

热电厂吸收式热泵回收循环水余热 供热技术及应用

王铁山
(山东省鑫峰工程设计有限公司, 济南 250100)

摘 要:分析了热泵循环技术和热电厂循环水余热的利用特点,指出应用吸收式热泵可将冷源损失热量转换为城镇供暖热源,系统解决目前热电联产集中供热系统存在的问题。以河北某热电厂 4×200 MW 机组为例,采用吸收式热泵后,全厂可增加供热量 300 GJ/h,每年可节省标准煤 34 000 t,并有效减少 CO₂, SO₂, NO_x 及烟尘的排放量,社会效益和经济效益显著。

关键词:热电厂;吸收式热泵;循环水;余热;供热

中图分类号:TM 621 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2017)08-0024-02

0 引言

热电厂机组蒸汽做功后,经凝汽器循环水被带走热量,排入冷却水塔,这部分散失到大气中的热量叫冷源损失。若将这部分排入大气的热量回收后用于对城镇供热,既能综合利用余热,又增加了电厂供热量,会产生良好的社会效益和经济效益。

1 热电厂循环水余热的利用特点

随着环境、气候的逐渐恶化,发展低碳经济、促进可持续发展成为人类社会未来发展的必然选择。“节能减排降耗”是目前我国社会经济发展的一个重要核心,而提高能源利用率、加强余热回收利用是节约能源、降低碳排放、保护环境根本措施。

吸收式热泵以蒸汽或溴化锂溶液为工质,对环境没有污染,不破坏大气臭氧层且高效节能。配备蒸汽或溴化锂吸收式热泵,可以回收利用工艺产生的废热,达到节能、减排、降耗的目的;此外,吸收式热泵还可以吸收利用地下水、地表水、城市生活污水等低品位热源的热量,同样可以达到节能降耗的目的^[1]。目前,作为集中供热热源的热电厂存在两个关键问题:一是汽轮机抽汽在加热一次网回水的过程中存在很大的传热温差,造成巨大的传热不可逆损失;二是抽凝式供热机组大量的汽轮机凝汽器余热通过冷却塔排放掉,一般凝汽式发电机组冷源损失为 30%~35%^[2]。将这部分凝汽用于供热,相当于在机组容量、排放量、耗煤量和发电量都不变的情况下,增加了热源供热能力,可为集中供热系统提供

更多的热量。

2 吸收式热泵

吸收式热泵热收支如图 1 所示,以汽轮机抽汽为驱动能源 Q_1 产生制冷效应,回收循环水余热 Q_2 加热热网回水,得到的热网供热量为消耗的蒸汽热量与回收的循环水余热量之和 $Q_1 + Q_2$ ^[3]。

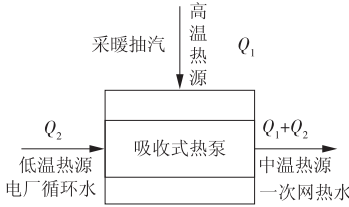


图 1 吸收式热泵收支

吸收式热泵的供热量等于从低温余热吸收的热量和驱动热源的补偿热量之和,即供热量始终大于消耗的高品位热源的热量,制热性能系数(COP) > 1.00,故称为增热型热泵。根据不同的工况条件,COP 一般为 1.65~1.85,由此可见,吸收式热泵具有较大的节能优势。吸收式热泵提供的热水温度一般不超过 98℃,热水升温幅度越大,则 COP 值越小。驱动热源可以是 0.2~0.8 MPa 的蒸汽,也可以是燃油或燃气。低温余热的温度 ≥ 15℃ 即可利用,一般情况下,余热热水的温度越高,热泵能提供热水温度也越高。

3 吸收式热泵在热电厂的应用

汽轮机凝汽器的乏汽原来通过循环水经双曲线冷却塔冷却后排放掉,造成乏汽余热损失,而循环水由 28.0℃ 经凝汽器后温度升至 31.5℃。现采用吸收式热泵,以 31.5℃ 的冷却水作为低温热源,以 0.5

MPa 的抽汽作为驱动热源,加热 50.0 ~ 80.0 ℃ 的采暖用热网回水,循环冷却水降至 28.0 ℃ 后再去凝汽器循环利用。这样可回收循环水余热,提高电厂供热量,即提高了电厂总的热效率。吸收式热泵系统如图 2 所示。

