

蜗壳重心的三维作图近似求解法

莫斌伟, 祁美莲

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局, 四川 彭山 620860)

摘要:为解决官地水电站水轮机蜗壳“C”形节重心数学计算方法复杂的问题,通过 CAD 绘图软件模拟绘制水轮机蜗壳管节等不规则实体的三维立体模型,利用 CAD 绘图软件的功能求解其重心的准确位置,以方便施工中安装焊接施工吊耳进行吊装施工。利用该方法计算出全部节蜗壳“C”形节重心,施工安全可靠、简洁方便,加快了蜗壳挂装进度。

关键词:蜗壳重心;三维作图;CAD;吊装;官地水电站

中图分类号:TV547.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)S2-0059-02

四川官地水电站水轮机蜗壳采用钢板焊接结构,材料选用 B610CF 钢板制作,板厚从 24 ~ 64 mm, 组装后最大直径为 3670 ~ 9600 mm(内径)。蜗壳共分 34 节(包含蜗壳大舌板配割的 2 节、蜗壳和压力钢管之间的凑合节),其中水轮机蜗壳本体段设置 3 节凑合节(第 5、14、20 节),水轮机蜗壳每节分 3 或 4 瓣瓦片组焊而成,除凑合节及直径大于 9 m 的管节(直管段 7 节、本体段第 1 节和第 2 节)在厂房安装间拼装外,其他蜗壳瓦片在蜗壳拼装平台拼装成“C”形运输到厂房安装间,在安装间翻身后挂装^[1-3]。

蜗壳挂装时为单节吊装,“C”形节开口在立面中心,与座环过渡板对接。在吊装时要求蜗壳“C”形节各面均垂直,若蜗壳断面出现倾斜,“C”形节开口与座环过渡板接口将不平行;若蜗壳管节后仰,吊装时蜗壳之间“C”形节开口底部先接触,顶部无法与座环过渡板对接;若蜗壳管节前俯,吊装时蜗壳之间“C”形节开口顶部先接触,底部无法与座环过渡板对接,即要求吊点需在蜗壳“C”形节重心上。在现场施工中,常采用的方法为:在蜗壳上中心焊接 3 个吊耳,用 3 台手动葫芦进行 3 点吊装,通过手动葫芦来调节蜗壳各断面的垂直度。但蜗壳翻身后上中心宽小于 1 m,距离地面最小高度为 5 m,最大高度为 10 m,通过手动葫芦调节蜗壳断面垂直度,需要作业人员站在蜗壳上拉动手动葫芦,施工难度大,蜗壳较重,垂直度调节时间长,不利于施工^[3,4]。若只焊接 1 个吊耳在蜗壳“C”形节重心线位置(即吊耳至地面的垂线通过重心),蜗壳“C”形节翻身后可确

保蜗壳管节垂直,即可直接进行吊装,既缩短了通过手动葫芦调节蜗壳断面垂直度的时间,又避免高空作业风险。

但蜗壳“C”形节形体尺寸特殊,以官地水电站水轮机蜗壳本体段第 1 节为例,开口位置窄(984.6 mm)、板较厚(64 mm),腰部位置宽(1907 mm)、板较薄(48 mm),蜗壳管节板厚不同,尺寸不同;上、下两个断面直径不同,且不平行,蜗壳“C”形节重心的数学计算方法将极为复杂。

1 “C”形节的三维绘图方法

使用 CAD 绘图工具,根据需求重心的蜗壳尺寸,按比例绘制其“C”形节一个断面(一般选择和腰线垂直或倾斜度较小的断面)的平面图。利用“面域”工具将断面图创建成 1 个整体面域,对该“面域”进行三维操作中的“拉伸”,拉伸值为蜗壳腰线宽度,即绘制完成 1 个有开口的圆环柱体,如图 1 所示。

