

预应力混凝土 箱型连续梁桥建造技术

——宁安高速铁路青弋江特大桥工程实例分析

张修和 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

预应力混凝土箱型连续梁桥建造技术 ——宁安高速铁路青弋江特大桥工程实例分析

张修和 主编

中国铁道出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

预应力混凝土箱型连续梁桥建造技术:宁安高速铁路青弋江特大桥工程实例分析/张修和主编. —北京:中国铁道出版社,2015.7

ISBN 978-7-113-20564-5

I. ①预… II. ①张… III. ①预应力混凝土桥—箱梁桥—连续梁桥—桥梁工程—芜湖市 IV. ①U448.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 133051 号

书 名:预应力混凝土箱型连续梁桥建造技术
——宁安高速铁路青弋江特大桥工程实例分析
作 者:张修和

策 划:江新锡 张卫晓

责任编辑:张 瑜

编辑部电话:010-51873371

封面设计:郑春鹏

责任校对:王 杰

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京铭成印刷有限公司

版 次:2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:13 字数:320 千

书 号:ISBN 978-7-113-20564-5

定 价:32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

编写委员会

主 编：张修和

副主编：颜柄仁 李建勋 刘林北 杨晓宇

委 员：周 峰 魏 斌 姚 彬 刘荣桂

王树民 马 记 陈勇华 任 权

魏 璞 代志勇 蔡东升

前 言

预应力混凝土连续箱梁桥以其结构性能好(如刚度大、强度高、变形小)以及自重轻、良好的稳定性和行车平顺舒适等优点而成为选择的主要桥型之一。尤其对一些重要用途的结构,如用于高速铁路、高速公路等工程,预应力混凝土连续箱梁桥都可以充分发挥跨越能力大、耐久性好等优势。

预应力混凝土连续箱梁桥施工过程复杂,施工控制影响因素多(如结构刚度、大体积混凝土配制、初凝时间、混凝土的收缩徐变、温度和预应力等),这些因素的共同作用会直接影响桥梁的线形与受力。对其在施工过程进行试验研究和理论探讨可以为实际工程提供指导,相关研究工作具有重要的理论价值和工程意义。

作者及其团队之前参与了京沪高速苏州段的桥梁(包括高架桥)等工程的施工,具有丰富的工程施工经验。从2010年开始,作者及其团队承接了宁安高速铁路工程,其中芜湖青弋江大桥四线预应力混凝土连续箱梁桥全段就是其重要的结点工程。作者及其团队积极组织力量,包括与江苏大学进行产学研合作,对该预应力混凝土连续箱梁桥在施工过程中的关键技术以及施工监控方法进行了研究,取得了一系列的成果(包括专利、工法等)。

本书共八章,内容如下:第一章,简单介绍了预应力混凝土箱型连续梁桥的基本知识;第二章,介绍了本桥梁所处环境下的工程地质、气候及水文条件,详细论述了桥梁上部结构与下部结构的工程概况;第三章,介绍了挂篮的分类,并对本桥梁的挂篮设计进行了研究分析,阐述了预应力技术的特点,并对预应力施工技术进行了研究,阐述了施工监控的内容,总结了施工监控的方法;第四章,对主墩钻孔桩施工方法进行了研究分析,并针对施工过程中出现的主要问题及对策进行了详细论述,对主墩承台施工方法进行了研究分析,介绍了基坑支护的施工技术方案及其施工方法,并针对施工过程中出现的主要问题提出了相应的对策,介绍了墩身施工方法,并针对施工过程中出现的主要问题提出了相应的对策;第五章,对0#块浇筑的施工工艺及方法进行了详细论述,详细介绍了箱梁节段施工流程,阐述了合龙段施工的工艺流程;第六章,通过对0#块临时支架系统的监测及监测结果数据分析计算,对0#块临时支架系统进行监控,研究了桥梁的线形监控、应力监控、温度效应监控及收缩徐变效应监控;第七章,分别对桥梁的工程质量管理、

工程进度管理及工程安全管理进行了详细论述,总结了施工工程管理对桥梁施工的重要性;第八章,论述了桥梁在运营期阶段进行健康监测的必要性,介绍了健康监测系统,阐述了青弋江大桥健康监测系统的构建流程,叙述了基于健康监测系统和人工巡检的养护管理系统的构建流程。

在本书的编写过程中,作者团队以及江苏大学刘荣桂课题组的老师蔡东升、顾斌和研究生刘猛、陈志清、陈令康等对本书作出了贡献。东南大学吕志涛院士对本书进行了审核,在此一并表示衷心感谢。

