

拟合模型在圆形基础预埋螺栓定位中的应用*

胡芝瑛¹, 单意志¹, 姚利青²

(1. 中国核工业华兴建设有限公司, 江苏 南京 210019; 2. 怒江州国土资源调查评估中心, 云南 怒江 673200)

摘要:通过最小二乘间接平差的一种特殊函数模型即拟合模型在圆形设备基础定位中的应用,介绍了拟合模型测定圆形螺栓基础圆心的原理,通过现场具体实施,精确地指导了施工,减小了测量工作量,同时也有效地控制质量。

关键词:预埋螺栓;拟合模型;定位框架;圆形基础;最小二乘

中图分类号: P 226.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-9394(2010)01-0021-03

Application on the Model of Rotundity Fitting in Precision Embedded Bolts Foundation

HU Zhi-ying¹, SHAN Yi-zhi¹, YAO Li-qing²

(1. China Nuclear Industry Huaxing Construction Ltd., Nanjing Jiangsu 210019, China; 2. Nujiang Investigation and Evaluation Center of Land and Resources, Nujiang Yunnan 673200, China)

Abstract: The model of rotundity fitting is a special indirect survey adjustment method of least squares; this thesis introduces the theory of the method of rotundity fitting and application in precision embedded bolts foundation in Nuclear Power Plant.

Key words: precision embedded bolts; model of rotundity fitting; positioning frame; rotundity foundation; method of least squares

0 引言

CPR1000 压水堆型是目前国内运行最成熟的压水堆型。很多目前在建的核电项目,如大连红沿河、福建宁德、广东阳江、广西防城港都是用这个堆型。在 CPR1000 核电建设测量工作中,经常会遇到圆形基础的测量问题。基于此,介绍了利用全站仪测定圆周上的若干点坐标,拟合求得圆心及半径的一种方法。该方法简单快捷,精度较高。

1 拟合模型

拟合模型是最小二乘间接平差的一种特殊函数模型。它是用一个函数去逼近所给定的一组数据,或者利用变量与变量之间的统计相关性给定的回归模型。

圆曲线的参数方程为:

$$\begin{cases} \hat{X} = \hat{X}_0 + \hat{r} \cos \hat{\alpha} \\ \hat{Y} = \hat{Y}_0 + \hat{r} \sin \hat{\alpha} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $(\hat{X}_0, \hat{Y}_0)$ 为圆心坐标平差值; $\hat{r}$, $\hat{\alpha}$ 分别为半径和矢径方向角的平差值; $\hat{X}_i = X_i + V_{x_i}$; $\hat{Y}_i = Y_i + V_{y_i}$; $\hat{r} = r^0 + \delta_r$; $\hat{\alpha} = \alpha^0 + \delta_\alpha$; $\hat{X}_0 = X_0^0 + \delta_{x_0}$; $\hat{Y}_0 = Y_0^0 + \delta_{y_0}$;

线性化,最后误差方程为:

$$\begin{cases} V_{x_i} = \delta_{x_0} + \cos \alpha^0 \delta_r - r^0 \sin \alpha^0 \frac{\delta_\alpha}{\rho} - l_{x_i} \\ V_{y_i} = \delta_{y_0} + \sin \alpha^0 \delta_r + r^0 \cos \alpha^0 \frac{\delta_\alpha}{\rho} - l_{y_i} \end{cases} \quad (2)$$

其中

$$\begin{cases} l_{x_i} = X_i - X_0^0 + r^0 \cos \alpha^0 \\ l_{y_i} = Y_i - Y_0^0 + r^0 \sin \alpha^0 \end{cases} \quad (3)$$

然后利用间接平差求解。

2 工程应用

2.1 工程应用

CPR1000 核电站内部结构底板有较多的圆形螺栓基础,为了保证施工进度及施工质量,必须在安装前对基础钢板的加工质量进行检查,确保构件的加工质量,避免安装施工中发现基础钢板质量不合格而进行返工,影响施工工期。在检查中发现 RIS 安注水箱基础螺栓施工定位框架进行螺栓开孔位置制作存在偏差,框架的上有 18 个螺栓孔,为设备安装提供精确的定位基准。具体情况,见图 1、图 2。

