

文章编号:1000-582X(2004)08-0124-04

高耸结构滑移法整体吊装过程控制*

崔碧海, 郑周练, 赵长荣
(重庆大学 土木工程学院, 重庆 400030)

摘要:高耸结构的竖立高度较高,但自身重量大,抗弯和抗扭刚度较差,整体吊装这类结构,工艺技术要求较高。对吊装的全过程,采用传统的人工控制很难达到要求,从而影响到吊装的安全。为了解决这一问题,将现代计算机技术与传统吊装技术相结合,在对高耸结构吊装系统进行工艺分析的基础上,利用设备仪器进行信号采集,并利用计算机进行辅助决策和实时控制,在发生意外时能自动采取紧急措施,从而保证吊装过程的安全。

关键词:吊装;高耸结构;计算机控制
中图分类号:TU745

文献标识码:A

1 问题的提出

高耸结构是其高度与横截面半径(或宽度)之比较大的各种组合钢结构,如火炬塔架、电视发射塔架、桅杆、烟囱、广告塔架等,国家大剧院“蛋壳”的弧形桁架梁、奥运主场馆“鸟巢”的门式刚架、钢结构大厦中的立柱、斜支撑柱等皆属于这类结构。它们的特点是“高、重、柔”。整体吊装这类结构,能较大幅度地提高工效,保证施工质量,但工艺技术较复杂。各种工艺措施相互制约,对它们的协调程度要求非常高。一旦不协调,轻则损坏结构,重则造成重大吊装事故^[1]。

根据其特点,“滑移法”是整体吊装这类结构的基本方法之一,如图1所示,起重机吊装结构的吊点垂直上升,结构的尾部放置在一小车上,水平前移,结构逐渐旋转直至直立就位。该方法主要有5个工艺问题需要在吊装过程中采取措施进行控制。

1.1 结构在吊装过程中变形

除少数板、壳结构外,高耸结构大多数是杆系空间结构。设计时,主要考虑的是其工作状态下的荷载,吊装时很可能在吊装荷载作用下产生变形破坏。目前工程中,采用加强措施时,由于应力与变形计算简化过多,结构产生破坏仍不可避免,时有发生^[2]。

1.2 吊点上升速度与尾部水平前移速度的协调

当吊点上升速度为一定值时,尾部水平前移速度是一变值,如何准确地协调二者间的关系,是吊装成功

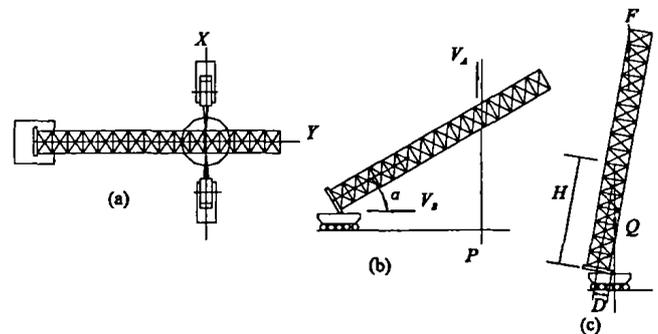


图1 滑移法吊装高耸结构

的一个关键,否则就可能造成起重机受扭破坏或产生剧烈冲击而导致重大吊装事故的发生。目前工程中,一般采用前牵和后拖装置进行控制,但由于是人工控制,难于做到准确无误,吊装安全得不到充分保证^[3]。

1.3 临界角问题

如图1(c)示,当结构体旋转到一定程度时,其重心垂线将逐渐接近尾部支点,直至与尾部支点重合并超过支点。重心垂线与尾部支点重合时,结构体轴线与水平面的夹角称为临界角 α_c 。

当结构体超过到临界角 α_c ,结构将失去平衡,产生剧烈冲击,导致起重机严重超载而倾翻。目前工程中常采取改变旋转铰点的措施解决,但在什么时候转换对吊装最有利,其它工艺措施如何协调,目前全凭吊装现场指挥的经验,难于准确把握^[3]。

