

水泥科技

2
2022

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

水泥科技

(季刊 1988年创刊)

2022年第2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: 朱 兵

主 任: 张永龙

副 主 任: 王虔虔 郑 青

主 编: 陆树标

委 员: (按姓氏笔划排序)

王仕群 王 庆 叶卫东 许 涛

李 宁 李运军 李林桃 沈玉祥

周巧林 单矩程 侯贵斌 徐松波

徐 睿 高 霖 崔洪坤 韩修铭

褚 彪 魏 铸

责任编辑: 解姗姗

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

双作业机器人袋装水泥智能装车系统研究与设计	戴军康/1
污泥基生物炭结构的共焦显微拉曼技术应用	黄婷, 张山/10
再生水在加气混凝土和高强度混凝土生产中的再利用	S.帕勒姆, C.穆勒/21
不同结构对旋风筒影响的数值模拟	崔洪坤、刘志强/33
新安全生产法对水泥生产线项目安全生产管理的监理工作的启示	李诚、何宏涛/42
稳流型转子秤在煤粉喂料计量中的应用	李凤、刘光年/50
企业如何构建双重预防机制之探讨	占奇/59
国外水泥窑余热联合自备电站的应用	李伟明/64
HFCG120辊压机蓄能器仿真分析	张文进/68
监理工程师如何履行职责管控安全风险	罗章/75

双作业机器人袋装水泥智能装车系统 研究与设计

戴军康

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

0 引言

国内水泥行业, 目前大部分水泥厂的包装车间, 在发运装车环节采用的还是高台式半自动装车机, 这种高台式半自动装车机将水泥包从包装机输送到装运货车的车厢上方之后, 至少需要 1-2 名装车工人通过人力改变其掉落轨迹, 从而掉落到车厢里预期位置进行装车。使用这种装车方式, 装车效率低, 人工劳动强度大, 而且水泥飞尘较大, 装运工人容易得尘肺病。随着社会的发展, 越来越少的愿意去从事水泥包装车这类工作环境恶劣的工作岗位, 导致劳动成本昂贵, 对企业生产造成了困难。此外, 由于中国袋装水泥的发运没有统一的标准, 运输车型多变且车厢大小不同, 也是目前导致袋装水泥装车自动化程度不高的重要因素。为此我公司研究并设计开发了一种双作业机器人袋装水泥智能装车系统。

1 系统组成

双作业机器人袋装水泥智能装车系统是合肥固泰自动化有限公司根据水泥行业的市场行情自主研发的新一代袋装水泥自动装车系统。该系统实现了智能化无人装车, 可适用于多种车型, 可以提高水泥装车行业的自动化水平, 使工人从繁重的劳动力中解放出来, 提高生产效率和实现智能化生产。系统集成物流分配、工业机器人、车辆轮廓检测和水泥码垛算法软件等功能。

双作业机器人袋装水泥智能装车系统主要由两台六轴机器人、两套机器人抓手、龙门桁架机构、检修平台、除尘设备、物料输送系统、车辆探测系统和 PLC 控制系统等组成, 如图 1 所示。