施工前,现场通过全站仪采集 18 个螺栓孔的中心坐标。然后采用拟合模型推算钢板基础的圆心坐标以及螺栓孔与圆心的相对位置关系。

在已施工混凝土面上上架设仪器,实测出 18 个孔的中心坐标,结果见表 1。

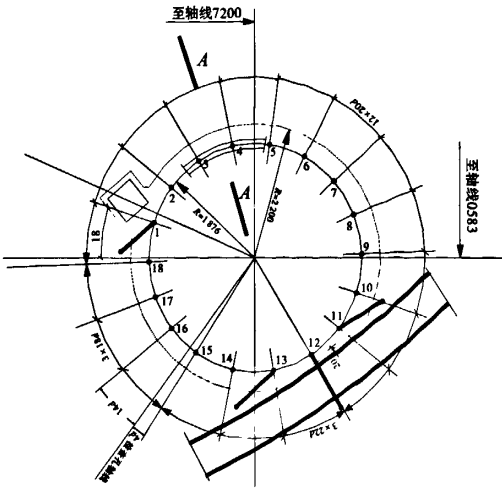


图 1 设备基础螺栓孔位布置图

Fig. 1 Layout of precision embedded bolts for the foundation

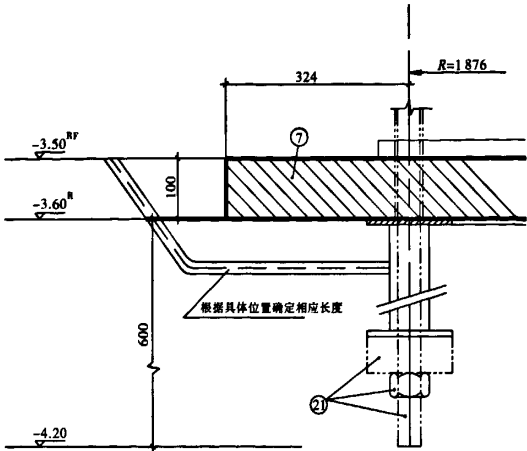


图 2 A-A 示意图

Fig. 2 A-A sketch map

表 1 计算结果表

Tab. 1 The result of calculation

点号	螺孔中心测量值		反算方位角/(°)	方位角偏差/s	旋转后方位角偏差/s	方位角偏差/mm	旋转后方位角偏差/mm	反算半径/m	半径偏差/mm
	X_i/m	Y_i/m							
1	6 989.991 5	3 005.416 8	288.105 6	380.1	-39.1	3.5	-0.4	1.876 3	0.3
2	6 990.566 0	3 005.723 0	308.083 3	299.7	-119.4	2.7	-1.1	1.876 7	0.7
3	6 990.998 8	3 006.208 5	328.053 2	191.6	-227.5	1.7	-2.1	1.874 3	-1.7
4	6 991.245 3	3 006.811 9	348.062 7	225.8	-193.3	2.1	-1.8	1.877 5	1.5
5	6 991.266 1	3 007.463 6	8.068 6	247.0	-172.1	2.2	-1.6	1.876 3	0.3
6	6 991.063 0	3 008.083 8	28.102 0	367.1	-52.1	3.3	-0.5	1.875 8	-0.2
7	6 990.661 7	3 008.598 8	48.134 9	485.7	66.6	4.4	0.6	1.878 0	2.0
8	6 990.107 7	3 008.941 2	68.115 5	415.8	-3.4	3.8	0.0	1.876 2	0.2
9	6 989.469 3	3 009.077 5	88.141 5	509.6	90.4	4.6	0.8	1.878 3	2.3
10	6 988.822 8	3 008.982 7	108.186 9	672.7	253.5	6.1	2.3	1.876 2	0.2
11	6 988.249 3	3 008.676 0	128.146 8	528.6	109.5	4.8	1.0	1.876 6	0.6
12	6 987.814 8	3 008.187 5	148.221 1	796.0	376.9	7.2	3.4	1.874 7	-1.3
13	6 987.558 1	3 007.518 1	170.252 5	909.1	490.0	8.3	4.5	1.877 4	1.4
14	6 987.574 9	3 006.816 4	191.824 3	-632.6	-1 051.7	-5.8	-9.6	1.873 2	-2.8
15	6 987.853 3	3 006.146 6	214.119 5	430.3	11.1	3.9	0.1	1.878 4	2.4
16	6 988.256 3	3 005.717 9	232.145 5	523.6	104.5	4.8	1.0	1.877 4	1.4
17	6 988.771 3	3 005.433 0	250.175 9	633.2	214.1	5.8	1.9	1.878 5	2.5
18	6 989.348 0	3 005.324 7	268.155 9	561.1	142.0	5.1	1.3	1.876 5	0.5
均值				419.1	0.0	3.8	0.0	1.876 6	0.6

