



中华人民共和国国家标准

GB/T 39162—2020

火电行业(燃煤发电企业) 循环经济实践技术指南

Guidlines for circular economy practical technologies in
thermal power industry(coal-fired power generation company)

2020-10-11 发布

2021-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则 1

5 循环经济产业链 2

6 可循环利用资源种类 2

7 循环经济途径 3

8 循环经济实践技术 5

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 415)提出并归口。

本标准起草单位：中国标准化研究院、中国循环经济协会、安徽蕴德工程技术咨询有限公司、中国大唐集团科学技术研究院有限公司火力发电技术研究院、中国电力企业联合会、山东维统科技有限公司、大唐环境产业集团股份有限公司、山东标准化研究院、中国纺织科学研究院有限公司、天津国投津能发电有限公司、内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司。

本标准主要起草人：刘君霞、王秀腾、王永明、朱艺、郭占强、赵凯、付允、马德金、范莹莹、刘春霞、端木祥慈、高东峰、林翎、吕征宇、刘志强、马波伟、姚京裕、郭婷婷、金绪良、杨卫科、叶晋蒲、高志锐、李兴旺、潘荔、孙玉亭、高鹏、董磊、白玉勇、张厚羽、许爽、朱逢民、杨立君。

火电行业(燃煤发电企业) 循环经济实践技术指南

1 范围

本标准规定了燃煤发电企业发展循环经济的基本原则、循环经济产业链、可循环利用资源种类、循环经济途径以及循环经济实践技术。

本标准适用于以煤、煤矸石等为原料的燃煤发电企业(含企业自备电厂)。其他火电企业可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 21258 常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额
- GB/T 31329 循环冷却水节水技术规范
- GB 35574 热电联产单位产品能源消耗限额
- GB/T 35580 建设项目水资源论证导则
- GB/T 37785 烟气脱硫石膏
- GB/T 39161 行业循环经济实践技术指南编制通则
- GB 50014 室外排水设计规范
- DL/T 606.5 火力发电厂能量平衡导则 第5部分:水平衡试验
- DL/T 1337 火力发电厂水务管理导则
- DL/T 5046 发电厂废水治理设计规范
- DL 5068 发电厂化学设计规范
- DL/T 5513 发电厂节水设计规程

3 术语和定义

GB/T 39161 界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本原则

- 4.1 应运用循环经济发展理论,采用清洁生产、资源综合利用等措施构建企业发展循环经济的模式。
- 4.2 污染物排放应符合国家及地方排放标准、排污许可等强制性要求,各类重点污染物排放总量均不超过国家及地方的总量控制要求。
- 4.3 应遵循减量化、资源化及再利用的原则,通过采用节能、节水等新技术及技术集成,减少煤炭和水资源的消耗,实现行业内资源、能源利用效率的最大化。
- 4.4 应与相关行业进行物质代谢循环,积极消纳固体废物(煤泥、煤矸石等),产生的固体废物(粉煤灰、

脱硫副产物、废旧布袋、废催化剂等)应尽量符合建材、能源等相关行业利用标准,形成循环经济产业链。

5 循环经济产业链

燃煤发电企业以电力或热力的生产为主产业链,以电力或热力生产与建材、能源等相关行业以及社会生活之间发生的固体废物和余热、废水综合利用为延长产业链,主产业链和延长产业链构成火电行业的循环经济产业链。火电行业循环经济产业链示意图见图 1。

