

Evidence 1

首钢焦化厂一号焦炉干熄焦工程节能分析

李西林

(北京首钢设计院)

摘 要 本文结合首钢焦化厂一号焦炉湿法改干法的工程实际,从焦化工艺到炼铁、炼钢工艺,综合分析了其节能降耗的预期效果,并指出干法熄焦技术装置实现国产化,普及推广具有重要意义。

1 前言

焦炭生产是现代化钢铁联合企业的主要生产环节之一,首钢焦化厂现有焦炉5座,设计能力为年产焦炭190.5万t,其中一号焦炉50孔,焦炭年产量47.5万t。

首钢焦化厂5座焦炉均为湿法熄焦生产工艺,湿法熄焦时红焦热能伴随每吨焦炭大约有0.5t的水蒸汽排入大气,这样,每年约有95万t(折10.35万t标准煤)的蒸汽被浪费掉,湿法熄焦生产工艺既造成了能源浪费,又增加了厂区污染物排放总量。

首钢由于它的特殊地理位置,对环境保护和节能降耗提出了更高的要求。近年来,首钢加大了节能和环保投资的力度,逐步淘汰落后生产工艺,增加高科技投入,并已取得了显著的效益。这次首钢焦化厂首先进行一号焦炉湿法改干法熄焦工艺,就是把高新技术运用于实际工程的实例之一。干熄焦生产工艺采用惰性气体冷却红焦,把红焦热能转化成水蒸汽加以利用,减少粉尘排放量,每年可回收粉尘105t,间接减少SO₂、CO₂排放量,达到降低能耗,改善环境,提高焦炭质量的效果,从而实现环境效益、社会效益和经济效益的统一。

本工程的主体设备由日本政府赠送,配套设施由首钢自行解决,工程已于1999年6月16日开工,将在2001年建成投产,届时,不仅可以减少焦化厂污染排放总量和降低工序能耗,尤其是为以后设备国产化,推广干熄焦技术的应用有很重要的意义。

本文将主要从能源专业的角度定量计算

分析首钢一号焦炉干熄焦工程为焦化厂工序能耗和首钢总工序能耗产生的贡献值。

2 首钢焦化厂能耗现状及水平

首钢焦化厂1998年焦炭实际产量为192.35万t,燃料消耗为27.4万t标准煤,动力消耗7万t标准煤,能耗合计为34.4万t标准煤,占首钢公司总能耗的5.05%,入炉焦比419.08kg/t,工序能耗为190kgce/t。

首钢焦化厂工序能耗与国内大中型钢铁企业的比较见表1。

以上只摘录了国内具有代表性的大型钢铁联合企业焦化厂工序能耗数据,通过比较,首钢焦化厂的工序能耗较高,并且高于行业174kgce/t的平均水平,与宝钢、邯钢、济钢等企业差距明显,因此,为了首钢焦化厂的长远发展,需要采取一定的措施来降低焦化厂工序能耗。

3 一号焦炉干熄焦工艺和设备配置概述

3.1 工艺流程

干熄焦工艺采用惰性气体冷却红焦,本工艺所用惰性气体为氮气,主要工艺流程见图1。

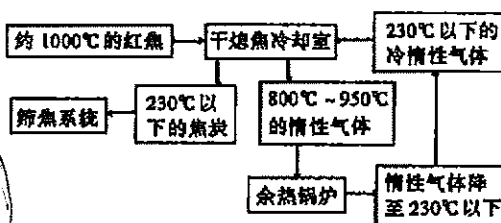


图1 工艺流程

3.2 设备配置

本工程干熄焦装置主体设备由日本赠送,价值约1250万美元。配套设施由首钢解

表1 1998年度大中型钢铁企业能源消耗情况表(摘录)

企业类别及名称	钢产量/万t	综合能耗/ $10^4 \cdot t^{-1}$	可比能耗/ $10^4 \cdot t^{-1}$	焦化工序能耗/ $kgce \cdot t^{-1}$
宝山钢铁集团公司	986.70	0.737	0.727	153
邯郸钢铁总厂	291.67	0.805	0.761	153
济南钢铁总厂	265.88	0.920	0.808	157
攀枝花钢铁集团公司	307.73	1.198	0.916	144
马钢股份有限公司	338.08	1.196	0.989	168
唐山钢铁集团公司	265.50	1.043	0.889	169
包头钢铁集团公司	379.66	1.186	0.976	176
鞍山钢铁集团公司	845.14	1.252	0.997	184
首钢集团总公司	767.56	0.943	0.844	190
武汉钢铁集团公司	609.38	1.009	0.928	221
大中型钢铁生产企业		1.009	0.901	173
钢铁联合企业小计		1.039	0.897	174