拟合基础圆心坐标值: $X=6\ 989.408\ 4$, $Y=3\ 007.200\ 2$

2.2 最小二乘拟合

选择圆心坐标(X_0, Y_0),由各孔的实测坐标及基础的理论半径首先拟合出圆形基础的圆心坐标,以框架半径 R ,各孔的方

位 α_i 为参数用实测坐标与近似计算坐标差值,权阵选择单位权进行最小二乘间接平差原理解算。

1) 近似值求取,公式为:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{(y_1 - y_3)(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2) - (y_1 - y_2)(x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2)}{2(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 2(x_1 - x_3)(y_1 - y_2)} \\ y_0 = \frac{(x_1 - x_2)(x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2) - (x_1 - x_3)(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2)}{2(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 2(x_1 - x_3)(y_1 - y_2)} \end{cases} \quad (4)$$

2) 矩阵方程:

- ① R, α_i 初始值选择设计图纸的半径和角度值;
- ② B 阵根据式(1)计算列出;
- ③ P 阵为单位阵,仪器的测角和测距精度是匹配的;
- ④ 常数项为实测的中心坐标与近似计算的差值。

3) 拟合平差计算,根据最小二乘准则,利用间接平差方法原理计算出法方程,解算出各个独立参数的改正值。计算结果,见表1。

根据拟合结果,发现径向平均偏差为0.6 mm,同时也能根据角度改正数推算各孔切向偏差,方位角平均偏差为3.8 mm,可现场根据测量值对孔位进行修正处理。

2.3 孔位精度统计

计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{v^T pv / (n - t)} \quad (5)$$

式中: t 为必要观测数; $n - t$ 即多余观测数。

通过计算得出: $\sigma_a = \pm 3.14 \text{ mm}$, $\sigma_r = \pm 0.15 \text{ mm}$,由此可以看出,方位上存在较大偏差。

3 结论

根据计算结果,对孔位进行处理,现场安装固定螺栓,顺利快速的完成施工,验证了此法的可行性。

从计算经验来看,利用 Excel 工作薄的表格计算及其函数功能,可以快速计算。但是由于拟合点数较多, B 阵、 L 阵计算若出现的一些小问题,也会使结果谬之千里。因此,应尽可能实现平差计算的自动化,减少人为因素的影响。

在测量中可以将基础埋件放置平整,以保证只需进行二维拟合,数据采集时应将仪器架设离基础埋件较近处,以保证数据采集的精度。

【参考文献】

- [1] 潘国荣,谷川,施贵刚. 空间圆形物体检测方法 with 数据处理[J]. 大地测量与地球动力学, 2007, 27(3): 28 ~ 30.
- [2] 王解先,赵向阳. 圆形轨道变形测量[J]. 工程勘察, 2003(4): 60 ~ 64.
- [3] 程效军,王峰. 测得球面多点坐标计算球面参数的方法[J]. 铁道勘察, 2006(6): 1 ~ 2.
- [4] 王敬庚. 空间解析几何[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2004.
- [5] 陈龙飞,金其坤. 工程测量[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.

