

某发电厂干煤棚网壳结构与施工 *

肖志斌 严 慧 裘 涛

(浙江大学 杭州 310027)

摘 要: 主要介绍了苏州工业园区华能发电厂大跨度干煤棚网壳的结构选型、结构设计,并进行了网壳结构的多方案比较,对一、二期网壳在设计与施工中的具体问题也进行了综合考虑,同时对施工安装采用的网壳二支点逐条积累整体滑移安装方法进行了具体分析,为类似工程的设计与施工积累了宝贵经验。

关键词: 干煤棚网壳 结构与施工

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DOUBLE LAYER BARREL VAULTS FOR COAL STORAGE IN A CERTAIN POWER PLANT

Xiao Zhibin Yan Hui Qiu Tao
(Zhejiang University Hanzhou 310027)

Abstract: Style selection and structure design of barrel vault of coal storage in Hualeng power plant of Shouzhou industry garden are presented. Some problems in design and construction for first and second period are considered. Construction method of two-point chute for this barrel vault installation is introduced.

Keywords: barrel vault for coal storage structure design and construction

1 工程概况

苏州工业园区华能发电厂是苏州工业园区重要的基础设施配套项目之一,一期工程的建设规模为两台 300MW 燃煤汽轮发电机组,电厂厂址位于江苏省太仓市时思镇长江岸边,西邻鹿鸣泾河,东距浪口港约 1 km,北靠长江,拟建的大跨度干煤棚设置在厂区的西北部。

苏州工业园区华能发电厂干煤棚内设置斗轮取料机一台,伸臂长 35m,仰角 16°,煤场堆煤高度 12m。为了满足工艺要求,该网壳结构内净跨度 94m,内净矢高要求不小于 36.5m。干煤棚分二期实施,一期纵向长度 60m,二期扩建纵向长度 32m。在干煤棚的设计和施工中考虑如下 3 种使用工况,并取最不利的受力组合作为选择杆件及球节点的设计依据。3 种使用工况为:(1)一、二期工程完成后,纵向 92m 长度整体网壳设计分析;(2)一期工程纵向 60m 长度网壳设计分析;(3)满足二期工程扩建时,纵向 60m 网壳上再延长 32m 时的网壳设计验算。这些工况的考虑,给网壳结构的设计带来了一定的难度。

2 结构选型

根据本工程干煤棚的工艺要求,该干煤棚的净跨度为 94m,相应结构跨度将达 100m 以上,这就使得该干煤棚网壳外型选择很重要。考虑到该干煤棚网壳分二期实施,为了便于一、二期工程的连接安装处理,网壳结构形式应力求简洁,传力应力求均匀、明确。经过多方案比较,结构外形选用柱面网壳,柱面的横截面形状采用贴近于工艺要求界线的三心圆柱面,大圆半径为 58.6m,小圆半径为 34m,横截面如图 1

所示,这样可以使结构在满足受力要求的情况下,结构表面积最小,以减少屋面板用量,达到节省工程总造价的目的。

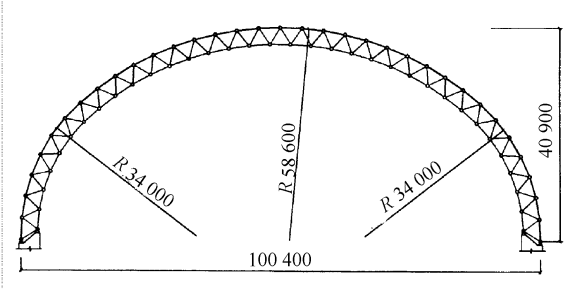


图 1 干煤棚立面

由于干煤棚工艺要求纵向两端开口,对于跨度较大的两端开口的三心圆柱面网壳,为了满足结构整体刚度要求,一般采用四角锥柱面网壳,而四角锥柱面网壳的布置有 3 种形式:斜放四角锥柱面网壳、正交斜置四角锥柱面网壳、正放四角锥柱面网壳。这 3 种形式的四角锥柱面网壳在大跨度干煤棚网壳结构中均有应用。由于本工程考虑到结构分二期施工,而且纵向长度相对横向偏小,为 92m,故为了增加结构的整体纵向刚度,结构设计时考虑一、二期工程施工完成后,将结构连成整体,使其共同工作。表 1 给出了 3 种网壳结构形式采用上、下弦双排对边支承时,上弦端部支座反力与有代表性的某一中部支座反力的比较。表中支座反力为