注:表中数据摘自《冶金经济内参》1999年第9期

决,中日联合设计。

本工程首钢投资设备费为2377.20万元人民币,总投资不包括日方赠送的主要干熄焦设备,只计取建筑费、安装费及其它费合计8703.6万元人民币(其中外汇1260美元)。

4 节能效益分析

4.1 蒸汽节省量

干熄焦工艺产出的蒸汽是本工艺的直接效益,每干熄1t焦炭可以产生500~560kg的过热蒸汽,首钢焦化厂一号焦炉采用干熄焦装置投产后年处理44.9万t焦炭,将产生25万t蒸汽。首钢全公司蒸汽供应一直很紧张,尤其是冬季,蒸汽压力不足,经常影响生产。焦化厂是用汽大户之一,年蒸汽用量约41万t,全部由外部供应,如果利用红焦显热生产蒸汽,可减少61.5%的外部供汽量,对

保证该厂正常生产用汽起到积极作用。

4.2 焦炭节省量

与湿法熄焦相比,干熄焦后的焦炭机械强度、耐磨性、筛分组成、反应性等方面均有明显的提高,根据日方提供的资料,干熄焦用于炼铁可降低高炉焦比2.5%,同时提高高炉生产能力1%,因此,1^号焦炉干熄焦装置投产后生产出与湿熄焦装置相同的焦炭量44.9万t将节约焦炭量为9765.75t/a;或者用于高炉多炼铁为9321t/a。

4.3 焦化厂工序能耗减少量

一号焦炉干熄焦投产后,使首钢焦化厂工序能耗降低的同时,干熄焦装置运行过程中也需消耗能源,能源介质主要有焦炭烧损及水、电、蒸汽、氮气、压缩空气等,实际工序能耗减少量详见表2。

表2 一号焦炉干熄焦工程年回收能源计算

项 目	单 位	实物量	折标系数	单 位	折标准煤量/t
1 投入					9290.39
焦炭烧损	t	1347	0.97	t/t	1306.59
工业水	m ³	694000	0.11	t/10 ⁴ m ³	76.34
蒸汽	t	28600	0.12	t/t	3432.00
电	kWh	10462000	0.404	t/10 ⁴ kWh	4226.65
氮气	m ³	2567000	0.047	t/10 ⁴ m ³	120.65
压缩空气	m ³	3560000	0.036	t/10 ⁴ m ³	128.16
2 产出蒸汽	t	251712	0.12	t/t	30205.44
3 回收能源					20915.05

注:回收能源=产出-投入

上表计算结果显示:一号焦炉干熄焦装置每年处理 44.9 万 t 焦炭,可从红焦中回收能源折合标准煤为 20 915.05t,单位产品可回收能源量为 46.58t 标准煤。

1998 年焦化厂总能耗为 365 403t 标准煤,一号干熄焦装置投产后焦化厂的工序能耗计算如下:

工序能耗 = (总能耗 - 回收能源) ÷ 焦炭产量

$(365403 - 20915.05) \div 1923500 = 179.09$
(kg 标准煤/t 焦炭)

如果焦化厂全部改造成干熄焦工艺后,可从红焦中回收能源: 89 596.63t 标准煤,焦化厂的工序能耗将达到:

工序能耗 = (总能耗 - 总回收能源) ÷ 焦炭产量

$(365403 - 89596.63) \div 1923500 = 143.39$
(kg 标准煤/t 焦炭)

焦化厂工序能耗将降低约 24.8%。

焦化厂由全部湿熄焦生产工艺 → 1# 焦炉改成干熄焦 → 全部湿熄焦生产工艺工序能耗的变化见图 2。

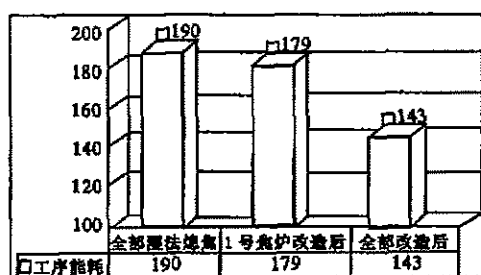


图2 工序能耗变化图

4.4 首钢总公司吨钢综合能耗减少量

首钢焦化厂一号焦炉干熄焦工艺不仅降低了焦化工序能耗,而且将从总公司吨钢工序能耗降低上直接反映出来,计算如下:

1998 年首钢总能耗 7 235 609t 标准煤,总钢产量 7 675 588t,吨钢综合能耗为 942.68kgce/t;

从公司总能耗的角度来分析时,干熄焦生产的焦炭用于炼铁所节省的焦炭量(见

4.2 节)考虑进去后,总能耗将变为 7 204 928.2t 标准煤,吨钢综合能耗约为 938.68kg 标准煤。

一号干熄焦装置投产后就可降低吨钢综合能耗量约 4kg 标准煤。

如果焦化厂全部改造成干熄焦工艺后,干熄焦后的焦炭用于炼铁年节省的焦炭量约为 41 836.13t,公司总能耗将减少到: 7 104 176.24t 标准煤,吨钢综合能耗约为 925.56 kg 标准煤。

最后可降低吨钢综合能耗约 17.12 kg 标准煤,将使总公司吨钢综合能耗降低约 1.8%。

5 结论

本工程建成投产后,焦化厂工序能耗将由 190 kg 标准煤降低到 179 kg 标准煤,同时可降低吨钢综合能耗 4 kg 标准煤;如果其余焦炉全部改成干熄焦,焦化厂工序能耗将由 190kg 标准煤降低到 143kg 标准煤,并且可降低吨钢综合能耗 17 kg 标准煤,节能效益会更加显著。由于干熄焦工艺回收了蒸汽,相应减少了生产蒸汽的燃煤量,对降低首钢北京地区的 SO₂、TSP 等污染物的排放总量也有重要的意义。

通过从以上几个方面来定量分析干熄焦工艺的节能效益,说明干熄焦法较湿法熄焦优越得多,但干熄焦装置设备复杂,制造要求精,投资高,单主体设备投资就达 1 亿多人民币,因此,制约了此项技术的普及。

这次首钢一号焦炉干熄焦工程利用日本政府赠送的主体设备投产后,首钢应利用此契机同国内外有关专家合作,实现主体设备的国产化,降低投资成本,使首钢焦化厂全部实现干熄焦,并且在国内推广,让干熄焦工艺的节能效益真正发挥出来。

总而言之,干熄焦具有广阔的发展前途,也是焦化工艺发展的趋势,随着市场竞争愈来愈激烈,唯有把优化企业结构,推进技术进步,提高管理水平有机结合起来,达到节能降耗,实施低成本战略,才是企业的立足之本。

Evidence 2

首钢干熄焦装置的特点及性能

汤长庚 李 鹏 (首钢焦化厂)

摘 要: 介绍了干熄焦装置的特点及性能, 详述了工艺技术和设备的改进情况, 并对目前存在的问题提出了建议。

主题词: 干熄焦装置 改进情况 建议

Features and Performances of Coke Dry Quenching Unit of Capital Iron and Steel Company

Tang Changgeng Li Peng

(Coking Plant of the Capital Iron and Steel Company)

Abstract: The features and performances of the coke dry quenching unit is described. The improvements on the process technology and equipment are narrated in detail and suggestions on the present existing problems are made.

Key words: Coke dry quenching unit Improvements Suggestions

首钢1号焦炉干熄焦工程是日本新能源及产业技术综合开发机构(NEDO)和中国国家计划委员会共同签署的国际绿色援助项目。该项目于1999年6月16日破土动工, 2001年1月19日一次投产成功。工程的总工期为1年零7个月, 比计划工期提前6个月, 并达到了设计要求, 成功地实现了工程质量、进度及资金的三大控制。

1.1 1号焦炉

1号焦炉是1992年7月投产的50孔、炭化室高6m的焦炉, 基本情况见表1。

表1 1号焦炉基本情况

焦炭年产量	每孔产量	日产焦炭	操作时间	焦炭温度
47.5万t	21.6t	1301t	12min	1030℃
炭化室有效容积	结焦时间	加热方式	炭化室平均宽度	每孔装煤量(干基)
38.5m ³	20h	复式	450mm	28t

1 基本情况

仅有石家庄1炼焦1号炉2074 kJ/kg、宣钢2号炉2085 kJ/kg、唐钢1号炉2087 kJ/kg、2号炉2078 kJ/kg、包钢5号炉2060 kJ/kg、攀钢5、6号炉1976 kJ/kg要略优于宝钢5、6号焦炉, 况且宝钢焦炉的燃烧管理中有一个放置时间的概念, 这一点与国内其它焦炉有所不同, 所以从理论上来说宝钢焦炉的炼焦耗热量在正常情况下要略高于国内其它焦炉。