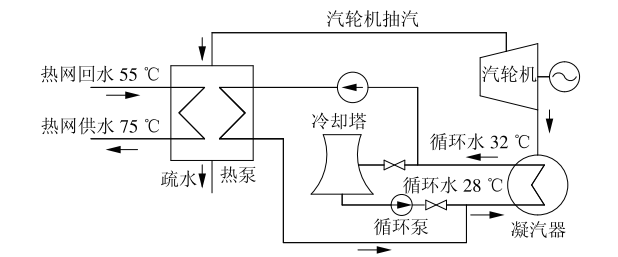


图 2 吸收式热泵系统

应用吸收式热泵可系统地解决目前热电联产集中供热系统存在的问题。

(1) 电厂的循环水不再依靠冷却塔降温,而是作为各级热泵的低温热源,原本白白排放掉的循环水余热资源可以回收并进入一次网,仅此一项即可使热电厂供热能力提高 50% 左右,综合能源利用效率提高 20% 左右。

(2) 各级吸收式热泵仍采用电厂原本用于供热的蒸汽热源,这部分蒸汽的热量最终仍然进入到一次网中,而利用凝汽器提供的部分供热,可减少汽轮机的抽汽量,增加汽轮机的发电能力,提高系统整体能效^[4]。

(3) 逐级升温的一次网加热过程避免了大温差传热造成的大量不可逆传热损失。

(4) 用户侧的吸收式换热机组将一次网供回水温差提高了 50% ~ 80%,意味着可以将管网输送能力提高 50% ~ 80%,可节约大量新建、改建管网投资,避免既有管网改建引起的一系列麻烦。

(5) 用户处二次网运行完全保持现状,非常利于大规模的改造项目。

4 工程应用

河北某热电厂 4 × 200 MW 机组分两期工程建成,对机组通流部分进行改造后,提高了总的对外供热量。目前热网分北网和南网:北网对外供给热水量为 9 000 t/h,分两级加热,供/回水运行温度为 132.7/55.0 ℃;南网供给热水量为 3 700 t/h,由尖峰加热器一级加热,供/回水温度为 130.2/66.0 ℃。电厂机组按最大抽汽量运行。热网加热器均为汽-水换热器,热源和冷源之间存在传热温差,必然存在做功损失。而回水温度低导致供水温度降低, #4 机组供应南线热网,在增加高压抽汽量的同时又加大了各热网加热器间的换热温差,进而导致温差传热

的做功损失加大。为了合理利用这部分做功损失、回收部分余热,并利用吸收式热泵回收进入冷却塔的部分热量,对整个电厂的采暖抽汽进行了整合。北网 9 000 t/h、55 ℃ 回水通过吸收式热泵利用 #4 机组 160 t/h 调节抽汽提升至 75 ℃,这样 #1, #2 机组供汽量由 810 t/h 减至 538 t/h,即将 75 ℃ 回水加热到 109 ℃,然后通过 #3 机组尖峰加热器由 109 ℃ 提升到 135 ℃ 供给热用户。南网 3 700 t/h、66 ℃ 回水经新增加的 2 台低压热网加热器利用 #1, #2 机组剩余蒸汽(232 t/h)加热至 108 ℃,然后进入 #4 机组尖峰加热器,将外网的温度提升到 147 ℃ 供给热用户。该电厂设计总供热量为 3 669.16 GJ/h,增加吸收式热泵并进行了抽汽整合后,供热量可达 4 181.81 GJ/h,即增加供热量 512.65 GJ/h,综合供热指标按 180 kJ/m² 计算,增加供热面积 284.83 万 m²,其中吸收式热泵可提高供热量 300 GJ/h,供热面积增加 167 万 m²。吸收式热泵回收凝汽器循环水释放到冷却塔中的热量,将这部分余热通过吸收式热泵加以利用,每小时可吸收热能 86 MW,提高了电厂供热量,降低了热电厂能源消耗,提高了电厂热效率;同时,可减少冷却水由于蒸发等带来的损失,冷却水塔补水量可减少约 80 t/h。该电厂热泵机组参数见表 1。

表 1 RHP200 型热泵机组参数

项目		单位	参数
制热量		kW	20 201
热 水	进/出口温度	℃	55/75
	流量	m ³ /h	900
	水压损失	kPa	108
	接管尺寸	mm	500
	水室承压(相对压力)	MPa	0.8
热 源 水	进/出口温度	℃	31.5/28.0
	流量	m ³ /h	2 039
	水压损失	kPa	64
	接管尺寸	mm	400
	水室承压(相对压力)	MPa	0.80
蒸 汽	压力(相对压力)	MPa	0.36
	流量	t/h	18.6
	蒸汽接管尺寸	mm	200 × 2
	凝结水接管尺寸	mm	80 × 2

该工程采用吸收式热泵后,全厂可增加供热量 300 GJ/h,每年可节省标准煤 34 000 t,可减少 CO₂ 排放 89 880 t、SO₂ 排放 289 t、NO_x 排放 252 t、灰渣排放 9 761 t。

供热工程全部实施后,社会效(下转第 28 页)

