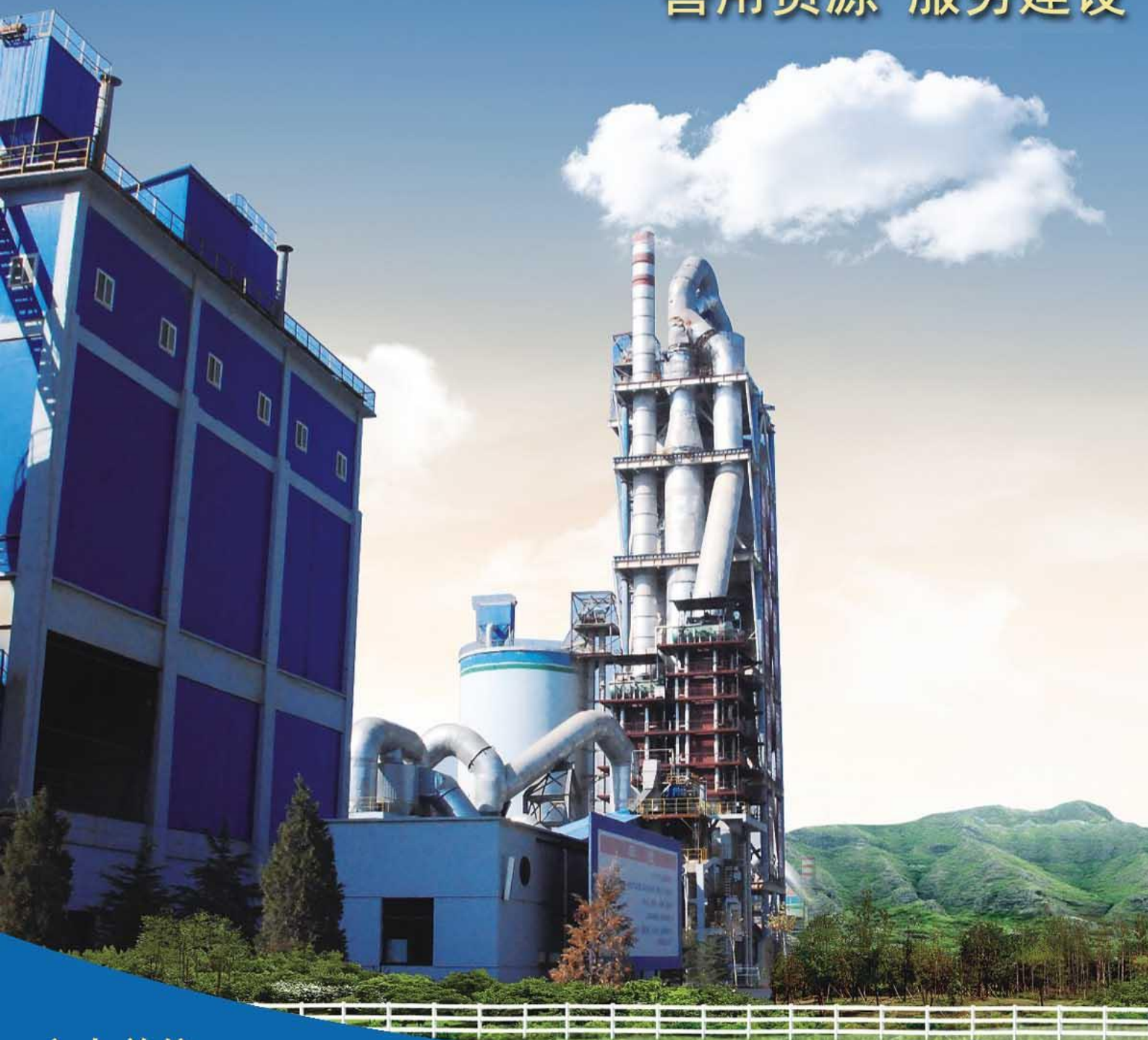


# 水泥科技

2018

SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CEMENT

善用资源 服务建设



主办单位：

合肥水泥研究设计院有限公司

Email: [snkj@hcrdi.com](mailto:snkj@hcrdi.com)





# 合肥中亚环保科技有限公司

Hefei Zhongya Environmental Protection Technology Co., Ltd.

中国建材集团合肥水泥研究设计院旗下的合肥中亚环保科技有限公司是建材行业最早专门从事环境保护大气污染治理技术及装备研究的单位，是中国环保产业协会常务理事单位、中国硅酸盐学会环境保护分会挂靠单位。拥有一批技术水平高、经验丰富的科研设计队伍。主要从事包括粉尘、脱硫、脱硝在内的大气污染治理及水泥窑协同处理城市生活垃圾方面技术与装备的研究、开发与推广工作，并拥有环境污染治理工程设计甲级证书。先后承担了多项国家级与省部级科技攻关项目，取得了40多项成果，其中获得国家级科技进步奖二项，国家发明奖一项，省部级科技进步奖二十二项。拥有发明专利七项、实用新型专利30项。有多项产品被评为国家级重点新产品。经不断改进提高、升级换代并拓展新领域，现已开发出了三十个系列数百种规格的各类袋、电除尘器和八个系列微机控制装置。引进了美国富乐公司袋除尘技术和EE公司电除尘技术，并与荷兰合作清洁生产技术。

合肥中亚环保科技有限公司拥有国家环保局颁发的国家环保产品认定企业及产品证书。环保产品除在水泥行业广泛应用外，还进入冶金、电力、化工、机械等行业，并出口到十几个国家。



# 水泥科技

(季刊 1988年创刊)

2018年第1期

主办单位:

合肥水泥研究设计院有限公司

## 编委会

名誉主任: 周云峰

主任: 包玮

副主任: 朱大来、丁奇生

主编: 陆树标

委员: (按姓氏笔划排序)

王仕群 王学敏 毛志伟 邓小林

朱文兵 许涛 邱文斗 何宏涛

张平洪 张自力 陆树标 武青山

林红星 周啸 郑青 侯贵斌

施德祥 姚强 熊焰来

本期编辑: 解姗姗 胡春静

编辑出版: 《水泥科技》编辑部

地址: 合肥市望江东路60号

邮编: 230051

编辑部电话: (0551) 63439575

广告部电话: (0551) 63439575

传真: (0551) 63439575

网址: <http://snkj.hcrdi.com>

投稿邮箱: [snkj@hcrdi.com](mailto:snkj@hcrdi.com)

# 目次

水泥窑筒体热回收技术实例研究与分析

.....李晓琪 /1

立磨和管磨并联替换使用的实践

.....肖其忠 /6

水泥厂电气节能设计及分析

.....顾威 /10

基于ASPEN HYSYS的蒸汽管网模拟分析

.....程啟胜 /17

利用助剂提高干法脱硫效率的研究

.....穆璐莹 毛志伟 沈玉祥 /22

CP仓式气力输送泵在水泥输送中的应用

.....张惠平 /27

大型水泥钢板库在水泥厂的成功应用

.....叶震球 /31

浅谈出磨水泥降温措施

.....宋传杰 /35

浅谈水泥厂余热发电工程机电安装监理

.....李凤凌 /40

巴基斯坦Attock电站项目顺利并网发电

..... / 49

# 水泥窑胴体热回收技术实例研究与分析

李晓琪

(合肥水泥研究设计院有限公司 安徽 合肥 230051)

## 1 项目概况

某水泥有限公司  $\text{O}4.0 \times 60\text{m}$  窑胴体配套余热收集及利用系统，图 1 为本项目系统流程图，系统主环路由主循环水泵、胴体换热器、窑尾再热器及管路阀门附件组成，利用窑胴体换热器和窑尾再热器加热软化水，为生活热水系统、锅炉热水加热以及采暖系统提供  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  热水源，利用各自的换热设备将子系统的供水加热到所需温度。系统的控制由现场控制柜实现，主循环水泵的启停通过控制柜和余热发电中控均能控制，主要测温，测压信号均接入厂区余热发电中控显示。

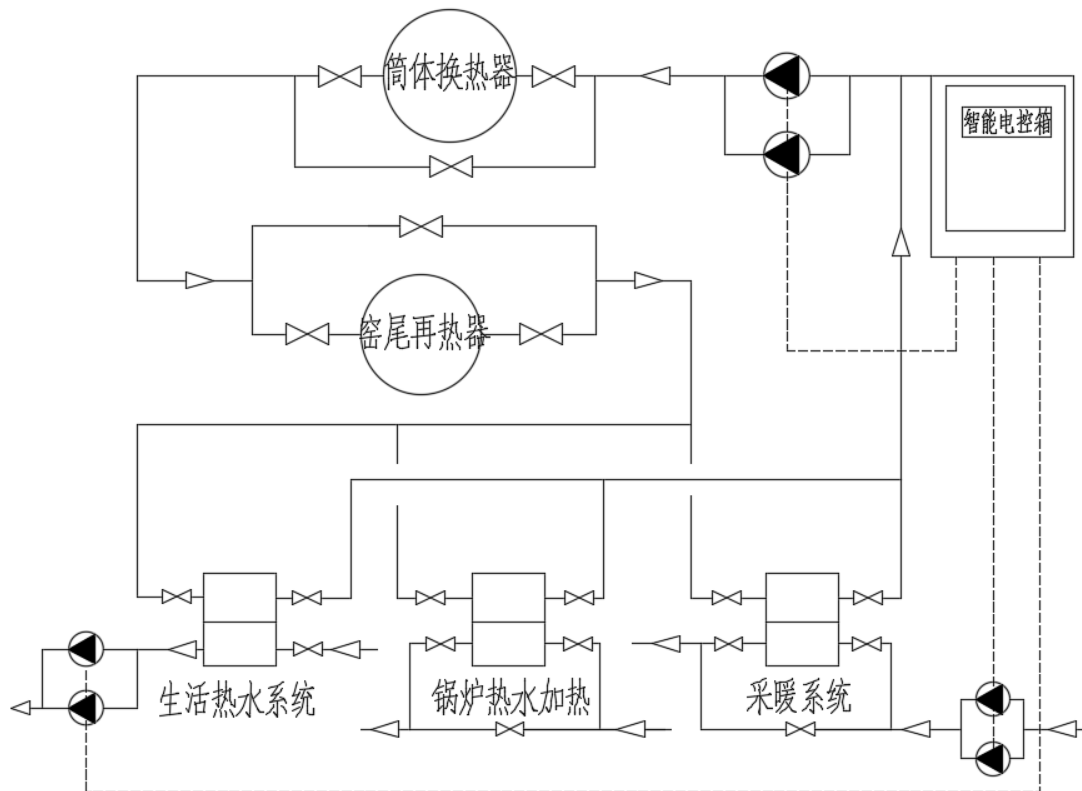


图 1 系统流程图

窑胴体与集管换热器之间的热交换包含辐射换热和对流换热两部分，通过计

算，窑胴体换热器总辐射换热量约为 1050kW。具体见表 1。

表 1 窑胴体换热器结构参数

| 序号 | 名称       | 符号       | 单位             | 计算结果    |
|----|----------|----------|----------------|---------|
| 1  | 窑体直径     | D        | m              | 4.0     |
| 2  | 窑体利用长度   | L        | m              | 36.5    |
| 3  | 窑体圆周包裹率  | $\eta l$ | %              | 50      |
| 5  | 窑体换热面积   | F        | m <sup>2</sup> | 308     |
| 6  | 窑体表面平均温度 | T        | °C             | 260-300 |
| 7  | 水进口温度    | t1       | °C             | 70      |
| 8  | 水出口温度    | t2       | °C             | 90      |
| 9  | 回收热量     | Q        | kW             | 1050    |
| 10 | 水进口焓     | I1       | kJ/kg          | 293.8   |
| 11 | 水出口焓     | I2       | kJ/kg          | 377.6   |
| 12 | 热水产量     | G        | t/h            | 43      |

本项目对窑胴体换热器结构进行了模块化设计，既方便了运输，又减轻了现场组焊和吊装作业量。

## 2 项目运行分析

### 2.1 胴体换热器出水温度

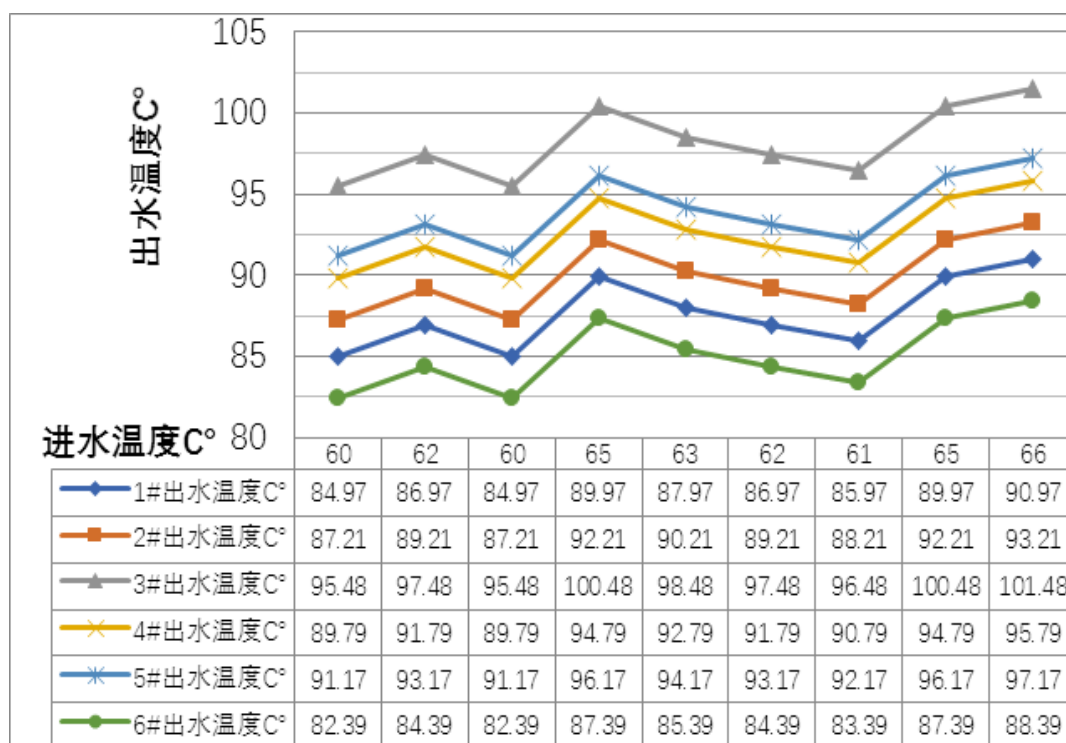


图 2 胴体换热器出水温度



图 2 为系统总流量为 30t/h 时胴体换热器进出口水温监测值，图中数据为 5-6 月间测得，通过现场测试发现，3 号换热器在 30t/h 时出水温度偏高，出现 100℃ 以上现象。为了避免该情况发生，根据各胴体换热器的出水温度调整了进水阀门开度，将 3 号换热器进水阀门开度依比例调大，增加通过的循环水量，降低出水温度，1 号和 6 号换热器进水阀门开度适度调小，减少循环水量，提高出水温度。同时在换热器高点加装自动排气阀，避免换热器内发生气塞，影响换热效果。

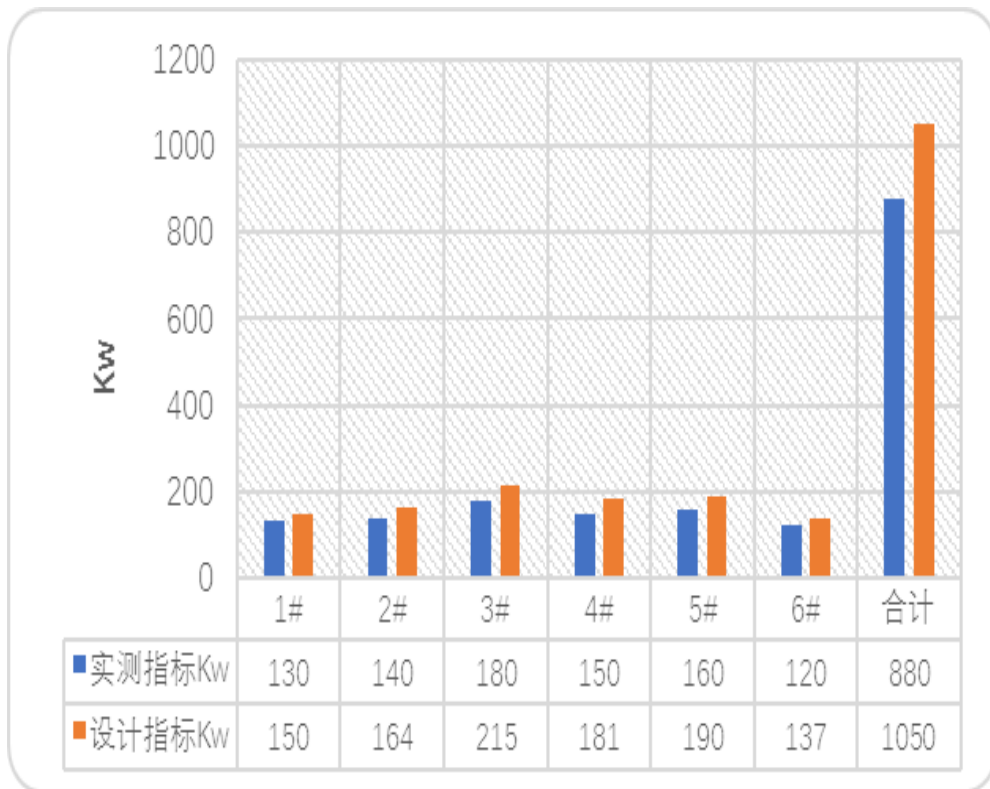


图 3 实测换热量比较

图 3 为实测换热指标与设计热指标对比图，通过比较发现，胴体换热器实际回收热量约为设计值的 83%。

## 2.2 余热锅炉水加热

图 4 为水加热器进出水温度实测值，图 5 为现场余热发电实际增发指标比较，设计热水进出水温度：90℃~70℃，实际热水进出水温度：85℃~72℃；设计冷水进出水温度：30℃~45℃，实测冷水进出水温度：33℃~42℃；设计增加发电功率：100kW，实测增加发电功率：20~30kW，实际运行中，增加发电指标仅为设计指标的 30%，未能达到预期效果。

