

福州奥体中心体育馆钢网格墙施工

陈琦

(福建信息职业技术学院 建筑工程系, 福建 福州 350001)

摘要: 福州奥林匹克中心体育馆墙面采用单层菱形交叉钢网格结构,与水平地面约成 60° ,其北端高约 39 m、悬挑约 20 m,施工难度大。文章详细介绍该钢网格墙体的安装方案及其支撑拆除过程。通过钢网格墙安装与卸载后的变形监测,表明结构的变形在规范允许范围之内,说明该施工方法的可靠性和合理性。

关键词: 钢结构; 网格墙; 施工; 支撑拆除

中图分类号: TU758.15 文献标志码: A 文章编号: 1672-4348(2015)04-0334-04

Construction of the steel grid wall of Fuzhou Olympic Center Gymnasium

Chen Qi

(Construction Engineering Department, Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou 350001, China)

Abstract: The wall of Fuzhou Olympic Center Gymnasium is single-layer (single-deck) diamond-shaped cross steel grid, which has an angle of about 60 degrees to the ground with a height of 39 m at the northern end and a cantilever of 20 m. The construction scheme of the steel grid wall and the dismantling method of the temporary support (shoring) structure were described. The monitoring results of the installation and unloading process of the steel grid wall show that the deformation of the steel grid wall (structure) is within the allowable range, that the construction method is reliable and reasonable.

Keywords: steel structure; grid wall; construction; support (shoring) structure dismantling

近年,大型钢结构体育场馆的建设在各地兴起,这些场馆气势宏伟、体型优美,成为城市地标性建筑和发展水平的象征。有关钢结构应用于体育场馆的报道较多,最常见的是应用于这些场馆的屋面^[1-2],大大释放了内部空间;也有部分成为混凝土竖向支撑体系的补充用于墙面,灵活了墙面造型的布置;还有的作为屋面主要受力结构的延伸至墙面甚至基础^[3-4],这种墙面构件不单纯为竖向受力构件,多是曲线形的空间结构,自身刚度较大。自身刚度较小且高度较高的单层曲线形钢结构墙面仍未见报道,福州奥体中心体育馆单层菱形交叉钢网格墙就是这种结构类型。

1 工程概况

福州奥体中心体育馆是第一届全国青年运动会的主要比赛场馆之一,外轮廓为多段不同心圆弧两两相切围合而成的似“水滴”形,其长边长约 210 m,宽边最宽处约 150 m。下部采用钢筋混凝土框架剪力墙结构,比赛区屋盖用四边形环索支一张弦组合结构体系,由周边 48 根钢管混凝土柱支撑,训练区钢结构屋盖取平面主次桁架结构,墙面用单层菱形交叉钢网格结构,网格墙顶部为外环环桁架,比赛区范围内的网格墙通过径向片式桁架与比赛区屋面连接,如图 1。

体育馆墙面单层菱形交叉网格结构,由箱型截面双向斜放交叉形成喇叭口状,结构与水平地面约成 60° (如图 2),其中北部悬挑距离 20 m、高约 39 m,构件主要截面尺寸为: B150 \times 200 \times 8 \times 8、B150 \times 200 \times 8 \times 10、B300 \times 450 \times 14 \times 16、B300 \times 500 \times 14 \times 16、B400 \times 800 \times 20 \times 25、B600 \times 1 000 \times 35 \times 35、B700 \times 1 000 \times 35 \times 35。

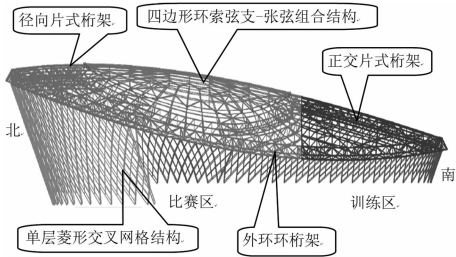


图 1 体育馆钢构骨架图

Fig.1 Steel structure skeleton of Fuzhou Olympic Center Gymnasium (FOCG)

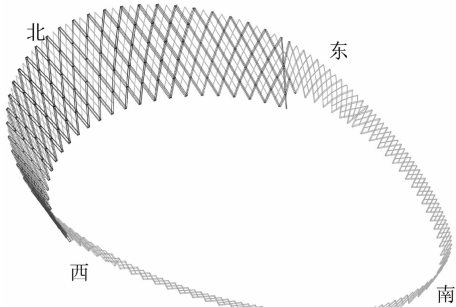


图 2 墙面交叉网格整体示意图

Fig.2 The schematic of overall cross wall grid

2 施工方案

2.1 整体施工方案

墙面单层菱形交叉网格结构的安装,在预埋件的预埋、土建施工完毕后进行。平面的安装顺序为从南面开始,由南至北、东西两侧同时进行安装,最后在北侧汇合合拢。立面的安装顺序为:在预埋件上安装支座杆件,依次向上流水安装单层菱形交叉网格吊装单元,安装墙面与环桁架间的过渡单元,安装环桁架,安装径向桁架,拆除支撑。