1.4 同步分析

对于采用2台起重机做主起升起重机的场合,2

* 收稿日期:2004-03-22

作者简介:崔碧海(1955-),男,重庆市人,重庆大学教师,主要从事安装工程的研究。

台起重机的起升速度可能因机器性能、操作误差、工艺布置精度等原因而不一致,称为不同步。不同步一方面造成起重机受载不均,超过一定程度,其中一台起重机可能因严重超载而发生危险。另一方面,可能造成结构绕其自身轴线转动,导致结构受扭破坏和尾部小车倾覆而发生重大吊装事故^[4]。

1.5 就位

高耸结构的底座一般用十几颗甚至是几十颗地脚螺栓与基础连接,就位时,底座需同时穿入这些地脚螺栓,目前工程中,需调整的次数多、时间长、工人劳动强度大,稍不小心,即可能发生工伤事故^[5-6]。

2 过程控制

针对高耸结构的特点和上述工艺问题,利用计算机对吊装全过程进行实时控制是行之有效的方法。

过程控制原理分为五大控制系统。

2.1 应力与变形控制系统

吊装施工前,应用计算机程序(如 ANSYS 等)对结构建模,施加吊装过程中有可能出现的荷载,进行空间分析和变形模拟。精确计算出每根杆件的应力和变形,并分析其应力和变形随吊装过程进行的趋势。根据分析,有针对性的采取加强措施。如在某工程中,对一长 86 m,截面宽 2.45 m,高 3.5 mm 的弧形桁架进行上述分析,发现在吊装载荷的作用下,其中部的最大变形达 450 mm,肯定产生塑性变形。经采取相应的措施,保证了吊装的顺利进行。

在吊装过程中,利用应力、应变电阻传感器进行应力和变形的信号采集,进行实时监测和辅助决策。信号输入计算机后,与计算机中的分析模型和专家系统比较。达到或超过设计许可值,发出警报,此时吊装的所有运动必须停止,待查明原因并采取相应措施后,才能进行下一步的工作。该系统经在前述某工程中的应用,由于指挥人员实时掌握了结构的应力和变形情况,避免了吊装过程中突发情况的影响,效果较好。

2.2 起重机滑轮组偏角控制系统

结构吊点垂直上升速度与尾部水平移动速度之间的协调情况直接反映为起重机滑轮组与吊装平面 P (起重机臂杆轴线与结构基础轴线所确定的铅垂面) 的夹角 β (包括其方向)。在理论上,垂直上升速度 V_A 与水平移动速度 V_B 之间的关系为:

$$V_B = V_A \cdot \tan\alpha \quad (1)$$

式(1)中: α ——结构轴线与水平面的夹角

满足此式,起重机滑轮组与吊装平面的夹角 β 为零,处于理想状态。当由于吊装工艺装置和摩擦力共同作用,不能满足上式时,起重机滑轮组出现偏角 β 。 β 角的大小,既是 V_A 和 V_B 间协调程度的函数,又是起

重机高度和吊点高度的函数。 β 角的方向,则完全取决于 V_A 和 V_B 间协调程度。工程中,滑轮组出现偏角 β 不可避免,但如超出一定范围,尤其是因为剧烈冲击或其它突发情况而造成,则可能酿成重大事故。

该系统由计算机、电子经纬仪及相应的警报系统、执行机构组成。吊装前,在计算机中对整个吊装系统进行“建模”,计算和模拟出在不同的吊装阶段及各种影响因素的作用下,滑轮组的偏角大小和方向,用专家系统确定各种状态下能保证吊装安全的滑轮组偏角的设定值、允许值和危险值并提出相应的处理建议和命令。

吊装时,用一台电子经纬仪测量结构轴线与水平面的夹角 α ,提供给计算机进行实时计算与模拟,以确定吊装阶段。另一电子经纬仪测量结构轴线与吊装平面的夹角 β ,提纲给计算机,用于与计算机中的模型和专家系统比较。如 β 角达到设定值,发出警报,并提供可采取的最佳措施及数据,供现场吊装指挥参考。如达到许可值,计算机发出指令,自动启动各调整工艺措施。如发生意外情况, β 角突然超标,达到危险值,计算机发出指令,各起重装置按预先设计的程序停车,并启动安全装置,以最大限度保证吊装安全。