预应力混凝土连续箱梁桥施工监控的内容丰富且较为复杂,尚有许多问题亟待完善,希望本书能够起到抛砖引玉的作用,推动我国预应力混凝土连续箱梁桥在施工关键技术和施工监测方法等方面的研究得到进一步的发展。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 5 月

目 录

第一章 预应力混凝土箱型连续梁桥概述.....	1
第二章 青弋江大桥四线预应力混凝土箱型连续梁桥工程概况.....	4
第三章 关键技术研究及分析.....	9
第一节 挂篮设计与分析.....	9
第二节 预应力张拉技术研究	33
第三节 施工监控研究及方法	37
第四章 基础及下部结构施工	44
第一节 主墩钻孔桩施工	44
第二节 主墩承台施工	50
第三节 墩身施工	60
第五章 上部结构施工	66
第一节 0# 块浇筑	66
第二节 箱梁节段施工	72
第三节 合龙段施工	80
第六章 上部结构施工监控	83
第一节 0# 块临时支架系统监控	84
第二节 线形监控	96
第三节 应力监控.....	112
第四节 温度效应监控.....	129
第五节 收缩徐变效应监控.....	138
第七章 施工工程管理.....	152
第一节 工程质量管理.....	152
第二节 工程进度管理.....	161
第三节 工程安全管理.....	173

=====

第八章 青弋江大桥运营期健康监测与养护管理.....	180
第一节 桥梁健康监测的必要性.....	180
第二节 桥梁健康监测系统.....	182
第三节 青弋江大桥健康监测系统的构建.....	185
第四节 基于健康监测系统和人工巡检的养护管理系统的构建.....	191
参考文献.....	195

第一章 预应力混凝土箱型连续梁桥概述

一、预应力混凝土连续梁桥概述

我国大力发展交通运输事业,是加速实现四个现代化的重要保证。四通八达的现代交通网络,对于加强全国各族人民的团结、发展国民经济、促进文化交流、消灭城乡差别、巩固国防等方面,都具有非常重要的作用。特别是我国改革开放以来,道路桥梁的发展建设突飞猛进,对创造良好的投资环境,促进地域性的经济腾飞,起到关键作用。

桥梁是道路中既重要又复杂的组成部分,不但在工程规模上约占公路总造价的 10%~20%,而且通常是交通运输的关键点,其承载能力和通行能力是确保全线通畅的关键。桥梁的发展与人类社会各时期的生产与生活需要、当时的物质条件和人对客观事物的认识水平是分不开的。

两跨或两跨以上连续的梁桥如图 1-1 所示,属于超静定体系。连续梁在恒活载作用下,产生的支点负弯矩对跨中正弯矩有卸载的作用,使内力状态比较均匀合理,因而梁高可以减小,由此可以增大桥下净空,节省材料,且刚度大,整体性好,超载能力大,安全度大,桥面伸缩缝少,并且因为跨中截面的弯矩减小,使得桥跨可以增大。

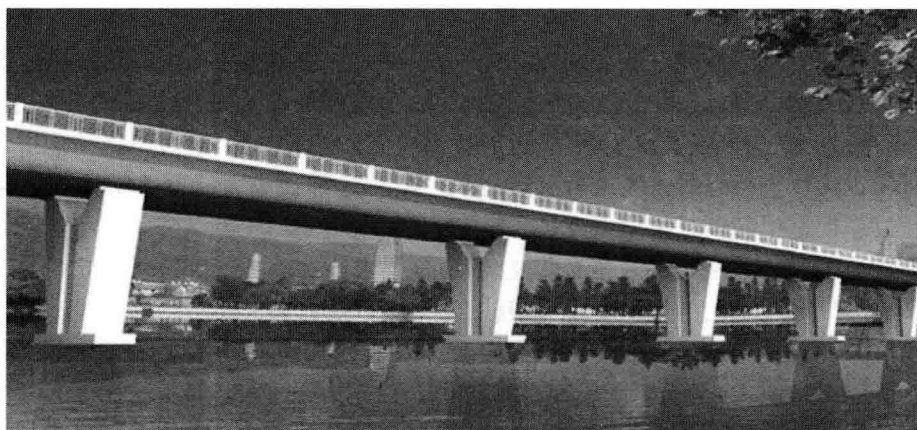


图 1-1 连续梁桥

预应力混凝土连续梁桥是连续梁桥的主要结构形式,具有接缝少、刚度好、行车平顺舒适等优点,在 30~120 m 跨度内常是桥型方案比选的优胜者。而横张预应力混凝土技术在 T 型梁、箱型梁、空心板梁三类常规跨径简支梁桥中的应用,取得了明显的技术经济效益。为拓宽横张预应力混凝土技术的应用范围,将其应用到更大跨度的连续梁桥中就显得尤为必要。