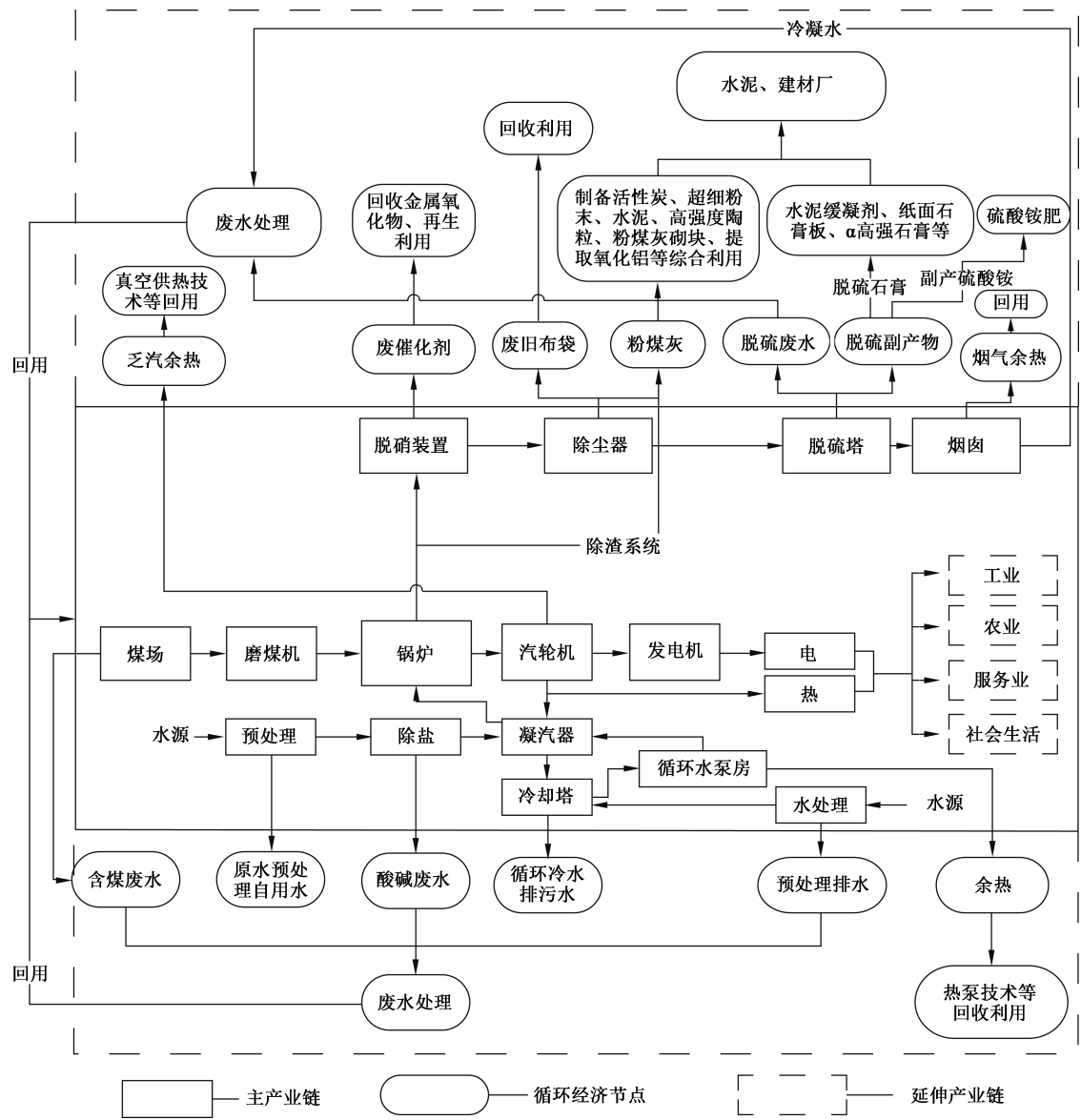


图 1 火电行业循环经济产业链

6 可循环利用资源种类

6.1 可重复利用主要废水种类

可重复利用主要废水种类见表 1。

表 1 可重复利用主要废水种类

序号	来 源	可重复利用主要废水种类	去 向
1	输煤系统	含煤废水	处理后回用至原系统
2	预处理系统	原水预处理水	处理后回用至原系统
3	除盐系统	酸碱废水	处理后回用至复用水系统或高盐废水处理系统
4	冷却系统	循环水排污水	处理后用于脱硫、除渣等系统
5	脱硫系统	脱硫废水	处理后回用至灰场或高盐废水处理系统

6.2 可综合利用的固体废物种类

可综合利用的固体废物种类见表 2。

表 2 可综合利用的固体废物种类

序号	来 源	可综合利用的固体废物种类	去 向
1	锅炉系统	粉煤灰	综合利用做建材、提取有价值元素等
2	除尘系统	粉煤灰、废旧布袋	综合利用做建材、提取有价值元素等
3	脱硫系统	脱硫副产物	综合利用做建材
4	脱硝系统	废脱硝催化剂	回收金属氧化物或再生利用

