

水泥科技

4
2017

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

Email: snkj@hcrdi.com



合肥中亚建材装备有限责任公司

合肥中亚建材装备有限责任公司是合肥水泥研究设计院下属专业从事研发、设计、制造立式辊磨机以及配套产品的企业，是国内最早开展自主研发立式辊磨机的单位。公司产品用领域国内外最广，覆盖水泥生料、水泥熟料、矿渣、钢渣、原煤、非金属矿、建筑垃圾等众多粉磨领域。

公司是国家级高新技术企业、省级创新性（试点）企业，建有省级企业技术中心等多个研发机构。公司科研技术力量雄厚，1988年开发出国内第一台具有完全自主知识产权的全国产化立式辊磨机，多年来专注于立式辊磨机技术及其装备的开发，多项技术居于国际先进或国内领先水平，曾获国家科技进步二等奖2项、省部级科技奖8项、国家新产品1项、国际级重点新产品2项、省部级产品9项等多项荣誉称号，受到地方政府的多次表彰嘉奖。

公司是一直行业内的领军企业，立式辊磨机产品历年全球销售总量约1300台，在国内立式辊磨机市场连续多年蝉联国内销售总量和产值第一位。公司用户包括拉法基、欧米亚、海德堡、台泥、亚东、海螺、南方、中联、西南、北方、金隅、华新、葛洲坝、山水、红狮、祁连山、天山等国内主要大型企业集团，地域覆盖全国所有省份，远销巴西、土耳其、埃及、阿联酋、韩国、俄罗斯、印度、埃塞俄比亚、阿尔及利亚等二十多个国家和地区。

主要科技成果及荣誉



部分重点用户



开创行业先河，引领技术进步

地址：安徽省合肥市包河区望江东路60号 邮编：230051 网址：www.lishimo.com.cn

总经理：杨成钢 电话：0551-63675168 销售副总经理：袁凤宇 电话：0551-63441416

水泥科技

(季刊 1988年创刊)

2017年第4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

目次

生物质燃料在水泥厂的应用

.....黄锦兵 陈刚 /1

生料粉磨系统中旋风筒楼的优化布置

.....张华 /9

建筑石料开采与加工生产系统的除尘设计

.....张翔 武青山 /12

新旧《水泥工厂设计规范》之建筑结构篇对比浅析

.....徐松波 /20

两种取料方式合并使用的长形预均化堆场应用与优化

.....沈帅 /24

余热发电系统水冷凝汽器换热面积的计算

.....程啓胜 /29

变频器在水泥工厂的应用及注意事项

.....刘恺 /36

水泥化学分析中的检测与操作

.....徐群 /40

环保从使用水漆开始

.....周俊 /44

浅谈企业上网行为管理

.....胡子光 /49

生物质燃料在水泥厂的应用

黄锦兵 陈 刚

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

生物质燃料具有可再生、洁净、点火容易、CO₂近似零排放等优点,可替代化石燃料用于工业行业;近些年来,生物质燃料在欧盟、北欧等发达国家发展迅速,有些水泥厂也在使用生物质燃料;近十年来,生物质燃料在我国电力行业得到了逐步应用,但国内水泥厂使用生物质燃料并不多见。

为了有别于化石燃料(如:煤、石油、天然气等),生物质燃料一般是指农林废弃物,如秸秆、锯末、木屑、甘蔗渣、稻壳等。根据生物质燃料是否经过成型加工,生物质燃料分为成型生物质燃料和非成型生物质燃料。

1 生物质燃料的特性

1.1 工业分析

表 1 为常用生物质燃料工业分析。从表 1 可以看出,生物质燃料含碳量低、固定碳少,其含碳量一般在 35%~45%之间,与褐煤的含碳量相当,固定碳的含量明显比煤少,热值低;纯度高,燃烧后产生的灰分低;氢含量高、挥发分高;水分一般 4%~6%,比水泥厂要求煤粉水分 1.5%~2%高 2~3 倍。

表 1 常用生物质燃料工业分析及热值

生物质燃料名称	M _{daf} /%	C _{daf} /%	A _{daf} /%	V _{daf} /%	FC _{daf} /%	Q _{net.daf} /(kJ/kg)
豆秸	5.10	44.79	3.13	74.65	17.12	16157
稻草	4.97	38.32	13.86	65.11	16.06	13900
玉米秸	4.87	42.17	5.93	71.45	17.75	15550
麦秸	4.39	41.28	8.90	67.36	19.35	15374

1.2 密度小

生物质燃料结构疏松、密度小,常用的生物质燃料密度 470~640kg/m³。

1.3 碱含量高、硫含量低

表 2 为常用生物质燃料碱和硫含量。从表 2 看出，与煤相比，生物质燃料中碱含量高，硫含量大多小于 0.20%。

表 2 常用生物质燃料碱含量和硫含量

生物质燃料名称	豆秸	稻草	玉米秸	麦秸
K ₂ O	16.33	11.28	13.80	20.40
S _{daf}	0.11	0.11	0.12	0.18

1.4 着火点低、易燃

生物质燃料在 250℃~350℃挥发分大量析出并开始剧烈燃烧，易燃。

1.5 燃烧温度低

以玉米秸为例，空气过剩系数 $\alpha = 2.4$ 时，理论燃烧温度约为 940℃，明显低于煤炭的理论燃烧温度。实测燃用生物质燃料的炉灶的结果：焦炭层的燃烧温度为 850℃~900℃，火焰温度 500℃~700℃，在 α 减小时，火焰温度能提高。

2 生物质燃料燃烧特点与新型干法水泥工艺煨烧特性

2.1 非成型生物质燃料燃烧特点

(1) 非成型生物质燃料密度小、结构松散、挥发分含量高，在 250℃时开始热分解，在 325℃时十分活跃，350℃时挥发分能析出 80%，挥发分析出时间短，燃烧速度快；燃烧开始不久迅速由动力区进入扩散区，挥发分在短时间内迅速燃烧，放热量剧增。在传统燃烧设备中，高温烟气来不及传热就由烟囱排出，造成大量的排烟热损失。另一方面，挥发分剧烈燃烧需氧量远远大于外界扩散的供氧量，供氧明显不足，较多的挥发分不能燃烬，形成大量 CO、H₂、CH₄等产物，产生大量的气体不完全燃烧损失。

(2) 当挥发分燃烧完毕，进入焦炭燃烧阶段时，由于生物质焦炭的结构松散，气流的扰动可使其解体悬浮，脱离燃烧层，迅速进入炉膛的上方空间，经过烟道进入烟囱，形成大量的固体不完全燃烧热损失；此时燃烧层剩下的焦炭量很少，不能形成燃烧中心，使得燃烧后劲不足。

(3) 非成型生物质燃料燃烧速度忽快忽慢，燃烧需氧量与外界供氧量不匹配，呈波浪式燃烧，燃烧过程不稳定。

2.2 成型生物质燃料燃烧特点

(1) 由于成型生物质燃料是经过高压形成的颗粒状或块状燃料，密度远远大于非成型生物质燃料，挥发分的逸出速度与传热速度都大大降低。点火温度有所升高，点火性能变差。

(2) 燃烧开始时挥发分慢慢分解，燃烧处于动力区，随着挥发分燃烧逐渐进入过渡区与扩散区，燃烧速度适中，挥发分放出的热量能及时传递给受热面，排烟热损失降低。同时挥发分燃烧所需的氧与外界扩散的氧能很好的匹配，挥发分能够燃尽，又不过多的加入空气，炉温逐渐升高，减少了大量的气体不完全燃烧损失与排烟热损失。

(3) 挥发分燃烧后，剩余的焦炭骨架结构紧密，运动的气流不能使骨架解体悬浮，骨架炭能保持层状燃烧，形成层状燃烧核心。这时炭的燃烧所需要的氧与静态渗透扩散的氧相当，燃烧稳定持续，炉温较高，减少了固体与排烟热损失。

(4) 成型生物质燃料燃烧速度均匀适中，燃烧需氧量与外界渗透扩散的氧量能够较好的匹配，燃烧相对稳定。

2.3 新型干法水泥工艺煅烧特性

(1) 对回转窑来说，要求窑内火焰温度能达到 1550℃ 以上，保证 1450℃ 的熟料烧成温度；而且要求窑内火焰形状合理、可调，以保证窑内温度分布合理，燃料燃烧速度可控。生物质燃料不能适应回转窑煅烧要求。

(2) 分解炉容积大，燃料在燃烧室停留时间长，过剩空气系数低。生物质燃料能适应在分解炉内燃烧。

由于生物质燃料燃烧特点和新型干法水泥工艺煅烧特性，生物质燃料一般只能替代分解炉燃料。

3 生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程

生物质燃料的应用涉及燃料的收集、预处理、物流运输、加工、仓储等诸多环节；由于水泥行业有其自身的特点，生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程一般有两种；不论是哪种工艺流程，燃料的收集、预处理和物流运输这些环节没有区别。

3.1 成型生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程

目前，国内生产成型（颗粒）生物质燃料的厂家和作坊很多，常用的成型（颗粒）生物质燃料性能指标见表 3。

表 3 成型（颗粒）生物质燃料性能指标

序号	项目	单位	指标	备注
1	热值($Q_{net,ad}$)	kJ/kg	≥ 16900	按 GB/T213 规定
2	水分(M_{ad})	%	≤ 8	按 GB/T211 规定
3	挥发分(V_{ad})	%	≥ 80	按 GB/T212 规定
4	灰分(A_{ad})	%	< 2	按 GB/T212 规定
5	全硫($S_{t,ad}$)	%	≤ 0.07	按 GB/T214 规定
6	密度	kg/m ³	> 1000	按 DB11/T541-2008 规定
7	破碎率	%	< 2	按 DB11/T541-2008 规定

水泥厂使用成型生物质燃料一般通过两种途径可以获得，一种是从生物质燃料厂购买成型（颗粒）生物质燃料，另一种是在水泥厂内或水泥厂附近自己建设生产成型（颗粒）生物质燃料；不论是哪种途径，生产成型（颗粒）生物质燃料的工艺流程和设备是相同的，都要经过拆包、粉碎、干燥（如果需要）、制粒、冷却、成品储存、包装出厂或散装出厂。

典型的生产成型（颗粒）生物质燃料的工艺流程见图 1。

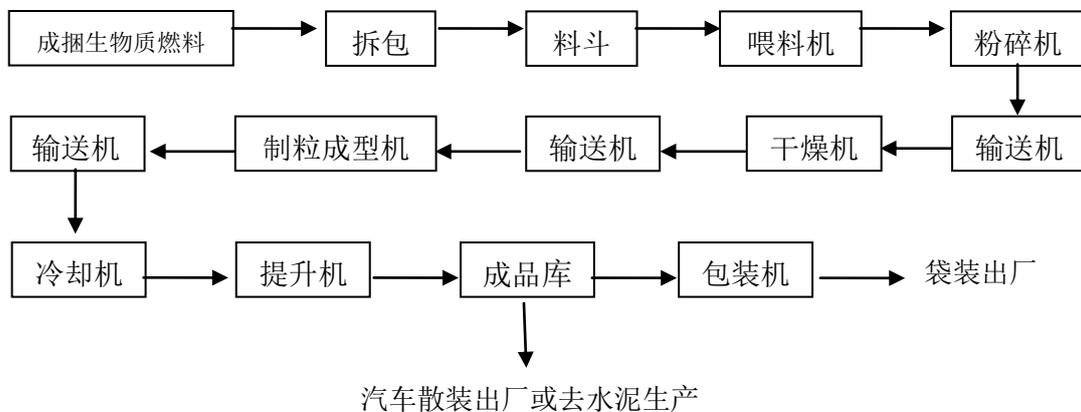


图 1. 生产成型（颗粒）生物质燃料工艺流程框图

由于生产成型（颗粒）生物质燃料工艺流程复杂、大量使用时成本高，现在

使用成型（颗粒）生物质燃料的水泥厂很少。成型（颗粒）生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程见图 2。

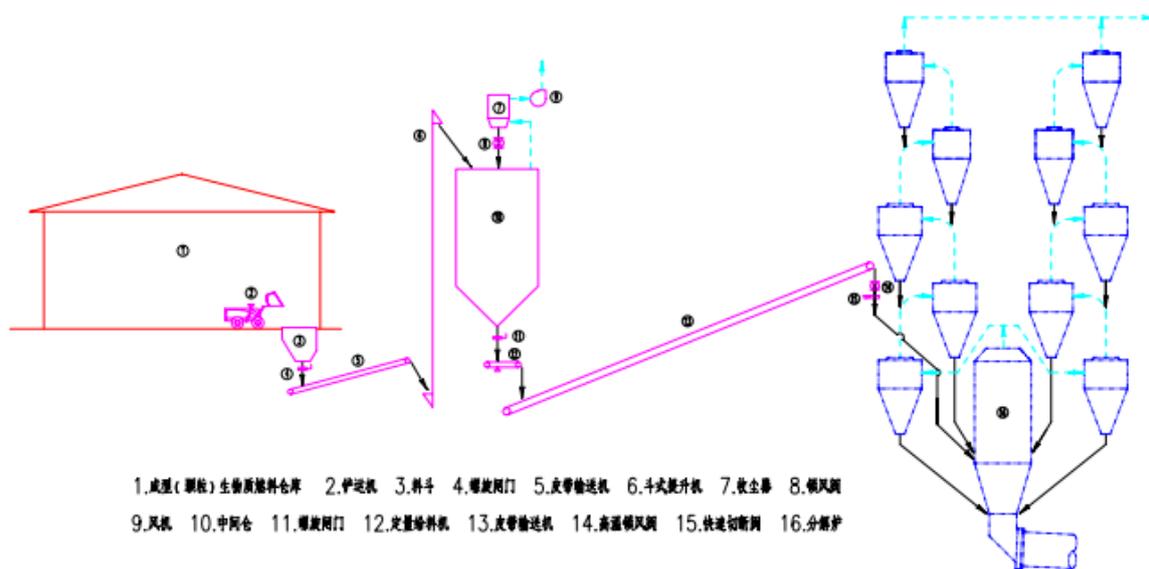


图 2. 成型（颗粒）生物质燃料在水泥厂应用工艺流程图

3.2 非成型生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程

随着技术的发展，现在生物质燃料在水泥厂使用可以不需要成型。生物质燃料经过收集和预处理后，运输进厂储存在堆棚中，使用时可以直接经过拆包、粉碎、储存、输送、进分解炉燃烧。