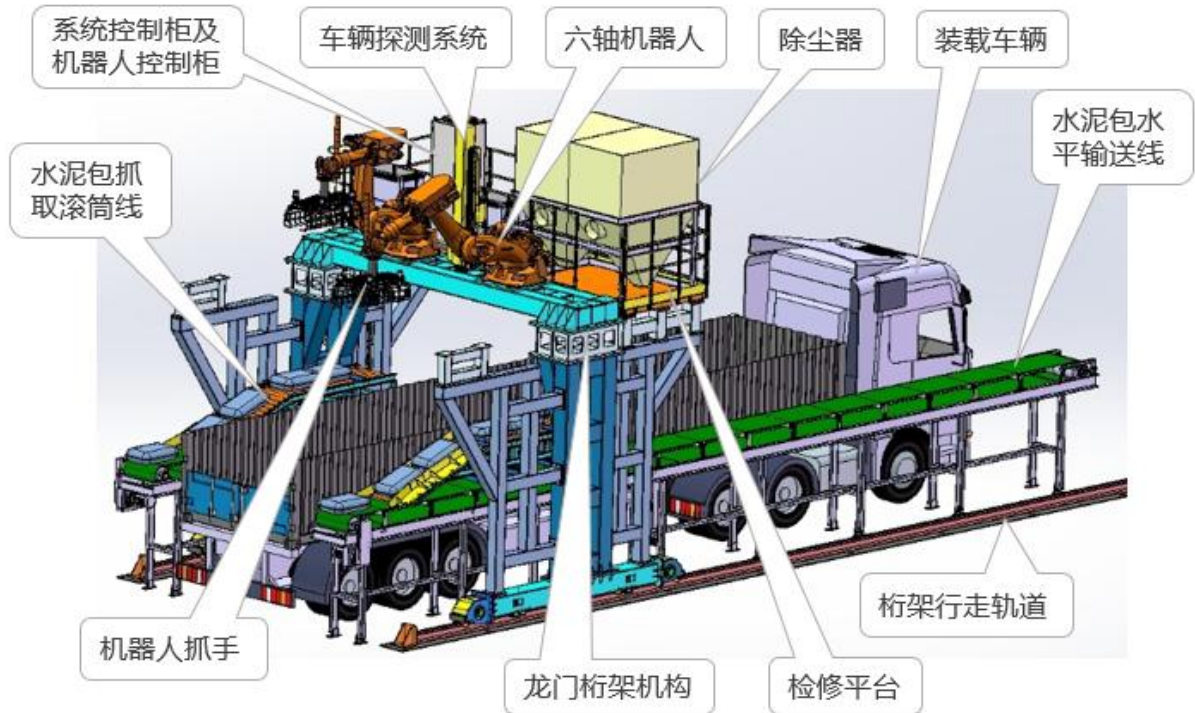


图 1 双作业机器人袋装水泥智能装车系统组成图

2 系统工作流程

双作业机器人袋装水泥智能装车系统的工作流程如图 2 所示。

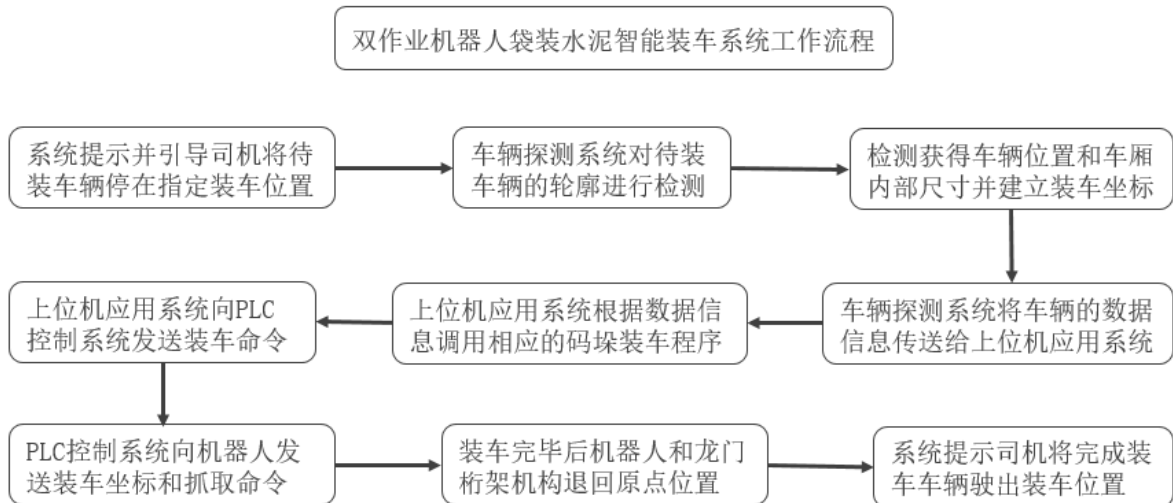


图 2 双作业机器人袋装水泥智能装车系统的工作流程图

3 物料输送系统和机械式手抓设计

3.1 物料输送系统设计

爬坡和水平输送机如图 3 所示：

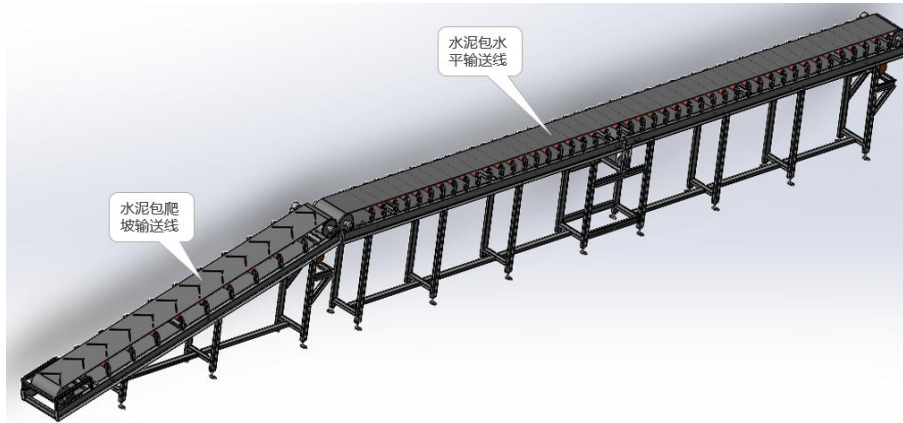


图 3 物料输送系统爬坡输送机

抓取滚筒输送机如图 4 所示，物料包经过爬坡和水平输送机输送到抓取滚筒输送机上，保证码垛机器人安全方便的抓取。

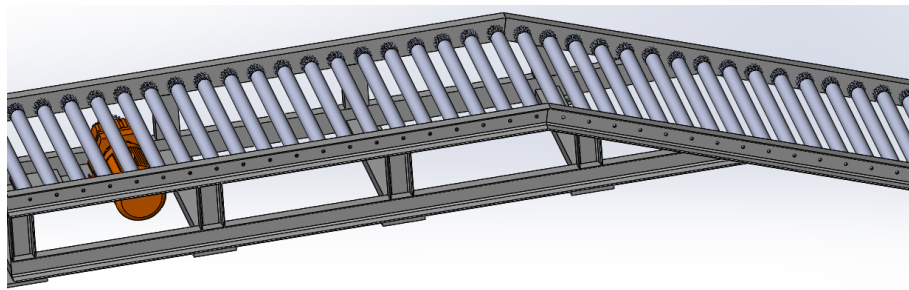


图 4 物料输送系统抓取滚筒输送机

3.2 机械式手抓设计

如图 5 所示，机械式手抓设计特点如下：

- (1) 夹手结构件采用铝合金与钢件组合的形式，钢件表面需发黑或镀锌处理；
- (2) 带有压包整形功能，利于码包；
- (3) 抓手可一次抓取一包或两包，有利于装车时码包形状的灵活设计。

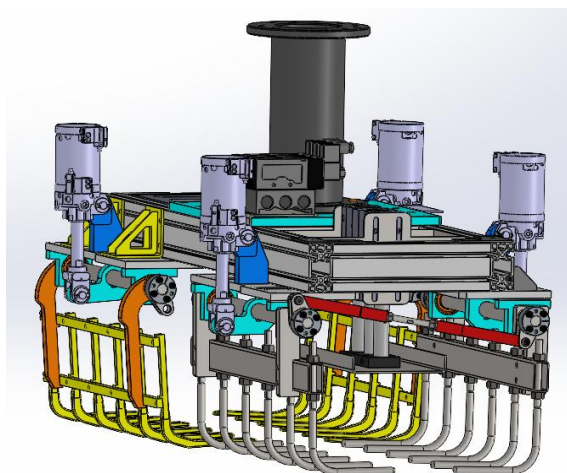


图 5 机械式手抓

4 控制系统

控制系统主机采用德国西门子公司 SIMATIC S7 系列 PLC。该 CPU 带有 24 个 DI 和 16 个 DO、4 个 AI 和 1 个 AO，16K 的 EPROM 和 EEPROM，可实现系统的逻辑连锁、状态反馈、多路高速计数以及系统的掉电保护和过程参数的在线设定、修改、自动补偿等功能。模拟量扩展模块采用该公司配套的 12 位 AI/AO 模块，通过它实现对现场信号的采集与控制输出，以及与中央控制室 (DCS 系统) 的标准信号 (4~20mA) 通讯。另外，根据用户的需要，可实现 Profibus-DP 和工业以太网等多种总线通讯。

