

# 大跨度超重量铁路悬索桥钢桁梁分段吊装施工技术探索

张 文

重庆市铁路(集团)有限公司 重庆 400050

**摘 要:** 随着社会的发展,大跨度悬索桥施工技术在铁路工程、市政工程、公路工程的实际应用和情况已被广泛地作为一个国家的文明和社会发展水平的象征,并已经成为一个国家的建筑科学技术水平的重要标准。本文对大跨度超重量铁路悬索桥钢桁梁分段吊装施工技术进行探索。

**关键词:** 大跨度超重量;悬索桥;钢桁梁;分段吊装;施工技术

## 1 工程概况

丽香铁路金沙江特大桥采用三跨连续、单跨悬吊上承式钢桁梁悬索桥大角度穿越金沙江深切峡谷,钢桁梁三跨布置为(110+660+98)m,桥梁全长882.5m。中跨钢桁梁采用带竖杆的平行华伦式桁架,桁高12m,桁宽22m,标准节间长度12.2m。全桥共计71个节间,边跨架设21个;中跨50个节间,划分为25个吊装节段,每个节段长度24.4m,最大吊装节段重约640t。上、下弦杆均采用焊接箱形截面,主桁腹杆采用焊接箱形截面或H截面,主桁节点采用焊接整体节点,节点外拼接。每个主桁节点断面设置一道“八”形横联。横联斜杆与桥面系横梁及下弦节点连接,焊接箱形截面。下弦平面设置“K”形纵向平联,平联撑杆和斜杆均采用焊接箱形截面。金沙江特大桥钢桁梁结构示意图如图1所示。<sup>[4]</sup>

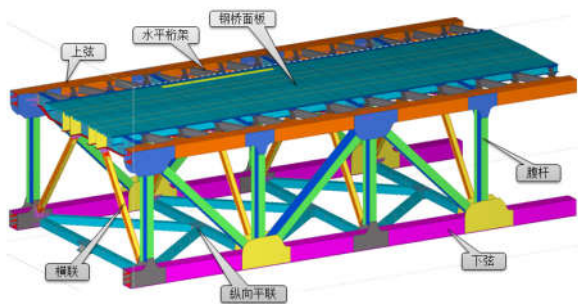


图1 金沙江特大桥钢桁梁结构示意图

## 2 钢桁梁吊装总体方案

本特大桥中跨钢桁梁结构尺寸大、自重大,桁宽22m,桁高12m,最大吊装节段重约640t,安全风险大;现场焊接及高空拼接工程量大,精度要求高;高空作业

量大,体系转换多,施工难度大;桥址位于峡谷地区,空中风力大,钢桁梁对接难度大。

中跨钢桁梁架设前,需先完成800t缆索吊机安装及试吊工作。钢桁梁单个吊装节段在钢桁梁预拼场利用运梁台车运输至起吊位置,采用800t缆索吊机将整节段垂直起吊至高出设计标高10~20cm处进行永久吊索的连接,上弦利用工装临时铰接,然后选择合适的时机通过工装措施完成高栓连接。利用纵移千斤顶边跨钢桁梁反顶并利用竖向千斤顶调整姿态,完成边跨钢桁梁与中跨钢桁梁的对接,进行钢桁梁合拢。

吊装施工流程:钢桁梁吊装节段拼装→节段运输至起吊位置→缆索吊机吊装钢桁梁节段至设计位置→钢桁梁与永久吊索连接→上弦杆临时铰接→剩余钢桁梁自跨中向两侧逐节段吊装→合拢段垂直起吊、永久吊索连接、高栓连接→钢桁梁合拢→调整线型、落梁。

## 3 中跨钢桁梁节段吊装施工

### 3.1 钢桁梁预拼装

本桥钢桁梁构件主要有焊接和高强度螺栓连接2种连接方式,腹杆与弦杆、下平联和横联与弦杆之间、弦杆构件之间和节段弦杆之间、桥面系U肋之间的连接均采用高强螺栓连接;桥面系分块之间、桥面系和节段之间桥面系连接全部为焊接。钢桁梁节段拼装按照2+2的方式进行组拼,从跨中向两边对称预拼,先安装母节段下弦杆、下平联撑杆和斜杆,再斜腹杆、竖腹杆、上弦杆及横联,最后安装桥面系,尽快形成闭合框架,保证结构稳定。<sup>[1]</sup>