2.3 同步控制系统

该控制系统实际是协调结构两吊耳上升的一致性,两吊耳标高的信号采集采用 2 台电子经纬仪测量两吊耳各自的竖直角进行,信号输入计算机后,进行转换、计算,由计算机中的专家系统判断,并发出指令,控制两起重机上升装置的开、停、加速、减速和制动。同时协调后拖装置的收、放和制动。电子经纬仪的布置应在安全警戒线外并垂直于吊装平面。

2.4 强制离排控制系统

该控制系统是解决结构临界角问题,结构的倾角信号可利用电子经纬仪进行结构尾部是否离排的信号可利用光纤压力传感器进行,信号输入计算机后,由计算机中的专家系统判断,并发出指令,控制起重机上升装置的开、停、和后拖装置加速、减速和制动。电子经纬仪的布置应在安全警戒线外并垂直于吊装平面。光纤压力传感器应布置在结构尾部的小车上。

2.5 就位控制系统

该控制系统根据结构基座孔与地脚螺栓的位置情况信号,在计算机控制下,微调起重机的旋转、变幅并缓慢下放,使结构就位。信号采集可利用两套激光束和光电靶,以确定结构的中心位置和周向位置。对于格构式结构,中心位置信号激光发射器可布置在结构就位基础中心线上,光电靶布置在结构轴线上,对于空腹式结构,可将基础中心和结构轴线进行转换后布置。