*本工程在设计、施工过程中得到了江苏省电力设计院的密切配合和大力支持。

第一作者:肖志斌 男 1965 年 12 月出生 高级工程师 博士
收稿日期:2002 - 05 - 15

各荷载工况组合下的最大支座反力。由表 1 可以看出,正放四角锥柱面网壳传力相对均匀、明确。而当采用斜放四角锥柱面网壳及正交斜置四角锥柱面网壳时,结构传力将相对向两端四个角部集中,结构的两端将产生较大的支座反力,由此,相应网壳结构的端部应采取加强措施。将对一、二期网壳结构的连接,共同工作及网壳支座和结构基础的处理带来困难。

表 1 3 种网壳形式支座反力比较					kN
		斜放四角锥	正交斜置四角锥	正放四角锥	
上弦端部 支座反力	R_x	521	480	140	
	R_y	204	170	80	
	R_z	2 277	3 210	750	
上弦中部 支座反力	R_x	53	80	40	
	R_y	272	150	140	
	R_z	590	40	930	

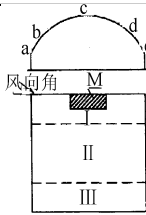
3 结构分析与设计

3.1 荷载类型

干煤棚承受的主要荷载有静载、活荷载;由于该干煤棚对温度变化采用以抗为主,因此,结构计算中尚应考虑温度

作用。干煤棚存在大面积堆载,设计时还应考虑支座强迫位移。该工程地震基本烈度为 6 度,根据《网架结构设计与施工规程》(JG 7-91),网壳分析计算时可不考虑地震作用,但设计时需考虑抗震构造。综上所述,本干煤棚考虑的荷载参数如下:

- (1) 静荷载
上弦 0.25kN/m²,下弦 0.15kN/m²,网壳自重由计算程序自动加入到网壳各节点上。
- (2) 活荷载
屋面活荷载 0.5kN/m²,屋面雪荷载 0.3kN/m²,根据荷载规范,屋面活荷载与屋面雪荷载不同时考虑,只需取大值考虑。
- (3) 温度作用
根据本工程所在地温度变化历史,本工程考虑温差 ±30 。
- (4) 支座位移
本工程支座强迫位移,经综合分析,取值如下:支座横向水平强迫位移 20mm,相邻支座不均匀沉降 4mm。
- (5) 风荷载
当地基本风压 0.4kN/m²,风载体型系数根据类似工程风洞试验结果,见表 2。

表 2 风荷载体型系数取值												
简图	角度/(°)	纵向	外侧面					内外迭加				
			a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
	0		+ 0.8	+ 0.3	- 0.8	- 0.5	- 0.4					
	30							+ 1.4	+ 0.8	- 0.8	- 1.4	- 1.3
								局部区域(M)为 - 2.5				
								+ 1.0	+ 0.5	- 0.7	- 1.0	- 1.0
								+ 0.6	+ 0.4	- 0.4	- 0.5	- 0.3

3.2 荷载组合

本工程结构分析计算采用如下荷载效应组合

- (1) 静 + 活
- (2) 静 + 半跨活
- (3) 静 + 风载 1(0°风向)
- (4) 静 + 风载 2(30°风向)
- (5) 静 + 活 + 风载
- (6) 静 + 活 + 支座位移
- (7) 静 + 活 + 温度
- (8) 静 + 风 + 支座位移