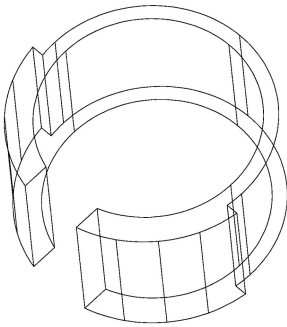


图 1 “C”形圆环柱体

作者简介:莫斌伟(1984—)男,甘肃陇西人,工程师,主要从事水电站机电设备安装技术管理工作。E-mail:158316183@qq.com

根据蜗壳另 1 倾斜断面与蜗壳腰线的倾斜角,对圆柱体进行切割,即可近似地绘制完成蜗壳“C”形节的三维模型,如图 2 所示。

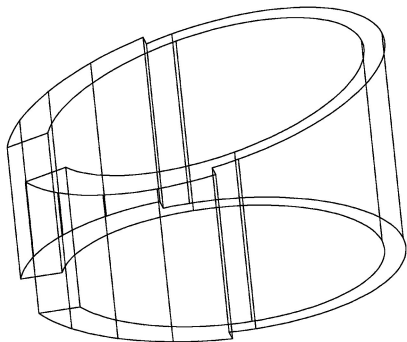


图 2 蜗壳“C”形节三维模型

2 重心求解方法

使用 CAD 绘图工具的特性功能,对绘制完成的三维模型进行特性分析 (massprop),弹出的对话框中的数据为三维模型的整体数据,包括周长、体积、重心等,其重心位置显示为质心的三维坐标 (X,Y,Z),如图 3 所示。

选择对象:	
-----	实体 -----
质量:	45982647.5998
体积:	45982647.5998
边界框:	X: 1050.1541 -- 1834.1571
	Y: 0.0000 -- 453.1802
	Z: 38.6621 -- 867.6391
质心:	X: 1442.5895
	Y: 186.0453
	Z: 453.1506
惯性矩:	X: 1.5024E+13
	Y: 1.1138E+14
	Z: 1.0068E+14
惯性积:	XY: 1.2634E+13
	YZ: 3.8766E+12
	ZX: 3.0059E+13
旋转半径:	X: 571.6088
	Y: 1556.3442
	Z: 1479.7054

图 3 蜗壳“C”形节特性

图 3 重心的三维坐标是 CAD 绘图工作坐标系中的坐标,尺寸同样是当前工作图层的比例尺寸,需根据开始绘制三维模型时的尺寸比例确定实际重心位置,及其相对实物上特定点 (一般选取蜗壳上、下中心线,或板厚过度焊缝位置) 的实际距离,即可在蜗壳“C”形节的实物上确定出重心位置,在此位置焊接吊装吊耳。

3 误差分析

上述蜗壳重心求解方法建立在以下假设基础上:蜗壳整体为均质材料;蜗壳外形过度平缓;蜗壳腰线与其一个断面 (直径小的断面) 垂直;蜗壳开口

断面与腰线平行,与其一个断面 (直径小的断面) 垂直;不考虑蜗壳“C”形节各断面已开坡口尺寸及坡口对整体质量的影响;不考虑蜗壳“C”形节内支撑对重心的影响 (蜗壳内支撑采用“米”字梁结构,可简略认为是圆周均布)。

