



铁路工程施工技术

TIELU QIAOHAN GONGCHENG
SHIGONG JISHU

黄 司 主编

铁路桥涵工程 施工技术

下册



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路工程施工技术

铁路桥涵工程施工技术

(下 册)

黄 司 主编

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

为适应铁路桥涵工程施工的需要,组织编写了《铁路桥涵工程施工技术》(上册、中册、下册)。本书纳入了现行铁路桥涵工程施工规范、规程等相关内容,选用了成熟的施工技术,内容上力求与时俱进。

本书为下册,共8章,主要包括:连续梁(刚构)转体法施工;拱桥施工;斜拉桥施工;钢桁梁架设与结合梁施工;桥梁支座施工;防水层和沉降缝施工;桥面系及附属工程施工和小型构筑物施工。

本书可作为铁路工程技术人员及管理人员的专业参考书,也可供高等院校铁道工程、工程管理等专业师生学习与使用。

图书在版编目(CIP)数据

铁路桥涵工程施工技术.下册/黄司主编. —北京:

中国铁道出版社,2014.6

(铁路工程施工技术)

ISBN 978-7-113-18330-1

I. ①铁… II. ①黄… III. ①铁路桥—桥涵工程—
工程施工 IV. ①U448.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 073059 号

书 名: 铁路工程施工技术
铁路桥涵工程施工技术(下册)
作 者: 黄 司

策 划: 江新锡 曹艳芳
责任编辑: 曹艳芳 张卫晓 编辑部电话: 010-51873065
封面设计: 崔 欣
责任校对: 龚长江
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: 北京尚品荣华印刷有限公司

版 次: 2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 15.25 字数: 380 千

书 号: ISBN 978-7-113-18330-1

定 价: 37.00 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

前言

为适应铁路桥涵工程施工的需要和工程技术人员的便利,在各铁路工程单位的大力支持下,我们组织一批有丰富现场施工经验的技术人员编写了《铁路桥涵工程施工技术》(上册、中册、下册)。上册主要介绍桥涵施工准备、常备结构和常用机具设备、钢筋混凝土等基本技术以及墩台与基础工程施工技术;中册主要介绍混凝土桥梁上部结构施工技术;下册主要介绍特殊结构桥梁、支座、桥面系、附属工程以及涵洞、倒虹吸、渡槽等小型构筑物的施工技术。各分册均纳入了现行铁路桥涵工程施工规范、规程、指南,选用了成熟的施工技术,内容上力求与时俱进。

本书为下册,主要内容包括:第1章连续梁顶推与连续梁(刚构)转体施工;第2章拱桥施工;第3章斜拉桥施工;第4章钢桁梁架设与结合梁施工;第5章桥梁支座施工;第6章防水层和沉降缝施工;第7章桥面系及附属工程施工;第8章小型构筑物施工。

本书撰写分工如下:中铁十四局集团第三工程有限公司黄司负责撰写第1章、第2章、第3章、第5章、第6章、第7章、第8.1节;中铁十二局集团第四工程有限公司赵永刚负责撰写第4.1、4.2节;石家庄铁道大学马增数负责撰写第4.3节;中铁二局集团第五工程有限公司肖灿云负责撰写第4.4节;中铁十七局集团第三工程有限公司薛国虎负责撰写第8.2、8.3节。本书由黄司负责统稿整理。

在编写过程中,石家庄铁道大学黄守刚、李向国、康拥政、吴景龙、周亮、张力霆、王建西、张慧丽、温少芳、孙海龙、吕希奎、王晨、孙明磊,河北交通职业技术学院李永华、郝士华以及中国铁道出版社石家庄铁道大学发行分部赵春虎、于超、杨晓燕对本书的撰写提出了宝贵的意见。对此表示感谢!

限于编者水平有限,书中谬误之处敬请读者批评指正。

编者

2014年3月

目 录

第 1 章 连续梁顶推与连续梁(刚构)转体施工	1
1.1 连续梁顶推	1
1.2 连续梁(刚构)转体施工	12
第 2 章 拱桥施工	21
2.1 拱桥施工概述及一般规定	21
2.2 大跨度拱桥的施工用缆索吊装设备	21
2.3 钢筋混凝土拱桥的有支架施工	26
2.4 钢筋混凝土拱桥的无支架施工	35
2.5 钢管混凝土拱桥	42
2.6 钢桁架拱桥施工	57
第 3 章 斜拉桥施工	65
3.1 斜拉桥的构造	65
3.2 斜拉桥施工的一般规定	70
3.3 索塔施工	70
3.4 主梁施工	80
3.5 斜拉索的安装	87
第 4 章 钢桁梁架设与结合梁施工	106
4.1 钢桁梁架设施工的有关规定	106
4.2 悬臂拼装钢梁	122
4.3 钢桁梁预拼就位施工	146
4.4 结合梁桥施工	166
第 5 章 桥梁支座施工	173
5.1 桥梁支座安装的一般规定	173
5.2 盆式橡胶支座安装要点	175
5.3 板式橡胶支座安装要点	175
5.4 钢支座安装要点	176

=====

第 6 章	防水层和沉降缝施工	177
6.1	客货共线铁路桥面防水层和沉降缝	177
6.2	高速铁路桥面防水层和沉降缝	181
第 7 章	桥面系及附属工程施工	185
7.1	客货共线铁路桥面及附属工程施工要点	185
7.2	高速铁路桥面附属设施施工要点	186
第 8 章	小型构筑物施工	188
8.1	涵洞施工	188
8.2	渡槽	228
8.3	倒虹吸管	233
参考文献		237