3.3 结构分析与设计

本工程结构分析采用浙江大学空间结构研究室编制的空间网格结构设计软件 MSTCAD 进行结构分析。为了达到最佳技术经济指标,对网壳高度根据文献[1]进行优化分析,最后选定网壳高度为 3.2m。对网壳支承条件的选取,在结构分析时也进行了比较分析,表 3 给出了上下弦双排对边支承,上弦对边支承,下弦对边支承 3 种支承情况下网壳的最大支座反力,杆件最大拉压力及一、二期网壳总体用钢指标。最

后,在结构设计中采用了双排对边支座,以提高结构的整体稳定性,减少杆件的最大拉压力,确保整个结构的空间作用。

表 3 不同支承条件网壳分析比较						kN
	最大支座反力			杆件最大内力		综合用 钢量/ (kg·m ⁻²)
	R_x	R_y	R_z	拉力	压力	
上下弦双排对边支承	140	310	1 370	1 160	1 068	61.0
上弦对边支承	197	290	710	1 450	1 310	74.1
下弦对边支承	200	330	630	1 361	1 250	70.0

由于本工程分一、二期实施,结构分析及设计中考虑了前述 3 种使用工况,并进行了最不利的受力组合作为选择杆件及球节点的设计依据。本工程网壳跨度 100.4m,杆件内力较大,鉴于高强螺栓受力的限制,部分节点不能采用螺栓球,此外,考虑到二期工程扩建的方便,因此,本工程全部采用焊接球节点,这虽然增加了网壳现场组装的难度,但使网壳的刚度和安全度都有所提高。

本工程干煤棚煤场堆煤高度为 12m,存在大面积堆载作用,为了减少大面积堆载引起的地基不均匀沉降对网壳支座

产生强迫位移的影响,除采用预压法对煤场进行预压外,在干煤棚基础设计中,采用预制钢筋混凝土方桩基础,且在基础周围用深层搅拌桩对基础予以加固和保护,以减少大面积堆载产生不均匀沉降及基础侧移对网壳结构的不利影响。

3.4 网壳计算结果与参数

根据上述结构选型与结构分析,本工程网壳设计有关基本数据如下:网格尺寸 4.0m ×4.0m,网壳厚度 3.2m,网壳杆件规格:φ76 ×3.75 ~ φ219 ×14.0 等 10 种管径;外径 140mm 时,采用高频电焊管或无缝钢管,外径 > 140mm 时,采用无缝钢管。网壳采用焊接球节点规格有 φ350 ×14.0,φ450 ×16.0,φ450 ×18.0(带肋),φ500 ×20(带肋),网壳支座球最小选用 φ450 ×16。

本工程网壳主要计算结果如下:杆件最大拉力 1160 kN,最大压力 1068 kN,节点最大竖向位移 194 mm,最大竖向支座反力:压力 1370 kN,拉力 940 kN,最大水平支座反力 310 kN。

3.5 结构防锈防腐设计

结构防锈、防腐处理是干煤棚网壳设计中的一个重要内容,一般有两种处理方法。一种是按常规网壳作防腐处理,但在结构设计中适当加厚钢管壁厚,使其达到一定的使用周期,另一种是针对干煤棚中煤及其衍生物特有的腐蚀性,采用喷砂(酸洗)除锈、喷涂防锈效果较好的环氧富锌底漆两度,再涂防腐质量较好的防腐漆(如聚氯乙烯等)三度,该方法也可使干煤棚防腐期达到 15 年以上。本工程选用的是后一种防锈防腐处理方法。

4 网壳制作与安装

本工程干煤棚网壳的施工方法采用地面四角锥块体制作,网壳东端头搭设拼装架(脚手架),配合一台 120t 塔吊进行高空拼装,拼装成型为滑移单元,采用两台 5 ~ 10t 慢速卷扬机牵引二支点逐条积累整体滑移至设计位置。