6.3 可回收利用的余热种类

可回收利用的余热种类见表 3。

表 3 可回收利用的余热种类

序号	来 源	可回收利用的余热种类	去 向
1	烟气系统	烟气余热	回收利用
2	冷却水系统	循环冷却水余热	回收利用
3	汽轮机系统	汽轮机乏汽余热	回收利用

7 循环经济途径

7.1 减量化途径

7.1.1 节能

7.1.1.1 新建燃煤发电机组应采用大容量、高参数发电技术，积极发展热电联产机组，供电煤耗应符合 GB 21258、GB 35574 及相关规定要求。

7.1.1.2 现有燃煤机组应因厂制宜采取汽轮机通流部分改造、锅炉烟气余热回收利用、冷却水余热回收利用、电机变频、供热改造、尿素催化水解等成熟适用的节能改造技术，实施综合节能改造。

7.1.1.3 燃煤发电机组应积极推进机组运行优化，加强电煤质量管理。

7.1.1.4 优化电力运行调度方式,提高燃煤发电机组负荷率。

7.1.1.5 应积极采用等离子点火或微油点火装置,减少燃油消耗。

7.1.2 节水

7.1.2.1 应按照 DL/T 1337 建立并完善水务管理体系,实现全厂用水过程的监督管理。

7.1.2.2 应依靠技术进步,采用成熟可靠的节水新工艺、新技术和新设备,降低各系统的用水量;同时应积极开发废水的重复利用技术,改进和优化废水处理工艺,不断提高复用水率和废水回收率,提高废水资源化程度。

7.1.2.3 节水工作应遵循雨污分流、梯级利用、分类处理、充分回收的原则,因地制宜、因厂制宜地选择成熟可靠、经济合理、设施便于维护的节水技术,在保证安全、经济运行的前提下合理利用水资源,提高用水效率。

7.1.2.4 应依据 DL/T 606.5 进行全厂水平衡试验,通过对各种取水、用水、耗水和排水水量及水质的测定,评价全厂用水情况,提出节水改进措施。

7.1.2.5 应按照 GB/T 31329、GB/T 35580、DL/T 5046、DL 5068、DL/T 5513 规定要求,在设计阶段考虑各种取水、用水优化的技术和措施,配置废水回收利用系统,装设在线水量计量、水质监测仪器,实现取水、用水、排水实时监测管控。

7.2 资源化及再利用途径

7.2.1 废水重复利用途径

7.2.1.1 应设置各类非经常性的废水贮存池,废水贮存池的有效容积应满足 GB 50014 的相关规定。

7.2.1.2 含煤废水处理返回原系统,补充水来自工业废水处理站净水或循环水排污水。

7.2.1.3 原水预处理站泥水经处理后返回本系统,泥饼外运。

7.2.1.4 酸碱废水处理回用至全厂复用水系统或高盐废水处理系统。

7.2.1.5 循环水排污水,当允许排放时,应优先用于脱硫、除灰渣系统,剩余外排;当不允许排放时,可用于脱硫、除灰渣及其他系统;也可经软化除盐处理后用于化学车间补水、工业级循环系统补水,浓水用于湿除灰除渣系统、输煤系统或高盐废水处理系统。

7.2.1.6 脱硫废水处理回用,剩余废水达标排放;有不外排要求时,根据水量设置浓缩减量、蒸发结晶、烟道雾化蒸发等工艺进行处理。

7.2.2 固体废物资源化途径

7.2.2.1 燃煤电厂产生的粉煤灰应满足 GB/T 1596 要求。

7.2.2.2 粉煤灰宜实现资源化利用,根据粉煤灰的物理化学特点,用于提取氧化铝、制备活性炭、生产普通硅酸盐水泥、粉煤灰水泥及混凝土、粉煤灰陶粒、粉煤灰陶瓷砖等。

7.2.2.3 燃煤电厂石灰石-石膏法烟气脱硫工艺产生的脱硫石膏的技术指标应满足 GB/T 37785 的相关要求。

7.2.2.4 脱硫副产物应实现资源化利用,用于生产石膏建材产品、水泥调凝剂等。

7.2.2.5 袋式或电袋式复合除尘器产生的废旧布袋应实现无害化回收利用。

7.2.2.6 失活烟气脱硝催化剂(钒钛系)按危险废物管理,优先进行再生,不可再生且无法利用的废烟气脱硝催化剂(钒钛系)宜进行无害化处置。

7.2.3 余热回用

烟气余热、冷却水余热及汽轮机乏汽余热应进行回收利用。

8 循环经济实践技术

8.1 节能技术

8.1.1 凝汽器真空保持节能系统技术

利用胶球清洗,在不停机的情况下自动清除凝汽器污垢,长期保持 95% 以上的收球率。正常运行后凝汽器清洁度提升并长期保持在 0.85 以上,从而提高机组性能,降低汽轮机能耗。可实现节能量 26 万 tce/a,减排 CO₂ 约 67 万 t/a。

