

世界首例超高压 110KV 固体蓄热电锅炉热源厂设计研究

林桂红

中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100024

摘要: 世界首例超高压 110KV 固体蓄热电锅炉热源厂。

关键词: 超高压; 110KV; 热源厂

Design and Research on the World's First Ultra-high Pressure 110KV Solid Thermal Storage Electric Boiler Heat Source Plant

Guihong Lin

MCC Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100024, China

Abstract: The world's first ultra-high pressure 110KV solid thermal storage electric boiler heat source plant.

Keywords: ultra-high pressure; 110KV; heat source factory

1 项目背景

崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目位于河北省张家口市崇礼区西二道沟村, 原有二道沟热源厂附近, 崇红公路南侧。

张家口市具有丰富的风电资源, 为可再生资源利用打下基础。为进一步提高可再生资源就地消纳水平, 改善崇礼区大气环境质量,

第 24 届北京冬奥会, 为落实申办奥运清洁能源的承诺以及国家相关要求, 根据张家口市煤改电政策, 对崇礼区丰汇热力有限公司所属的二道沟热源厂的供热锅炉实施煤改电替代。在原有二道沟热源厂西侧新建崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目。

2 项目概况

根据《张家口市清洁供暖规划(2018—2021)》, 崇礼区供热能源规划为电供暖。

张家口市崇礼区集中供热由张家口崇礼区丰汇热力有限公司负责, 丰汇热力有限公司成立于 2010 年 7 月, 集中供热热源现有二道沟热源厂 2 台 58 兆瓦燃煤锅炉。锅炉房加热的水通过双管闭式管网(一级网)输送到小区热力站, 经热力站换热后再向热用户供热。供热主管网管径为 DN800, 分布在城区的换热站共有 18 个。热水管网的运行供、回水温度为 95/55℃, 设计压力 1.6MPa。

在原有二道沟热源厂旁边进行新建崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目, 与市政给排水系统连接可利用原有厂区内的现有设施(见图 1)。

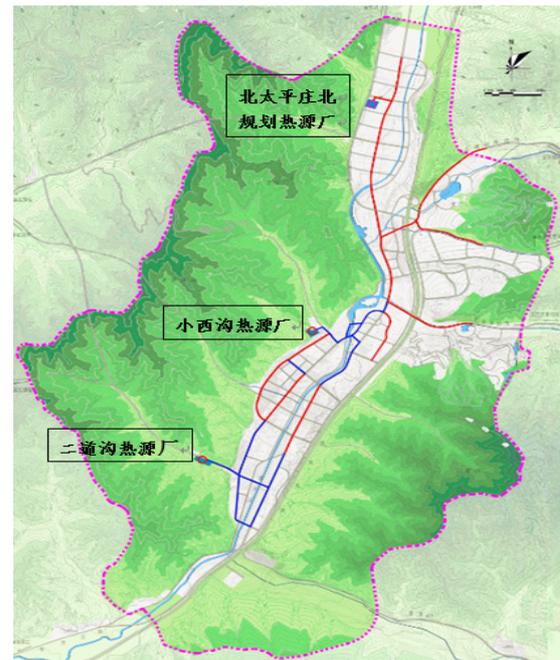


图 1 现有热源位置示意图

目前, 热源厂各有 1 路 10kV 电源, 充分利用现有变压器满足水泵、风机、照明、办公等用电设备需要。蓄热电锅炉用电需要从上一级变电站引入, 二道沟热源厂距离位于红旗营的 220kV 紫山沟变电站直线距离约 7km 左右, 以 1.5 倍山地系数计算距离, 约 10.5km。

崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目, 供热范围为: 崇礼区城区原二道沟热源厂负担的供热面积。

二道沟热源厂煤改电项目电蓄热锅炉装机容量为 194MW, 实现供热面积 154 万 m²。

2.1 锅炉负荷的计算

对于固体蓄热锅炉供热，首先考虑利用当地的峰平谷电价，采用电蓄热锅炉供热，降低用电成本。崇礼区峰平谷时段电价见表 1。

表 1 崇礼区峰平谷时段电价

分类	时段(时长)	电价(元/kW·h)
低谷电	20:00~8:00 (12 小时)	0.15
高峰电	8:00~20:00 (12 小时)	0.536

基于崇礼区峰谷电价分析，在夜间低谷电时段（崇礼区的夜间低谷电时段为 20:00~8:00）采用“边蓄边供”的形式供暖，在白天用电高峰时段采用蓄热能量给城市供热，白天 12 小时峰电时段负荷取占夜间 12 小时低谷电时段负荷的 100% 计算。