第 1 章 连续梁顶推与连续梁(刚构)转体施工

1.1 连续梁顶推

1.1.1 施工原理及施工流程

顶推法的施工原理是沿桥纵轴方向的桥台后开辟预制场地,分节段预制混凝土梁身,并用纵向预应力筋连成整体,然后通过水平液压千斤顶施力,借助不锈钢板与聚四氟乙烯模压板特制的滑动装置,将梁逐段向对岸顶进,就位后落架,更换正式支座完成桥梁施工。

预应力混凝土连续梁桥的上部结构采用顶推法主要施工流程如图 1-1 所示。

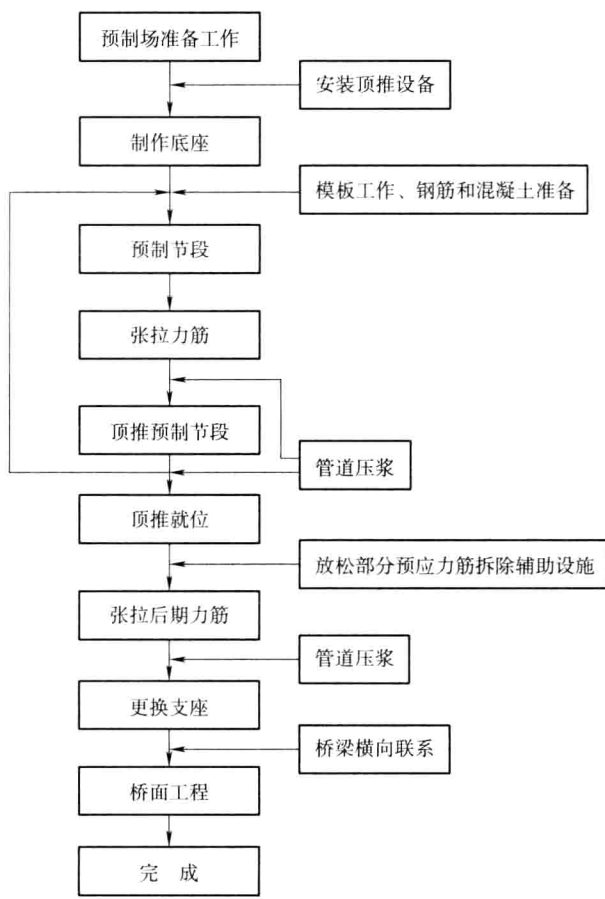


图 1-1 顶推法主要施工流程图

连续梁桥的主梁采用顶推法施工示意如图 1-2 所示。

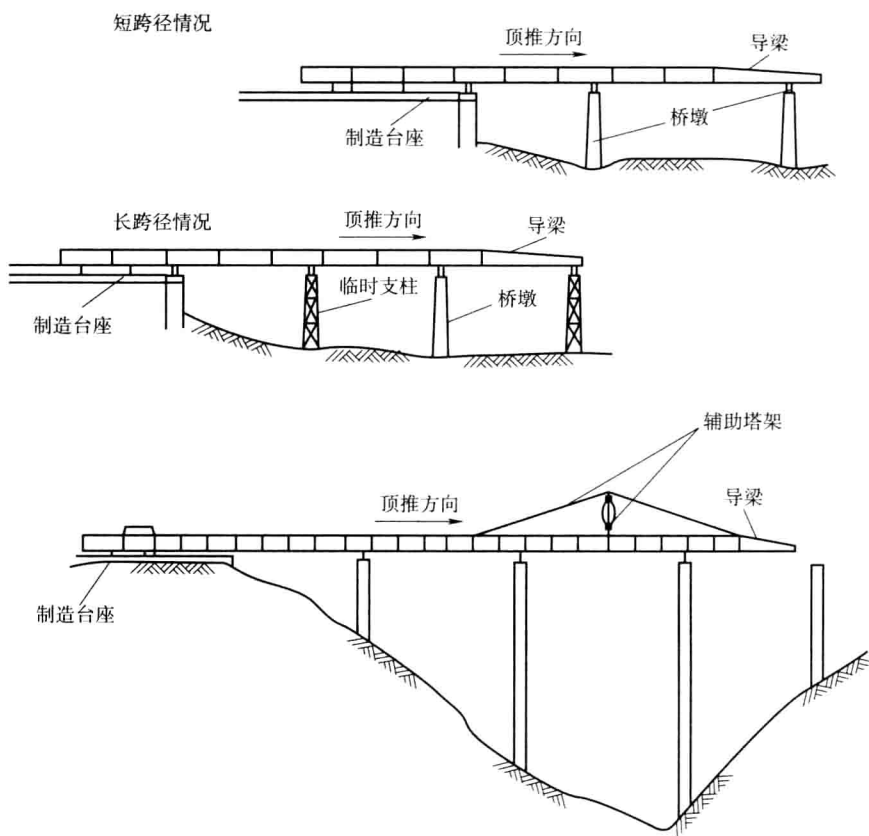


图 1-2 顶推法施工示意

1.1.2 顶推施工的有关规定

1. 顶推施工预应力混凝土连续梁应根据场地条件、工期要求、设备情况等,来选择从一端顶推、从两端顶推方式,采用单点接力顶推、多点连续顶推等方法进行施工。施工流程为:施工准备→台座施工→安装前导梁、浇筑第一段梁→安装墩顶滑道、顶推设备→顶推第一段梁到施工设计位置→浇筑第二段及以后的中间梁段→顶推至施工设计位置→安装后导梁、浇筑最后一段梁→将梁体顶推至设计位置→拆除前后导梁及顶推设备→预应力筋安装、张拉,孔道压浆,拆除临时预应力筋→拆除墩顶滑道、安装支座落梁就位。

