶后安放支座,临1~临4号墩上滑道是放在砂箱上的,待吊杆张拉完毕掏出砂后自然脱空。

顶推系梁在12~15号墩之间搭设施工平台进行整体预制。钢管拱在工厂分段加工,运至现场拼装焊接。待顶推到位后,在系梁上进行钢管拱拼装(图1-2)。

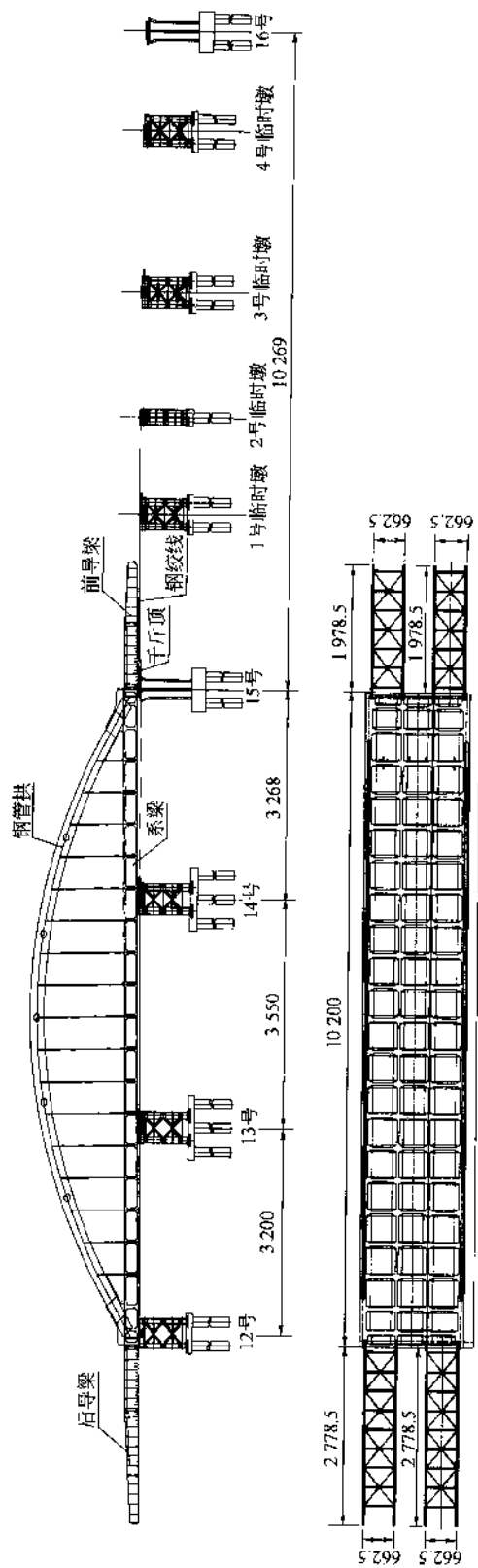


图1-2 顶推施工总体布置图 (尺寸单位: cm)

2. 主桥墩柱施工

主桥墩柱截面尺寸采用 $300\text{cm} \times 400\text{cm}$ 和 $300\text{cm} \times 700\text{cm}$ 两种断面形式。

墩柱钢筋在钢筋加工场集中加工,运至现场焊接绑扎。等截面部分主筋焊接采用电渣压力焊,变截面部分主筋采用电弧焊。钢筋绑扎分两次进行,第一次绑扎至等截面上部的位置,待等截面部分墩柱混凝土浇筑完毕后,再绑扎变截面段钢筋,绑扎钢筋的同时,埋入减振器预埋件。钢筋外侧均匀布置砂浆垫块。

墩柱采用定型模板施工。模板接缝间垫压双面胶条,以防漏浆。由于墩柱截面尺寸较大,模板外面采用槽钢作为横带,同时,每层横带间设多道拉杆,以免模板变形,使模板接缝出现错台。