官地水电站蜗壳采用 B610CF 钢板卷制而成,材质均匀,内环面为过流面,过度光滑平缓。蜗壳“C”形节的实际主视图如图 4 所示。

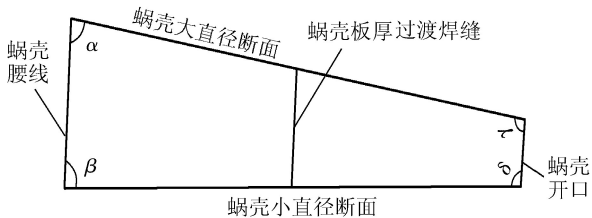


图 4 蜗壳“C”形节主视图

以本体段最大管节为例,第 1 节蜗壳尺寸 $\varnothing 9150/\varnothing 9060$,质量 15.764 t;蜗壳腰线与断面夹角 $\alpha=84.8^\circ$ 、 $\beta=89.2^\circ$ 、 $\gamma=91.1^\circ$ 、 $\delta=94.9^\circ$;三维模型的蜗壳腰线与断面夹角 $\alpha'=84^\circ$ 、 $\beta'=90^\circ$ 、 $\gamma'=96^\circ$ 、 $\delta'=90^\circ$;腰线侧实际蜗壳尺寸将比三维模型小, β 角小 0.8° ,腰线长 1907 mm,计算断面面积 0.025 m^2 ,开口位置实际蜗壳尺寸将比三维模型大, δ 角大 4.9° ,开口长 978 mm,计算断面面积 0.04 m^2 ;计算质量偏差为 11.78 kg。蜗壳“C”形节坡口为“X”形坡口,两侧断面均相同,因此对重心的影响偏差为两侧断面周长的偏差,两侧断面周长分别为 25399.0 mm、25116.8 mm,偏差 282.2 mm,计算坡口质量偏差为 1.33 kg。上述偏差总计 13.11 kg,只占蜗壳整体质量的 0.083%。

以本体段最小管节为例,第 27 节蜗壳尺寸 $\varnothing 4134/\varnothing 3670$,质量 3.865 t;蜗壳腰线与断面夹角 $\alpha=71.6^\circ$ 、 $\beta=93.4^\circ$ 、 $\gamma=95.2^\circ$ 、 $\delta=99.8^\circ$;三维模型的蜗壳腰线与断面夹角 $\alpha'=75^\circ$ 、 $\beta'=90^\circ$ 、 $\gamma'=105^\circ$ 、 $\delta'=90^\circ$;腰线侧实际蜗壳尺寸将比三维模型小, β 角小 3.4° ,腰线长 2436.7 mm,计算断面面积 0.176 m^2 ;开口位置实际蜗壳尺寸将比三维模型大, δ 角大 9.8° ,开口长 1462.42 mm,计算断面面积 0.179 m^2 ;计算质量偏差为 0.24 kg。蜗壳“C”形节坡口为“X”形坡口,两侧断面均相同,因此对重心的影响偏差为两侧断面周长的偏差,两侧断面周长分别为 10610 mm、9094 mm,偏差 1516 mm,计算坡口重量偏差为 1.78 kg。上述偏差总计 2.02 kg,只占蜗壳整体重量的 0.05%。

在蜗壳吊装施工中,这种偏差对重心的影响将不会影响到蜗壳正常吊装施工,可以忽略不计。

(下转第 76 页)

处理责任方。②GIB 安装采取临时吊装转运措施,设置可移动电动葫芦及门式桁架进行吊装,铺设临时轨道、自制运输台车进行运输。③为保证 500 kV GIB 设备施工安装进度,要求机电施工单位必须采取防尘、除湿、隔离等相应防护措施,使之达到国家、行业有关规程规范、技术标准和 500 kV GIS 厂家技术文件要求。④根据拱顶钢屋架施工情况,机电监理下发现场指示单,要求尽快组织 GIB 设备转运进场。⑤召开 GIB 安装专题协调会,要求机电施工单位对 12 个防尘棚增加防止高空坠物、防火等安全防护措施。

b. 桥机使用的协调。官地水电站为地下厂房结构,在一条轨道上依次布置 2 台 450 t 大桥机和 1 台 80 t 小桥机,由于共用一条轨道布置,任何一台桥机的使用都将对另外两台造成影响,加之地下厂房吊装手段单一,土建和机电安装的材料、设备的装卸运输主要依靠桥机完成,同时屋架施工也利用桥机作为施工平台。各方对桥机使用频率高,协调难度大,机电监理协调方法如下:①在每天召开的现场协调会上,对各单位第二天桥机使用时间段及区域作出规定。要求双方及时办理移交手续,加强责任期间的设备维护和清洁工作,确保设备完好率,机电监理开展定期检查。②在大、小桥机上设置屋架施工平台,施工平台不得影响小车行程和桥机正常吊装。③在 2、3 号机组发电机层界面处增设屋架材料堆场及拼装场,机电施工单位将该区域腾出并不得在该区域堆放材料,夜间将屋架倒运至该处,白天利用小桥机施工,以降低小桥机对大桥机的影响。④安装间施工时,采用汽车吊、混凝土泵车等手段;机坑内小件安装采用葫芦等手段,尽量不占用桥机。采取上述综合协调手段,各施工单位进度得到保证,为机组安装、屋架施工、混凝土浇筑顺利有序实施创造了条件。