2. 制梁场地应能满足导梁拼装、机械设备及制梁材料存放和施工作业需要。

3. 制梁台座应进行施工设计,具有足够的强度、刚度和稳定性,并应做好台座地基的防排水设施以防止浸水沉降。

4. 制梁台座顶面高程、中线及纵坡应与顶推桥梁的设计高程、中线及纵坡相一致。台座上的滑道装置应按最大反力设计计算,保证满足预制梁段的顶推需要。

5. 梁段制作及梁段连接除应符合“预应力混凝土简支箱梁预制”和“悬臂浇筑连续梁”的有关规定外,还应符合下列规定:

(1) 预制梁段长度除应符合设计要求外,尚应考虑预应力混凝土的弹性压缩、收缩及徐变影响适当加长,并应在制作过程中根据顶推施工梁长变化情况及时进行调整,确保支座位置符

合设计要求。

(2) 预制梁段的端面尺寸、垂直度和底面平整度必须严格控制,梁段接缝面的预应力孔道相错量不应大于 2 mm。相邻梁段应密接浇筑,后浇梁段成孔胶管伸入已成梁段内长度不应小于 30 cm,金属波纹管成孔时搭接长度不应小于 10 cm,并应采用密封措施防止漏浆堵塞孔道。

(3) 顶推梁段的接缝方式应符合设计要求。

(4) 顶推梁段和顶推阶段的预应力筋应按设计要求张拉、压浆,但需要拆除的临时预应力筋张拉后不应压浆。

6. 顶推施工使用的导梁应符合下列规定:

(1) 导梁长度、重量、结构类型及与梁体的连接方式应符合设计要求。

(2) 导梁底面应平直,并与梁体底面位于同一平面内,纵向高程偏差、中线偏差及底面横向高差均不应大于 1 mm。

(3) 导梁与梁体连接的预埋件规格、数量、位置应符合设计要求,采用预应力筋加强连接时,预应力施工应符合设计要求。

7. 桥跨间设置临时桥墩时,临时墩应经过设计检算,具有足够的强度、刚度和稳定性。临时墩上的滑道应设有高程调整设施。

8. 顶推导向及滑动设备设置应符合下列规定:

(1) 顶推梁体横向导向设备和梁底滑动设备设置应符合设计要求。设计无要求时,横向导向设备宜采用在每一桥墩顶面两侧设置临时导向墩(架),导向墩(架)与顶推梁体外侧面应留有适当间隙,以便在顶推过程中设专人填放四氟板控制方向。

(2) 梁底可采用聚四氟乙烯板作滑板,其面积应根据最大反力计算确定,长度不宜小于 40 cm。

(3) 墩顶滑道(临时支座)表面应平整光滑,安装牢固。

(4) 滑道进出口坡度应小于 2° ,避免滑板产生的线状变形致使聚四氟乙烯板遭受碾压破坏。

9. 梁段开始顶推前应具备下列条件:

(1) 顶推阶段的预应力筋全部张拉完成。

(2) 对顶推设备技术状态和滑道、导向及纠偏装置、导梁设置情况进行全面检查并全部符合顶推工艺设计要求。

(3) 施工人员全部就位并联络畅通。

10. 顶推施工应符合下列规定:

(1) 顶推设备应经检验合格,顶推千斤顶的顶推力不小于计算顶推力的 2 倍。

(2) 顶推过程桥墩台的纵向位移不得大于设计允许值。

(3) 顶升桥梁的起顶反力值不得大于计算反力值的 1.1 倍,顶升高度不得大于设计允许值,设计无要求时一次最大顶升高度不应大于 5 mm。

(4) 单点顶推的开始和最后阶段,因竖直千斤顶与梁体间摩擦力不足致使梁体不能前进时,应考虑采取助推措施。

(5) 顶推过程应随时观测梁体中线偏移、滑道高程及位移变化,检查墩顶纵向位移和导梁与梁体连接处、梁体接缝处、未压浆的临时预应力筋锚头处等重点部位变形变位等情况,发现

异常现象应立即停止顶推,分析原因及时处理。导梁前端挠度变大可能影响上墩时,应在前方墩顶提前设置接引上墩设施。

(6)顶推过程每一滑道应设专人监视滑道工作状态和保持滑动面清洁,使用非连续滑板时应有人及时喂、接滑板,保证在任何情况下每条滑道上不少于两块滑板,并及时更换磨损严重的滑板。

(7)单点或多点顶推时,左右两条顶推线的水平千斤顶应纵向同步运行(同时、同顶力、同行程顶推)。多点连续顶推时,应在梁上适当位置设置集中控制台,控制各墩台动力装置同步纵向运行,并应根据实际偏差及时调节各千斤顶的速度和行程。

(8)采用牵引拉杆方式顶推时,千斤顶的反力台座、梁体上的拉锚器设置和牵引拉杆的配置应符合工艺设计要求。

(9)顶起梁体过程中,当千斤顶行程及油压达到预计数值而梁体未上升时,不可继续加压,应适当等待观察。起顶的反力不应大于容许反力的10%,顶起高度不宜大于5 mm,当需加大顶起高度时,应通过计算采用反力分担办法,落梁时应以支点反力控制施工,可在不大于计算支点反力值 $\pm 10\%$ 范围内调整梁底高程。

11. 梁体顶推至设计位置后,应按设计张拉顺序张拉后期预应力筋,并按设计拆除顺序拆除顶推阶段的临时预应力筋。

12. 落梁施工应符合下列规定:

(1)桥梁顶推至设计位置后,应按设计要求的落梁程序将梁落到永久支座上。

(2)拆除滑动装置时,顶梁和落梁应符合工艺设计要求。

(3)顶落梁时应有保险设施,并随千斤顶活塞起落及时加高或降低。同一梁端的两侧支点应同步起落。

(4)落梁时应以支点反力控制施工,可在不大于计算支点反力值 $\pm 10\%$ 范围内调整梁底高程。

13. 桥梁顶推施工完毕,应将临时墩拆除。

1.1.3 单点顶推施工法

顶推的装置集中在主梁预制场附近的桥台或桥墩上,前方墩各支点上设置滑动支承。顶推装置又可分为两种:一种是由水平千斤顶通过沿箱梁两侧的牵动钢杆给预制梁一个顶推力;另一种是由水平千斤顶与竖直千斤顶联合使用,顶推预制梁前进,如图 1-3 所示。它的施工程序为:顶梁→推移→落下竖直千斤顶→收回水平千斤顶的活塞杆,如此反复作业。

滑道支承设置在墩上的混凝土临时垫块上,它由光滑的不锈钢板与组合的聚四氟乙烯滑块组成,其中的滑块由四氟板与具有加劲钢板的橡胶块构成,外形尺寸有 420 mm $\times$ 420 mm, 200 mm $\times$ 400 mm, 500 mm $\times$ 200 mm 等数种,厚度也有 40 mm, 31 mm, 21 mm 之分。顶推时,组合的聚四氟乙烯滑块在不锈钢板上滑动,并在前方滑出,通过在滑道后方不断喂入滑块,带动梁身前进,如图 1-4 所示。

顶推时,升起竖直顶活塞,使临时支承卸载,开动水平千斤顶去顶推竖直顶,由于竖直顶下面设有滑道,顶的上端装有一块橡胶板,即竖直千斤顶在前进过程中带动梁体向前移动。当水平千斤顶达到最大行程时,降下竖直顶活塞,带动竖直顶后移,回到原来位置,如此反复不断地将梁顶推到设计位置。

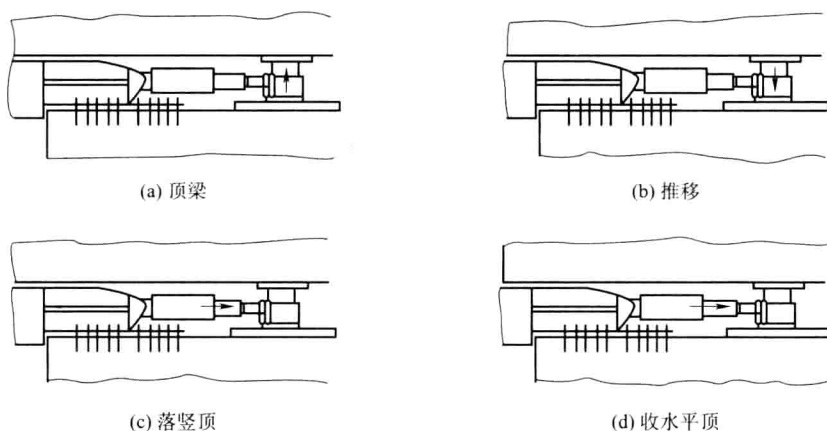


图 1-3 水平千斤顶与竖直千斤顶联合使用的装置

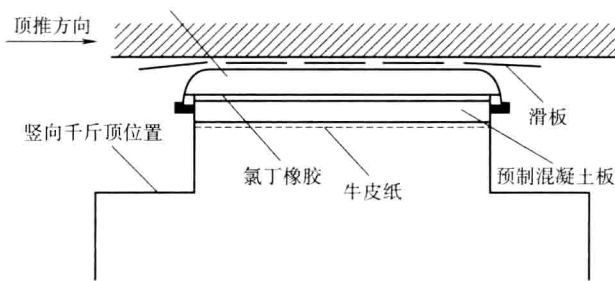


图 1-4 顶推使用的滑道装置

1.1.4 多点顶推施工法

在每个墩台上设置一对小吨位(400~800 kN)的水平千斤顶,将集中的顶推力分散到各墩上。由于利用水平千斤顶传给墩台的反力来平衡梁体滑移时在桥墩上产生的摩阻力,从而使桥墩在顶推过程中承受较小的水平力,因此可以在柔性墩上采用多点顶推施工。同时,多点顶推所需的顶推设备吨位小,容易获得,所以我国在近年来用顶推法施工的预应力混凝土连续梁桥,较多地采用了多点顶推法。在顶推设备方面,国内一般较多采用拉杆式顶推方案,每个墩位上设置一对液压穿心式水平千斤顶,每侧的拉杆使用一根或两根($\phi 25$ mm)高强螺纹钢筋,钢筋的前端通过锥楔块固定在水平千斤顶活塞杆的头部,另一端使用特制的拉锚器、锚定板等连接器与箱梁连接,水平千斤顶固定在墩身特制的台座上,同时在梁位下设置滑板和滑块。当水平千斤顶施顶时,带动箱梁在滑道上向前滑动,拉杆式顶推装置如图 1-5 所示。

多点顶推的顶推装置由竖向千斤顶、水平千斤顶和滑移支承组成。施工程序为:落梁→顶推→升梁和收回水平千斤顶的活塞→拉回支承块,如此反复作业。

多点顶推施工的关键在于同步。因为顶推水平力是分散在各桥墩上,一般均需通过中心控制室控制各千斤顶的出力等级,保证同时启动,同步前进,同时停止和同时换向。为保证在意外情况下,及时改变全桥的运动状态,各机组和观测点上需装置急停按钮。对于在柔性墩上的多点顶推,为尽量减小对桥墩的水平推力及控制桥墩的水平位移,千斤顶的出力按摩擦力的变化幅度分为几个等级通过计算确定。由于摩擦力的变化引起顶推力与摩擦力的差值变化,