由于在荷载作用时,主梁的不同截面上有的有正弯矩,有的有负弯矩,而弯矩的绝对值均

较同跨径桥的简支梁小。这样,可节省主梁材料用量。连续梁桥通常是将 3~5 孔做成一联,在一联内没有桥面接缝,行车较为顺适。连续梁桥施工时,可以先将主梁逐孔架设成简支梁然后互相连接成为连续梁,或者从墩台上逐段悬伸加长最后连接成为连续梁。近一二十年,在架设预应力混凝土连续梁时,成功地采用了顶推法施工,即在桥梁一端(或两端)路堤上逐段连续制作梁体逐段顶向桥孔,使施工较为方便。连续梁桥主梁内有正弯矩和负弯矩,构造比较复杂。此外,连续梁桥的主梁是超静定结构,墩台的不均匀沉降会引起梁体各孔内力发生变化。因此,连续梁一般用于地基条件较好、跨径较大的桥梁上。1966 年建成的美国亚斯托利亚桥,是目前跨径最大的钢桁架连续梁桥,跨径为 376 m。

二、预应力混凝土箱梁桥的特点

1. 预应力混凝土结构的特点

预应力混凝土结构在国内外大、中跨桥梁中得到普遍应用,主要由于预应力混凝土结构具有以下几个特点:

(1) 预应力混凝土结构能够充分发挥高强度材料的作用,节省材料,降低造价。

(2) 采用预应力混凝土结构能提高构件的抗裂性和刚度。对构件施加了预应力,在构件的受拉区储备了预压应力,并从一开始就引起结构向上反拱,在使用荷载的作用下,变形较小。改善了结构的使用性能,又增加了结构的耐久性。

(3) 采用预应力混凝土能建成大跨度的桥梁结构。预应力混凝土使用了高强材料后截面尺寸有所减小,结构自重相对较轻;同时由于混凝土的预压曲线力筋的向上反力使得结构内垂直剪力减小,荷载作用下的主拉应力也会相应减小,因此使得腹板的厚度可以适当减薄,使自重减小,跨度也可以相应增大,特别是对结构自重控制设计的大跨径桥梁更显示出优越性。

(4) 使用预应力混凝土能够保证结构质量,适用耐久。使用预应力混凝土结构能够促进桥梁新体系的发展。利用预应力工艺作为连接构件的手段已经成为现代先进的施工工艺之一,它可以将大跨径的结构分成节段预制,然后通过预应力筋连成整体,既可以把结构拼装成整体后进行架设,也可以进行悬臂拼装或者悬臂浇筑。随着这种预应力混凝土结构现代化施工方法的不断发展,促进了新体系桥梁的发展。

(5) 预应力混凝土的施工工艺相对较复杂,质量要求高。

(6) 预应力混凝土结构的施工费用一般较高。

(7) 预应力混凝土结构设计的要求也比较精细。因为结构本身强度高、截面小,并且要施加预应力,所以要求慎重,全面考虑温度、材料和施工工艺等方面的影响。

2. 箱型截面的优点

箱型截面具有良好的结构性能,因而在现代各种桥梁中得到广泛应用。在中等、大跨预应力混凝土桥梁中,采用的箱梁是指薄壁箱型截面的梁。其主要优点是:

(1) 截面抗扭刚度大,结构在施工与使用过程中都具有良好的稳定性。

(2) 顶板和底板都具有较大的混凝土面积,能有效地抵抗正负弯矩,并满足配筋的要求,适应具有正负弯矩的结构,如连续梁、拱桥、刚架桥、斜拉桥等,也更适应于主要承受负弯矩的悬臂梁、T 型刚构等桥型。