非成型生物质燃料在水泥厂应用的工艺流程见图 3。图 4 和图 5 分别为非洲某 3000t/d 水泥厂生物质燃料应用实景。

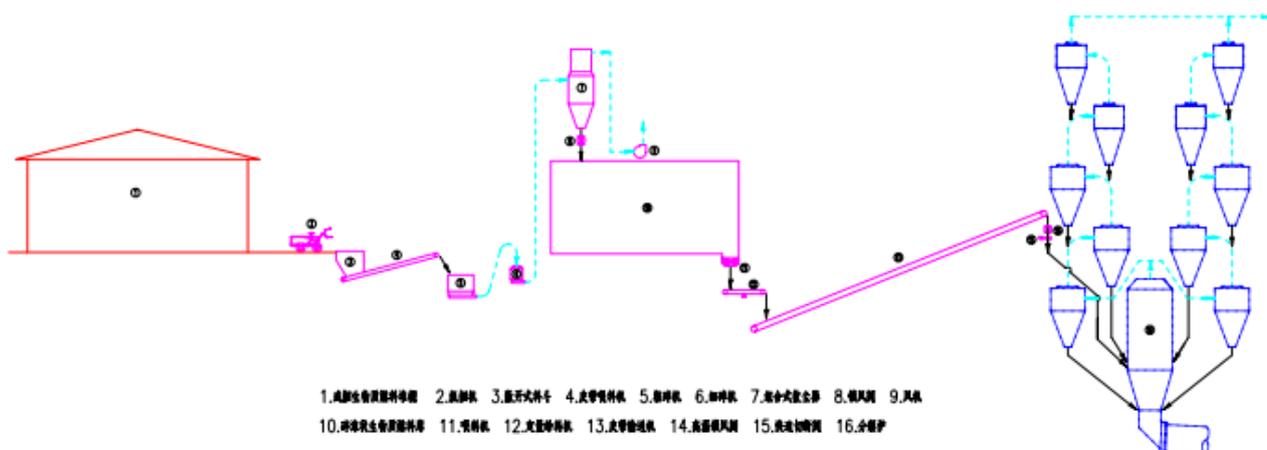


图 3. 非成型生物质燃料在水泥厂应用工艺流程图



图 4. 非洲某 3000tpd 水泥厂生物质燃料工段实景



图 5. 生物质燃料在非洲某 3000tpd 水泥厂应用实景

4 生物质燃料在水泥厂应用时对生产的影响

4.1 对回转窑产量的影响

目前使用生物质燃料的水泥生产线几乎都是在原有的使用化石燃料（如：煤，重油，石油焦，天然气等）水泥生产线基础上改造成可以使用生物质燃料，根据生物质燃料的替代率，回转窑产量有不同程度的降低。

欧洲某知名公司在非洲某 2000t/d 生产线改造项目中，全煤煅烧时（回转窑：全煤，分解炉：全煤）回转窑产量保证指标 2400t/d，使用生物质燃料时（回转窑：全煤；分解炉：全部生物质燃料）回转窑产量保证指标 2050t/d。

4.2 对熟料烧成热耗的影响

按生物质燃料燃烧理论需要空气量 $4.2\text{Nm}^3/\text{kg}$ -燃料，如果生物质燃料替代率 20%（即全部燃料热量的 20%），按照生物质燃料热值和煤的热值对比计算，燃烧生物质燃料比燃烧煤窑尾预热器 C1 出口过剩空气量大约 1%。

按生物质燃料燃烧生成的烟气体量 $5.0\text{Nm}^3/\text{kg}$ -燃料，如果生物质燃料替代率 20%，按照生物质燃料热值和煤的热值对比计算，燃烧生物质燃料比燃烧煤窑尾预热器 C1 出口烟气体量大约 2%。

由于使用生物质燃料时预热器 C1 出口过剩空气量大和烟气体量大，预热器 C1 出口气体带走的热量，加上使用生物质燃料时回转窑产量降低带来单位熟料设备表面热损失增加，使用生物质燃料时熟料烧成热耗增加。

欧洲某知名公司在非洲某 2000t/d 生产线改造项目中，全煤煅烧时（回转窑：全煤；分解炉：全煤）熟料烧成热耗保证指标 $764\text{kCal}/\text{kg}$ ，使用生物质燃料时（回转窑：全煤；分解炉：全部生物质燃料）熟料烧成热耗 $790\text{kCal}/\text{kg}$ 。

4.3 对回转窑运转率的影响

根据我们在非洲某 3000t/d 生产线运行经验，生物质燃料替代率 20%时，对回转窑运转率没有影响；生物质燃料替代率超过 20%以后，分解炉有结皮，有时需要止料捅堵。

5 结论

从已经投产运行的使用生物质燃料的水泥厂来看，生物质燃料替代部分化石燃料采用新型干法回转窑工艺煅烧水泥，技术上可行，具有很大的推广价值。

每 2 吨生物质燃料可以替代 1 吨标准煤；对一条 5000t/d 生产线来说，每年需用标准煤 15 万吨，按 20%替代率计算，每年可节约标准煤 3 万吨；按全国每年 15 亿吨熟料产量计算，每年可节约标准煤 3000 万吨。

生物质燃料属于再生燃料，取之不尽，用之不竭；使用生物质燃料还可以减少二氧化碳、二氧化硫和氮氧化物的排放；水泥厂使用生物质燃料替代部分化石燃料，具有良好的经济效益和社会效益。

由于生物质燃料具有周期性、区域性和季节性的特征，还需要各级政府制定政策大力扶持。

参考文献：

- [1] 刘建禹、翟国勋、陈荣耀.生物质燃料直接燃烧过程的特性分析,《东北农业大学学报》第 32 卷第 3 期
- [2]姚宗路、赵立欣、Ronnback M、孟海波、罗娟、田宜水: 生物质颗粒燃料特性及其对燃烧的影响分析,《农业机械学报》第 41 第 10 期

生料粉磨系统中旋风筒楼的优化布置

张华 杨清峰 胡知群 蔡华锋

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

目前随着生产线的大型化, 生料粉磨系统已经由原来的球磨机系统逐步改成立式磨系统。相比较于原来的球磨机系统, 立式磨系统的优点在于: 单台设备产量大、占地面积小、布置紧凑, 此外由于立式磨大多为露天布置, 因此厂房投资减少。立式磨系统主要流程是: 原料 → 生料磨 → 旋风筒 → 斜槽(等输送设备) → 入库提升机, 各个厂的主体布置大至相同, 不同之处主要在于旋风筒楼的位置处理上。对于相同规模的生料磨车间来说旋风筒楼摆放的位置不同会影响到整个车间的占地大小以及非标管道用材。本人根据自己在设计中的体会, 着重谈一下 MESSEBO 和 ATTOCK 项目生料立式磨系统中旋风筒楼布置的比较。

1 MESSEBO 项目工艺布置

MESSEBO 项目开始于 2008 年, 属于我院总包的项目, 是沙特项目的延续, 整个生产线在设计时有海外咨询公司 HOLTEC 的介入。由于之前和 HOLTEC 公司有过合作所以我们的理念是尽量采用 HOLTEC 公司已经认可的系统, 以便于设计进度的加快。本着这个原则生料粉磨这部分的设计沿袭了以往布置方式, 旋风筒楼位置和窑尾大布袋呈一字型布置放在生料磨的上方, 循环风机放在旋风筒楼的上方, 窑尾大布袋前设置一个汇风室, 生料磨和窑尾高温风机之间通过一根带自清扫弯头的大管道连接。本布置方式的优点在于整个工艺的布置流程简洁, 外观大气, 高温风机至磨机的热风管道布置不受外来因素的限制。本布置方式的缺点在于整个车间的占地面积比较大, 非标的管道的用材量大, 同时高温风机至磨机的热风管道需要做专门的钢支架来支撑。以 MESSEBO 项目为例, 生料磨的规格是 320t/h, 整个车间的占地面积为 5580m², 非标管道的用钢量约为 550 吨。MESSEBO 项目生

料粉磨系统的工艺布置图见图 1:

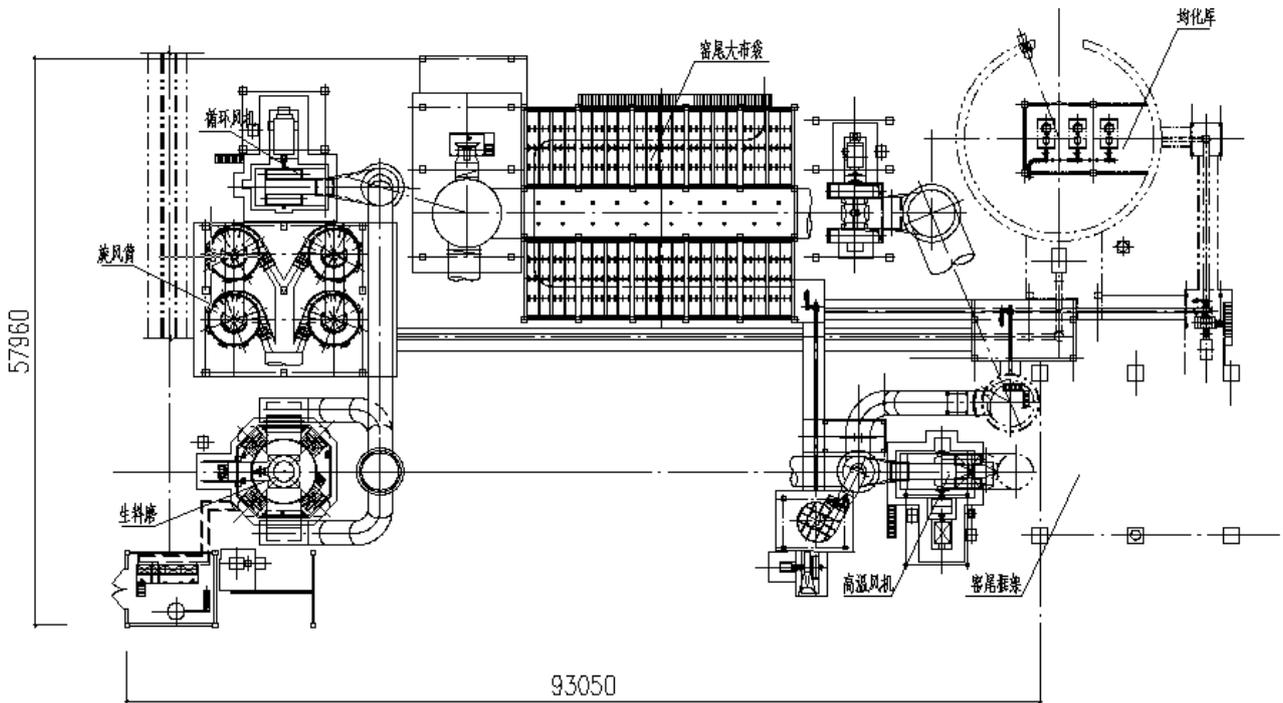


图 1: MESSEBO 项目生料粉磨系统的工艺布置图

2 ATTOCK 项目工艺布置

ATTOCK 项目是我院 2016 年新承接的一条 EP 项目,该项目是巴基斯坦 ATTOCK 集团的新建项目,该集团于十几年前就同我院有过合作,目前该集团正在运行的生产线就有我院设计的。本项目在项目投标期就有要求新的设计一定要用最新的设计理念以及用最先进的设备来保证项目的顺利进行。本着这个思想,本项目生料磨在设计时在 HOLTEC 咨询公司的设计理念的基础上作了一些修改,旋风筒的位置由原先的生料磨上方改到生料磨的右侧介于生料磨和窑尾高温风机之间,将循环风机放在旋风筒楼里面,高温风机至生料磨的热风管道从旋风筒楼中间穿过。窑尾大布袋放在旋风筒楼的上方,同时取消了窑尾大布袋前的汇风室。本布置方案的优点在于:流程简洁,布置紧凑,占地面积小,非标管道的用钢量少,高温风机至磨机的热风管道直接在旋风筒楼框架内支撑不需要做专门的钢支架。以 ATTOCK 项目为例,生料磨的规格是 320t/h,整个车间的占地面积为 4600m²,非标管道的用钢量约为 410 吨。唯一的缺点在于,高温风机至生料磨的热风管道要穿

过旋风筒楼，要求设计在设计时必须精心考虑各设备的位置以及梁柱的大小，以免出现碰梁挡柱的现象。ATTOCK 项目生料粉磨系统的工艺布置图见图 2。

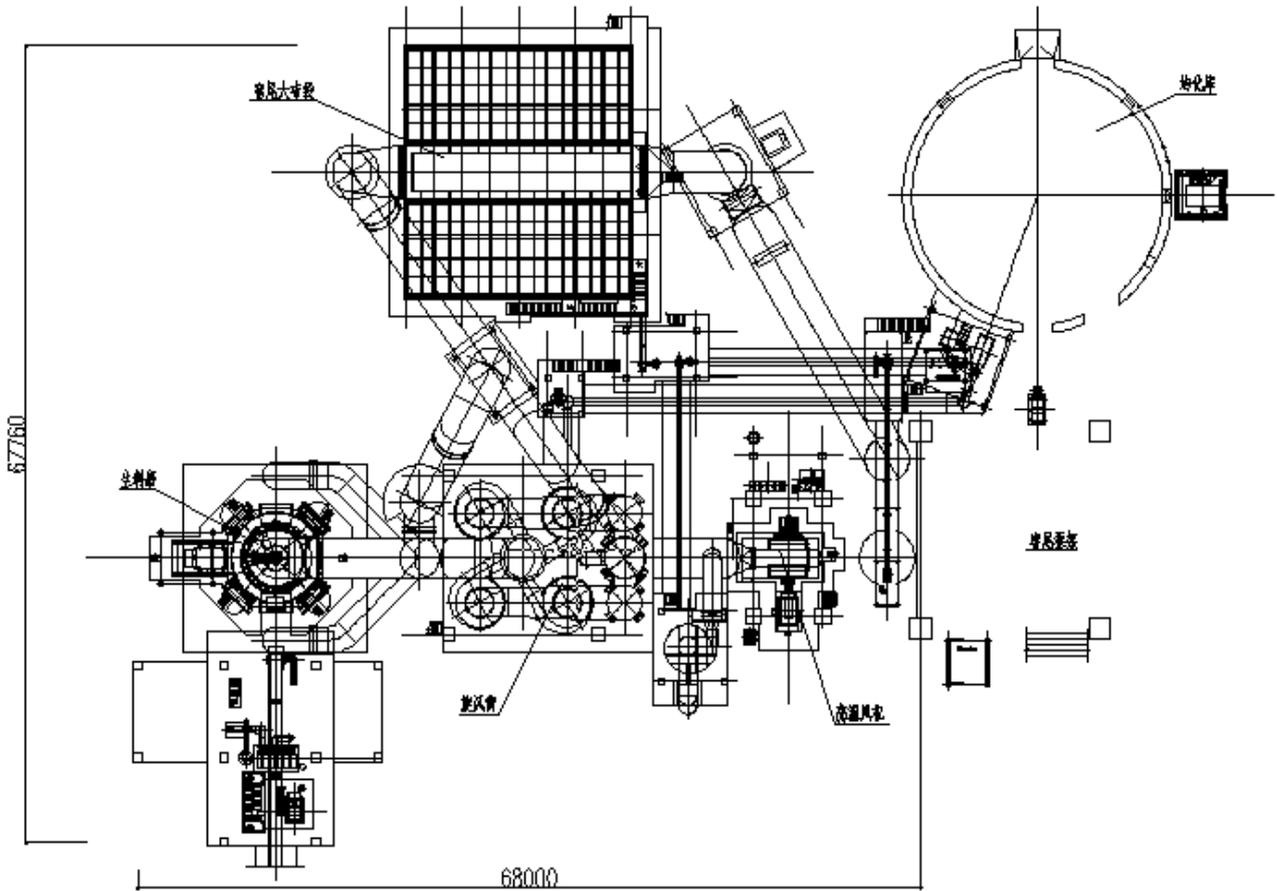


图 2：ATTOCK 项目生料粉磨系统的工艺布置图

3 结语

随着设计的不断拓展，生料粉磨系统的布置方式会越来越多，比如可以用管道增湿的方式来替换增湿塔、也可以直接采用掺冷风的方式来代替增湿塔等等；各厂要结合具体的条件如地形、环境等因素合理的进行选择。

