

数值分析在压力钢管展开图绘制中的应用

鲁晋旺

(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:针对压力钢管某些部分如弯管、岔管等因形状比较复杂,在展开图绘制及其相关分析中存在一定困难的问题,介绍了一种采用 Excel 与 CAD 结合进行压力钢管展开图绘制的方法,该方法利用 Excel 较强的数据分析功能计算生成所绘图像的坐标数据,CAD 用于生成图像,两者结合可以简化绘图过程,增强数据分析能力,在实际运用中具有较强的可操作性,能够有效地提高工作效率。实践证明该方法能满足实际工程的需要。

关键词:钢管展开图;岔管;数值分析;CAD;Excel

中图分类号:TV222.1

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2013)S2-0061-05

工程上绘制钣金件展开图的方法可分为图解法和解析法,前者是以画法几何正投影原理进行几何放样作图,这是传统的作图方法,直观却误差大,作图效率低;后者是以解析几何曲线方程来表达钣金件展开图轮廓线,可以通过计算机实现绘图、下料自动化,较前者误差小、效率高。

目前常用的工程绘图软件有 AutoCAD、mathCAD、Pro/E 等,但有的工程技术人员由于不精通计算机编程,在使用工程绘图软件时碰到程序缺陷或者需要对展开图进行局部数据分析时,会碰到种种困难,需要一种能够仅使用常用办公软件且易于操作的方法来完成展开图的绘制与分析。

所有绘图的基本思想都是描点画图,只是所用工具不同,绘图效果或效率有所不同。办公表格软件(如 Excel、WPS 等)具有较强的数据分析功能,可以用来计算生成所绘图像的坐标数据;CAD 软件已成为现代工程技术人员绘图的必备工具,用于生成图像。前者描点,后者画图,这两种软件结合可以简化绘图过程,增强数据分析能力,提高工作效率,在展开图绘制及分析中具有十分重要的现实意义。

1 建立坐标系

1.1 立体坐标系

1.1.1 坐标系描述

如图 1 所示,制作完成的岔管外观表现出不规则性,但是其每条轮廓线都是圆锥曲线(其实体可

视为空心圆锥体经过平面切割后的形状)。以上管口轮廓线为例建立坐标系:如图 2 所示,以正圆锥 EOD 的底面圆心 O 为坐标原点、以其对称轴 OE 为 z 轴建立坐标系,平面 ABP 切圆锥后所形成椭圆 ABP , A 、 B 分别是空间椭圆最低点和最高点, P 是椭圆上任意一点。以下以此坐标系为基础进行计算。

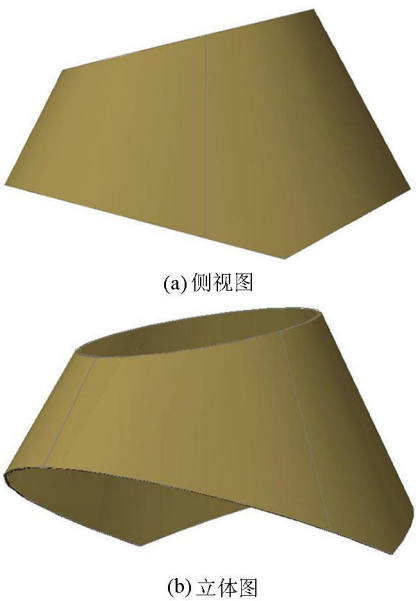


图 1 岔管示意图

1.1.2 计算 P 到 E 的距离

现在计算 P 到圆锥顶点 E 的距离 l_p :在平面 $y=0$ 上, $\angle OEB=\theta$;在平面 $z=0$ 上, $\angle COD=\beta$ 。 x_A 表示 A 点的 x 坐标,则切面 ABP 的解析式可表示为