(3) 适应现代化施工方法的要求,如悬臂施工法、顶推法等,这些施工方法要求截面必须具备较厚的底板。

=====

(4)承重结构与传力结构相结合,使各部件共同受力,达到经济效果,同时截面效率高,并适合预应力混凝土结构空间布束,更加收到经济效果。

(5)对于宽桥,由于抗扭刚度大,跨中无需设置横隔板就能获得满意的荷载横向分布。

(6)对于曲线桥,同样具有较强的适应性。

(7)能够较好地满足管线等公共设施的布设要求。

三、预应力混凝土箱型连续梁桥国内外发展概况

早在 1861 年人们就提出对混凝土结构施加预应力的设想,并开始了各种尝试和研究工作,但大多尝试都以失败告终。从 20 世纪 20 年代开始到二战前,预应力混凝土的研究进入了一个崭新的阶段,并开始尝试付诸于工程实践。预应力混凝土桥梁的发展在二战之前尚处于萌芽阶段,但正逐步向成熟阶段过渡。二战之后的西欧各国因遭受战争的破坏,有大量桥梁急需重建,然而战后百业待兴,钢材更是奇缺,这样预应力混凝土桥梁就成为了上佳的替代方案。目前,无论是城市桥梁、高架道路、山区高架栈桥,还是跨越江河湖滨的大桥,预应力混凝土连续梁桥都以它独特的魅力而取代其他桥型成为优胜方案。另外,从国内外已建成的钢桥、钢筋混凝土及预应力混凝土连续梁桥的修建总数来看,预应力混凝土连续梁桥已远远超过半数,充分体现出预应力混凝土连续梁桥的强大生命力。欧洲工业革命后,钢桥、混凝土桥和预应力混凝土桥兴起并蓬勃发展。至 20 世纪 30 年代,由于高强钢丝和高强度水泥的使用,预应力混凝土结构以自重轻、刚度大以及抗震、抗裂性能好等优点而独占鳌头,广泛应用于各类工程中,被称为混凝土技术革命。在预应力混凝土桥梁方面,出现了很多新的桥梁形式和新的桥梁设计理论,施工工艺也日趋完善,从而提高了质量、降低了造价,甚至在大跨径桥梁方面可与钢桥相媲美。

国际上,20 世纪 30 年代法国与德国首先采用预应力混凝土修建了桥梁,1937 年曾建成跨径 33 m 的预应力钢筋混凝土简支梁桥和跨径 69 m 的外露配筋悬臂梁桥。现已建成的 200 m 以上跨径的预应力混凝土桥梁有多座,如日本浦户、彦岛、滨名诸桥,阿根廷的巴拉圭桥等等。

我国最早建成的钢筋混凝土箱型薄壁梁桥——山东济宁跃进桥,是我国第一座混凝土箱梁桥,跨径为 $(37+53+37)$ m;1964 年又在广西建成一座悬臂箱梁桥,主跨 55 m。由于钢筋混凝土结构存在用钢多、自重大、易开裂等缺点,因此,为满足大跨径桥梁发展的需要,使用预应力混凝土是必由之路。1973 年建成的北京复兴门立交桥,为 $(8.25+25+8.25)$ m 三跨连续梁桥,桥宽 51.64 m,分三段预制,先形成双悬臂静定体系,然后连续、横向由变截面实腹宽翼缘梁组成。此后,随着高速公路和市政工程等基础设施建设的快速发展,预应力混凝土连续梁桥开始迅速发展和广泛应用。目前我国已建和在建的很大一部分桥梁为预应力混凝土连续梁桥,其中尤其以预应力混凝土连续箱梁桥的发展和应用最引人注目。预应力混凝土连续箱梁桥以其结构刚度大、行车平顺性好、伸缩缝少和养护简单等一系列优点,备受业主和设计、施工单位的欢迎。目前在 40~150 m 跨度范围内,预应力混凝土连续箱梁桥已成为主要的桥梁形式之一。

第二章 青弋江大桥四线预应力混凝土箱型连续梁桥工程概况

宁安高速铁路青弋江大桥位于芜湖市内,主要跨越青弋江、既有皖赣铁路,全长 9 422.07 m。线路的走向基本上是利用了既有宁芜上行线线位,并将宁芜上行线改建到与宁芜下行线并行。桥址内房屋及道路众多,线路从芜湖站引出后一路高架桥,在桥梁范围内依次跨越了营盘山路、既有皖赣线、黄山东路、康复路、荪坊路、青弋江、利民路、规划丫山路、规划大别山路、规划荆山路、规划天柱山路、规划纬六路、峨山路、规划三环路、芜南路(G205 国道)。

青弋江为通航河流,规划为三级航道,作为芜申运河的一部分,要求通航净空高度 7.0 m、通航孔跨度 100 m。青弋江大桥于 DK89+725.7~DK89+803.3 处跨越青弋江,斜交 $8^{\circ}00'$,考虑防洪及通航的要求,结合河道断面情况,采用(72.7+136+72.7)m 四线预应力混凝土连续梁跨越(与皖赣线青弋江特大桥合建)青弋江,墩号为 74[#]~77[#],其中 74[#]墩为北过渡墩,77[#]墩为南过渡墩,75[#]墩为北主墩,76[#]墩为南主墩。

桥址处既有宁芜上行线青弋江大桥为(40.0+40.0)m 下承式连续钢桁梁桥,单线,桥面两侧各有 0.75 m 宽人行道,该桥拆除改建。

一、工程地质

宁安高速铁路青弋江大桥桥址位于冲积平原区,周围多辟为农田、菜地。桥址处于隐伏岩溶发育区,溶沟、溶槽、溶洞较发育,桥址场地属中等复杂场地。桥址区岩性种类单一,基岩顶板起伏变化较大,桥址地基属中等复杂地基。地层岩性及物理力学特征见表 2-1。

