

严寒地区电厂建筑节能设计初探

刘晓澜

(四川电力设计咨询有限责任公司,四川成都 610016)

摘要:中国已探明化石能源储量中,煤的比重超过九成。这种能源资源结构,决定了在相当长的时间内,火力发电仍会在中国电力生产中扮演主角。在这种既受资源约束又要大力推进节能减排的背景下,电厂的节能问题便显得十分重要。而如何降低电厂建筑的能耗,使之符合国家节能减排的政策,也成为建筑设计人员必须重视的课题。笔者以新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产电厂的设计为例,探讨如何将建筑节能技术应用在严寒地区的电厂建筑设计中,供读者参考。

关键词:新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产电厂;严寒地区;火力发电厂建筑节能设计

中图分类号: TU201

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)S2-082-04

当前,在科学发展观的引领下,中国经济社会发展正进入一个历史性的转型期,即从过去的以高消耗、高排放、高污染为特征的粗放型发展模式,转为探索一种以资源节约、环境友好为标志的可持续发展模式。而要顺利实现这一转型,节能是一个重点。据资料显示,中国建筑能耗在全社会能耗中的占比接近 1/3。由此可见,建筑节能的潜力很大。

自“九五”计划以来,随着《民用建筑节能条例》、《公共建筑节能设计标准》等一系列法规和标准的出台,推动国内民用和公共建筑领域在节能方面取得了很大的成绩。在建筑业占相当大比例的工业建筑,则由于使用功能、能耗情况等较之民用建筑更为复杂多样,国家尚未出台统一规范的建筑设计标准。但 2010 年 8 月颁布的《绿色工业建筑评价导则》(已完善为《绿色工业建筑评价标准》并于 2013 年 8 月发布)为工业建筑的节能设计确立了总的方向和原则。参照该标准和《公共建筑节能设计标准》,并结合不断问世的节能技术和材料,在具体的工业建筑节能设计方面仍然大有可为。

2011 年,在新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产电厂的建筑设计中,笔者参照《绿色工业建筑评价导则》和《公共建筑节能设计标准》、《公共建筑节能设计标准新疆维吾尔自治区实施细则》,强化了设计中的节能理念,选用了适应当地具体情况的节能技术和材料,取得了较好的节能效果。

1 工程概况

1.1 工程概况

新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产电厂总投资 25 亿元,所建机组单机容量是目前奎屯、乌苏、独山子“金三角”地区最大的,不仅可为新疆电网每年提供约 49 亿度的电量,还可为奎屯独山子经济技术开发区工业园区及本企业石化、煤化工项目供应动力蒸汽和采暖用气。

本期工程建设规模为 2×350 MW 燃煤、空冷、超临界抽凝式供热机组,同步建设烟气脱硫脱硝装置+1×75 t/h 中温中压链条炉,并预留扩建条件。

1.2 气候特点

该项目位于新疆维吾尔自治区奎屯市奎屯—独山子经济技术开发区,地处天山北麓,准噶尔盆地西南缘。这一地区属于北温带中等温度气候,四季温差变化大,冬季极端最低温度达到 $-36.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1966-12-20),采暖期室外平均温度 $-9.1\sim-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,冬季采暖计算温度 $-21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,采暖天数 150 d;根据中国建筑气候区划图,新疆奎屯市位于第Ⅶ建筑气候区,属于严寒地区 A 区。

2. 建筑节能设计的总体思路

建筑节能是指在保证提高建筑舒适性的条件下,合理使用能源,不断提高能源利用效率。火电厂作为工业建筑中的一种类别,既有与民用建筑及其

他工业建筑节能相同(通)的方面,又有自身的特点。结合火电厂的工艺设备运行的特点,综合利用能源,考虑厂区总平面布置、建筑围护结构等方面,提倡新技术、新工艺、节约土地资源,达到建筑节能的综合目标。

