

2008年奥运会乒乓球馆预应力施工技术

吕李清 仝为民 周黎光 杜彦凯 秦杰

(北京市建筑工程研究院 北京 100039)

摘要:北京大学乒乓球馆用于第29届奥运会乒乓球比赛,该场馆屋盖采用预应力张弦桁架结构,预应力作用于钢结构辐射桁架的下弦。结合施工仿真计算和现场实测结果,介绍了此类结构的预应力施工技术和特点。

关键词:乒乓球馆 张弦结构 预应力施工技术 仿真计算

第29届奥运会乒乓球馆位于北京大学校园内,紧邻中国硅谷中关村。总建筑面积约2万m²。本结构屋盖为新型复杂钢结构体系,其屋盖体系由中央刚性环、中央球壳、辐射桁架、拉索和支撑体系组成。建筑效果如图1所示。



图1 北京大学乒乓球馆建筑效果

1 结构体系

本屋盖钢结构平面尺寸为92.4m×71.2m,采用预应力张弦桁架结构。共有32榀辐射桁架,每榀辐射桁架下设置有预应力拉索,为自平衡体系。辐射桁架上弦为受压圆钢管,下弦为型号φ5×151的预应力拉索,直径79mm,拉索一端固定一端可调。

2 预应力施工方案

2.1 结构施工流程

总体安装顺序:先安装球壳、中央刚性环、辐射桁架等钢结构构件,后安装钢索,再进行张拉。具体施工流程如图2所示。

2.2 预应力张拉过程

2.2.1 张拉方式的确定

本结构为复杂预应力钢结构体系,32榀辐射桁架呈180°反对称布置,张拉端均编号,如图3所示。根据其特殊的结构形式,采用反180°对称进行预应力张拉。同时施工前仿真模拟张拉工况,以此作为指导张拉的依据。分3个阶段对称

张拉,分别为20%设计张拉力、100%设计张拉力、逐根进行索力调整。根据设计要求的张拉力大小及分布情况,采用4端同时张拉,通过仿真计算分4步进行张拉:第1步 张拉HJ-1, HJ-5, HJ-9, HJ-13;第2步 张拉HJ-2, HJ-8, HJ-10, HJ-16;第3步 张拉HJ-3, HJ-7, HJ-11, HJ-15;第4步 张拉HJ-4, HJ-6, HJ-12, HJ-14。

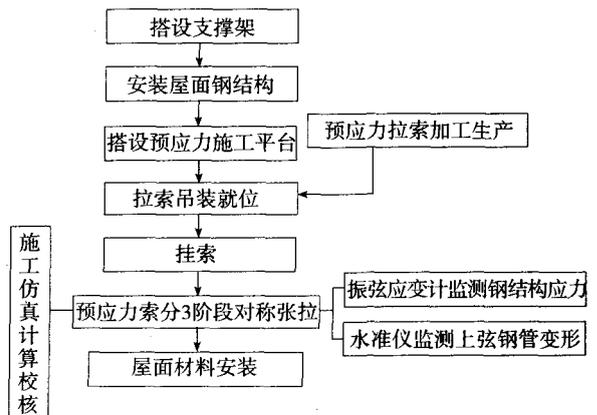


图2 施工流程示意

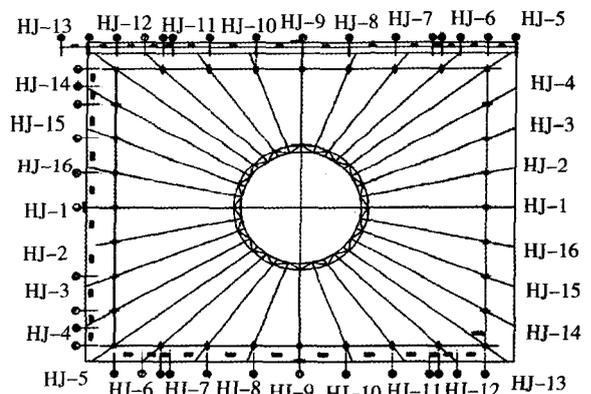


图3 张拉端编号示意

2.2.2 张拉设备的选择

根据设计要求,本钢结构预应力索的张拉力为308、350、385kN。每根预应力索配2台60t的千斤顶。张拉设备采用预应力钢结构专用千斤顶和配套油泵、油压传感器、读数仪。根据设计和预应力工艺要求的实际张拉力,对油泵、油压传感器及读数仪进行配套标定。标定书在张拉资料中给出。张拉时必须配套使用。