5 结论

根据1999年进行的一系列检测结果可以认为, 宝钢5、6号焦炉加热自动控制系统的炉温控

制相当准确、稳定、火落判定准确性高, 节能效果显著。从目前资料看, 宝钢5、6号焦炉加热自动控制系统不论是硬件配置、软件设计还是实际应用效果都居于国内领先地位。

由于每个燃烧室都设置了测温热电偶, 虽然使得炉温控制的精度达到了相当高的水平, 但也带来了维护保养费用过大的问题。另外, 火落时间没有参与反馈控制, 这一点与国际最先进水平尚有一段距离, 这些问题还有待于今后在吸收和消化的基础上加以改造和创新。

(收稿日期: 2001年5月)

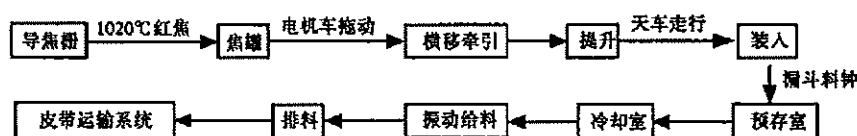
刘晓明 编辑

1.2 干熄焦装置

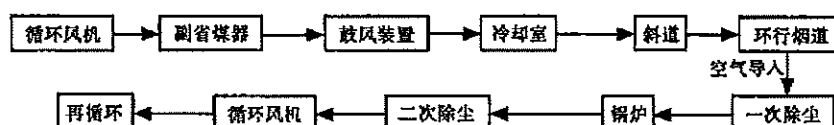
1 号焦炉干熄焦工程处理能力为 65t/h, 基本配置为牵引、提升、干熄槽、锅炉及除盐水等各一套。主体部分由日方援助, 包括电机车、横移牵引、天车、装入装置、干熄炉、排出装置、一次除

尘、锅炉、二次除尘、循环风机、给水预热器及主体配套的电气自动化部分, 中方负责运焦、除盐水、环境除尘和辅机室等辅助部分的配套。干熄焦装置分为如下两个系统:

(1) 焦炭系统



(2) 循环气体系统



1.3 主要设备及操作参数

干熄炉冷却室容积 227m³, 干熄炉预存室容积 200m³; 余热锅炉蒸发量 36.5t/h, 压力 3.82MPa, 450℃; 循环风机风量为 9.0 万 m³/h, 压头 8kPa; 环境风机风量为 32.4 万 m³/h, 压头 5.5kPa。

2 干熄焦工艺及装置特点

首钢干熄焦装置是 90 年代后期从日本引进的, 与国内已投产的 16 套干熄焦相比, 在工艺技术和装备水平上都有较大的改进, 具体特点如下:

(1) 设置了装入料钟, 使焦炭在干熄炉内分布均匀, 基本消除了焦炭在干熄炉内的偏析现象, 有利于焦炭的均匀冷却。

(2) 增加副省煤器和给水预热器, 使进入干熄炉的气体温度保持在 130℃ 以下, 可相应降低循环风量, 气料比也随之下降, 大大减小了风机的风量及电机功率 (循环风机风量为 9.0 万 m³/h, 电机功率 480kW)。由于循环气量的减小, 循环气体在干熄炉、一次除尘器的流速随之降低, 所以一次除尘器的除尘效果也得到了相应提高, 减少了粉尘对锅炉过热器的磨损。

(3) 干熄炉采用矮胖型结构, 首钢干熄炉的高径比 (H/D) 为 0.92。H/D 减小后, 可使干熄炉内冷却气体的压力损失减小, 循环风机的压头也相应减小。同时, 吊车的提升高度、一次除尘器及锅炉结构的标高也相应降低, 可节省投资。

(4) 设置可调节的空气导入装置, 首钢的干熄焦装置设置了空气导入调节阀, 根据锅炉的人口温度及气体成份中 CO、H₂ 的含量, 增减空气导入阀的开度, 强化了对空气导入的调节手段。