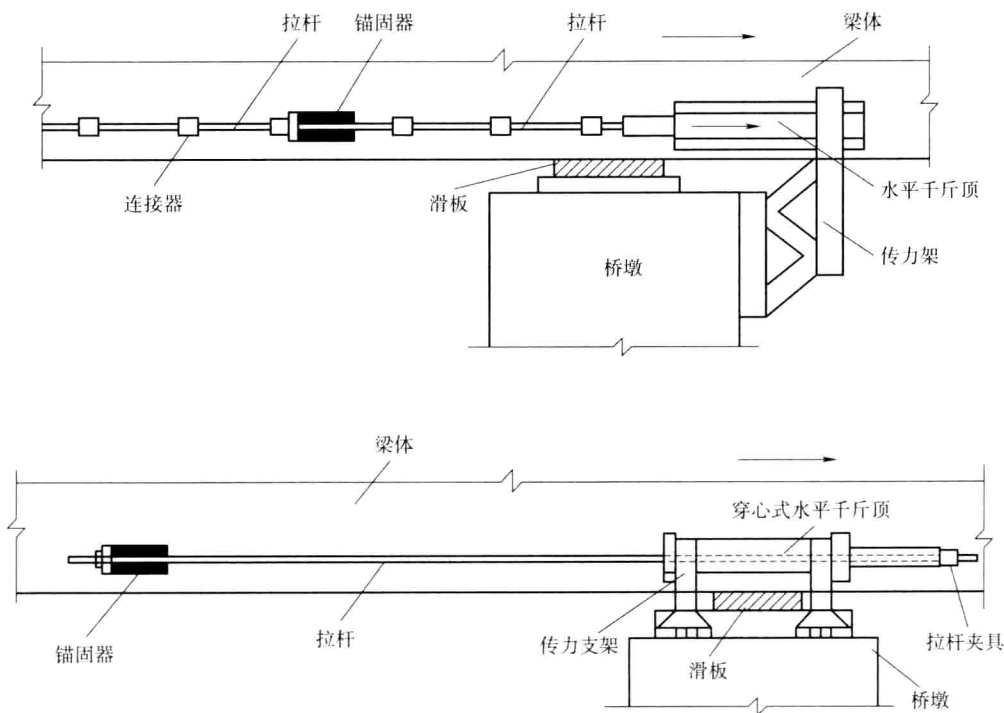


图 1-5 拉杆式顶推装置

每个墩在顶推时可能向前或向后位移,为了达到箱梁匀速前进,应控制水平差值及桥墩位移,施工时在控制室随时调整顶力的级数,控制千斤顶的出力大小。由于千斤顶传力时间差的影响,将不可避免地引起桥墩沿桥纵向摆动,同时箱梁的悬出部分可能上、下振动,这些因素对施工极其不利,要尽量减少其影响,做到分级调压,集中控制,差值限定。

多点顶推法与集中单点顶推法比较,可以免去大规模的顶推设备,能有效地控制顶推梁的偏离,顶推时对桥墩的水平推力可以减到很小,便于结构采用柔性墩。在弯桥采用多点顶推时,由各墩均匀施加顶力,同时能顺利施工。采用拉杆式顶推系统,免去在每一循环顶推过程中用竖向千斤顶将梁顶起使水平千斤顶复位,简化了工艺流程,加快顶推速度。但多点顶推需要较多的设备,操作要求也比较高。

多联桥的顶推,可以分联顶推,通联就位,也可联在一起顶推,两联间的结合面可用牛皮纸或塑料布隔离层隔开,也可采用隔离剂隔开。对于多联一并顶推时,多联顶推就位后,可根据具体情况设计解联、落梁及形成伸缩缝的施工方案,如两联顶推,第二联就位后解联,然后第一联再向前顶推就位,形成两联间的伸缩缝。

1.1.5 其他施工方法

1. 设置临时滑动支承顶推施工

顶推施工的滑道是在墩上临时设置的,待主梁顶推就位后,更换正式支座。我国采用顶推法施工的数座连续梁桥均为这种方法。国外也有采用当主梁的滑道上顶推完成后,使用横移法就位。

在安放支座之前,应根据设计要求检查支座反力和支座的高度,同时对同一墩位的各支座

反力按横向分布要求进行调整。安放支座也称落梁,对于多联梁可按联落梁,如一联梁跨较多时也可分阶段落梁,这样施工简便,又可减少所需千斤顶数量。更换支座是一项细致而复杂的工作,往往一个支座高度变动 1 mm,其他支座反应相当敏感。据广东某桥的顶推资料,支座高程变化 10 mm,45 m 跨的支座反力变动 402 kN,支点弯矩变化 5 552 kN·m。因此,在调整支座前要周密计划,操作时统一指挥,做到分级、同步。

2. 使用与永久支座兼用的滑动支承顶推施工

这是一种使用施工时的临时滑动支承与竣工后的永久支座兼用的支撑进行顶推施工的方法。它将竣工后的永久支座安置在桥墩的设计位置上,施工时通过改造作为顶推施工时的滑道,主梁就位后不需要进行临时滑动支座的拆除作业,也不需要大吨位千斤顶将梁顶起。

国外把这种施工方法定名为 RS 施工法(Ribben Sliding Method)。它的滑动装置由 RS 支承、滑动带、卷绕装置组成。RS 支承的构造如图 1-6 所示,RS 顶推装置的特点是采用兼用支承,滑动带自动循环,因而操作工艺简单,省工、省时,但支承本身的构造复杂,价格较高。

