

文章编号:1001-4179(2012)10-0075-03

# 浙川中联水泥厂用水现状及节水减排对策研究

王林<sup>1</sup>, 韩建秀<sup>2</sup>

(1. 河南省南阳水文水资源勘测局, 河南 南阳 473036; 2. 河南省南阳市节水办公室, 河南 南阳 473060)

**摘要:**为了响应国家保护南水北调水源地的要求,浙川中联水泥厂改进了生产工艺,增加了余热发电系统。对水泥厂改造前后的节水减排情况进行的分析表明:水泥生产的用水量大幅减少,但发电系统用水增加且超过行业标准,总用水量变化不大;改造的效益主要表现在节约了大量电能以及降低了污水排放量。对目前节能减排中存在的问题以及节水潜力进行了分析,提出了下一步的改进措施。

**关键词:**用水效率;节水减排;余热发电;工艺改造;浙川中联水泥

中图分类号:X52 文献标志码:A

浙川中联水泥厂位于南水北调中线水源区浙川县的上集镇下集村,现有一条日产4 500 t熟料带余热发电的新型干法水泥生产线。公司2011年生产水泥熟料105万t,发电量4 280万kW·h,开采利用岩溶地下水52.34万m<sup>3</sup>。

## 1 水泥生产工艺

浙川中联水泥厂采用带余热发电的新型干法水泥生产工艺,生产可以分为新型干法水泥熟料生产和余热发电两部分。

### 1.1 新型干法水泥生产工艺

新型干法水泥生产的核心技术为预分解技术和悬浮预热,应用计算机技术、多功能挤压粉磨技术,新型耐磨、耐热和耐火材料以及新型机械粉体输送装置等,实现了生产控制自动化、工艺装备大型化及科学管理。该生产工艺是具有优质、环保、清洁、高效、有害物排放量低和节约能源等一系列优点的一种现代化的水泥生产技术,已成为世界水泥生产的主要技术之一。浙川中联水泥的新型干法水泥生产过程分为生料准备和制备、熟料烧成两个阶段。

石灰石和辅助生料经过破碎、均化、配料、粉磨制成生粉,再送入均化库内均化,使得不同成分、不同细度的生料进一步均化、融合,作为水泥烧成原料。

烧成工艺包括窑外预热、分解、窑内煅烧、熟料冷

却等,是新型干法水泥生产中最重要的一环。

(1) 窑外预热。回转窑窑尾预热器利用回转窑生产熟料时排出的温度为1 000℃左右的烟气预热生料,使入窑生料的温度达到750℃~800℃,完成预热、粘土脱水分解和部分碳酸盐分解,之后再进入回转窑进行煅烧,以提高物料反应度,降低熟料能耗。

(2) 窑外分解。窑外分解技术是一种显著增加回转窑产量的工艺方法,生料颗粒以悬浮或沸腾状态分布在分解炉(高温气固多相反应器)中,以尽可能大的温度差在燃料无焰燃烧的同时高速传热,使生料迅速地完成分解反应,从而大大减轻了回转窑的热负荷,生产能力成倍增加。

(3) 窑内煅烧。回转窑为生料的完全分解和熟料矿物的形成提供所需的温度和一定的停留时间,生料从窑尾向窑头输送过程中,经过干燥带、分解带、烧成带和冷却带与窑内热气流进行交换,发生系统的化学反应,烧成熟料。

(4) 熟料冷却。高温熟料由窑口进入冷却机,由蓖板下部的高压风急速冷却,随后由蓖床推动前移,并且继续用中压风冷却。熟料冷却后输送至熟料库。

### 1.2 纯低温余热发电的工艺流程

浙川中联水泥厂的余热发电系统主要有2台余热锅炉(窑头冷却机中部废气出口的窑头余热锅炉(AQC)和窑尾预热器废气出口的窑尾余热锅炉(SP))

