360 m^2 烧结机余热利用项目节能减排评估

李佳良
(本钢板材股份有限公司发电厂,辽宁 本溪 117000)

摘 要: 以本钢360 m^2 烧结机余热发电项目运行情况为例,该项目采用直联炉罩式余热锅炉及汽轮发电机组对余热资源进行充分利用。通过分析2015~2017运行期间该项目烧结余热利用的实际产出对降低烧结生产成本及减排的贡献来评估该项目的节能减排效果。结果表明,2015~2017该项目的回收能源净产出折合标准煤分别为12760.5 t、14902 t、10085 t,节能减排效果显著,可供业内人士借鉴与参考。

关键词: 烧结; 360 m^2 烧结机; 直联炉罩式余热锅炉; 汽轮发电机组; 余热利用;
中图分类号: X701; X706 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-8764(2018)02-0064-03
doi: 10.13403/j.sjqt.2018.02.030

Evaluation of energy conservation and emission reduction for 360 m^2 sinter machine waste heat utilization project

Li Jialiang
(*Power Plant of Bengang Steel Plates Co., Ltd., Benxi* 117000, *Liaoning*)

Abstract Taking for example the operation condition of Bengang 360 m^2 sinter machine waste heat power generation project, for which the directly-connected furnace hood type waste heat boiler and the turbo generator set are adopted for full utilization of waste heat resources. The energy saving and emission reduction effect of the project was evaluated through analysis of the contribution of the actual output of sintering waste heat utilization of the project to reducing sintering production cost and emission reduction during the project operation period from 2015 to 2017. The result shows that, the net output from energy recovery of the project during 2015~2017 is 12 760.5 t, 14 902 t, and 10 085 t respectively by being converted into output of standard coals, and the energy saving and emission reduction effect is remarkable, which can be introduced and referenced for the industry insiders.

Key words sintering; 360 m^2 sinter machine; directly-connected furnace hood type waste heat boiler; turbo generator set; waste heat utilization

1 前 言

烧结是钢铁企业仅次于炼铁的高能耗工序,因此,烧结工序节能在钢铁企业的节能工作中占有十分重要的地位。一般来讲,在烧结工序中,热烧结矿显热和烧结主烟道烟气显热具有较高回收利用价值。利用这部分余热资源是烧结节能降耗的重要途径。

上世纪80年代中期,日本烧结厂的余热回收技术就已经得到了广泛应用,其冷却机废气余热利用的普及率达到57%,而烧结机主烟道烟气余热利用的普及率也达到了26%[1]。近年来,我国各钢铁企业都开始重视烧结余热的综合利用,烧结余热利用经历了热管技术、余热锅炉等阶段,得到了较快的发展[2]。湖南中冶长天节能环保技术有限公司在传统技术上创新突破,成功开发直联炉罩式余热锅炉余热利用技术,提高余热利用效率,在工程应用中取得了很好的效果[3]。

收稿日期: 2017-12-08
作者简介: 李佳良(1980-),男,工程师,主要从事能源生产管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本钢 360 m² 烧结机生产线于 2006 年建成投产，为充分利用余热资源，降低能耗，业主与湖南中冶长天节能环保技术有限公司合作，投资兴建 360 m² 烧结机余热发电项目。项目采用湖南中冶长天节能环保技术有限公司的先进技术—直联炉罩式余热锅炉及汽轮发电机组。余热锅炉所产的高参数蒸汽及低参数蒸汽夏季全部用于汽轮发电机组发电，冬季用于采暖和生产。余热发电项目于 2014 年建成投产，经过三年多的运营，项目发电量和蒸汽产量都比较理想，节能效果显著。

2　工艺流程与主要设备参数

2.1　工艺流程

烧结环冷机余热发电是利用余热锅炉回收环冷机废气的低品位余热能源，结合低温余热发电技术，用余热锅炉产生的过热蒸汽来推动低参数的汽轮发电机组做功，从而带动发电机发电。

本项目主要工艺分为烟风系统与热力系统两大部分，其中烟风系统是将环冷机烟气引至余热锅炉产生中、低压蒸汽，而热力系统是将蒸汽引至汽轮发电机组做功发电后凝结成水，再送至余热锅炉完成一个完整的热力循环。其工艺流程示意图如图 1 所示。

该工艺烟风系统特点是采用机上布置余热锅炉、风机串联以及烟气全循环系统。高温段约 360 ℃废气直接从高温段风罩进入机上布置余热锅炉一段；中温段约 320 ℃废气直接从中温段风罩进入机上布置余热锅炉二段；高参数 1、2 段排气混合后进入余热锅炉低参数段。这样的工艺布置，可以充分利用各段的热量，提供余热锅炉蒸汽产量。