建筑石料开采与加工生产系统的除尘设计

张 翔 武青山

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 概述

巢湖市宏光矿业有限公司于 2011 年投资建设了安徽省巢湖市马尾巴熔剂、水泥用石灰岩矿, 矿山建设开采建筑用石灰岩矿石 300 万吨/年, 该矿山为一新建的大型矿山。同时, 巢湖市宏光矿业有限公司在矿山北部也已建成一条年产 300 万吨矿石加工生产线。矿山生产的建筑石料主要服务于安徽省合肥市各类基础建设, 矿山及矿石加工出的产品为: 石料粒径为 5~20mm, 20~40mm, 40~80mm 三种建筑石料以及粒度小于 5mm 的粉料。

该矿山及加工线的建成, 大大缓解了安徽省省会合肥市建筑石料供应的紧张局面, 平抑了合肥市场建筑石料价格居高不下的局面。与此同时, 由于矿山开采和矿石加工所产生的大量粉尘无序排放, 给周边的农业、厂矿、居民等造成严重污染, 矿山及加工企业与周边关系紧张。况且该矿山开采和矿石加工距我国大型淡水湖巢湖仅三公里, 对该湖造成一定污染, 矿山开采和矿石加工线的粉尘治理迫在眉睫。

2014 年, 巢湖市宏光矿业有限公司委托合肥水泥研究设计院对矿山的粉尘进行综合治理研究和设计工作。我院在分析矿山生产线有可能产生粉尘的地点和加工系统的扬尘范围进行细致分析, 提出一整套治理方案, 并结合生产厂区的气象、风向、雨水等内在的自然地理情况, 对矿山开采及加工系统进行了分块段、分条件、不同方法采用不同的治理措施, 取得了良好的效果。

2 矿山开采与加工主要生产系统扬尘分析

2.1 矿山开采粉尘污染源

矿山主要扬尘点有: 凿岩(钻孔)中产生的粉尘、爆破产生的粉尘和烟气、

矿石（废土石）采装卸车过程中产生的扬尘、汽车运行时公路上的扬尘、加工破碎产生的粉尘等，均属于无组织排放源。

(1) 凿岩钻孔产生的粉尘

采用凿岩机钻孔时产生的粉尘与产尘量和岩石性质、钻孔大小、钻孔方式及钻进速度有关系。工程采用干式凿岩，粉尘产生量约为 0.21kg/台 h。采矿工作正常使用 2 台潜孔钻机，工作 8h/d，每年工作 300 天，其总的粉尘产生量约为 1.008t/a。

(2) 爆破产生的粉尘

采场采用中深孔爆破，爆破产生尘量的大小和装药量、矿岩性质等因素有关。类比同类矿山，爆破产生尘量约 10g/m³ 矿岩，年采剥总量 366.6×10⁴t，则爆破年产生粉尘约 13.73t/a。爆破后粒径大的粉尘在近距离内短时间内沉降，粒径 < 10μm 的飘尘不易沉降。采场选用中深孔爆破虽可有效降低粉尘产生量。但小范围的粉尘飞扬还是对周边环境有较大影响。

(3) 矿岩铲装中产生的粉尘

矿石由采区运至破碎站，在铲装过程中产生的部分扬尘。由于本项目矿石比重大、块度大、含湿量高，产生的扬尘量很少。

2.2 矿石加工运输系统粉尘污染源

(1) 破碎筛分过程中产生的粉尘

根据现有矿山生产资料，并参照工业排污系数统计手册，矿区破碎筛分工序产生的粉尘排污系数约为 0.02%，矿山年产 300×10⁴t，则粉尘产生量为 600t/a，矿石加工系统的主要生产排尘系统排尘量大，也是粉尘对周边环境影响最大的矿山生产系统。

(2) 矿石堆场扬尘

矿石堆场为无组织的排放源，矿石采用运矿车运至矿石破碎卸料口，卸车过程中产生少量的扬尘，另外在矿石用铲车装入汽车、成品石料倒运、石料准备运出厂时也产生一定量的扬尘，扬尘的产生量与矿石的块度、含湿量和装运量有关。由于本项目矿石比重大、块度变化大、含尘量高，且石料外运量大，矿石堆

场产生的扬尘对生产有较大影响。

(3) 矿区道路扬尘

矿区的主要运输工具是汽车，加之场内道路多为石子路，因此汽车在运输过程不可避免地要产生扬尘，特别是当气候条件不利时，扬尘现象就更严重。对巢湖码头、城市交通等有较多的扬尘，特别是对运输道路两边的居民，生产生活设施造成大量的污染。类比同类行业、公路建设行业，矿石运输过程道路扬尘无组织排放浓度可达到 $60\text{mg}/\text{m}^3 \sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

矿区通过道路洒水抑尘来降低道路扬尘排放，洒水抑尘效率为 80%，则起尘量为 $1.52 \sim 6.10\text{g}/\text{a}$ 。

3 矿石开采和石料加工系统的除尘设计与除尘设备选型

3.1 矿山石料生产系统无组织排放的除尘设计

在石料生产系统中属于无组织排放源有：矿山生产凿岩（钻孔）中产生的粉尘、爆破产生的粉尘、矿石（废土石）采装卸车过程中产生的扬尘、破碎机卸矿口产生的扬尘、汽车运行时矿区道路扬尘、矿石堆场扬尘等。

(1) 矿山钻孔爆破产生的粉尘治理

矿山钻孔设备采用自带干式除尘装置，为了防止钻孔过程中的粉尘排放，设计中选用的全液压潜孔钻机带有干式除尘器，湿式凿岩，可有效地控制粉尘排放浓度。

为防止爆破产生大量粉尘，矿山推广使用水封爆破技术，即在每个炮孔填塞部分，不用原始的沙石而是用水袋封堵，使用盛满水的专用塑料袋代替或部分代替用沙土做成的炮泥，即水泡泥封堵爆破眼口，爆破时水泡泥中的水分被雾化，可使尘粒湿润、结团而减少粉尘产生量。矿山爆破时，形成一道天然水幕，有效防止爆破粉尘飞扬，使得爆破产生的粉尘得到有效的治理。

爆破使用水泡泥封堵炮眼，不仅可以取得与粘土炮泥同样的作用，还能降低爆炸产物的温度和浓度，有效地预防粉尘飞扬，使用水泡泥除尘效果十分明显，除尘率一般为 63%-80%。(见图 1)

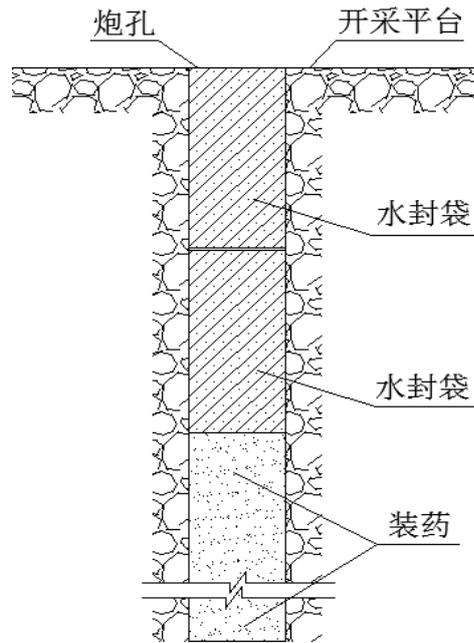


图1 水封爆破剖面图

(2) 破碎机卸矿口、矿区道路、矿石堆场扬尘治理

在破碎机的卸料口建立高压喷雾降尘系统，使得由采矿场矿车运至破碎机卸料口时，卸料口建立高压喷雾降尘系统开始启动，有效防止矿车卸料时的粉尘飞扬，起到降尘效果。对于采场和矿区道路上的扬尘，设计中选用一台洒水车，定时在采场和公路上喷雾洒水，以控制扬尘，避免对周围环境的影响。矿山主要运输道路和矿石加工区道路应当实施混凝土硬化，裸露场地应当采取覆盖或者绿化措施。强化矿区运输车辆管理，设立车辆进出口轮胎冲洗点，运输车辆采取密闭运输，严格控制车辆超载超限泼洒行为。

矿石堆场扬尘治理主要是在堆场铲车装卸场所，建立多套高效高压喷雾降尘系统，建筑石料装运时，配合粉尘监测系统，当粉尘浓度大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 时，高效高压喷雾降尘系统开始启动，使得矿石堆场铲车装卸场所粉尘浓度立刻降至 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，保证铲装工人在符合标准环境下生产，同时保证周边环境的清洁。

(3) 建立外运石料车的水幕除尘系统

石料加工厂的成品外运时，在公司外运道路及成品外运的计量设备附近，设计两套车辆水幕装置，使得进出公司的成品石料车辆，必须经过水幕除尘后方可

进入外部运输道路，该公司选用车辆水幕除尘系统启用后，大大改善附近道路和厂矿环境，获得附近厂矿和当地居民一致好评。

3.2 石料加工生产系统有组织排放的除尘设计

石料加工行业是污染较重的行业，粉尘排放量位居第二。石料加工系统是一个扬尘较为严重的地方，破碎机及振动筛各产尘点扬起的粉尘四处飞扬，工人无法靠近，呼吸困难。且粉尘一旦吸入体内，溶解于呼吸道的分泌液中，势必会影响到工人的身体健康。随着国家对岗位及大气环境质量标准的提高、以及环保排放指标的日益严格，石料加工系统加设除尘设施必须重新设计更新，给工人打造一个良好的工作环境，我院技术人员经现场实地考察，针对巢湖市宏光矿业有限公司年产 300 万吨石料加工生产线所选择的破碎筛分及皮带运输设备的实际情况，设计了一套完整的粉尘治理方案。

3.2.1 破碎筛分运输除尘设计

矿石加工破碎筛分系统由破碎站、筛分站及皮带长廊构成。破碎筛分运输系统由颚式破碎机、圆锥破碎机、圆型振动筛以及多条胶带运输机等组成。除尘系统采用防尘与除尘相结合的措施，即密闭抽尘净化排放方案。依据生产工艺产尘的特点以及石灰岩粉尘性质的特点，再结合当地现场的气候条件、生产条件等，采用干式除尘法，收集下来的粉尘通过加湿机处理后进行回收利用。见矿山生产系统粉尘治理系统图(图 2)。

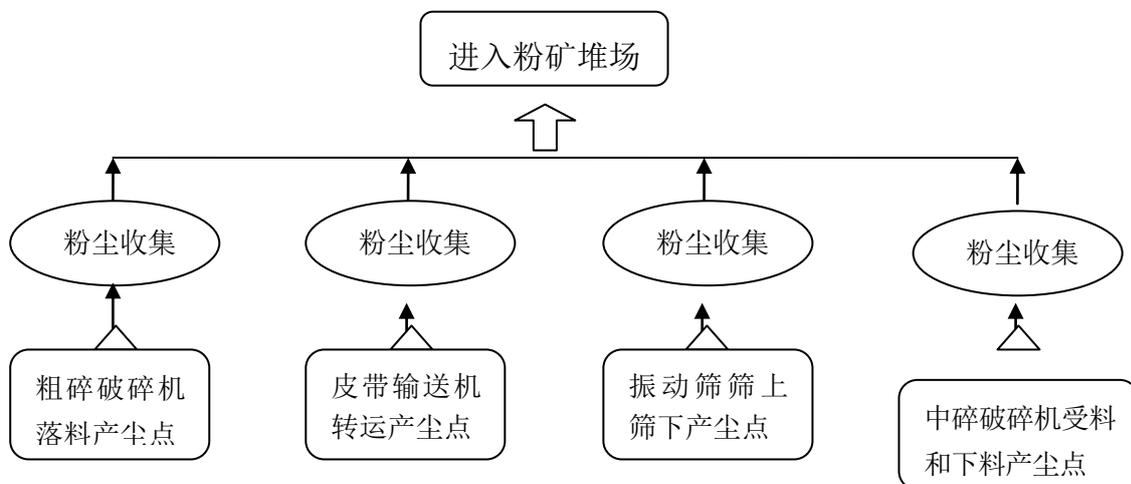


图 2 矿山生产系统粉尘治理系统图

(1) 除尘设计原则:

矿石破碎加工、储存采用全封闭作业设施，配备收尘装置或者符合粉尘防治技术标准的其他降尘抑尘装置。

除尘设计考虑在保证环境效益及不影响生产工艺前提下，兼顾除尘设备动力消耗，运行管理与维修等因素，力求综合效益达到较优。

在落料冲击气流强烈的地点（产尘点）—粗碎颚式破碎机落料产尘点、胶带机转运点、振动筛筛上筛下、中碎圆锥破碎机受料和下料。除尘方式采用产尘点密闭抽风除尘方式，抽出的含尘空气经收尘器除尘后排放，除尘效率 $>90\%$ ，无组织粉尘年产生量为 $<60t$ ，粉尘排放可得到很好的控制。同时对堆场采用辅助的喷雾降尘方法。

(2) 除尘系统划分

根据工艺布置情况，本次除尘系统形式为机械抽风、相对集中式除尘系统。根据工艺特点，尽量选择相对集中的除尘点为一个除尘系统。

在此基础上将除尘系统划分为3个独立系统。

① 粗碎除尘系统：包括颚式破碎机受料和下料；

② 筛分除尘系统：包括 1#胶带机转载（3#卸料胶带）和圆振筛面、圆振筛上受料胶带、圆振筛下受料胶带；

③ 中破细碎破碎除尘系统：包括圆锥破碎机受料和下料、2#卸料胶带、3#受料胶带。

(3) 除尘系统设计

各除尘系统风量估算如下：

①粗碎除尘系统：振动给料机及颚式破碎机受料和下料口，风量 $5000m^3/h$ ；

②筛分除尘系统：3#胶带机卸料点，风量 $4500m^3/h$ ，圆振筛面风量 $10000m^3/h$ ，筛上胶带机受料点风量 $4500m^3/h$ ，筛下胶带机受料点风量 $4000m^3/h$ ，系统合计风量 $23000 m^3/h$ ；