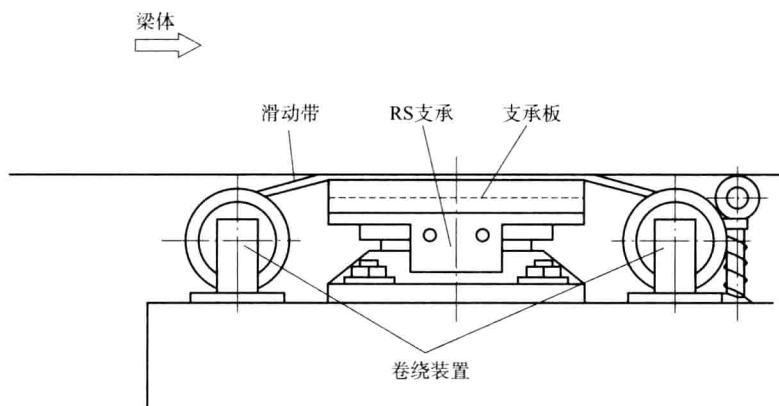


图 1-6 RS 支承的构造

此外,顶推法施工还可分为单向顶推和双向顶推施工。双向顶推需要从两岸同时预制,因此要有两个预制场,两套设备,施工费用要高。同时,边跨顶推数段后,主梁的倾覆稳定性需要得到保证,常采用临时支柱、梁后压重、加临时支点等措施解决。双向顶推常用于连续梁中孔跨径较大而不宜设置临时墩的三跨桥梁。此外,在 $L > 600$ m 时,为缩短工期,也可采用双向顶推施工。

1.1.6 顶推施工中的几个问题

1. 确定分段长度和预制场布置

顶推法的制梁有两种方法,一种是在梁轴线的预制场上连续预制逐段顶推;另一种是在工厂制成预制块件,运送桥位连接后进行顶推,在这种情况下,必须根据运输条件决定节段的长度和重量,一般不超过 5 m,同时增加了接头工作,需要起重、运输设备。因此,以现场预制为宜。

预制是预制箱梁和顶推过渡的场地,包括主梁节段的浇制平台和模板、钢筋和钢索的加工场地、混凝土搅拌站以及砂、石、水泥的推入和运输路线用地。预制场一般设在桥台后,长度需

要有预制节段长的三倍以上。如果路已选好,可以把钢筋加工、材料堆放场地安排得更合理一些。顶推过渡场地需要布置千斤顶和滑移装置,因此它又是主梁顶推的过渡孔。主梁节段预制完成后,要将节段向前顶推,空出浇筑平台继续浇筑下一节段。对于顶出的梁段要求顶推后无高程变化,梁的尾端不能产生转角,因此在到达主跨之前要设置过渡孔,并通过计算确定分孔和长度,如为水桥设置了两个过渡孔,9.5 m+11.4 m,如果在正桥之前有引桥孔,则可利用引桥作为顶推的过渡孔,如柳州二桥就是用引桥做过渡孔。当顶推过渡段内有多多个中间支撑时,很难做到各支撑高程呈线性关系,梁段的尾段不产生转角,因此主梁在台座段和前方第一跨内可能由于上述原因产生顶推拼接的次内力。在施工内力计算中成予以考虑。

主梁的节段长度划分主要考虑段间的连接处,不要设在连续梁受力最大的支点与跨中截面,同时要考虑制作加工容易,尽量减少分段,缩短工期。因此一般常取每段长 10~30 m。同时根据连续梁反弯点的位置,参考国外有关设计规范,连续梁的顶推节段长度应使每跨梁不多于 2 个接缩缝。

2. 节段的预制工作

节段的预制对桥梁施工质量和施工速度起决定作用。由于预制工作固定在一个位置上进行周期性生产,所以完全可以仿照工厂预制桥梁的条件设临时厂房、吊车,使施工不受气候影响,减轻劳动强度,提高工效。

(1)模板制作——保证预制质量的关键

箱梁模板由底模、侧模和内模组成。一般来说,采用顶推法施工多选用等截面,模板可以多次周转使用。因此宜使用钢模板,以保证预制梁尺寸的准确性。

底模板安置在预制平台上,平台的平整度必须严格控制,因为顶推时的微小高差就会引起梁内力的变化,而且梁底不平整将直接影响顶推工作。通常预制平台要有一个整体的框架基础,要求总下沉量不超过 5 mm,其上型钢及钢板制作的底模和在腹板位置的底模滑道。在底模和基础之间设置卸落设备,放下时底模能自动脱模,将节段落在滑道上。

节段预制的模板构造与施工方法有关,一种方法是节段在预制场浇筑完成后,张拉预应力筋并顶推出预制场;另一种是在预制场先完成底板浇筑,张拉部分预应力筋后即推出预制场,而箱梁的腹板、顶板的施工是在过渡孔上完成,或底板和腹板第一次预制,顶板部分第二次预制。

(2)预制周期——加快施工速度的关键

根据统计资料得知,梁段预制工作量占上部结构总工作量的 55%~65%,加快预制工作的速度对缩短工期具有十分重要的意义。为达到此目的,除在设计上尽量减少梁段的规格外,在施工上应采取一定的措施加快预制周期。目前国内外的预制梁段周期为 7~15 d,预制工作的标准周期见表 1-1,为缩短预制周期,在预制时可以考虑采取如下施工措施:

表 1-1 预制工作标准周期

天数(d)	1	2	3	4	5	6	7
工作内容							
整理底模、安装侧模							
安装底板钢筋							
浇筑底板混凝土							

续上表

工作内容 \ 天数(d)	1	2	3	4	5	6	7
安装内模板及外侧板,安装腹板、顶板钢筋							
浇筑腹板、顶板混凝土							
养生							
拆模							
张拉先期力筋							
降低底模,顶推预制节段							

- 1)组织专业化施工队伍,在统一指挥下实行岗位责任制。
- 2)采用墩头锚、套管连接器,前期钢索采用直索,加快张拉速度。
- 3)在混凝土中加入减水剂,增加施工和易性,提高混凝土的早期强度。
- 4)采用强大振捣,大型模板安装,提高机械化和装配化的程度。

3. 顶推施工中的横向导向

为了使顶推能正确就位,施工中的横向导向是不可少的。通常在桥墩台上主梁的两侧各安置一个横向水平千斤顶,千斤顶的高度与主梁的底板位置平齐,由墩(台)上的支架固定千斤顶位置。在千斤顶的顶杆与主梁侧面外缘之间放置滑块,顶推时千斤顶的顶杆与滑块的聚四氟乙烯板形成滑动面,顶推时由专人负责不断更换滑块。顶推时的横向导向装置如图 1-7 所示。

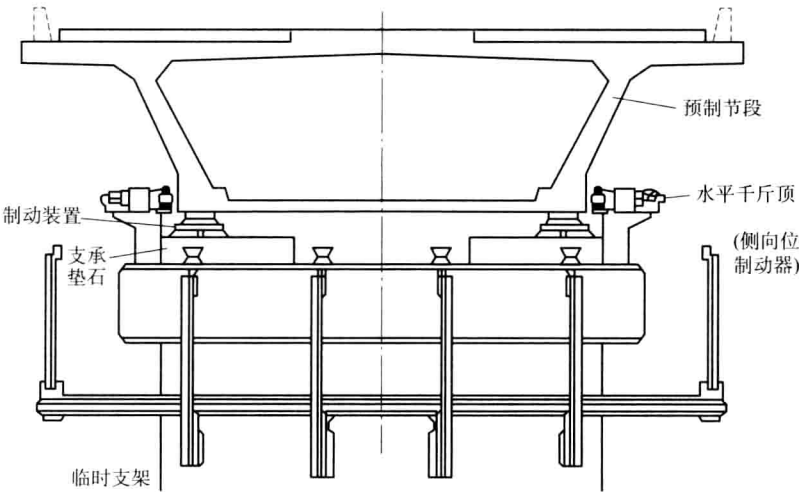


图 1-7 顶推施工的横向导向设施

横向导向千斤顶在顶推施工中一般只控制两个位置,一个是在预制梁段刚离开预制场的部位,另一个设置在顶推施工最前端的桥墩上,因此梁前端的导向位置将随着顶推梁的前进不断更换位置。施工中发现梁的横向位置有误而需要纠偏时,必须在梁顶推前进的过程中进行调整。对于曲线桥,由于超高而形成单面横坡,横向导向装置应比直线处强劲,且数量要增加,同时应注意在顶推时,内外弧两侧前进的距离不同,要加强控制和观测。

1.1.7 施工中的临时设施

通过计算机得知,连续梁顶推施工的弯矩包络图与营运状态的弯矩包络图相差较大,为了减少施工中的内力,扩大顶推法施工的使用范围,同时也从安全施工(特别在施工初期,不致发生倾覆失稳)和方便施工出发,在施工过程中使用一些临时设施,如导梁(鼻梁)、临时墩、接索、托架及斜拉索等结构。

1. 导梁

导梁设置在主梁的前端,为等截面或变截面的钢桁梁或钢板梁,主梁前端装有预埋件与钢导梁栓接。导梁在外形上,其底缘与箱梁底应在同一平面上,前端底缘呈向上的圆弧形,以便顶推时顺利通过桥墩。

导梁的结构需要进行受力状态分析和内力计算,导梁的控制内力是位于导梁与箱梁连接处的最大正、负弯矩和下弦杆(或下缘)承受的最大支点反力。国内外的实践经验表明:导梁的长度一般取用顶推跨径的 $0.6\sim 0.7$ 倍,较长的导梁可以减小主梁悬臂负弯矩,但过长的导梁也会导致导梁与箱梁接头处负弯矩和支反力的相应增加;导梁过短($0.4L$),则要增大主梁的施工负弯矩值。合理的导梁长度应是主梁最大悬臂负弯矩与营运阶段的支点负弯矩基本相近。

导梁的抗弯刚度和重量,应使架设时作用在主梁上的应力最小,且在容许应力范围内。通过计算和分析表明:当导梁长度为顶推跨径的 $2/3$ 时,设导梁的抗弯刚度不变,如果顶推梁悬臂伸出长度在跨中位置时,则在支点位置的主梁出现最大负弯矩,其值与主梁的抗弯刚度和导梁的抗弯刚度比 $(E_c I_c)/(E'_c I'_c)$ 有关,与主梁重力和导梁重力比 q_c/q'_c 有关,当两者抗弯刚度比在 $5\sim 20$ 范围内,重力比在 $2.5\sim 5.8$ 范围内变化时,顶推梁中的弯矩在 10% 范围内变化。如导梁的刚度过小,主梁内就会引起多余应力;刚度过大,则支点处主梁负弯矩将剧增。图 1-8 为在顶推过程中,主梁与导梁不同的刚度比下,主梁顶推经过墩 B 点时主梁对应截面的弯矩变化。为使导梁前端到达支点 C 之前的弯矩 M_c 与导梁前端达到支点 B 处的 $M_{\max}$ 比较接近,则主梁刚度与导梁刚度的最佳比值在 $9\sim 15$ 之间。此外,在设计中要考虑动力系数,使结构有足够的储备。

