

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2018.02.007

冷却塔下环梁及 X 柱施工支撑脚手架结构有限元分析

徐亮¹, 张卫星², 胡宗军¹

(1. 合肥工业大学 土木与水利工程学院, 安徽 合肥 230009;
2. 中国能源建设集团 安徽电力建设第二工程公司, 安徽 合肥 230031)

摘要: 考虑脚手架结构的强度与刚度, 利用 MIDAS/Civil 软件对某电厂冷却塔下环梁及 X 柱现浇施工支模脚手架结构进行了有限元分析, 计算了两种搭设方案的脚手架支撑结构在环梁及 X 柱分段现浇施工过程中结构的变形和应力分布情况, 对比分析两种搭设方案合理性。得到的有限元计算结果和结论为脚手架结构的安全评估提供了有益参考。

关键词: MIDAS/Civil; 有限元分析; 脚手架支撑结构

中图分类号: TH731

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2018)02-0036-06

Finite Element Analysis of Scaffold Structure Used in the Construction of Cooling Tower Ring Beam and X - Column

XU Liang¹, ZHANG Weixing², HU Zongjun¹

(1. School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China;
2. Anhui No.2 Electric Power Construction Co., Ltd., China Energy Engineering Group, Hefei, Anhui 230031, China)

Abstract: Considering the strength and stiffness of scaffold structure, the finite element analysis of the scaffolding structure used in the construction of cooling tower ring beam and X - columns was carried out by Midas Civil software. The deformations of the scaffolding structure and the stress distributions in the scaffolding structure are given in the course of X - columns subparagraph construction based on tow structure establishing schemes. Furthermore, the computed results of tow schemes are compared and then which scheme is more reasonable and efficient is obtained. The conclusion and calculation result of the finite element calculation can provide valuable reference for the design and erection of the scaffolding structure.

Keywords: MIDAS/Civil; finite element analysis; scaffolding support structure

冷却塔是火力发电厂循环水的冷却设备, 多为自然通风双曲线型钢筋混凝土现浇结构, 主要由环形基础、斜支柱、通风筒、集水池和淋水构件组成^[1]。环梁以及其下部斜柱是冷却塔结构受力的关键部位之一, 传承着整个筒壁的载荷。斜支柱在空间中呈双向倾斜, 工艺质量要求高, 施工难度与质量控制标准是整个工程的难点和重点^[2-3]。环梁及支柱施工方法众多, 如预制支柱吊装无脚手架环梁现浇施工法^[4]、满堂脚手架支柱环梁现浇施工法等。在支柱及环梁施工方法选择上, 不同的施工方法对于其适

用性、经济性、安全性均有不同影响^[5-9]。特别在“11.24”江西丰城电厂冷却塔施工特大安全事故后^[10-12], 冷却塔施工安全更为人们所重视^[13-14]。

本文以京能五间房电厂一期 2 × 660 MW 机组工程接空冷却塔下环梁及 X 柱脚手架支撑结构为研究对象, 针对两种不同设计施工方案进行有限元分析, 并从多个方面对两种方案进行对比, 研究结论为国内该类型支撑脚手架结构的设计、搭设和应用提供有益参考。

收稿日期: 2017-11-16

修稿日期: 2017-12-21

作者简介: 徐亮(1992—), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, 研究方向为建筑与土木工程。E-mail: hfutxul@foxmail.com