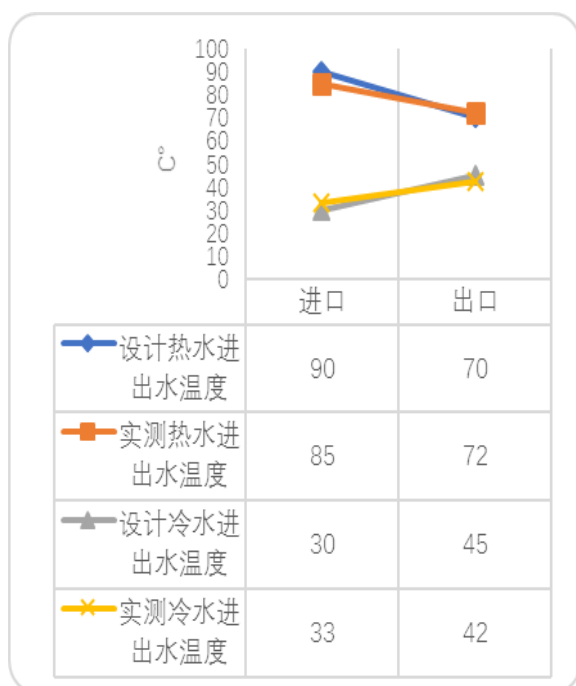


图 4 温差测点图

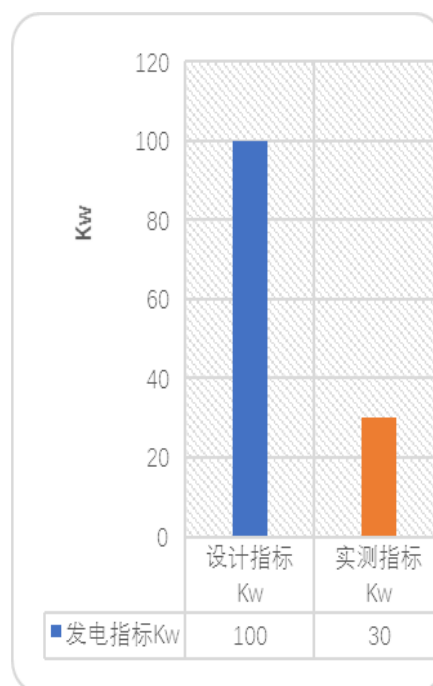


图 5 实测发电指标

### 2.3 生活热水系统

本项目设置了 10m<sup>3</sup> 蓄热水箱两台，水箱设计供水温度：60℃。

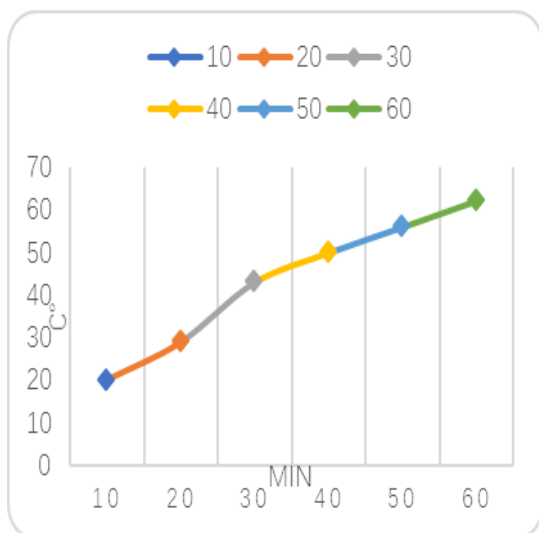


图 6 水箱升温曲线

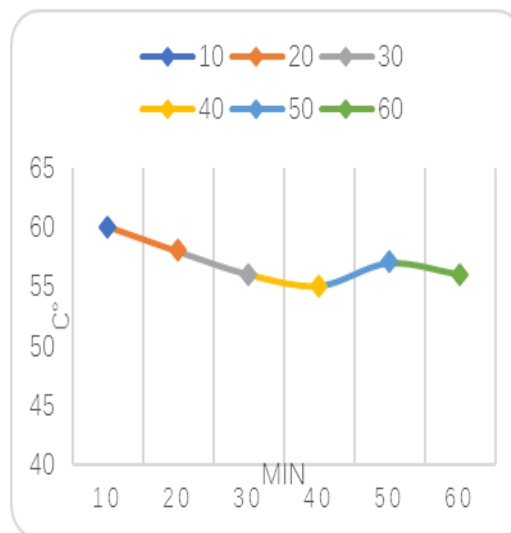


图 7 水箱恒温曲线

图 6 为蓄热水箱热水阀开启后 1h 内水温升高曲线，现场每隔 10min 测一次水温，40min 时，水温已加热到 50℃ 以上。图 7 为热水阀开启状态下，浴室 30 个用水点同时开启时，水箱水温 1h 内变化曲线，实测蓄热水箱出水温度可维持在 56℃ 左右，基本达到生活热水设计指标。

## 2.4 采暖系统

采暖换热机组的设计供水温度：80℃，系统运行后实测换热机组测出水温度可以达到 75℃以上，末端系统开启后，机组供回水温度稳定在 70℃（供）~50℃（回），基本满足了采暖的使用需求。

## 3 总结

### （1）窑胴体换热器

通过运行发现，窑胴体换热器实际换热量未能达到设计指标，当按照设计流量运行时，出水温度比设计温度低了 10℃左右。分析原因，一方面窑胴体表面温度不稳定，另一方面换热器管束换热面积不足可能是主要原因。对窑胴体换热器进行了设计改进，使用翅片管代替原来的光管作为换热管，有效增加辐射面积。

### （2）发电指标

增加发电指标仅为设计指标的 30%，因此提高发电功率没有预期理想，需要进一步分析系统的热平衡。

## 参考文献

- [1] 汤宜城.窑胴体辐射热与窑尾烟气余热联合利用的技术.水泥 CEMENT,2013,No.6 (16)
- [2] 祝尊峰,刘太峰,王瑞显.综合利用  $\varnothing 3.2\text{m}\times 52\text{m}$  回转窑余热进行供水的装置.水泥 CEMENT,2005,No.10(42)
- [3] 吴建青,刘振群.水泥窑窑体表面换热系数的计算方法.硅酸盐学报,1993.12,第 21 卷第 6 期
- [4] 李博知.小型工业炉窑管式换热器设计计算.冶金能源,2001.2,第 20 卷第 2 期



# 立磨和管磨并联替换使用的实践

肖其中<sup>1</sup> 李荣军<sup>2</sup>

(1. 合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051

2. 安徽华塑股份有限公司, 安徽 滁州 233290)

## 1 问题的提出

生产电石的原料为优质石灰, 其中所含微量元素有钾、钠、镁、磷、硫等。在电石炉内温度高达2000℃和还原气氛的条件下, 原料中的MgO被还原成单质, 同K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O一道气化后逃逸<sup>[1]</sup>; 磷、硫则与钙质结合并在电石水解时生成PH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S气体逸出体系; 在电石水解得到乙炔气的过程中, 钙质只是作为载体出现, 反应前后没有消耗。以上原因造成电石渣中Ca(OH)<sub>2</sub>相对较纯。用于水泥生产时, 如果电石渣掺入较多, 相应的在配料时要求粘土质原料硅含量高, 而硅含量高的粘土质原料往往结晶硅含量高, 造成辅助原料易磨性变差。

在PVC的生产过程中, 电石渣经沉淀后大量的水会循环使用, 在循环使用的水中氯离子大量富集, 容易造成电石渣中氯离子含量超标<sup>[1]</sup>。大部分氯碱企业的湿排电石渣中的Cl<sup>-</sup>含量普遍偏高, 对于干排电石渣则不存在此类问题。排除Cl<sup>-</sup>影响的电石渣是水泥生产过程中高品位的钙质原料。

安徽华塑股份有限公司水泥分公司为一条2500t/d熟料新型干法生产线, 采用干排电石渣100%替代石灰石生产水泥。在生料粉磨环节选用立磨, 将辅助原料单独粉磨后再与电石渣混合。立磨型号为MLK2650, 沈重生产, 配套主电机为YRKK630-6、1400kW。辅助原料为砂岩、铁矿尾渣, 约占生料配料量25%, 粉磨量约30~40t/h。辅助原料磨蚀性很强, 造成生料立磨磨辊磨损快、耐磨堆焊周期短(不足一个月就要堆焊一次)、维护费时费力等问题, 严重影响生产线运行效率。

## 2 技术改造方案与实施

通常情况下, 对于磨蚀性较小的原料应优先考虑选用立磨或者辊压机。一般认为: 磨辊、衬板使用寿命在6000h以上, 金属磨耗不宜大于7g/t生料, 选用立磨

或辊压机是合适的。对于磨蚀性大的原料，可考虑选用管磨机<sup>[3]</sup>。中卸烘干磨的电耗无法与立磨相比，但其对物料硬度的适应性较立磨强、运行可靠、烘干效果好、设备维护较简便<sup>[4]</sup>。

根据业主建设期间不能影响水泥生产的要求，结合辅助原料易磨性，技改时在喂料楼边新建管磨车间，选用 $\Phi 3.5 \times 10\text{m}$ 中卸烘干磨一台，与原有立磨共用袋收尘器。流程见图 1：辅助原料配料后用皮带机输送至喂料楼，皮带机下料口处增设三通阀，一路进立磨，一路进管磨。生产时可以根据需要，灵活选择使用立磨或管磨，立磨和管磨互为备份。

中卸烘干磨流程是：原料经由皮带输送机，送入中卸烘干磨磨头，经烘干、粗磨后，从中卸烘干磨中部卸出，经空气输送斜槽和锁风阀，进入提升机，送入 ZX1500 组合式选粉机，分选后粗粉按比例进入磨头和磨尾继续粉磨，细粉经细粉分离器（内置于选粉机，规格 4- $\Phi 1900$ ）收集后进入成品输送斜槽；出磨气体由下部风管进入选粉机，气流中携带的粉尘粗细不匀，经选粉后，粗粉经分料阀入中卸烘干磨磨头和磨尾，细粉经细粉分离器收集后进入成品输送斜槽；系统多余气体进入磨尾布袋除尘器（原有），净化后由引风机抽出、排空。

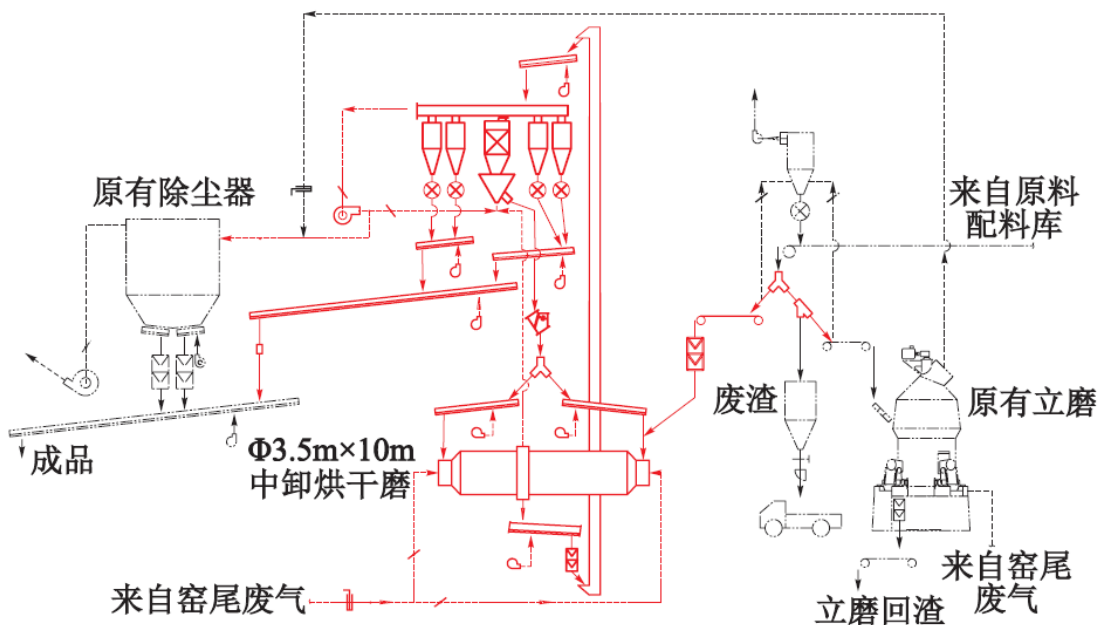


图 1. 立磨和管磨并联工艺流程示意图

### 3 改造效果与故障排除

技改完成后，中卸烘干磨运行平稳，产品细度、水分均能满足生产需求；砂岩和铁矿尾渣磨蚀性很强，用立磨不容易磨细，对煅烧有不利影响，改用管磨后得到极大改善；管磨补球方便，可以在线进行，运转率大为提高。

风量充足是中卸烘干磨充分发挥烘干能力和粉磨能力的根本；为保证选粉效率，选粉机用风仅由磨内通风提供是不够的，同时磨内风速也不能控制太高，因此循环风机出口一般都设置循环风管，风机出风分两路，一路回选粉机，一路进入收尘器，工艺布置简图见图2。随着生产的进行，发现一个奇怪的现象：选粉机成品细度合格、循环风机叶片磨损严重。

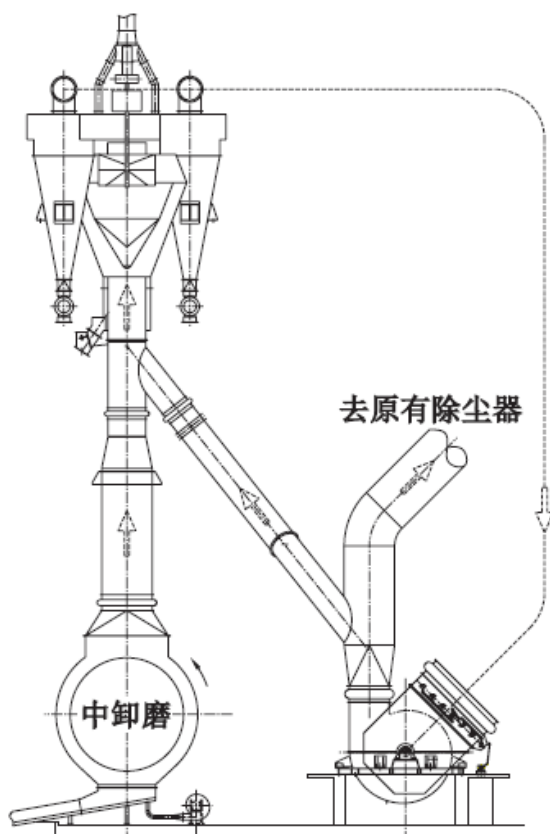


图 2. 循环风机工艺布置示意图

立磨内置的分离器（选粉机）相当于组合式选粉机的粗粉分离器，在它的作用下，粗粉落回磨盘继续粉磨，细粉通过，成品100%由收尘器收集；对于中卸烘干磨，细粉分离器则收集了约90%的成品，收尘器的主要任务是系统多余气体的净化；原有立磨系统配备气箱脉冲袋收尘器LTMC128-2×8，处理风量为150000m<sup>3</sup>/h，

引风机流量达 $180000\text{m}^3/\text{h}$ ，对于中卸烘干磨而言，则不需要这么多；因操作习惯影响，切换至中卸烘干磨时，引风机进口风门没有关小；收尘系统拉风过大，造成循环风逆向，部分出磨气体短路进入收尘器，出磨气体携带的粗颗粒溜入循环风机，造成风机叶片磨损较快。经过上述原因分析，指导操作工关小引风机进口风门，保持系统不正压即可，故障果然得以排除。

#### 4 结束语

料床粉磨设备（立磨、辊压机）与球磨（管磨）串联使用比较常见，并联使用未曾听闻。本次改造完成后，业主可以根据原料情况，灵活选择使用立磨或管磨。立磨和管磨互为备份，也提高了系统可靠性；需要明确指出的是：文中所述的“并联”是指布置形式，在该厂生产时只能选择一种磨机，不能同时使用。对于老厂改造，如果有同样的问题，可能会有所借鉴。对于新建厂，如果原料易磨性差别太大，同时使用也是可以的，此时需要在出口风管上设置流量调节阀，设备选型时粉磨能力也要分别核算，以防止能力过剩；本次改造选用的主机来源于二手市场，业主以接近于废钢材的价格购入，投资花费主要在于土建，设备与电气投资比例均不高；本次改造实现了闲置设备资源的优化配置，且取得了很好的经济效益。

根据中国水泥协会发布的《水泥工业“十三五”发展规划》，在水泥产品中要提高消纳产业废弃物能力，逐步增加可消纳固废的品种。电石渣分为干排渣和湿排渣，不同种类的电石渣，化学成分和物理性质有很大不同，利用电石渣替代石灰石生产水泥，当电石渣掺量较多时，如何更合理地制备生料，尚有很大的研究空间。

#### 参考文献

- [1]肖其忠.利用电石渣生产水泥工艺探讨[J].水泥,2009(5):19-21.
- [2]高敏,文柏鸣.电石渣制水泥的原料特性研究[J].新世纪水泥导报,2009(2):1-5+65.
- [3]彭嘉选.生料粉磨设备的选择及工艺方案[J].新世纪水泥导报,2011,(4):26-29.
- [4]李新萍,张汉林.中卸烘干磨、立磨和辊压机生料终粉磨方案比较[J].水泥,2010,(10):42-43.



