

采用缆索吊机安装 中承式钢箱提篮拱桥施工工法

(TGJGF-03·04-08)

中铁大桥局集团有限公司

一、前言

钢箱提篮拱是一种构造新颖、技术先进的新型桥梁,施工方法是在工厂集中制造,现场预拼成双幅吊装单元,用缆索吊整体起吊,斜拉扣挂悬臂安装。该施工技术易于提高安装精度,保证工程质量,加快施工进度,于2002年8月应用于云南省澜沧江小湾大桥,取得了显著的经济效益和社会效益。

小湾大桥全长181.6m,主孔为130m悬链式钢箱提篮拱桥,主拱圈共划分13个施工段双拱肋整体吊装,梯形吊装单元最大重量约110t。

二、工法特点

1. 安装精度高、进度快、质量好,工厂集中制造,现场进行双幅梯形单元预拼、缆索吊整体吊装的施工工艺,可保证安装精度、施工质量,加快施工速度。
2. 用固定塔架缆索吊机作为安装钢箱提篮拱的起重设备。
3. 用扣索塔架进行斜拉扣挂悬臂安装,保证拱跨合拢前结构稳定。

三、适用范围

本工法适用于大跨度钢箱提篮拱桥,尤其是跨越深山峡谷的钢箱提篮拱桥缆索吊装施工,对于采用缆索吊装的其他拱式、梁式桥跨结构,可供参考。

四、工艺原理

双主索缆索吊机覆盖全桥。缆索吊机跨度377m,额定起重量1200kN,两组主索中心距12m,每组主索设2台天车,间距10m,两组主索吊点可单独纵移,进行起吊作业时可单独或同步起升降落,满足钢箱拱肋节段预拼,安装对位需要。岸边拼装2个扣索塔架,悬臂拼装时扣挂钢箱梁。钢箱梁在岸边拼成双幅梯形单元,整体起吊悬臂拼装后合龙。

五、施工工艺

(一)工艺流程(见图1)

(二)钢箱拱段预拼

钢箱拱由工厂加工检验合格后,运至工地进行二节段及以上节段预拼,预拼时注意以下问题。

1. 安装永久及临时风撑形成梯形单元,确保梯形单元内两根拱肋相对空间位置及内倾角度的准确性。
2. 保证双幅拱肋接头匹配良好,线形可控。
3. 检验并调整梯形单元拱段内接缝的间隙、箱壁接头平面度及错台高度,满足梯形单元拼装时拱轴线线形和连接(焊、栓)工艺要求。
4. 完成纵向加劲拼接板高强螺栓孔的临时拼接。为克服梯形拱段吊装时拱脚处销接对位困难,与拱脚连接拱段采取在拱座内侧河滩处拼装万能杆件支架就地安装方案,其余拱段均在引桥先组拼成梯形拱段后进行预拼。综合考虑本桥场地,施工操作难度、工期、施工投入等方面的具体情况确定预拼采用二节拱段竖转预拼方案。采取竖转后预拼的方法可节约施工投入,减少高空作业和降低操作难度,但坐标换算应谨慎。当施工积累了一定的经验,在确保接头匹配良好,线形可控的前提下,可改用单节组拼形式,以缩短工期。

(三) 缆索吊悬拼钢箱拱

钢箱拱与拱脚连接段采用就地支架安装,其余各段采用两桁整体预拼起吊,预拼时合拢段预拼成平面四边形拱段。其余各段预拼成平面梯形拱段,各拼装段均采用双主索缆索吊机起吊,斜拉扣挂悬臂安装方法。

1. 吊运

各梯形拱段起吊采用缆索吊四个起重滑车八吊点抬吊,起吊千斤绳为 $\phi 28$ 钢丝绳,吊点设置及吊具结构必须保证拱段吊运过程中的稳定。

2. 扣索布置

各梯形拱段按设计图布置好扣点,每段设 2 束扣索,即每片拱肋设一束扣索,扣索钢绞线一端与拱段扣点联结,另一端与扣索塔架上的扣索分配梁相连,扣索塔架背面设有锚索,在扣索塔架上的扣索分配梁和锚索分配梁上同时张拉扣索和锚索,调整拱肋段的位置。