4.1 控制系统结构

如图 6 所示。

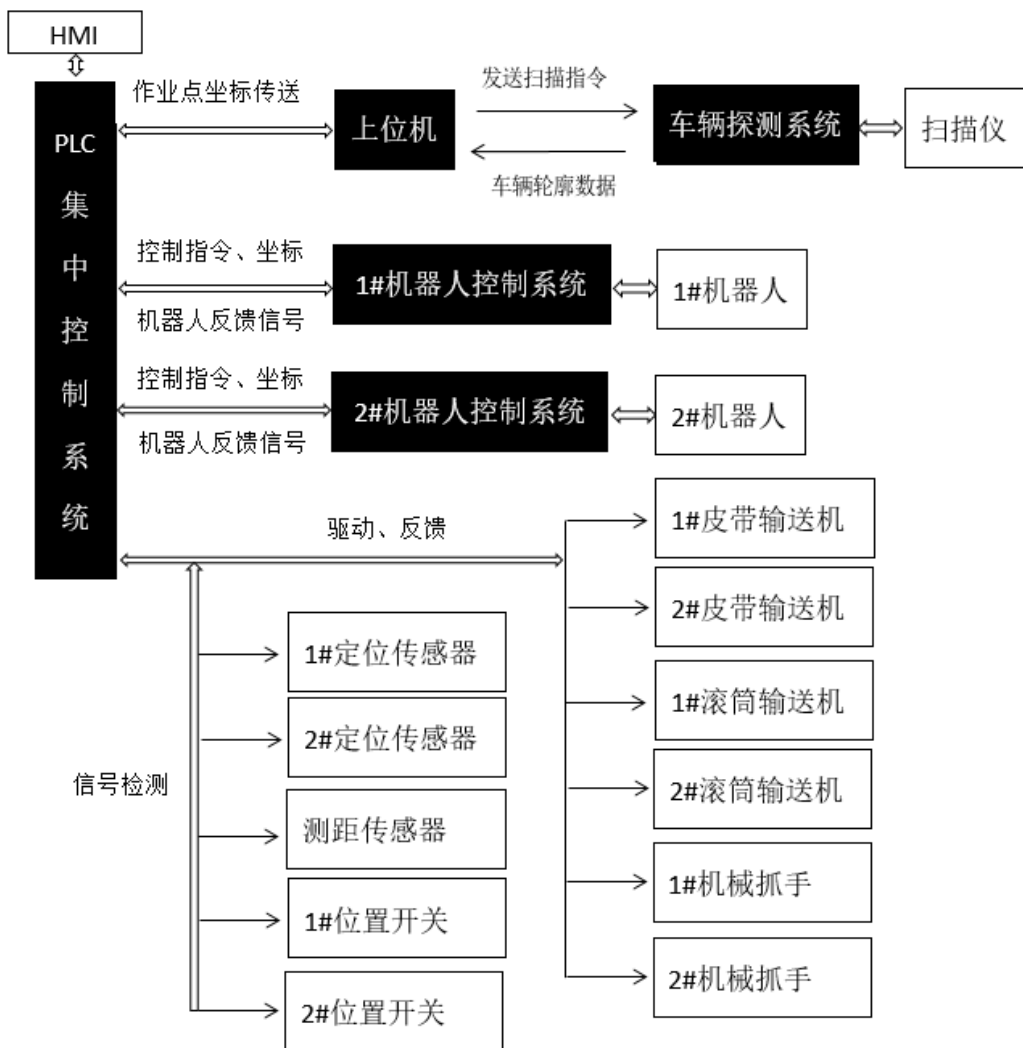


图 6 控制系统结构图

4.2 车辆探测系统

待装车辆进入装车指定位置，车辆探测系统下降进入车厢内，在此过程实现车厢底板距地面高度及车厢栏板高度测量。车辆探测系统在车厢内预定位置开始旋转扫描，采集数据，根据算法规则得到车厢的长宽尺寸，为了提高测量精度，可以进行多点测量；在此测量过程中，车厢与车辆探测系统回转中心的坐标关系得以确定，车厢与工作场所的位置姿态（倾斜角）同时计算得出。

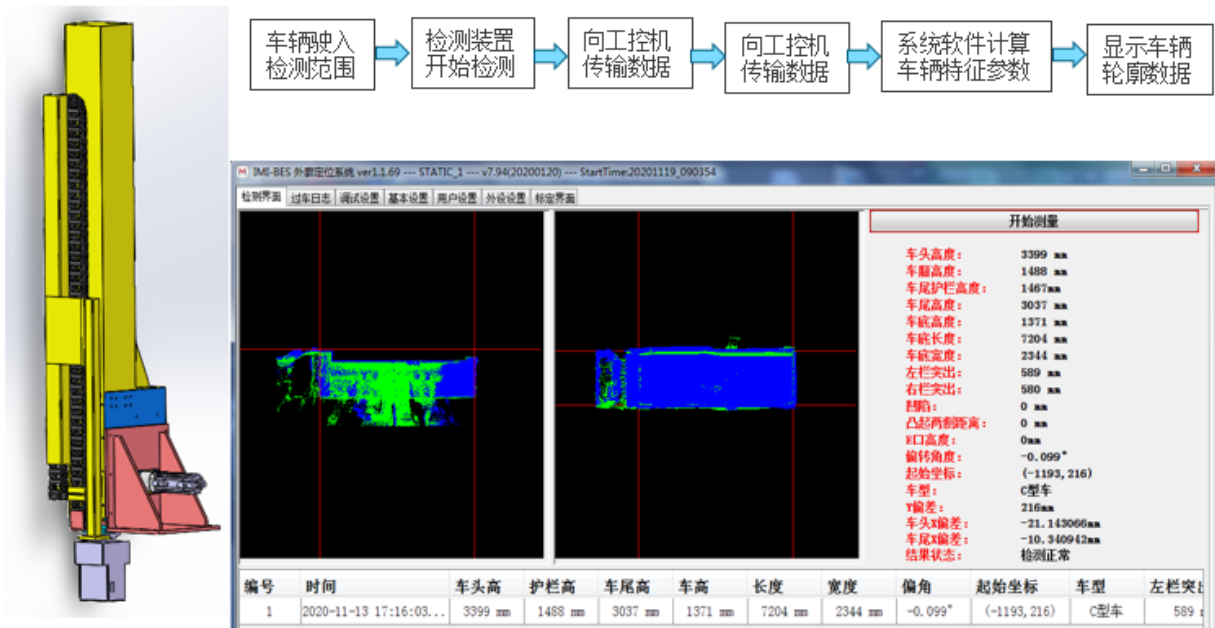


图 7 车辆探测系统流程和结构图

4.3 码垛规划和控制流程

待装车辆进入装车区域后，上位机应用系统（PCS）提示引导司机将车停靠在指定位置，车辆探测系统收到上位应用系统的检测发起命令后立即启动检测，并立即给予回复。由于对车辆轮廓的检测需要一段时间，如果需要知道检测进展及结果，需要上位应用系统定时查询检测结果。整个通信过程如图 8 所示。