### 3.2 钢桁梁节段纵横移

钢桁梁节段采用移梁台车在移梁纵横梁轨道上行走,轨道间距700mm。纵横梁交接处轨道采用可拆卸活动连接,便于纵、横移轨道更换。钢桁梁存放台座共8个,存梁时根据钢桁梁吊装顺序,分配存梁台座。每个存量台座设置4个支点,支点间距顺桥向5800mm,横桥向

**通讯作者:** 张文, 性别: 男, 民族: 汉族, 出生年月: 1987.11., 籍贯: 四川资阳, 单位: 重庆市铁路(集团)有限公司, 学历: 本科, 职称: 中级工程师, 研究方向: 建筑施工与管理, 邮箱: 357210691@qq.com

22000mm。

### 3.3 钢桁梁节段吊装

3.3.1 吊点、吊具设置。中跨钢桁梁均采用缆索吊机架设，吊装时设1套吊具，吊具与钢桁梁上的吊耳连接，缆索吊机通过吊装扁担与吊具上的吊耳连接。在钢桁梁上、下弦外侧设置吊装吊耳，左右侧各4个吊装吊耳，每个吊装节段共8个吊耳，吊耳设置在对应节段弦杆加劲板处，吊耳主吊板横桥向布置，且正对于竖腹杆。吊耳在钢桁梁加工时同步加工制造，吊装就位后割除并打磨平整、涂装防腐。钢桁梁吊装布置图如图2所示。

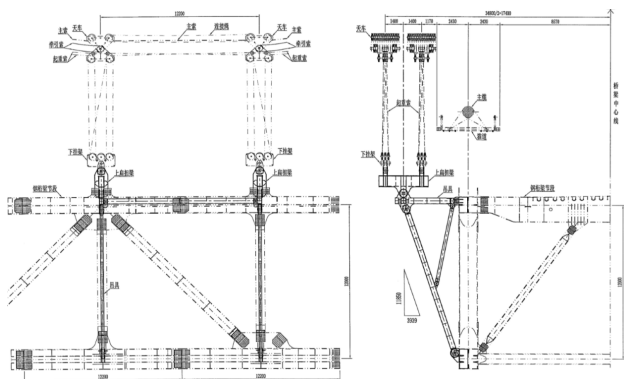


图2 钢桁梁吊装布置图

3.3.2 吊装顺序。中跨钢桁梁采用双节段吊装，共25个双节段，需进行25次吊装，中跨钢桁梁自跨中E36E35'节段开始向两岸对称交替架设，钢桁梁节段架设顺序如表1所示。

表1 钢桁梁节段架设顺序表

序号	节段编号	工作内容	备注
1	E36E35'	连接E36、E35'吊索，解除吊具与节段之间的连接	首节段吊装
2	E34E35	连接E35、E34吊索，E35上弦与钢桁梁E36上弦临时铰接，解除吊具与节段之间的连接	
3	E16-E33、E34'-E15'	连接相应吊索，并与相邻已架设钢桁梁上弦临时铰接，解除吊具与节段之间的连接。下弦逐步合拢，自跨中向两岸对称进行钢桁梁刚性连接，拆除临时铰	
4	E14-E15、E14'-E13'	连接相应吊索，完成高栓连接	
5	E12-E13、E12'-E11'	连接相应吊索，完成与中跨钢桁梁栓接，边跨钢桁梁调整姿态，完成合拢	合拢段

3.3.3 吊装作业。使用移梁台车将钢桁梁运至起吊位置，缆索吊机跑车走行至待架钢桁梁位置，缆索吊机

检查后下放吊具与钢桁梁吊耳连接，检查缆索吊机、吊具和吊耳连接情况，确认正常后，启动缆索吊机起重系统，将钢桁梁节段起吊约30cm高度，静置5~10分钟，再次对查缆索吊机、吊具和吊耳进行检查，确认正常后，继续进行钢桁梁起吊提升，提升过程中保持四个吊点基本水平。<sup>[3]</sup>