过程控制的原理框图如图 2 所示。

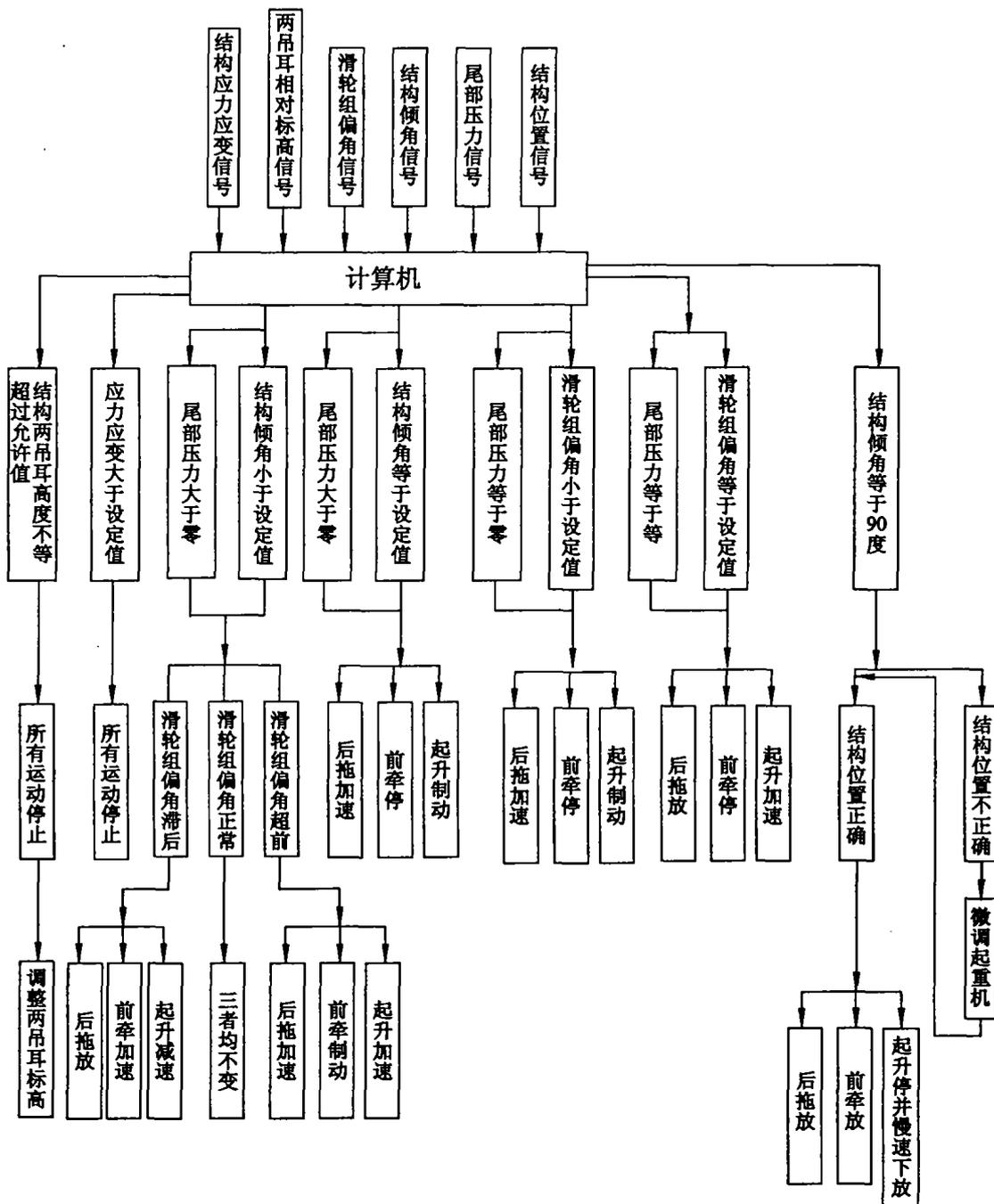


图2 滑移法吊装结构过程控制原理

3 结语

针对吊装高耸结构的特点,将现代计算机技术与传统吊装技术相结合,采用电子经纬仪、光纤压力传感器、应力、应变电阻传感器、激光束和光电靶及相应的警报系统、执行机构和专家系统等进行信号采集,模型建立、数据计算、工况判断、最佳措施提供,从而达到辅助决策和吊装过程各参数的协调、控制,在发生意外情况时自动采取紧急措施,保证吊装过程的安全是可行和有效的。

参考文献:

- [1] 鲍广鉴. 广州新白云国际机场航站楼钢结构整体曲线滑移施工技术[J]. 建筑结构学报, 2002, (5): 90-96.
- [2] 侯兆欣. 新加坡 MEGA 会展中心大跨度钢结构施工技术[J]. 施工技术, 2000, 29(8): 15-17.
- [3] 崔碧海, 赵长荣, 郑周练. 扳倒法吊装塔架结构危险工况分析[J]. 重庆建筑大学学报, 2000, 22(1): 109-114.
- [4] 王铭琪, 张佐安, 汪平云. 特大跨径钢管混凝土拱桥拱肋吊装施工技术[J]. 公路交通技术, 2003, (5): 79-99.
- [5] 陈国栋, 郭彦林. 广州新体育馆屋盖吊装及拆撑过程动态分析[J]. 建筑结构, 2002, 32(1): 53-57.
- [6] 韩洪举. 8500吨转体施工关键技术介绍[J]. 公路交通技术, 2003, (5): 83-85.

Process control for block erection of towering structures by bliding

CUI Bi-hai, ZHENG Zhou-lian, ZHAO Chang-rong

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Towering structures are usually of imposing height, heavy weight and poor bending and torsional rigidities. Hence, their block erection is a technology-intensive course. Traditional manual control can hardly meet the requirements of the overall process and guarantee its safety. The combination of computer technology with conventional hoisting techniques is applied to the block erection process of towering structures to do the process study of the hoisting system first of all, and to acquire data with instruments and devices according to the process study so as to aid the decision-making and process control of block erection, to realize automatic execution of emergency measures and to guarantee the safety in the course of hoisting.

Key words: hoisting; towering structure; process control; aided decision-making

(编辑 姚 飞)

(上接第 123 页)

Experimental research on dynamical characteristics of rock in fei xianguan northeast in sichuan

YIN Guang-zhi, SUN Guo-wen, ZHANG Dong-ming

- (1. College of Resource & Environmental Sciences, Chongqing University, Chongqing 400030, China;
2. Key Laboratory for the Exploitation of Southwestern Resources & the Environmental Disaster Control Engineering Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Rock (sandstone, ash stone) in fei xian guan northeast Sichuan was used as rock sample, Experimental research on elasticity wave in room was done by testing technology of sound wave. The speed of elasticity wave and the dynamical elasticity parameter is calculated by the experiment. After the experiment, the physics mechanic character of rock is analyzed by experiment data.

Key words: testing technology of sound wave; dynamical character; the speed of elasticity wave; the dynamical elasticity parameter

(编辑 姚 飞)