# 水泥厂电气节能设计及分析

顾 威

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

水泥行业是国民经济建设的重要的基础产业和支柱产业,也是典型的能源、资源消耗型行业,当前,我国水泥行业单位产品能耗、排放与国际先进水平比较仍有差距。电能是水泥生产过程中的主要能耗之一,在水泥生产中,对于电能的消耗极大,已经占到了水泥成本比重的30%左右,如何将各种节电技术应用于实践并变成具体节能措施投入使用于水泥生产过程中,降低单位水泥的电耗和成本,提高经济效益和企业的竞争力,是水泥生产电气设计过程中一项必须考虑的问题。

## 1 电气设计中的节能措施

水泥厂电气节能就是要从电网开始,在供、配、用电的各环节上采取节电的措施,主要有:供配电线路和变压器的节能,尽量降低供电网络的损耗;电机系统的节能,采用高效的传动系统,用变频调速取代传统调速,提高电动机系统的效率;尽量采用节能型照明系统等等,通过实施各个用电环节的节能措施,并不断研究更有效的电气节能技术使之应用于水泥生产过程中去,以达到节能的效果。

水泥厂供配电系统一般是指,来自电力网的35kV~110kV的电源,由其总降压变电所降为6~10kV后,通过中压配电线分送到各中压配电站或该工艺段中压用电设备,再由中压配电站降为0.4/0.23kV,经低压配电线向各低压设备供电,这样就构成水泥生产线供配电网络系统。

### 1.1 供配电线路节能设计

水泥生产线供配电网络通常由高低压线路以及变电所构成,在电能输送,转换过程中,当电流流过线路时,会产生一定的电力损耗,因此,设法降低供配电的线路损耗是水泥厂电气设计节能的一项措施之一。线路损耗按式(1)计算:

$$\Delta P_L = 3I_L^2 R \times 10^{-3} = P^2 R / U^2 \cos^2 \varphi \times 10^{-3} \quad \text{式(1)}$$

式中： $\Delta P_L$ —三相输电线路的功率损耗，kW； $I_L$ —线电流，A； $R$ —线路相电阻， $\Omega$ ； $P$ —电力线路的有功功率，kW； $U$ —线电压 V； $\cos\varphi$ —电力线路的功率因素。

影响供配电线路损耗的关系主要为：1) 线路损耗与线电压的平方成反比，2) 线路损耗与网络电阻 $R$ 成正比 3) 线路损耗与功率因数的平方成反比。

因此，降低配电线路损耗主要采取的措施为：

### (1) 合理选择供配电电压

在供配电系统的优化设计与正确选择上，应在设备额定电压允许的基础上，将高压电压等级引入，配电网络的供电电压等级如果越高，其线路损耗情况相对也就越低，一般运行电压10kV的损耗是6kV损耗的36%，后者是前者的2.78倍，通过提高电压等级可以减少线路的损耗，国内部分水泥厂在现阶段的生产过程中都将传统的6kV 电压等级转换为10kV 电压等级，以此有效的降低了供配电系统运行成本<sup>[1]</sup>。

### (2) 减少线路电阻

线路的电阻 $R=\rho L/S$ ，即与导线电阻率 $\rho$ 、导线长度 $L$ 成正比，与导线截面 $S$ 成反比。因此要减少电阻值就要做到以下几点：

① 选用电阻率 $\rho$ 较小的导线。电阻率是反映材料导电性能好坏的物理量，一般铜芯导线较佳，目前水泥厂电缆基本上用铜线来代替铝线布置。

② 减少电缆长度 $L$ 。厂区内设置合理的中压配电站和电气室，一般设置生料磨及窑尾配电站、窑头配电站，水泥磨配电站；石灰石破碎电气室、辅材破碎电气室、原料均化电气室，熟料库电气室，水泥包装电气室等；各配电站、电气室应尽量靠近负荷中心，同时在设计及施工中应优化线路敷设，减少线路迂回，缩短供电半径，从而降低线路损耗。

③ 加大导线截面积 $S$ ，对于较长的线路，在满足载流量、热稳定、保护配合及电压降要求的前提下，在选择线缆时可适当加大线缆截面<sup>[2]</sup>。

### (3) 设无功补偿，提高功率因数

系统中电力由高低压线路传输到末端水泥车间各用电设备，在水泥厂中大多数的电机等用电设备为感性负荷，会产生滞后的无功电流，就产生了线路的无功功率损耗。无功补偿就是借助于无功补偿设备提供必要的无功功率，以提高系统的功率因数，水泥厂一般采取的无功补偿方式是：①总降10kV中压侧母线上设置高压功率因数自动补偿装置，主要是补偿高压线路及主变所需要的无功。②在中压电机集中的配电站（如：生料磨及窑尾配电站、窑头配电站，水泥磨配电站），装设集中电容补偿装置；自动投入和切除，对分散的中压电机（如：石灰石破碎电气室）可根据电机功率采用单机就地电容补偿方式；③各电气室0.4kV低压母线设置低压功率因数自动补偿装置。

## 1.2 变压器节能设计

水泥厂大多数电气室设置了变压器，在传递功率过程中要产生损耗，变压器的功率损耗包括有功功率损耗和无功功率损耗两大部分。

有功损耗分为空载时的损耗和负载时的损耗，即铁损和铜损，铁损是铁芯中磁滞和涡流损耗及空载电流在一次线圈电阻上的损耗，它使铁芯发热，与铁芯材料及制造工艺有关，空载损耗就是属于铁损，其值基本上是固定的，与负载的大小无关，铜损是指变压器线圈电阻所引起的损耗，当电流通过线圈电阻发热时，一部分电能就转变为热能而损耗，与负载率的平方成正比。变压器的负载损耗，可认为是铜损，变压器有功损耗用式（2）表示。

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \beta^2 \Delta P_k \quad \text{式（2）}$$

式中： $\Delta P_0$ 为变压器的空载有功损耗，kW； $\Delta P_k$ 为变压器的负载有功损耗，kW； $\beta$ 为变压器的负荷率。

变压器的无功损耗由两部分组成：一部分是由用来建立变压器磁路主磁通的励磁电流既空载电流引起的，这部分与铁芯有关而与负载无关，用 $\Delta Q_0$ 表示；另一部分是变压器绕组的电抗与流过绕组的电流构成，与负载电流有关，用 $\Delta Q_k$ 表示，变压器无功损耗用式（3）表示为：

$$\Delta Q_T = \Delta Q_0 + \beta^2 \Delta Q_k \quad \text{式 (3)}$$

式中： $\Delta Q_0$ 为变压器的空载无功损耗，kvar； $\Delta Q_0 = I_0\% S_r / 100$ ； $I_0\%$ 为变压器空载电流占额定电流的百分； $\Delta Q_k$ 为变压器的负载无功损耗，kvar； $\Delta Q_k = U_k\% S_r / 100$ ； $U_k\%$ 为变压器阻抗电压占额定电压的百分数； $S_r$ 为变压器的额定容量。

由上述分析可知，降低变压器的损耗，主要从降低空载损耗和负载损耗两个方面入手，在降低空载损耗的技术方面主要是通过改进铁芯结构及制造工艺、运用新的铁芯材料来达到节能的效果，在降低负载损耗主要表现改进绝缘结构，适当减少电流密度。因此，变压器节能方法主要为：①选用低能耗、高效率的节能型变压器，可以大大减少空载时候由于铁损、漏磁损耗、励磁电流产生的铁损和负载时由负载电流在绕组上产生的损耗；如S11系列低损耗节能配电变压器，其损耗值与传统的S9系列产品相比，空载损耗可降低30%，负载损耗可降低40%左右，每台变压器年耗电量平均降低10%左右，采用优化设计的新型节能变压器虽然最初投资比传统变压器系列要高，但考虑到水泥厂变压器会一直长期运行所带来的负载损耗大幅度降低以及电能的节省，长远看来，使用节能型变压器还是更具有优势。②合理选择变压器容量，变压器容量选得过大，空载损耗会大大增加；变压器容量选得过小，变压器负载过大，这就使得变压器负载损耗增大。准确的计算出实际负荷的变化范围，合理选择变压器的容量及台数，既可以减少基本电费，提高变压器的运行效率，有能够降低运行损耗。

### 1.3 电力拖动节能设计

#### (1) 电动机节能

对于水泥企业，绝大部分电能消耗在电机上，电机的节能对全厂的降低能耗至关重要，电动机的效率 $\eta$ 和功率因数 $\cos\varphi$ 与负荷系数 $\beta$ 的关系见图1。



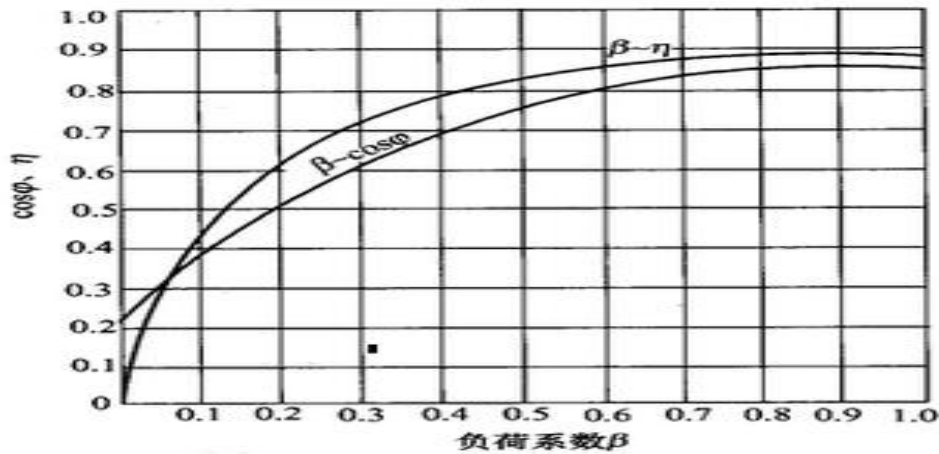


图1 电动机的效率和功率因数  $\cos\varphi$  与负荷系数  $\beta$  的关系

减少电动机能耗的主要途径是提高电动机的工作效率和功率因数。电动机的节能主要为：

根据对电动机损耗的基础上，采用各种可行的措施，对减少电机的部分损耗，提高电机的效率和功率因数具有良好的效果，高效电机采用新型电机设计、新工艺及新材料，通过降低电磁能、热能和机械能的损耗，提高输出效率，比如：Y2系列电机较Y系列电机效率高，损耗低，YX系列高效节能型电动机较Y系列电动机相比优化了总体设计，通过选用高质量的铜绕组和硅钢片，使损耗可降低20%~30%，效率提高1%~3%。因此，在设计和技术改造中，优先选用Y2，YX系列电机，以节省电能。

#### (2) 用变频调速取代传统调速。

变频调速控制方式作为一种新型的调速方法，性能优越，节能效果明显，是目前国内大中型水泥厂适用于风机、水泵类设备广泛采用的一种节能控制手段。变频调速节能在实际应用中总结出三大优点：一是减少电能损耗，降低成本；二是拓宽了系统的调速范围，提高了系统运行的灵活性；三通过变频器实现电机的软启动，降低了启动电流，减少了对电网的启动冲击以及具有过流、过压、欠压、短路、缺相等多项保护功能，更完善地保护了电机，延长了设备使用寿命。

### 1.4 照明系统节能设计

水泥厂的电气照明节能是一项系统工程，要从提高整个照明系统的每个环节

的效率来考虑，要想做好合理的照明设计，达到节能的效果，需要做到在保证足够的照明数量和不降低照明质量的前提下，最大限度地利用照明系统的光能。实施照明节能的技术措施为：①严格按照标准设计。《建筑照明设计标准》及《水泥厂设计规范》中对各种场所的照度标准、视觉要求、照明功率密度等均有规定，照度标准不可随意降低，也不宜随便提高<sup>[3]</sup>。②合理选择照明方式。照明方式分为一般照明、局部照明和混合照明，水泥车间以一般照明为主，局部照明为辅；现场大型主机设备需要监测和检修的地点，在一般照明的基础上，通过设置局部照明来调高作业面的照度，在满足工作需要的同时可以节约电能。③采用高效节能的灯具及其附件，比如，在普通场所应尽量选用节能环保的荧光灯，而在照明要求较高的车间等，应该采用新型的高效节能式气体光源等。④改善灯具的控制模式，将照明专用节电器安装在照明配电箱内，由照明配电箱集中控制各车间灯具；厂区道路及车间照明可采用DCS自动化程序控制，通过合适的组合控制可以减少照明灯具的工作时间，避免不必要的用电浪费。

依据采用高效节能照明产品，提高质量，优化照明设计，提高控制水平等手段达到了水泥厂照明节能的目的，为考核照明设计节能水平，《建筑照明设计标准》制定了照明功率密度(LPD)指标，用于指导和评价照明设计。照明功率密度的定义为：单位面积上的一般照明安装功率(包括光源、镇流器或变压器等附属用电器件)，单位为W/m<sup>2</sup>。设计中实际计算的LPD值不应超过标准规定值

$$LPD = \Sigma P / A = \Sigma (PL + PB) / A \quad (\text{W/m}^2) \quad \text{式(4)}$$

式中：P为单个光源的输入功率（含配套镇流器或变压器功耗）（W）；PL为单个光源的额定功率（W）；PB为光源配套镇流器或变压器的功耗（W）；A为房间或场所的面积（m<sup>2</sup>）。

在设计时应力求降低LPD值：

$$E_{av} = N\Phi U K / A \quad \text{式(5)}$$

式中：E<sub>av</sub>为工作面上的平均照度，lx；Φ为光源光通量，lm；N为光源数量；

U为利用系数；K为灯具的维护系数；A为工作面面积，m<sup>2</sup>。

光源的光效 $\eta_s$ (含镇流器)为：

$$\eta_s = N\Phi / \Sigma P \quad \text{式(6)}$$

将(6)式和(5)式代入(4)式，得：

$$LPD = E_{av} / \eta_s UK \quad \text{式(7)}$$

可以看出，影响LPD的因数主要有，平均照度水平 $E_{av}$ ，利用系数U，光源及镇流器的光效 $\eta_s$ 等，要降低LPD值可采取以下措施：

①提高光源的光效 $\eta_s$ 和降低镇流器功耗；在设计时选用最高效光源和镇流器，比如在水泥厂办公楼、中控室、化验室等宜采用三基色细管径直管形荧光灯，并配电子镇流器或节能型电感镇流器，以获得较低的LPD值，对于车间室外和厂区照明采用高光效、长寿命的金属卤化物灯、高压钠灯等，并配用节能型电感镇流器。

②提高利用系数U，利用系数与照明器的灯具有关，相同的光源灯具不同利用系数差异很大，因此要选用效率高的灯具<sup>[4]</sup>。

③合理确定照度标准值，设计照度应控制在标准值范围内，一般不要超过标准值 $\pm 10\%$ ，以满足工作使用的要求。

## 2 结束语

水泥厂电气节能的就是要从电网开始，加强对供配电线路和变压器系统、电力拖动系统、照明系统等各方面的节能设计，在供、配、用电的各个环节上采取节电的措施，并不断研究更有效的电气节能技术使之应用于实践并投入使用于水泥生产过程中，从而降低单位水泥的能耗和成本，提高经济效益和企业的竞争力。