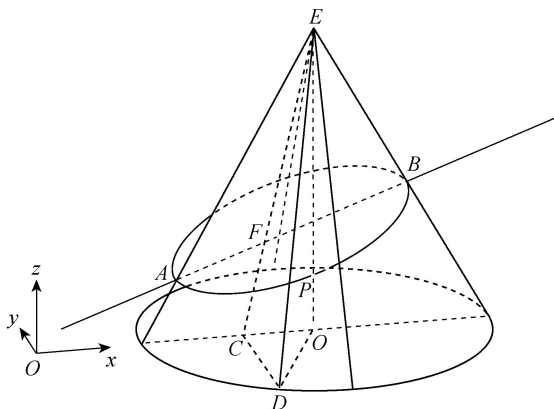


图2 圆锥曲线坐标系

$$\frac{x_A - x_B}{z_A - z_B} = \frac{x_P - x_B}{z_P - z_B} \quad (1)$$

由几何性质得

$$\begin{cases} x_P = -l_P \sin \theta \cos \beta \\ z_P = z_E - l_P \cos \theta \end{cases} \quad (2)$$

所以式(1)可写成:

$$\frac{l_A + l_B}{l_A - l_B} = \frac{l_P \cos \beta + l_B}{l_P - l_B} \quad (3)$$

化简并记 $l_\beta = l_P$ 得

$$l_\beta = \frac{2 l_A l_B}{(l_A + l_B) - (l_A - l_B) \cos \beta} \quad (4)$$

式(4)中, $l_A = EA$, $l_B = EB$, 可以由设计图数据计算得到, 由式(4)便可以得到任意多组 (l_β, β) , 每一组数据可以用来计算平面坐标系中岔管展开图的坐标。

1.1.3 锥度对展开图的影响

D 为 EP 延长线与圆锥底面的交点, 取 $OD = R$, 并记:

$$a = \frac{R}{\sin \theta} - l_A \quad b = \frac{R}{\sin \theta} - l_B \quad l_\theta = \frac{R}{\sin \theta} - l_\beta$$

代入式(4)得

$$l_\theta = \frac{R \left(\frac{a+b}{2} + \frac{a-b}{2} \cos \beta \right) - ab \sin \theta}{R - \left(\frac{a+b}{2} - \frac{a-b}{2} \cos \beta \right) \sin \theta} \quad (5)$$

式(5)可用来研究由锥度对钢管展开图形状的变化, 当 $\theta > 0$ 时, 其截面直径呈上小下大; 当 $\theta < 0$ 时, 其截面直径呈上大下小。特别地, 当 $\theta = 0$ 时, 有

$$l_\beta = \frac{a+b}{2} + \frac{a-b}{2} \cos \beta \quad (6)$$

式(6)是直管展开图的轴线方向距离, 可用于计算弯管展开图; 但在锥管的展开图 ($\theta \neq 0$) 绘制计算中还是 (式(4)) 比较实用。

1.2 平面坐标系

通过计算可以得到正圆锥斜切后侧面展开图轮廓的极坐标方程, 即任意线长 l_β 关于相应底面角度

β 的函数 (式(4))。下面推导直角坐标系下压力钢管岔管展开图轮廓计算式。

图3 极坐标系以图2 中圆锥展开图的顶点为原点, 向左射线为零角度线。 γ_β 即图2 中椭圆弧 $\widehat{AP}$ 在平面展开图上所对应的角度。 γ_0 可以由图纸数据计算得到, γ_β 与 β 存在函数关系:

$$\gamma_\beta = \beta \sin \theta + \gamma_0 \quad (7)$$

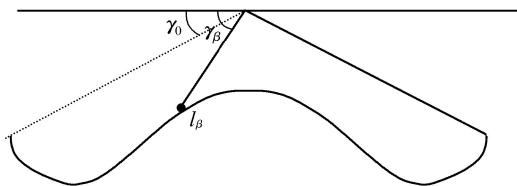


图3 极坐标系

结合式(4), l_β 与 γ_β 有函数关系 $l_\beta = f(\gamma_\beta)$, 转化为图4 直角坐标系得

$$\begin{cases} x_\beta = -l_\beta \cos \gamma_\beta \\ y_\beta = y_{\max} - l_\beta \sin \gamma_\beta \end{cases} \quad (8)$$