表 2-1 地层岩性及物理力学特征

层 号	岩 性	物理力学特征
(1)	Q _{pl} 人工填土	杂色,松散,湿,以粉质黏土为主,含碎石、混凝土、生活垃圾
(1)1	Q _{pl} 淤泥	灰黑色,流塑
(2)	Q _{pl} 粉质黏土	褐黄、黄褐色等,硬塑, $\sigma_0=180$ kPa
(2)0	Q _{pl} 淤泥质粉质黏土	灰色,流塑, $\sigma_0=60$ kPa
(2)0-1	Q _{pl} 淤泥	灰色,流塑
(2)1	Q _{pl} 粉质黏土	灰、灰黄色等,软塑,局部夹粉砂薄层及腐蚀物, $\sigma_0=120$ kPa
(2)3	Q _{pl} 粉土	灰、灰黄色等,稍密~中密,湿~很湿~饱和, $\sigma_0=100$ kPa
(2)6	Q _{pl} 含砾粉质黏土	棕红色等,硬塑,含少量细砾等, $\sigma_0=200$ kPa
(3)	Q _{pl} 细圆砾土	灰白色,密实,饱和,圆砾为主,成分为石英砂岩,充填物为粉质黏土, $\sigma_0=300$ kPa
(4)1	J _{3d} 凝灰岩	灰绿色、灰色,全风化,岩芯呈土状, $\sigma_0=250$ kPa

续上表

层号	岩 性	物理力学特征
(4)2	J ₃ d 凝灰岩	灰绿色,强风化,节理发育,细粒质结构,岩芯呈碎块状, $\sigma_0=400$ kPa
(4)3	J ₃ d 凝灰岩	灰绿色~灰色,弱风化,节理较发育,块状构造,细粒质结构,岩芯呈柱状, $\sigma_0=600$ kPa
(5)1	T 砂岩	全风化,岩芯呈砂土状,结构构造已破坏, $\sigma_0=250$ kPa
(5)2	T 砂岩	棕红色,强风化,岩芯多呈 2~9 cm 碎块状,少量呈 5~8 cm 短柱状, $\sigma_0=350$ kPa
(5)3	T 砂岩	紫红色,弱风化,节理裂隙发育,岩芯多呈 6~35 cm 短柱状,少量呈 5~8 cm 碎块状,钙质胶结,岩体可见方解石脉, $\sigma_0=550$ kPa
(6)2	T 炭质页岩	灰黑色,强风化,岩芯呈块状、土柱状及短柱状, $\sigma_0=250$ kPa
(6)3	T 角砾灰岩	棕红色夹灰白色等,弱风化,岩芯呈块状、短柱状、柱状, $\sigma_0=800$ kPa
(7)1	T 泥灰岩	灰黄、灰色等,全风化,岩芯呈土状, $\sigma_0=250$ kPa
(7)2	T 灰岩、泥灰岩互层	灰、灰黑色等,强风化,岩芯呈碎块、块状、短柱状、柱状等, $\sigma_0=400$ kPa
(7)3	T 灰岩、泥灰岩互层	灰、灰白色等,弱风化,岩芯呈块状、短柱状、柱状等, $\sigma_0=600$ kPa
(8)1	T 泥质粉砂岩	棕红色等,全风化,岩芯呈土状, $\sigma_0=200$ kPa
(8)2	T 泥质粉砂岩	棕红色等,强风化,岩芯呈碎块、块状,少量短柱状, $\sigma_0=300$ kPa
(8)3	T 泥质粉砂岩	棕红色等,弱风化,岩芯呈块状、短柱状、柱状、长柱状, $\sigma_0=450$ kPa

二、气候及水文条件

青弋江大桥地处长江下游,季风显著,气候温和,梅雨集中,阳光充足,无霜期长,降雨丰沛集中。地下水以孔隙潜水为主。桥位距河口仅 2.8 km,受长江灌水倒灌,顶托影响大。

芜湖位于亚热带湿润季风气候区,气候特点:四季分明,夏热冬温,雨量充沛,具有明显的季节性。由于受季风气候的影响,冷暖气团交锋频繁,天气多变,年内梅雨天气显著,下雨集中,是安徽省降水较多的地区之一。

三、下部结构

1. 过渡墩基础

74[#]、77[#]过渡墩基础采用 15 根 $\phi 1.5$ m 钻孔灌注桩基础,桩基础均按柱桩设计,呈行列式布置,采用 C40 水下混凝土。其中 74[#]墩桩长 50 m,77[#]墩桩长 37.5 m。