### 参考文献

- [1] 元延杰, 陈卓. 水泥行业电气节能的几项措施分析 [J]. 江西建材.2015, (18).201
- [2] 桂璐璐. 水泥厂电气设计中的节能措施 [J]. 江苏建材.2011, (1).52-54
- [3] 韩国华, 刘少平, 任二龙. 水泥厂电气设计节能措施 [J]. 中国水泥.2010, (6).83-84
- [4] 李秀珍. 降低照明功率密度 (LPD) 的措施 [J]. 内蒙古教育.2012, (8).54

# 基于 ASPEN HYSYS 的蒸汽管网模拟分析

程啟胜

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

## 1 项目背景

需要汽轮机供汽的两个工厂分别为人造板厂和泡沫包装材料厂（下文简称泡沫厂）。工厂距离汽轮机房约 1000 米。蒸汽母管由电厂汽轮机中段抽汽引至位于人造板厂的分汽缸，管径为 DN200，长度约为 1000 米；分汽缸出汽分两路，一路至人造板厂，管径为 DN200；另一路至泡沫厂，管径为 DN125，长度约为 100 米。

蒸汽使用情况为：

板厂当用汽量为 10t/h，并要求蒸汽压力 $\geq 1.0\text{MPa}$ ，并且需要连续供汽。泡沫厂用汽具有间歇性的特点，用汽量在 3t/h 到 10t/h 之间波动。

生产过程中面临的问题为：泡沫厂用汽量的波动，会导致人造板厂汽压不稳，影响板厂正常生产。

现考虑在分汽缸至泡沫厂管道上增加一个缓冲罐来稳定压力。本文将通过 ASPEN HYSYS 软件，模拟管网波动产生的影响以及增加缓冲罐后所能达到的效果。

## 2 模拟分析

### 2.1 软件介绍

ASPEN HYSYS 软件是世界著名油气加工模拟软件工程公司开发的大型专家系统软件，分为稳态和动态两大部分。该软件与同类软件相比具有非常好的操作界面，软件智能化程度高的特点。

采用软件建立管网模型，增加缓冲罐后系统流程如下图所示：



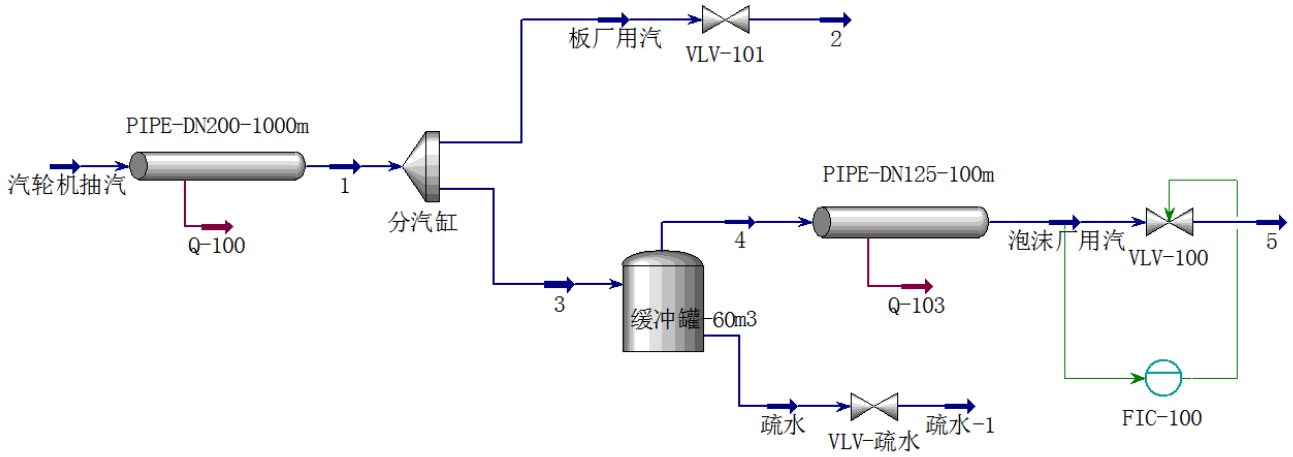


图 2.1 增加缓冲罐后系统流程图

接下来本文将通过模拟从稳态和动态两个方面来分析增加缓冲罐后可以达到的效果。

## 2.2 稳态分析

稳态分析即管路中各参数达到稳定后保持不变，分析增加缓冲罐前后管路的运行情况。缓冲罐容积设定为  $60\text{m}^3$ ，泡沫厂总用汽量固定为  $3\text{t/h}$ 。模拟结果如下：

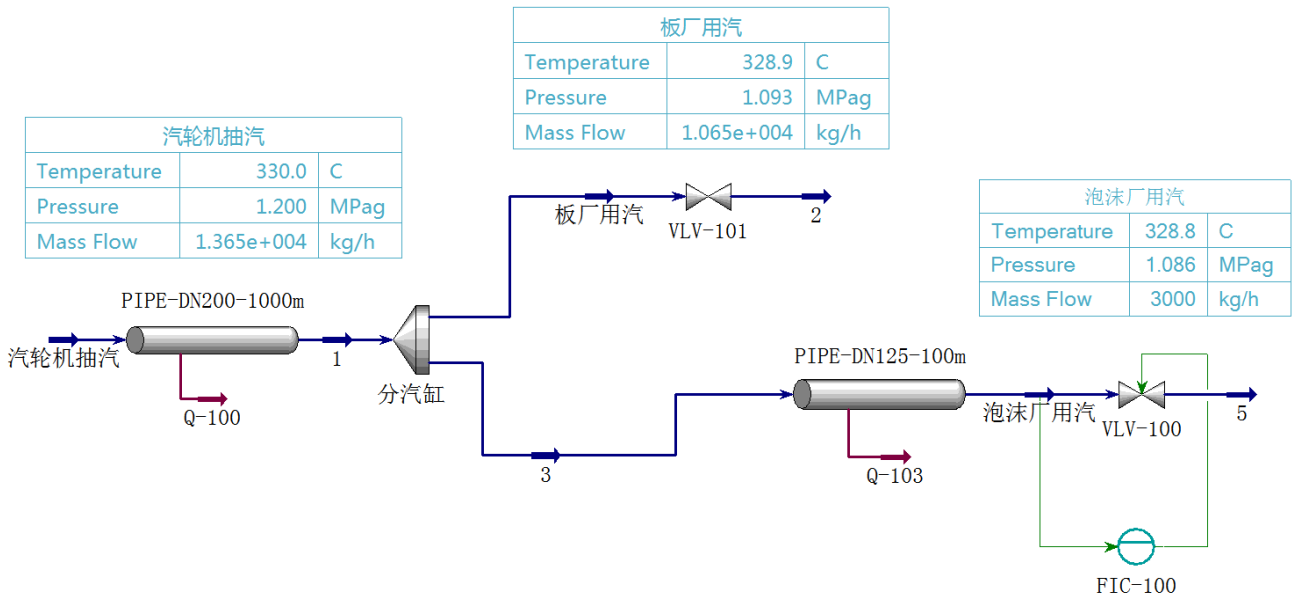


图 2.2 加缓冲罐前稳态工况模拟结果

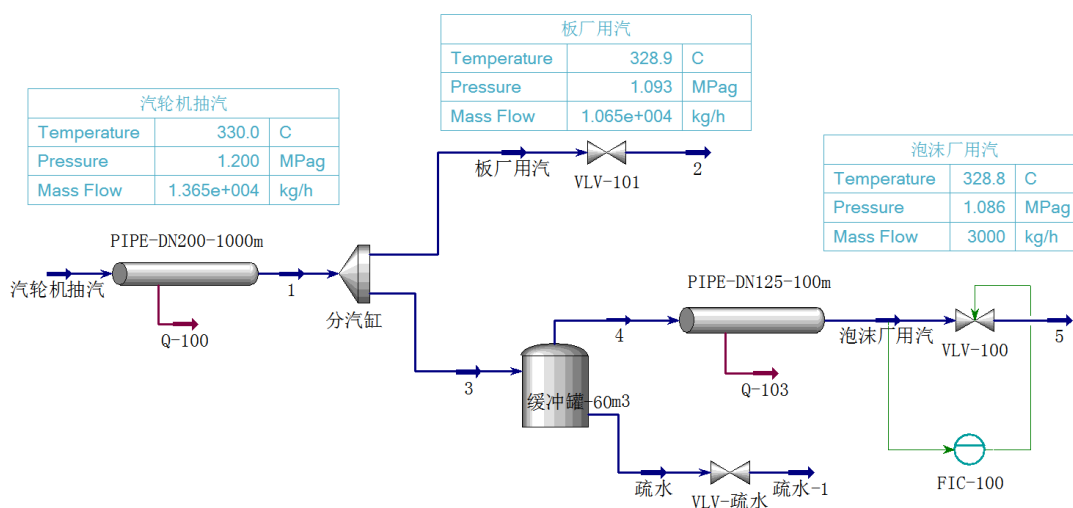


图 2.3 加缓冲罐后稳态工况模拟结果

从以上模拟结果可以看出，忽略缓冲罐本身的压降影响，在稳态工况下，增加缓冲罐与否，对板厂用汽压力没有影响。当泡沫厂蒸汽流量为 3t/h 时，板厂蒸汽压力均为 1.093MPa (g)。同样，当泡沫厂蒸汽流量为 10t/h 时，板厂蒸汽压力均为 0.9785MPa (g)。泡沫厂用汽量增加后，分汽缸前母管蒸汽总流量增加，母管压降增加，从而导致从分汽缸接出的板厂用汽及泡沫厂用汽压力均减小。

## 2.3 动态分析

动态分析即管路参数随时间发生变化，分析增加缓冲罐前后管路的运行情况。缓冲罐容积设定为 60m<sup>3</sup>，泡沫厂总用汽量 3t/h-10t/h 范围内做周期性变化，时间间隔为 30 秒。模拟结果如下：

### 2.3.1 原动态工况模拟

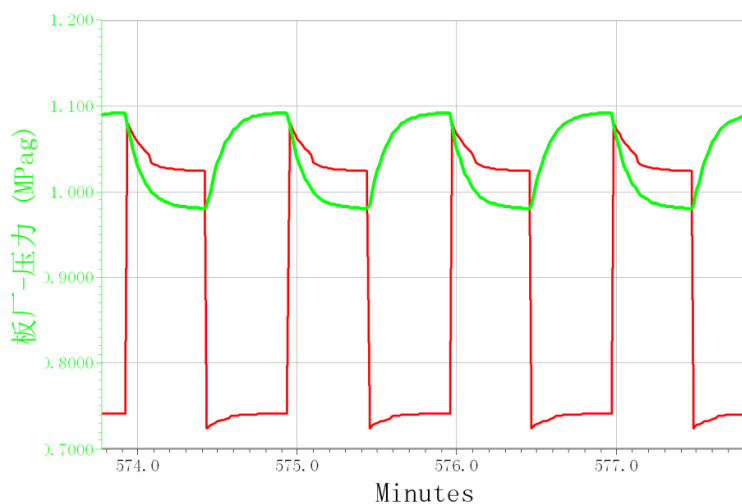


图 2.4 加缓冲罐前动态工况模拟结果

通过上图 2.4 所示的模拟结果可以看出，泡沫厂总用汽量在 3t/h 至 10t/h 之间做周期性变化时，人造板厂用汽压力会产生波动，范围为 0.98-1.09MPa (g)。

### 2.3.2 加缓冲罐后动态工况模拟

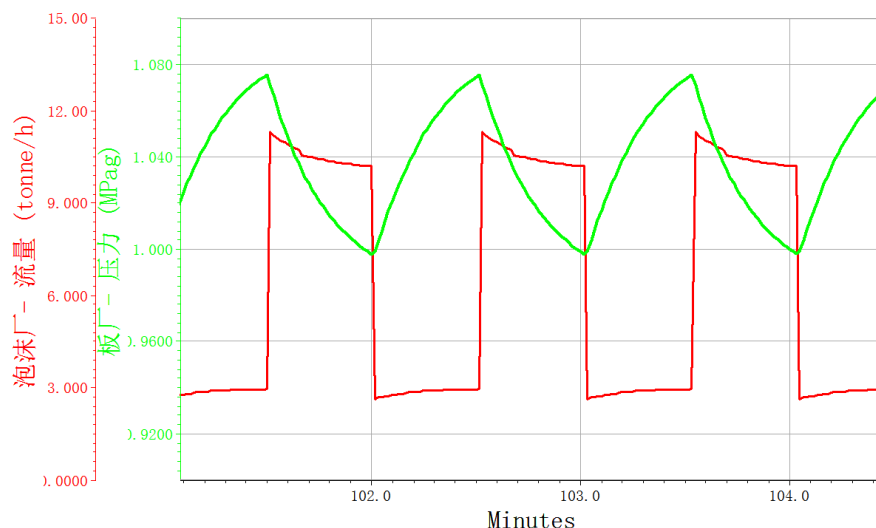


图 2.5 加缓冲罐后动态模拟结果

通过上图 2.5 所示的模拟结果可以看出，增加 60m<sup>3</sup> 缓冲罐后，泡沫厂总用汽量在 3t/h 至 10t/h 之间做周期性变化时，人造用汽压力的波动范围收窄，为 1.0-1.075MPa (g)。

其他条件不变，缓冲罐容积调整为 100m<sup>3</sup>时，板厂用汽压力的波动范围收窄，为 1.006-1.066MPa (g)，见图 2.6。

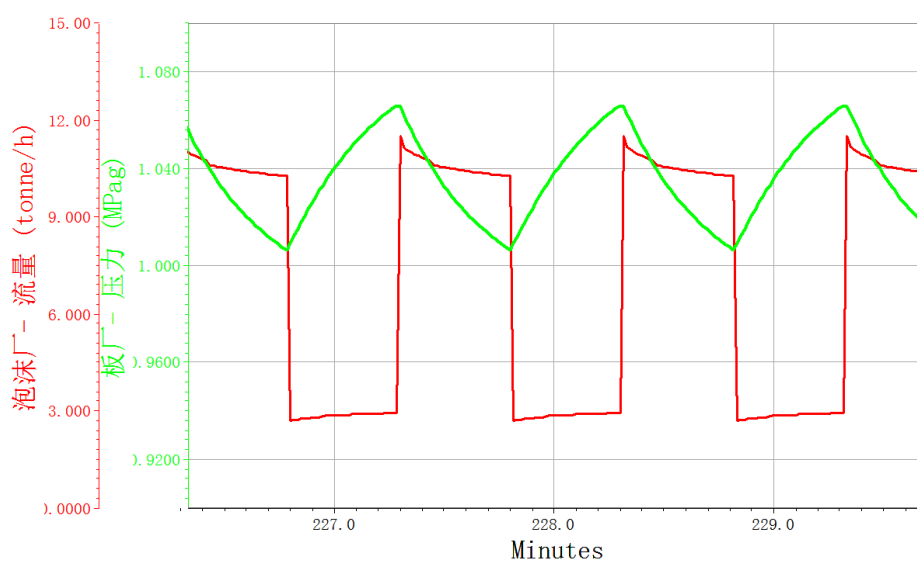


图 2.6 动态模拟结果 2 (缓冲罐容积为 100m<sup>3</sup>)

其他条件不变，周期间隔调整为 20s 时，板厂用汽压力的波动范围收窄，为 1.007-1.065MPa (g)。见图 2.7。

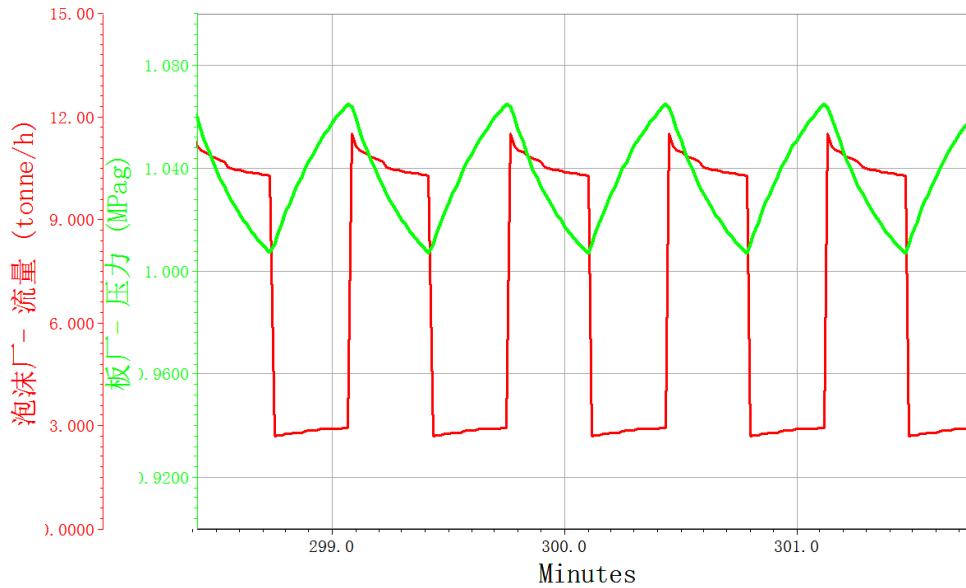


图 2.7 动态模拟结果 3 (时间间隔为 20 秒)