③中碎除尘系统：圆锥破碎机受料和下料口，风量 $4500 m^3/h$ ，2#胶带卸料点

风量 $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ ，3#胶带受料点风量 $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ ，系统合计风量 $13500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(4) 除尘管道设计

①排尘管道设计的原则是在保证各吸风点的风量符合设计要求且不妨碍生产操作前提下，使管路最短；

②为防止管内积灰和便于清扫，风管应尽可能垂直或倾斜敷设（倾角 $\geq 45^\circ$ ），特殊情况下必须水平敷设，水平管应有足够的气流速度（ $16\sim 20\text{m/s}$ ），以防管内沉积粉尘；

③一个除尘系统的吸风点过多，并联支管阻力不易平衡，因此多采用集合管。

按照上述原则，风管风速选择为：水平管段 $16\sim 18\text{m/s}$ ；倾斜管斜管段和垂直管段 $12\sim 15\text{m/s}$ 。

3.2.2 主要除尘设备的选型要求

矿石破碎加工、储存应当采用全封闭作业设施，配备收尘装置或者符合粉尘防治技术标准的其他降尘抑尘装置。考虑物料的生产工艺情况，在工艺过程中适当位置加环境保护装置，最大限度控制矿山生产及矿石加工系统的粉尘标准，选择先进可靠的粉尘捕捉和处理设备，使生产系统粉尘排放达到国家要求的排放标准，还大自然一片绿荫。

4 矿山除尘及生产监控系统的建立

为更好解决矿山在开采加工等在生产过程中存在粉尘、扬尘等生态环境污染和安全生产问题。巢湖市宏光矿业有限公司在矿山生产企业建立视频监控系统、生产区出入口管理系统、扬尘监控系统，加强矿山扬尘和安全生产管理。设计要求矿山采石和加工作业现场安装扬尘监控设备，实时采集扬尘数据，实时监控生产系统环境保护。

本系统是将粉尘在线监测技术、喷雾降尘技术、数字控制技术有机结合，降尘装置可根据监测数据，智能化的实施喷雾降尘，同时监测数据可作为矿山信息化建设的重要基础数据。矿山除尘设计着力于矿石加工生产线粉尘监测技术的研究，硬件选型和接口匹配，在线粉尘测量和监控的技术，给出了一套初步可行的设计

方案，具有稳定精确，具有自主知识产权的粉尘在线自动监测系统。通过自由接口通讯协议与 PC 上位机通讯，组成粉尘监控系统，实现粉尘的在线自动监测和控制。

5 矿山的粉尘与加工后的的粉矿再利用

巢湖市宏光矿业有限公司年产建筑石料用石灰岩 300 万吨，每年生产出小于 5mm 的粉矿约 60 万吨，而收尘后集中的灰尘约 10 万吨，这么多的粉矿及粉尘，不仅堆放场地是个问题，也给周边环境造成较大污染，解决这些粉矿及粉尘的去向，也是厂方急需解决的问题。我们通过对周边的市场进行分析，建议厂方在石料加工线附近投资建设年产 2 亿块以石粉为主要原料的免烧砖生产线，初步估算，年消耗加工后的粉矿约 52 万吨。巢湖市宏光矿业有限公司 2015 年底建成一条年产 2 亿块免烧砖生产线，基本将矿山产生的粉矿和粉尘用完，同时每年给矿山增加了收入 3000 万元。既做到粉矿不暂用土地，又不给周边环境造成危害，同时又给矿山带来了收入，可谓一举三得。

6 结语

随着巢湖市宏光矿业有限公司年产 300 万吨石料加工生产线一套完整的粉尘治理工程的建成与投产，同时在石料加工线附近投资建设年产 2 亿块以石粉为主要原料的免烧砖生产线也相继投产，巢湖市宏光矿业有限公司和周边厂矿及居民的环境也和谐了，对巢湖水面的污染也减到最小，公司也不要疲于奔命协调各种地方关系和应付罚单，公司在环保方面的投资一年就可收回，现在企业的社会效益和经济效益达到目前最好水平。

新旧《水泥工厂设计规范》之建筑结构篇对比浅析

徐松波

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 前言

2017年4月1日新版《水泥工厂设计规范》GB 50295-2016(以下简称“新规范”)正式实施,该版规范延续了2008版规范(以下简称“旧规范”)的基本内容,在总结近年来工程实践经验和提高环保节能要求的基础上,对其中的部分内容进行了补充和调整。

本文对两版《水泥工厂设计规范》进行对比之后,将新旧规范变动之主要条文进行整理并列,并重点对“绿色工业建筑”的设计考虑作了较详细的介绍,以供工程设计参考。

2 “新规范”调整变化内容

(1) 新版规范的“一般规定”章节。增加工业厂房设计宜符合绿色工业建筑评价概念、增加工业厂房设计时应避免噪声对环境污染的要求;“建(构)筑物安全等级”和“建(构)筑物抗震设防分类”表格中删除名称“露天堆场”,与现行的环保政策相呼应;抗震设防类别中“乙类”一栏,取消“总降压变电站和中央控制室”的规模限定(旧规范只限于“大、中型水泥工厂”),抗震设防分类“乙类”的范围扩大。

(2) 新版规范的“生产车间与辅助车间”章节。调整生产厂房的全部工作地带,白天应利用“直接自然采光”为“天然采光”,表述更加严谨;对于利用太阳能由旧规范的“应”调整为“宜”,更符合厂房的实际条件;新增厂房内通道宽度的设计要求(应根据人行、配件的搬运及车辆通行等要求确定,并应按单人行走允许最小宽度要求设计),更加人性化考虑;调整固定设备或有封闭罩的运

行设备旁的通道净宽不应小于 0.8m（旧规范为“不应小于 0.7m”），提高安全生产的要求。

（3）新版规范的“建筑构造设计”章节。厂房高度大于 6m 时设置垂直爬梯，“梯段高度超过 3m 时应设护笼，护笼底部距梯段下端基准面的距离应为 2.4m，护笼上端与栏杆高度应一致”（旧规范为“垂直爬梯的高度大于 6m 时，应设置护笼”），新规范的表述更为严谨且可操作性更强；增加屋面上有需要操作或巡检的设备且屋面兼作楼梯平台的和圆库库顶周边栏杆高度的要求“不应小于 1.2m”，符合使用安全要求；调整有设备出入的车间大门尺寸要求“宜高于设备或运输机械 0.4m，宜宽于设备或运输机械宽度 0.6m”（旧规范为“其高、宽应分别大于设备 0.6m”），新规范的要求更加合理，且可满足使用要求，同时减小门洞大小，对于噪音控制也是有好处的；增加输送天桥下有行人位置的要求，对应处“天桥走道地面应满铺”，防止高空落料、杜绝安全隐患。

（4）新版规范的“主要结构选型”章节。建(构)筑物的基础修正为“宜采用天然地基”（旧规范为“应采用天然地基”），表述更加严谨合理；取消旧规范对预热器塔架“中小型厂也可采用钢筋混凝土结构”的允许，顺应淘汰落后产能的要求；筒仓结构形式调整为“筒仓宜采用现浇钢筋混凝土结构”（旧规范为“大中型筒仓应采用现浇钢筋混凝土结构”），可以满足大中型钢结构筒仓的技术发展要求。

（5）新版规范的“结构布置”章节。调整柱网“宜符合建筑模数规定”（旧规范为“应符合建筑模数规定”），更能符合工业厂房柱网的特殊特点；“长期处于磨损工作状态下的结构构件应采取抗磨损措施，且结构层外应单独设置耐磨层。同时应对耐磨层进行每年 1 次的定期检查。”新规范约定定期检查的频次，并取消旧规范本条的强条要求。

（6）新版规范的“结构计算”章节。对于“预热器塔架、高度与宽度之比大于 4 的框架及天桥支架”，新规范取消多遇地震下顶点位移比的要求；新规范要求回转窑基础和磨基础的地基反力“不宜出现零应力区”（旧规范为“不宜出现拉力”），表述更加规范化。

(7) 新版规范的“附录 B”章节。涉及到跨越厂内道路上空的建（构）筑物如胶带输送廊道或架设的管线距路面的净空高度要求不小于 5.0m（旧规范净空高度为 4.5m）。

3 “绿色工业建筑”设计考虑

厂房建筑结构设计时符合绿色工业建筑评价概念，可以节约资源、保护环境、减少污染。要求工业厂房设计符合现行国家标准《绿色工业建筑评价标准》GB/T 50878 的有关规定，这也是本次规范建筑结构部分修订的重点之处，与国家倡导的绿色建筑保持一致，具体从以下几个方面考虑：

(1) 建筑场地选址要求。

① 建筑场地选址应符合国家现行产业发展、区域发展以及产业聚集区规划的要求；

② 建筑场地应无洪灾、泥石流及含氡土壤的威胁。建筑场地安全范围内应无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危险源；

③ 建筑场地需满足施工现场 500km 以内生产的建筑结构材料重量占建筑结构材料总重量的 80% 以上。

(2) 建筑物布置应合理利用自然通风和天然采光。

(3) 设计阶段对建筑结构材料的选用。

设计阶段对建筑结构材料的选用，避免采用《建设事业推广应用和限制禁止使用技术公告》中限制、禁止使用的建筑材料及制品，设计阶段对建筑结构材料的选用满足如下要求：

合理采用高强高性能混凝土，对于竖向荷载较大的钢筋混凝土框架柱，框支柱、落地剪力墙等的混凝土强度等级采用 C40（或以上）；

合理采用高强高性能钢筋和钢材，钢筋混凝土结构中的受力钢筋全部使用 HRB400 级钢筋；受强度控制的钢结构构件采用 Q345 及以上钢材比例高于 70%。

(4) 采购阶段对建筑结构材料的要求。

① 施工现场 500km 以内生产的建筑结构材料重量，应占建筑结构材料总重量

的 80%以上；

② 建筑结构材料中有害物质含量符合国家标准 GB18580~GB18588 和《建筑材料放射性核素限量》GB6566 的要求。混凝土外加剂中释放氨的量 $\leq 0.10\%$ （质量分数）；

混凝土采用预拌混凝土、砂浆采用预拌砂浆；

在保证性能的前提下，以废弃物为原料生产的建筑材料的使用重量占同类建筑材料总重量的比例不低于 30%；

在保证安全和不污染环境的情况下，可再循环材料使用量占所用相应建筑材料总量的 10%以上。

（5）施工阶段对建筑结构材料的要求。

① 施工固体废弃物排放应控制在 $400\text{t}/10000\text{m}^2$ （建筑面积）以下；

② 应将施工和场地清理时产生的固体废弃物分类处理，并将其中可循环再利用的材料进行回收和再利用；

③ 项目建设过程中应制定并实施保护环境的具体措施，防止大气污染、土壤污染、噪声污染、水土流失与水污染及光污染等。

4 结语

建筑结构设计，只有严格执行新规范的要求、深刻理解其调整变化的原因，才能“合理取值、优化设计、全面考虑”，积极推广和采用先进实用的节能技术和材料，为建成“安全适用、绿色低碳、节能环保”的建（构）筑物而贡献自己的力量。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国国家标准. GB 50295-2016.水泥工厂设计规范[S]. 北京：中国计划出版社. 2016
- [2] 中华人民共和国国家标准. GB 50295-2008.水泥工厂设计规范[S]. 北京：中国计划出版社. 2008
- [3] 中华人民共和国国家标准. GB/T 50878-2013. 绿色工业建筑评价标准[S]. 北京：中国计划出版社. 2013
- [4] 中华人民共和国国家标准. GB/T 50087-2013. 工业企业噪声控制设计规范[S]. 北京：中国计划出版社. 2013

两种取料方式合并使用的长形预均化堆场应用与优化

沈 帅

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

水泥生产需要大量的原燃料, 同时现代水泥生产严格限制生料的波动, 因此水泥厂预均化堆场设计需要满足以下两点: 满足不间断的向磨机提供预均化物料所需的容积; 为达到最佳的均化效果为目的来选用堆取料设备。目前在实际生产中堆场内的物料料堆主要是单组分原料料堆和双组分原料预配料料堆, 水泥厂实际应用较多的双组分原料主要是粘土或其他粘土质原料与石灰石进行预混合。当粘土含量较多或含水量较大时, 如果采用圆形预均化堆场, 粘土与石灰石预混合料有可能会堵塞圆形堆场中心下料孔, 所以在进行粘土与石灰石预混合时应尽量采用长形预均化堆场。

1 两种取料方式合并使用的长形预均化堆场应用

我院设计的巴基斯坦某 4000t/d 水泥生产线, 原料为石灰石与粘土混合料。辅料包括高品质石灰石、页岩、铁矿石。我们根据原料种类及通常设计习惯设计了 3 种方案进行对比, 方案一, 分别设计 230m×50m 的石灰石与粘土混合料预均化堆场以及 150m×45m 辅料预均化堆场; 方案二, 将石灰石与粘土混合料与三种辅料统一设计在一座 300m×60m 的堆场内, 通过 2 台悬臂侧式刮板取料机分别对石灰石、粘土混合料与辅料进行侧面取料; 方案三, 将石灰石与粘土混合料与三种辅料统一设计在一座 300m×60m 的堆场内, 对石灰石与粘土混合料进行端面取料, 对三种辅料进行侧面取料。其中方案一、方案二均是常规使用方案, 下面对 3 种方案进行简要对比。

(1) 堆场有效堆料容积

方案一有效堆料相对较多, 方案二、方案三物料储量基本相同, 比方案一略

少，但完全可以满足生产对物料储量要求。

(2) 堆场均化效果

方案一石灰石与粘土混合料采用桥式刮板取料机进行端面取料，均化效果比较好。方案二石灰石与粘土混合料采用悬臂侧式刮板取料机进行侧面取料，由于物料离析作用影响，且侧面取料无法一次切取断面各层料层，因此均化物料效果远不如方案一。方案三物料均化效果与方案一相同。三种辅料由于均化效果相对要求较低，且需要考虑取料机的跨堆作业，因此三种方案都采用悬臂侧式刮板取料机进行侧面取料。

(3) 堆场施工复杂程度

方案一由于采用两个堆场，比方案二、方案三至少要增加 1~2 个物料转运点，每个转运点必须配备相应的收尘系统，施工及设备安装比方案二、方案三都要复杂，施工时间也比较长。方案二、方案三因为均采用一座堆场，因此施工复杂程度基本相同。