墩柱混凝土在拌和站集中拌和,罐车运至工地,采用混凝土输送泵车泵送至模板顶漏斗,为了避免离析,通过串桶入模。混凝土采用插入振捣棒振捣。墩柱混凝土分两次浇筑,第一次浇筑至变截面位置,待混凝土强度达到 15MPa 后,将混凝土顶面凿毛并清理干净后,安装变截面部分模板,进行变截面部分混凝土浇筑。

墩柱脱模后,用塑料薄膜密封包裹进行自身养护。

3. 临时支撑墩施工

1) 临时支撑墩的布置

在主线 15 号墩后侧及 15 号墩的位置,沿线路纵向布置四排临时支撑墩。在主线 15 号墩前侧,规划电厂专用线的位置、石德铁路 II 线和相邻到发线之间、货物线和相邻到发线之间以及内侧第一道规划到发线位置各布置一排临时墩。临时墩与铁路轨道平行布设,与石环主线成不等跨斜交形式。

除四排临时墩外,在 12 号、13 号、14 号、15 号永久墩处,避让开永久墩柱,横向增设布置临时墩,所有临时墩上均设置滑道。从而使本桥的顶推跨度实际变为以下形式。

右幅从外侧到内侧 4 个滑道布置形式:

$32\text{m}+35.5\text{m}+32.68\text{m}+13.14\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+27.36\text{m};$

$32\text{m}+35.5\text{m}+32.68\text{m}+14.58\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+26.12\text{m};$

$32\text{m}+35.5\text{m}+32.68\text{m}+15.8\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+24.9\text{m};$

$32\text{m}+35.5\text{m}+32.68\text{m}+17.02\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+23.68\text{m}。$

左幅从内侧到外侧 4 个滑道布置形式:

$35.5\text{m}+32\text{m}+32.68\text{m}+17.52\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+23.18\text{m};$

$35.5\text{m}+32\text{m}+32.68\text{m}+18.75\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+21.95\text{m};$

$35.5\text{m}+32\text{m}+32.68\text{m}+19.97\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+20.73\text{m};$

$35.5\text{m}+32\text{m}+32.68\text{m}+21.2\text{m}+25.12\text{m}+19.66\text{m}+15.21\text{m}+19.5\text{m}。$

临时墩布置,如图 1-3 所示。

2) 临时支撑墩的施工

临时支撑墩的荷载采用空间模型计算,取 1.5 的安全系数进行设计。墩身除 2 号墩外主要受力杆件采用 $\phi 1100\text{mm}$ 钢管,钢管间设纵向连接和横向连接形成一整体。为了克服顶推时的水平推力,2 号临时墩和与之相邻的 1 号、3 号临时墩间均采用钢绞线连接。

临时墩墩身钢管利用汽车吊起吊和承台上的预埋件连接,二者采用承压型高强螺栓连接,然后用纵向、横向和斜向加劲撑连接形成整体框架,其上安装砂筒、垫梁作为滑道支承,通过砂

