

文章编号:1671-8844(2011)S1-0296-03

钢结构主厂房连接节点优化设计探讨

杨宇春, 孙建华, 刘明

(上海电力建筑工程公司, 上海 200241)

摘要: 结合外高桥三期和漕泾电厂一期 4 台百万机组主厂房钢结构制作的实践经验, 针对整个火力发电机组主厂房的节点设计进行初步的优化探讨, 通过对大量节点的优化设计和标准化, 使钢结构制作更具备流水化, 大大提高生产效率, 加快吊装速度, 减少了吊机配置. 同时简单介绍了钢柱拼接、梁-梁等强拼接的计算.

关键词: 主厂房; 连接节点; 钢结构

中图分类号: TU 391 **文献标志码:** A

Discussion on optimization design of connection joints in steel structural main power-house

YANG Yuchun, SUN Jianhua, LIU Ming

(Shanghai Electric Power Construction Engineering Company, Shanghai 200241, China)

Abstract: The preliminary discussion is made in this paper for the purpose of optimizing the node design of the main power-house in the whole thermal power plant. The discussion is based on the experiences obtained from the practices on the steel structure fabrication of main power-house where $4 \times 1\,000$ MW units are located for Waigaoqiao (Phase 3) Power Plant and Caojin (Phase 1) Power Plant. Thanks to the optimized design and standardization on a large number of nodes, the steel structure is fabricated in the way of flow line. It greatly improves the efficiency and reduces the quantity of crane to be used. In addition, the paper also briefly introduces the calculations on the steel-column splice and beam-beam equal strength splice.

Key words: main power-house; connection node; steel structure

21 世纪以来, 我国百万火力发电机组发展迅猛, 我国 2010 年在建的百万千瓦火电机组达到 68 台, 百万千瓦火电机组总装机容量将高达 9 200 万 kW. 而钢结构以其施工周期短、污染小、综合经济效益高等优势, 成为百万机组主厂房重要结构形式.

钢结构节点设计是整个钢结构设计的重要环节, 一个合理的钢结构节点设计会给钢结构制作和安装带来诸多便利, 也会产生直接的经济效益. 钢结构节点设计需要综合考虑工厂制作能力、包装及

运输、现场安装能力, 进行对比选择, 确定构件的分段和拼装节点等要求的图纸, 能够更加有序地指导制作、运输、安装^[1-5].

上海电力建筑工程公司自 2006 年开始先后施工建设了上海外高桥电厂三期工程和漕泾电厂 4 台 1 000 MW 火力发电机组建设, 在百万机组钢结构施工领域积累了一定的经验. 本文以上海外高桥电厂三期工程主厂房为例, 对钢结构节点设计进行初步的探索.

作者简介: 杨宇春, 男, 工程师, 上海电力建筑公司钢构厂总工程师, 主要从事电力土建施工与管理, E-mail: chinayoung_us@126.com.

1 厂房结构分析及节点设计原则

主厂房系统主要由汽机房、除氧间、煤仓间 3 大部分组成,为全钢结构框架式厂房。一般两台机组在汽机房、除氧间纵向共设有 21 根轴线,全长 202.4 m,煤仓间纵向共设有 22 根轴线,全长 218.40 m。主厂房柱间距分别为 10、11、34 m。横向设 A、B、C、D 四排,总跨度为 57.50 m。

汽机房跨度为 34 m,行车轨道顶标高约为 30.95 m。运转层平台标高为 17.2 m,平台结构由钢柱及梁组成。汽机屋面由钢屋架及钢支撑、屋面梁组成。除氧间跨度为 10 m,3~10、14~21 轴,共有 6 层,其余为 5 层。煤仓间跨度为 14 m,共分 5 层。1 号机组在 3~9 号轴,2 号机组在 14~20 号轴之间分别设有 6 只煤斗,在 10~13 号轴 C 与 D 排轴线上设置有跨集控楼钢桁架。

其中煤仓间(C-D 排)所有的纵横向框架连接节点为全刚性连接。A、B 排纵向框架为铰接连接。汽机运转层平台纵横向框架均为刚性连接。整体楼层梁之间以及楼层与框架梁之间的连接基本采用铰接连接。煤仓纵向 13.5 m 以下钢支撑采用箱型截面法兰连接方式。主厂房钢结构节点设计主要有柱底节点、钢柱对接节点、梁柱连接节点、主次梁连接节点及支撑节点。

节点设计时,对于支撑节点,即使支撑杆件内力较小,也应按支撑杆件承载力设计值的 1/2 来进行连接设计;对于梁柱铰接节点,即使梁剪力较小,也应按梁腹板净截面面积的抗剪承载力设计值的 1/2 进行连接设计,轴力 N 按拉压考虑;对于梁柱刚性接节点,须按梁截面抗弯及抗剪承载力设计值进行节点设计,并且须对节点进行抗震加强处理。用于减少支撑压杆计算长度的次支撑,其轴力取值按《钢结构设计规范》(GB50017-2003)中第 5.1.7 条执行。

2 节点设计

2.1 钢柱的分段及接头设计

主厂房整体钢柱均为超长件,超出了工厂制作及运输、安装的极限范围,大部分钢柱都需进行分段处理。综合考虑工厂制作能力、运输状况、现场安装条件,一般钢柱的长度宜控制在 20 m 范围内。同时考虑安装便利性及工期的因素,H 型钢柱考虑采用全高强螺栓连接,箱型柱考虑采用现场

焊接。

考虑受力计算,在所有的分段柱拼接节点处都需要对断头铣平,确保钢柱安装的垂直度,以及保证接触面 75% 顶紧的计算原则。

1) H 型钢柱分段节点采用全高强螺栓连接

H 型钢柱被连接柱翼缘和腹板各自的截面积分担作用在拼接处的轴心压力为 N ,柱翼缘同时承担轴心压力 N_F 和绕强轴的全部弯矩,腹板同时承受轴心压力 N_w 和全部剪力 V ,以此进行钢柱节点处螺栓的计算。