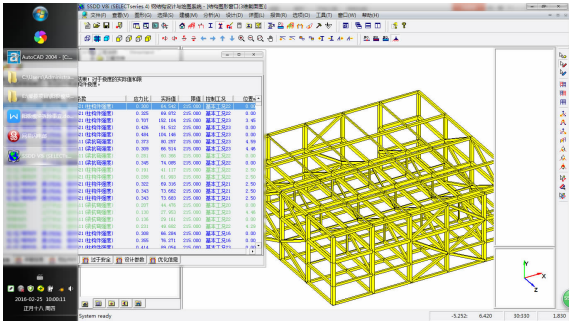


图 6 更换 C 模块拆除方案结构强度核算(截图)

8 t,单根滑道支撑质量为 4 t。计算结果显示支座反力为 24 kN,最大弯矩为 24.48 kN·m,弯曲正应力 95.10 N/mm²,小于抗弯设计值 215 N/mm²,支座最大剪切应力为 9.61 N/mm²,小于抗剪设计值 120 N/mm²,跨中挠度相对值 1/1 092.2,小于挠度控制值 1/250,故新增滑道设计满足结构强度要求。悬臂梁采用 300 mm×300 mm×10 mm 矩形管,每个模块设计荷载质量为 8 t,单根悬臂梁支撑质量为 4 t。计算结果显示支座反力为 48 kN,最大弯矩为 120.00 kN·m,弯曲正应力为 105.31 N/mm²,小于抗弯设计值 215 N/mm²,支座最大剪切应力为 9.30 N/mm²,小于抗剪设计值 120 N/mm²,跨中挠度相对值 2/804.8,小于挠度控制值 1/250,故新悬臂梁设计(上接第 25 页)益显著。

(1)回收发电厂循环冷却水余热供热,相当于在不增加电厂容量、不增加当地排放的情况下,扩大了热源的供热能力,提高了电厂的综合能源利用效率,同时可减少冷却水蒸发量,节省水资源,并减少向环境排放的热量。

(2)相比常规供热方案耗煤量大幅减少,既节约了大量能源,又减少了煤、灰渣在装卸、运输、贮存过程中对环境、交通及占地的影响。

(3)CO₂,SO₂,NO_x 及烟尘排放量减少,城市环境空气质量得到改善,

(4)集中燃煤锅炉房一般分散在建筑群中,如果离居民区及办公地点较近,锅炉运行过程中风机、水泵产生的噪声及运煤、除灰车辆产生的噪声会在一定程度上干扰居民的生活。而新建的吸收式热泵房虽然也是建在居住区中,但由于设备转动部件少,噪声很小,对居民生活的影响将降至最低。

(5)由于取消和不再新建燃煤锅炉房,将大大减少城市占地,有利于城市的建设和发展。

5 结束语

吸收式热泵循环水供热工艺提高了热电厂的综

计满足结构强度要求^[3-5]。

4 结束语

随着电站锅炉超低排放改造的推广,湿式除尘器因其成熟、稳定、可靠的性能得到了广泛应用,限于现有防腐技术手段及施工质量,同时考虑到阳极管在运行过程中因"电火花"造成的损坏,在湿式除尘器设计初期,阳极的布置应充分预留检修工作空间,同时在结构计算时考虑阳极更换的工况。

参考文献:

[1] 司徒有功. 超低排放湿式电除尘器方案的比较[J]. 江苏电机工程,2015,34(5):75-76.
[2] 建筑结构荷载规范:GB 50009—2012[S].
[3] 建筑抗震设计规范:GB 50011—2010[S].
[4] 钢结构设计规范:GB 50017—2003[S].
[5] 钢结构高强度螺栓连接技术规程:JGJ 82—2011[S].
(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

周平(1981—),男,湖北广水人,工程师,从事燃煤电厂环保改造项目施工管理工作(E-mail:zhoup@chec.com.cn)。

合能源利用效率,同时可以减少电厂循环冷却水蒸发量,节约水资源,并减少向环境排放的热量,具有非常显著的社会、经济与环境效益。在电力、冶金、化工、纺织、造纸、制药等行业的工艺生产过程中,也有综合利用的广泛空间^[5]。

参考文献:

[1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
[2] 大中型火力发电厂设计技术规程:DL 5000—2016[S].
[3] 陆耀庆. HVAC 暖通空调设计指南供暖通风设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996.
[4] 贺平,孙刚. 供热工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
[5] 曾享麟,蔡启林,解鲁生,等. 欧洲集中供热的发展[J]. 区域供热,2002(1):1-8.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

王铁山(1974—),男,内蒙古乌海人,工程师,从事热电厂热力系统设计研究工作(E-mail:mnuvw9876@163.com)。