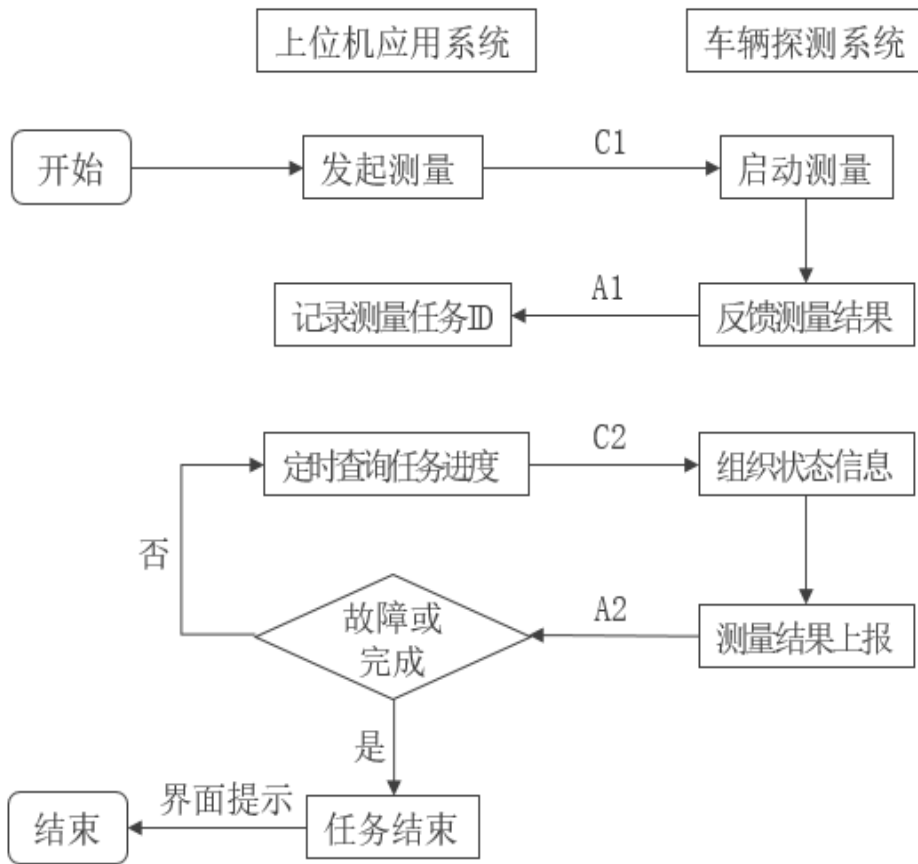


图 8 上位机应用系统和车辆探测系统通信图

上位机应用系统和车辆轮廓检测系统通信图中的指令含义为：C1：启动检测，客户端发给服务端指令，触发检测系统开始扫描，启动检测任务；A1：启动应答，服务端应答客户端的启动检测；C2：测量结果查询，定时查询任务测量结果，直到测量结束；A2：结果反馈，反馈检测系统状态信息。

上位机应用系统（PC）根据车辆探测系统检测回复的车辆轮廓数据（主要是车厢的长、宽和高）和待装水泥包的尺寸，做出码垛规划，规划的垛形如图 9 所示。

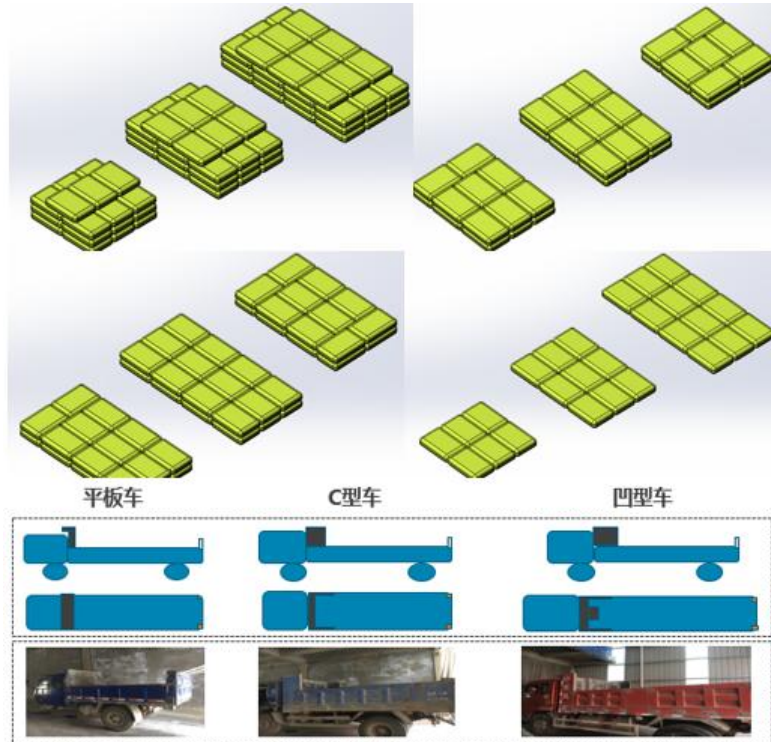


图9 装车码垛规划垛形图

机器人自动装车码垛规划实施具体步骤如下：

- (1) 上位机应用系统（PC）通过 PLC 系统向机器人行走装置发送命令以及目标值（以装车车库一角原点为参照点）；
- (2) PC 向 PLC 系统发送抓取袋数的信号（1 代表抓取一袋，2 代表抓取两袋）；
- (3) PC 向 PLC 系统发送给机器人允许抓取状态；
- (4) PC 向 PLC 系统发送给机器人坐标 X、Y、Z（相对于装车车库一角原点的位置）；
- (5) 摆放完成之后，PLC 系统向 PC 端发送单次抓放完成信号；
- (6) 当所有坐标发送完成之后，PC 端向 PLC 端发送整车装载完成标识，代表整车装载结束。

