

下承式钢箱拱肋系杆拱桥安装施工技术应用

陈子阳 郭亚辉 林强
北京城建道桥建设集团有限公司

摘要：下承式系杆拱桥是一种无推力的拱式组合体系，是外部静定结构，兼有拱桥的较大跨越能力和简支梁桥对地基适应力强的两大特点，当桥面高程受到限制而桥下又要求保证较大的净空（桥下净跨和净高）时，无推力的拱式组合体系桥梁是较优越的桥型，其中拱肋的安装又是重中之重。下承式钢箱拱肋系杆拱桥单片拱肋安装施工，解决了传统“先梁后拱”施工工艺需要搭设大规模施工平台及跨航道等不适于搭设支架的桥梁施工。施工精度高，技术先进，施工速度快，综合施工成本低，对航道影响小，保证了航道运输的安全性，具有一定的社会经济效应。本文依托舟南大桥工程实例，对下承式钢箱拱肋系杆拱桥单片拱肋安装进行分析，并简要叙述了施工技术及管理要点。

关键词：钢箱拱肋；系杆拱桥；系梁；钢骨架；吊装

引言

目前国内钢管拱肋系杆拱桥较为多见，技术成熟。钢箱拱肋系杆拱桥增强了桥梁的景观性，但一般采用“先梁后拱”支架拼装法施工，工艺成熟，本项目桥梁由于航道通航限制，采用少支架法“先拱后梁”拱肋整体吊装工艺施工，在施工过程中进行大胆创新，属于较为先进极少见的施工工艺。开展系杆拱桥关键技术研究与应用，不断提升改进传统工艺，开发更为安全高效、经济实用的施工工艺，不断提高建造质量，确保工期，最大限度地减少对社会经济的影响，具有重要的现实意义。

一、工程概况

舟南大桥主桥跨越长湖申航线，采用85m跨径钢箱拱肋下承式无推力系杆拱桥，双幅桥型布置，单幅桥宽21m，桥梁与航道正交。主桥每幅设两幅拱肋，共计四幅拱肋。拱轴线采用二次抛物线，拱高20m，矢跨比1/4.25；拱肋断面采用箱型断面，高1.8m，宽1.3m。拱肋风撑采用横撑+斜撑+装饰板的组合结构。拱肋吊杆位置设置一字型风撑。主拱布置吊索杆，吊杆间距5m，吊杆采用17Φ15.2mm填充型环氧无粘结钢绞线，索体材料强度为1860Mpa。

桥面采用纵横梁体系，桥面板采用预制拼装结构，主桥桥面系由系梁、端横梁、中横梁及桥面板等组成。系梁预应力钢束采用两端张拉的施工方式，系梁内设劲性钢骨架，施工时系梁钢骨架与拱肋整体吊装。

二、施工工艺流程

（一）拱肋、系梁钢骨架岸上拼装

- ①施工主桥桩基础、承台、墩身，安装支座。
- ②工厂中段制作拱肋、系梁钢骨架及横撑。
- ③主桥钢结构加工完毕后运到施工现场，将四片拱肋、系梁

钢骨架及吊杆分别拼装好，准备吊装。拼装各拱肋的场地位置应在浮吊船起吊能力允许范围内。

④岸上拼装时，系梁钢骨与拱肋同设40mm预拱度，拱肋与系梁钢骨架焊接完毕后再安装吊杆，吊杆绷紧拉力按30KN控制。

（二）拱肋、系梁钢骨架安装

①依次吊装各片拱肋，第一片拱肋吊装就位后，拉好风缆使其保持稳定，然后继续吊装同一桥幅的另一片拱肋，第二片拱肋就位后，拉好风缆使拱肋保持稳定。

②通过调整风缆风索使吊装就位的两片拱肋平面位置准确，然后吊装拱脚横撑及风撑横杆，各横向撑杆吊装并焊接完毕后，拆除揽风索。

③重复以上步骤吊装另一桥幅拱肋，完成拱肋及横撑安装。

三、钢箱拱肋系杆拱桥单片拱肋安装施工技术

（一）施工准备

①施工前详细调查测量施工区域的航道宽度及航道护岸，在护岸上设置位移沉降监控点以保证施工过程中护岸结构稳定。

②钢箱拱肋下承式无推力系杆拱桥施工前，应根据航道宽度、起吊重量、起吊高度等因素选用合适的浮吊船。采用单片拱肋及系梁钢骨架整体安装，组拼后的拱肋吊装节段重量为拱肋+吊杆+吊杆锚箱+钢系梁骨架+预埋件+系梁骨架底部钢筋等。考虑浮吊船主吊杆长度、拔杆仰角、起升高度、跨距、安全系数等，结合工程实际情况选取合适浮吊船。