(5) 锅炉采用强制循环和自然循环相结合的方式, 汽包、水冷壁、省煤器之间为自然循环, 汽包、蒸发器之间为强制循环, 热效率高达 83% 以上。

(6) 在横移牵引位置设置了 APS 装置, 该装置的修正范围为 ±100mm, 修正精度为 ±5mm, 大大提高了对位精度, 减少了故障的发生。

(7) 装入装置的电动缸采用变频驱动, 可减少盖盖时对炉顶水封的影响, 使冲击减小, 防止因开关炉盖时水封水流入干熄炉, 造成炉口砖的损坏。

(8) 鼓风装置采用一个进气道, 固定了分配中央风帽和十字风道的进风比例, 使风量均匀分配, 无需进行调节。实践证明, 这种形式的鼓风装置对焦炭的冷却效果较理想。

(9) 双重联锁的料位控制可有效地防止事故。在干熄炉焦炭料位的控制上, 首钢采用静电容式料位计作为高料位, 用 γ 射线作为基准料位, 将皮带秤称出的重量反馈给计算机, 演算出干熄炉内每时刻的料位, 并在下限和排出装置间实现联锁, 使上限和装入装置联锁。用静电容式料位、演算高料位和装入装置双重联锁, 只要有一个信号发出便停止装焦, 可靠地防止了装焦溢出事故的发生。

(10) 干熄焦的一次除尘器在灰斗上方未设拱

形挡墙,可使大颗粒粉尘自然沉降,一次除尘的2根排灰管直径为 $\Phi 387.4\text{mm}$,减小了排灰管发生堵塞的可能性。

3 生产实践

2001年2月14日至2001年3月27日,中日双方对首钢1号焦炉干熄焦进行了系统性能的测试,其测试结果见表2、3、4。

表2 焦炭处理能力为54.2t/h时的性能

项目	排焦量 t/h	焦炭温度 ℃	蒸汽压力 MPa	蒸汽温度 ℃	蒸汽发生量 t/h
设计值	52.6	<230	4.00	450	30.4
实际值	54.2	130.4	3.82	448.9	32.7

表3 焦炭处理能力为65.0t/h时的性能

项目	排焦量 t/h	焦炭温度 ℃	蒸汽压力 MPa	蒸汽温度 ℃	蒸汽发生量 t/h
设计值	63.0	<230	4.00	450	36.5
实际值	65.2	179.7	3.82	449.7	37.4

表4 干熄、湿熄焦炭质量的对比

项目	$M_{80}/\%$	$M_{10}/\%$	水份
湿熄焦炭	80.0~80.8	6.0~7.0	6%
干熄焦炭	85.2~88.0	4.7~6.4	<1%

从以上测试数据看出,首钢焦化厂1号焦炉干熄焦完全达到了设计水平,焦炭质量大幅度提高,整套系统运行良好。

4 效益分析

干熄焦不仅是节能项目,其环保效果也是不言而喻的。尽管首钢1号焦炉干熄焦装置的经济评价工作目前尚未正式评定,现初步估算的结果如下。

(1) 直接效益。按标定,红焦产生的蒸汽量为560kg/t,1号焦炉年产47.5万t焦炭,目前首钢蒸汽售价65元/t,考虑年修时采用湿熄焦,焦炭按45万t计,则干熄焦直接效益为1638万元。

(2) 延伸效益。延伸效益可按下式计算:

$$P = P_1 + P_2 = L_j \times V + MV_2 - M \times Ct$$

$$\text{其中: } L_j = L \times K_s \times K_b \quad M = L \times K_s / J_b \times K_c$$

P—干熄焦延伸效益

P_1 —高炉焦比下降节省焦炭的效益

P_2 —高炉生产能力提高的效益

L_j —节省入炉冶金焦炭量

V—入炉冶金焦炭价格:500元/t

M—因干熄焦增加的生铁产量

V_2 —生铁价格 1300元/t

Ct—生铁成本 900元/t

L—焦炭产量

K_s —焦炭入炉焦率

K_b —干熄焦时焦比降低率(一般为2%)

K_t —因干熄焦高炉生产能力提高率(一般为1%)