通讯作者: 胡宗军(1975—), 男, 山东日照人, 副教授, 研究生导师, 主要从事工程力学研究。E-mail: huzongjun@hfut.edu.cn

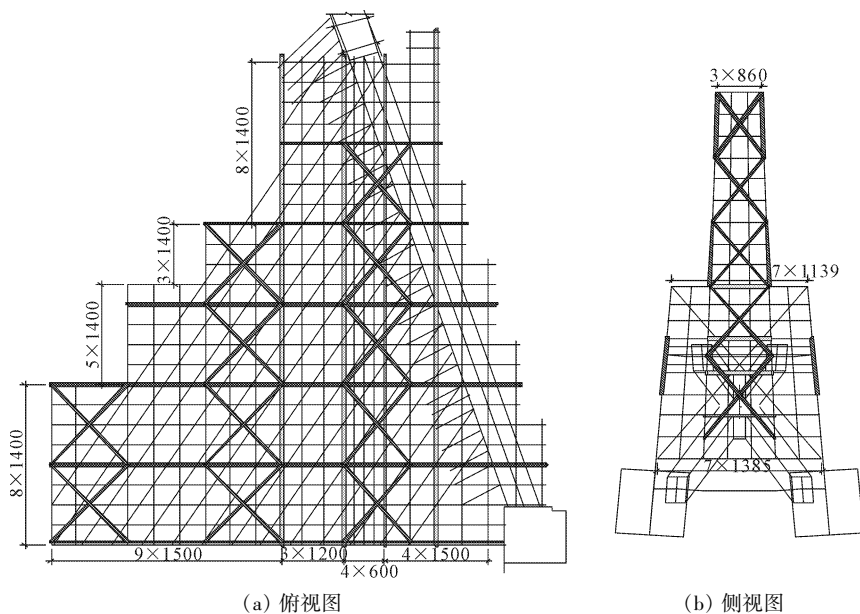


图 2 方案 2 脚手架结构俯视图与侧视图

脚手架结构模型所运用单元类型如下:

(1) 立杆用一般梁/变截面梁单元模拟, 水平杆、斜杆等均采用桁架单元(杆单元)模拟。

(2) X 柱用混凝土实体单元模拟。

(3) X 柱及环梁结构模板均用板单元模拟。

有限元模型中整体坐标系为笛卡尔直角坐标系, 源点位于冷却塔中轴上, x 轴为冷却塔径向, xy 平面为水平面, z 轴沿重力方向, 朝上为正。在立杆底部节点建立局部柱坐标系, x 轴为径向, y 轴为环向, z 轴为轴向。在局部柱坐标系中, 基本扇区两排径向边侧的立柱底部节点约束 y 、 z 方向 2 个自由度, 其他底部节点仅约束 z 方向自由度, 以此为边界条件进行有限元分析计算。

塔架结构的有限元模型如图 3、图 4 所示。

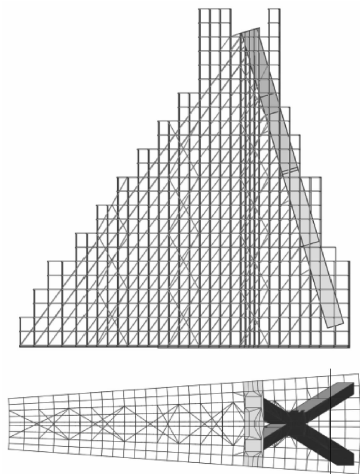


图 3 方案 1 侧视图与俯视图

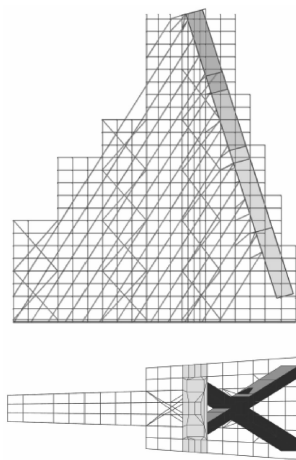


图 4 方案 2 俯视图与侧视图

3 计算分析

脚手架结构承受荷载包括自重、X 柱和环梁重力等。其中, 脚手架自重通过 MIDAS/Civil 中的重力加速度模块予以施加。X 柱的混凝土湿重以面荷载的形式施加在 X 柱模板单元上。环梁混凝土湿重荷载以面荷载的形式施加在环梁模板单元上。

3.1 计算工况

为更加准确地分析模拟 X 柱和下环梁分段施工过程, 本文将支撑脚手架计算分为以下 5 个施工阶段分别进行计算:

(1) 施工阶段 1: 施加第一段 X 柱混凝土湿重荷载时, 支撑系统的变形及应力分析。

(2) 施工阶段 2: 施工阶段 1 结束后, 支撑系统

在施工阶段 1 变形和应力计算结果基础上施加第二段混凝土湿重荷载,计算支撑系统的变形及应力。

(3) 施工阶段 3: 施工阶段 2 结束后,支撑系统在施工阶段 2 变形和应力计算结果基础上施加第三段混凝土湿重荷载,计算支撑系统的变形及应力。此时,第一、二段 X 柱混凝土凝固,应用实体单元建模,作为结构参与计算。

(4) 施工阶段 4: 施工阶段 3 结束后,支撑系统在施工阶段 3 变形和应力计算结果基础上施加第四段混凝土湿重荷载,计算支撑系统的变形及应力。此时,第一、二、三段 X 柱混凝土凝固,应用实体单元建模,作为结构参与计算。

(5) 施工阶段 5: 施工阶段 4 结束后 X 柱整体浇注完成,支撑系统在施工阶段 4 变形和应力计算结果基础上施加环梁混凝土湿重荷载,计算支撑系统的变形及应力。此时,X 柱混凝土凝固,应用梁单元建模,作为结构参与计算。

3.2 计算结果