5 系统主要技术指标

- (1) 装车能力：90~120t/h
- (2) 装车长度：4~8 米
- (3) 装车宽度：1.6~2.6 米
- (4) 装车高度：1~3.2 米

- (5) 整机行走速度：0.16m/s
- (6) 设备行走轨距：5700mm
- (7) 整机装机功率：50KW

6 系统的主要特点

(1) 对车辆的尺寸及位置采用雷达三维扫描，实现自动测量，并对位置偏差进行报警；

(2) 系统采用先进的自主研发的集成控制系统，自动计算和控制每次码垛数量；

(3) 系统采用全球最先进的六轴机械手作为执行机构，自由度非常高，适应装车车型的种类非常广泛，码垛的形状也可自由选择；

(4) 系统移动方式采用直接落地在地轨上行走，因此可适用超长车辆的装车；

(5) 系统的驱动装置，采用绝对值式伺服电机加减速机驱动，前后运行位置控制精准、刹车灵敏，整个驱动装置经久耐用；

(6) 在设置好装车参数后，实现一键启动全自动装车；在正常装车没有报警的情况下，装车完成后整个机构自动回到原点位置；

(7) 在装车过程中发生故障时，系统可自动暂停，通过触摸屏查看故障原因，排除故障后，系统可继续装车；

(8) 系统可通过触摸屏显示各种状态、故障、计数信息；

(9) 系统预留有多种接口供与 DCS 通讯使用。



图 10 智能装车系统在车间测试

7 结束语

如图 10 所示，双作业机器人袋装水泥智能装车系统在车间做测试试验，该系统具有车辆位置探测功能，可以自动检测车宽、车长等参数，减少测量环节，并根据测量数据，自动选择码垛方式；机器人柔性好、稳定性高、工作半径大、维护成本及工作量少，可执行复杂动作，能适用恶劣的工作环境，可满足各类不同尺寸的车辆装车；机器人自动装车机可选配收尘设备，使装车现场实现无人、无尘装车，有效的达到环保要求，设备可以实现在室内一人多机操作，从监视屏上可判断故障点或突发情况；装车机自带计数装置，便于水泥厂对袋数的管理及监管。整套设备结构合理、技术先进、运行稳定、操作简便，对水泥厂各种类型的水泥运输车辆有良好的适应性。

摘自《水泥工程》2021 年第 6 期

污泥基生物炭结构的共焦显微拉曼技术应用

黄婷, 张山, 苏明雪, 李宁

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

生物炭具有良好的孔隙率、较强的吸附性和抗生物分解能力等特性, 常被用作土壤改良剂。碳素以生物炭形态进入土壤, 能保持数百至千年, 因而, 在碳中和背景下, 生物炭还具有碳封存的重要意义。污泥作为具有污染和资源双重属性的物质, 其安全处理处置一直颇受关注。近年来, 不少学者的关注重点在于污泥热解制备生物炭材料的拓展应用^[1]。

生物炭的理化特性和结构是影响其应用的关键因素, 通常采用挥发分含量、元素含量、官能团分析等反映其理化和结构特性^[2-3]。目前主要分析手段有工业分析、元素分析、红外光谱、X 射线技术等, 耗时较长。

拉曼光谱可反映碳材料结构的有序状态, 清晰可靠地表达生物炭的微观结构信息, 因而被用于生物炭的碳特征、微晶结构及热解演化过程中结构变化研究^[4]。在煤及其热解产物^[5-6]、碳纳米管^[7]等的结构分析中拉曼光谱也多有应用。Chen 等^[8]通过显微拉曼光谱研究纯生物质颗粒热解过程生物炭化学结构的演变及其异质性, 揭示了传热和传质对炭结构演化的综合影响。在碳材料的一阶拉曼光谱中, 波长 $800\sim 1800\text{cm}^{-1}$ 范围内有机物的拉曼谱带是主要表征区域, 该区域存在着两个典型的特征峰, 通常称为 D 峰和 G 峰。D 峰位于 $1350\sim 1370\text{cm}^{-1}$ 附近, 主要是由石墨晶格缺陷、边缘无序排列和低对称碳结构引起, 主要与材料的缺陷和无序结构相关, 因而常常出现于缺陷的石墨结构中^[9-11], 而在理想的石墨结构中不存在; G 峰通常出现在 $1580\sim 1600\text{cm}^{-1}$ 附近, 一般是由晶体态石墨碳中苯环对称伸缩振动和与苯环共轭 C=C 键的伸缩振动, 即碳环或是长链中所有 sp^2 震动产生^[12], 这些碳也被称为 sp^2 键合碳。在拉曼测试中, 激光到达样品表面同时会激发拉曼散射和

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFC1908703);安徽省自然科学基金资助项目(2008085ME161)

荧光, 从而产生荧光干扰, 导致样品的拉曼光谱基线漂移。基线漂移会干扰甚至掩盖典型的拉曼峰, 使样品具体结构的直接分析变得更加困难^[13]。通常研究者们会通过数据处理适当地抵消荧光干扰。也有研究者认为荧光干扰也与样品的结构和性质有关。Xiang 等^[14]提出用漂移系数量化荧光干扰程度, 用作评估煤的性能和燃烧特性, 建立了荧光干扰程度与煤的性质、煤的燃烧特性之间的相关性。另外, 对于高度无序的碳质材料, D 峰段和 G 峰段的重叠也会导致一些结构信息丢失和隐藏。因此, 通过进一步对拉曼光谱进行分峰拟合可以获得隐藏的碳结构信息。徐艳梅等^[15]利用“十峰法”将褐煤及其热解煤焦的拉曼谱图分了十个特征峰进行拟合分析, 利用拉曼光谱拟合公式获得煤焦着火温度。污泥因其成分复杂, 无机组分含量高, 热解产物无序程度较高, 目前使用拉曼光谱在污泥基生物炭上的研究较少, 相关数据的分析也鲜有报道。

本研究采用共焦显微拉曼光谱仪对不同温度下制备的污泥基生物炭的微观结构进行表征, 分析污泥热解过程中生物炭的特性和结构变化, 并对生物炭的特性和拉曼光谱参数的相关性进行分析, 以期对污泥基生物炭结构演变规律的解析提供基于拉曼光谱学的系统分析方法。