节能建筑要得到推广,必须考虑成本问题。从目前的情况来看,节能建筑设计对建筑造价影响较小,约占总造价的5%左右(工业建筑占总造价的百分比更少)。

项目所在地为严寒地区,冬季长于夏季,冬季气候条件比夏季更严酷。因此建筑物节能的主要目标是充分满足冬季保温的要求,一般可不考虑夏季防热。据统计,中国严寒地区建筑能耗占当地社会总能耗的50%以上,其中主要是采暖所耗。所以在设计时,必须紧紧围绕如何减少采暖能耗这一主要目标来进行。

在本工程中,电厂内各建筑根据要求须设集中采暖设施,部分建筑物还设有空调系统。考虑到全厂建筑物的使用功能与耗能情况差别较大,首先对全厂建筑物使用功能、采暖和空调系统能耗情况、人的舒适性要求及设备散热情况进行了分类,然后分别制定相应的节能措施。为了强化节能效果,对本项目的生产建筑中那些基本上都采暖或有空调能耗,但对室内环境的舒适性要求不高的部分,在经过成本和效益测算后,仍采取了建筑节能措施。

考虑本工程地属新疆维吾尔自治区,建筑节能设计还应依照新疆维吾尔自治区地方标准《公共建筑节能设计标准新疆维吾尔自治区实施细则》(以下简称《细则》)进行节能设计。

1)厂前区建筑物是重点节能设计范围,包括行政办公楼、夜班宿舍及食堂综合建筑、车库、传达室等。这类建筑物设置有采暖系统和空气调节系统,能耗较大,人对室内环境的舒适性要求较高,建筑外装修标准较高,属于民用建筑,其节能设计均须严格按照国家现行公共建筑或居民用建筑节能设计标准的规定执行。

2)集中控制楼、网络继电器楼、运煤综合楼及运行办公及机炉维修楼与锅炉补给水处理车间联合建筑等建筑物,设置采暖系统和空气调节系统,能耗较大,人对室内环境的舒适性要求较高,但建筑外装修标准不是太高。此类建筑设计时应在满足工艺要求的前提下,参照现行公共建筑节能设计标准,且应符合《细则》的规定。

3)主厂房、转运站、运煤栈桥及化学建筑等供暖的主要生产建筑,热压风压作用明显,能耗大,但人

对室内环境的舒适性要求不高。此类建筑在满足运行、检修、维护、管理等要求的前提下,建筑物的围护结构根据不同的结构形式,采取相应的节能措施,尽量使其围护结构的传热系数限值符合《细则》的规定,保证围护结构密封性,减少冷风渗透。

3 建筑节能设计的具体措施

3.1 建筑布局设计

在电厂总图规划中,以满足生产工艺流程为前提,合理布置建筑物、构筑物的位置,将性能相同或生产关系密切的生产车间和设备组合为一个生产区,将功能相近的建筑合理组合,建筑物尽量采用联合建筑和多层建筑布置,将可有效地起到节能的作用。

在本工程设计中,将除灰和热机空压机布置在空压机房一个空间内,而空压机房和除尘控制室、配电间合为一体,形成空压机房及除尘控制综合楼多层建筑;运行办公及机炉维修楼与锅炉补给水处理车间联合建筑;夜班宿舍、食堂及浴室等附属建筑组合成联合建筑。这样一来就缩短了管线及交通运输路线,减少了围护结构的传热面积,可以大大节约能耗和土地资源,节省工程投资,最大程度的实现节能的目的。

3.2 建筑体型设计

建筑体形系数是指建筑物与室外大气接触的外表面积 A (不包括地面和不采暖楼梯间隔墙与户门的面积)与其包围的建筑空间体积 V 的比值。体形系数越大,说明单位建筑空间所分担的热散失面积越大,能耗就越多。严寒和寒冷地区建筑体形的变化直接影响建筑采暖能耗的大小。建筑体形系数越大,单位建筑面积对应的外表面面积越大,传热损失就越大。研究表明建筑体型系数增加10%,建筑物的累计耗热量增加5%~10%。因此,控制体型系数是有效的节能途径。

建筑物的体形系数不应超过0.30,若体形系数大于0.30,则屋顶和外墙采取措施加强保温。本项目降低体型系数方法为:

- 1)减少建筑面宽,加大建筑进深;
 - 2)适当增加建筑物层数,加多层数一般可以加大体量,降低耗热指标;
 - 3)在满足使用要求的前提下,采用较低的建筑层高;
 - 4)加大建筑物长度或增加组合体;
 - 5)建筑体型避免不必要的复杂凹凸;
- 通过以上措施,本工程的建筑物的体形系数基

本上控制在 0.30 以内。

以厂前区的行政办公楼为例:在充分满足建筑物使用功能的前提下,强化了节能的理念。设计时采用了简洁的一字型体和较大的建筑进深,使整个办公楼体积 $V=18\,549.3\text{ m}^3$,与室外大气接触的外表面积 $A=3\,812.88\text{ m}^2$,体型系数 $=A/V=0.205$,低于《公共建筑节能设计标准》4.1.2 条规定的严寒、寒冷地区建筑的体型系数应小于或等于 0.40 的限值。

另一方面在进行室内设计时与工艺专业紧密配合,优化设计,使设备布置更合理、紧凑,减少不必要的面积和体积,充分利用室内空间。在本工程中,利用煤仓间的空间,将集控楼的部分房间布置在煤仓间内,从而减小了集控楼室内外空间,达到节能的目的。

3.3 墙体的节能设计

在建筑能耗中,外围护结构的占比较大,而墙体又占了很大的份额,所以发展外墙保温技术及节能材料是建筑节能的主要且有效的实现方式。在严寒地区,墙体的节能保温系统对于建筑节能至关重要。建筑墙体不仅要满足不同温度带的热阻值指标,而且要规定墙体不得超过相应的厚度,以促进节能材料和技术的推广应用,实现墙体节能和墙体革新。电厂生产建筑和生活建筑须根据不同节能要求,选择不同的保温材料和建筑构造。

本工程所在地属寒冷地区 A 区,根据《细则》,建筑体型系数 ≤ 0.3 的情况下,外墙(包括非透明幕墙)传热系数限值 $K \leq 0.50\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

本工程建筑墙体主要采用墙体外保温系统、加气混凝土砌块单一墙体保温系统和夹芯压型钢板外墙板保温系统。

主厂房是发电厂的最主要建筑,是全厂建筑的中心;而且主厂房体量较大,对节能设计至关重要,所以选用了夹芯压型钢板。该钢板节能效果好,且具有耐候性强、自重较轻、质感好、施工方便,可缩短施工周期等优点。因此主厂房的外墙 12.600 m 以上采用压型钢板复合保温墙围护,夹芯保温材料为 100 厚超细玻璃丝棉;锅炉采用压型钢板复合保温墙做紧身封闭。运煤栈桥采暖能耗也比较大,且建筑高度高,运行条件普遍比较差,因此也采用压型钢板复合保温墙围护。

本工程的厂前区建筑、集中控制楼、网络继电器室、运煤综合楼及运行办公及机炉维修楼与锅炉补给水处理车间联合建筑等所有采暖和空调能耗的生产建筑及主厂房 12.600 m 以下采用 250 厚加气混

凝土砌块($A5.0, \leq 700\text{ kg}/\text{m}^3$) + 60 厚阻燃型 EPS 板,涂料饰面,燃烧性能需达到 B1 级,墙板传热系数 $K \leq 0.47\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,该地区外墙传热系数限值 K 值的要求,并能有效防止结构梁柱等部位产生冷桥。

3.4 门窗的节能设计

建筑门窗是建筑外围护结构的主要耗能构件,其热损失为墙体的 5~6 倍,其传热量占建筑外围护结构的总耗热量的 30~40%,是建筑围护结构热工性能最薄弱的环节。提高门窗的保温隔热性能是降低建筑长期能耗的重要手段之一。

在电厂的设计中,首先须控制建筑物的窗墙比,在保证自然采光的范围内,尽量减少开窗面积;其次,选用气密性能、保温性能好的节能门窗,采用中空玻璃窗提高窗户的保温隔热性能(外窗的气密性不低于 4 级,透明幕墙的气密性不低于 3 级)。通过控制窗墙比、采用节能门窗和中空玻璃窗三种措施,可以提高建筑外围护结构节能性能,有效降低建筑的能耗。

