

基于Midas技术的钢管拱安装施工工艺及质量控制研究

王宝良

通号（郑州）电气化局有限公司 河南 郑州 450000

摘要：钢管混凝土拱桥做为桥梁工程的一种结构形式，普遍应用于现场实际施工中。本文基于64m系杆拱桥项目，利用Midas技术对钢管拱施工中采用支架及吊装技术的安全性及质量控制重点进行研究分析，可以为同行业类似工程提供借鉴意义。

关键词：钢管拱；Midas；支架；质量控制

前言

梁拱组合体系桥是目前发展较快的一种经济实用、美观的桥型^[1]。其结构简便、外观优美，对环境的适用性也要优于其他平台，但存在施工平台支设困难、构件安装准确度不易控制、拱脚稳定性差等问题，严重影响施工质量及效率^[2]。在桥梁建设期间，施工人员需从提升测量设备精度、提升测量人员技能水平、严格按设计要求施工、做好施工前的模拟测试工作等方面入手，将建设的桥梁结构误差控制在运行范围内^[3]。本文基于64m系杆拱桥项目，利用Midas技术对钢管拱施工中采用支架及吊装技术的安全性及质量控制重点进行研究分析，可以为同行业类似工程提供借鉴意义。

1 项目概况

64m系杆拱为跨某铁路设置，与铁路交角为16°。混凝土梁为预应力简支梁。拱轴线采用二次抛物线，计算跨径L = 64m，计算矢高f = 12.8m，矢跨比1/5。拱轴线方程 $Y = -0.0125X^2 + 0.8X$ 。

主桥设置两道拱肋，拱肋采用外径φ650mm，壁厚δ = 16mm的钢管混凝土哑铃型截面，上下两钢管中心距为0.85m，拱肋截面全高1.5m。拱肋上下钢管之间连接缀板

δ = 16mm。拱肋之间共设2道‘K’字形及1道‘一’字形横撑，横撑采用φ700×16mm钢管，斜撑采用φ500×14mm钢管。两道拱肋共设置11对单吊杆，第一根吊杆距离原点8.0m，其余吊杆中心距均为4.8m。本项目钢管拱安装采用原位支架法拼装，支架采用钢管支架，共设8根立柱，立柱采用Φ1000×10mm的螺旋钢管，管钢质材为Q235B钢。

钢管拱钢结构全重约100t，分为10节拱肋，7节横撑及其它配件，拱肋最长节段为16.283m，吊重小于10.4t，横撑不分节，每段横撑长5.4m，重1.5t。

2 基于迈达斯技术的钢管拱安装检算

采用Midas-civil软件对拱肋吊装安全性进行检算，计算时将支架及钢管拱均简化为梁单元，钢管拱与支架顶端接触位置采用刚性连接；自重荷载模型中自动计入，考虑吊装时吊装冲击荷载，取冲击系数为1.1；风荷载简化为单元荷载作用支架及拱肋上。

2.1 结构自重及风荷载

2.1.1 结构自重

项目需计算结构自重见下表。

序号	名称	规格尺寸 (mm)	数量	单重(Kg)	总重(Kg)
1	拱脚	5342×2000×850	4	3372.3	14895.2
2	A(X)1、A(X)5	14206×2000×850	各1	8220.7	32882.6
3	A(X)2、A(X)4	11861×2000×850	各1	6863.7	27454.8
4	A(X)3	7378×2000×850	各1	4269.5	17077.9
5	横撑	组件	3	1765.2	7060.6
6	斜撑		4	932.9	3731.6

2.1.2 风荷载

风荷载分为工作风荷载及非工作锚固风荷载，本工程吊装作业系高空作业，风荷载控制为6级（150Kpa），非工作锚固考虑10级风荷载影响（600Kpa）。

$$P_w = CK_h q A$$

式中C—风力系数，钢管拱部分取1.6；拼装支架部分取0.7；

K_h —风力高度变化系数，取1.2；

q—计算风压（N/m²）；

A—迎风面积m²；

得出钢管支架和拱肋的风荷载见下表。

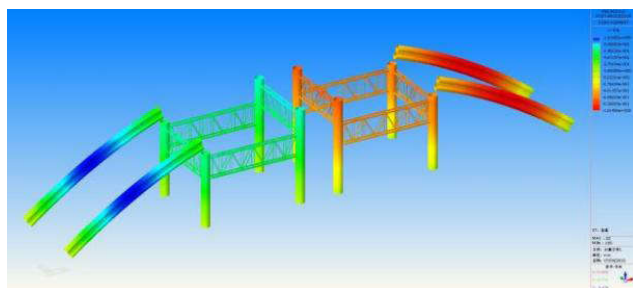
风力	项目	拱肋 (N/m)		φ1000钢管 (N/m)		横向连接系 (N/m)	
		横桥向	纵桥向	横桥向	纵桥向	横桥向	纵桥向
6级(P_{w6})		432	223	126		---	
10级(P_{w10})		1728	890	504		---	