（二）基础墩台、支座施工

按照结构施工顺序进行基础、墩台、支座等桥梁结构施工。施工时要求严格按照设计图纸进行施工，减少施工偏差，控制施工精度，为拱肋准确就位提供必要条件。

（三）钢结构现场拼装及安装

（1）拱肋、系梁钢骨架加工

拱肋、系梁钢骨架分节段厂内加工，加工完成后运至施工现场拼装场地，拼装前需要对拼装基础进行计算并对拼装场地的地基承载力进行试验检测。

（2）拼装场地及支架选择

拼装场地需要选在航道岸边较近的位置以满足浮吊船的吊装能力，保证吊装的安全性。在组拼场地根据拱肋分段情况搭设组拼支架，拱肋系梁骨架采用立拼，支架结构形式根据设计及施工规范结合实际情况确定。

（3）拱肋及系梁钢骨架拼装

①拱肋在工厂分段加工，工厂加工时应根据拱轴线准确放样，并设置预拱度，加工完毕后应进行试拼装，确保拱轴线形与设计吻合方可运到现场。

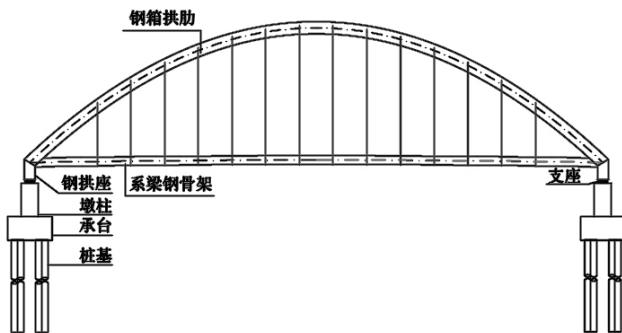


图1-1 拱肋、系梁钢骨架结构图

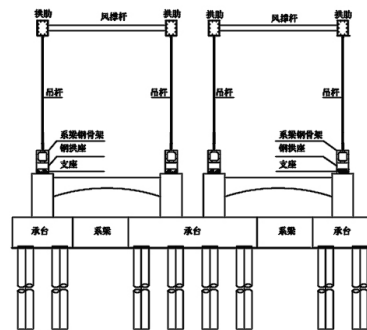


图1-2 拱肋、系梁钢骨架结构图

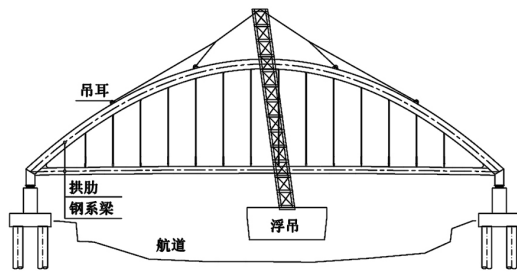


图3-1 浮吊吊装立面图

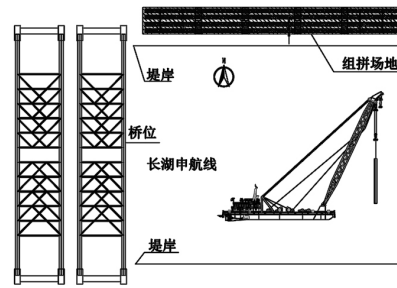


图3-2 浮吊吊装平面图

表5-1 拱肋安装允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)	检查频率		检查方法	
		范围	点数		
拱肋结构	±5	每跨 每肋 每段	3	用钢尺量	
拱肋中距	±5		3	用钢尺量	
内弧偏离设计弧线	8		3	用样板量	
拱肋内弧长度	0-10		1	用钢尺分段量	
节段端部平面度	3		1	拉线、用塞尺两	
竖杆节间长度	±2		1	用钢尺量	
轴线偏位	L/6000		5	用经纬仪测量，端、中、L/4处	
高程	±L/3000		5	用水准仪测量，端、中、L/4处	
对称点相对高差	允许		L/3000	1	用水准仪测量各接头点
	极差		L/1500, 且反向		
拱肋接缝错边	≤0.2壁厚, 且不大于2	每个	2	用钢板尺和塞尺量	