对于两种方案下支撑脚手架结构的 5 个施工阶段进行有限元分析,位移变形及应力云图如图 5 ~ 图 8 所示。

(1) 方案 1 计算结果

① 位移云图。各施工阶段方案 1 计算位移云图见图 5。

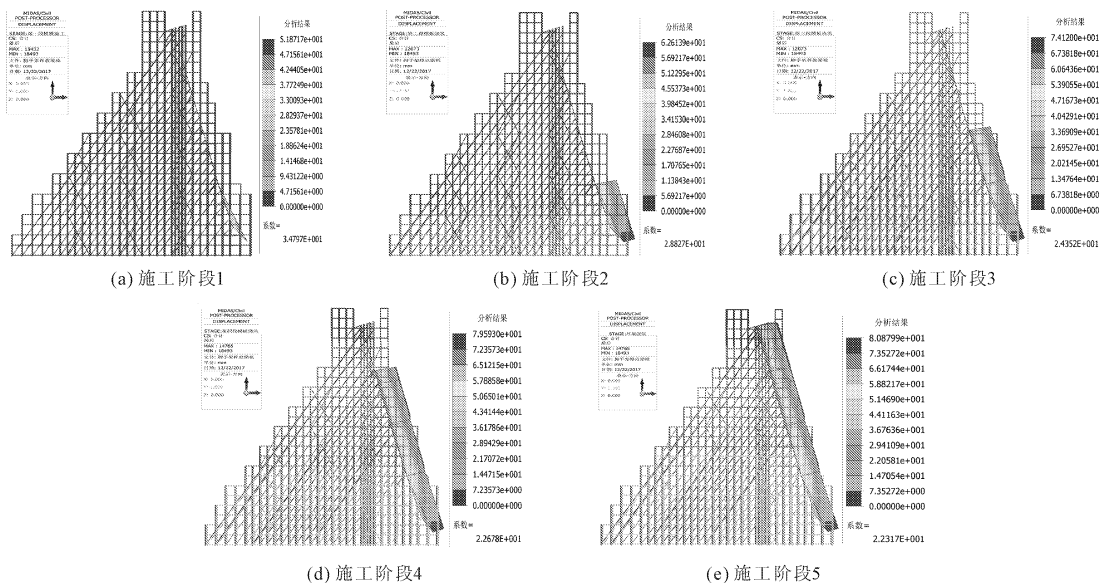


图 5 方案 1 各施工阶段位移云图

② 应力云图。各施工阶段方案 1 计算的应力云图见图 6。

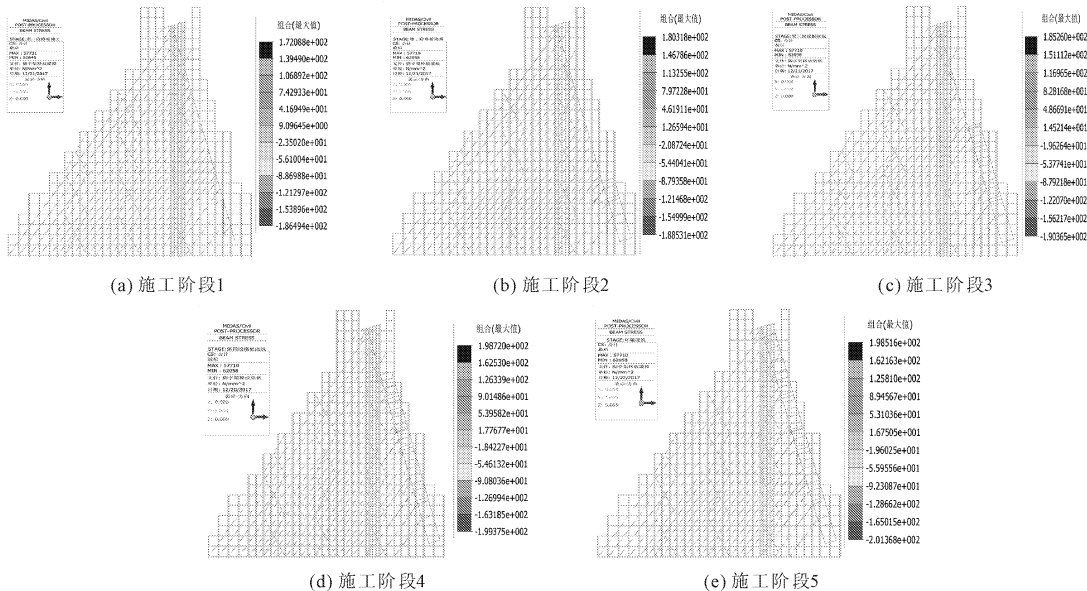


图 6 方案 1 各施工阶段应力云图

(2) 方案 2 计算结果

① 位移云图。各施工阶段方案 2 计算位移云图见图 7。

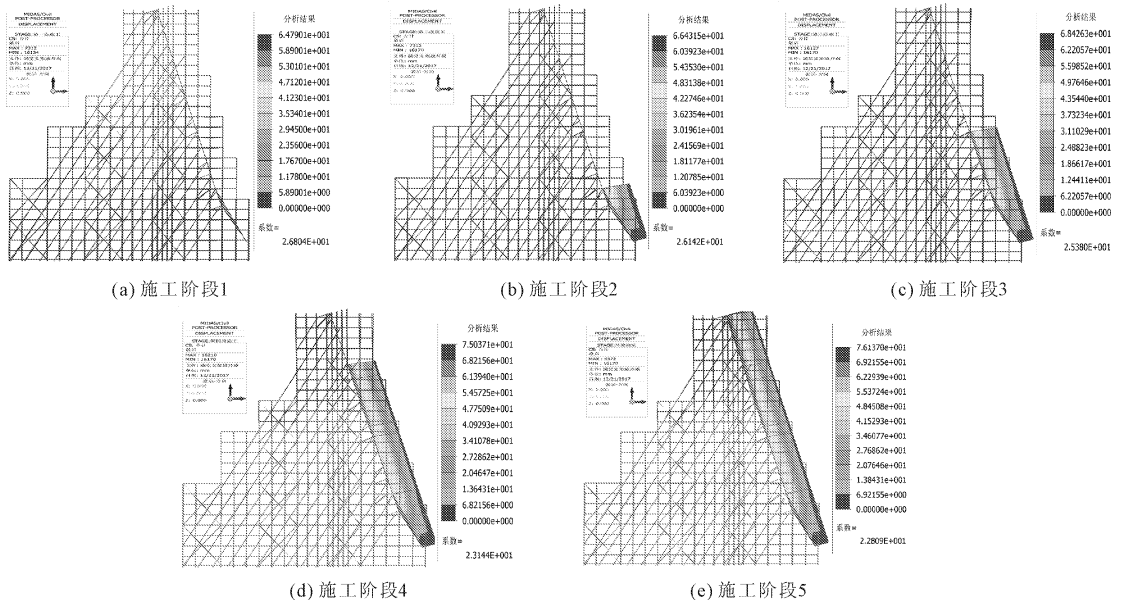


图 7 方案 2 各施工阶段位移云图

② 应力云图。各施工阶段方案 2 计算应力云图见图 8。

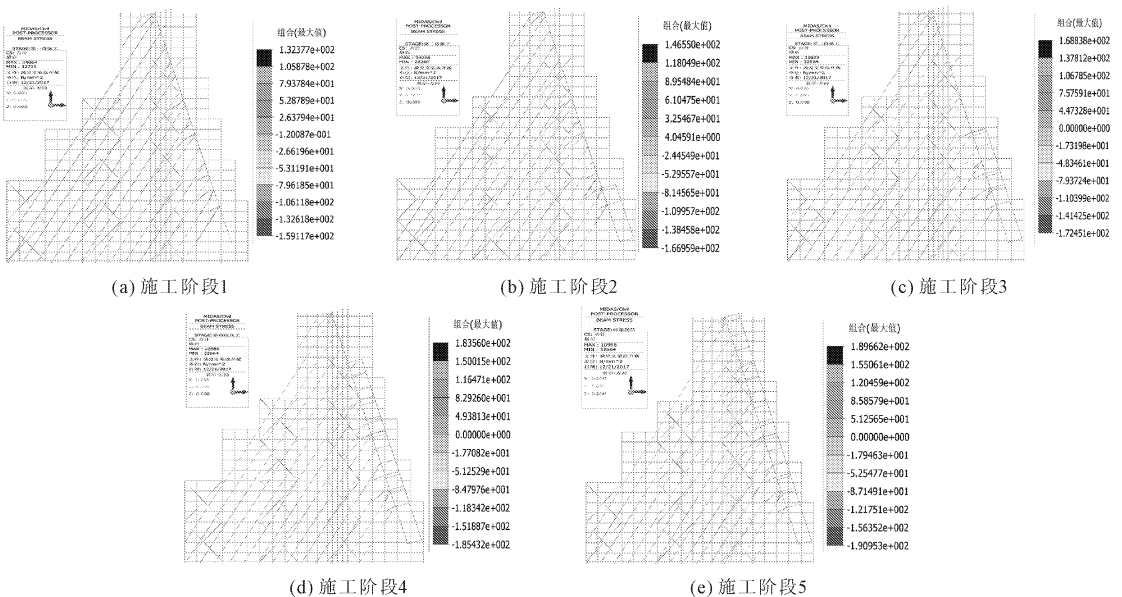


图 8 方案 2 各施工阶段应力云图

计算结果曲线图如图 9、图 10 所示。

方案 1 中脚手架支撑结构总高 36 m, 结构最大位移为 80.87 mm, 最大 Von - mises 应力为 201.36 MPa; 方案 2 中脚手架支撑结构总高 34 m, 结构最大位移为 76.14 mm, 最大 Von - mises 应力为 190.95 MPa。由《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》^[15]JGJ 130—2011 可知, 脚手架支撑结构整体允许位移最大限值为 $l/400$ (l 为脚手架结构整体高度), 两种方案的有限元计算结果均小于结构允许位

移, 因此上述两种方案塔架结构均满足刚度要求。脚手架整体用 Q235 型钢管, 由规范所述, Q235 钢抗拉、抗压和抗弯强度设计值为 205 MPa, 计算结果也均小于材料 Q235 钢的许用应力, 因此上述两种方案塔架结构均满足强度要求。

通过计算结果数据比较可看出, 方案 2 在施工阶段 1 的位移比方案 1 大, 但随后各个施工阶段, 方案 2 的位移增量小于方案 1 位移增量, 最终下环梁施工后支撑脚手架系统总变形量小于方案 1。方案