适用于各类火力发电机组。

8.1.2 低温省煤器技术

在除尘器入口或脱硫塔入口设置 1 级或 2 级串联低温省煤器,采用温度范围合适的部分凝结水回收烟气余热,降低烟气温度从而降低体积流量,提高机组热效率,降低引风机电耗。预计可降低供电煤耗 1.4 g/(kW·h)~1.8g/(kW·h)。

适用于 300 MW~1 000 MW 各类型机组。

8.1.3 汽轮机通流部分改造技术

采用全三维技术优化设计汽轮机通流部分,采用新型高效叶片和新型汽封技术改造汽轮机,节能提效效果明显。预计可降低供电煤耗 10 g/(kW·h)~20 g/(kW·h)。

适用于 135 MW~600 MW 各类型机组。

8.1.4 凝汽式汽轮机供热改造技术

对纯凝汽式汽轮机组蒸汽系统适当环节进行改造,接出抽汽管道和阀门,分流部分蒸汽,使纯凝汽式汽轮机组具备纯凝发电和热电联产两用功能。供电煤耗一般可降低 10 g/(kW·h)以上。

适用于 125 MW~600 MW 纯凝汽式汽轮机组。

8.1.5 回转式空气预热器密封节能技术

利用转子热端径向自补偿间隙密封片和基于压力监测的自动漏风回收技术降低了空气预热器的漏风率,提高了锅炉系统的效率,降低供电煤耗。可实现节能量 5 万 tce/a,减排 CO₂ 约 13 万 t/a。

适用于 300 MW 以上锅炉机组的回转式空气预热器。

8.1.6 富氧点火稳燃节油技术

利用纯氧强化燃油和煤粉燃烧,引燃燃煤发电锅炉整个煤粉流。采用分级燃烧方式,降低煤粉着火温度,提高燃烧温度和燃烧效率,实现微油点燃全部一次风煤粉流,达到锅炉启停、稳燃、机组调试运行时节能的目的。

适用于燃煤发电锅炉所有炉型。

8.1.7 脱硝尿素催化水解技术

在 135℃~160℃,压力为 8×10^5 Pa 条件下,50% 浓度尿素溶液在催化剂作用下,发生催化水解反应,生成氨气、二氧化碳等混合气的一种技术。尿素催化水解技术较普通水解技术反应速度快约 10 倍以上,制氨系统负荷变化率达 13 min 以上,可大幅降低能耗、运行成本。

8.2 主要废水重复利用技术

8.2.1 含煤废水利用技术

含煤废水悬浮物浓度高、水质复杂,一般单独处理后循环利用。含煤废水宜采用“废水—沉淀—混凝澄清—过滤—循环使用”工艺,以去除废水中的煤粉等悬浮物,处理后出水悬浮物小于 10 mg/L,实现含煤废水循环利用。

8.2.2 纳滤处理技术

一般采用“澄清—多介质滤—粗滤—精滤—纳滤—回用”的工艺进行处理,处理后回用至补给水系统。

适用于原水预处理水软化、有机物和生物活性物质的除盐和浓缩、水中三卤代物的去除、不同分子质量有机物的分级和浓缩、废水脱色等。

8.2.3 过滤中和技术

废酸水进入酸调节池,经稀释后进入中和池,与废碱水进行初步中和。中和后的废酸水,通过装有石灰石的中和过滤器,进行中和反应。

适用于酸碱废水的重复利用。

8.2.4 膜微滤技术

一般采用杀菌剂、凝聚剂对水进行处理后进行微絮凝聚,再进行微滤、反洗等处理。

适用于循环冷却水排污水。

8.2.5 化学沉淀处理技术

采用“废水—曝气—pH 值调整—混凝—沉淀+过滤—回用”等工艺,处理后回用于干灰调湿或水力冲灰。

适用于脱硫废水的处理。

8.3 固体废物综合利用实践技术

8.3.1 粉煤灰综合利用技术

8.3.1.1 粉煤灰制备活性炭技术

粉煤灰中未燃尽的碳具有与活性炭分子相同的结构,并且也具有很强的吸附能力,因此采用脱碳新技术从循环流化床粉煤灰提取炭粉作原料,经过联合炭化、活化工序,可生产出煤质活性炭。