墙面菱形交叉网格吊装分段主要是顺着交叉网格的纹理方向分成 X 形,最重吊装分段约为 26.5 t、最轻吊装分段约为 1.0 t。吊装主要采用与土建施工共用的塔吊,但部分吊装单元(东西两侧各约 50 个)的重量较重,且塔吊吊装半径无

法满足吊装要求,需使用 150 t 履带吊进行吊装。

采用视角成 90° 夹角的两台全站仪对吊装的 X 形网格单元进行安装定位控制,吊装时先用耳板将上下斜柱对接口临时固定,并在 X 形吊装单元顶部采用钢丝绳临时固定,再安装拉杆,调节拉杆,准确定位后,焊接接口。每片 X 网格吊装前均应在上部架设脚手架,作为上一层 X 网格墙安装的工作平台。

2.2 南面及东西侧面安装方案

从南端墙面支座开始依次向上,从东西两侧向北面完成菱形交叉网格吊装单元。体育馆南部及东西两个方向网格墙高度较小、自身刚度大且为固定支座,依靠本身的刚度足以支撑自重,施工过程中辅以在墙面顶部设置与土建结构相连的缆绳,如图 3。



图 3 体育馆东侧网格墙

Fig.3 The eastern grid wall of FOCG

2.3 北面墙面网格安装方案

体育馆北面的钢结构墙面施工过程中遇到两大难题:(1)单层菱形交叉网格墙体高度高且倾斜角度大(最高 39 m,墙面往外倾斜 60°),在自重作用下将产生较大的位移,无法满足安装精度的要求;(2)网格墙的安装过程将产生残余应力、残余变形和安装误差可能影响安装精度,甚至结构安全。

针对以上两个问题,采取以下方案:

(1)为了克服自重作用下网格墙的变形,在墙面北区设置胎架和拉杆用于墙面单元的安装,主要思路为:底部 X 形网格柱顶与土建结构距离较近 (<9 m),通过拉杆直接与土建结构钢管混凝土立柱相连;对于上部的 X 形网格柱与土建结构距离较远,为减小拉杆拉力,在网格墙与钢管混凝土立柱之间设置 15 个胎架作为中间过渡传力杆件,先用一道拉杆将支撑胎架与钢管混凝土立

柱连接成一个稳定的体系,再用一道拉杆将吊装的 X 形网格单元与稳定的胎架相连。

从下向上的安装墙面网格吊装单元,每个 X 形网格柱单元吊装后均应及时固定,安装拉杆调节定位,依次完成各单元的安装。北区网格墙共设置 4 层拉杆,具体做法如下:

第一层拉杆的外端与第一层 X 形网格柱顶连接,内端直接通过两根设置在土建立柱内侧的 H700 × 300 型钢固定,见图 4。拉杆的内端设置螺纹,穿过两型钢的间隙,荷载通过架设在两型钢上垫板传给型钢,施工时,通过调节拉杆端的螺帽调整网格柱的位置。



图 4 第一层拉杆布置图

Fig. 4 The layout of first layer rods

第二、三层 X 形网格柱端部与土建结构距离超过 9 m,不能采取一根拉杆与土建结构直接连接,需设置两道拉杆,并通过设置在胎架上的转换型钢梁将网格墙倾覆力转换至混凝土结构上(15 个胎架通过型钢梁连在一起,增强其刚度)。第一道拉杆一端与 X 形网格柱顶连接,另一端通过设置在胎架上的两根 H488 × 300 型钢固定,固定方式同第一层的内侧端;第二道拉杆一端与设置在胎架上的型钢连接,另一端与土建立柱抱箍连接,见图 5。施工时,先固定第二道拉杆,通过第一道拉杆螺帽的调节来调整网格柱位置。

第四层拉杆也设两道,第一道拉杆外端设置螺纹,通过垫板与第四层的 X 形网格柱顶连接,另一端与胎架顶梁节连接,见图 6;第二道拉杆一端与胎架顶梁节连接,另一端与设置在土建立柱内侧的 H700 × 300 型钢固定。施工时,通过调节第一道拉杆外端的螺帽来调整网格柱位置。

(2) 对于倾斜网格墙来说,柱底受残余应力、残余变形以及安装累积误差的影响最严重,本工程中先将柱底的钢接改为铰接,待到屋面径向桁



图 5 第二层拉杆布置图

Fig. 5 The layout of second layer rods



图 6 第三层拉杆布置图

Fig. 6 The layout of third layer rods

架安装和体育馆所有支撑措施卸载后,再将其铰接改为设计要求的钢接,这样,不仅安装过程中产生的残余应力和残余变形得到释放,累积的安装误差也可以通过铰接得到调整。

3 墙面结构支撑拆除

网格墙安装后,进行外环梁和屋面径向桁架的安装,这样,网格墙通过径向桁架与比赛区周边的环柱及屋面钢结构形成整体。墙面结构辅助拉杆和支撑胎架的拆除,应在相关焊缝探伤合格后和屋面支撑拆除前进行。拆除过程必须保持平稳,不能出现过大的瞬间变形、不协调变形和冲击荷载。所以,拉杆拆除的竖向顺序应为从上到下,即按第四层、第三层、第二层、第一层,每层拉杆应按从中间向两边对称拆除。拆除时应先拧开拉杆的螺帽,再移除拉杆,最后拆除支撑胎架。