(4) 设备调试与运行

方案一、方案二是常规使用方案，所以设备的调试与运行经验均比较成熟，方案三因为两种取料方式在一座预均化堆场内合并使用应用较少，因此在设备协调与调试上略复杂于方案一与方案二，但对实现设备的良好运行没有太大影响。

(5) 成本对比

方案一采用两个堆场，土建投资最高，约800万元，堆取料设备投资约650万元，总投资约1450万元。方案二土建投资约650万元，堆取料设备投资约600万元，总投资约1250万元。方案三土建投资与方案二基本相同，约650万元，堆取料设备投资约650万元，总投资约1300万元。

为了更好体现简洁流畅的设计特点，最终采用了方案三，堆场设计见图 1。悬臂式堆料机能力为 800t/h，采用桥式刮板取料机对石灰石与粘土混合料进行端面取料，取料能力 550t/h，三种辅料采用悬臂侧式刮板取料机进行侧面取料，取料能力 150 t/h。两台取料机共用一条出料皮带机将几种物料直接送至相应的配

料仓内按比例配料，节省了中间转运环节，简化了流程，减少了不必要的设备，也减少了物料转运过程中的扬尘。该方案得到了业主高度认可。

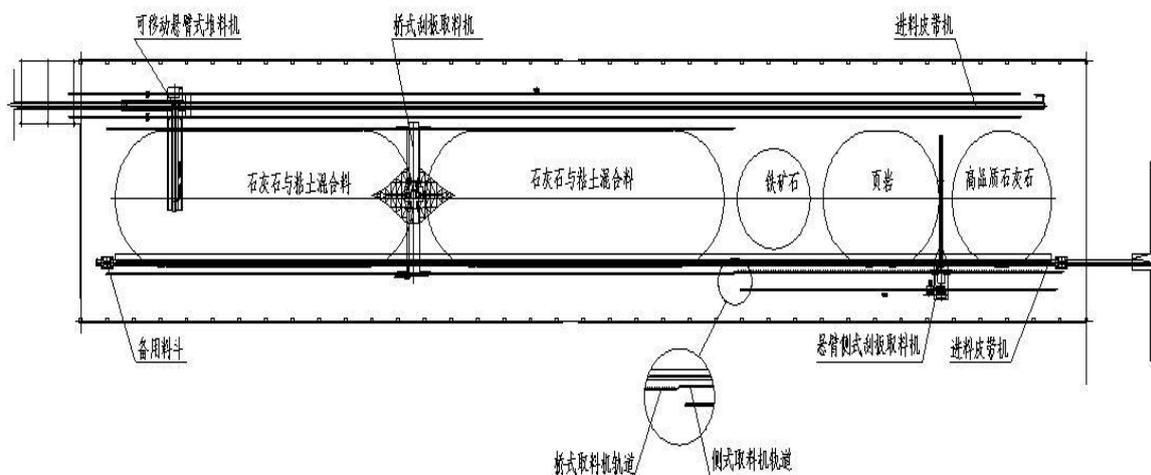


图 1. 端面取料机与侧面取料机的同时使用示意图

在一个长形预均化堆场内合并使用两种取料方式需注意以下几点：

1) 端面取料机与侧面取料机设备轨道的基础载荷不同，因此两种取料机轨道需要分开布置。

2) 悬臂侧式刮板取料机与桥式刮板取料机的外围设备控制轮廓尺寸要求是不同的，当共用一条出料皮带机时，一般侧式刮板取料机要求的净空要更大些，因此在设计长形预均化堆场的网架时需要以侧式刮板取料机的外围设备控制轮廓尺寸要求为基准，兼顾桥式刮板取料机的设备控制轮廓尺寸要求，才能更好的保证两种取料设备的正常运行。

2 长形预均化堆场料堆容积的简化计算

长形预均化堆场最常用的堆料设备是可移动悬臂式堆料机，堆料机沿长形料堆长度方向在两端之间定速往返完成堆料，除第一层外，以后各层都在料堆上覆盖一层一层的物料，物料的横截面呈人字形，称为人字形堆料法，堆成的料堆横截面为等腰三角形。在堆成的料堆两端，有两个呈半圆锥形的端部，称为端堆。

以长形堆场来进行分析讨论，其料堆示意图如图 3 所示，料堆剖面是一个等腰三角形， α 为堆积角度， H 为料堆高度， D 为料堆宽度，料堆剖面面积 $S=0.5 \times H \times D$ ， L 为长形料堆全长， L_1 为料堆扣除两端半圆锥的长度。通常计算料堆容积

V 的计算方法是 $V = V_1 + V_2 = \frac{\pi D^2 \times H}{12} + S \times L_1$ ，其中 V_1 为料堆两端的端堆合并为一个圆锥计算体积， V_2 为料堆中间部分的体积。在确定工程设计方案过程中，料堆的长度需要不断进行调整， L_1 也需要根据料堆长度不断调整，因此计算过程较为繁琐。为此对常用计算公式进行简化得 $V = 0.25 \times D^2 \times L \times \tan \alpha - \left(\frac{D^3}{2} \tan \alpha - \frac{\pi}{3} \times \frac{D^2}{4} \times \frac{D}{2} \times \tan \alpha \right) = 0.25 \times D^2 \times L \times \tan \alpha - 0.12 D^3 \times \tan \alpha$ 。

简化后的容积计算公式只与堆积角度 α 、料堆宽度 D、料堆全长 L 等 3 个参数有关。当物料性质确定后，物料堆积角度 α 基本为一确定值。当进行方案设计时料堆储量要求 V、料堆宽度 D 已经确定要确定料堆全长 L 时，根据原公式计算，需要先算 V_1 然后算 V_2 ，根据 V_2 再得出 L_1 ，最后再 L_1 与 D 相加得才能得出 L 的长度。而用简化公式计算时，可以直接根据料堆储量要求 V 得出料堆全长 L，从而简化了计算过程。料堆示意图 2。

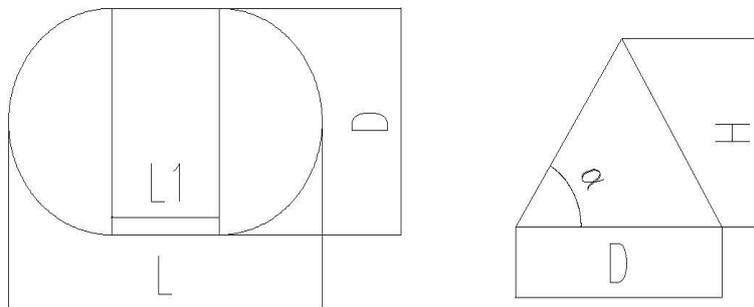


图 2 料堆示意

简化后的容积计算公式只与堆积角度 α 、料堆宽度 D、料堆全长 L 等 3 个参数有关。当物料性质确定后，物料堆积角度 α 基本为一确定值。当进行方案设计时料堆储量要求 V、料堆宽度 D 已经确定要确定料堆全长 L 时，根据原公式计算，需要先算 V_1 然后算 V_2 ，根据 V_2 再得出 L_1 ，最后再 L_1 与 D 相加得才能得出 L 的长度。而用简化公式计算时，可以直接根据料堆储量要求 V 得出料堆全长 L，从而简化了计算过程。

进行长形预均化堆场设计时需注意，当堆场内采用悬臂式堆料机与桥式刮板取料机结合进行堆取料作业，取料机到达半圆锥的端堆开始从端堆取料时，端堆

部分的料层方向正好同取料机切面方向平行，而不是垂直。取料机不可能同时切取所有料层，而且端堆部分的物料离析现象更加突出，在这两个主要因素作用下，端堆部分物料很难达到预期均化效果。为提高料堆均化效果，应尽量减少端堆部分容积 V_1 在整个长形料堆容积 V 中的比例。经过计算，当料堆全长 L 是料堆宽度 D 的 3 倍时，端堆部分容积 V_1 占长形料堆容积 V 的 20%。当 L 是 D 的 4 倍时， V_1 占 V 的 15%。由此可知适当加长料堆全长 L 可有效减少端堆部分容积 V_1 在整个长形料堆容积 V 中的比例，但同时也应注意料堆宽度 D 不可过小，根据设计的经验，比较合适的长形料堆的长宽比在 3~3.5 之间。

3 备用料斗的设置注意事项

长形预均化堆场内的料堆在特殊情况下需清理积料时，可以采用装载机向设置在出料皮带机上的备用料斗（见图 3）直接卸载。

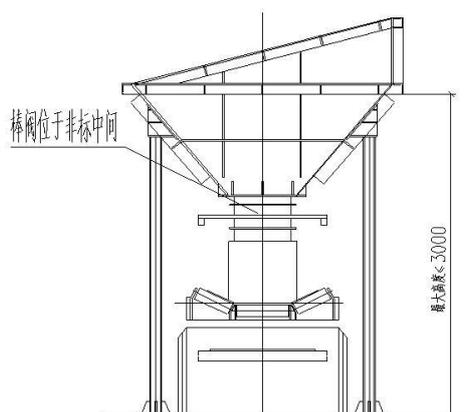


图 3 备用料斗示意图

备用料斗的设置需注意以下几点：

1) 备用料斗的容积一般根据装载机的有效容积来确定。水泥工业常用的装载机有效容积一般在 3m^3 ，所以备用料斗通常设计时应 $\geq 6\text{m}^3$ ，但也不宜过大，不能超过 8m^3 。备用料斗的高度取决于装载机的最大卸载高度，一般不宜超过 3m。料斗侧壁倾角取决于物料的性质，一般为 $50^\circ \sim 55^\circ$ 。

2) 料斗的出料口宽度取决于下方出料皮带机的带面宽度。对于石灰石与粘土混合料，料斗下料口与出料皮带机之间的棒阀应位于非标的中间位置，从而使下料口与相连接的非标形成一个折角。从而减少了滞留物料出现压实的情况。

余热发电系统水冷凝汽器传热面积的计算与分析

程启胜

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 前言

随着水泥工业技术的进步, 与之配套的水泥窑余热发电技术也取得了长足的发展。我国的水泥窑余热发电技术已经接近世界先进水平。

现今余热发电技术广泛采用的热动力循环系统为朗肯循环系统。由锅炉吸收余热产生蒸汽, 蒸汽在汽轮机中膨胀做功, 乏汽通过冷凝器冷凝成水, 再由给水泵加压送至锅炉, 完成一个循环。冷凝器通常有水冷和空冷两种形式。通过循环水来冷却乏汽, 可以获得更低的排汽温度和排汽压力, 系统效率更高, 因而在水资源丰富的地区通常采用水冷凝汽器。冷凝器传热面积的确定是冷凝器设计中的关键一步, 对系统的效率和经济性至关重要。本文讨论的是水冷凝汽器传热面积的计算和分析。

2 计算原理

水泥窑余热发电系统通常采用二道制二流程表面式水冷凝汽器, 其结构形式如图 1 所示。

工作过程为: 循环冷却水通过管程流过凝汽器。汽轮机排汽由进汽口进入凝汽器, 通过壳程与循环冷却水换热后在管束壁凝结成水, 比容大大减小, 产生真空。不凝气体通过抽气口由抽气器抽出。凝结水在热井汇聚后再通过凝结水泵送至除氧器继续循环。吸热升温后的冷却水通过冷却塔降温后继续循环。

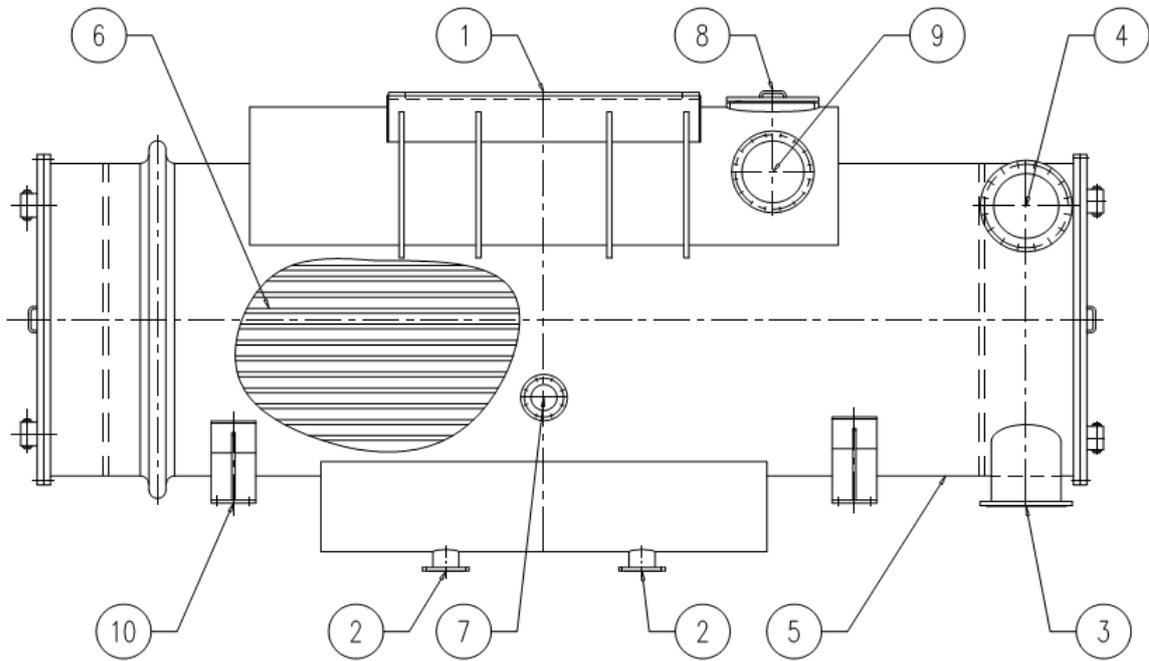


图1 余热发电水冷凝汽器结构示意图

- 1 进汽口 2 凝结水出口 3 冷却水进口 4 冷却水出口 5 壳体
 6 管束 7 抽气口 8 人孔 9 安全模板接口 10 支座

基本传热方程如下:

$$Q = U \times A_s \times LMTD \quad (2.1)$$

$$Q = (H_s - H_n) \times W_s + Q_f \quad (2.2)$$

$$U = U_1 \times F_w \times F_m \times F_c \quad (2.3)$$

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{T_s - T_1}{T_s - T_2}} \quad (2.4)$$

式中 Q —传热量 (W);

U —传热系数 (W/ (m²·°C));

A_s —传热面积 (m²);

$LMTD$ —对数温差 ($^{\circ}\text{C}$);

H_s —蒸汽焓值 (kJ/kg);

H_n —凝结水焓值 (kJ/kg);

W_s —蒸汽流量 (t/h);

Q_f —其他热负荷 (W);

U_1 —修正前传热系数 ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$);

F_w —进水温度修正系数 (1);

F_m —管束材质和规格修正系数 (1);