适用于循环流化床锅炉产生的粉煤灰综合利用。

8.3.1.2 粉煤灰超细粉研磨技术

生产过程中将粉煤灰通过气力输送装置存入粉煤灰库,在粉煤灰需要磨细加工时,再将物料通过库底气力输送和外部提升装置输出,送入磨细区,磨后的粉煤灰经过选粉机筛选出合格产品送入产品仓,最后装车对外销售,不合格产品存储于中间仓,再回到粉煤灰磨再洗磨细。粉煤灰超细磨是运用传统管磨(内部结构与研磨体级配改变)加高效选粉机形成闭路磨粉系统。

适用于各类粉煤灰综合利用。

8.3.1.3 粉煤灰生产水泥技术

将粉煤灰作为生产水泥的原料,根据粉煤灰掺量,可生产普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等,生产工艺能改善水泥性能,且具有后期强度高、水热化大幅度降低、抗硫酸侵蚀、抗干缩等功能,与钢筋混合牢固,适用性强。

8.3.1.4 粉煤灰生产建材技术

以粉煤灰为主要原料,通过挤出、浇筑或者蒸压等方式生产免烧砖、烧结砖、蒸压砖、粉煤灰加气混凝土、粉煤灰砌块、粉煤灰砂浆等。

8.3.1.5 粉煤灰农用技术

以粉煤灰为主要掺料,生产土壤改良剂、磁化肥、微生物复合肥等。

8.3.1.6 粉煤灰制备高强度陶粒技术

通过球核生成器,不添加任何粘结剂将粉煤灰制成球形颗粒,在高温作用下,粉煤灰中硅铝等氧化物在颗粒内处于熔融状态,冷却后形成性能稳定的陶粒轻骨料,提高粉煤灰的掺配率,实现粉煤灰高掺配率资源化利用。产品中粉煤灰掺配率 $\geq 95\%$;成品合格率 $\geq 95\%$;产品粒型系数 < 1.2 ;筒压强度 $2\text{ MPa}\sim 10\text{ MPa}$;吸水率 $< 20\%$ 。

8.3.1.7 高铝粉煤灰提取氧化铝技术

高铝粉煤灰提取氧化铝技术,适用于 Al_2O_3 含量大于 40% , Al_2O_3 与 SiO_2 质量比大于 1.20 的燃煤电厂煤粉炉粉煤灰,主要有如下两种技术:

- a) 酸法:以高铝粉煤灰为原料,采用氟铵、浓硫酸或盐酸等直接浸出的方式,提取铝。
- b) 碱法:以高铝粉煤灰为原料,采用预脱硅碱石灰烧结法或石灰烧结法提高粉煤灰的硅铝比,提取高铝粉煤灰中氧化铝。

8.3.1.8 粉煤灰制陶瓷砖技术

由粉煤灰、黏土、长石和石英等无机原材料为主要原料,制备用于覆盖墙面和地面的板状或块状建筑陶瓷制品。

适用于各类粉煤灰综合利用。

8.3.2 脱硫石膏综合利用技术

8.3.2.1 生产水泥缓凝剂技术

脱硫石膏用于水泥缓凝剂有混掺使用法、造粒使用法及散料使用法三种方式。混掺使用法是将脱硫石膏与天然石膏按照一定的比例混合后直接进入水泥厂的生产工艺;造粒使用法是先对脱硫石膏进行成球造粒,将造粒后的脱硫石膏料球加入生产工艺;散料使用法是直接把脱硫石膏散料用于水泥生产配料。

8.3.2.2 生产纸面石膏板技术

将脱硫石膏和水按一定的质量比进行配备,通过输送装置送到烘干机中进行烘干,除去混合料的游离水分,经筛分或选粉后送入沸腾炉进行煅烧,除去混合料中的剩余结晶水,再送入料仓冷却、陈化,使其定性,得到建筑石膏,供生产纸面石膏板,调整脱硫石膏中颗粒级配、调整生产配比、降低杂质含量可