2.2 钢管拱安装检算

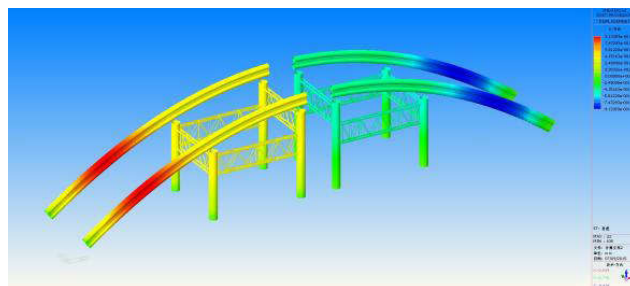
2.2.1 拱肋A(X)1、A(X)5节段吊装检算

通过有限元分析得到支架自重荷载 G_1 ，拱肋节段自重 G_2 ，风荷载简化为梁单元荷载作用于立柱、连接系及拱肋上 P_{w6} 的应力之和为 $16.6\text{Mpa} \leq 170\text{Mpa}$ 满足规范要求；作用于拱肋和连接系上的x、y、z位移量分别为1.5mm、0.1mm、-1.5mm在规范要求范围之内。

分析计算过程见下图。



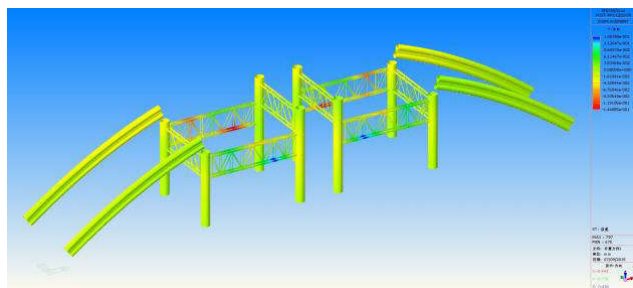
吊装X位移图



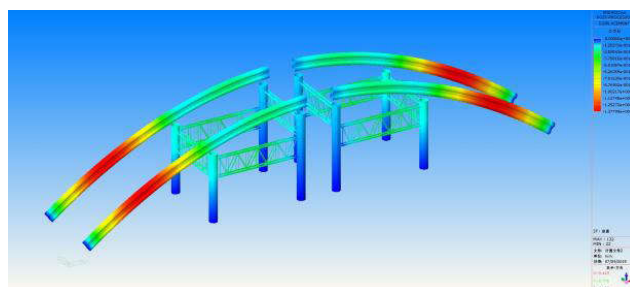
吊装X位移图



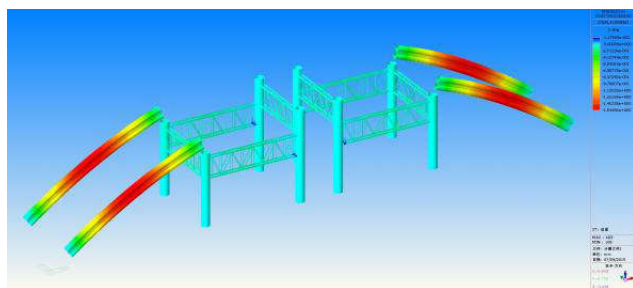
吊装Y位移图



吊装Y位移图



吊装Z位移图



吊装Z位移图

2.2.3 拱肋A(X)3节段吊装检算

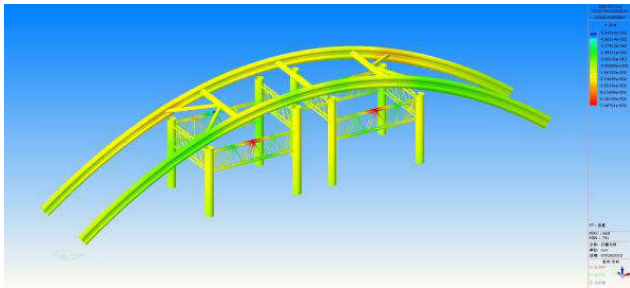
通过有限元分析，得出 $G_1+G_2+P_{w6}$ 作用于立柱上的应力为 $10.7 \leq 170\text{Mpa}$ 满足规范要求；作用于拱肋和连接系上的x、y、z位移量分别为0.5mm、0.07mm、-0.9mm在规范要求范围之内。



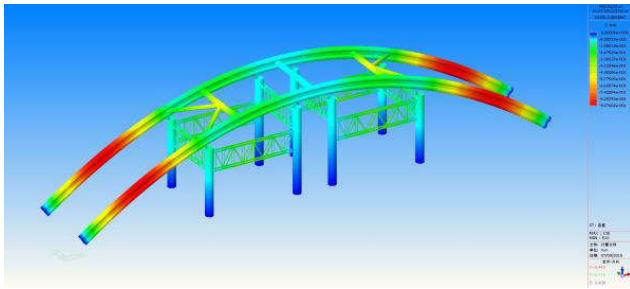
吊装X位移图

2.2.2 拱肋A(X)2、A(X)4节段吊装检算

通过有限元分析，得出 $G_1+G_2+P_{w6}$ 作用于立柱上的应力为 $16.6 \leq 170\text{Mpa}$ 满足规范要求；作用于拱肋和连接系上的x、y、z位移量分别为0.9mm、0.09mm、-1.4mm在规范要求范围之内。