1 材料与方法

1.1 生物炭的制备与表征

本研究所用污泥取自合肥某城市污水处理厂, 其基本特性如表 1 所示。将一定量污泥置于高温干燥箱中, 在 105℃ 下烘干至恒重。烘干后的污泥粉磨过 200 目筛, 准确称取 200g, 放置热解炉中热解。冷却至室温取出, 密封袋密封备用。

本实验所用热解炉型号为 OTF-1200X-4-R- II-AF(科晶, 中国), 热解温度为 500~900℃, 温度间隔为 100℃, 热解时间 1h, 升温速率 10℃/min, 氮气流量 100mL/min。分析所用拉曼光谱仪为 LabRAM Soleil (Horiba, 日本), 生物炭样品均匀放置于载玻片上, 选用发射波长为 532nm 的激光器, 配备 50 倍物镜, 功率 10mW, 采集时间 5s, 循环次数为 2 次。为确保数据采集可靠性, 每个样品分析 10 次, 计算平均值;挥发分含量采用重量法, 准确称取 10g 烘干恒重的污泥样品, 置于高温

电阻炉 KSL-1400-A3(科晶, 中国)中, 600℃灼烧 1h, 冷却取出称重, 挥发分含量为污泥失重率;C/H/N/O 分析使用元素分析仪 Elementar vario EL cube(德国), 采用动态燃烧法测定。

表 1 污泥基本特性

污泥	理化性质分析			元素分析			
	水分(%)	挥发分(%)	热值 (db, MJ/kg)	C(%)	H(%)	O(%)	N(%)
	82±2.6	36.6±1.8	5.7±2.1	30.67±2.78	4.89±0.26	21.45±0.59	4.70±0.23

1.2 数据处理

对拉曼光谱的荧光干扰与碳材料特性的相关性进行深入分析, 以评估采用荧光干扰程度评价污泥基生物炭特性的可行性, 其中量化的荧光干扰程度(漂移系数 α)所采用的计算方式如下^[14]:

$$\alpha = \frac{y_B - y_A}{y_D - y_A} \quad (1)$$

式中: y_A 、 y_B 和 y_D 分别表示拉曼光谱上碳材料特征峰在 800cm^{-1} 、 1800cm^{-1} 处的端点波数和 D 峰 $1350\sim 1370\text{cm}^{-1}$ 顶点处的拉曼强度。

为便于分析, 对污泥基生物炭拉曼光谱曲线进行背景扣除, 以消除荧光干扰对后续分析的影响。除 D 峰和 G 峰的强度 I_D 、 I_G 外, D 峰和 G 峰在波数 1400 和 1550cm^{-1} 之间发生叠加形成的谷区域“V”的强度(I_V)变化, 以及曲线在波数 $800\sim 1800\text{cm}^{-1}$ 的区域积分面积(TRA), 也表征了污泥基生物炭的结构演变^[16]。

此外, 由于谷区域的存在, 使得生物炭的结构与拉曼光谱之间的相关信息无法简单地通过 D 峰和 G 峰表达。本研究根据污泥基生物炭无序和有序结构结合的特点, 对拉曼光谱曲线进行分峰拟合, 通过 4 个高斯波段(D1、D2、G1、G2)的划分进一步揭示生物炭在不同温度下的结构演变规律^[17]。其中, G1 和 D1 峰接近于石墨的 G 和 D 峰, G2 和 D2 峰对应无定形碳结构。

2 结果与讨论

2.1 生物炭的理化特性与漂移系数的关系

2.1.1 生物炭挥发分含量与漂移系数的关系

生物炭中的含氧官能团和碳氢化合物结构在拉曼分析中会导致显著的荧光信号释放，从而产生荧光干扰。随着热解温度升高，生物炭的含氧官能团和脂肪烃含量减少，导致干扰强度降低。同时，芳香环也会在缩合的过程中不断释放芳香族氢，进一步降低拉曼光谱中的荧光强度。这主要是因为生物炭经历了高度热解，生物炭中聚烯烃、小芳环和芳环上的取代基团等结构有限，最终表现为漂移系数随着热解温度升高而减少(图 1)。

生物质中主要成分在热解过程中不断释放挥发物。因此，挥发分含量与热解温度密切相关，随热解温度的升高而下降。热解温度继续升高，挥发性成分的释放趋近完成，下降趋势逐渐减缓。

如图 1 所示，挥发分含量变化与拉曼漂移系数的变化趋势相似，其相关性指数为 0.97，表明了生物炭挥发分含量与漂移系数之间有较强的相关性。

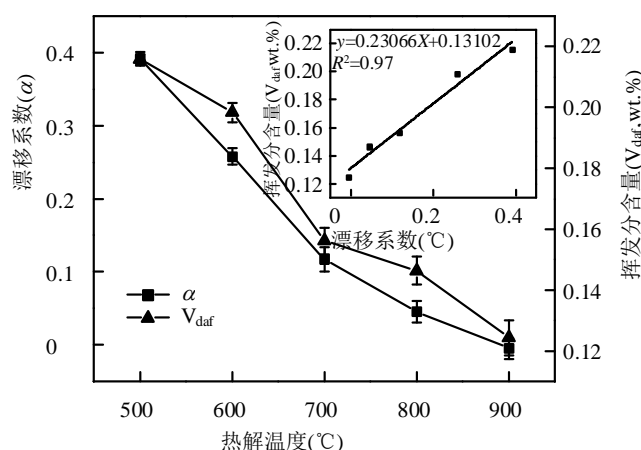


图 1 漂移系数、生物炭挥发分含量随热解温度变化及其相关性

2.1.2 生物炭中元素含量与漂移系数的关系

不同热解温度制备的污泥基生物炭的元素分析结果如表 2 所示。

表 2 不同热解温度制备生物炭的元素分析

热解温度(°C)	C(%)	H(%)	N(%)	O(%)	H/C	O/C
500	12.90±0.91	1.11±0.43	2.07±0.19	8.60±0.61	0.086±0.0013	0.667±0.0079
600	11.89±0.87	0.85±0.32	1.82±0.11	7.47±0.54	0.071±0.0014	0.628±0.0058
700	11.84±0.74	0.37±0.12	1.25±0.19	6.59±0.42	0.031±0.0013	0.557±0.0013
800	12.05±1.01	0.30±0.38	1.04±0.37	5.90±0.37	0.025±0.0031	0.490±0.0011
900	10.39±1.26	0.24±0.05	0.80±0.12	3.42±0.50	0.023±0.0011	0.329±0.0018