J_b —湿熄焦焦比

按年干熄焦炭能力45万t,并全部用于炼铁,其延伸效益如下:(其中冶金焦率为96%,焦炭炉前筛分损失率8%,焦比为450kg/t铁)

$$L_j = L \times K_s \times K_b = 45 \times 96\% \times (1 - 8\%) \times 2\% = 0.795 \text{ 万 t}$$

$$P_1 = L_j \times V = 0.795 \times 500 = 397 \text{ 万元}$$

$$M = L \times K_s / J_b \times K_t = 45 \times 96\% \times (1 - 8\%) / 0.45 \times 1\% = 0.88 \text{ 万 t}$$

$$P_2 = MV_2 - MCt = 0.88 \times 1300 - 0.88 \times 900 = 352 \text{ 万元}$$

$$\text{延伸效益 } P = P_1 + P_2 = 397 + 352 = 749 \text{ 万元}$$

(3) 总效益

按目前焦化厂1号焦炉运行情况看,月成本为110至120万元,年总成本为1300万元左右,年收入为2387万元。年综合效益为1087万元。

5 存在问题

(1) 由于干熄焦水分较低,一般在1%以下,焦炭中的炭粉活性较高,造成筛运焦系统环境很差,德国凯泽斯图尔的办法是采用焦炭最终冷却站,目前首钢采用的是在运焦过程中适量喷雾水,使焦炭水分稳定在2%左右,下步工作中将作好运焦系统皮带的密封和机头机尾的除尘,保证筛运线上的良好环境。

(2) 除盐水的原用水是高炉炼铁冷却水,通过双料、细砂、保护过滤、人反渗透后进入阴、阳离子树脂床层中除盐,因原用水浊度高,盐量大,造成除盐水系统负荷大,现准备采用化工冷却用深井水,以减轻除盐负荷。

(收稿日期:2001年6月)

刘晓明 编辑

Evidence 3

1 概述

济南钢铁集团总公司干熄焦技术(简称济钢干熄焦)是国家经贸委、国家冶金局和山东省重点支持的节能示范项目,经过两年多的施工,1、2号干熄炉分别于1999年3月2日和4月8日相继投入运行。同年10月通过了国家经贸委、国家冶金局组织的工程验收。济钢干熄焦技术的应用对“九五”期间重点推广节能降耗项目具有十分重要的意义。

干法熄焦技术是国际上先进的焦化节能技术,国内上海宝钢和浦东煤气厂是从国外全套引进,投资高,很难在国内推广。为掌握该技术并实现国产化,国家经贸委要求济钢干熄焦节能项目采用国内外共同设计、合作制造、技贸结合的方式,引进国外干熄焦技术,并配套引进部分关键设备。凡国内能生产制造的设备由国内加工配套解决。济钢干熄焦主

联系人:蔡泽平,高级工程师,济南(250101)济南钢铁公司技术中心

要工艺设备由乌克兰设计,国内转化制造,其他由济钢设计院设计,国内制造。另外,济钢设计院与乌克兰哈尔科夫焦化设计院和斯拉文斯克焦化设备设计局进行了多次技术交流,基本掌握了干熄焦技术,为在现有炼焦工艺条件下建设干熄焦打下了基础。

济钢焦化厂现有42孔4.3m焦炉4座,设计年产焦炭110万t。4座焦炉配有两组湿熄焦装置,布置在焦炉两端。湿法熄焦在生产过程中产生大量蒸汽排放到大气中,白白浪费掉宝贵的余热资源。1000℃左右的炽热焦炭所包含的余热,按年产焦炭110万t计,可产生蒸汽55万t。济钢的干熄焦装置,由二套处理焦炭70t/h的干熄焦装置,配备2台产汽35t/h的余热锅炉及1台6100kW的背压发电机组组成。全年可回收余热蒸汽47万t,发电3920万kW·h。工程包括干熄焦主体工艺设备,汽

TRANSLATION

Evidence 1.

Energy Saving Analysis for 1# CDQ project of Capital Iron and Steel Company

(By Xilin Li)

--- p.18 Metallurgy Environment Protection No.1 2001

.....The main component of the project was donated by Japanese government. Capital iron and steel company provided adjuvant facilities. The construction of the project started on June 16, 1999 and the project will be commissioned from 2001. ...

Evidence 2.

Features and Performances of Coke Dry Quenching

Unit of Capital Iron and Steel Company

(Changgeng Tang, Peng Li)

---p238 Fuel and Chemical Products Sep 2001

The 1#CDQ of Capital Iron and Steel Company was part of international green assistance program between China National Plan Commission and NEDO. Project construction commenced on June 16 1999 and was commissioned on 19 Jan 2001....

Evidence 3

Research and application of CDQ of Jinan Iron and Steel Company

...CDQ project of Jinan Iron and Steel Company is an energy saving pilot project approved by the State Economic and Trade Committee, National Metallurgy Bureau and Shandong provincial government. The 1-2# CDQ was commissioned since March 2, 1999 and April 8, 1999 separately after more than two years construction. Both CDQ passed checking in Oct 1999.....