F_c —洁净度修正系数 (1);

T_1 —冷却水进水温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_2 —冷却水出水温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_s —饱和蒸汽温度 ($^{\circ}\text{C}$);

3 计算软件设计

以上计算过程中,需要对汽轮机排汽参数以及冷凝水的焓值进行分析,另外,不同冷凝器结构参数等的选择会影响到修正系数的选用。计算过程较为繁琐。本文通过计算机软件来实现计算。编程环境为微软公司的 VB2010。程序运行界面如图 2 所示:

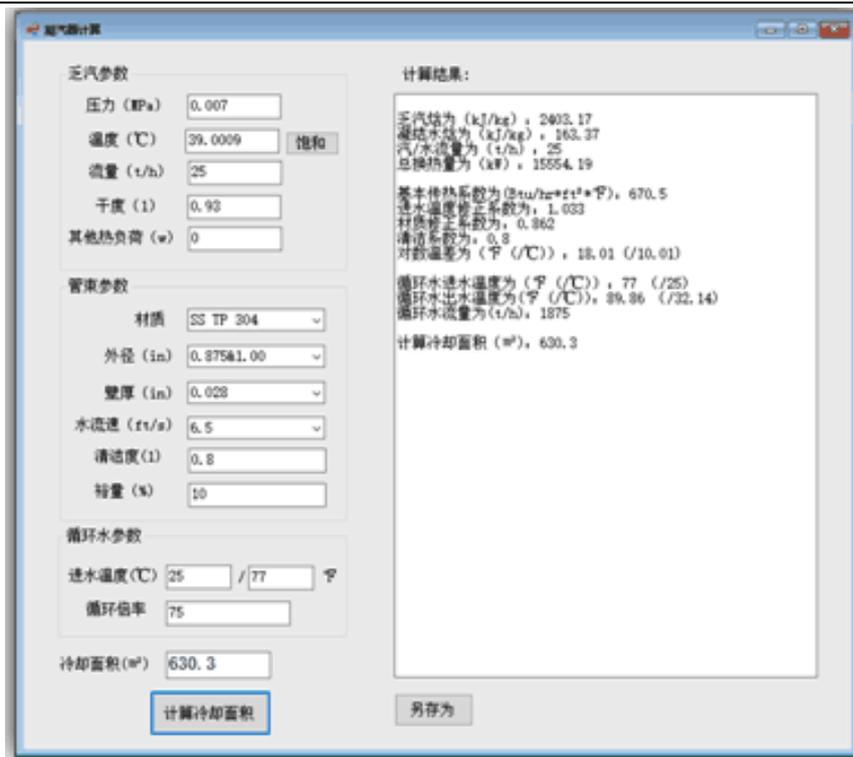


图 2 水冷凝汽器计算程序界面

程序的参数输入共分为三个部分：

1) 乏汽参数

汽轮机排汽通常为湿饱和蒸汽，带有部分饱和水。干饱和蒸汽和饱和水的量比通过干度表示。干度即为饱和蒸汽中干饱和蒸汽所占质量百分比。通过乏汽压力、温度、流量以及干度数据利用国际水蒸汽协会 IAPWS-IF97 公式错误！未找到引用源。可以计算出乏汽焓值以及对应冷凝水的焓值，二者之差即为传热量。水蒸汽焓值计算通过程序计算实现，本文不做详细叙述。

2) 管束参数

管束参数主要包括材质、外径、壁厚、水流速以及洁净度，同时考虑留有一定的裕量。由于 HEI 的《表面式蒸汽冷凝器标准》采用英制单位，所以此部分参数用英制单位输入。

3) 循环水参数

需要给定进水温度和循环水量。循环水量按照蒸汽流量的倍数（即循环倍率）来给定。

根据基本传热方程，通过程序计算，可获得的计算结果有乏汽焓、凝结水焓、总传热量、循环水出口温度、所需的传热面积等。计算结果通过换算，均以公制单位显示。

4 计算与分析

以 2500t/d 水泥熟料生产线配套 4.5MW 余热发电系统为例，额定参数如下：

乏汽压力：0.007MPa；

乏汽温度：39℃；

乏汽量：25t/h；

乏汽干度：0.93；

循环冷却水进水温度：25℃；

循环倍率：75 倍；

管束参数按常规配置考虑；

在设计和实际运行过程中，对凝汽器运行效果产生较大影响的主要有以下几个因素：传热面积、汽轮机排汽压力、冷却水进水温度以及循环冷却水量。

4.1 传热面积的计算

4.1.1 冷却水温对传热面积的影响

循环冷却水进水温度取不同值，其他参数按额定值考虑时，冷却水出水温度及传热面积的计算结果如表 1 所示：

表 1 传热面积计算表 1

序号	进水温度 (°C)	出水温度 (°C)	计算传热面积 (m ²)
1	21	28.1	461.2
2	23	30.1	531.5
3	25	32.1	630.3
4	27	34.1	787.3
5	29	36.1	1081.1
6	31	38.1	1905.4

在以上结果中可以看出，在传热量及其他参数不变的情况下，冷却水进水温度升高时，所需要的传热面积大幅增加。

4.1.2 循环水量对传热面积的影响

循环冷却水量取不同值，其他参数按额定值考虑时，冷却水出水温度及传热面积的计算结果如表 2 所示：

表 2 传热面积计算表 2

序号	循环倍率	出水温度 (°C)	计算传热面积 (m ²)
1	60	33.9	717.4
2	65	33.2	680.0
3	70	32.7	652.0
4	75	32.1	630.3
5	80	31.7	612.9
6	85	31.3	598.7

在以上结果中可以看出，在传热量及其他参数不变的情况下，冷却水量升高时，冷却水出口温度降低，所需要的传热面积减少。变化幅度较小。

4.2 实际运行中的工况计算

运行过程中，凝汽器传热面积及其他结构参数已经确定，冷却水温及流量受环境因素及操作控制的影响可能会发生变化。

4.2.1 冷却水温度对排汽压力的影响

循环冷却水进水温度取不同值，传热面积按 630m²，其他参数按额定值考虑时，排汽压力和排汽温度的计算结果如表 3 所示：

表 3 排汽参数计算表 1

序号	进水温度 (°C)	出水温度 (°C)	排汽压力 (MPa)	排汽温度 (°C)
1	21	28.2	0.0058	35.5
2	23	30.2	0.0064	37.3
3	25	32.1	0.007	39.0
4	27	34.1	0.0078	41.0
5	29	36.1	0.0086	42.9
6	31	38.1	0.0095	44.8

注：表中的排汽压力和排汽温度为给定传热工况下，理论可达最低值。未考虑除凝汽器以外其他因素的影响。

在以上结果中可以看出，在实际运行过程中，冷却水进水温度升高时，出水温度升高，排汽压力和温度升高，且幅度较大。

4.2.2 循环水量对排汽压力的影响

表 4 排汽参数计算表 2

序号	循环倍率	出水温度 (°C)	排汽压力 (MPa)	排汽温度 (°C)
1	60	33.9	0.0075	40.3
2	65	33.2	0.0073	39.8
3	70	32.7	0.0072	39.5
4	75	32.1	0.007	39.0
5	80	31.7	0.0069	38.7
6	85	31.3	0.0068	38.5

注：表中的排汽压力和排汽温度为给定传热工况下，理论可达最低值。未考虑除凝汽器以外其他因素的影响。

在以上结果中可以看出，在实际运行过程中，循环水量加大时，出水温度降低，排汽压力和温度小幅降低。

5 结语

循环冷却水温度的选择对水冷凝汽器所需的传热面积有非常大的影响。冷却水温越低，所需传热面积越小，系统效率越高。设计过程中，需要根据项目所在地的自然条件以及冷却塔的性能确定合适的冷却水温，通过计算确定凝汽器传热面积。

运行过程中，循环水量对汽轮机排汽压力和温度有一定的影响。一定范围内，水量越大，排汽压力和温度越低，系统效率越高。但是，循环水量增大会提高系统自用电率。需要综合考虑，合理控制循环水量，使系统在最经济工况点运行。

参考文献

- [1] HEI. Standards for Steam Surface Condensers, 11th Edition - 2012[J].
- [2] The International Association for the Properties of Water and Steam, *Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam*

变频器在水泥工厂的应用及注意事项

刘 恺

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

变频器主要用于交流电动机(异步电机或同步电机)转速的调节,是公认的交流电动机最理想、最有前途的调速方案,除了具有卓越的调速性能之外,变频器还有显著的节能作用,是企业技术改造和产品更新换代的理想调速装置。自上世纪 80 年代被引进中国以来,变频器作为节能应用与速度工艺控制中越来越重要的自动化设备,得到了快速发展和广泛的应用。在电力、建材、石油、化工、冶金等行业中,变频器都在发挥着重要作用。

变频器产生的最初用途是速度控制,但目前在国内应用较多的是节能。应用变频调速,可以大大提高电机转速的控制精度,使电机在最节能的转速下运行。以风机、水泵为例,根据流体力学原理,轴功率与转速的三次方成正比。当所需风量减少,风机转速降低时,其功率按转速的三次方下降。因此,精确调速的节电效果非常可观。与此类似,许多变动负载电机一般按最大需求来生产电动机的容量,故设计裕量偏大。而在实际运行中,轻载运行的时间所占比例却非常高。如采用变频调速,可大大提高轻载运行时的工作效率。因此,变动负载的节能潜力巨大。

交流变频调速技术是 20 世纪 80 年代迅速发展起来的一种新型电力传动调速技术。交流变频调速器(以下简称变频器)用于交流异步电动机的调速,具有调速范围大、机械特性硬、精度高和运行可靠等优点,因此在多个行业中得到了广泛的应用,特别是在风机及泵类的调整节能运行和软启动方面的作用就更加明显。根据水泥厂变频器使用及维护经验,就如何有效地使用好变频器,本文介绍了在

使用过程中的几点经验。

1 使用环境

每一种变频器都有其要求的运行环境，只有在规定的环境下才能可靠地工作，因此，若环境条件中有不满足的，则要采取相应的措施，力争使整个运行环境符合变频器的安装要求。

例如在水泥厂，其工作环境较差，所以在使用变频器时，我们逐条比较，采取一系列措施使环境条件能够满足其使用要求。在水泥厂大气中含尘量大、环境温度高，我们可以把较大功率的变频器（特别是高压变频器）设置在独立的控制室，控制室内设置空调及通风设施等措施来满足变频器使用要求，保证使用时的可靠性和延长其使用寿命。

2 容量的选择

2.1 与电动机的功率和负载相匹配

相同容量的变频器驱动电动机的能力因电动机所带负载性质的不同而不同，相同功率的电动机，因负载性质不同所需的变频器的容量也不相同。其中平方转矩负载(风机)所需的变频器的容量较恒转矩负载的低。通常情况下变频器已给出了适合驱动电动机的额定功率或其视在功率，在水泥行业，对于风机、水泵这类平方转矩负载，可按电动机功率来选择相应的变频器。而在下列情况下还必须增大变频器的容量：(1)电动机短时间起动机机械惯量较大的负载；(2)要求电动机频繁进行加、减速；(3)在较短的加减速时间内，电机最大电流大于变频器的过载容量。上述情况下不能简单地按电动机功率来选配变频器。

2.2 轻载的电动机不可随意配小容量变频器

电动机大马拉小车，功率输出不足，电动机虽然允许配接比电动机标称功率略小的变频器，由谐波引起的脉动电流分量将增大。所以当异步电动机的负荷较小，希望采用容量小一点的变频器时，一方面要考虑到大容量电动机的空载电流

较大，一旦加载后，总的负荷电流是否超过变频器的额定电流，另一方面就是必须注意到上述脉动电流将会增大的情况。

3 转矩提升曲线的选择

转矩提升可以有效地提高电动机的输出转矩。该曲线选得过小会使电动机输出转矩不足，启动困难；选得过大，电动机磁通饱和损耗相应增加，电机温升提高也不利于节能。因此，在选择转矩提升曲线时，我们应根据负载的性质来选择。例如水泥厂的选粉机以及给料输送等设备，按照放大电机功率选择变频器。

4 控制变频器频率的方法

目前，各种型号的变频器一般都有 3 种控制频率的方法，其适应的场合有所不同，即：(1) 键盘输入：主要适用于不经常改变频率的手动操作以及系统调试。(2) 模拟量输入：主要适用于需经常改变频率进行调速的手动操作，通过外接电位器实现手动控制，可以用电压信号或电流信号进行控制，还可以与传感器，PLC 等组成闭环控制系统，利用 DCS 进行模拟量输入来控制变频器实现调速的。(3) 数字量输入：用于要求高的调速系统和节能的风机、水泵控制系统等，通过 DP 通讯电缆与 PLC 控制系统通讯达到控制目的。

5 变频器配线

正确配线对发挥变频器的功能有密切的关系，因此在使用中应该注意以下几方面：(1) 严禁将输出端子(u, v, w)接到工频电源上，否则会损坏变频器。(2) 必须重视变频器与电动机之间的导线压降，变频器与电动机之间的导线不宜过长，导线的线径除满足载流量外，还要求导线压降不大于实际工作电压的 2%左右。(3) 变频器与外部控制信号采用屏蔽屏蔽线，该线应在变频器侧就近接地端子接地，在强干扰环境中，频率控制信号可由电压控制方式改为电流控制方式，这样可以提高其抗干扰能力。变频器的动力电缆采用屏蔽动力电缆。

6 变频器干扰的抑制

对于变频器比较集中的地方（例如水泥厂篦冷机的冷却风机采用的是变频调速控制），设置专用变压器对变频器进行供电，设置滤波装置、使用输出电抗器以及采用屏蔽动力电缆来达到对变频器干扰的抑制。

7 结束语

交流变频调速技术是电力电子技术、微电子技术、控制技术高度发展的产物，是现代电力传动技术的一个主要发展方向。交流变频调速装置具有优异的调速性能和节电、节能效果，是现代企业进行技术改造和设备更新换代的理想装置；而且具有体积小、质量轻、通用性强、保护功能完善，可靠性高，操作简便等优点，深受各行各业用户的欢迎。要想充分发挥变频器的优良性能及功能，就必须充分了解它的工作原理和特性，以便于选择和使用好变频器。

水泥化学分析中的检测与操作

徐 群

(湖州小浦南方水泥有限公司, 浙江 湖州 313116)

水泥化学成分对混凝土质量起着决定性作用, 为确保提高化学分析的准确性, 本文主要针对水泥中氯离子、氧化镁、不溶物、六价铬离子以及水泥安定性等化学分析中技术检测与操作方面的经验介绍。

1 水泥化学分析检测的严肃性

(1) 水泥中六价铬主要指水溶性铬, 一般指铬酸盐或铬酸盐, 以 3^+ 和 6^+ 两种价态存在, 其中六价铬毒性较强, 长期接触和处在水泥中六价铬较高的区域, 对人体有害甚至会导致失去劳动能力, 是美国 EPA 确认的 129 种重点污染物之一。