如表 2 所示, 随着热解温度升高, 有机物质分解挥发。生物炭 O/C 比值总体呈降低的趋势, 说明生物炭中含氧官能团的数量减少; H/C 比逐渐减少, 表明生物炭芳香化程度、稳定性提高。污泥在热解过程中, 先是发生水分蒸发以及小分子有机物质挥发; 随着温度升高, 含碳化合物中的 C-C 键断裂, 大量的有机物质会分解变成小分子物质挥发^[18]。

如前所述, 碳基材料的拉曼光谱产生的荧光干扰与其结构中含有丰富的氢和氧, 如 C-H、C-O、O-H 等相对活跃的官能团有关, 它们很容易在热解过程中分解挥发。污泥基生物炭拉曼光谱中的荧光干扰程度(漂移系数 α)与 H/C 随着热解温度变化的规律, 以及其相互之间的关系如图 2 所示。

随着热解温度升高, 漂移系数与 H/C 比值降低, 这是由于污泥中有机质分解挥发, 发生脱氢反应; 漂移系数与 H/C 比值的相关性分析所得到的相关性指数为 0.94, 说明漂移系数与 H/C 比值有较强的相关性。

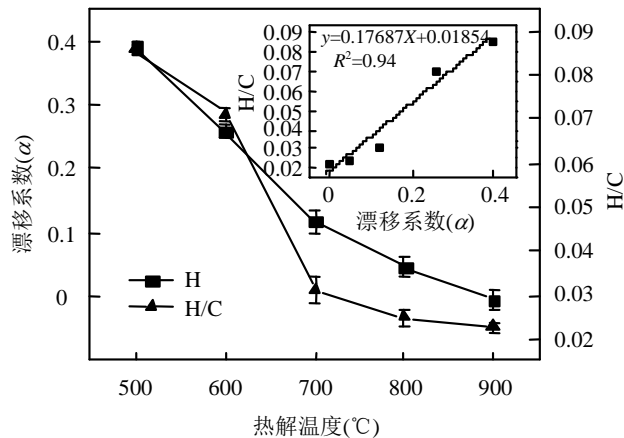


图 2 漂移系数、H/C 随热解温度的变化及其相关性

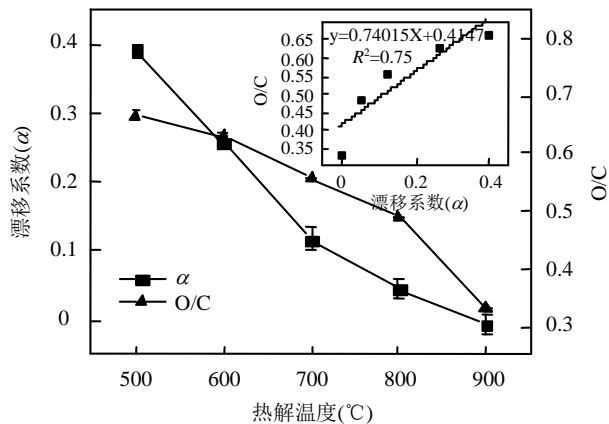


图 3 漂移系数、O/C 随热解温度的变化及其相关性

如图 3 所示, 随着热解温度升高, 漂移系数和 O/C 比值均降低, 两者之间的

相关系数为 0.75, 说明漂移系数与 O/C 比值有一定的相关性。从 H/C、O/C 与拉曼漂移系数的变化结果来看, 3 种参数的变化规律一致, 这是因为拉曼光谱的荧光干扰主要由 C-H 结构和含氧官能团引起。荧光效应在含有大共轭双键的结构(如共轭聚烯烃和芳烃)中较为明显。在这些结构中, 流动的 π 电子在受到激光照射时很容易被激发到反键轨道, 然后回到基态, 以可见光的形式释放能量, 从而产生荧光[14]。此外, 芳环上的取代基, 如 C-H、C-O、O-H 等多为荧光辅助基团, 可显著增强样品的荧光强度。而生物炭中存在大量类似基团。所以, 荧光干扰强度可以反映生物炭中 O、H 和 C 原子的量变规律。

因此, 拉曼光谱中的荧光干扰程度(漂移系数 α)可以作为评估污泥基生物炭的指数, 用来半定量评估污泥基生物炭的挥发分含量及 H/C 变化规律。

2.2 生物炭拉曼特征峰随热解温度变化规律解析

在污泥基生物炭结构演化研究中, 炭的拉曼特征峰常常包含了大量信息, 500~900 °C 热解获得的生物炭拉曼光谱曲线如图 4 所示, 图中对 G 峰高度进行归一化处理(以平均光谱计算), 以便于分析。

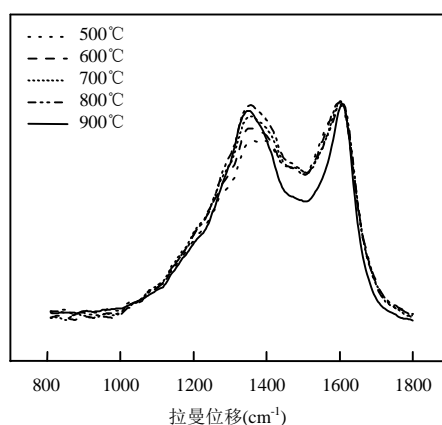


图 4 不同热解温度污泥生物炭的拉曼光谱

热解温度会影响生物炭结构, 从而影响生物炭的拉曼光谱。在 $800\sim 1100\text{cm}^{-1}$ 和 $1700\sim 1900\text{cm}^{-1}$ 的波数范围内特征峰的强度随着热解温度的升高而显著降低, 这与高反应性结构的减少有关, 例如环庚烷和环辛烷中心环系统、有缺陷的环状簇和具有萘尺寸大小的芳环在此区域内的含羰基结构热解^[16]。这些区域拉曼信号(连同谷区域)的减少以及总拉曼面积 TRA 随着温度的降低而减少, 都与无定形碳结

