

# 火力发电厂汽机房屋面网架与钢屋架体系的综合比较

夏宏君 张爱中

山东电力工程咨询院 山东 济南 250013

**摘要：**火力发电厂汽机房屋面采用空间网架结构、轻型封闭，可以显著降低主厂房的工程造价，技术可靠、施工周期短、提高了厂房结构的整体抗震性能，是替代传统屋面结构体系的一种合理结构形式。

**关键词：**网架 汽机房 钢屋架

**中图分类号：**TU356 **文献标识码：**A

## 1 几种常见的汽机房屋面结构形式

火力发电厂中汽机房屋面形式主要有：钢屋架+预制槽型板、钢屋架+钢与混凝土组合楼板、轻型钢屋架+复合保温屋面彩板、钢网架+复合保温屋面彩板等，其中前三类为重屋面，且均属于平面受力体系，钢屋架的传力路线过长，一个薄弱部位的破坏，即可引起整个结构倒塌，没有概念设计中所需的结构延性设计，而且平面内外刚度相差较大，因此整个体系的抗震性能远远不如超静定的空间结构，1976年唐山大地震中此类厂房几乎全部倒塌；虽然屋架平面外设有支撑体系，但在受力分析时仍然不能按共同工作考虑，支撑必须满足相关的构造要求，使屋面体系的用钢量大幅度增加（50%左右）。制作钢屋架时需要大量的堆放及加工场地；现场焊接工作量大，加工质量难控制；屋面板的安装工程也比较浩大。

钢网架+复合保温屋面彩板体系整体刚度均匀，高次超静定的空间网架结构自重轻、整体受力均匀，在个别杆件受到损坏的情况下，内力经过重新分布后结构体系仍然可以继续工作，具有良好的抗震性能；网架结构采用空间计算分析软件进行设计，可以考虑各种荷载工况作用的组合，从而可以使各杆件用钢量均达到最优，总体用钢量得以降低。网架结构为工厂加工、现场组装，不仅施工周期短，还可以保证制作质量，节约施工场地。

## 2 兖矿集团济三煤矿低热值燃料电厂汽机房屋面网架结构设计概况

兖三矿电厂汽机房屋面设计分析软件为浙江大学空间结构研究中心开发的MST2000网架结构设计程序。屋面设计内容大致如下：

采用对边上弦支承正交正放四角锥网架，两侧山墙处不设支座，由A列至B列起坡10%，网架横向跨度32.2m，纵向支座间距为8m。在同等荷载作用下，对上弦支承、下弦支承两种不同支承条件下，网架高度由2.5-3.5m，网格尺寸横向3.17、3.975m，网格尺寸纵向3.2、3.33、4.0m，各种网格尺寸进行组合。试算结果表明，在上列几何尺寸范围内，网架上弦支承形式比下弦支承形式用钢量低10%左右，网架内力随网架高度增加而降低，但用钢量变化不明显，随网格尺寸减小，网架结构用钢量会相应增加。通过综合比较之后，最终确定网架高度3.2m，网格尺寸3.22m×4.0m（纵向）。

B列柱上各网架支座按固定支座考虑，A列柱上为弹性支座，输入A列柱实际截面后，程序自动计算出柱顶的抗侧刚度作为支座约束值；设计时扩建端、固定端山墙抗风柱顶与网架下弦层节点连接，仅山墙水平荷载能传至屋面网架结构。

屋面恒载包括风机自重16kN/台，屋面夹芯板、檩条及支托合计为0.30kN/m<sup>2</sup>。文献[1]中提到，汽机房屋面活载（0.7×1.0kN/m<sup>2</sup>）仅适用于钢筋混凝土屋面，对于轻型钢结构屋面并没有明确要求，然而考虑到火力发电厂汽机房屋面结构的重要性，为了保证屋面结构有

足够的刚度,并且考虑到屋顶风机引起的动荷载长期作用的不利影响,屋面活荷载最终取值为  $0.7\text{kN/m}^2$ 。网架结构是对温度变化较为敏感的高次超静定结构,设计时考虑了  $40^\circ\text{C}$  的温差变化。A 列和扩建端、固定端山墙的侧向风荷载考虑了多种工况,并与屋面恒荷载、活载以及温度应力按相关规范要求要求进行多种组合。

通过计算主厂房横向框排架,求出汽机房吊车荷载、地震作用时 A 列网架支座处的内力,再以此值按作为活荷载加载至 A 列网架支座处,使网架的计算分析与实际运行情况更加接近,为屋面与框排架体系的协调工作提供了可靠保障。

屋面檩条采用薄壁 C 形檩条,与上弦节点球顶钢管支托焊接连接,屋面采用  $100\text{mm}$  厚超细玻璃丝绵夹芯板,屋面板及檩条的设计活荷载均为  $1.0\text{kN/m}^2$ ,满足文献[1]中荷载取值的相关要求。