式中: $y_{\max}$ 为展开图在 y 方向上的宽度 (计算式见式(11))。结合式(4), 取 $\varepsilon = \beta/2$ 得

$$\begin{cases} x_\beta = -\frac{\cos(\beta \sin \theta + \gamma_0)}{\frac{\cos^2 \varepsilon}{l_A} + \frac{\sin^2 \varepsilon}{l_B}} \\ y_\beta = y_{\max} - \frac{\sin(\beta \sin \theta + \gamma_0)}{\frac{\cos^2 \varepsilon}{l_A} + \frac{\sin^2 \varepsilon}{l_B}} \end{cases} \quad (9)$$

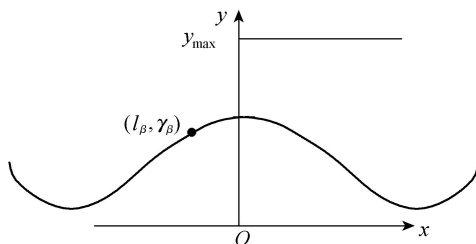


图4 直角坐标系

至此, 得到了钢管展开图轮廓的直角坐标系坐标计算式。在实际应用中, 只需根据图纸得到 l_A 、 l_B 、 θ 、 $y_{\max}$ 即可通过自变量 β 计算一系列 (x_β, y_β) 坐标值, 之后便可以由绘图工具“描点画图”了。

2 从图纸读取数据

2.1 岔管设计图示例

通常情况下, 图纸上的数据尚需一些简单的几何计算才能应用于已得到的计算式。例如: 图5 为某工程压力钢管岔管部分示意图, 用图中数据可计算得到 l_A 、 l_B 、 $y_{\max}$ 。

2.2 计算图中无法直接读取的数据

对于图5 右侧下方 b_1 所示斜切轮廓线, 结合

表 1 岔管 A₁ 锥基础数据

代号	取值	代号	取值
r_1	1713.56	b_2	1775.63
r_2	1732.49	α_1	79.017°
a_1	0	α_2	78°
a_2	0	θ	6°
b_1	1937.74	m	82.71

直线,而表 1 的数据不足以进行计算,所以需要按上管口曲线、左下侧管口曲线、右下侧管口曲线结合图 5 数据代号整理数据,结果见表 2。

表 2 完善后的 A₁ 锥基础数据

代号	上管口曲线	左下侧管口曲线	右下侧管口曲线	备 注
c	181.1	724.92	795.54	$c=2R\cos\alpha/\sin(\theta-\alpha)$
b		1775.63	1937.74	
a		832.771	1013.87	$\alpha=(R-r)/\sin\theta$
r		1732.49	1713.56	
R	1732.49	1819.54	1819.54	$R=b\sin\alpha+m$
α		1.361357	1.379107	
θ	0.1047198	0.10472	0.10472	
m		82.71	82.71	图 7 中 D 点与轴线距离
Y_m	1203.98	371.2078	371.2071	D 点与圆锥顶点距离, $Y_m=b\cos\alpha/\cos\theta$

3.3 计算并整理坐标数据

从表 2 中数据结合式(15),可以得到 3 个数组系列,通过 Excel 筛选有效数据,整理成列,形成如表 3 所示的坐标系列数据。根据图像的对称性,可以只列出一半的数据,待 CAD 中生成图像后做镜像处理。

表 3 坐标系列数据

β_n	x_n	y_n	备 注
-3.14	-5614.06	1301.37	纵缝一端坐标,由表 2“上管口曲线”数据得到
-3.14	-5287.07	2261.06	纵缝另一端坐标,与上 1 坐标距离为 a_1
-3.11	-5236.10	2243.74	
⋮			
-1.54	-2641.34	1505.15	
-1.53	-2619.23	1500.37	图 7 中 D 点在展开图上的坐标
⋮			
0.00	0.00	1203.98	在 $x=0$ 处取 2 个点,其差值为 a_2
0.00	0.00	371.21	
⋮			
1.51	2789.58	227.56	
1.53	2824.32	225.77	图 7 中 D 点在展开图上的坐标
⋮			
3.11	5559.98	1282.86	
3.14	5614.06	1301.37	单线结束点。用对称性可以得到完整图