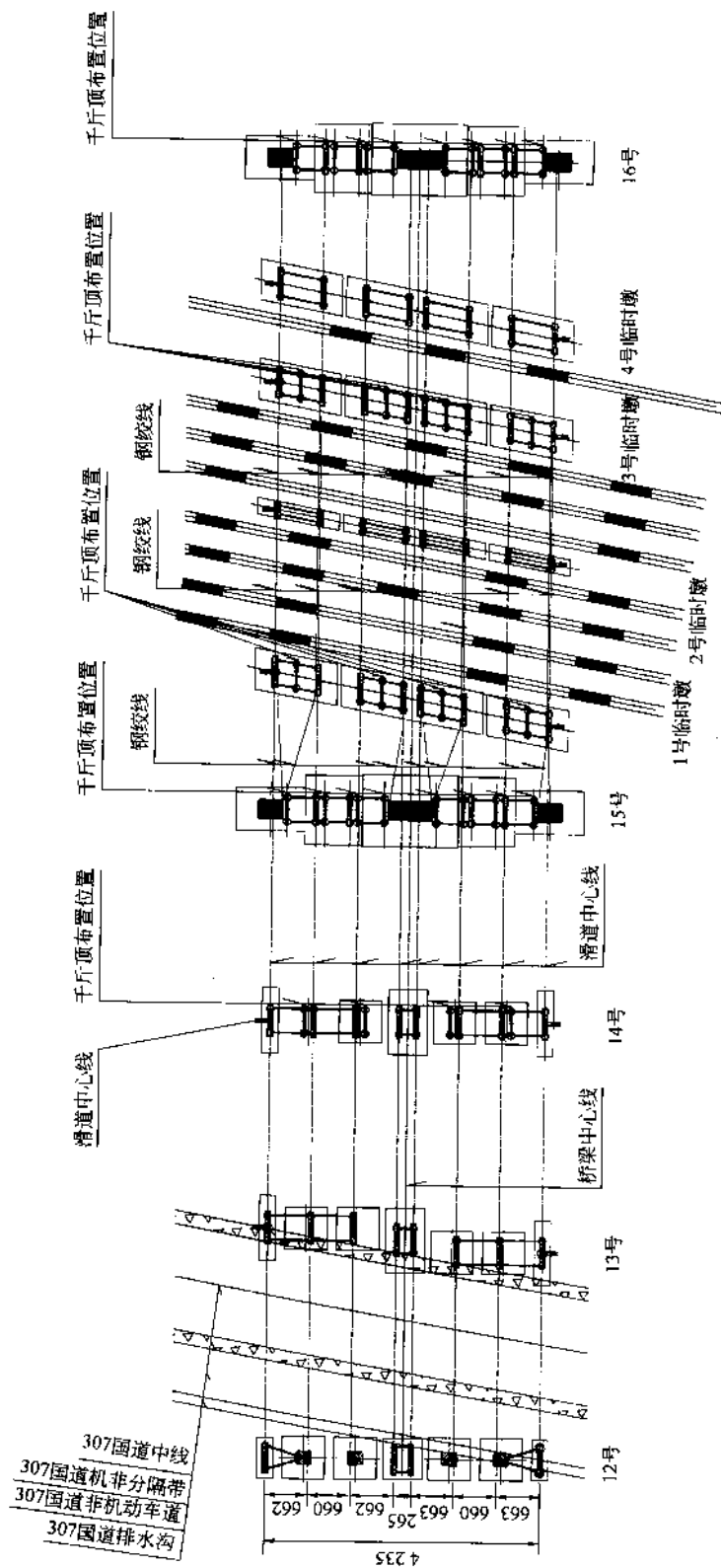


图1-3 系杆拱顶推临时墩布置平面图 (尺寸单位: cm)

筒来调整滑道的高程、坡度和落梁,砂筒和钢管墩间用 12mm 厚钢板电焊焊接,其施工时与车站联系,在距离其 50m 范围内没有罐车停留且没有罐车通过时进行焊接。因钢管柱上、下部局部弯曲应力较大,采用灌注 C30 混凝土来增大此部分的刚度。

1 号、3 号、4 号临时墩采用双排挖孔桩基础、钢筋混凝土承台、双钢管柱结构。2 号临时墩受地形限制,采用单排挖孔桩基础、钢筋混凝土承台、双钢管柱结构,由于单排挖孔桩基础水平刚度小,不能完全抵抗顶推过程中的摩擦力,1 号、2 号临时墩均采用钢绞线和 15 号墩相连,以克服水平反力,连接钢绞线在顶推施工过程中安装。首先将钢绞线穿过 15 号墩上的预埋件,然后将钢绞线的另一端固定到前导梁的端部,前导梁前移至 2 号临时墩处后,将钢绞线穿入 2 号临时墩的预留孔中,用千斤顶施加张拉力至 4t。1 号和 2 号临时墩的连接钢绞线跨越石德铁道线 5 股道、3 股道、正 I 线和正 II 线,为了确保安装钢绞线时的行车安全,应向铁路部门申请要点施工。