由于导梁在施工中正、负弯矩反复出现,边接螺栓易松动,在顶推中每经历一次均需反复检查和重新拧紧。施工时要随时观测导梁的挠度。根据施工经验,实测挠度往往大于计算挠度,有的甚至大到一倍,主要原因是受滑块压缩量不一致、螺栓松动、混凝土收缩及温度变化等影响。这样将会影响导梁顶推进墩,解决的办法是在导梁的前端设置一个竖向千斤顶,通过不断地将导梁端头顶起进墩,这一措施被认为是行之有效的。

顶推施工通常均设置前导梁,也可增设尾导梁。对于大桥引桥采用顶推施工时,导梁在处于主桥相接的位置时,需不断拆除部分导梁,完成顶推就位;也可在即将就位时,将导梁移至箱梁顶,然后继续顶推到位。

曲线桥顶推施工也可设置导梁,其导梁的平面线形沿圆曲线的切线方向;当曲线半径较小时,也可采用折线形导梁。

2. 临时墩

临时墩由于仅在施工中使用,因此在符合要求的前提下,要造价低,便于拆装。钢制临时墩因在荷载作用和温度变化下变形较大而较少采用,目前用得较多的是用滑升模板浇筑的混凝土薄壁空心墩、混凝土预制板或预制板拼砌的空心墩或混凝土板和轻便钢架组成的框架临

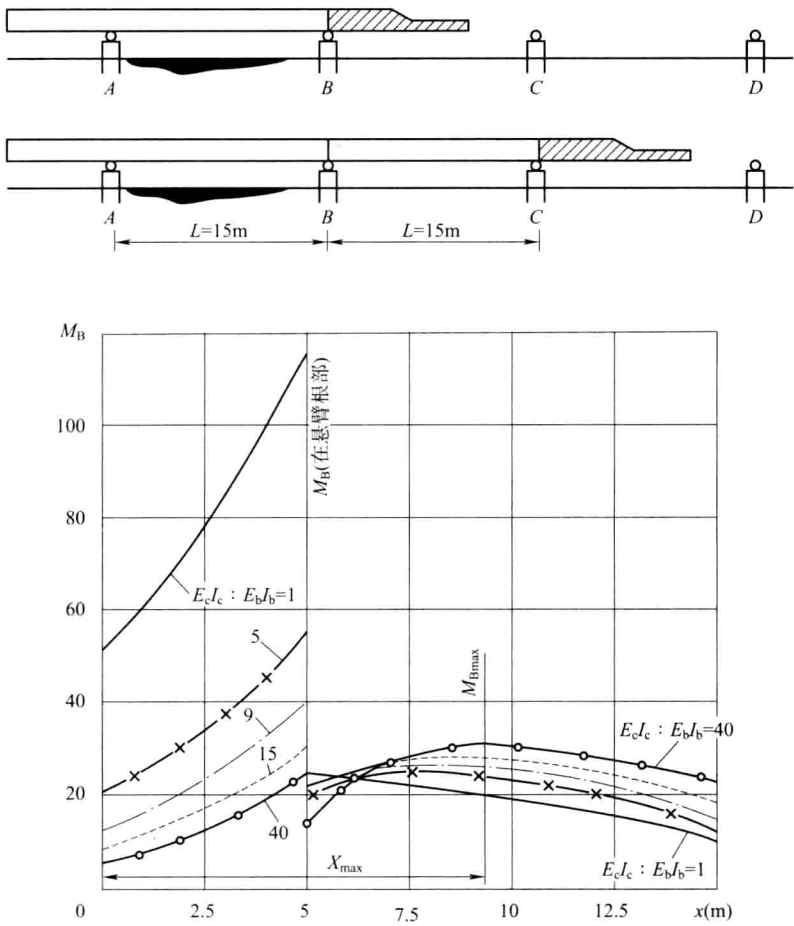


图 1-8 经过桥墩 B 点顶推梁在该截面弯矩的变化

时墩。临时墩的基础依地质和水深等情况决定,可采用桩基础等。为了减小临时墩承受的水平力和增加临时墩的稳定性,在顶推前将临时墩与永久墩用钢丝绳拉紧。也可采用在每墩上、下游各设一束钢索进行张拉,效果较好,施工也很方便。通常在临时墩上不设顶推装置而仅设置滑移装置。

施工时是否设置临时墩需在总体设计中考虑,要确定桥梁跨径与顶推跨径之间的关系。如卡罗尼河桥,分孔时考虑在中孔内设置一个临时墩。该桥的顶推跨径选用 45 m,而桥梁的跨径为 48 m+(2×96) m+48 m,因此,在设计中可以通过设置临时墩来调整顶推跨径,从而突破了顶推法施工一定用于等跨径桥的范围。但顶推法施工绝大多数为等截面梁,过分加大跨径将是不经济的,目前在大跨径内最多设两个临时墩。使用临时墩要增加桥梁的施工费用,但是可以节省上部结构材料用量,需要从桥梁分跨、通航要求、桥墩高度、水深、地质条件、造价、工期和施工难易等因素来综合考虑。

3. 拉索、托架及斜拉索

用拉索加劲主梁以抵消顶推时的悬臂弯矩,这样的临时设施在法国和意大利建桥中使用并获得成功。如法国的波里佛桥, $L=286.4$ m,跨径为 35.7 m+(5×43) m+35.7 m, $B=13.34$ m,采用单箱,导梁长 25 m,同时采用拉索,无临时墩。采用拉索加劲的一般布置如图 1-9 所示。