Excel 的计算精度可以达到 10 位有效数字,能够满足日常生产要求。如果是数控下料,使用 CAD 图像即可;如果某些工程需要人工划线下料,则可以

将表 3 数据提供给技术人员或施工人员作为参考。

3.4 生成预览图像

由表 3 数据,在 Excel 中建立散点图,可以预览图像概况,从施工焊接纵缝的长度考虑,应该选择纵缝较短的方案。图 8 和图 9 是 A₁ 锥不同纵缝的展开图,相比之下图 9 较好。

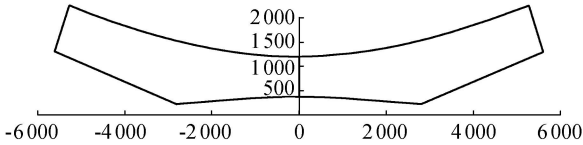


图 8 岔管 A₁ 锥展开图 1

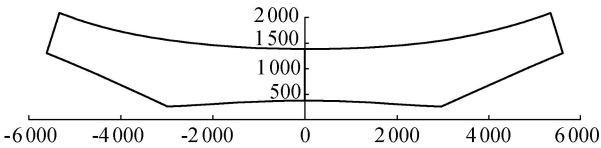


图 9 岔管 A₁ 锥展开图 2

3.5 考虑焊接纵缝调节

压力钢管焊接施工中环缝与纵缝形成“十”形状时,会影响压力钢管的力学性能。为了避免焊接施工中“十字焊缝”的出现,需要在绘制展开图时考虑调节纵缝位置,可以通过展开图的局部旋转和平移来实现。如图 10 所示,虚线为未做焊缝调节的情况,实线为调节后的情况,图 10 右部的实线类似矩形显示了调节后的焊缝与最短焊缝的相对位置。

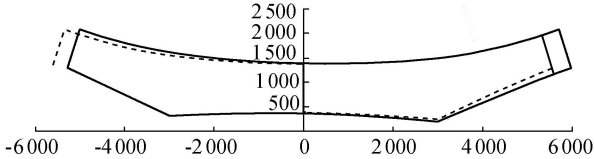


图 10 岔管 A₁ 锥展开图 3

3.6 在 CAD 中绘图

在 Excel 中设置辅助列,用字符连接函数将坐标(x,y)写成能够用于 CAD 绘图的格式。如表 3 中的第 1 个坐标,由 Excel 整理成“-5614.06,1301.37”,该辅助列与筛选过的坐标数据一一对应。选中该列有效数据并复制,转到 CAD 中,画直线或多段线,确认程序焦点在命令输入栏后,进行粘贴操作就完成了绘图。

3.7 批量数据管理

一个工程中,需要绘制展开图的钢管有许多,可以建立数据库,结构如图 11 所示,以图号为索引查询。在如图 12 中“I1”单元格设置数据序列,其值为图 11 中的图号行。图 12 中“I2:I12”使用 Excel 文本查询函数根据“I1”数据查询图 11 中的数据,“N3:P12”通过 Excel 公式生成。这样,只要选择图 12 中“I1”的不同图号,便可以预览该展开图的概

况,可以为相关数据分析研究提供方便。

图号	JKA11	JKA12	JKA13	JKA14	JKB11
r1	1723	1723	1823	1923	1539.47
r2	1723	1723	1823	1923	1537.71
a1	3504.89	1410.806	1503.33	1503.33	1579.92
a2	3082.82	1168.58	1503.33	1503.33	1368.56
b1	1725.38	1727.21	1723	1823	1499.84
b2	1725.38	1727.21	1723	1823	1503.62
a1	93.00825	94	90	90	92.74953
a2	86.99175	86	90	90	87.25047
θ	0		-3.81407	-3.81407	-1.5