GB 50017-2003 规定 Q345 钢材经喷砂处理后摩擦面的抗滑移系数取值为 0.5。但现实中经一次喷砂处理后,摩擦面抗滑移系数达不到 0.5,如果多次喷砂,就会影响到工厂流水施工进度。为了对结构偏安全设计同时保证制作进度,对摩擦面抗滑移偏保守取值 0.45。虽然增加了高强螺栓数目,但却保证了钢柱拼接节点处的强度及缩短了施工周期。

2) 箱型柱拼接节点采用现场焊接连接

沿柱拼接节点全周采用全焊透焊缝,焊缝等级要求为 1 级。同时设置安装耳板和水平隔板,需用高强螺栓将全部安装耳板就位,终拧后进行焊接操作。

3) 钢柱变截面节点形式处理

常规节点设计手册和多高层节点设计图集内对于钢柱的变截面处理比较复杂,考虑柱变截面处理一般采用斜翼板过渡。这样的节点处理不利于工厂构件的制作,为了提高工厂构架的制作效率,对变截面钢柱的处理采用设置隔板和加劲板的方式。这样处理节点虽然增加了一定的材料,提高了焊缝的等级要求,但是方便了工厂流水施工,大大降低了工厂构件制作的难度,确保了节点连接的质量。

2.2 梁柱连接节点

2.2.1 煤斗大梁节点

煤仓间煤斗大梁承载着 600 t 煤斗的重量,采用了箱型截面,其截面尺寸达到了 $1\ 800 \times 500$,钢板厚度达到 45 mm。由于煤斗大梁乃是整个厂房截面最大的钢梁,与钢柱的连接为全刚性连接,该处节点结构重要,受力情况极为复杂,所以对于该节点的处理,考虑腹板采用高强度螺栓连接按照净截面等强计算,翼板采用焊接连接,焊缝为全溶透坡口焊缝,焊缝等级为一级。

拼接节点处放大了牛腿端部的宽度,增大了焊

接面积,以提高节点的抵抗弯矩能力.考虑到箱型煤斗大梁的安装,拼接节点处的上下翼板采用现场安装,方便腹板高强螺栓的安装.

2.2.2 框架梁刚接节点

梁柱的刚接采用柱带悬臂短梁牛腿,使牛腿短梁与钢梁采用等强拼接连接,梁牛腿翼缘钢柱采用完全熔透坡口焊接连接,腹板采用角焊缝连接.为了保证焊缝在地震作用下不发生脆性破坏,对于超过 32 mm 的钢板可以进行焊前预热,焊后缓冷以消除残余应力.柱带悬臂短梁的连接方式,其焊缝均在工厂施工,焊缝质量有保证,减轻了现场焊接工作量,便于结构施工.

为了对节点进行偏安全设计,梁柱连接节点可以放大牛腿翼板端部尺寸提高抗弯能力,但是这样的节点处理会减缓工厂流水作业进程,影响施工周期.在实际工厂制作过程中,在牛腿上翼板端部增加了一块楔形钢盖板,以提高翼缘板抗弯能力.

这样节点处理既方便了工厂构件的流水制作,也减少了原材料的使用,降低了工程的建设成本.

2.3 主次梁铰接节点

主厂房主次梁的连接节点多为铰接.在钢结构节点设计之初,针对主次梁的连接节点选择,对常用的铰接节点进行了比较分析.通过对比分析,在次梁端部焊上角钢,这样的节点形式可以不考虑端部的附加弯矩,结构受力更加清晰;也减少了工厂制作时的焊接量,节约了钢材的使用;同时考虑到主厂房中由于设备布置改变可能导致结构构件位置的调整,遇到此类情况时可以比较方便地改为现场焊接.

2.4 箱型支撑节点优化

煤仓间纵向 13.5 m 以下钢支撑采用箱型截面法兰连接方式,采用法兰连接.在施工过程中,箱型垂直支撑的法兰安装比较困难,法兰连接长度和

斜度都无法保证,而且不易修改.玉环电厂百万机组在施工时需要在法兰盘间预留 2 cm 安装间隙,在安装时加垫板以调整箱型支撑的安装,同时在支撑制作过程中要经行 CAD 绘图里的 1:1 实体放样,确保尺寸的精确.两个法兰盘对接面要光滑,制作需组对制作,保证安装孔眼偏差一致.

3 总结

通过对钢结构节点设计的探索与改进,降低了工厂构件制作的难度,缩短了主厂房钢结构工程的施工周期,为机组的尽快投产奠定了坚实的基础.同时在构件制作过程中,节约了 2% 的原材料损耗,产生了明显的经济和社会效益.

大规模钢结构的使用也进一步加深了人们对钢结构特性的了解,钢结构节点深化设计影响着整个结构的施工全过程和经济效益,随着公司对百万机组施工的积累和总结,对节点设计也会有更深入的认识,探索和优化节点设计不仅带来直接的经济效益和社会效益,也有利于增强我们的综合竞争力,在未来的市场竞争中更好地开拓进取.

参考文献:

- [1] 李星荣. 钢结构连接节点设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [2] 田树桐. 发电厂主厂房钢结构节点设计探讨[J]. 武汉大学学报(工学版), 2004, 37(Z1): 1-6.
- [3] 陈绍蕃. 钢结构设计原理[M]. 北京: 科技出版社, 2001.
- [4] 陈富生. 高层建筑钢结构设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [5] GB 50011-2001 建筑抗震设计规程(2008 年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.