②支架体系搭设前需要验算支架整体安全稳定性。拱肋系梁骨架采用立拼，先搭设系梁钢骨架组拼胎架，进行系梁节段的组拼，待系梁钢骨架组拼后，再搭设拱肋组拼支架，再依次进行拱肋节段的组拼。

③底部钢筋在航道中施工难度较大，吊装前在岸上钢构件预拼场进行底部钢筋绑扎，底部钢筋主筋与系梁钢骨架底部U形钢筋进行焊接固定，其余钢筋满绑绑扎。绑扎完成后，底部钢筋整体贴在系梁钢骨架底部。

④钢结构岸上拼装时，系梁骨架与拱肋设40mm预拱度，拱肋与系梁钢骨架焊接完后再安装吊杆，系梁底部钢筋绑扎完成后，调整吊杆索力。

⑤拱肋安装过程中须保证拱轴立面和平面线形与设计吻合。

(四) 拱肋及系梁钢骨架安装

根据航道宽度及现场拼装场地选择合适的浮吊进行安装，本实例桥梁为双幅桥形式共计四片拱肋，采用1台600吨浮吊进行单片拱肋及系梁钢骨架整体吊装，吊装前对浮吊的吊装工况进行模拟计算保证吊装安全。

(1) 拱肋及系梁钢骨架安装方式

依次吊装各片拱肋，第一片拱肋吊装就位后，拉好缆风绳使其保持稳定，然后继续吊装同一桥幅的另一片拱肋，第二片拱肋就位后，拉好缆风绳使拱肋保持稳定。通过调整缆风绳使吊装就位的两片拱肋平面位置准确，然后吊装拱脚横撑及风撑横杆，各横向撑杆吊装并焊接完后，拆除缆风绳。按照上述方法吊装第三片、第四片拱肋。

各片拱肋及系梁钢骨架安装过程中需要逐步拆除支架，便于浮吊船将钢结构整体向上提升。吊装第一片前拆除第一榀支架，并第一片拱肋与第二片拱肋用槽钢临时连接起来保证单片拱肋的整体稳定性，当浮吊船挂钩完成并刚刚开始受力时，切割临时连接槽钢并起吊。依次吊装第二片、第三片拱肋。最后拆除第四片拱肋支架，保证第四片拱肋与第五榀支架横向连接为整体，第五榀支架作为第四片拱肋的安全支撑体系，吊装时对连接件切割后起吊。

(2) 钢结构固定用缆风绳布置及施工方式。

吊装就位前缆风绳上端固定于吊耳处，地锚点与拱脚位置平齐，缆风绳采用钢芯钢绳，地锚端采用手拉葫芦张紧。施工时地锚位置需认真核对缆风绳空间位置，钢丝绳及手拉葫芦通过计算确定所选用的型号。

①第1片拱肋就位后，张拉1号及2号缆风绳；

②第2片拱肋就位前，张拉3号缆风绳，解除2号缆风绳，即可就位，张拉4号及5号缆风绳；

③安装西侧单幅桥风撑杆；

④第3片拱就位后，在上吊耳处及跨中焊接[16槽钢固定；

⑤第4片拱就位后，张拉6号及7号缆风绳；

四、质量控制

(一) 拱肋制作安装规定

①拱肋的种类、规格应符合设计要求，应在工厂加工，具有产品合格证。

②拱肋加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在制作前，应根据温度和焊接变形的影响，确定合龙节段的尺寸，并绘制施工详图，精确放样。

③拱肋成拱过程中，应同时安装横向连系，未安装连系的不得多于一个节段，否则应采取临时横向稳定措施。

(二) 拱肋制作安装允许偏差

结论

综上所述，本钢箱拱肋下承式系杆拱桥施工技术应用，为拱肋及系梁钢骨架整体安装提供了优化后的施工工法。通过工程实践证明，本技术安全可行，能确保工程质量，节约工期，经济实用，为类似工程提供了借鉴和参考，具有推广和应用价值。

参考文献

[1] 黄林峰. 系杆拱桥施工技术研究[J]. 科技资讯, 2019, 17(08): 59-60.
 [2] 项叶克. 系杆拱桥中横梁安装施工技术的应用[J]. 工程技术研究, 2019, 4(02): 52-53.
 [3] 韩军. 大跨度倾斜式主辅拱肋钢箱拱桥安装施工技术[J]. 建设科技, 2019(09): 56-61.