图 11 钢管展开图数据库

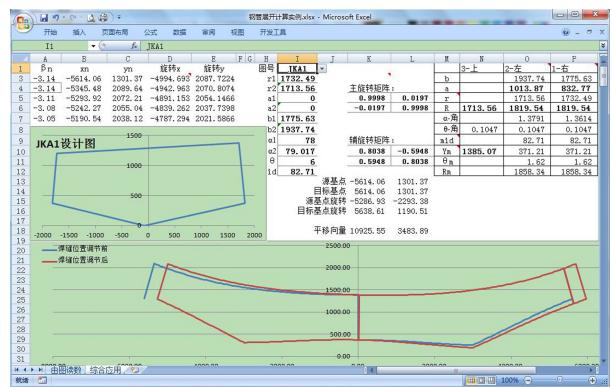


图 12 综合应用界面

4 结 语

使用常用办公软件,实现压力钢管岔管展开图的绘制,易于理解,便于操作,可提高工作效率和计算精度,经实践证明该方法能满足实际工程的需要。

参考文献:

[1] 林日东. VBA 编程在钢管展开图绘制的应用[J]. 引进与咨询,2006(5):29-30.
[2] 王卫平. 小水电设计中运用 QBASIC 程序解钢管展开图[J]. 浙江水利科技,1999(2):26-28.

(收稿日期:2013-11-23 编辑:熊水斌)

(上接第 38 页)

b. 高压电气试验主要包括外施工频耐压试验、局部放电试验、绕组变形试验。由于主变压器和 GIB 是硬链接,绕组变形试验最好在 GIB 设备对装前进行局部放电试验不需采用在 500 kV 套管上加装试验套管的方法,只需拆除变压器套管端与 GIB 导管内导电杆之间的连接件,再密封充以 SF6 气体即可进行试验,试验时将 GIS 侧接地刀闸投上。

7 结 语

官地水电站500kV单相电力变压器的安装是

在施工空间小、施工环境差、质量要求高、工期要求紧的种种困难下进行,通过项目部领导、工程技术人员及工人师傅们的共同努力,通过多次专题会议、现场考察、资料查询,制定了各种专项措施来应对不利条件,同时通过对 1 号机主变压器安装过程的总结,结合现场实际情况,对主变压器安装工序和工艺控制进行改进和优化。2 号机主变压器安装完成后,未出现任何质量问题,单元工程验收一次性合格,各种试验数据远优于国标要求,主变压器投运后运行稳定。

参考文献:

[1] 吕桂青. 探讨 220kV 大型电力变压器安装技术及注意事项[J]. 大科技,2013(13):96-97.
[2] 刘恒斌. 电力变压器安装调试与综合检测技术分析[J]. 建筑知识:学术刊,2013(6):144-144.

(收稿日期:2013-07-22 编辑:骆超)

(上接第 49 页)

焊接性能较好,不易产生裂纹,但由于板较厚,焊接应力较大,采取焊前预热 150℃,焊后用石棉布包裹缓冷的方法防止产生冷裂纹;同时为了防止焊接应力增大而产生焊缝内部裂纹,单条焊缝连续焊接,一次性焊完。

8 结 语

长河坝水电站超大型平面闸门安装通过以上措施,保证了闸门安装质量,闸门水封平面度控制在 2 mm 内,止水橡皮与滑道面距离差实测为 ±1.0 mm,其他各项质量都达到规范要求。焊缝内部质量经过超声波探伤,未发现裂纹等缺陷,全部一次性合格。闸门经过有水调试,运行无卡阻无擦碰,闸门止水滴水不漏^[4]。产品质量得到了业主及监理的高度赞扬。

参考文献:

[1] 陈祝年. 焊接工程师手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
[2] 英若采. 熔焊原理及金属材料焊接[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
[3] 刘云龙,杜则裕. 焊工技师[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
[4] DL/T5018—2004 水电水利工程钢闸门制造安装及验收规范[S].

(收稿日期:2013-07-22 编辑:熊水斌)