

连续刚构桥悬臂浇筑菱形挂篮采用堆载预压+千斤顶反力预压的研究

刘伟强

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】根据贵州省凯里环城高速公路北段公路工程的清水江大桥主桥挂篮悬臂浇筑施工的实际情况,提出堆载预压+千斤顶反力预压的方法,从挂篮预压总体布置、反力主梁补强、楔形块加工、千斤顶布置、主要施工流程等方面介绍其预压工艺并做出成本分析,主要检验挂篮组装后整体安全性和经济可行性,为后续类似工程施工提供参考。

【关键词】挂篮;堆载预压+千斤顶反力预压;安全;可行

0 前言

清水江大桥位于贵州省凯里市洗马河街道翁稍村附近,主要是为跨越清水江及山间陡坡地带而设,主桥上部为预应力混凝土变截面箱梁,下部为双肢薄壁空心墩及薄壁空心墩与箱墩组合,最大墩高125米,基础为承台群桩基础。引桥上部结构小里程方向为40米预应力混凝土T形梁,大里程方向为30米预应力混凝土T形梁,下部高墩为空心薄壁墩、承台群桩基础,矮墩为双柱式圆柱墩,桩基础。桥台为重力式U型、承台群桩基础。

已有一些学者针对类似于连续刚构桥悬臂浇筑菱形挂篮开展了研究。汪波^[2]以西藏昌都县生格村北大桥工程实例,介绍了对锚固于挂篮和围堰钢板桩之间的钢绞线进行张拉达到挂篮预压的方法,在挂篮底板内进行千斤顶加载,反力梁设置在围堰钢板桩上,即墩底的围堰钢板桩作为预压反力点来实现挂篮预压;潘俊奎、孙凤等^[3]结合工程案例,介绍了某连续刚构桥菱形挂篮的构造形式,对挂篮进行了结构验算,从而使其能够满足施工要求;周希平、何锦明、贺玲凤等^[4]结合某悬臂施工大桥工程实例,介绍利用已浇段的预埋反力架通过千斤顶进行悬臂施工挂篮的预压承载力试验方法,实践证明该法具有操作简单、成本低、安全性高、试验周期短、适用范围广等优点,值得推广应用;齐广成、焦占标^[5]通过郑少南水北调大桥工程实例介绍一种反拉加压方法,规避常规加压的风险和减少加压成本;孙新海、赵东升、刘红芳等^[1]对于大跨径连续刚构桥而言,悬臂浇筑施工是比较理想的施工方法之一,因此挂篮的设计、预压试验就变得尤为重要。以某大桥为例,详细介绍了所用挂篮的设计思路、设计参数、预压方

案及预压数据处理。结合现场测试,结果表明,理论计算结果与实测数据较为吻合,且满足安全性要求;谢毅石^[6]首先阐述了挂篮设计的主要技术特性及参数指标,然后结合工程实例分析了挂篮结构的组成,且分别从挂篮安装施工、挂篮压载试验、梁段混凝土施工等方面对该技术在桥梁项目中的应用进行研究,通过对该工程的分析可知,现浇连续梁悬臂施工技术能够提高整体工程的施工效率与质量,该技术值得推广使用;雷讯^[7]围绕公路桥梁施工中的挂篮悬浇施工应用技术予以浅显分析;贺鹏^[8]首先对悬臂挂篮技术进行了介绍,随后就悬臂挂篮技术的应用展开探讨并提出施工注意事项。结论证实,悬臂挂篮施工工艺具有很高的安全性,施工比较便捷,而且施工速度非常快,它可以有效缩减工程周期。使用悬臂挂篮工艺进行桥梁建设,可以解决实际桥梁建设中,高难度的施工、大规模、大跨度的施工作业,在桥梁建设中的作用非常显著。

以上学者虽然对挂篮预压的方法已有比较全面的研究,但对堆载预压加千斤顶反力预压的研究相对较少。本文主要基于工程实例对堆载预压加千斤顶反力预压进行研究,为今后类似工程的设计与施工提供参考。

1 工程简介

清水江大桥左幅桥梁全长755.60m,右幅桥梁全长697.6m。

左幅桥孔跨布置为 (4×40) m先简支后结构连续预应力砼T梁+ $(81+2 \times 150+81)$ m预应力砼连续刚构+ (4×30) m先简支后结构连续预应力砼T梁,总跨径742m。右幅桥孔跨布置为 (4×40) m先简支后结构连续预应力砼T梁+ $(81+2 \times 150+$