另外,2 号临时墩墩柱采用 $\phi 800\text{mm}$ 钢管,为提高其刚性,钢管内灌注 C40 混凝土。

与 12 号、13 号、14 号、15 号永久墩并排布置的临时墩,可利用主墩桩基础、承台及部分墩身来支承顶推梁体中间的两个滑道,外侧的两个滑道采用与临时墩相同的结构形式来支承。

4. 滑动装置

滑道是关系到顶推成败的关键因素,尤其是滑道高程以及其切线坡度,施工时应严格控制、随时观测,同一墩上滑道高程误差应控制在 1mm 以内,相邻墩滑道高差应控制在 5mm 以内。

本桥的顶推滑道布置在各墩墩顶,即分别在 12 号墩、13 号墩、14 号墩、15 号墩、1 号临时墩、2 号临时墩、3 号临时墩、4 号临时墩、16 号墩顶设置滑道。除 15 号、16 号主墩上滑道板支承在混凝土表面上外,其余支承在钢垫梁上。

滑动装置由临时墩上的滑道垫梁、滑道、滑板组成。滑道垫梁是用钢板焊接而成的箱形简支梁,其两端支承到钢管临时墩上,承受滑道传递的荷载。其钢管墩和垫梁的安装方式为:在到发线和货物线间的货场位置,布置 110t 吊车起吊钢管墩墩身与垫梁。临时墩吊装完毕后,拼装横向连接系,吊装垫梁和滑道。

滑道板用 30mm 厚钢板外包 3mm 厚不锈钢板而成。为了在顶推时,便于喂入四氟滑板,距滑道两端 30cm 范围内设圆弧,与梁底交角为 $2^\circ \sim 3^\circ$,不锈钢板表面粗糙度 R_a 不大于 $5\mu\text{m}$ 。滑道的面积按聚氟乙烯滑板无侧限抗压强度为 8MPa 时反算所需的滑板面积确定。

滑板采用四氟滑板,其抗压强度不低于 30MPa,设计滑板厚 13mm (3mm 为四氟滑板,10mm 为橡胶钢板分层压制在一起),长度按 40cm 分段。其构造如图 1-4 所示。

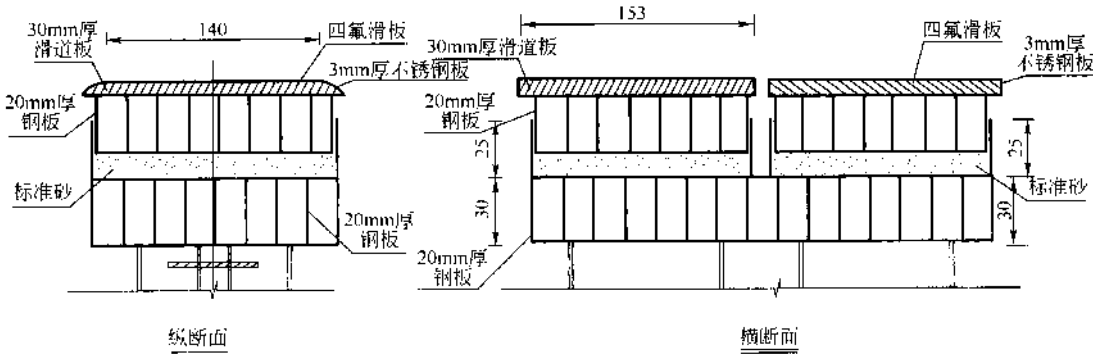


图 1-4 滑动装置构造示意图(尺寸单位:cm)

5. 主桥箱梁预制

主梁预制平台采用碗扣件、军用墩和军用梁搭设,军用墩和军用梁下采用钢筋混凝土基础,碗口件支架下面地基软弱的地方采用重型压路机碾压或采用石灰土换填,然后采用 25cm 厚混凝土硬化。支架搭设完毕,底模铺好后,调整箱梁底模高程。梁底高程=设计梁底高程+设计预留拱度+支架弹性变形值。