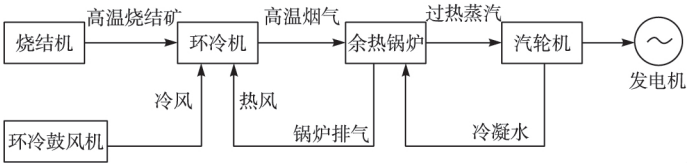


图 1　烧结余热发电工艺流程示意图

其热力系统汽水流程：来自余热锅炉的中压和低压过热蒸汽分别通过蒸汽管道送至汽轮机主汽及补汽入口（采暖季分别送至业主厂区采暖及生产管网），蒸汽进入汽轮机内做功后凝结成水，凝结水经凝结水泵加压后送至余热锅炉，再产生中压及低压过热蒸汽，完成一个完整的热力循环。

该 360 m² 烧结机利用系数为 1.36 m²，作业率为 95%，成品矿量为 489.6 t/h；其环冷机冷却面积为 415 m²，单台环冷鼓风机功率为 710 kW，鼓风机设计风压为 4 000 Pa，单台鼓风机设计风量为 480 000 m³/h，共 5 台环冷风机。该系统配置的直联炉罩式余热锅炉及汽轮发电机组的主要设备参数如表 1、表 2 所示。

2.2　主要设备参数

表 1　直联炉罩式余热锅炉主要设备参数

中压汽压力/MPa	中压汽温度/℃	中压汽产量/t·h⁻¹	低压汽压力/MPa	低压汽温度/℃	低压汽产量/t·h⁻¹
1.2 ± 0.2	300 ~ 340	22 ~ 31	0.3	180	10 ~ 12

表 2　汽轮机与发电机主要设备参数

汽轮机				发电机			
型号	型式	额定功率/MW	额定转速/r·min⁻¹	型号	额定功率/MW	额定转速/rpm	额定电压/kV
BN8—1.2 ± 0.2/0.（a）	双压补汽凝汽式	8	3 000	QF2 - 9 - 2	9	3 000	10.5

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 运行工况

3.1 系统年发电量及外供蒸汽量

项目投产后，系统运行正常，设备性能优良。2015年、2016年和2017年的生产参数如表3所示。

表3 各年份项目发电量及外供蒸汽量

年份	烧结矿成品年产量/万t	年发电量/kW·h	年供汽量/GJ	备注
2015年	378	27 285 600	1 47 742	每年发电时间为8个月，产汽时间(采暖季)为4个月
2016年	392	30 115 370	176 253	
2017年	317	18 090 557	137 908	

从上表可以看出，项目的发电量及蒸汽产量与烧结矿的产量关联密切。这是因为烧结矿产量与烧结机料层厚度有关，进而影响到环冷机废气温度，最终影响其发电量和蒸汽产量。

3.2 能效评估

余热利用项目的能效评估，一般以项目的发电量、蒸汽产量换算为折合标准煤，以衡量项目投产后可以节省折合标准煤数量。发电量、蒸汽产量可以通过对应的折标系数换算为折合标准煤。

3.2.1 能效计算边界

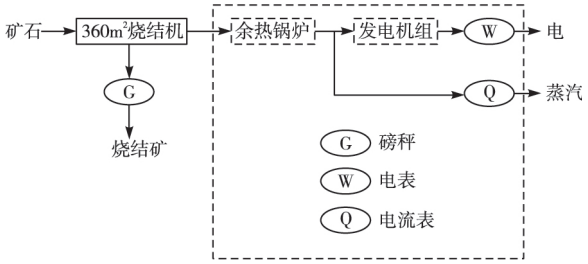


图2 能效边界图

本项目的能效边界图如图2所示。可见，烧结矿产量、系统发电、对外供汽均有计量仪表计量。

3.2.2 能效计算

项目年发电及外供蒸汽能效计算公式如下：

$$\Delta E = E_{u1} \times M_0$$

式中：ΔE 为能效量，tce；E_{u1} 为折标系数，电力等价折标系数为0.33 kgce/kW·h，蒸汽折标系数为23.9 GJ/tce；M_0 为发电量(kW·h)或蒸汽量(GJ)。

由此，可计算出项目各年的能效产出(见表4)。

表4 2015～2017年各年能效产出

项目产出	2015年	2016年	2017年
发电量/万kW·h	2 728.56	3 011.53	1 805.28
外供蒸汽量/GJ	147 742	176 253	137 908