81) m 预应力砼连续刚构+(2×30)m 先简支后桥面连续预应力砼 T 梁,总跨径 682m。

1 号到 17 号梁段采用挂篮分段对称悬臂浇筑施工,悬臂浇筑梁段最大重量为 1#段 221.5t。1—6#节段为 3.5m 长节段,1#节段最重,砼自重 221.5t。7—12#节段为 4m 长节段,7#节段最重,砼自重 182.5t,13—17#节段节段长度为 4.5m,13#节段最重,砼自重 155t。

2 挂篮预压方法的选择

挂篮预压采用常规堆载预压吊装工作量大、风险高、施工周期长,如果采用在 0#段腹板上预埋钢箱和钢板,安装反力牛腿预压,预埋钢箱会对结构主体混凝土和竖向预应力钢筋产生影响。为了减少对桥梁主体结构的影响利用 0#段托架主梁为反力横梁,挂篮底蓝安装先低于 0#段托架主梁,预压完成后再拆除托架主梁,调整挂篮至设计标高;预压采用分级加载预压,结合堆载预压能均衡挂篮受力,先在腹板处堆载 30%的预压值、底板采用千斤顶加载 30%的预压值进行预压,之后腹板和底板 70%、100%、120%的预压值均采用千斤顶加载预压。因此,采用堆载预压+千斤顶反力预压的预压方法。

3 堆载预压+千斤顶反力预压工艺

堆载预压+千斤顶反力预压的方法是先利用 0#段托架主梁为反力横梁,通过外贴钢板加劲增加主梁强度,增加楔形垫块减少主梁变形,减少预埋对 0#段主体结构的影响,挂篮底蓝安装先低于 0#段托架主梁,在腹板处先进行堆载预压,再将液压油顶置于 0#段托架主梁与底模的预留空间内,进行分级加载预压。

3.1 材料设备介绍

单个挂篮预压需要液压千斤顶 4 台,0.9m×0.9m×0.9m(长×宽×高)的 C15 混凝土预制块 24 块,楔形块 6 件,楔形块加工时先实测 0#段托架主梁至 0#段底板距离,精确至 mm,楔形块需用 10 槽钢平联固定成 3 组。

3.2 劳动力及设备投入计划

楔形块组焊需焊工两人,电焊机 1 台。楔形块、混凝土预制块、液压千斤顶、槽钢等所有材料设备利用墩柱和 0#块施工时的塔吊进行吊装。

3.3 施工工艺流程

3.3.1 主要施工工艺流程

(1)0#段施工完成,保留 45a 工字钢主梁不拆除,根据挂篮厂家指导安装主要杆件,暂不铺设底模,铺设临时作业平台;

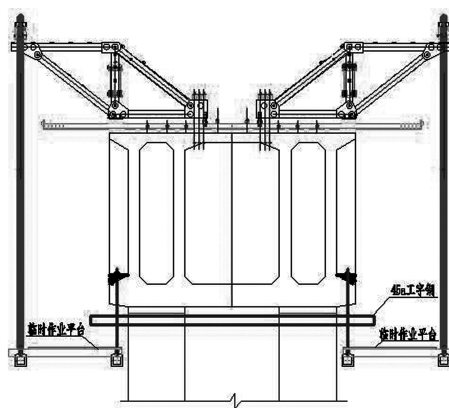


图 1 主要施工工艺流程步骤 1

(2)加固主梁,安装楔形块,加压自锁式千斤顶,使楔形块与已浇筑底板混凝土面紧贴;在双肢墩内侧主梁上焊限位钢板防止主梁滑动;

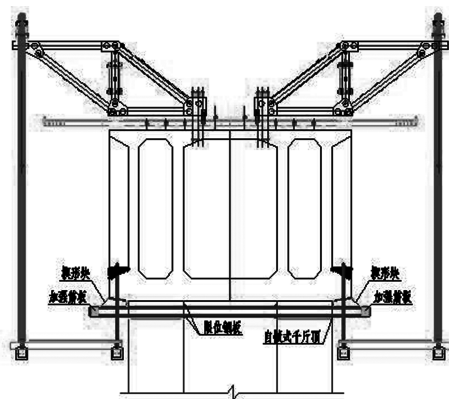


图 2 主要施工工艺流程步骤 2

(3)依次安装下垫梁、预压千斤顶、上垫梁;