张拉时采取双控原则:索力控制为主,伸长值控制为辅,同时考虑结构变形。

3 施工仿真计算

由于在施加预应力完成前结构尚未成形,预应力钢结构整体刚度较差,因此必须使用有限元计算软件进行施工仿真计算,以保证施工过程中及使用期结构安全。本工程采用大型有限元计算软件ANSYS为计算工具,对预应力张拉过程进行仿真计算,计算模型如图4所示。

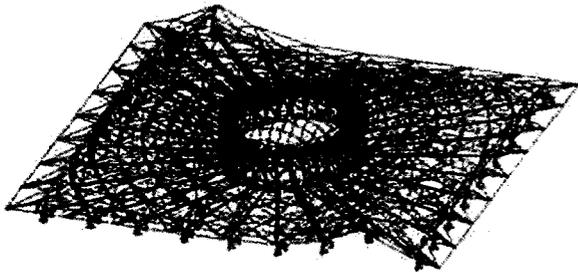


图4 有限元计算模型

经计算,张拉完成后结构中心点起拱值为6mm,结构最大竖向变形发生在辐射桁架的中间位置,最大为15mm。钢索轴力最大值为549kN,发生于对角线处(对应张拉端HJ-13)。钢结构最大应力为183MPa,发生在4个角点的固定铰支座处,另外拉索节点处杆件应力也较大。

4 施工监测

为保证钢结构的安装精度以及结构在施工期间的安全,并使钢索张拉的预应力状态与设计要求的相符,必须在张拉过程中对钢结构的应力与变形进行施工监测。本工程主要有索力、应力监测和起拱值监测两部分。

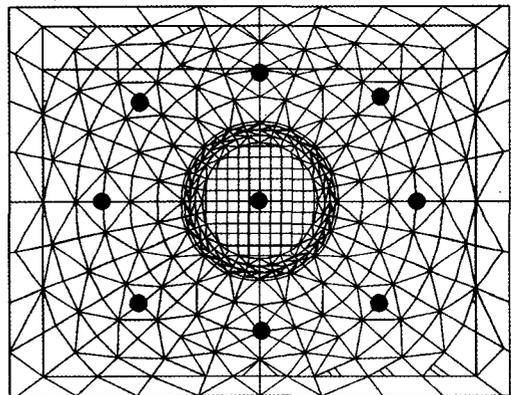
4.1 监测点布置

4.1.1 竖向位移监测点布置

通过水准仪监测在钢结构屋面张拉过程中结构竖向位移变化。竖向位移监测点位置如图5所示。

4.1.2 水平位移监测点布置

通过百分表监测在钢结构屋面张拉过程中结构滑动支座的水平位移变化。水平位移监测点位置如图6所示。



● 监测点

图5 竖向位移监测点布置

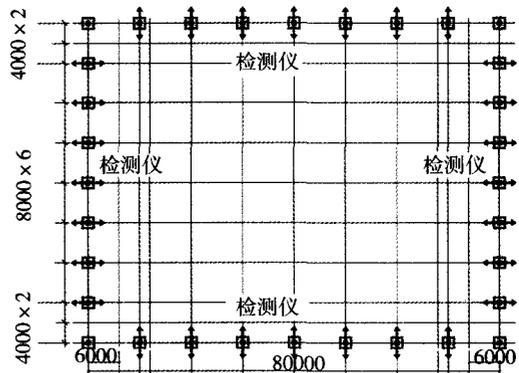


图6 水平位移监测点布置

4.1.3 钢结构应力测点布置

在应力较大位置布置振弦应变计,监测张拉过程中钢结构应力变化,主要对中央刚性环的环梁进行监测,具体监测位置如图7所示。

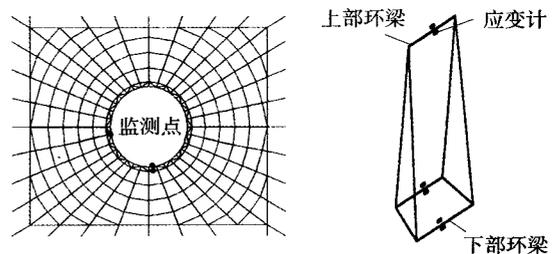


图7 钢结构应力监测点布置

(下转第40页)