圆柱面干煤棚网壳根据其结构特点和施工单位的技术条件,一般有“散装法”,“拼装架滑移法”,“网架逐条积累整体滑移法”等施工方法,经过可行性研究及技术经济比较,最后选定了网架逐条积累整体滑移方案。该施工方法脚手架及起重设备用量小,并适用地面分块制作和高空拼装这一特点,可减少高空作业量,但施工时支座水平推力大,滑移施工技术要求高。

大跨度网壳逐条积累整体滑移有两种滑移方法,一是三支点滑移,还有一种是二支点滑移。三支点滑移拼装架在平面上呈丁字形,除底支点处设滑轨外,网壳跨中顶部再设一条滑轨,形成三支点滑移。三支点滑移网壳安装在施工过程中

中使网壳跨度减小,施工验算容易通过。不足是为了加设一条滑轨,需要在网壳纵向搭设高度大致为网壳矢高的拼装架。二支点滑移仅需在网壳端部搭设拼装架,在网壳底部两端设置滑轨即可形成。二支点滑移在施工过程中,由于网壳支座约束释放,会产生较大的施工应力,进行网壳滑移施工验算及采取相关的技术处理措施,是二支点滑移成功的关键。本工程经过施工验算和采取增设地拉索等技术措施,最终采用了二支点逐条积累整体滑移施工方案。

本工程网壳采用二支点逐条积累整体滑移安装,共分 6 个滑移单元,1 个补空单元。第 1 单元 3 个节间,向前滑移 8m,第 6 滑移单元共 13 个节间,总滑移进程 48m。为了减小网壳支座水平推力,每滑移 4m,各支座处设一道地拉索,第一、二个支座双股,其它单元单股。在网壳滑移就位,第 7 单元补空焊接完,整个网壳质量检验合格后方可进行支座就位,内排支座散装焊接,外排支座下有滑移轨道,需先将 4 根螺杆插入基础预留孔,并安装垫片和螺帽,然后进行高压灌浆,焊好两侧挡板,塞填垫层混凝土。

本网壳工程由陕西机械施工公司制作与安装,整个网壳结构于 1999 年 6 月开始施工,1999 年 9 月安装竣工。

5 结 语

(1) 苏州工业园区华能发电厂干煤棚网壳采用本文提出的网壳结构形式能满足实际工程的要求,且能方便一、二期网壳的拼装、连接。

(2) 在大跨度干煤棚网壳结构的设计中,网格划分及网壳高度对网壳结构的经济性存在较大的影响,在满足工艺要求的情况下,应力求采用优化设计的原理对网壳结构进行优化设计,以获得较佳的技术经济指标。

(3) 大跨度柱面干煤棚网壳支承形式对结构的支座反力,杆件内力等存在较大的影响,在干煤棚网壳的设计中,应考虑具体的工程特点,选用与之相匹配的支承形式。

(4) 大跨度干煤棚设计中,风荷载是主要荷载,风载体型系数应根据风洞试验或相类似工程试验结果选用。

(5) 干煤棚网壳结构设计应考虑防锈防腐处理。

(6) 大跨网壳结构在施工技术条件具备时,采用逐条积累整体滑移法可以取得明显的技术、经济效益。

参考文献

1 单鲁阳,严慧. 大跨度双层圆柱面网壳结构的优化分析. 建筑结构学报,1999,20(6):47 ~ 55
2 高博青,董石麟. 台州电厂干煤棚设计. 建筑结构学报,1998,19(1):71 ~ 72

信 息

万通集团要做中国最大的独立式住宅的供应商和服务商。随着信息化新经济社会的到来,过去的生产 流通 分配 消费四种相对独立的流程环节,将被网上定制和网下服务新的商业模式所取代。在这种新经济模式下,传统的即全能的房地产开发商将会越来越少,逐步分化成了发展商和集成商,或是接单生产的物业经营者、建筑承包商及资源管理商等。万通正逐渐由全能开发商向房屋供应商和服务商转型,不再大面积储备土地,专心做好住宅,首先从独立式住宅做起,试图在商业模式上有所创新。