4 安装及卸载监测

由于北墙面单层菱形交叉网格单元高度高、重量重,过大的安装变形和卸载变形可能影响该建筑的外形,甚至造成安全问题,所以必须对安装过程和卸载过程的变形进行监控。

4.1 测点的布置

监测点要有合理的密度,能反映结构的几何形态和变形情况,易于布设,施测方便,以满足施工监测精度高、速度快的要求。本工程仅针对高度较高的北面网格墙进行变形观测,共设置了 19 个棱镜观测点,见图 7。

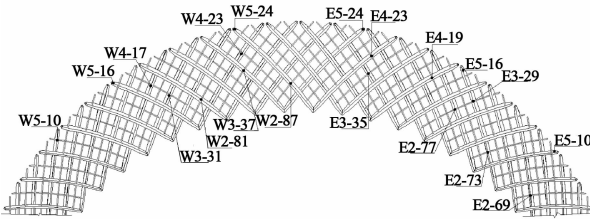


图 7 检测点布置图

Fig.7 The arrangement of testing points

4.2 监测结果分析

采用全站仪对各测点进行安装后卸载前及卸载后进行静态数据测量,其三维坐标差值可计算其变形和位移情况,由于场地的复杂性及棱镜设置的位置,每个观测点仅测量三个方向的数值,重点是竖向位移数据,每个观测点均应观测。观测时,应对测量结果做详细的记录,并通过对前后数据比较得到结果,结果见表 1。

从观测结果可以看出:安装完成后及卸载,结构的变形均比较小,远小于规范^[5]规定的 1/200。该结果说明了安装过程的支撑措施有效地控制了网格墙结构的变形,屋面径向片式桁架也有效地约束了网格墙的变形,为该结构安装安全提供重要保障。从另外一个角度看,这种约束给网格墙钢结构带来较大不可预测的残余应力,但这些残余应力通过网格墙底部临时设置的铰支座得到有效的消除。

参考文献:

[1] 钱稼茹,张敬敬,赵作周,等. 北京大学体育馆钢屋盖施工模拟与监测[J]. 土木工程学报,2009,42(9):13 - 20.

[2] 蒋金生,叶可明. 上海新国际博览中心钢桁架结构的施工及临时支承拆除的卸载过程分析[J]. 建筑结构学报,2006,27(5):118 - 122.

[3] 范重,刘先明,范学伟,等. 国家体育场大跨度钢结构设计与研究[J]. 土木工程学报,建筑结构学报,2007,28(2):1 - 16.

[4] 魏成权,胡智勇. 2011 年世界大学生运动会主体育馆钢屋盖综合卸载技术[J]. 施工技术,2010,25(10):53 - 56.

[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ7 - 2010 空间网格结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.

表 1 体育馆北面网格墙沉降监测

Tab.1 The settlement of the northern grid wall of FOCG

构件 编号	安装后累计位					卸载后累计位				
	移偏差/mm					移偏差/mm				
	东	南	西	北	标高	东	南	西	北	标高
W2 - 87	2	6			-7	5	3			-7
W2 - 81	1			1	-6	6			5	-6
E2 - 77			17	3	-4			13	6	-3
E2 - 73		6	17		-1		4	15		-1
E2 - 69		12	23		0		7	20		0
W3 - 37				1	11	-8	6		13	-7
W3 - 31	1			4	-12	5			7	-12
E3 - 35			1	4	-1			0	5	0
E3 - 29			17	18	19			11	26	19
E4 - 23	2	0			0	10			7	0
E4 - 19			10	22	10			9	20	10
W4 - 23			0	18	-14	6			20	-12
W4 - 17			6	9	-22	1			11	-20
W5 - 10			9	4	-10			1	3	-11
W5 - 16	1	0			-2	4	2			-2
W5 - 24	3	7			-5	6	5			-4
E5 - 10		1	4		-1			0	2	2
E5 - 16	5	1			-1	9			1	-2
E5 - 24			7	6	2			5	10	-2

5 结语

针对福州奥体中心体育馆钢结构网格墙的结构特点:高度高、自重大、倾斜角度大,详细介绍了其安装方案、支撑措施及其拆除方案。通过对安装后、卸载前和支撑卸载后进行监测,网格墙变形控制合理,使本工程在质量、工期、安全和经济等方面取得较好的效果,为类似新型空间结构的安装提供了有益的参考。