以代替天然石膏生产纸面石膏板。

8.3.2.3 制备 α 高强石膏粉技术

脱硫石膏在饱和水蒸气介质或液态水溶液中,且在一定的温度、压力或转晶剂条件下,以液态水形式脱水,再进行干燥、粉碎处理,得到 α 型半水硫酸钙为主要晶体形态的粉状胶凝材料。用脱硫石膏制备 α 高强石膏的方法主要有造粒法、高压溶液法、常压盐溶液法、蒸压半干法等。

8.3.3 副产硫酸铵综合利用技术

主要是将废硫酸铵溶液经过塔内结晶或塔外结晶的工艺结晶形成浆液,再经固液分离、干燥得到副产硫酸铵,并进一步深加工转化为优质硫酸铵固体化肥。

8.3.4 脱硝催化剂再生利用技术

8.3.4.1 脱硝催化剂回收金属氧化物技术

采用湿法冶金的工艺对报废的催化剂进行回收利用:SCR 废烟气脱硝催化剂破碎后,进行预焙烧处理,按比例加入 NaOH 溶液进行溶解;溶解后进行固液分离操作,然后对所得沉淀加入硫酸,经浸出、沉降、水解、盐处理、焙烧,可得到 TiO_2 。对于第一次固液分离得到的溶液,滴加硫酸调节 pH 值,加入过量硝酸铵沉钒,进行第二次固液分离,将过滤得到的偏钒酸铵经高温分解,制得 V_2O_5 成品。对于第二次固液分离得到的溶液,加入盐酸调节 pH 值,再加入 NaCl,得到钨酸钠,经精制、过滤、离子交换等工艺,分离杂质成分,再经蒸发结晶得钨酸钠产品。

8.3.4.2 脱硝催化剂再生利用技术

根据废脱硝催化剂的失活模式,如孔道堵塞、覆盖层(CaSO_4 失活)、化学中毒(包括碱金属中毒、砷中毒等)等情况确定再生模式。再生流程包括确定失活模式—机械除灰—湿法除灰—化学清洗—干燥—活性组分植入—热处理(包括干燥、煅烧)—模块修复—测试、质控及质保—包装出库。

再生后的催化剂活性可恢复到新催化剂活性的 100%,且 SO_2/SO_3 转化率等同于新催化剂。

8.3.5 废旧布袋的回收利用技术

用移动除尘车对现场拆卸下来的废旧布袋进行切断除尘处理,粉尘直接进入电厂的粉煤灰收集系统,除尘后的布袋条打包,并标注来源和纤维成分,进入正常物流系统运输。除尘后的布条按照纤维成分分别进行处理,对纯 PPS 纤维材质的废弃滤袋经过熔融加工和改性后可应用于工程塑料产品。PPS 和 PTFE 混纤材质的废弃滤袋可进行填埋处理。其他成分的滤袋可填埋或焚烧处理。

8.4 余热回收利用技术

8.4.1 热泵技术

热泵利用冷却水余热作为低温热源,以热泵系统中的工质作为热的载体,以电能和热能驱动热源,在热泵系统内以相变热(汽化潜热或凝结热)形式低温热源带走热量并输送至高温热源。热泵技术能够降低或消除电厂低品位冷凝热的排放,提高热电企业能源利用率。

适用于燃煤电厂低品位余热的回收利用。

8.4.2 凝汽机组低真空供热技术

机组通过降低凝汽器的真空度、高背压运行,利用机组排汽或循环冷却水作为热网的加热热源,回收机组排汽余热,减少机组冷源损失,可提高机组综合热效率和能源的利用率。已形成的凝汽机组低真

空供热运行方式包括低真空直接供热技术、高背压余热利用技术、切除低压缸进汽供热技术等。

8.4.3 烟气余热利用技术

烟气余热利用技术就是在烟道上安装低温省煤器(通常为管式烟气换热器)或在烟道上安装烟气换热器,同时在一二次风道上安装暖风器,亦或在空气预热器旁引接旁路烟道并在旁路烟道上安装高低压烟气换热器,将锅炉的排烟温度由实际较高值降低到合适的温度,同时烟气换热器利用这部分余热来加热汽轮机给水或凝结水,排挤汽轮机抽汽,增加汽轮机做功功率降低煤耗。若电厂为供热机组,在采暖季节可将此部分余热用于采暖供热,提高热效率。同时,脱硫入口烟温降低,脱硫效率提高。

目前,常用的烟气余热利用技术有常规低温省煤器余热利用技术、联合暖风器(即换热器+暖风器)余热利用技术和空预器旁路烟道余热利用技术等。