3. 梯形拱肋段安装

单根拱肋已在工厂进行半跨卧式预拼,但为确保连接接头匹配良好,保证拱轴线符合设计和规范要求,各拼装段相邻两梯形单元之间须进行预拼。设各拼装段自拱脚起分别为 A、B、C、D、E、F、G,需预拼段为 B~F。

B~C 预拼,在两岸各设置一个预拼场地,测量人员在桥台的引桥 T 梁上放出桥轴线,放出预拼台座中心位置,在台座上安装胎具形成胎架;起吊 B 节段箱梁,利用空中旋转装置把 B 节段箱梁旋转到内倾约 15° 的角度,放置到胎架上。根据新算坐标值,精调 B 节段钢箱梁上下端四个角点坐标,符合设计规范要求后,安装永久风撑和临时风撑,并要求测量人员在永久风撑上放出桥轴中心线的点,以便钢箱架设过程中的桥轴线全桥贯通;临时固定好 B 节段梯形单元后,吊 C 节段钢箱梁上胎架,上好 B 段与 C 段接口的连接螺栓,保证接头匹配良好;测量 C 段上端四个角点坐标,指导施工人员进行微调,使其达到精度要求。安装 C 段两端头的临时风撑,临时固结 C 节段梯形单元,作好吊装 B 节段梯形单元的准备。依次预拼 C~D、D~E、E~F 段,吊装 C、D、E、F 节段,等待合拢。

吊装梯形拱肋段(B 段)时,要选择晴天无风的天气,吊钩带劲后,解除临时固定,拆除连接螺栓,均匀缓慢地起钩,检查是否有无其它问题,起钩离地 20cm,通知各个观察点人员,对缆索吊后锚、塔架基础、卷扬机等重要部位进行检查,无异样继续起钩,升钩到一定高度,检查卷扬机的刹车后水平运行至 A 段的上口安装位置,落钩时梯形单元要平稳下降,调整 B 段上、下端高差,使之符合安装的角度,使 B 段下端与 A 段上端的顶面接近,用 10kN 的倒链收紧,穿上 $\phi 40$ 的长拉杆螺栓,底面上好长拉杆螺栓。有偏差用千斤顶在支架上进行调整,中线利用缆风绳进行调整,若缆风绳调整确有困难,就得松开连接螺栓,在 A 段与 B 段的接口处万能杆件支架上安装千斤顶来调整,使之达到有关规定要求,挂好扣索,同步张拉扣索和背索,尽量保证扣索塔架不偏移,缆索吊机徐徐松钩,让扣索受力,实现缆索吊机与扣索塔架系统受力转换。重新测量坐标,达到监控指令的要求。然后将 $\phi 40\text{mm}$ 长拉杆螺栓拧紧,松掉起重钩,吊装下一拱段。

4. 合拢段安装

合拢段一般都增加一定长度作为合拢时的调整余量。合拢前一周就要进行天气的观察、气温的测量,掌握天气气温变化的规律,确定好最佳合拢时段和合拢时间。合拢前测量两下段前端四个角点坐标,对合拢端进行长度修正,现场放样切割,做好坡口。组拼好的合拢段,采用四点起吊,水平起落,到合拢时刻,准确对位,快速合拢。