根据崇礼城区规划建设情况，确定本项目供热范围为总供热面积 154 万 m²，热指标 60W/m²。

热负荷计算：

$$Q_{max}=q \times A$$

式中：Q_{max}——采暖设计热负荷，W；

q——采暖热指标，W/m²；

A——采暖面积，m²。

二道沟供热 154 万 m²，采暖设计热负荷：

$$Q_{max}=60 \times 154 \times 10^4 W=92.4 MW$$

蓄热用电锅炉功率计算：因为采用夜间 12 小时蓄热，在完成夜间供热的同时，为白天供热负荷蓄热，锅炉输入功率为供热负荷的 2 倍。并考虑 95% 的锅炉效率，因此蓄热电锅炉输入功率为：N₁=92.4 × 2 ÷ 0.95=194MW，设 4 台 110kV 固体蓄热锅炉，单台锅炉输入功率为 48.5MW，蓄热功率为 23.5MW，输出功率 25MW。

2.2 固体蓄热电锅炉选型

固体蓄热电锅炉机组通电之后，蓄热装置内的加热元件产热，将电能转化为热能，热量产生后通过热交换将热能储存蓄热装置的蓄热体中，储能装置温度可达到 500℃。蓄热装置的外层采用高温隔热保温层，使装置内蓄热体与外环境隔热，防止热量散失过快，从而提高热源利用率。在热量释放过程中，被储存的热量通过循环引风机有序向外释放，循环引风机的风扇由变频调速电机驱动。当蓄热装置供给热量传输时，装置可按照预先设定好的工作程序，使离心引风机运转提供循环高温空气。循环的高温空气可以通过换热器并对循环水系统中的水进行热交换，热水由循环水泵经供暖系统送到末端设备，达到供热、供暖目的。

固体蓄热电锅炉的运用已在 10 年以上，电压等级从 10~66kV，应用单位上百家，锅炉台数上千台，最大供热负荷 320MW，积累了丰富的经验，具备了先进可靠的技术（见图 2）。其中已有四座 66kV 固体蓄热电锅炉调峰热源厂，供热负荷在 260~320MW，设备稳定运行三年以上，通过运行效果证明，制造设备基本解决了蓄热砖结构容易变形和电

炉丝容易老化的难题，为高电压大功率固体电蓄热锅炉技术在生产供暖用电蓄热锅炉方面的应用提供了经验。

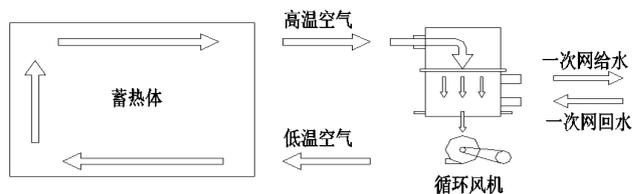


图 2 固体蓄热锅炉供热工作示意图

蓄热用电锅炉功率计算：因为采用夜间 12 小时蓄热，在完成夜间供热的同时，为白天供热负荷蓄热，锅炉功率为供热负荷的 2 倍。并考虑 95% 的锅炉效率。

考虑到设备参数一般为整数，且大小互为备用，热源厂热源设备选型推荐容量见表 2，二道沟选择固体蓄热电锅炉的推荐容量见表 3。

表 2 热源厂热源设备选型推荐容量表

名称	110kV 固体蓄热锅炉
二道沟	48.5MW × 4

采用 110KV 固体蓄热电锅炉，只需建设 110kV 开闭站，可以降低变电站投资费用。

每台设备根据不同的工作电压，按国家标准空气放电 1.2~1.5 倍的距离，设计固体蓄热体相间空气间隔，确保设备在使用中不发生绝缘击穿。同时始终坚持设备安装完成后，必须通过安装所在地电力系统的现场检测，各项测试数据及设施环境达到投运要求，再上网工作。