c. 交叉施工中安全生产及文明施工的协调。由于交叉作业单位比较多,给现场安全生产及文明施工管理带来困难。为此,由机电监理部牵头,在施工单位组织设计的基础上,对施工机械布置、材料堆放、运输通道和作业区域进行部署,做到既不影响生产,也使现场布置井然有序。要求并督促各单位做好现场安全文明施工,各负其责,做到完工后料净场清。定期由机电监理负责人召集各单位负责人进行安全文明施工大检查。对于作业面集中、施工单位互相推诿、难以事后确定施工垃圾及遗弃材料责任方的区域,强制推行分片负责制度,当场指明责任单位及整改期限。对于公共区域,要求机电施工单位配备专门的人员每日进行清扫,经与业主协商,按合同原则进行处理。

5 结 语

在介绍组织协调体系和各种协调机制的基础上,详细阐述了官地水电站机组安装阶段项目监理与建设单位关系的协调,与机电施工单位系统的协调,与土建单位关系的协调,在业主、监理、设计、施工单位等的共同努力下,各机组提前合同工期 3~5 个月,顺利完成一年三投的发电目标,机组安装质量精良,运行稳定。通过二滩建设咨询公司机电监理的有效协调,减小了各方的矛盾,使参建各方树立整体观念和全局意识,最大程度调动参建各方的积极性和创造性,为监理项目的顺利实施创造了条件。

参考文献:

[1] 杨果林. 谈施工阶段建设监理的组织协调[J]. 山西建筑, 2013, 39(4): 227-229.
[2] 张方安, 万海龙, 严亚丽. 组织协调职能在甘再水电站 BOT 项目管理中的实践[J]. 西北水电, 2011(12): 90-93.
[3] 丁贵林. 充分发挥机电监理在机电安装工程中的作用[J]. 贵州水力发电, 2003(5): 22-23.

(收稿日期: 2013-07-22 编辑: 骆超)

(上接第 60 页)

4 结 语

在官地水电站 1 号机组蜗壳挂装中,采用该方法计算出全部 34 节蜗壳“C”形节重心,并按重心位置焊接 1 个吊装吊耳,2 个翻身吊耳,对蜗壳采用单点吊装作业,蜗壳“C”形节垂直吊起后,实测断面垂直度小于 1.3 mm。官地水电站 2 号、3 号、4 号机组蜗壳挂装均采用同样的施工方法,在蜗壳“C”形节运输至现场后,在运输车上卸车并直接翻身、直接吊装,加快了蜗壳挂装进度,为蜗壳挂装施工提供了便利。同时该方法可以延伸至现场施工中的各种不规则或重心不确定的设备吊装,及其重心位置的计算,确保吊装施工安全可靠、简洁方便。

参考文献:

[1] 张彬. 官地水电站 600MW 混流式水轮机结构设计[J]. 水电站机电技术, 2012(1): 10-12.
[2] 陈居森, 姚海明. 雅砻江官地水电站蜗壳水压试验密封结构改进方案[J]. 四川水力发电, 2011(5): 61-63.
[3] 毛永茂. 浅谈大型水轮机蜗壳快速安装工艺与技术[J]. 水力发电, 2009, 35(9): 84-86.
[4] 陈忠伟, 赵书杰. 大盈江水电站蜗壳吊装施工技术研究[J]. 价值工程, 2012(31): 114-115.

(收稿日期: 2013-07-22 编辑: 熊水斌)