74[#]、77[#]墩承台平面尺寸为 19.5 m $\times$ 9.6 m,厚度为 3.5 m,桩身埋入承台 20 cm,采用 C40 混凝土。墩柱为圆端形墩,采用 C40 混凝土。74[#]、77[#]墩的墩身高度均为 12.53 m,墩身采用组合钢模整体浇筑施工。过渡墩基础结构如图 2-1 所示。

2. 主墩基础

75[#]、76[#]主墩基础采用 18 根 $\phi 2.5$ m 钻孔灌注桩基础,桩基础均按柱桩设计,呈行列式布置,采用 C40 水下混凝土。其中 75[#]墩桩长 64 m,76[#]墩桩长 76 m。

75[#]、76[#]墩承台平面尺寸为 30.5 m $\times$ 14.6 m,厚度为 6.5 m,桩身埋入承台 20 cm,采用 C40 混凝土。墩柱为圆端形墩,采用 C40 混凝土。75[#]、76[#]墩的墩身高度均为 3 m,墩身采用组合钢模整体浇筑施工。主墩基础结构如图 2-2 所示。

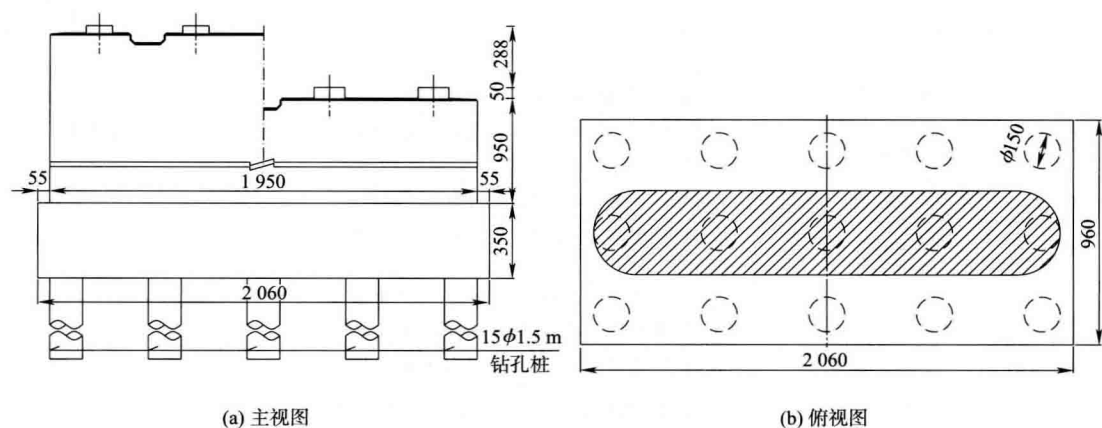


图 2-1 过渡墩基础结构图(单位:cm)

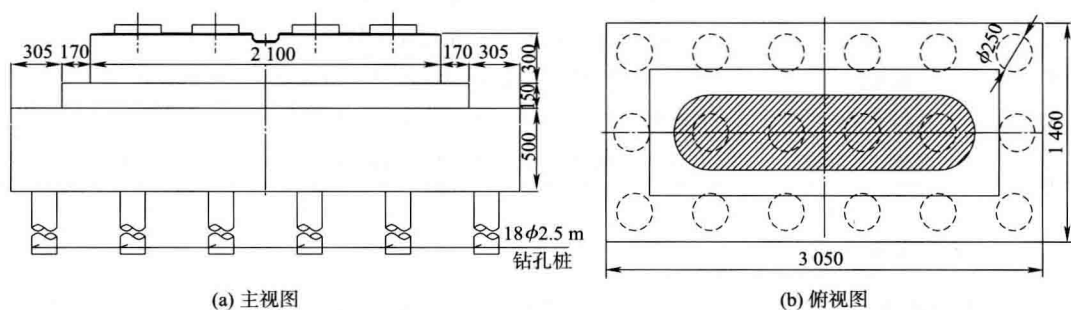


图 2-2 主墩基础结构图(单位:cm)

四、上部结构

跨青弋江(72.7+136+72.7)m 四线预应力混凝土连续梁是宁安高速铁路的重点控制工程,全长 281.4 m,线间距(4.6+6+4.6)m。主跨位于直线上,边跨位于缓和曲线上,桥与青弋江呈 82° 交角,青弋江目前处于通航状态,连续梁采用挂篮悬臂法浇筑施工。箱梁横截面为单箱三室直腹板,顶宽 22.8 m,底宽 16.5 m。顶板厚 55 cm、45 cm,腹板厚 45 cm、75 cm、95 cm,底板厚由跨中的 50 cm 按圆曲线渐变至中支点梁根部的 125 cm,中支点处加厚到 155 cm;梁体各控制截面梁高分别为:端支座处及边跨直线段和跨中截面特征点处为 5.5 m,中支点截面特征点处为 11 m。全桥共设 5 道横隔梁,分别设置于边支点、中支点及中跨跨中截面处。全桥共分 59 个节段:A0[#]段 2 个,长 28 m;边跨现浇段 2 个,长 3.7 m;边跨及中跨合龙段 3 个,长 2 m;每个 T 构对称段 13 个,节段长度为 1×3 m、 4×3.5 m、 4×4 m、 4×5 m。