(2) 水泥中氯离子超过一定的含量会对混凝土中的钢筋产生腐蚀性, 从而对混凝土结构造成一定的破坏, 水泥国家标准对此都有限量规定。

(3) 水泥的安定性是判断水泥合格与否的重要指标。安定性指水泥浆体体积变化的程度, 它取决于水泥中游离氧化钙、氧化镁的含量, 安定性不合格的水泥会导致混凝土体积膨胀并产生裂缝, 严重影响工程质量。

国家标准中规定了出厂水泥的相关化学指标及有害组分的限量, 这就体现了检测方法的科学性、检测结果的严肃性。

2 水泥化学分析中的检测和操作技巧

化验室对于样品制备、样品熔溶、标准溶液的配制、标准物质的对比、空白试验、到最终计算数据, 都必须严格要求, 统一技术规范, 在规范指导下进行操作, 并掌握数据分析、记录、汇总等相应操作技巧。

2.1 水泥中水溶性铬(VI)的限量及检测

我国 2016 年 1 月 1 日实施的国家标准 GB31893—2015《水泥中水溶性铬(VI)的限量及测定方法》第 3 条规定“水泥中水溶性铬(VI)的含量不大于 10.00mg/kg”。

具体操作方法是：将水泥试样、标准砂和水搅拌成水泥胶砂，过滤，滤液中加入二苯碳酰二肼，调整酸度、显色，在 540nm 处测定溶液的吸光度，在工作曲线上查得中铬（VI）的浓度。在该检测过程中，测定结果的重复性限和再现性限为绝对偏差，以 mg/kg 表示，在重复性条件下测定同一试样，两次结果之差为：当测定结果 ≤ 5.00 ，重复性限 0.30，当测定结果 > 5.00 ，重复性限 0.40；在再现性条件下，对同一试样各自进行测定时，所得测定结果的平均值之差为：当测定结果 ≤ 5.00 ，再现性限 0.40，当测定结果 > 5.0 ，重复性限 1.00。为了提高检测数据的正确性，使用分光光度计或光电比色计，在 540nm 处测量的吸光度，还必须扣除已经测试空白试验的吸光度，单位为 mg/L，最终通过计算得出水泥中水溶性铬（VI），单位 mg/kg。

2.2 硅酸盐水泥中氯离子检测

水泥中氯离子含量的测定方法常采用磷酸蒸馏—汞盐滴定法：用规定的蒸馏装置在 250~260℃ 温度条件下，以过氧化氢和磷酸分解试样，以净化空气做载体，蒸馏分离氯离子，用稀硝酸作吸收液，蒸馏 10~15 min 后，用乙醇吹洗冷凝管及其下端于锥形瓶内，乙醇的加入量占 75% 以上。在 PH3.5 左右，以二苯偶氮碳酰肼为指示剂，用硝酸汞标准滴定溶液进行滴定。石英蒸馏管配套、洗净烘干备用；试样加入蒸馏管时应小心，不要撒落或粘附于管壁，若有试料粘附于管壁，会有一部分试料没有发生反应，使测试结果偏低；待试料分解产生的二氧化碳气体大部分溢出后，迅速连接好蒸馏管的进出口部分，先连出气管，后连进气管。气体流速和蒸馏时间对测定结果会有一定的影响；控制好气体流速，锥形瓶中应有连续的气泡产生，如果没有，应检查其气密性；用乙醇吹洗冷凝管及其下端，洗液收集于锥形瓶中；在硝酸汞标准滴定溶液的配制过程中，为了防止硝酸汞水解形成沉淀，一定先将硝酸汞固体用硝酸溶解完全后，再加水稀释；PH 值调节及终点观察，同时进行空白试验，对结果进行校正。

2.3 水泥烧失量测定

水泥试样在 $950 \pm 25^\circ\text{C}$ 的高温炉中燃烧，驱除水分和二氧化碳，同时将存在

的易氧化元素氧化，由硫化物氧化引起的烧失量误差进行校正，而其它元素存在引起的误差一般忽略不计。烧失量具体检测方法：首先准确称取 1g 水泥试样，然后将试样放在已经烧灼的瓷坩埚中，然后将瓷坩埚盖上留出一条缝隙，再将瓷坩埚放入马弗炉当中，加热升温至 $950 \pm 25^\circ\text{C}$ 后维持 30min 左右，取出坩埚，然后在干燥器内冷却到恒量再反复烧直到恒重；测定时一般从低温升起，如将试样直接放在高温下燃烧，会因挥发性物质的猛烈排除而使试样飞溅。

2.4 水泥不溶物含量的测定

水泥中不溶物的测定，试样先用盐酸溶液处理，尽量避免可溶性二氧化硅的析出，滤出不溶残渣，再以氢氧化钠溶液处理，进一步溶解可能已深沉的痕量二氧化硅，以盐酸中和、过滤后，残渣经燃烧后称量。测定方法为：准确称取 1g 水泥试样，放入 150ml 烧杯中，加入 25ml 的水，搅拌分散，搅拌同时加入 5ml 盐酸，用平头玻璃棒压碎块状物，分散完全，必要时可将溶液稍稍加温几分钟，用近沸的热水稀释至 50ml 左右，盖上表面皿，将烧杯蒸汽浴加热 15min，然后利用中速滤纸过滤，充分洗涤 10 次以上，将残渣和滤纸移到烧杯中，再添加 100ml 10g/L 的近沸氢氧化钠溶液，盖上表面皿，将烧杯蒸汽浴加 15min，取下烧杯加入 1-2 滴甲基红指示剂，滴加 (1+1) 盐酸呈红色，再过量 8-10 滴，中速滤纸过滤，用热硝酸铵溶液充分洗涤 14 次以上；将得到的残渣处理后放入瓷坩埚中，灰化后在冷却后 $950 \pm 25^\circ\text{C}$ 的高温炉中燃烧 30min，置于干燥器中冷却至室温，称量，反复灼烧，直至恒量；通过计算测得结果。

2.5 氧化镁含量的测定分析

一般采用代用法测定：在 PH 值为 10 的溶液中，以三乙醇胺、酒石酸钾钠为掩蔽剂，用酸性铬蓝 K-萘酚绿 B 混合指示剂，以 EDTA 标准溶液滴定，当试样中一氧化锰含量在 0.5% 以上时，在盐酸羟胺存在下，测定钙、镁地、锰总量，差减法求得氧化镁的含量。EDTA 配位滴定法测定钙、镁加入二乙醇胺，在碱性溶液中掩蔽 F^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ti^{4+} 、及少量 Mn^{2+} ，在使用 KB 指示剂中的酸性铬蓝 K 与萘酚绿 B 的配比要恰当；在 PH 值为 9—13 范围内，酸性铬蓝 K 对 Mg^{2+} 灵敏度比对 Ca^{2+} 的灵敏

度约高出 10 倍，因此终点时是 EDTA 夺取 M-KB 配合物中的 Mg^{2+} 离子；溶液中硅酸浓度较大时，易生成硅酸钙沉淀，干扰测定，故应该在稀释前的酸性溶液中加入适量 2%KF 溶液，并放置 2min，可消除硅酸的干扰；在 PH=10 的溶液中， Mn^{2+} 会迅速被氧化， Mn^{3+} 与三乙醇胺生成绿色 Mn^{3+} -TEA 配合物，溶液中 Mn^{2+} 越多，绿色越深，随着 Mn^{2+} 的增加，氧化镁测定的正误差也随之增大。

2.6 水泥三氧化硫的测定

水泥中三氧化硫进行测定，经典方法之一就是基准法，硫酸钡重量法，在酸性溶液中，用氯化钡溶液沉淀硫酸盐，经过滤燃烧后，以硫酸钡形式称量；测定结果以三氧化硫计算，具有较高准确度。测定方法如下：正确称取 0.5g 水泥试样，置于 200ml 烧杯中，加入 40ml 水，在搅拌中加入 (1+1) 盐酸 10ml，加热煮沸后进行 5 ± 0.5 min 的微沸，中速滤纸过滤，通过热水洗涤 10—20 次，滤液及洗液收集于 400ml 烧杯中，加水稀释约 250ml，煮沸，在搅拌过程中滴入 10ml 的氯化钡溶液，继续微沸 3 分钟以上，使深沉很好形成，然后在常温下静置 12—24h，或温热处静置至少 4h，此时溶液的体积应保持在 200ml，用慢速定量滤纸过滤，用温水洗涤，直至检验无氯离子为止。将深沉及滤纸一并移入已燃烧恒量的瓷坩埚中，灰化完全后放入 800—950℃ 高温炉中燃烧 30min，取出坩埚于干燥器中冷却至室温，称量。反复燃烧，直至恒量；通过称量计算三氧化硫的质量百分比结果。

3 结语

正确掌握和领悟水泥化学分析方法技术检测与操作，是提高水泥质量的第一保障，是保证建筑质量的关键，随着高新科技不断发展，生产出高质量的水泥是建筑业发展的前提。习近平总书记在 2007 年 9 月便提出“实现战略整合的既定目标，为企业的改革发展不断探索新路，联运发展作出更大贡献”，而需努力从最基本的水泥质量出发，水泥化学分析更是不可缺少的基本点，在不断优化改进适应各种要求的高质量水泥，寻求更加完美的产品，不断探索新路，提高各项工程建设质量，为水泥质量发展作出应有贡献。

环保从使用水漆开始

周 俊

(合肥中亚环保科技有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 前言

油漆在我们身边无处不在，如家具、汽车、手机、玩具、各种设备等涂装都涉及到油漆。油性涂料大量使用有机溶剂，气味大、易燃、产生甲醛、苯等有害物质，污染人类生存环境，给人体造成危害。有机溶剂都是不可再生资源中提取，资源过度使用，造成资源匮乏，环境污染。

除尘器设备本身面积大，喷漆量大。最严环保法实施前，大多数直接在车间喷漆，气味大，挥发甲醛、苯等有害物质，对施工及周边人员的身体健康造成危害。随着最严环保法的实施，喷涂作业要求必须在过滤良好的专业油漆房进行，过滤后空气排放达标，减少对环境的危害。我公司响应环保要求，改善车间环境，杜绝在油漆房以外喷漆，在符合漆膜质量要求的前提下，优先选用水漆代替油漆。水漆的优点见表 1。

表 1 水漆优点

1	环保健康	无毒原材的应用，保证了产品环保、无污染，有效的改善车间施工环境，保护施工人员身体，减少职业病发生。
2	使用安全	不含有机溶剂和易燃易爆成分，保证在运输、储藏和使用过程的安全。
3	施工便捷	涂装作业无需特别防护，用干净的自来水即可稀释涂料和清洗工具，施工快捷简便，提高涂装效率。
4	应用节省	无需专用稀释剂，用水即可，节省资源，降低消耗，综合成本低。

水漆具有环保健康、使用安全、施工便捷、应用节省等优点，越来越多的人开始使用水漆。结合我公司一年多水漆的使用情况，谈谈对水漆的认识、使用、现状及展望。

2 水漆的选择

水漆采用水性树脂、防锈颜料、缓蚀剂等相关助剂制备而成，不含有机溶剂，不添加汞、铅等重金属含量高的防锈颜料。

按照树脂分类分成单组份水性丙烯酸类、水性醇酸类、水性环氧酯类、水性氨基类、双组份水性环氧类和双组份水性聚氨酯类等，不同的树脂和添加成分，性能不一样。不同的除尘设备所处工况环境不同，根据腐蚀危害的程度，需要合理选用防腐涂料。以下是除尘设备常用的几种防腐方案。

2.1 一般工业环境防腐方案

在轻腐蚀环境中可选用水性丙烯酸防锈底漆和面漆，替代醇酸防锈底漆和面漆。其采用改性丙烯酸树脂、功能乳液、防锈剂等材料配置而成。主要用于轻至中等腐蚀环境中的各种钢结构、机械设备等，具有良好的户外耐候、抗紫外线和不褪色功能，国内除尘设备常用。

2.2 重度腐蚀工业环境防腐方案

针对腐蚀严重的环境通常选用环氧类底漆和聚氨酯类面漆。水性环氧底漆采用水性双组份环氧树脂、水性固化剂、颜料等功能剂精制而成。水性环氧类附着力强，耐腐蚀性好，防盐雾。适用于防腐要求高的各种钢结构、机械设备、管道、储罐等重防腐涂装。比如出口设备的海上运输，有时候在海上要 1 个月时间或更长，海洋盐雾的腐蚀比自然环境下的腐蚀更强更快。

在重度防腐要求下环氧类底漆常与聚氨酯面漆配合使用。水性双组份聚氨酯，以水性脂肪族聚氨酯树脂为基料，添加防锈剂、功能助剂等材料配置，不添加汞、铅等重金属含量高的颜料。具有优秀的耐候性和防腐性能。

2.3 耐高温漆

耐高温漆一般指承受温度在 200℃ 以上，漆膜不变色、不脱落，漆膜质量保持良好状态的涂料。水泥设备气体在经过冷却后进入收尘器的工作温度有的达到 100℃~200℃ 左右，有的瞬间温度能达到 240℃ 以上。最常用的油性耐高温漆是有机硅耐高温漆。

目前与其相对应的耐高温水漆是水性无机富锌底漆，采用水性硅酸酯树脂、

锌粉、功能材料及相关助剂制备而成的双组份水漆，不添加铬、铅等重金属含量高的防锈颜料。优良的防腐性能、较高的耐盐雾性能、干燥快、硬度高、可耐高温 400℃-500℃。在使用中也发现很多不足之处，其使用成本比原使用的耐高温油漆综合成本高很多，性价比较低。目前水漆在耐高温漆领域没有油漆品种丰富，选择单一。水漆厂家耐高温漆目前只有水性无机富锌。期待水漆厂家突破技术瓶颈，早日研制出多品种的耐高温水漆，让喷涂更经济和环保。

3 水漆应用的特点和注意事项

虽然水漆具有环保健康、使用安全、施工便捷、应用节省等优点，但是也有不足的地方，只有扬长避短，正确使用才能保证施工质量。

水漆溶剂为水，水和有机溶剂存在较大差别。温度和湿度对水挥发影响较大，相对湿度应低于 85%，底材表面的温度不可低于 5℃ 且高于空气露点温度 3℃ 以上。如果湿度过高或空间相对密封，要停止施工或采用通风设备保持干燥。红外线辐射干燥效果比较好，并且干燥后漆膜流平、硬度、附着力等效果和性能更好。