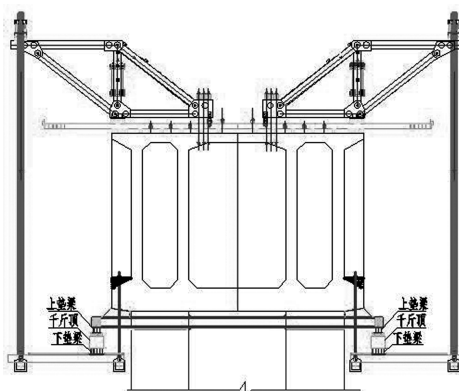


图 3 主要施工工艺流程步骤 3

(4)调整吊杆,使上垫梁与 45a 工字钢主梁贴紧,调整底蓝大致水平(±1cm 以内),根据各类顶加载值的不同,按要求依次按 30%→70%→100%→120%分级加载,达到持荷时间后分级卸载;

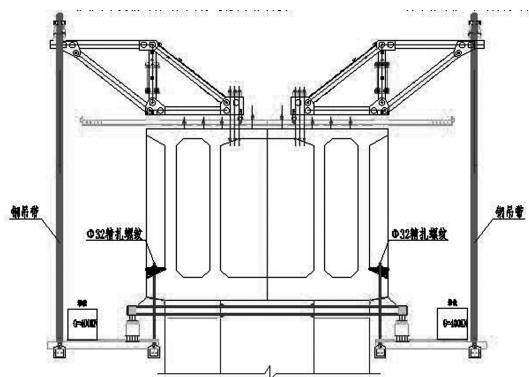


图4 主要施工工艺流程步骤4

3.3.2 准备工作

对挂篮主要受力的部位进行检查,主要有底篮纵梁、前上横梁、前下横梁、后下横梁、主桁架、底篮吊杆、外滑梁、内滑梁、后锚系统、行走机构等进行详细的检查,重点检查焊缝、轴销连接的保险销,并要求提供生产厂家的资质、出厂合格证,若为旧挂篮应提供探伤检测合格证。经检查符合要求后,组织技术、质量、安全交底,交底完成,方可进行预压。

3.3.3 分级预压

(1)各部位荷载值计算

翼缘板部分荷载由外滑梁承担,顶板部分荷载由内滑梁承担,只能模拟腹板和底板的荷载进行预压,分别计算各部位重量如下:

a. 腹板

长度=3.5m,宽度=(0.7+0.8)÷2=0.75m,高度(9.048+8.532)÷2=8.79m

重量:3.5×0.75×8.79×2.6=59.99t

b. 底板

长度3.5m,宽度7-(0.75×2)=5.5m,厚度(0.922+0.982)÷2=0.952m

重量3.5×5.5×0.952×2.6=47.65t

表1 1#段参数表

断面编号	DM02	DM01
左幅桩号(米)	ZK15+795.000	ZK15+798.500
左幅路基设计标高(米)	703.532	703.476
左幅箱梁顶面设计标高H1(米)	703.152	703.096
左幅箱梁底面设计标高H2(米)	694.620	694.048
右幅桩号(米)	YK15+805.000	YK15+808.500
右幅路基设计标高(米)	703.688	703.632
右幅箱梁顶面设计标高H1(米)	703.308	703.252
右幅箱梁底面设计标高H2(米)	694.776	694.204
断面位置箱梁高度h(厘米)	853.2	904.8
断面位置箱梁底板厚度(d)(厘米)	92.2	98.2
断面处箱梁腹板宽度(b)(厘米)	70.0	80.0
节点编号	111	112

(2)试压方法

具体的试压方法是分别在腹板位置、底板中部

布置千斤顶,示意图如下:

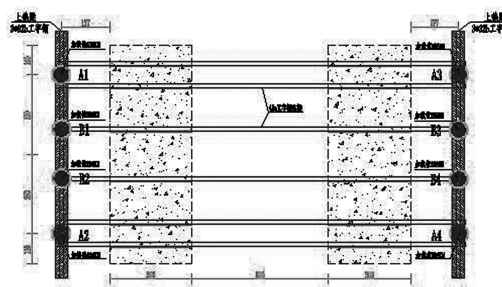


图5 千斤顶布置示意图

并根据现场实际情况进行部分堆载预压,均衡挂篮受力。

(3)分级加载和卸载

预压值按结构重量1.2倍计算,g取值9.8;

腹板位置:59.99×9.8×1.2=705.5KN,取值706KN,每侧腹板各配置1个千斤顶;

底板:47.65×9.8×1.2=560.4KN,取值561KN;两个千斤顶平均分担,单顶加载值280.5KN;

预压采用分级加载,第一级(30%)腹板位置先采用堆载预压41t(400KN),平均每侧200KN,底板采用千斤顶加载71KN。之后第二级、第三级、第四级均采用千斤顶反力预压,各级加载值(单位KN)见下表:

表2 各级加载值表

结构部位	顶编号	30%	70%	100%	120%
腹板	A类顶	堆载177	堆载200 反力212	堆载200 反力388	堆载200 反力506
底板	B类顶	71	164	234	281