箱梁节段重量:0[#]块在钢管桩支架上浇筑,长 28 m,宽 22.8 m,墩顶支点处梁高 11 m,混凝土体积为 $2\,271\text{ m}^3$,重量为 5 905 t,在竖直方向分两次浇筑;边跨直线段长 3.7 m,混凝土体积为 215.2 m^3 ,重量为 559 t,采用支架现浇法一次浇筑完成;边跨合龙段长 2 m,混凝土体积为 59.5 m^3 ,重量为 155 t,利用边跨现浇段支架浇筑;中跨合龙段长 2 m,混凝土体积为 107.6 m^3 ,重量为 230 t,利用挂篮浇筑;其余节段均采用挂篮悬臂浇筑,最长节段长 5 m,最重的为 2[#]节段,混凝土体积为 199 m^3 ,重量为 517 t。

连续梁桥结构立面图如图 2-3 所示,箱梁横截面图如图 2-4 所示。

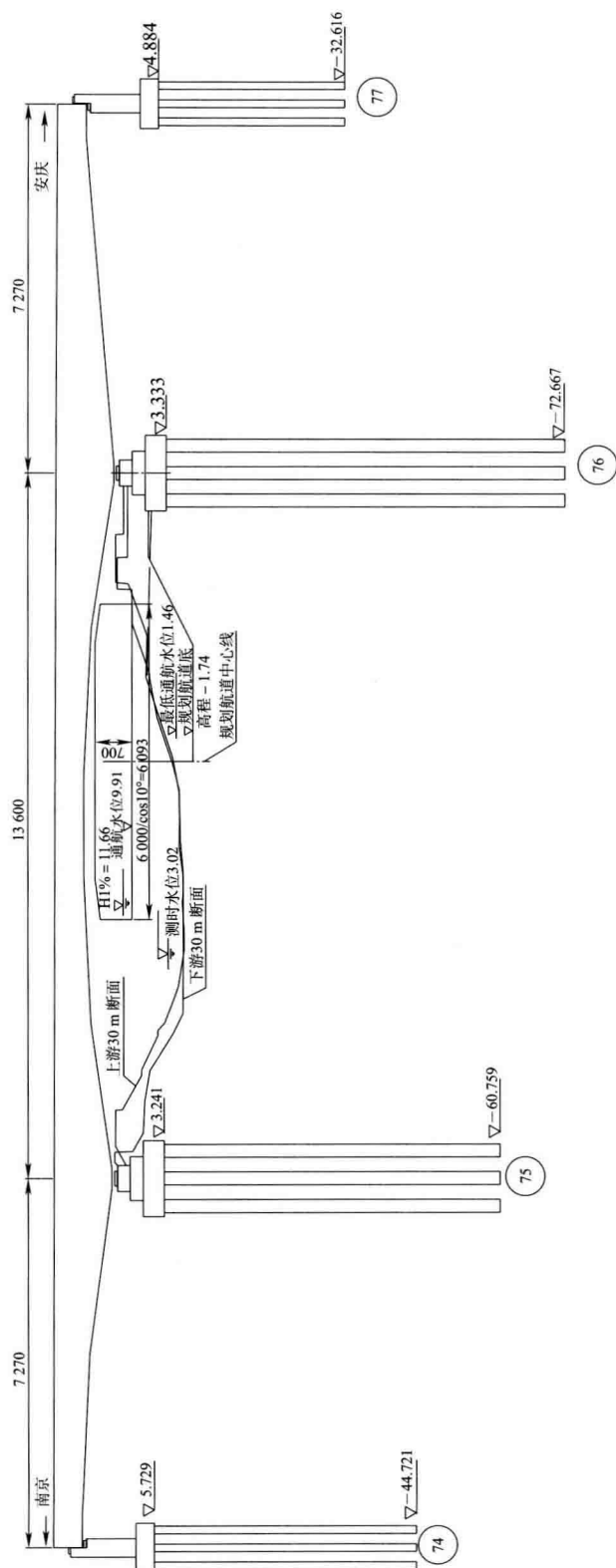
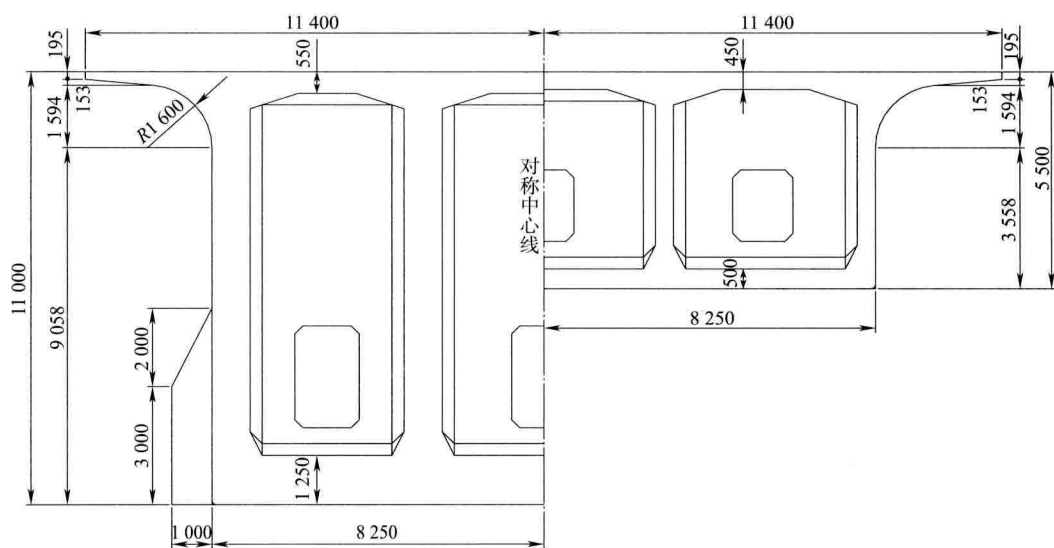