箱梁底模采用木胶板,外侧模采用专业厂家加工的定型钢模板,由于左右幅主梁间距仅 20cm,内侧模采用钢模板无法拆除,所以内侧模采用型钢做骨架,弧形倒角部分采用 4mm 厚钢板做面板,其他直线部分采用木胶板做面板。

在铺设底模时,临时墩的滑道上面铺垫四氟滑板,四氟滑板的顶面高程严格控制,保证其上顶面与主梁的底模相平,严禁出现高差或错台。底模铺设完毕后,绑扎腹板钢筋,安装预应力管道,在绑扎箱梁钢筋和固定预应力波纹管的同时,安装拱肋预埋段。拱肋预埋段在工厂加工好后运至现场,准确测设其上下口圆心坐标,然后用型钢焊接定位并固定。在安装拱肋预埋件的同时,在梁端安装导梁预埋件,同时安装拉锚器埋件。

箱梁采用两台输送泵车同时由跨中向两端连续浇筑;混凝土分两次浇筑,首先浇筑底板和腹板,然后浇筑顶板。第一次浇筑的混凝土浇筑完毕且强度不低于 20MPa 后,将混凝土顶面凿毛并清理干净,绑扎顶板钢筋,浇筑顶板混凝土。

梁体混凝土强度达到 30MPa 方可拆除内模和侧模;待梁体混凝土达到张拉强度后,进行预应力束的张拉、压浆,待预应力孔道内的水泥浆达到设计强度后,方可拆除支架,梁体重量落在临时墩上。

6. 顶推千斤顶和传力设施

1) 千斤顶布置形式

采用“拉肚皮”法顶推,本桥单幅最大顶推质量为 8 300t,启动静摩擦系数按 0.1 计,需顶推力约 800t,全桥布置 8 台 100t 连续顶推千斤顶。采用分级调压、集中控制技术,使各个千斤顶能同步、连续不断地顶推箱梁,确保桥墩所承受的水平力在设计容许范围内。由于开始顶推时需克服较大静摩擦力以及上坡的影响,布置两台 100t 连续顶推千斤顶备用。千斤顶构造见图 1-5 所示。

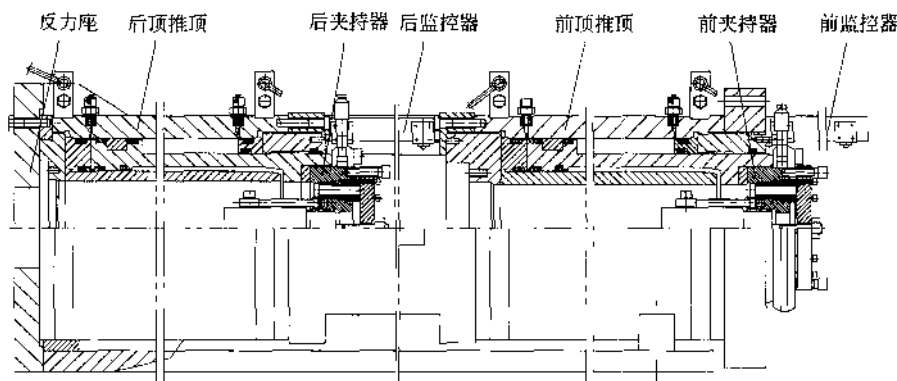


图 1-5 千斤顶构造示意图

初期分别在 14 号墩布置两台 ZLD-100 型连续千斤顶、15 号墩布置 4 台 ZLD-100 型连续千斤顶、1 号临时墩处布置 2 台 ZLD-100 型连续千斤顶顶推,后期将 14 号墩布置的