本工程中,外门采用复合保温钢门,而进设备的大门的开启式尽量采用推拉或折叠式,以减少热量的流失,从而达到保温节能的效果。

厂前区建筑外窗采用 60 厚断桥铝合金节能窗,6+12A+6 中空玻璃,配单层 low-e 玻璃(银灰色),传热系数为 $2.51\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。其他生产建筑采用 5+9A+5 中空玻璃塑料平开窗,传热系数为 $2.98\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。采取节能措施后,外窗均能满足《细则》中规定的严寒地区 A 区门窗传热系数要求。

3.5 屋面的节能设计

屋面是建筑围护结构的重要组成部分,在达到节能标准的建筑中,其屋面的保温隔热性能为非节能建筑的 2~2.5 倍。因此做好屋面的保温与隔热对建筑节能也是十分重要的。

根据《细则》中规定,在寒冷地区 A 区,当建筑体型系数 ≤ 0.3 时,屋面传热系数 $K \leq 0.45\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

对保温材料的选择本着经济、适用、就地取材的原则,在本工程中屋面保温材料选用了当地常用的憎水膨胀珍珠岩板和挤塑聚苯板,其最小应用厚度应满足《标准》的相关规定。

通过计算热工性能,屋面做法采用 20 厚 1:2.5 水泥砂浆保护层;90 厚挤塑聚苯板保温板;防水层;30 厚 C20 细石混凝土找平层;钢筋混凝土板,其传热系数为 $K=0.36\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,满足传热系数 $K \leq 0.45\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的规定。

3.6 构造细部节能措施

在严寒地区的冬季,外门的频繁开启造成室外

冷空气大量进入室内,导致采暖能耗增加。设置门斗可以避免冷风直接进入室内,在节能的同时,也提高门厅的热舒适性。因此,厂前区建筑入口都设置了门斗,对主厂房、集中控制楼、运行办公及机炉维修楼与锅炉补给水处理车间联合建筑等建筑的人流进出频繁的人口也设置了门斗。节能措施可行且效果明显。

另外,门、窗框与墙体之间的缝隙,采用硬泡聚氨酯发泡剂、聚氯乙烯泡沫塑料等软质保温材料堵封;并用嵌缝密封膏密封。提高气密性,减少冷风渗透。

3.7 节能效果分析

严寒地区建筑能耗主要为采暖所致,降低采暖能耗是节能的核心。而控制外围护结构的传热系数,使之符合《细则》,是实现节能目标的关键。

本工程通过采取联合建筑,减小建筑物的体形系数,合理选择建筑物外围护结构材料,合理控制开窗面积,提高门窗的气密性,大力推广双层中空窗等节能措施,有效的减少了建筑物的占地指标,减低了围护结构的传热面积和传热系数,降低了建筑物的采暖和空气调节系统能耗,使全厂建筑物节约能耗约 60%。

4 结束语

新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产电厂地处严寒地区,在设计中,我们对建筑节能设计进行了初步的探讨和实践,首先对全厂建筑物根据其使用功能、采暖和空调系统能耗情况进行分类,而后分别采取不同的建筑节能措施。这种设计思路得到了工程建设总承包上海电气集团电站公司的认同。

通过本工程的设计,笔者深切感受到电厂建筑节能设计是一项十分重要而又有相当难度的工作。节能的理念体现在建筑设计的方方面面,而且贯穿从构造措施到计算选材,从定性到定量等各个环节中。作为电厂建筑设计者,除了应自觉提高节能意识,更重要的是要会结合电厂建筑的特点加以灵活运用,在设计实践中逐步掌握正确的、经济合理的建筑节能设计方法,设计出美观实用、节能环保的电厂建筑。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 新疆维吾尔自治区建设厅. XJJ034—2006 公共建筑节能设计标准新疆维吾尔自治区实施细则[S]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区建设厅,2006.

(编辑 郑洁)