图 2-3 跨青弋江 (72.7+136+72.7) m 连续梁桥结构立面图 (单位: cm)



第三章 关键技术研究及分析

随着我国国民经济的高速发展及综合国力的逐渐增强,桥梁建设进入前所未有的高速发展时期。桥梁结构形式的不同,其上部结构的施工方法也不同。对于大跨度连续梁桥、T型刚构桥、连续刚构桥、伸臂梁桥和斜拉桥等,在距离地面高度较大或跨越河流、深谷、大的障碍物时,不便采用支架现浇施工方法,而一般采用悬臂施工方法。悬臂浇筑法施工的主要设备是挂篮,所谓挂篮,就是一个以既完梁体作为载体,并能沿着梁上轨道向前行走,进行梁段循环施工的移动模架。大跨度桥梁的结构形式变化多样,其中预应力混凝土箱型梁桥以其优良的结构性能在桥梁建设中占有极其重要的地位。预应力张拉工艺是桥梁预应力构件施工的重要环节,它关系到结构施工整体的稳定和安全,因此,对预应力张拉技术的研究显得非常重要。由于大跨度桥梁受力复杂,必然给大跨度桥梁结构带来比较复杂的内力和位移变化,为保证桥梁的施工质量和桥梁的施工安全,桥梁施工监控是必不可少的。

第一节 挂篮设计与分析

根据构造形式和受力体系的区别,挂篮可分为桁架式挂篮、斜拉式挂篮、牵索式挂篮及复合式挂篮。其中,桁架式挂篮按其受力主桁架的不同结构形式,常见的有平行桁架式挂篮、弓弦式挂篮、三角式挂篮、菱形挂篮等。本项目采用三角形挂篮,对悬臂浇筑连续梁桥来说,挂篮检算及监测对桥梁施工质量的监控有重要影响。本项目首先计算了挂篮上的荷载,然后对挂篮采用有限元进行了检算,得出了实际荷载作用下挂篮的变形,最后对挂篮在预压荷载作用下的变形进行了观测,确保施工中结构的安全和确保结构形成后的外形和内力状态符合设计要求。另外通过对该桥挂篮监控方法的总结,为日后同类预应力混凝土连续梁桥挂篮施工提供一定的借鉴。

一、挂篮荷载计算

1. 三角形挂篮结构形式

三角形挂篮由主桁、底篮、悬吊系统、后锚及行走系统、模板系统等部分组成。挂篮结构形式如图 3-1~图 3-3 所示。

(1) 主桁

主桁为三角桁片,由立柱、轨道横梁、斜拉带组成,每个挂篮有四片三角形组合梁,四片组合梁支架由桁架连接形成整体,立柱与主梁之间采用铰接。

1) 主梁:由 2 根 $\text{HN}600 \times 200 \times 11 \times 17/\text{Q}235\text{a}$ 型钢加工而成,共长 1 200 cm。

2) 立柱:由 2 根 $\text{HN}600 \times 200 \times 9 \times 14/\text{Q}235\text{a}$ 型钢加工而成,共长 500 cm。