卸载间歇时间与加载相同。现场预压过程见下图:

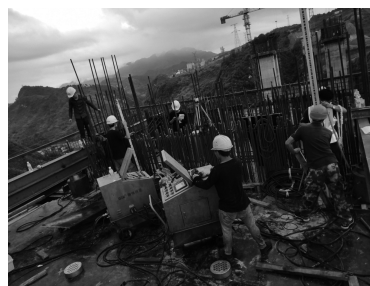


图6 右幅5#墩挂篮堆载预压+千斤顶反力预压图

3.3.4 预压试验注意事项

(1)所有焊接均应满足相关规范的要求;

(2)加载时采用液压泵站控制体系,设定荷载值后手动加载;

(3)加载和卸载千斤顶必须同步进行,不得出现单顶极限受力情况。

(4)效益分析

表3 挂篮堆载预压+千斤顶反力预压和混凝土预制块预压工期、费用对比表

对比项	堆载预压+千斤顶预压	混凝土预制块预压	对比结果	说明
工期	2天	7天	节约5天	
费用	混凝土预制块: $400000\text{N} \div 9.8\text{N/kg} \div 2300\text{kg/m}^3 = 17.75\text{m}^3$; $73.96\text{元/m}^3 \times 17.75\text{m}^3 = 1312.79\text{元}$; 楔形块加工安装: $2.344\text{t} \times 4300\text{元/t} = 10079.20\text{元}$; 人工费: $200\text{元/(人}\cdot\text{天)} \times 2\text{人} \times 2\text{天} = 800\text{元}$; 合计: 12191.99元 。	预压材料的准备、吊装设备就位、稳定性和承载能力验算、安全防护、吊装预压、预压后的调整等为完成支架预压试验工作所必需的全部工作内容为 73.96元/m^3 , $265.80\text{t} \div 2.3\text{t/m}^3 = 116\text{m}^3$, $73.96\text{元/m}^3 \times 116\text{m}^3 = 8579.36\text{元}$ 。	增加: 3612.63元	1. 油顶采用张拉纵向预应力千斤顶; 2. 混凝土预制块可重复倒运。

清水江大桥主桥上部结构单个挂篮悬浇共17个节段,其中,1#节段最重,砼自重221.5t,考虑施工荷载及安全系数1.2,模拟加载力 $P=221.5 \times 1.2=265.80\text{t}$ 。试验荷载按30%→70%→100%→120%逐级加载,腹板处30%的堆载预压持荷时间24小时,千斤顶反力预压每级持荷时间20分钟,以测点变形数据趋于稳定为原则,由于千斤顶易于操作加载,整个预压过程耗时较短,与混凝土预制块预压相比虽然费用略有增加(增加了3612.63元),但是一套挂篮节约工期5天,为进度滞后赢得了时间。

4 结语

采用堆载预压+反力预压的分级加载方法进行挂篮预压试验,与单纯的堆载预压法、单纯的反力预压法相比,其优越性在于减少预制块的吊装工作量、减少风险、节约工期、挂篮受力均衡,从而保证了试验数据的质量和预压过程的安全性,实施成本较低,且能加快施工进度,该方法可推广应用于类似工程项目。

【参考文献】

- [1] 孙新海,赵东升,刘红芳. 悬臂现浇箱梁挂篮设计与反力预压技术研究[J]. 公路,2016,(5):90—93。
- [2] 汪波. 悬臂浇筑预应力砼连续刚构桥挂篮预压技术[J]. 西藏科技,2017,(9):69—70。
- [3] 潘俊奎,孙凤. 某连续刚构桥悬臂浇筑菱形挂篮设计与验算[C]. 第23届全国结构工程学术会议论文集(第I册). 内蒙古科技大学建筑与土木工程学院,2014:246—430。
- [4] 周希平,何锦明,贺玲凤. 桥梁悬臂施工挂篮预压试验加载方法研究[J]. 广东土木与建筑,2008年,(7):41—43。
- [5] 齐广成,焦占标. 浅谈挂篮反拉预压技术[J]. 城市建设理论研究(电子版),2012,(25):1—1。
- [6] 谢毅石. 现浇连续梁悬臂施工技术[J]. 交通世界(下旬刊),2019,(11):110—111。
- [7] 雷讯. 公路桥梁施工中挂篮悬浇施工应用技术[J]. 珠江水运,2019,(21):41—42。
- [8] 贺鹏. 悬臂挂篮技术在公路桥梁施工中的应[J]. 交通世界,2018,(13):134—135。