2在各个施工阶段的最大应力均小于方案1。对于本文分析的基本扇区,方案1结构的用钢量为71.57 t,方案2结构的用钢量为41.86 t,仅为方案1的58%。

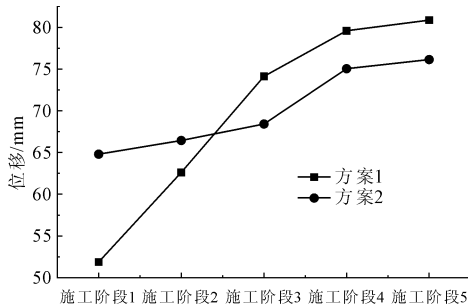


图9 各施工阶段位移曲线图

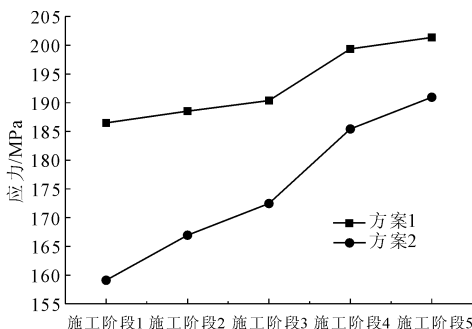


图10 各施工阶段应力曲线图

4 结论

本文利用MIDAS/Civil有限元分析软件对此类冷却塔下环梁及X柱施工脚手架支撑结构在不同施工阶段下进行分析,可以得出以下几点结论:

(1)在上述五种工况下结构最大位移和应力值均小于许用值,脚手架支撑结构满足相关规范的安全性要求。

(2)两种施工方案计算结果显示,随着施工阶段的推进,结构变形量逐步增大,但方案2最大位移增量小于方案1,方案2最终变形量小于方案1;随

着施工阶段的推进,结构最大应力也逐步增大,但在各个施工阶段方案2最大应力均小于方案1。

(3)方案2结构用钢量远小于方案1。

参考文献:

- [1] 竺召炜.大型双曲线形冷却塔风筒施工方法探讨[J].施工技术,2004,33(2):45-47.
- [2] 崔虹,孙成江.国内最大空冷塔的带肋筒壁施工[J].武汉大学学报(工学版),2007,40(S1):433-437.
- [3] 张卫东,徐志华,张晓强.带肋空冷塔筒壁施工方法分析[J].山西电力,2013(2):59-62.
- [4] 胡婷,田永祥,朱远江,等.冷却塔环梁施工桁架结构有限元分析[J].华电技术,2014,36(12):1-3.
- [5] 陈剑波.扣件式钢管脚手架整体稳定性的ANSYS分析[J].水利与建筑工程学报,2011,9(6):105-108.
- [6] 王绪旺.扣件式模板高支撑体系设计与整体稳定性分析[J].水利与建筑工程学报,2017,15(3):148-152.
- [7] 陆征然.扣件式钢管满堂支体系理论分析与试验研究[D].天津:天津大学,2010.
- [8] 兰培培.扣件式钢管高大模板支撑架整体力学性能分析[D].合肥:合肥工业大学,2010.
- [9] 黄勋.钢管模板支撑架力学性能研究[D].北京:清华大学,2011.
- [10] 张天文.吸取丰城电厂事故教训强化电力建设工期管理[N].中国电力报,2017-03-22(008).
- [11] 江西丰城发电厂“11·24”冷却塔施工平台坍塌特别重大事故调查与后续防范整改措施[J].中国应急管理,2017(9):70-77.
- [12] 俞洪霞.我国目前建筑安全生产管理存在的问题和对策研究——基于江西丰城电厂坍塌事故的启示[J].建筑安全,2017,32(9):13-17.
- [13] 余宗明.建筑钢管架倒塌事故与结构设计的稳定性分析[J].中国建筑金属结构,2009(11):46-51.
- [14] 糜嘉平.对建筑脚手架安全问题的几点建议[J].施工技术,2004(8):62-63.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范:JGJ 130—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.