### 3 各类屋面结构体系的经济性比较

山东电力工程咨询院设计的其他  $2 \times 135\text{MW}$  机组中,华盛热电厂和山东电力工程咨询院总承包项目酒钢热电厂技改等汽机房屋面体系为钢屋架、预制槽型板、屋面防水保温;华能白杨河电厂汽机房屋面体系为钢屋架、钢梁混凝土组合屋面板、屋面防水保温;陕西银河榆林电厂汽机房屋面体系为轻型钢屋架、压型钢板复合保温系统;表 1 所示为各类屋面系统的材料消耗量,表 2 所示为各类屋面结构造价经济性比较。

表 1 各类屋面系统材料消耗量比较

工程名称 (简)	钢屋架、 网架 t	支撑体系 t	钢檩及 连接件 t	屋面 板 m <sup>2</sup>	屋面保 温防水 m <sup>2</sup>	总用 钢量 t	厂房尺寸 及柱距 m	单位面积用 钢量 kg/m <sup>2</sup>
酒钢、华盛	183.7	41.4	0	2656	2656	225.1	33.2×80,8	84.752
白杨河	212	42.5	140	2988	2988	397.5	36.8×81.2,8	133.03
银河榆林	71.5	35	61	2656	0	166.5	33.2×81.2,8	61.762
兖三矿	72.1	0	40	2656	0	115.1	33.2×80,8	43.336
承重结构 耗钢比例	3.12	3.53	1.47	1				

表 2 各类屋面结构造价经济性比较  
元

工程名称 (简)	钢屋架、网架		檩条		屋面及保温防水		总造价	单位面 积造价	造价 比
	单价	合计	单价	合计	单价	合计			
酒钢、华盛	11045	2029000		0	520	1371120	3400120	1280	1.93
白杨河	11045	2341540		0	520	1553760	3895300	1304	1.97
银河榆林	11045	789718	6000	366000	300	798000	1953718	735.6	1.11
兖三矿	10000	721000	6000	240000	300	798000	1759000	662.3	1

1 按《电力工程建设概预算定额》要求，钢屋架造价已包括屋面支撑结构的费用，所以支撑不再重复计算；

2 屋面及保温防水中屋面结构单价为 450 元/m<sup>2</sup>，防水保温单价为 70 元/m<sup>2</sup>。

通过表 1 和表 2 中各项数据的比较，可以看出网架结构的用钢量不仅大大低于重屋面体系，而且比同类钢屋架体系轻型屋面用钢量节省 40%以上，总造价也比轻钢屋面减少 10%。重屋面结构的单价按照定额取值要高于实际工程报价，但是电力施工、承包单位的预算投标也是按此定额进行编制，所以汽机房重屋面的最终造价向下浮动不会超过 20%，相比之下，网架结构轻型屋面的经济效益非常显著，并非传统观念中的钢结构建筑造价要高于同类钢筋混凝土结构的造价。

本工程汽机房屋面项目在全国范围内进行了招标，经综合评价之后，最终选择了加工、安装经验丰富、实力雄厚的一家集团公司，本项目总合同额约为 120 万元，并且是国内钢材市场价格最高时期的报价。由此可以看到，火力发电厂中网架等新结构新技术的应用，可使国内一些高水平的单位参与电力行业的建设，有利于打破行业垄断，增进市场竞争，为降低火力发电厂长期以来居高不下的土建投资创造了条件。

#### 4 网架屋面结构体系在其他电力工程中的实践

兖矿集团济三煤矿低热值燃料电厂汽机房屋面，是山东电力工程咨询院首次采用网

架结构替代传统屋面形式,此前国内汽机房屋面采用网架结构的工程已有先例,如五阳热电厂一期工程、彭城电厂等。另外,其他行业的一些工业房屋面也采用了网架结构,通过对已投产实际工程屋面结构的观察,和向有关单位调研,了解到以下几点:

(1) 汽机房轻级工作制吊车仅用于检修和安装,经运行观察,对网架的影响不大。

(2) 网架系统可以在框架、吊车梁安装后进行,此时各设备基础及沟道可同时施工,节约工期在 30 天以上。

(3) 网架安装可以采用高空滑移法,在扩建端(或固定端)建操作平台,拼装一跨滑移一次。

## 5 结论

空间网架结构屋面系统整体刚度大且均匀,采用上承式支座与 A、B 列柱连接后,屋面体系刚度要大于下弦支座与柱连接的屋架平面结构体系,能为两侧山墙和 A 列柱顶提供有效的水平支撑刚度,采用压型钢板复合保温系统后大幅度减小了屋面自重,使整个汽机房结构具有良好的空间抗震性能;屋面结构自身的用钢量大大降低的同时,使 A、B 列框排架结构的截面也可以相映减小,为工艺布置节省了空间,为降低下部基础工程的造价创造了条件。

总之,空间网架屋面体系建筑造型美观、技术可靠、施工周期短、经济效益显著,是替代传统屋面体系的一种合理结构形式,值得在电力行业大力推广。

---

注:本文发表在《武汉大学学报》2004 年 9 月