以下是常用水漆在不同温度条件下对应的干燥时间，从表 2 和表 3 可见 A 品牌和 B 品牌的干燥时间在温度区间上正好互补。日常实际使用过程中，干燥时间基本在这两个表格数据范围内。在实际使用中发现，温度在 5℃ 以上水漆的干燥时间不比油漆慢，甚至比油漆快。但是到了 5℃ 以下或湿度大时，水性漆的干燥时间会明显变长，不如油漆。在低于 0℃ 时，产品容易上冻，不能使用。所以有的水漆厂家在冬天有抗冻配方，能在零下 5℃ 进行涂装。水漆在施工粘度上有别于溶剂性油漆，温度低时粘度高，温度高时粘度低，施工前可以酌加干净的自来水稀释至合适粘度，通常水量不超过原漆的 10%。如遇到雨雪潮湿天气，可以少加水或不加水。

表 2 A 品牌水漆的理论干燥时间

种类	温度	15℃	25℃	35℃
干燥时间 (湿度 50%，干膜 35 微米)	表干	≤1 小时	≤30 分钟	≤6 分钟
	实干	≤10 小时	≤5 小时	≤3 小时

表 3 B 品牌水漆的理论干燥时间

种类	温度	5℃	10℃	20℃	30℃
干燥时间 (湿度 50%，干膜 30 微米)	表干	1 小时	30 分钟	10 分钟	10 分钟
	实干	3 小时	2 小时	1 小时	1 小时

在底材清理上和油漆基本一样，喷涂前底材要清理灰渣、油污、浮锈。设备刚涂装后的漆膜容易流挂，涂装完成后倒运要平稳，漆膜实干前禁止淋水。有的车间顶部没有保温层，由于早晚温差比较大，顶棚会产生露水，滴到未干的漆膜表面而稀释漆膜。如果没有做防水保护，经过一晚上的滴露，露水会把面漆冲掉漏出底漆影响漆膜质量而造成返工。如果表干遇到雨水，水会融进漆里，后期干燥过程中容易产生气泡。所以在喷涂结束后，如果有可能遇到水，必须做好防水保护。确保漆膜实干后，才能露天摆放。



图 1：漆膜表干未实干遇到水



图 2：漆膜未表干遇到水

双组份的水漆施工前必须将主料用电动搅拌机搅拌均匀，按比例添加固化剂并再次搅拌，熟化 3-5 分钟后即可施工。如果涂料中含有锌粉，在施工过程中要不间断的搅拌以防止锌粉下沉，影响漆膜质量。混合的涂料，应在 4-6 小时内使用完毕。

4 水漆现状和展望

相关数据显示，我国油漆每年向大气排放的 VOC(挥发性有机化合物)总量约 450 万吨，占涂装行业 90%以上。为了改善空气质量，国家出台的《大气污染防治行动计划》明确提出要节能减排，其中一条重要举措就是“控制 VOC 排放、减

少油漆使用，同时提出大力发展水漆行业、推广水漆使用”。我国企业对水漆的使用率不足 50%，而欧美发达国家达到 80%。自 2004 年 1 月 1 日起，欧盟各国就已全面禁止生产、销售溶剂型油漆，而改用水漆。油漆严重污染环境，国内有的地方已经开始禁止使用油漆了，比如深圳、北京等地强制规定家具行业禁止使用油漆喷涂，工业领域也大面积控制油漆涂装和生产。

中国涂料工业协会最新公布的数据显示，2016 年全国 1358 家规模的涂料企业水漆产销实现 100% 增长。截止 2017 年 3 月，涂料行业在建、投产及计划建设的项目中，有 70% 左右是水漆。由此可见，使用水漆是环保大势所趋，大量的用户选择水漆，迫使油漆市场减少，油漆厂家进行“油转水”。2015 年全国工业油漆市场销售 1044 万吨左右，年销售额为 307.7 亿美元，如果全国使用水漆，不仅能节约 400 万吨能源，还会减排 400 万吨有害有毒气体。

早期水漆质量不稳定，价格高，再加上人们对水漆的认知度低，环保意识淡薄，也没有相关环保政策鼓励，是造成水漆推广慢的主要原因。2017 年 7 月 17 日，中国水漆研究院与中国水性涂料产业战略联盟联合发布了国内首份全水漆行业蓝皮书——《水漆应用、评价及推广标准蓝皮书》为水漆行业提供技术标准、使用规范和具体的评价体系。

随着纳米等科学技术的应用，水漆工艺技术会不断进步，产品种类也会更加丰富。在最严环保政策的驱动下会有更多的油漆厂家停止生产油漆，转产生水漆。工业企业也会在政策导向作用下优先选择水漆，扩大使用范围。特别是本身做环保设备的企业，更要从自身做起，优先选用水漆。水漆是传统油漆的替代产品，以水为溶剂，不含有机溶剂，具有超低排放、环保健康、不燃不爆等特点。水漆代替油漆是人们追求环保的必然趋势。

“金山银山不如绿水青山”，让环保从使用水漆开始！

浅谈企业上网行为管理

胡子光

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

近年来,网络应用越来越广泛,网络泄密或者浏览一些非法网站、通过网络发布不良言论等违法行为成倍递增,已经严重影响了信息网络健康发展和社会的稳定。如何帮助企业用户控制和管理对互联网的使用,包括对网页访问过滤、网络应用控制、带宽流量管理、等就需要用到上网行为管理(access control),以下简称AC。

1 为什么要管理上网行为

(1) 网速越来越慢

在办公室里经常会听到有人抱怨“网速为什么这么慢?”,几乎所有的企业都存在这样的问题。为什么带宽不断扩充,而网速并没有明显改善

根据调查显示:以迅雷、BT、视频网站等为代表的P2P应用,消耗了60%以上的有效网络带宽。而在企业租用的有限带宽里,充斥着大量P2P下载、网络电视等应用流量,导致大量带宽被非工作应用所占用。

(2) 网络安全事故防不胜防

“堵漏洞、砌高墙、防外攻、防内贼,防不胜防”,防火墙越“砌”越“高”,入侵检测越做越复杂,病毒库越来越庞大,身份系统层层设保,却依然无法应对层出不穷网络安全威胁,难道那么多安全产品都是摆设?

无论如何豪华的防线,一个漏洞就可以毁灭所有一切。Meta Group发布研究报告称:“持续增长的安全威胁源自您的员工”。内部人员通过互联网与外部通讯时,可能会引入含有恶意的或者攻击性的内容,如若未能得到监测和控制,这将成为企业的一大隐患。并且充满诱惑的网络资源往往是风险的发源地。

(3) 办公室成了免费网吧

调查显示，普通企业员工每天的互联网访问活中 60%与工作无关，对视频网站的访问量 70%都发生在工作时间。聊天、游戏、炒股、购物、BBS、电影、博客等无时无刻不在抢占正常的工作时间，办公室因此沦为不需要花钱的“网吧”。

约束员工在互联网上的行为，其实是在帮助员工匡正工作行为，丢弃不好的习惯，成为一个专业、敬业的职业人，这对员工自身的职业发展也是大有裨益的。

(4) 发现内部网络问题后不能快速的找到根源

当出口拥塞，网络访问异常时，只能通过网络层面的的设备分析原因，简单的插拔网线，复位设备，以希图问题解决。但本质，内在的源头无法定位。

IT 系统追求的是性价比，一味的迁就会隐藏更大的隐患，我们需要专业的洞悉网络问题应用源头的的能力，能够分析问题的普遍性，严重性，共通性。

2 本院的网络结构

本院采用的网桥模式（见图 1），是指设备工作在二层交换模式，AC 以网桥模式部署在组织网络中，如同连接在出口网关和内网交换机之间的“智能网线”，实现对内网用户上网行为的流量管理、行为控制、日志审计、安全防护等功能。

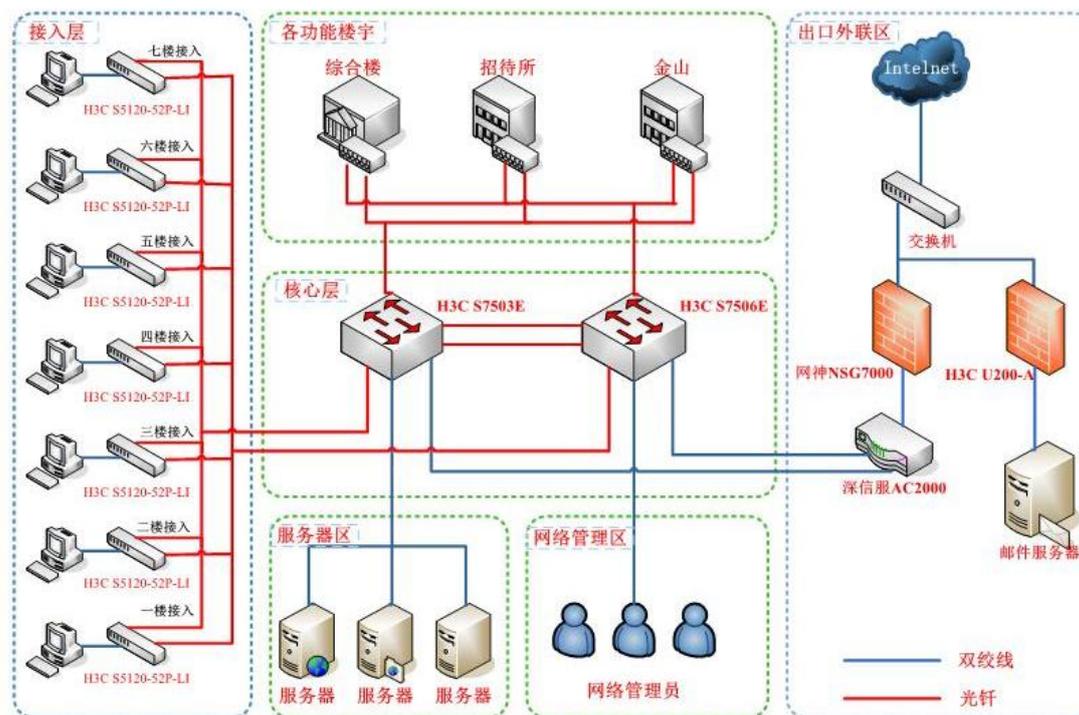


图 1 合肥水泥研究设计院网络拓扑图

3 上网行为管理产品的应用价值

(1) 优化带宽管理，提升用户上网体验

AC 能帮助组织管理者透彻了解组织当前、历史带宽资源使用情况，并据此制定带宽管理策略，验证策略有效性。不但可以在工作时间保障核心用户、核心业务所需带宽，限制无关业务对资源的占用，亦可以在带宽空闲时实现动态分配，以实现资源的充分利用。基于不同时间段、不同对象、不同应用的管道式流控，能有效保障用户的上网体验，保障网络的稳定性。

(2) 管控网络应用，提高员工工作效率

AC 数据中心能帮助组织管理者透彻了解员工的网络行为内容和行为分布情况。通过应用智能识别库的设置（见图 2），管理员能实现分时间段、基于用户、基于应用、基于行为内容的网络行为控制，据此限制员工上班时间的无关网络行为，如限制上班时间不能使用 IM 聊天工具，不能访问不受信网站等等。



图 2 应用智能识别库的设置

(3) 过滤不良信息，规避管理与法律风险

互联网资源极大丰富，亦良莠不齐。AC 能帮助管理员过滤违法、违规不良网页、含有不良关键字的网络信息，防止用户不慎访问不受信的网站带来法律风险。对于内网用户的外发信息行为，AC 基于内容的外发信息过滤能帮助管理员及时拦

截不良言论，或者在特殊时期采用“允许看帖不允许发帖、允许收邮件不允许发邮件”的特殊管控手段，最大程度的减少舆论风险给组织形象声誉带来影响。

(4) 优化上网环境，提升上网安全

网络犯罪通常利用社交网络散播，仿冒可信网站，将访问合法网站的用户“重定向”到非法网站，假冒可信软件如防病毒软件、插入非法软件，通过恶意广告、垃圾博客、恶意点对点文件传播等等。对此，对于已中毒的终端，AC 会检测网络中的异常流量如木马流量等并自动封锁并发起告警，提升局域网安全（见图 3）。



图 3 AC 网关杀毒设置

5 结语

任何管理制度缺乏技术手段的支撑就像一道没有装锁的门，只能依赖人工值守或被管理者的自觉遵守。越来越多的 IT 管理员意识到，必须选择适合组织 IT 环境的技术手段，才不会让管理制度流于形式，AC 有效支撑组织的 IT 管理，帮助规范网络，减少 IT 管理员的无谓工作量，优化组织 IT 环境。

粉磨技术与装备

Grinding technology & equipment

HRM型立式磨

HRM型立式磨一种高效节能烘干兼粉磨设备，主要技术指标、经济指标达国际先进水平，可为日产10000吨及以下各种规模的水泥厂配套。广泛用于水泥、电力、冶金和非金属矿超细粉磨等行业。

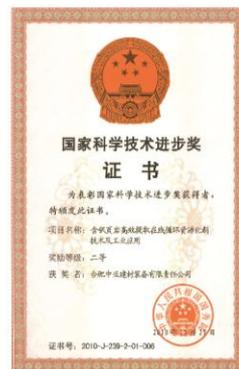
HRM type vertical roller mill is a grinding and drying equipment high in efficiency and energy saving. With its main technical parameters and economic indexes reaching international most advanced level, it can be equipped for the cement plants in various capacities up to 10,000tpd. By far, It has been widely applied to cement, electrical power, metallurgy and non-ferrous ore super-fine grinding industries, etc.



应用江西东亚水泥7000t/d水泥生产线的HRM4800B原料立磨
HRM4800B vertical roller mill, used on 7000t/d clinker production line



大型生料磨国家科技进步二等奖



立磨用于含钒页岩提取国家进步二等奖



建材机械行业名牌



水泥行业百强供应商

粉磨技术与装备

Grinding technology & equipment

HRM型立式磨

HRM型立式磨以其科学合理的设计和独特的结构优点，广泛应用于水泥行业。水泥行业所粉磨的物料有：水泥生料、原煤（烟煤、无烟煤、褐煤等）、水泥熟料、矿渣等。通过大量的工程实践证明：所粉磨的物料从高湿到干物料，从异常难磨到易磨的物料，产品细度从粗到细，粉磨领域之广，粉磨类型丰富。

目前有近300台套HRM型立式磨应用于2500~6000t/d及以上规模水泥生产线的生料粉磨，200多台套HRM型立式磨应用于2500~6000t/d及以上规模水泥生产线的原煤粉磨。



河北金强水泥有限公司日产7000吨水泥生产线
HRM2800M高细煤粉立磨



太原广厦建材有限公司年产100万吨水泥粉磨站
HRM3700C水泥立磨



吴江市明港道桥建材有限公司年产150万吨水泥粉磨站
HRM3400P预粉磨立磨



广东博罗县园洲罗浮山水泥有限公司年产60万吨矿渣
微粉生产线HRM3700S矿渣立磨



Sinoma 中材国际