收稿日期:2012-03-01

作者简介:王林,男,高级工程师,主要从事水资源评价与研究工作。E-mail:WLin6096@163.com

以及汽轮机和发电机等组成。系统工作流程见图 1。

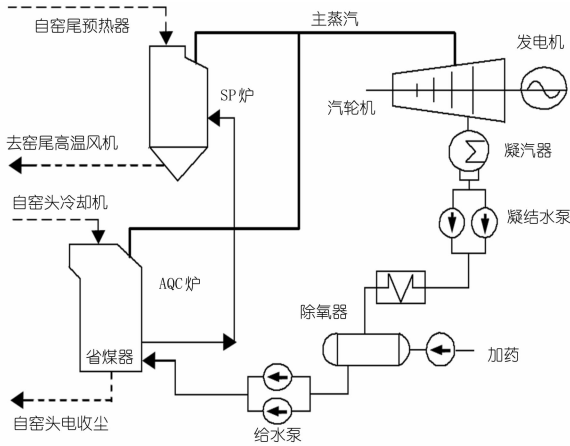


图 1 水泥纯低温余热发电工艺流程

## 2 节水工程技术及管理现状

近年来,浙川中联水泥厂积极响应国家“节能减排”号召,不断强化员工节水意识,完善用水管理制度和用水计量设施,落实节水工程及管理措施,多措并举提高水资源利用效率,使单位产品用水量逐年下降,工业用水重复利用率高于行业标准。2011 年 12 月公司通过南阳“市级节水型企业”验收。

### 2.1 改良生产工艺,实现节水降耗

浙川中联水泥厂的主要生产设备为一条日产 4 500 t 新型干法水泥熟料生产线,与湿法、半干法水泥生产工艺相比,该生产工艺用水量大量减少。2010 年纯低温余热发电装置建成投产后,取消了窑尾增湿塔,日节约喷淋用水 430 m<sup>3</sup> 左右。先进的生产工艺不仅提高了水泥产品质量,而且节约了能源和水资源,为企业节水减排奠定了基础。

### 2.2 改进水循环系统,提高用水重复利用率

优化水循环系统设计,减少水循环管路的流动阻力和系统的管道长度,使用新型管材,降低管网漏损率;安装全自动软水器降低水的硬度,提高循环率;安装变频器降低循环水泵电耗,提高供水的稳定性。

### 2.3 加强节水管理

公司建立健全了《能源管理条例》和《用水设备定

期检修制度》等各项能源及用水管理制度;加强了管网及用水设施的巡查力度,落实了各用水单元的用水、水处理设备及供水管路、阀门、计量水表等管理责任人,制定了用水节水分解指标,并纳入绩效考评体系,按月考核,节奖超罚,强化了节水宣传教育,宣传节水减排对保护南水北调中线工程水源的重要意义,提高了广大员工的水忧患意识和节水惜水意识。

## 3 用水效率及效益评价

### 3.1 余热发电系统投产前后用水变化

浙川中联水泥厂的熟料生产线于 2008 年 6 月建成投产,纯低温余热发电系统于 2010 年并网发电,对比余热发电系统投产前后的取用水量及用水效率指标(见表 1),2009 ~ 2011 年,企业总取水量变化不大。由于在窑尾增设余热锅炉后,水泥生产线不再使用增湿塔,对熟料生产线单独考核,取水量由 2009 年的 68.28 万 m<sup>3</sup> 下降到 2011 年的 11.77 万 m<sup>3</sup>,单位熟料产品取水量由 0.56 m<sup>3</sup>/t 下降到 0.11 m<sup>3</sup>/t,工业用水重复利用率由 95.8% 提高到 96.4%,年节水量 56.51 万 m<sup>3</sup>,用水效率显著提高。

### 3.2 用水效率评价

#### 3.2.1 水泥生产用水效率

2011 年,浙川中联水泥厂的单位熟料取水量为 0.11 m<sup>3</sup>/t,间接冷却水循环率为 97.10%,根据环保部发布的《水泥行业清洁生产标准》(见表 2),现状用水节水水平达到一级标准,即达到国际清洁水平和管理水平;现状用水定额也低于河南省水泥工业产品用水定额标准。

#### 3.2.2 余热发电用水效率

由于余热发电厂的装机规模小、蒸汽温度低,决定了其用水效率要低于常规的火力发电厂。2011 年,浙川中联水泥厂余热发电系统发电量为 4 280 万 kW·h,单位发电量取水量为 9.48 m<sup>3</sup>/(MW·h),远高于河南省和国家标准。火力发电业用水节水标准见表 3。