7 结束语

锚索的永久性只能是一个相对概念,不能理解为永远不坏。按哲学观点,任何事物都有一个产生、发展和消亡的过程,不可能存在永远不坏的东西。作为岩土加固手段的锚索,没有理由要求它永远不坏,要求了也做不到,何况任何建筑物也都存在有效使用年限的限制。究竟锚索的有效使用期多少年才是永久性锚索,我们既不同意永远不坏,也不同意某锚索规程^[6]简单地以两年为界“设计使用期超过24个月的就是永久性锚索”的观点。我们认为,只要锚索与用其加固的结构物同龄就是永久性锚索。全长粘结锚索虽然在我国应用历史最长,毕竟只有不足50年的应用实践,应该说仍然是一项年轻的技术,对它的认识还在不断深化,只能根据我们目前的认识水

平,把锚索可能遭到的危害加以防范,尽量做到在它的有效服务期内不坏。

参考文献

- [1] J·C库斯里. 腐蚀原理[M]. 李启中译. 第二版. 北京: 水利电力出版社, 1984
- [2] 梁炯鉴. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999 68-71
- [3] A·A·斯塔谢尔斯基. 钢筋砼的电腐蚀[M]. 北京: 冶金建筑研究总院情报室, 1983
- [4] N·N瓦西连科. 钢的应力腐蚀开裂[M]. 陈石卿译. 北京: 国防工业出版社, 1983
- [5] 高大水. 岩土预应力锚索腐蚀与防腐[J]. 岩土锚固工程, 2003 (1)
- [6] 中冶集团建筑研究总院. 岩土锚杆(索)技术规程[M]. 北京: 中国计划出版社, 2005
- [7] 刘玉堂, 翟金明. 常用预应力锚索的结构和特点[J]. 防护工程, 2005, 27 (3): 47-57
- [8] 章建庆. 缓粘结预应力筋的研制和应用[J]. 海威姆预应力技术, 2003 (1)

(上接第33页)

4.2 监测结果

张拉过程中及张拉完成后对监测点都进行了监测,张拉结束后,实测结果如图8所示。由图8可以看出,实测钢结构应力值比理论计算值小,竖向变形实测值比理论计算值略小,水平变形实测值比理论计算值稍大,钢结构应力和整体结构变形满足相关规范的要求。

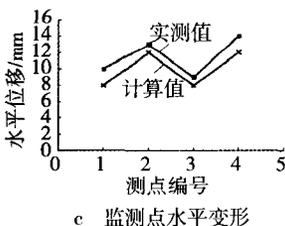
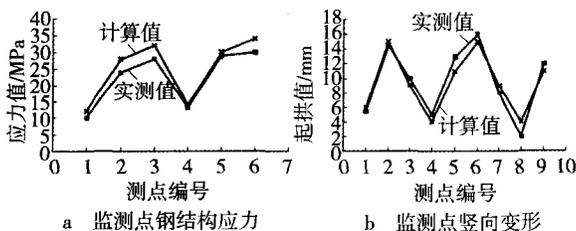


图8 张拉完成后监测结果

5 结语

1) 2008年奥运会乒乓球馆钢结构屋面为预应力钢结构体系,结构新颖、形式复杂。预应力拉索设置合理,能够有效增加结构的刚度、降低结构竖向变形。

2) 根据结构形式和张拉力大小制定合理的放索、张拉等施工方案。

3) 对制定的施工方案进行施工仿真模拟计算十分必要,同时应根据计算结果布置相应的应力和变形监测点。

4) 施工时应将施工模拟计算和施工过程紧密联系在一起,随时监控应力和变形,确保理论和实际相符。

参考文献

- [1] 黄明鑫. 大型张弦梁结构的设计与施工[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2005.
- [2] 陈广峰, 李继雄. 北京农展馆张弦梁施工技术[J]. 施工技术, 2005, 34 (7): 729.
- [3] 吕晶, 徐国彬. 鞍山体育中心劲柔索张拉穹顶屋盖设计与施工. [A]/第十届空间结构学术会议论文集[C]. 北京: 中国建材工业出版社, 2002, 759-763.
- [4] 陆赐麟, 尹思明, 刘锡良. 现代预应力钢结构[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.