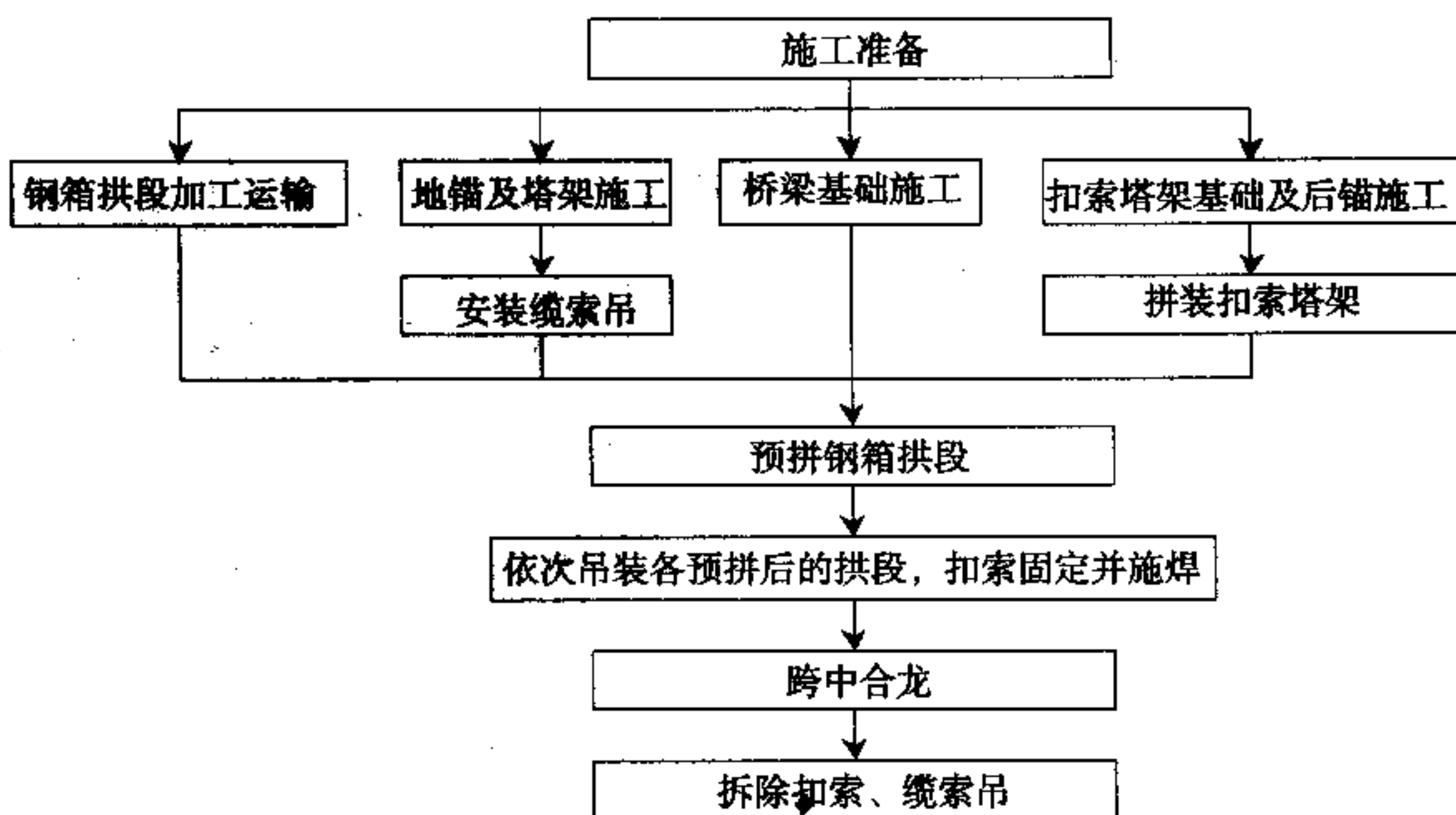


图 1 工艺流程

5. 工地焊接

钢箱提篮拱拱段采用 Q345D 材质的钢板制成,焊接采用 J507 焊条。工地焊接要求分区、分片、分段对称进行,以减少焊接变形。工地对接焊缝(风撑、排架对接、主拱环缝)采用陶质衬垫手工电弧焊,排架立柱角焊缝采用钢衬垫手工电弧焊。

钢箱对接环焊缝施焊滞后一个梯形吊装单元,如 D 拱段梯形单元吊装到位后,开始焊接 B、C 拱段箱壁对接环焊缝。上、下游环焊缝以及单拱的内外腹板焊缝要对称施焊。钢箱壁环焊缝施焊时先焊顶底板四个角点(焊缝长 200mm),再焊内外腹板。待四角点及内外腹板施焊后解除临时连接件,焊接顶底板及其余焊缝。