固体电蓄热炉是纯阻性负载，在投切运行时不会产生冲击电流和冲击电压，也不会产生谐波。尤其是采用独立间隔供电的设备，设置好继电保护定值，不会影响电网供电。

2.3 热力循环系统

由于工期较紧，保留原有锅炉房，作为备用热源，因此本项目均不利用原有设备。本项目热力系统均为新建，与原锅炉房并联。热网 55℃ 回水由厂区内 DN700 或（DN800）回水管道引入锅炉房热网循环水泵间内，经过锅炉提温后，加热成 95℃ 高温热水后汇入厂区 DN700 或（DN800）供水母管，然后送至各用户换热站。

设备参数参考原有锅炉供热系统参数，二道沟锅炉房一次网采用分布变频泵系统，热源厂循环泵扬程较低（见表 4）。

供热调节：

热水管网运行调节采用减量调节，随着室外温度的变化，热网供水温度与流量发生变化。

二道沟锅炉房采用分布变频控制系统，即热源厂的循环水泵仅负责热源厂内部的水循环系统阻力，区域热力站根据自己的需求各取所需。这种控制系统，热网平衡调节方便，节省运行费用。而对于热源循环泵的选择，只要能够满足总流量和克服热源到压差控制点的阻力即可，这样可大大降低

热源循环泵的扬程，使得热源循环泵电机功率下降许多。各控制一次网的流量，从而调整供热负荷，就构成了分布式变频系统（见图 3）。热力站内一次侧设循环水泵，根据供热负荷调节泵的转速，

表 3 二道沟锅炉房固体蓄热电锅炉参数

序号	列项	技术参数	备注
1	电蓄热炉	DCL-110N-A-48500×4 台	
2	额定电压	110kV	
3	额定功率	48500kW×4 台	
4	输出介质	55℃~95℃	热水
5	热输出功率	25000kW×4 台	变频控制输出
6	蓄/放热时间	12h/24h	
7	固体蓄热使用温度范围	150℃/500℃	
8	最大蓄热量	300000kWh×4 台	
9	换热器输出接口	DN100	
10	加热方式	纯阻性加热	电热合金
11	固体蓄热体工作压力	常压	
12	热交换器	30 组×4 台	
13	换热器出厂测试压力	2.5MPa	
14	单台热交换器流动水阻	≤ 90kPa	
15	热交换器风机	60 台×4 台	变频控制调速
16	储能体测温点	15 支×4 台	K 型热电偶
17	热交换器测温点	30 支×4 台	K 型热电偶
18	短频耐受电压	≥ 160kV	
19	对地绝缘电阻	≥ 15MΩ	
20	保温层温升	≤ 25℃	环境温度
21	运行方式	自动/手动/远程	
22	设计寿命	20 年	
23	设计热效率	95%	
24	储能体载荷	130kN/m ²	
25	热交换器及保温壳体载荷	60 kN/m ²	
26	其他部分载荷	40 kN/m ²	

表 4 二道沟热力循环系统主要设备选型

项目名称	规格	单位	数量	备注
循环水泵（变频）	Q=2200t/h, H=30m, N=220kW	台	3	两用一备
补水泵（变频）	Q=180t/h, H=44m, N=37kW	台	2	一用一备
加压水泵（变频）	Q=85m ³ /h, H=30mH/2O, N=37KW	台	2	一用一备
全自动水处理	处理水量 80t/h, 双阀双罐	台	1	
解析除氧器	处理水量 80t/h	台	1	
软化除氧水箱	40m ³	台	1	
自来水箱	40m ³	台	1	
旋流除污器	DN800, 过滤精度 100 目	台	1	
管网析气装置	单台处理水容积 Q=300m ³ /	套	2	
阀门	组合件	套	1	
托座	组合件	套	1	



图 3 分布式变频系统

3 结论

崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目为世界首例超高压 110KV 固体蓄热电锅炉热源厂，为第 24 届冬奥会，使用清洁能源的顺利进行，立下汗马功劳，圆满完成奥运任务。

参考文献：

[1] 刘海威,宋盼想,刘智民.固体蓄热式电锅炉控制系统设计研究[J].2019.

[2] 王汝武.固体材料蓄热式电锅炉的研究[J].节能,2002(6):10-11.

[3] 王希鹏.固体材料蓄热式电锅炉的研究[J].城市建设理论研究:电子版,2018(4):1.

作者简介: 林桂红, 硕士, 从事建筑设计及其理论研究。

课题项目: 第 24 届北京冬奥会崇礼区城区二道沟热源厂煤改电项目。