两台ZLD-100型连续千斤顶倒换到16号墩上,备用的两台ZLD-100型连续千斤顶安装在13号墩两中间滑道下垫梁上。初期千斤顶布置示意图和后期千斤顶布置如图1-6、图1-7所示。

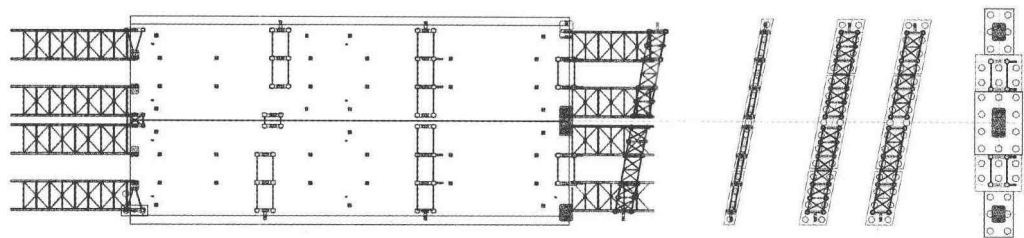


图 1-6 初期千斤顶布置示意图

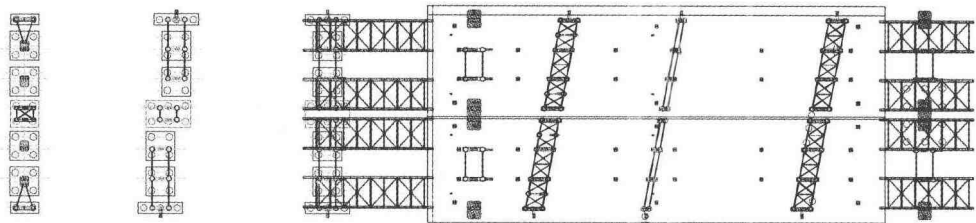
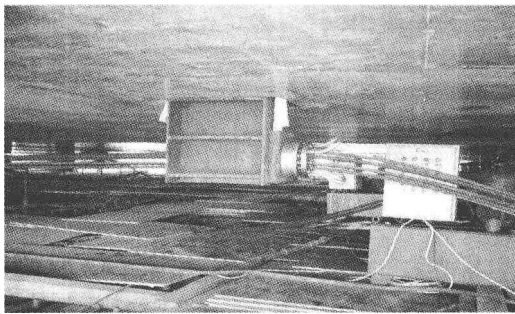


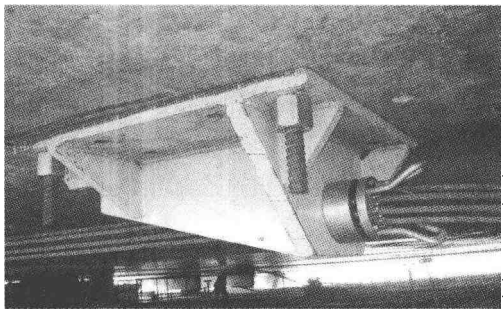
图 1-7 后期千斤顶布置示意图

2) 拉锚孔与拉锚器

拉锚器承受力按 100t 设计,分插入式和锚固式两种。插入式拉锚器用 2[40 焊接而成,简单、易操作;顶底板同时受力,可避免局部压应力过大,易把拉锚孔前侧混凝土压坏的通病;锚固式拉锚器直接锚固在横隔板、腹板处,用精轧螺纹钢锚固。拉锚器锚板应与张拉千斤顶配套,如图 1-8 所示。



a)



b)

图 1-8 拉锚器构造图

a) 插入式拉锚器; b) 附着式拉锚器

7. 导向装置

导向装置的作用是引导、限制箱梁梁体沿纵向中轴线方向滑动,当发生横向偏移时,通过它来纠偏。本桥采用的是丝杆式导向装置,分别设置在 13~15 号墩顶,1~4 号临时墩顶、16 号墩顶,在箱梁两侧对称安装。左右幅分别顶推,除预埋件外,其他部分可重复利用。