吊装Y位移图

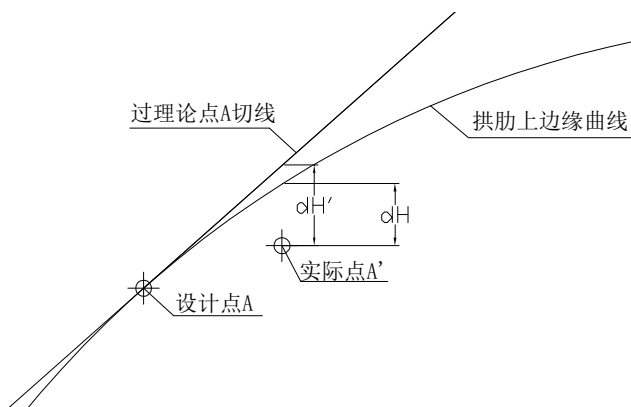


吊装Z位移图

3 质量控制重点

3.1 拱肋定位坐标的数据处理

由于钢管拱在加工和拼装的时候存在误差，其实际里程及标高与设计值往往不能全部符合，若将设计里程作为拱肋安装的主控制点，则钢管拱的标高会有误差，从而造成钢管拱的实际曲线和设计曲线产生误差，对钢管拱的线形产生影响。本项目实施中，实测里程与设计里程亦存在误差，但可以控制在3-5cm以内，误差较小。曲线的切线和曲线本身差别不大，则点到曲线的高差与点到切线的高差亦差别不大，鉴于此，本项目在计算实测坐标点至曲线的竖直距离时采用切线代替曲线本身计算，此种计算方法简单且精确，可以将计算误差控制在0.1mm以内。



测量点布置图

3.2 钢管拱安装误差处理

钢管拱拼装节段位置的钢管外露端不可避免的会

在钢管运输及存放过程中出现失圆或者错台的误差现象，椭圆度要求 $f/d \leq 3/1000$ ，错台要求 $h \leq 0.2t$ （ t 为壁厚），现场施工时检查拱肋椭圆度和错台量，可以利用千斤顶加顶架进行误差处理，处理完成后采用斜撑和码板固定。

3.3 钢管支架安装质量保证措施

支架基础施工前，应先由测量人员进行放线确认施工位置，并将放线误差控制在1cm以内。支架进场后对钢管支架的质量进行验收检查，包含钢管的直径、壁厚、厂家提供的合格证、材质报告等，对于不符合验收要求的不得进场。支架安装时为防止钢管立柱局部失稳现象的出现，采取在钢管根部和顶部设置三角加劲板，且在钢管的端头位置设置不少于6块的加劲板。安装时，每安装两根后，需进行连接系的安装，连接系与钢管之间满焊且焊接牢固。同时，在钢管立柱安装过程中，应全程采用线锤对安装垂直度进行控制，确保安装后垂直度偏差小于 $L/1000$ 。

3.4 钢管拱安装质量保证措施

施工前对施工人员进行技术交底，确保所有参与人员明确施工内容及施工步骤和质量控制重点。在钢管拱安装前质量管理人员对每节钢管的弦长、直径等几何尺寸进行测量检查确认，逐一标识。钢管拱吊装时，确保垂直起吊，并计算好每吊的千斤绳长度，吊装到位后，用螺旋千斤顶调整标高，用枕木或钢马凳“抄死”调整标高后的钢管拱。同时，在钢管拱安装时，须有可靠的临时连接，且临时连接的法兰螺丝不允许存在空缺，在确保安装质量的同时确保施工安全。

4 结论

64m系杆拱桥项目在施工前，通过对钢管拱安装过程进行有限元分析，得出钢管拱安装过程中的强度、刚度及稳定性均满足规范要求，确保施工安全质量。通过对拱肋测量点布设及安装误差处理，分析钢管直接及钢管拱安装质量保证措施，确保项目顺利完成钢管拱及横撑安装工程，具有较高的推广应用价值。

参考文献

- [1]罗华松.钢管拱肋及横撑安装施工技术[C]//《建筑科技与管理》组委会.2018年4月建筑科技与管理学术交流会论文集.
- [2]陈晓欢.复杂环境下大跨径多节段钢管拱肋精确安装施工技术分析[J].安徽建筑,2023,30(03):73-74.
- [3]张乙彬,张君翼.大跨度钢管混凝土拱桥拱肋拼装施工控制要点[J].黑龙江交通科技,2021,44(4):83-84.