表 1 浙川中联水泥用水效率指标统计

时间	工业总产值/万元	工业增加值/万元	熟料产量/万 t	发电产量/万 kW·h	熟料生产系统取水/量/m <sup>3</sup>	余热发电系统取水/量/m <sup>3</sup>	全厂取水/量合计/m <sup>3</sup>	工业产值取水/量/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	工业增加值取水/量/(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	单位熟料产品取水量/(m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	单位发电量取水/量/[m <sup>3</sup> ·(MW·h) <sup>-1</sup> ]	工业用水重复利用率/%	间接冷却水循环率/%	锅炉冷凝水回收率/%
2008.06 ~ 12	10500	2577	66	0	408200	0	408200	38.88	158.4	0.62	0	-	-	-
2009	22200	5040	122	0	682800	0	682800	30.76	135.48	0.56	0	95.8	96.8	-
2010	26000	5602	126	5300	144900	522540	667440	25.67	119.14	0.12	9.86	96.34	97.02	95.79
2011	30074	13000	105	4280	117726	405680	523406	17.4	40.26	0.11	9.48	96.4	97.1	94.26

注:2009,2010,2011 年企业正常生产时间分别为 320,330 d 和 290 d。

表 2 水泥行业用水节水标准

评价级别	单位熟料新鲜水	循环水	引用标准
	用量/( $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ )	利用率/%	
国际清洁生产水平(一级)	$\leq 0.3$	$\geq 95$	HJ467-2009
河南省标准	0.15	-	DB41/T385-2009

表 3 火力发电业用水节水标准

评价级别	单位发电量取水定额/ 间接冷却水		引用标准
	[ $\text{m}^3 \cdot (\text{MW} \cdot \text{h})^{-1}$ ]	循环率/%	
国家标准	$\leq 4.8$	$\geq 95$	GB/T 18916.1-2002、节水型企业标准
河南省标准	3.0	$\geq 95$	DB41/T385-2009、河南省节水型企业标准

### 3.3 节水效益评价

全厂统一核算,有无余热发电系统情况下,浙川中联水泥厂 2009 年和 2010 年单位熟料产品取水量分别为  $0.56 \text{ m}^3/\text{t}$  和  $0.53 \text{ m}^3/\text{t}$ ,对企业而言,节水效果并不明显。热发电项目投产后,年发电量约 5 000 万  $\text{kW} \cdot \text{h}$ ,水泥生产的自供电量达到 60% 以上,年减少外购电量 3 000 万  $\text{kW} \cdot \text{h}$  左右。据 2010 年全国电力生产主要指标完成情况统计结果,平均供电煤耗按  $335 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$  计算,相当于节约标准煤 16 750 t。煤炭开采及火力发电取水定额按  $0.35 \text{ m}^3/\text{t}$  和  $3.0 \text{ m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$  计,余热发电项目投产后,企业年节约虚拟水约 15.59 万  $\text{m}^3$ ,即对全社会的节水贡献为 15.59 万  $\text{m}^3$ ,节能、节水效果十分显著。

### 3.4 存在问题

(1) 余热发电用水效率不高,取水定额高于行业标准,主要是余热发电系统的给排水设计存在缺陷,受地势限制,余热发电废水没有全部处理回用。

(2) 雨水(初期雨水的污染物浓度较高)、生活污水及部分生产废水存在外排现象。

(3) 部分生产工艺用水不够合理。如回转窑托轮使用冷却水直接降温,用水量大,并且水与托轮上润滑油接触,产生含油废水。

(4) 水平衡测试不规范等。

## 4 节水减排对策与措施

(1) 建设雨水、废污水蓄集利用系统,实现废水“零”排放。目前,浙川中联水泥厂生产过程中的各类磨机、回转窑、空压机等设备冷却水已经得到循环利用,在此基础上可规划建设雨水、废污水蓄集利用系统,以及路面、屋顶、料场雨水,收集洗涤、冲厕等生活污水和其他生产废水,经生化处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)后,用于厂区洒水降尘、绿化等,做到厂内消化不外排。

(2) 提高废气余热回收率和电厂发电量,减少企业外购电量,节约虚拟水。在不影响水泥质量和产量、不增加水泥热耗和电耗的前提下,实现余热发电最大化,寻求最低的水泥综合能耗及最佳的经济效益。目前,回转窑表面散热量未得到利用,当回转窑温度高时,还需采取风机或喷水冷却,可采用集热罩收集这部分热量加热锅炉水,可增加余热锅炉的主蒸汽产量,以增加发电量。

(3) 实施节水改造。① 取消回转窑拖轮直接冷却降温工艺,使用专用托轮润滑油进行润滑和冷却,年可减少用水量 1.38 万  $\text{m}^3$ ,减少污水排放量约 1.2 万  $\text{m}^3$ 。② 改造余热发电排水系统。对余热发电废水进行处理,使其达到工业冷却水回用标准,输往熟料生产线循环利用。此项工程实施后,预计年节水量可以达到 20 万  $\text{m}^3$  左右。