钢桁梁起吊提升到一定高度后，启动牵引卷扬机，将钢桁梁牵引至设计里程位置后再次进行提升，直至钢桁梁节段提升高出设计位置约10~20cm（起吊总高度约250m），停止钢桁梁节段提升。人工拉动吊索至吊点附近，通过微调对位后，安装吊索与钢桁梁耳板之间的连接销轴，完成永久吊索连接。缓慢下放吊具使吊索受力，确认一切正常后，摘除吊具与钢桁梁吊耳间的连接，完成首节段E36E35'架设。<sup>[2]</sup>

本悬索桥中跨钢桁梁由跨中向边跨方向架设，由于其受力特点，在架设中跨其他节段时，架设节段之间存在开口，下弦开口大，上弦开口小，确认吊索与锚箱连接正常后，摘除吊具与钢桁梁吊耳间的连接，缆索吊行走行至下一钢桁梁节段吊装位置进行下一节段吊装。

### 3.4 钢桁梁节段对接拼装调整

随着钢桁梁逐节段架设、主缆线型逐渐变化，钢桁梁节段下弦杆接口逐渐闭合，利用下弦微调装置实现钢桁梁整节段的竖向对位调整。钢桁梁拼装连接总体顺序为先下弦杆、再上弦杆、最后斜杆。钢桁梁对接拼装对位主要采用上弦临时铰及下弦微调装置进行匹配对位，待钢桁梁节段对位完成后，若部分弦杆/斜杆对位困难时，采用倒链（或手摇千斤顶）+小型工装辅助进行局部杆件拼装对位。弦杆、斜杆对位调整完成后，在腹板中线处每边打入10~12颗冲钉实现铰接连接。

### 3.5 钢桁梁合拢

中跨钢桁梁设置两个合拢段，均设置于近主塔内侧处，丽江岸合拢段为E11E12，香格里拉岸合拢段为E12'E13'。合拢段吊装完成并与吊索及跨中侧梁段连接固定后，中跨钢桁梁不动，通过墩顶千斤顶调整装置调整边跨钢桁梁姿态并纵移完成钢桁梁合拢。

### 3.6 高强螺栓施工

高强螺栓采用扭矩法施拧，采用电动扭矩扳手施拧，用手动扭矩带响扳手检查。电动扭矩扳手分初拧、复拧、终拧三个阶段。高强螺栓施拧采用定扭矩电动扳手，扭矩扳手使用前必须标定，其扭矩误差不得大于使用扭矩的5%。每班操作前后，必须对使用的扳手进行校正。

### 3.7 钢桁梁工地焊接

钢桁梁在调整拼装完成且高强螺栓施拧完成后进行

钢桁梁的焊缝施工，钢桁梁在架设完成后主要进行桥面系焊缝的施焊。焊接顺序原则：先下后上，即先焊接桥面板U肋，最后焊接顶板对接焊缝；焊缝从中间节段的对接焊缝开始，依次往两侧节段施焊，从桥跨中部往两侧对称施焊。

#### 结束语

综上，大跨度超重量悬索桥钢桁梁分段吊装施工主要包括钢桁梁节段拼装、缆索吊机起吊、高栓连接、线型调整等。在实际施工过程中，要充分做好前期的准备工作，主要是吊装设备设备缆索吊机的选择和布置。减少吊装节段数量，使单次起重量与选定的缆索吊机起重

性能相匹配，借助于缆索吊机的优势，缩短工期。本吊装方法在丽香铁路金沙江特大桥钢桁梁吊装工程中得到了良好的运用，进而推动桥梁工程的进一步发展。

#### 参考文献

- [1]《铁路桥涵工程施工技术规程》（Q/CR 9652-2017）.
- [2]《铁路桥涵工程施工质量验收标准》（TB 10415-2018）.
- [3]《钢结构工程施工规范》（GB 50755-2012）.
- [4]《新建丽香铁路金沙江特大桥 第五册》施工设计图.