### 3 结语

综合以上分析，人造板厂蒸汽压力变化主要原因是流量变化导致母管阻力发生变化，从而导致分汽缸压力发生波动。

稳态工况下，泡沫厂蒸汽用量不发生变化，管网各点参数保持稳定。增加缓冲罐对管道各点蒸汽压力的稳定没有作用。

动态工况下，增加缓冲罐可以将压力变化的范围收窄，在一定程度上稳定压力。且罐体容积越大，波动间隔越短，稳压效果越好。



# 利用助剂提高干法脱硫效率的研究

穆璐莹 毛志伟 沈玉祥

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

环保部“十二五”规划中二氧化硫的排放总量控制目标是：到 2015 年，二氧化硫的排放总量将比 2010 年减少 8%，总量控制目标为 2086.4 万吨。但是 SO<sub>2</sub> 排放总量仍居世界第一位，还是面临减排的巨大压力，工业废气脱硫任务迫在眉睫。目前，脱硫工艺主要有：湿法脱硫工艺、半干法脱硫工艺以及干法脱硫工艺，其中干法脱硫工艺脱硫效率略低。本文主要介绍了如何在干法脱硫工艺中提高脱硫效率。

## 1 干法脱硫工艺简介

干法脱酸技术一般为“干法管道喷射+除尘器”，其原理主要是利用碱性脱酸剂（一般为消石灰或 CaO 粉末），利用专门的喷头将其喷入烟道内，使脱酸剂的微粒表面直接与酸性气体接触，在大约 140℃ 左右的适宜温度下与之发生化学中和反应，生成无害的中性盐颗粒。在除尘装置内，大量反应产物和未反应的石灰颗粒被吸附在滤袋表面，形成一定厚度的粉尘层，相当于固定床反应器。SO<sub>2</sub> 与 Ca(OH)<sub>2</sub> 在固定床反应器上发生反应生成无机盐固体矿物，并通过滤袋的过滤而留在除尘器内。经过除尘器净化处理后，符合排放标准的废气由排风机排入大气。干法脱硫工艺流程见图 1。

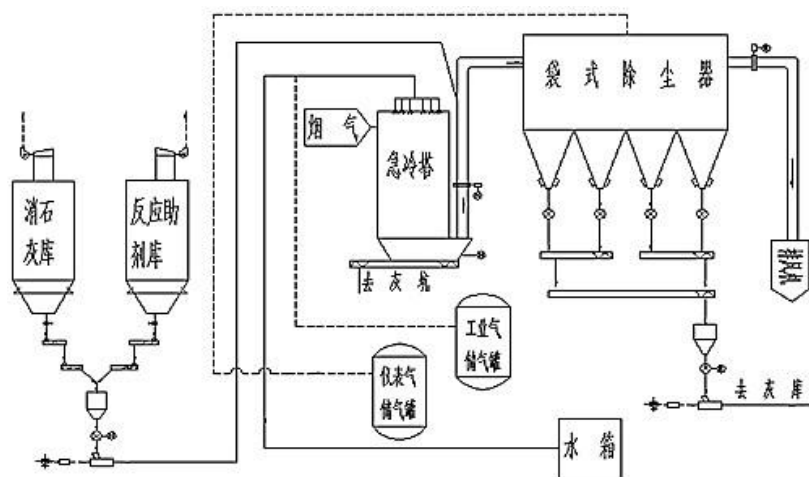


图 1 干法脱硫工艺流程图

## 2 提高干法脱硫效率

干法脱硫主要利用袋式除尘器作为固定床反应器，因此需提高固定床反应器上的反应效率。干法脱硫工艺中主要采用的脱硫剂为消石灰，消石灰主要成分是  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，密度为  $2200\sim 2308\text{kg}/\text{m}^3$ ，堆积密度约为  $0.4\sim 0.5\text{kg}/\text{L}$ ，比表面积平均值约为  $15.2\text{m}^2/\text{g}$ 。消石灰在低温时与  $\text{SO}_2$  反应有很高的活性。但是如果单纯采用消石灰作为脱硫剂，其利用率一般低于 30%。吸收剂利用率过低，不仅增加脱硫系统的运行费用，也加大了粉尘处理量。因此，提高吸收剂利用率，减少吸收剂用量，成为干法脱硫工艺研究的主要内容。

为了提高吸收剂的转化率，业内努力寻找其他吸收剂来代替传统的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，这些努力主要集中在三方面：灰渣再循环，添加剂，高效吸收剂。例如：石灰石和用过的吸收剂的循环使用；水合石灰石和氢氧化钙喷射剂；用蒸汽活化钙基吸收剂；再生吸收剂；水合氢氧化钙和硅胶和氢氧化铝和金属铁氧化物的钙基吸收剂。其中消石灰和不同来源的硅（如硅藻土、蒙脱粘土/膨润土、飞灰）配合与用纯消石灰相比可以明显的提高钙的转化率。在相同的制备条件下，单纯用消石灰所制得的吸收剂只能获得  $18\text{m}^2/\text{g}$  的比表面积和  $1.4\text{m}^3/\text{g}$  的空隙率。而混合吸收剂的比表面积可达  $52\text{m}^2/\text{g}$ ，空隙率  $1.7\text{m}^3/\text{g}$ 。因此在脱硫剂中添加反应助剂可以增

加反应面积，提高吸收剂的利用率。

### 3 反应助剂的研究

目前，利用消石灰作为脱硫剂时，在干法脱硫工艺中，为提高脱酸效率通常采用的反应助剂主要有以下二种：

#### (1) 活性矾土

活性矾土主要成分为氧化铝，脱硫剂中加入活性矾土对 $\text{SO}_2$ 脱除率增幅最大，对 $\text{HCl}$ 较小。在 $150^\circ\text{C}$ 左右的较低温度下，活性矾土对 $\text{SO}_2$ 的吸附属低温物理吸附， $\text{SO}_2$ 的脱除率在 $35\% \sim 46\%$ 之间。

#### (2) 特殊反应助剂

合肥水泥研究设计院研制的一种由多种天然矿物配比而成的特殊反应助剂，其本质是含水的非晶质 $\text{SiO}_2$ ， $\text{SiO}_2$ 含量常超过 $70\%$ ，具有孔隙度大、吸收性强、化学性质稳定、耐磨、耐热等特点。这种特殊反应助剂作为添加剂加入消石灰中，与反应助剂种的二氧化硅反应生成水合硅酸单钙和水合硅酸双钙不完全结晶物，呈纤维状，具有很大的比表面积和高持水性。高比表面积提供了足够的反应接触面积，使它能与 $\text{SO}_2$ 充分反应。同时其高持水性使湿度增加，加速了表面反应的进行，吸收剂活性得以提高。由此可见，比表面积越大，活性越大，反应越充分。

该反应助剂增加了脱酸剂孔隙和接触面，加快了吸附速率，解决了消石灰孔的直径太小影响二氧化硫向颗粒内部的扩散，甚至可能被反应生成物堵塞孔口的问题。同时生成的硅酸钙堆积密度小，在袋式除尘器滤袋表面形成疏松的过滤层（如图2所示），有利于 $\text{SO}_2$ 的脱除。

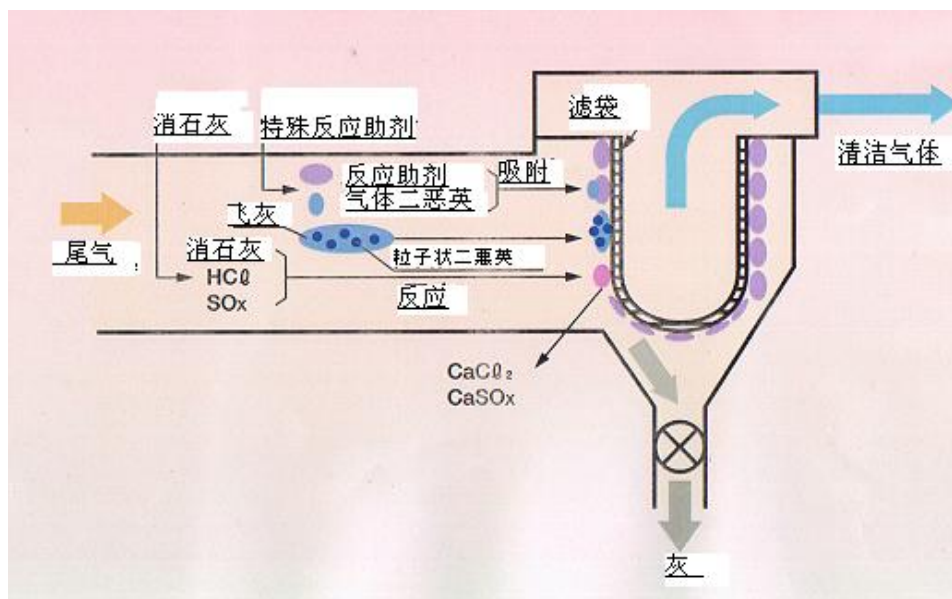


图 2 添加特殊反应助剂后滤袋表面过滤示意图

#### 4 案例分析

以某厂 300t/d 垃圾焚烧工艺线干法脱硫工艺为例，采用的脱硫剂是消石灰，细度 200 目以上， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  含量 90% 以上；特殊反应助剂 325 目以上。消石灰以 8kg/t 垃圾的消耗量加入烟气系统，特殊反应助剂以消石灰的 5%、10%、15%、20%、25%、30% 的比例掺入，对急冷塔入口和除尘器出口位置的  $\text{SO}_2$  含量进行测试对比，分析特殊反应助剂对脱硫性能的影响，实验数据如下表所示。反应助剂添加量与脱酸效率的曲线图如图 3 所示。

表 1 特殊反应助剂的添加量对脱酸效率的影响

| 添加量% | 急冷塔入口<br>$\text{SO}_2$ (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 除尘器出口<br>$\text{SO}_2$ (mg/Nm <sup>3</sup> ) | $\text{SO}_2$ 的<br>去除率% |
|------|--|--|-------------------------|
| 0    | 458  | 162  | 64.6                    |
| 5    | 403  | 129  | 68.0                    |
| 10   | 442  | 107  | 75.8                    |
| 15   | 466  | 91   | 80.4                    |
| 20   | 398  | 58   | 85.4                    |
| 25   | 415  | 59   | 85.8                    |
| 30   | 497  | 70   | 85.9                    |

注： $\text{SO}_2$  测试值为小时均值。

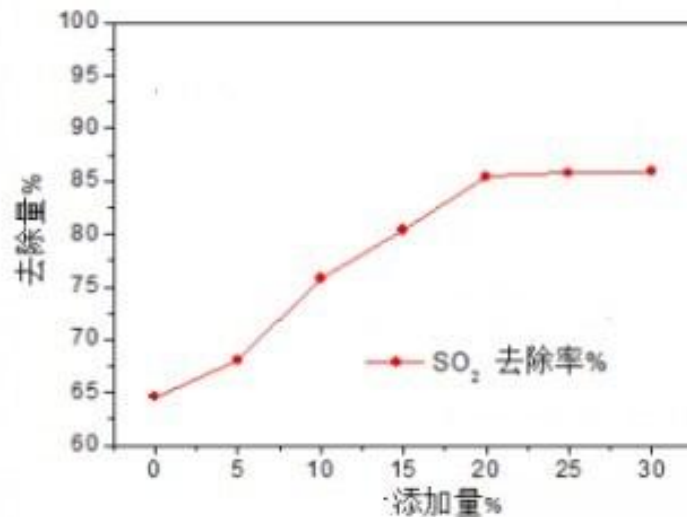


图 2. 反应助剂添加量与脱酸效率曲线图

由图 2 可以看出，单纯采用消石灰脱除  $\text{SO}_2$  时，其脱除率仅为 64.6%，当反应助剂掺量达到 35% 时，其脱除率达到 85.8%。同时可以看出，反应助剂掺量达到 20% 时，其脱除率增速最快。超过 20% 时，虽然脱除率有所上升，但是从经济成本上考虑，20% 的掺量完全可以满足国家的烟气排放标准。反应助剂对提高脱硫率有很大的效果。

## 5 结论

随着国家环保排放标准的趋严，各行业的脱硫措施逐步提上日程。由于很多行业的新上脱硫装置受各种条件限制而采用干法脱硫技术；干法脱硫技术具有：工艺简单、能耗低、系统维护管理方便、无二次污染、占地小等特点，如何提高干法脱硫效率是该技术的重点，本技术利用特殊反应助剂来提高干法脱硫效率的思路，可供大家参考。



# CP 仓式气力输送泵在水泥输送中的应用

张惠平

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

## 1 前言

南阳市光达豫新水泥有限公司是南阳中联卧龙水泥有限公司下属的水泥粉磨基地, 该基地年产水泥 100 万吨, 水泥储存能力不足。同属南阳中联卧龙水泥有限公司的恒远(北厂)粉磨基地原是立窑企业, 在国家淘汰水泥行业落后产能的背景下, 停止了原先的立窑生产, 并利用现有的储存库, 改造为散装水泥站。水泥磨车间与散装水泥站当量输送距离为 700 米, 气力输送方式以其工艺布置灵活, 系统结构简单, 维修工作量小, 投资小, 便于自动化操作及长期安全运行, 而被本项目优先采用。

## 2 气力输送泵的选择

目前气力输送供料器形式主要有三种:

一种是垂直提升用的气力输送设备。气力提升泵设备结构简单, 操作方便可靠, 无粉尘、磨损小。气力提升泵分卧式和立式两种: 喷嘴水平布置时为卧式; 垂直布置时为立式。上世纪九十年代国内建设的 300t/d 和 600t/d 五级预热器窑尾生料喂料大多采用立式气力提升泵。熟料生产规模大型化后, 生料喂料都采用钢丝胶带提升机。

另一种是上世纪八十年代引进的 FULLER 公司以 F-K 泵为代表的螺旋泵。F-K 泵主要靠空气动压在管道中进行悬浮式输送, 输送过程中连续且无脉动, 在水泥厂实际生产中, 煤粉输送通常采用螺旋泵。

还有一种型式即为仓式气力输送泵。仓式泵分单仓泵和双仓泵, 仓式泵的优点是可利用高压气源作超长距离输送, 而且没有易磨损部件, 检修工作量较小, 与螺旋泵相比电耗较低, 缺点是体形较大, 占据空间较大, 且不能连续稳定地输

送物料，但通过 2 个单仓泵串联也能用于连续输送。

国内仓式泵输送水泥的成功案例较多，因此本项目中优先采用了多功能型浓相流态化 CP2200 气力输送泵，其特点如下：仓泵容积大（容积为  $15\text{m}^3$ ），单泵水泥输送量  $50\text{t/h}$ ，工作次数少，因而故障率低。管式低阻型内部流态化装置使流态化区域大且稳定，输送混合比高。管道的变径设计，保证了输送气流速度低，初速  $6\text{m/s}$  左右，末速  $10\sim 16\text{m/s}$ ，磨损小。

### 3 压缩空气量的确定

气力输送系统的压缩空气消耗量（按自由空气量）可公式(1)计算如下：

$$V=1000G/60\gamma_a\mu \quad (1)$$

式中：V—压缩空气消耗量（自由空气量）， $\text{m}^3/\text{min}$ ；

G—水泥输送量，T/h；

$\gamma_a$ —空气的重度，采用  $20^\circ\text{C}$  时的数值， $\gamma_a=1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$\mu$ —粉料浓度， $\text{kg}/\text{kg}$  空气，当输送水泥时根据输送距离与粉料浓度的关系选取。

### 4 气力输送管道确定

在中长距离气力输送时，随着输送距离的延长，管道内气体膨胀。当输料管道初端、尾端管径相同时，管道初端压力高，气体密度大，输送到尾端压力降低，气体密度减小，管道的输送风速则越来越大。

由于管道磨损量与风速的  $3\sim 4$  次方成正比，因此风速的增加势必带来管道磨损量的急剧增加。

稳定输送段压力损失为最小时气流速度的确定是管径选择的基础数据。普遍规律为在稳定输送段有压力损失为最小时的气流速度  $V_{\min}$ ，当选择的气流速度大于  $V_{\min}$  时，压力损失随之增高，管道磨损加重，且电耗增加；反之，若低于  $V_{\min}$  时，则压力急剧增高，物料沉积直至堵管。经多年实践的总结，对高存气性和低透气性的粉料，在流态化浓相输送中，为减少管道磨损，采用分段变径输送管，变径后的风速降低幅度与管径几何比的平方成正比，因此扩大管径是一种行