作者简介: 胡芝瑛(1982 ~), 男, 安徽来安人, 助理工程师, 现主要从事核电测量方面的工作。

(上接第2页)

理好封闭曲线内的淹没分析。潮滩上可能涉及到的洼地、环形山、水坝、潮水沟等的情况均不相同,需要在得到水边线后再做连通性的检查,最终得到正确的显示结果。

3 研究的难点及目标

潮滩动态淹没可视化仿真研究的难点有以下几个方面:

1) 要提出合理有效的潮水在岸滩演进过程中水陆边界实时计算方法,设计合理的淹没范围计算约束条件,正确处理潮滩特殊地貌的淹没状态,最终实现潮滩淹没范围的实时且准确显示;

2) 对于潮流水体的仿真而言,考虑潮滩覆盖区域广阔,不同区域的海岸地形和地质结构下的水流运动特性各不相同。为此,如何根据潮流水体在不同约束条件和不同水文现象下选用合适的建模方法是研究中面临的难点问题;

3) 潮滩动态淹没可视化计算的实时性。在淹没计算场景中,包括潮滩地形的绘制,动态水体的模拟,水陆边界线的实时计算,淹没范围的确定,水陆之间的相互作用等内容。所以,如何在潮滩动态淹没可视化仿真过程中处理运行速度与显示效果的平衡同样是需要解决的难点问题。

潮滩动态淹没可视化研究的目标是首先提出基于潮滩区域水陆边界实时计算模型,然后通过模型的提出,对海岸带潮滩淹没范围进行实时计算,并设计出可视化显示系统,从而可以为登陆、抗登陆作战、海军工程建设提供直观视觉体验和相关决策支持。

4 结束语

对潮滩动态淹没可视化仿真进行研究,可以进一步完善数字地球的表达内容。同时,可以进行近海岸作战模拟或者直接提供作战决策支持。本文对潮滩淹没仿真中的关键技术、研究难点、研究目标进行总结,是为下一步的具体研究所做的基础性

工作,以便快速找到潮滩淹没可视化仿真的突破口与研究内容。

【参考文献】

- [1] 李占桥. 海洋遥感在潮滩动态预测中的应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [2] Qizhi Yu, Fabrice Neyret, Eric Bruneton and Nicolas Holzschuch. Scalable real-time animation of rivers[J]. EUROGRAPHICS 2009/ P. Dutré and M. Stamminger, 2009, 28(2): 107 ~ 113.
- [3] 刘仁义,刘南. 基于 GIS 技术的淹没区确定方法及虚拟现实表达[J]. 浙江大学学报, 2002, 29(5): 573 ~ 578.
- [4] 康玲,王学立,姜铁兵,等. 基于数字高程模型的流域变动等流时线方法[J]. 水利学报, 2006, 37(1): 40 ~ 44.
- [5] 吴中鼎,钱成春,潘长明,张建水. 潮滩动态变化预测研究[J]. 海洋测绘, 2008, 28(4): 22 ~ 26.
- [6] 郑宗生,周云轩,蒋雪中,沈芳. 崇明东滩水边线信息提取与潮滩 DEM 的建立[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(1): 35 ~ 40.
- [7] Li R, Ma R, Di K. Digital tide-coordinated shoreline[J]. Journal of Marine Geodesy, 2002, 25(1): 27 ~ 36.
- [8] 张立华,王义涛,朱庆,等. 顾及高水位影响的潮滩淹没动态仿真算法[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(14): 3 335 ~ 3 338.
- [9] N. Chiba, K. Muraoka, and K. Fujita. An Erosion Model Based on Velocity Fields for the Visual Simulation of Mountain scenery[J]. The Journal of Visualization and Computer Animation, 1997(9): 185 ~ 194.
- [10] Witawat Rungjiratananon, Zoltan Szego, Yoshihiro Kanamori and Tomoyuki Nishita. Real-time Animation of Sand-Water Interaction[C]. Pacific Graphics 2008 T. Igarashi, N. Max, and F. Sillion (Guest Editors), 2008, 27(7): 366 ~ 371.

作者简介: 赵晓亮(1982 ~), 男, 山西平陆人, 博士研究生, 研究方向为地理信息工程及战场环境仿真。