6. 监控是一项重要的工作,对结构物的稳定,索力的大小进行监控,对坐标进行复测;遵循标高控制为主,索力控制为辅的原则,掌握拱桥标高宁高勿低,索力宁大勿小的规律。

六、机具设备(见表 1)

表 1 机具设备

序号	设备名称	规格型号	数量	序号	设备名称	规格型号	数量
1	吊机	250kN	1 台	6	电焊机		8 台
2	缆索吊机	1200kN	1 套	7	穿心千斤顶	YQ - 1000kN	4 台
3	卷扬机	100kN	8 台	8	全站仪	SET2B	1 台
4	跑车	300kN	4 台	9	单索顶	200kN	1 台
5	倒链葫芦	10kN	2 台	10	水准仪		1 台

七、劳动组织

指挥系统:施工指挥、测量、试验、机械、电气等工程技术人员一共 10 人。劳动力组织见表 2。

表 2 劳动组织

序号	工种	人数	序号	工种	人数
1	吊车司机	2	7	安全员	2
2	装吊工	4	8	卷扬机司机	2
3	电工	2	9	普工	20
4	电焊工	16	10	钳工	2
5	测量工	4		合计	56
6	信号员	2			

八、质量控制标准

- 1. 轴线空间偏位 < 10mm;
- 2. 拱圈标高 < 10mm(节段及拱顶四角控制);
- 3. 拼装过程中对称的四片拱段连接点相对高差 < 10mm,相对间距偏差 < 10mm;
- 4. 相对拱段对应点间距偏差 < 6mm。

九、安全措施

施工中严格遵守有关施工安全规则和缆索吊装操作规程,重点做好以下安全工作:

- 1. 成立精干高效的现场指挥机构和技术保证机构,做到统一指挥、令行禁止。
- 2. 除设专职安全员现场值班外,重要受力部位设专人负责观察,非现场施工人员一律不得进入现场。
- 3. 拱跨结构吊装作业时,桥下禁止通行。
- 4. 吊装过程中的走停信号应由专职信号员发出,其它人员不得随便乱发信号。
- 5. 卷扬机司机必须有操作合格证,各种起重设备要经常检查,严格执行交接班制度,严格按统一信号操作。
- 6. 箱肋拱上搭设钢筋梯应设可靠的栏杆并挂设安全网。

十、技术经济分析

以云南小湾大桥为例,采用缆索吊双拱段悬拼钢箱提篮拱施工技术,经过拱段预拼,保证了施工质量,

缩短工期 20d,节约成本约 200 万元。

十一、工程实例

云南小湾大桥地处典型的“V”字形河谷,主桥采用中承式钢箱提篮拱,计算跨径 130m;两岸各设两孔简支 T 梁引桥(11m+9.5m)。主拱圈为悬链线无铰拱,面内计算矢高 $f=40.376\text{m}$,两条拱肋起拱点横向间距 25.6m。拱圈以起拱线为轴向桥轴中心旋转 15° ,形成提篮拱形,拱顶位置拱圈中心间距 4.7m。主拱圈采用钢箱断面,顶板和底板宽度均为 2.29m,拱脚断面拱箱高度 3.2m,拱顶断面拱箱高度 2.2m。拱箱顶板和底板厚度为 30mm,腹板厚度为 25mm。主拱圈共划分为 13 个施工段,从拱脚至拱顶分段水平长度为 8.2m、9.2m、 $4\times 11.2\text{m}$ 、合拢段为 5.6m。单根拱肋拱段最大重量 39.5kN,梯形吊装单元最大重量约 110t,全桥钢箱拱总重约 1300t。

小湾大桥于 2002 年 8 月采用本工法施工,于 2002 年 9 月 25 日合龙,实际工程进度为每 4d 吊装一个梯形段。合龙后,拱肋轴线空间偏位仅为 3mm,小于 10mm,满足规范要求。

执笔:周外男 刘希恒 张继新 周永生 赵鲲鹏