之有效的管道降速方法。

对不同粉料和不同的输送距离，管道如何变径以及变径点的选择是关键问题。它涉及到最低输送风速的选择，对不同的输送方式，最低风速又有不同要求。由于气固两相流在管道内流动状态相当复杂，至今没有一套完整的计算式供设计直接使用。CP 仓式泵根据输送距离的不同、物料性质的变化及输送量的不同，所采用的  $V_{min}$  较常规方式大约可降低 30%~40%。 $V_{min}$  值乘以适当的修正系数，即为实际选择最佳气流速度的基准，可作为变径管道末速选择的依据。

对长距离气力输送的输料管道，一般可选择 3~4 次变径，管径自进料端至出料端逐渐增大。变径点的选择(即变径的管道每段长度)是按经验公式得出的，即按公式(2)确定每段管道的压力损失(即每 100m 的压力降  $\Delta P$ )。

$$\Delta P = K \cdot u^{\chi} \cdot \mu^{\gamma} \times 10^{-3} \quad (2)$$

式中： $\Delta P$ ——输送管道的压力损失；

$K$ ——管径系数；

$u$ ——管道内气流平均速度，m / s ；

$\chi$ ——速度系数， $\chi=1.96$ ；

$\mu$ ——粉料浓度；

$\gamma$ ——混合比系数， $\gamma=1.12$ 。

当输送管道末速确定后，该段管道的初速根据输送物料性质的不同，可设定最低允许的初速。当输送管道末速确定后，根据压缩机供风量即可确定管道的直径  $D$ 。本项目采用管道规格分别为： $\Phi 168 \times 7$ 、 $\Phi 194 \times 7$  和  $\Phi 219 \times 7$  mm。

输料管道的变径及分段的计算，国内外各大公司方法不尽相同，变径及分段是否恰当，直接影响系统工作的安全性及经济性。保证管道输送的最佳风速、运行阻力小、不堵管、混合比高、管道磨损小、电耗低是最终考核指标。

## 5 结束语

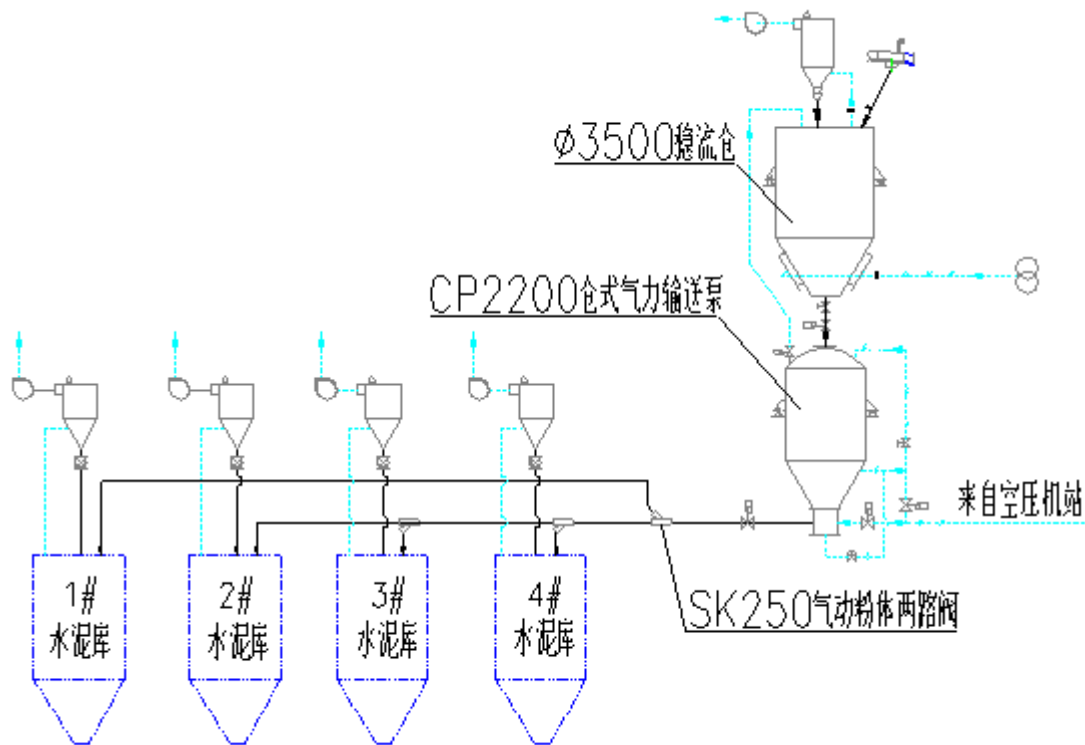
南阳市光达豫新水泥有限公司 CP 仓式气力输送泵系统经过近三年的运行，随机运转率 100%，产量稳定在 55t/h，电耗约 3.6kwh/t。

(1)CP 仓式泵的技术性能先进，可应用于建材、电力、化工、冶金、交通等行业的中长距离、大输送量的粉粒状物料气力输送。

(2)无粉尘，无噪声，人性化操作，改善工作环境提高劳动生产率。

(3)CP 仓式泵与常规悬浮式气力输送设备相比风速低，磨损小，电耗低，设备运行可靠，维修量少，经济效益明显。

(4)送入稳料仓的粉料必须进行除铁及除渣处理，以免气动进料阀磨损，影响使用寿命。



50t/hCP 仓式气力输送泵系统南阳市光达豫新水泥有限公司散装水泥工艺流程图

# 大型水泥钢板库在水泥厂的成功应用

叶震球

(合肥水泥研究设计院有限公司 安徽 合肥 230051)

## 1 前言

随着社会的发展和科技的进步，单个钢板库的容量要求越来越大，大型钢板库结构越来越广泛应用于煤炭、粮食、水泥等行业中。就投资者而言，是决策使用大型钢板库还是传统混凝土库方面还存在一定的认识偏差，本文从大型钢板库与传统混凝土库就投资价值、使用维护以及占地面积等方面进行了分析比较，得出大型钢板库优于传统混凝土库，供相关企业参考。

钢板库的关键技术核心是库体的结构、出料技术以及智能化控制。由于地质条件和储存能力不一样，库体的基础应进行适应性设计，和传统桩基及筏板基础比较，钢板库可以节约大幅度投资。在多功能大型钢板库研发成功之前，最理想的大型钢板库其相比于传统混凝土库，性能极大提升，在一定层次上提高料的出库率和均化效果。最新计算机控制仓储多功能钢板库是在前一代库基础上进行改进，大幅度提高出库率 98~99%，均化效果更好，同时优化的结构设计，使库内存料减少，而且可以随时对设备保养、维护和更换，解决了物料遗留问题。该钢板库首先基于电脑对储料进行智能化检测和控制，使原有的靠经验管理升级到数字管理，节约人力，使仓管水平极大提高。

## 2 多功能钢板仓和混凝土仓比较

### 2.1 分析综合效益

例 1: 河南某集团公司 200 万 t 水泥粉磨站由某水泥设计院设计的直径为 15m 高度为 45m 的混凝土水泥储库 6 个，每个储库水泥储库容量为 5500t，总容量为 33000t，其土建造价如下：

(1) 桩基 540 根，长 26m，直径 600 造价 260 万元。

(2) 伐板基础，造价 500 万。

(3) 筒体及钢结构造价 640 万元。

合计造价 1400 万元。吨水泥储量造价为 424.24 元。

例 2：山东某建设有限公司筹建的 30000t 大型钢板库，总投资 525 万元，吨投资 175 元。

通过以上两种库型对比，钢板库的每吨水泥节约的投资率 58.75%。库底收尘器少使用 6 台，出库卸料装置减少了 36 台套，总计设备投资节约 70 余万元，吨投资约 21.2 元 ( $700000 / 33000=21.2$ )。

大型钢板库库底基础为环形钢筋混凝土结构，同时 3 层加强防水，混凝土含有明矾膨胀剂，防水的等级 1 级，防渗强度 P12 级。另外其库壁和库顶采用钢板焊接，库顶的收尘器使库内始终保持负压状态。物料进入钢板库时带入空气，迫使气、料快速分离，随后形成了料柱，无产生潮湿板结条件。同时我们采取保温、防寒、防腐等等一系列措施，有效杜绝 50~160℃温差对库内影响，消除温差导致的结露问题。

传统库的料入库时，由于面积的局限，导致料层较厚，而多功能钢板库，由于截面积大，单位时间形成的布料层则较薄，同时，中心沉积的提高形成锥体，而中心增高则形成 45°左右坡度，这种坡度极大扩展进料面积，料层均匀分布。出料时库底部物料，堆积密度高，达到饱和状态，在均化力的作用下，逐渐料物均化，实现了物料出库的均化过程。这样彻底解决了多功能钢板库的出料难，可使钢板库出库清空率达到 98%。而且大型钢板库内部空间大，物料自库顶入库后，有充分的时间空间进行气料分离，库内压力逐渐增大，也加快气料分离的速度和沉积密度，分离后的粉尘经过收尘器排出，同时保护了环境。

通过实践证明，大型钢板库中存放两年以上的水泥，仅有凝结时间和抗折强度指标稍有降低，其他主要性能不变，同时没有板结现象。同时通过计算机控制，实时监控，物料状态保持最佳，更方便物料的储备。采用计算机控制后，对库内流速、温度、湿度、压力、等等诸多要素自动化检测，物料进出库全面受控于计



算机，将原有条件下的经验管理提升到计算机智能化的科学管理。投资较传统库节约 55%，吨储水泥成本控制 200 元以下，而且传统混凝土水泥库的基础荷载方式是地质荷载，压力强度全部负载上负荷重体，但多功能钢板库是内聚反浮作用力的环形基础，无论何种地质均有荷载能力，这种新型的荷载方式，避免了打桩的高额投资。由于不同地质情况打桩费用不一样，某些地质条件差的地方其打桩费用比建库费用还要多。而多功能钢板仓基础大部分不用打桩，简单处理即可，造价为混凝土库基础的 20%，而且适应所有地质条件。资料显示，传统混凝土库建设吨水泥费用在 300~450 元，施工周期长；而大型钢板库吨水泥投资一般为 200 元左右，并且建设工期短，一般 3 个月即可完成。库群建设可以交叉施工，工期更短。

### 3 使用情况

2013 我院设计的淮北某水泥有限责任公司水泥库储存车间时，业主方经过充分考察论证，与山东华建公司合作建造 2 座 1.5 万吨的大型水泥钢板库。该库投用近两年来，使用效果良好，各项技术经济指标均达到了设计要求。

#### (1) 进料

大型水泥钢板库配置于由  $\phi 4.2\text{m} \times 13\text{m}$  球磨机等设备组成的双闭路粉磨系统之后。该系统粉磨 P·042.5 水泥的实际产量 210~240t/h。出磨水泥通过提升机和空气输送斜槽，从水泥钢板库库顶中心进料口入库，在库内按人字型布料。设置在库顶的袋式除尘器可以保证库内始终处于负压状态，避免水泥粉尘跑冒。为了防止过大的负压对钢板仓造成损坏，在库顶设置了安全阀。

#### (2) 出料

水泥钢板库的出料系统由 1 台 PLC 柜控制。当中控向 PLC 柜发出出料指令后，PLC 柜便按事先设定的充气卸料方式，通过控制电磁阀轮流向某一区或几个区送入压缩空气，压缩空气使流化棒周围的水泥呈流态化，流态化的水泥通过导料管流入中心区减压锥中，同时，当某个区卸料时，在该区的上部形成漏斗流，同时切割多层生料，起到了“平铺竖取”的均化效果。进入减压锥内的物料经充气搅拌成

为活化物料，具有较好的流动性，经发送器的集料、射流作用，通过输送管进入库外的受料设备—提升机，完成钢板库的出料。当库内料位较高时，可开启设置在减压锥上的垂直下料管，使库内水泥直接流入减压锥内，以降低水泥的出库电耗。在水泥钢板库之后配置了 2 台 8 嘴回转水泥包装机（备注：包装车间和水泥库之间有水泥散装系统）。从库底出料涌管出来的水泥，通过提升机、分料器和空气输送斜槽送入 2 台水泥包装机的中间仓，每台水泥包装机的实际生产能力约为 100t/h。

### （3）技术指标

该水泥库投入运行 3 个月时，厂方对其主要技术指标进行了一次 72h 连续运行考核，结果见表 1。

表 1 钢板库指标考核结果表

| 指标名称        | 合同指标   | 考核结果                             |
|-------------|--|----------------------------------|
| 水泥储量（万 t）   | 1.5  | 1.48                             |
| 出库能力（t/h）   | 0~300 可调   | 符合合同要求                           |
| 出料电耗（kWh/t） | 当出料平均流量 $\geq 250\text{t/h}$ 时，吨水泥出料平均电耗 $\leq 0.35\text{kWh/t}$ ，流量每降低 1%，电耗增加 1% | 平均出料流量 240t/h，电耗 0.365kWh/t，符合要求 |
| 卸空率（%）      | $\geq 90$  | 95                               |

## 4 结束语

综上所述，与传统的钢筋混凝土水泥库相比，大型水泥钢板库具有单库储量大、投资省、施工周期短、操作管理方便、均化效果好、板结情况少、物料均化匀称、出库清空率高，粉尘排放少，残值回收率高等优点。但和其他新生事物一样，由于大型水泥钢板库的问世时间较短，许多人对其还不够认识和了解。笔者相信，随着大型水泥钢板库设计和功能的不断完善，其市场占有率会越来越高。

### 参考文献：

- [1] 魏娜, 王锐. 浅谈建筑混凝土施工技术[J]. 黑龙江科技信息, 2011 (04): 43-44
- [2] 陈相宇. 浅谈多层工业厂房的结构设计[J]. 科技致富向导, 2012
- [3] 申汉杰. 水泥厂 DCS 控制系统设计[D]. 武汉理工大学, 2013.

# 浅谈出磨水泥降温措施

宋传杰

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

## 1 水泥球磨粉磨工艺现状

对于水泥粉磨中的球磨机而言,通常可以配置为带选粉机的闭路系统或者是不带选粉机开路系统。球磨机闭路粉磨系统适应性好,可对水分、温度以及产品的不同要求做灵活的调整,但其工艺流程复杂,设备多、投资大、厂房高,而且操作麻烦,相应的维修工作量也大。而开路粉磨系统由于物料全部到达细度要求后才能出磨,所以球磨机内存在过粉磨现象,而且易于形成缓冲垫层,降低了粉磨效率,相应的增加了部分电耗。但对于生产企业来讲,开路粉磨系统流程简单,设备少、投资省、操作简便,而且从水泥品质上来讲,开路粉磨系统生产出来的水泥粒度分布宽,颗粒级配相对合理,有益于减少标准稠度需水量以及水泥强度的发挥。

选择闭路还是开路对于生产企业来讲是一个综合性的判断,不能一概而论,也不能简单地判定孰好孰坏。但有一点是肯定的,现代水泥生产企业在对于开路粉磨的选择时,其中一个很重要的因素就是开路粉磨系统容易造成出磨水泥温度居高不下(甚至达到 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ ),即使采取了磨内喷水等技术,其出磨水泥温度仍然很高,尤其在水泥粉磨系统大型化的现实情况下。因此,能否把水泥温度降下来,成为选择开路粉磨工艺的一个决策性指标。

## 2 高温对水泥的危害

生产时,磨内过高的温度会造成水泥里的石膏脱水,而出磨较高的水泥温度易造成库凝以及在包装时造成包装纸袋的破损。对于混凝土生产企业而言,较高温度的水泥会给制作混凝土带来诸多问题:①造成混凝土的塌落度损失大。②造

成外加剂相容性变差，用量增大，增加混凝土制造成本。③水化快，水化热大，温度应力增大导致混凝土早期开裂的敏感性大，内部温升可达 50~60℃，中心部位最高温度可达 80~100℃。④水泥里的石膏脱水为半水石膏甚至是无水石膏，人们普遍认为半水石膏的水化是引起水泥假凝的原因，而假凝会给混凝土施工带来很大困难。

高温水泥的诸多危害给水泥的用户混凝土生产企业带来了大麻烦，温度也逐渐成为了水泥品质的一个标签。与此同时，我们的机场建设、桥梁施工及核电站等重要工程建设，其明确要求水泥温度必须小于 60℃，这已经成为硬性要求。所以控制水泥温度，现在不仅仅是水泥生产企业在控制水泥品质时的必修内功，同时也是市场选择的必然结果，也因此二代水泥相关指标提出入库水泥的温度需控制在≤90℃。

### 3 现有水泥降温手段

#### 3.1 磨机相关

与磨机相关的降温手段主要有：磨机淋水、磨内通风、磨内喷水。其中应用较广，效果相对好的方式为磨内喷水。以某厂的 F.L 史密斯磨内喷水系统为例，其流程图如图 1 所示：