3.2.3 项目产出与消耗的能源平衡计算

根据投产各年的能源消耗与能效产出，可计算出各年的能源平衡情况(见表5)。

表5 2015～2017年项目能源平衡表

年份	项目	产出能源		消耗能源			回收能源
		年发电量 kW·h·a^{-1}	年外供蒸汽量 /GJ	除盐水/m^3	工业新水 /m^3	耗电量 kW·h·a^{-1}	产出－消耗
2015	实物量	$2\,728.56\times10^4$	14.77×10^4	5.9×10^4	29.4×10^4	654.72×10^4	
	折标准煤/t	9 938.05	6 181.67	194	71.4	2 160	12 760.5
2016	实物量	$3\,011.53\times10^4$	17.6253×10^4	6.3×10^4	35.4×10^4	710.74×10^4	
	折标准煤/t	9 004.24	7 473.6	208	86	2343	14 902
2017	实物量	$1\,805.28\times10^4$	13.7908×10^4	4.6×10^4	25.4×10^4	433.27×10^4	
	折标准煤/t	5 957.42	5 770.21	151	61.7	1 429	10 085

注：表5中年发电量、年外供蒸汽量、除盐水量、工业薪水量、耗电量折算成标准煤的系数分别为：0.33 kgce/kW·h、23.9 GJ/tce、3.2857 t/10^{3}m^3、0.2429 t/10^{3}m^3、330 kg/10^{3}kW·h。

(下转第77页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度也在 100 ℃以上，剩余热量未实现回收利用，改造后可实现环冷热废气零排放。

参考文献

[1] 张兴苗，李海英，姬爱民，等. 烧结环冷机废气余热回收的㶲分析[J]. 节能，2013，375(12)：38－41.

[2] 刘传鹏，李国俊，林文佺，等. 环冷机余热回收与利用系统的能量分析[J]. 钢铁，2005，39(12)：60－66.

[3] 徐启明，兰军鹏，石伟丽，等. 环冷机密封对烧结余热回收效率影响的研究[J]. 冶金设备，2014，36(4)：47－49.

[4] 张卫亮，马忠民，周海平，等. 烧结工艺余热回收利用技术研究[C]//2015 钢铁企业中低温余热回收与高效利用新设备、新技术交流会论文集，2015.

[5] 王峰. 一种烧结环冷机烟气余热梯级利用系统[J]. 矿业工程，2013，11(6)：63－65.

(上接第 47 页)

(3) 操作简化高效。改造前，烧结供混匀矿切换流程时，需要混匀取料机司机、烧结仓上岗位、集控工三方配合完成。改造后，只需集控工和仓上岗位配合即可完成，提高了作业效率，降低了能源消耗和设备损耗。

(4) 提高烧结矿质量。自动化程度提高，减少人为操作因素的影响，混匀矿 SiO_2 标准偏差由 0.123 降低到 0.117，烧结矿碱度稳定率由 98.7% 提高至 99.3%。

5　结　语

混匀堆料机、混匀取料机实现远程控制，为进一步实现斗轮堆取料机远程控制积累了宝贵的经验，加强了公司推进智能料场建设的决心和信心，在京唐公司智能制造建设进程中起到了示范引领作用，同时可为本行业提供借鉴与参考。

参考文献

[1] 员超，李光平，奚海蛟，等. 斗轮堆取料机控制技术的应用研究[C]//中国机械工程学会会议论文集，杭州：万国学术出版社，2000：762－765.

[2] 何超，王红伟，苏国金. 混匀堆料机行走位置定位精度低的分析及改进[J]. 科技创新与应用，2016，(35)：52－53.

[3] 李建超. 悬臂式堆取料机防碰撞创新方案应用[J]. 应用技术，2015，(7)：125.

(上接第 66 页)

从上述能源平衡表可看出，项目三个运行年份的回收能源净产出折合标准煤分别为12 760.5 t、14 902 t、10 085 t。由此可知，烧结余热的回收可减少能源消耗，降低烧结生产成本，减少 CO^2 的排放，具有较好地节能减排效果。

4　结　论

烧结余热发电项目符合当前国家的产业政策和钢铁行业的发展趋势，对钢铁企业的节能减排起到了积极地推动作用。项目不仅带来了可观的经济效益，也带来了显著的社会效益：

(1) 变废为宝，节约资源，给企业直接带来经济收益；

(2) 降低烧结工艺耗能率，节约煤量；

(3) 减少温室气体排放，减少粉尘、污染气体排放量。

因此，烧结余热发电项目值得在行业中广泛推广。

参考文献

[1] 王兆鹏，胡晓民. 烧结余热回收发电现状及发展趋势[J]. 烧结球团，2008，33(1)：31－34.

[2] 陈永国，郭森魁，王华. 钢铁企业烧结厂余热资源的回收利用[J]. 能源研究与利用，2001(5)：43－45.

[3] 徐忠. 直联炉罩式余热锅炉在烧结余热发电中的应用[J]. 冶金能源，2013，32(1)：33－36.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net