(4) 完善计量设施,按规范开展水平衡测试工作。严格执行《用水单位水计量器具配备和管理通则》强制性国家标准和《企业水平衡测试通则》(GB/T 12452-2008)、《企业用水统计通则》等相关国家标准,配备水计量器具,规范用水计量和统计工作。按规范定期开展水平衡测试工作,通过测试,查清企业用水节水现状,分析用水的合理性,找出节水管理中的薄弱环节和节水潜力点。

(编辑:常汉生)

(下转第 81 页)

在 保 护 中 开 发      在 开 发 中 保 护

## Irrigating development plan of rivers in Southwest China

HU Xiangyang<sup>1</sup>, HE Zijie<sup>2</sup>, ZHENG Zhuang<sup>2</sup>

(1. *Planning and Design Department, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China;*  
2. *Hubei Chanjiang Dredging Engineering Co., Ltd., Wuhan 430010, China*)

**Abstract:** The rivers in south – western area of China cross different climatic zones, so their differences are significant. In the irrigation planning, the issues of food security, income increasing of farmers and ecological security should be considered and principle of positioning on local conditions and prioritizing key issues is stressed. A representative basin in the southwest region is selected for analysis of present irrigation condition and development requirement, and the basin irrigation development mode which not only meets modern basin comprehensive plan, but also conforms with practical condition of southwestern region. After the implement of the irrigation development plan, the situation of construction of field water conservancy is improved, the imbalance of water supply and requirement are alleviated, and the food security is ensured.

**Key words:** irrigation plan; food security; income increasing of farmers; ecological security; southwest China

(上接第 71 页)

## Evaluation on distribution of heavy metal elements in sediments and bed material environment in Yangtze River Estuary and its adjacent sea

FANG Tao<sup>1,2</sup>, LI Daoji<sup>2</sup>, TANG Jingliang<sup>3</sup>, FENG Zhihua<sup>1</sup>

(1. *Jiangsu Key Laboratory of Marine Biotechnology, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China;* 2. *State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China;* 3. *Zhoushan Marine Ecology Environmental Monitoring Station, Zhoushan 316000, China*)

**Abstract:** In order to evaluate the heavy metal pollution in the Yangtze River Estuary and its adjacent sea, the heavy metal content and distribution in sediment measured at 49 stations in the evaluation zone are analyzed. The analysis results show that in the investigation zone, the Zn content in sediment is the highest, and followed by Cu and Pb, Hg content is the lowest, Cu and Zn have an obvious linear relation; the distribution of heavy metals is characterized by higher in southern area and lower in northern area (especially in northeastern area), higher in coastal area and lower in offshore area; the higher value area is not only in the turbid area of estuary, but also in the mouth area of Hangzhou Bay which likely has become another important settling convergence of heavy metals. In general, the heavy metal content in sediment in the Yangtze River Estuary and its adjacent sea reduces. In 2005, the various indexes of heavy metals in sediment met the Class I standard regulated by the national "Marine Sediment Quality", the cause might be the impoundment of TGP and the regulation of estuary.

**Key words:** heavy metal content; environmental evaluation; Yangtze River Estuary; Hangzhou Bay; Zhoushan sea area

(上接第 77 页)

## Research on water utilization and countermeasures for water saving and emission reduction of China United Cement Xichuan Co., Ltd

WANG Lin<sup>1</sup>, HAN Jianxiu<sup>2</sup>

(1. *Nanyang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Henan Province, Nanyang 473036, China;* 2. *Nanyang Municipal Water – saving Office of Henan Province, Nanyang 473060, China*)

**Abstract:** In response to national requirement on water sources area protection of S – N water diversion, China United Cement Xichuan Co., Ltd improved the production technology and added a waste heat power generation system. The analysis on energy saving and emission reduction before and after reformation of the cement plant shows that the water consumption after reformation reduces greatly, but water utilization for power generation increases and exceeds the professional standard, the total water utilization changes a little; the benefits of reformation mainly include power energy saving and reduction of sewage discharge. The existed problems in energy saving and emission reduction and water saving potential capacity are analyzed and further improvement measures are put forward.

**Key words:** water utilization efficiency; water saving and emission reduction; waste heat power generation; process reformation; China United Cement Xichuan Co., Ltd.