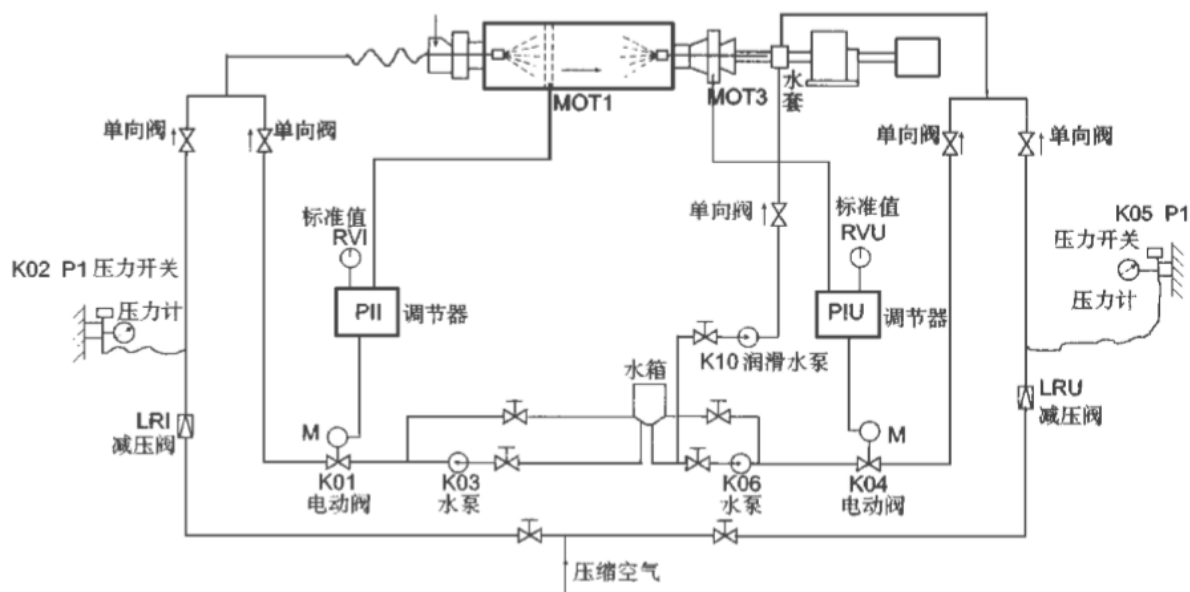


图 1 某厂磨内喷水系统流程图

水泥磨 II 仓及 I 仓的喷水量分别由出磨水泥温度( MOT 3)和隔仓板水泥温度( MOT 1)控制, 其测量信号分别送至调节器( PIU)与( PII)中, 与可调基准信号相比较, 来控制电动阀( K04)与( K01)的开度, 进行水量调节, 使水泥温度符合要求。

磨内喷水系统要求控制精度高, 控制不好可能会产生湿磨及早期水化。湿含量过大, 温度低, 可能会引起糊袋和收尘器内结露。而磨内喷水管和密封套为喷水装置主要故障点, 一旦发生漏水对磨机生产将造成灾难性的后果。

磨内喷水系统对水泥的降温效果相对较好, 即便如此其降温幅度只在 30℃ 以内, 对于大型开路球磨系统而言, 尚不能从根本上一蹴而就的解决水泥温度问题。

### 3.2 磨外降温手段

随着对水泥降温的重视, 科研院所、高校以及水泥厂对水泥降温的研究正逐步推进。总体而言, 磨外降温的方式从原理上可分为直接冷却和间接冷却, 直接冷却主要采用冷空气作为介质, 有能量分离系统, 以压缩空气作为动力源, 通过能量分离产生的 0~15℃ 低能气体作为热交换介质, 在水泥磨系统的出磨或入库提升机、空气输送斜槽等设备的输送过程中采用直接的热交换方式。也有武汉理工大学教授提出的斜槽式冷却器, 结合了热管技术对水泥输送斜槽在保留输送功能的基础上进行改造, 利用能量分离系统生产的低能空气作为冷却介质, 对斜槽内的水泥进行直接的和间接的降温冷却。

在生产中, 有些改造后的粉磨系统仍保留了磨后的选粉机, 其目的也是在水泥温度较高时, 利用选粉机对出磨水泥进行直接的降温, 如下图(图 2)某厂的出磨工艺, 看起来似乎是闭路粉磨系统, 实际上水泥经过选粉机的冷却后直接入库而没有返回料。

利用空气对水泥进行直接降温, 冷却效果好, 但由于空气本身的比热很小, 要想有效降温就需要大量空气, 这势必会造成冷却设备的大型化。如果采用能量分离系统来生产低能气体, 又需要一套大型的低能气体生产系统。目前采用空气进行直接的、间接的水泥降温手段都还是一种有益的尝试, 尚未形成有效的便于大面积推广的手段。

与直接冷却方式相对应的间接冷却，其主要冷却介质采用水。目前工业化应用较好的是螺旋提升式水泥冷却器（见图3），该技术源自国外，其原理为：磨机出来的高温水泥喂入冷却器底部喂料口，由内部螺旋转子的提升送到顶部的出料口。水幕自冷却器筒体上部均匀地沿筒体的外壁流向底部集水槽，筒壁与水幕进行对流换热，从而降低水泥温度。

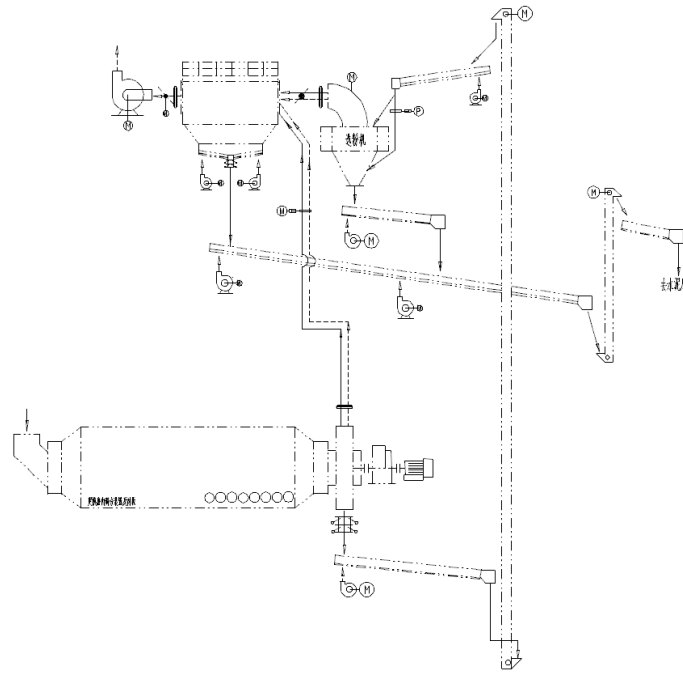


图2 利用选粉机对出磨水泥进行直接降温的工艺流程图

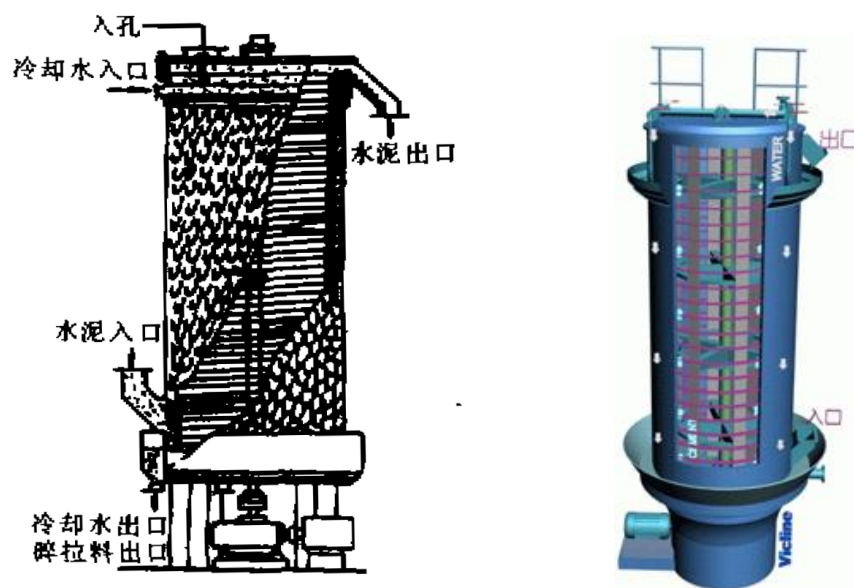


图3 螺旋提升式水泥冷却器



螺旋提升式水泥冷却器冷却效果很好，其降温幅度可达 60℃，能够基本解决水泥降温的需求。但该设备本体较大，对筒体加工的同心度要求很高。其在使用时暴露出的最大问题是：由于空气中的潮气在筒体内壁冷凝，导致与水泥接触的筒体内表面生成水泥包裹层，而水泥包裹层传热系数很低，这就类似于在筒体内壁增加了一层绝热层，因此水泥包裹层的出现，会导致冷却器的冷却效率明显下降。

#### 4 未来发展趋势

未来，随着水泥冷却处理的重要性逐渐加重，并逐步成为水泥粉磨系统中的必要工序，开发研制高效的、可靠的水泥冷却设备成为必由之路，其重点也在于在现有的技术和积累的基础上，如何充分借鉴和发挥现有技术的长处，并避免其存在的缺陷和暴露的问题。

而水泥冷却器本身只能冷却出磨以后的水泥，对于降低磨内温度、避免石膏脱水、防止包球、包锻等没有任何作用，因此在未来针对水泥降温这个命题，一定是一个系统化的处理流程：从控制熟料温度开始，综合磨内的、磨外的处理手段，结合直接的、间接的冷却方式，加上磨内喷水、水泥冷却器、空气斜槽、选粉机等系列方式方法，最终达成对水泥的温度控制。

# 浅谈水泥厂余热发电工程机电安装监理

李凌凤

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

## 1 前言

我监理单位于 2016 年 7 月承接了“河南孟电集团水泥有限公司减量置换 2×5500t/d 熟料水泥生产线带余热发电配套矿山及 10000t/d 骨料生产线工程”监理合同，受业主委托承担该工程的施工阶段的工程监理工作，本人按照项目监理机构的工作分工，主要承担熟料线配套的 7.5M 余热发电工程机电安装施工的机电专业监理。本余热发电工程机电安装施工于 2016 年 8 月开工，本人全程开展本部分的机电专业监理工作，在参建各方的共同努力下，该余热发电工程于 2017 年 4 月调试成功顺利并网发电。本文结合本人的监理工作实践，浅谈本余热发电工程机电安装监理的工作情况和对工程的评价。

## 2 工程概况

该 7.5MW 余热发电工程是河南孟电集团水泥有限公司减量置换 2×5500t/d 熟料水泥生产线工程的主要配套工程，本工程位于辉县常村镇孟电水泥厂内，主要是利用水泥熟料生产过程中废气余热进行发电。系统设置了 2 台高效余热锅炉，即窑头 AQC 锅炉和窑尾 sp 锅炉。整个系统包含 AQC、SP 两个锅炉本体及回灰系统、废气管道及设备、汽轮发电机及 TG 厂房内设备管道、水净化处理、排水系统、化学水处理、锅炉给水加药系统、循化冷却系统、蒸汽热力管道、电力及自动化设备安装等，本工程余热发电并自厂内 10 千伏内网。

该余热电站用电参数如下：电源电压：10kV；低压配电电压：0.4/0.23kV；直流机电电压：DC 220V；照明电源电压：220V；控制电源电压：DC 48V；直流操作电压：DC 220V。

## 3 监理依据

主要评估依据包括：国家有关工程建设的法律、法规和规章，工程设计文件，本项目的施工承包合同和建设监理合同，监理规划和监理细则等监理文件，与本工程有关的技术规范及标准。其中，主要规范与标准详见表 1。

表 1 国家和行业现行有关验收规范和标准

| 序号 | 规范和标准名称                 | 规范和标准编号          |
|----|-------------------------|------------------|
| 1  | 建设工程监理规范                | 《GB/T50319-2013》 |
| 2  | 《火力发电厂与变电站设计防火规范》       | GB50229—2006     |
| 3  | 《钢制压力容器》                | GB150—2005       |
| 4  | 《工业管道的基本识别色识别符号和安全标识》   | GB7231—2003      |
| 5  | 《工业与民用电力装置的接地设计规范》      | GB50260—1996     |
| 6  | 《建筑物防雷设计规范》（2000 年版）    | GBJ65—2000       |
| 7  | 《起重机械安全规程》              | GB6076—2003      |
| 8  | 《用电安全导则》                | GB/T13869—2008   |
| 9  | 《低压配电设计规范》              | GB50054—2011     |
| 10 | 《电力工程电缆设计规范》            | GB50217—2007     |
| 11 | 《建筑灭火器配置设计规范》           | GB50140—2005     |
| 12 | 《3~110kV 高压配电装置设计规程》    | GB50060—2012     |
| 13 | 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》     | GB50058—2014     |
| 14 | 《供配电系统设计规范》             | GB50052—2007     |
| 15 | 《小型火力发电厂设计规范》           | GB50049—2011     |
| 16 | 《水泥工厂设计规范》              | GB 50295—2008    |
| 17 | 《安全评价通则》                | AQ8001—2007      |
| 18 | 《安全验收评价导则》              | AQ8003—2007      |
| 19 | 《烟道式余热锅炉设计导则》           | JB/T7603—94      |
| 20 | 《静态继电保护及安全自动装置通用技术条件》   | DL/T 478—2001    |
| 21 | 《电站锅炉压力容器检验规程》          | DL/T 647—2004    |
| 22 | 《火力发电厂设计技术规程》           | DL5000—2000      |
| 23 | 《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》    | DL5053—2012      |
| 24 | 《电力工业锅炉压力容器检验规程》        | DL647—2004       |
| 25 | 《交流电气装置的接地》             | DL/T621—2008     |
| 26 | 《火力发电厂化学设计技术规程》         | DL/T5068—2006    |
| 27 | 《火力发电厂水工设计规范》           | DL/T5339—2006    |
| 28 | 《电力工业锅炉压力容器监察规程》        | DL612—2017       |
| 29 | 《火力发电厂金属技术监督规程》         | DL438—2000       |
| 30 | 《电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）》   | DL/5009.1—2002   |
| 31 | 《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》     | DL/T 5390—2007   |
| 32 | 《高压配电装置设计技术规程》          | DL/T5352—2006    |
| 33 | 《电业安全工作规程》（发电厂和变电所电气部分） | DL408—2005       |

## 4、工程监理内容和范围

### 4.1. 主机设备

主机设备详见表 2。

表2 余热电站主机设备表

| 序号 | 主机名称        | 产品型号、规格、性能  | 备注                |
|----|-------------|---|-------------------|
| 1  | AQC<br>余热锅炉 | 产品型号: QC200/380-34-1.0/360<br>额定蒸发量: D=33.8t/h<br>额定蒸汽压力: P=1.15Mpa<br>最高蒸汽压力: P=1.8Mpa<br>额定蒸汽温度: t=344℃<br>给水温度: 46.7℃<br>锅炉入口烟气温度: 360℃<br>补气温度: 170℃, 补气压力: 0.3Mpa                  | 数量: 1套,<br>安装在窑头。 |
| 2  | SP<br>余热锅炉  | 产品型号: Qc330/275-15.1-1.1/255<br>额定蒸发量: D=14.9t/h<br>额定出口蒸汽压力: P=1.2Mpa<br>过热蒸汽温度: t=255℃<br>给水温度: 46℃<br>进口烟气温度: 275℃<br>进口烟气体积: 330000Nm <sup>3</sup> /h<br>排烟温度: 200℃                 | 数量: 1套,<br>安装在窑尾。 |
| 3  | 汽轮机         | 形式: 补汽式冷凝机组<br>设计功率(发电机输出端): 7.5MW<br>排气压力: 0.00373MPa<br>入口蒸汽压力: 主蒸汽 1.15MPa,<br>补汽: 0.34 MPa<br>入口蒸汽温度: 主蒸汽 310℃, 补汽: 饱和温度<br>入口蒸汽流量: 主蒸汽 37.95t/h, 补汽: 1.5t/h                        | 数量: 1台            |
| 4  | 发电机         | 型号: QFW-7.5-2<br>额定容量: 7.5MW<br>额定电压: 10kV<br>频率: 50Hz<br>励磁方式: 同轴交流无刷励磁<br>功率因数: 滞后 0.80<br>励磁系统: 带 PMG 无刷型交流励磁机<br>绝缘等级: F级(定子绕组与转子绕组)<br>极数: 2极<br>转速: 3000rpm<br>冷却方式: 全封闭水冷热交换器式风冷 | 数量: 1台            |

#### 4.2. 主要电气设备

余热电站主要电气设备详见表3。

表3 余热电站主要电气设备

| 名称      | 规格型号         | 数量(台) |
|---------|--------------|-------|
| 10kV开关柜 | KYN28A-12    | 6     |
| 干式变压器   | SCB9-1000/10 | 1     |
| 低压开关柜   | SIMODRAW     | 3     |
| 直流屏     |              | 1     |
| 发电机保护屏  |              | 1     |
| 发电机励磁屏  |              | 1     |
| DEH柜    |              | 1     |
| TSI柜    |              | 1     |
| DCS柜    |              | 1     |

## 4.3. 直流系统

余热电站直流负荷包括高压开关操作电源、控制电源、紧急事故油泵。直流供电电压为220V，直流负荷统计详下表4。

表4 直流负荷统计

| 负荷类型      | 经常负荷 | 事故照明负荷 | 直流油泵 | 冲击负荷 | 合计   |
|-----------|------|--------|------|------|------|
| 容量 (kW)   | 3    | 2      | 5.5  |      | 10.5 |
| 电流 (A)    | 13.6 | 9.1    | 25   | 10   | 57.7 |
| 计算时间 (h)  | 1.5  | 1.5    | 1.0  |      |      |
| 放电容量 (Ah) | 20.4 | 13.6   | 25   |      | 59   |

直流电源系统容量为145Ah，采用180Ah的免维护型直流屏1套。

## 4.4. 照明系统

余热电站照明系统分三个部分：T/G厂房和冷却塔、AQC锅炉及沉降室、PH锅炉。

正常照明以金属卤化物灯照明光源为主，电力室、控制室等照明光源采用荧光灯，T/G厂房部分照明光源采用工厂灯；照明电源分别引自电力室的照明专用单元。

T/G厂房照明包括正常照明和应急照明，正常照明采用自动切换照明配电箱1只；其中应急照明采用以下方式：

- 1) 在常规照明系统中配备自带蓄电池的专用应急灯具，灯具接线方式为五线制。
- 2) 直流屏经逆变单元输出交流220V电源作为应急电源引至应急照明配电箱；AQC锅炉及沉降室、PH锅炉分别设有照明配电箱1只。

## 4.5. 防雷与接地系统

- 1) 电气接地系统包括工作接地、保护接地、防雷接地、电子设备接地。
- 2) 厂用低压配电系统接地采用TN-S系统。
- 3) 构筑物设置了防雷装置，建筑物顶部设置避雷针作为接闪器。
- 4) 电站的接地系统，通过镀锌扁钢连接成一个接地网。
- 5) 电站采用共用接地系统的接地电阻值： $2\Omega$ 。

## 4.6. 自动化系统

本工程的自动化系统采用DCS系统，主要特点有：（1）汽轮机、辅机、锅炉采用不同的CPU控制，CPU冗余配置；（2）控制网络连接介质采用光纤和双绞线，网络冗余配置；（3）系统电源由UPS提供，系统内电源模块冗余配置；（4）操作站和工程师站采用Client/Server结构。本DCS系统实现以下主要功能：（1）动态参数流程图显示，运行状态显示；（2）控制回路显示和操作，设备控制操作；（3）声响报警、报警显示、报警历史查询；（4）趋势图显示，实时及历史趋势图，单点趋势、分组趋势显示；（5）表格显示；（6）数据记录；（7）在线诊断；（8）在线数据存储；（9）运行报告及操作界面打印。

自动化系统包括控制设备配置、现场仪表、应用软件等。所有由DCS控制的电气设备均在机旁设有选择开关及机旁按钮，以便机旁检修和调试，选择开关设有自动、零位、手动三个位置；在任何状态下均可在机旁停车；选择开关在零位时，在任何地方均不能开机，以保证检修人员的人身安全。SP锅炉循环水泵控制开机为中控优先，现场不能随意开机。系统主要配置及性能如下：

- 1) 仪表设备：压力、流量、液位、PH值、电导率值等信号采用智能变送器，信号为直流4~20mA的电信号，并接入DCS系统；
- 2) 热电阻和热电偶信号直接引至控制系统专用的I/O模块，中间不使用温度变送器；
- 3) 压缩空气信号为0.2~1.0kg/cm<sup>2</sup>的压缩空气信号。普通的调节阀采用电动调节阀，需要精密控制的调节阀采用气动调节阀；
- 4) 过程参数的采集、监视、报警与控制采用DCS系统，控制范围包括AQC锅炉、PH锅炉、汽机、汽机辅机、冷却塔部分；
- 5) 输入输出卡件：开关量输入信号统一采用48V DC，开关量输出采用继电器隔离，测温用热电阻和热电偶直接接入相应的专用卡件。针对影响主机运行的关键信号采用SOE卡件，实现对信号及时，可靠的采集；
- 6) 打印机：配置两台打印机，一台黑白激光打印机，用于打印数据记录、报警、趋势图和数据报表等；一台彩色喷墨打印机，用于打印操作画面等。



7) 信号电缆：信号电缆采用以下阻燃型电缆：①一般开关量信号：电缆采用ZR-KVVR-500 N×1.0mm<sup>2</sup>；②一般模拟量信号：电缆采用ZR-DJYVRP N×2×1mm<sup>2</sup>；③热电偶信号：电缆采用ZR-KXHB 2X2.5FF-RP10mm<sup>2</sup>；④接地线电缆：采用YC-1000 1×50mm<sup>2</sup>多芯电缆。

### 5、监理工作情况

#### 5.1 监理范围及项目

我监理单位始终遵循“公平、独立、诚信、科学”的准则，项目监理部监理人员以严谨认真、热情服务的工作态度，积极主动开展监理工作。根据设计文件、工程承包合同、技术协议、工程监理合同，国家规范标准规定相关要求，认真履行监理合同，担负监理责任，对余热发电机组、TG厂房和冷却塔、附属生产设备调试工作进行机电全过程监理，验收安装工程。

1) 锅炉部分：锅炉本体钢结构、锅炉本体受热面、炉床配风系统、锅炉烟风管道及设备、锅炉分离器、锅炉灰渣系统、锅炉辅助设备、炉墙砌筑及保温、给水除氧系统。

2) 电气系统：高厂变、全厂电气电缆及防雷接地、厂用电系统、直流系统、照明系统、厂用通讯、电气二次系统和保护、不停电电源。

3) 热工控制系统：全厂热工仪表、盘柜安装及接线、自动控制、保护装置安装、热工取样点安装、热工电缆及仪表管安装。

4) 化学处理系统：废水处理系统及管道、污油处理系统及管道、炉水校正处理、汽水取样装置。

5) 热力设备管道保温油漆工程、非标制作、冷却水循环系统、设备的单机联动调试、整套运行。

余热电站机组有关的技术资料、设备出场合格证书、材质报告、各种调试记录、试验报告、验收签证、各专业施工质量检验及评定资料等质量控制资料完整，数据真实、分类标准、整理规范。

#### 5.2 各专业质量控制情况

锅炉专业方面：对地脚螺栓预埋、钢架安装、受热面安装、配风系统安装、水压试验、化学清洗、管道安装、辅助安装、电气除尘器安装、点火、吹管，炉墙砌筑、浇筑及管道保温防腐，给水泵的安装均分别审查施工方案和重要部位实施监理旁站。

主汽管道和主给水管道安装方面：对管子、管件、管道附件材质，高压阀门检修，管道安装，管道焊接与热处理，管道水压试验，高压给水管冲洗，主蒸汽管道蒸汽吹管等均分别审查施工方案和重要部位实施监理旁站。

电气方面：母线压接，电缆制作，新型电缆施工，接地网施工，电缆防火设施，大型电气设备干燥，电气设备带电试运行等施工材料复检和资料核查，并实施监理旁站。

热控方面：计算机装置安装，热控电缆敷设，热控盘（台、箱、柜）安装，仪表一路敷设，仪表安装，执行机构安装，取源部件及敏感元件安装，分散控制系统安装，检查安装环境和相关规定均符合设计要求。

其它方面：锅炉受热面一

受热面组合，受热面安装，锅炉水压试验，均有控制要点和控制方式，检查结果均合格，汽包，引风机及高压管道等热力设备与管道保温外表美观，外表温度不超标等均实现质量目标；变压器安装、DCS复原试验均实现质量目标；锅炉，压力容器，压力管道受监焊口一次合格率 $\geq 98\%$ 。锅炉水压试验一次成功，焊口无泄露现象。

本项目并网发电工程质量安全情况为符合安全要求。

### 5.3 安全和文明施工情况

本项目监理部严格按照监理规范开展安全生产管理的监理工作，严格审查施工单位现场安全生产规章制度等安全保证体系，认真审查施工单位报审的专项施工方案，组织安全检查和开展经常性安全巡视。项目监理部坚持每月三次组织各参建单位进行现场安全检查，形成安全检查通报书面材料发给相关单位，检查中发现的问题要求责任单位及时予以整改，并对整改情况进行复查。定期召开安全

专题例会，形成会议纪要。经过不断地检查、整改、改进，安全工作始终处于受控状态，为工程的顺利建设提供了良好的安全环境。

经各参建单位共同努力，现场安全保证体系和检查体系运转正常。安全管理制度较规范、安全文明施工状况总体良好，杜绝了重大人身伤亡及设备事故发生。实现了工程预定的安全目标。施工现场安全和文明施工情况得到孟电集团的充分肯定。

### 6、监理对工程建设的评价

#### 6.1 对承建单位管理体系的评价

本工程由南京凯盛开能环保能源有限公司设计及总包，整个机组及化水系统和启动锅炉由江苏华能建设集团负责安装。经审查，各承建单位组织机构健全，主要责任人授权明确，各项目管理规章制度建立、健全，并能贯彻执行。技术、质量及安全等保证体系做到了有效运行。

本机组整套启动试运范围内调试工作基本做到设施和设备完整，功能齐全，热力系统、电力系统、热控仪表及保护系统均经过了单体调试和部分试运行，整套试运中各系统运行正常。

#### 6.2 对发电机组的评价

余热发电机组经过整套启动试运，全面检验了主机、主炉及其配套系统的设备制造、安装、设计、调试各重要环节的整体质量和生产准备情况，能保证机组安全、稳定、满发。主要运行参数符合设计要求，机组形成比较可靠的生产能力，可以发挥投资效益。

#### 6.3 对工程整体评价

生产设备、作业环境、安全管理等符合国家有关的法律、法规、规范和规程的规定；本工程7.5MW纯低温余热发电工程的设计、施工、监理、调试均为具有相应资质的单位承担，锅炉、压力容器等经由相应资质的单位检验合格，符合国家有关的法律、法规、规范和规程的要求；安全技术措施和安全防护设施“三同时”得到有效落实；对生产过程中存在的危险、有害因素所采取的安全技术措施符合

国家有关安全生产的法律、法规和相关标准，安全防护设施和设备基本充分、合理、有效；公司制定的事故应急救援预案以及专项应急预案的编制符合相关要求，具有针对性和有效性；经安装、调试和满负荷试运行以及试生产表明：该工程机组及与之配套的安全防护设施全部投运、运行稳定，达到了设计要求并符合国家行业有关规定。

根据相关法律、法规的评价依据，对整套机组质量评定符合安全要求。



## 巴基斯坦 Attcok 电站项目顺利并网发电

2018年7月8日，由合肥院总包的巴基斯坦 Attcok 15MW 电站项目顺利并网发电，发电指标超过性能保证指标。

该项目是在利用 Attcok 新建 4000t/d 水泥生产线的余热基础上，外加一套 CFB 锅炉系统，以基本解决其 4000t/d 新建水泥生产线自用电的需要。

该系统由两台水泥线余热锅炉、一台 45t/d CFB 流化床锅炉及一台 15MW 汽轮发电机系统组成，并用 CFB 流化床锅炉产生的多余蒸汽补充原 1#水泥线余热发电系统。为充分发挥 CFB 锅炉、AQC 锅炉与 SP 锅炉的热效率，该系统采用了合适的中温中压技术，该技术为我院首次设计使用。目前 CFB 锅炉蒸汽量达到 38t/d 以上，蒸汽温度  $440\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，蒸汽压力 3.63MPa，发电量超过设计指标。



中控画面



项目实施过程中，合肥院通过精心管理、全程严格把控，调试阶段，工程技术人员更是日夜坚守在工地现场，在 CFB 锅炉烘炉、煮炉、吹管及并网每个阶段，提出具体的技术方案，亲自操作，三套锅炉一次并网发电成功，并很快达标。

合肥院以自身的实力、严谨的工作作风、精湛的技术水平和丰富的实践经验得到了业主方上下一致的好评。



**CFB 锅炉**



窑尾锅炉



窑头锅炉



## 水泥回转窑和垃圾焚烧炉联合处 置城市生活垃圾技术及装备

利用水泥回转窑和垃圾焚烧炉联合处置城市生活垃圾的新工艺为依托2005年国家科技部科研院所专项资金项目的科研成果，是根据我国人民生活水平的现状，适合我国城市生活垃圾特性，自主创新的一项垃圾处置新技术。在不外加燃料的情况下，利用窑头高温热风作为燃烧空气，确保生活垃圾的连续、稳定和充分燃烧；回转式垃圾焚烧炉可提高对原生生活垃圾的适应性、提高燃烬率和降低系统阻力；采用推进式垃圾喂料机，能够实现均匀喂料、防止堵料和控制漏风；开发设计的配套的计算机控制系统，使水泥生产和垃圾焚烧系统能协同运行。

该技术真正实现了城市生活垃圾处置的减量化、无害化和资源化，利用生活垃圾替代水泥工业用燃料和原料，可缓解水泥工业对天然资源的依靠，减少了矿山资源的开采。对于环境保护、资源利用、清洁生产、节能减排和行业科技进步具有十分重要的意义。

## 水泥窑烟气脱硝 技术

在水泥窑烟气脱硝领域，我公司依托母公司合肥水泥研究设计院几十年的水泥热工工艺和装备的研究、设计经验，发挥自身科研设计优势开展了大量基础性工作和技术储备，对水泥窑氮氧化物的生成机理和脱硝原理进行了深入研究，利用流体软件和反应动力学软件对烟气脱硝进行仿真模拟和反应过程数值分析，系统掌握了脱硝技术。开发的水泥窑烟气脱硝系统的技术与装备可适用于不同规模及窑形的水泥生产线，确保在保证水泥窑工况的前提下，氮氧化物排放稳定达到国家或地方的环保标准。已完成水泥窑SNCR脱硝系统的开发和设计，进入工程应用阶段。同时积极与国外有成功应用案例的公司合作，引进开发新一代适合水泥窑工况的SCR烟气脱硝系统，并与高校联合开发新一代适用于水泥窑烟气工况的SCR催化剂。可满足客户要求提供不同技术路径的脱硝方案。

## 矿热炉（工业硅炉、电石 炉、硅锰炉、硅铁炉等） 环保工程EPC及改造

矿热炉环保工程EPC或环保技术改造，包括系统设计，设备选型、非标设备的设计、设备采购、工程施工及管理、调试达标。

## 粉尘综合治理技术

随着我国对全社会环保要求的提高，保护劳动者的身心健康，减少污染物的排放已摆在决策者的面前。水泥行业不仅对窑、磨等主要生产环节提出严格的环保排放要求，同时对储存、输送、装车发运等场合，也要求实现无粉尘化作业。需提出切实可行的污染防治措施，解决存在的现实问题。可针对水泥企业、钢铁企业、冶金企业、电力、化工等行业提出的各局部扬尘点的系统综合治理。

### 主要技术特点：

- (1)统筹考虑各扬尘点的粉尘性质、浓度、工作状态，进行集中处理。
- (2)合理选择收尘设备、输送设备、储灰仓，突出“综合”方法，不同的环境、不同的工艺，采取不同的治理手段和措施解决粉尘污染。
- (3)除尘器可根据现场条件进行设计加工，以满足布置和操作要求。

## 烟气脱硫技术

### 石灰(石)-石膏湿法 烟气脱硫技术

石灰(石)-石膏湿法烟气脱硫关键技术及装备是由我公司独立研发、拥有自主知识产权的适合我国国情的烟气脱硫系统，具有脱硫效率高、运行稳定、投资低、运行费用低、建设工期短等优势，与传统湿法烟气脱硫系统相比可降低投资30%~40%，特别适用于中、大型燃煤电厂及老厂脱硫技术改造。

### 双碱法烟气脱硫技术

是我公司自主研发并成功应用的脱硫工艺，通过钠-钙循环，实现了脱硫剂的再生利用，降低了运行费用，有效克服了结垢堵塞问题，提高了脱硫系统的运行可靠性，脱硫效率可达90%以上。适用于各类中小型工业窑炉烟气脱硫。

### 循环半干法烟气脱硫 技术

我公司目前拥有自主产权增湿活化再循环脱硫技术，脱硫率可达90%以上，完全满足国家有关燃煤电厂的脱硫政策及SO<sub>2</sub>排放浓度和排放总量的要求。增湿活化再循环脱硫技术是利用锅炉尾部经特殊设计的垂直烟道建立脱硫段，相比其他脱硫技术设计的烟气流速更慢，使吸收剂颗粒与烟气中的SO<sub>2</sub>或SO<sub>3</sub>的接触反应时间更长，并降低系统的运行阻力。







# 合肥中亚环保科技有限公司

CNBM Hefei Zhongya Environmental Protection Technology Co., Ltd.

美丽的环境 源于我们的创造.....

*The beauty of the environment  
comes from our effort.....*



通讯地址：合肥市包河区望江东路60号

Address: No.60 Wangjiang East Road Hefei Anhui P.R.China.

联系电话Tel: +86-551-63439215 63439833 传真Fax: +86-551-63417759

邮编Post code: 230051 E-mail: hbgsjyb@163.com

网址<http://www.hcepi.com/hb/>