构有关。

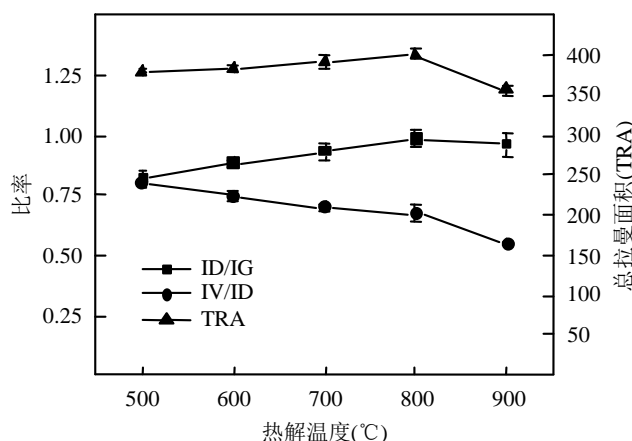


图5 随热解温度变化 ID/IG、IV/ID 和 TRA 变化

R 值(ID/IG)已被广泛用作研究结晶或类石墨的重要参数,常与碳材料的骨架有关^[19]。如图 5 所示, R 值随着热解温度升高而增加,表明具有缺陷的稠合芳环结构的比例增加,这是由于热解过程中生成了加氢芳烃和芳香环。随着热解温度的升高,生物炭主要发生缩聚反应,小分子侧链基团断裂形成的化合物部分沉积在炭表面,形成缺陷和非晶结构,结构的有序度降低。

另一方面,随着热解温度升高,IV/ID 减小。谷区域强度随着 D 峰强度增加而降低,也表明具有缺陷的稠合芳环结构的比例增加。这种结构演变的潜在机制是小的芳环结构缩合为较大的环结构。在本研究中,IV/ID 和 ID/IG 比率随热解温度的演变规律表明生物炭从无定形炭,经过复合炭到最终的乱层炭的转变过程,证实了芳香结构的缩合和乱层微晶的长程有序性的增加。该关系意味着大结构(D)的形成可能与小的无定形结构(V)的凝聚有关,谷区域强度的持续减少与杂原子(主要是 N 和 O)的损失有关。

2.3 生物炭拉曼光谱曲线拟合结果分析

分峰后的 G1 和 D1 峰很尖锐,分别以 1600 和 1360cm^{-1} 为中心。G1 峰的波数偏移到大约 1600cm^{-1} ,可能是由于 1580 与 1620cm^{-1} 两峰的重叠;G2 和 D2 峰相对较宽,集中在 1550cm^{-1} 附近和 1330cm^{-1} 。G2 和 D2 分别与无定形碳的 G 和 D 峰重叠或接近。如图 6 所示。

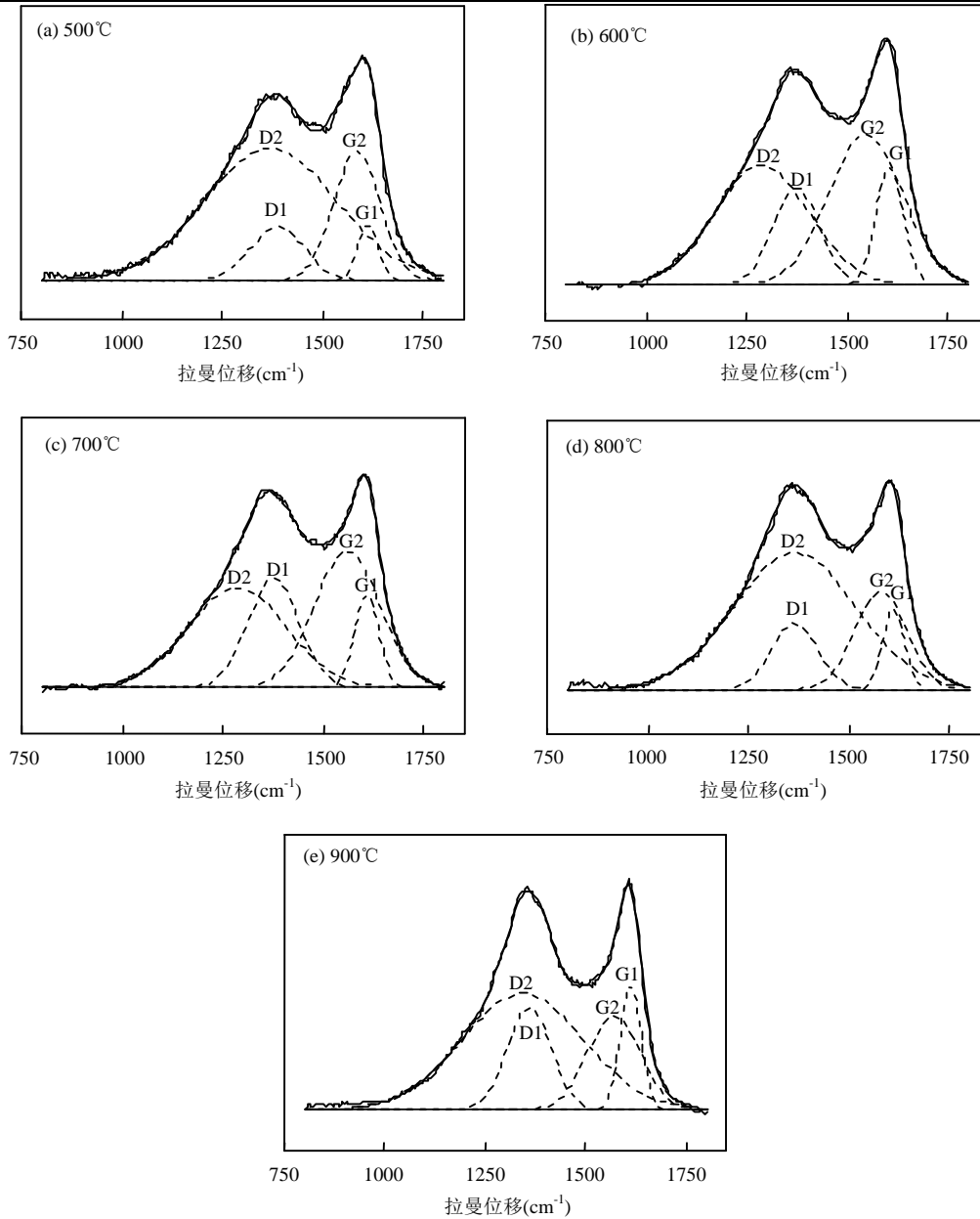


图 6 不同热解温度污泥生物炭的拉曼光谱拟合

将热解温度 500~900°C 下获得的生物炭样品的拉曼光谱曲线进行拟合。拟合后的峰位如下表 4 所示。

表 4 曲线拟合后 D1、D2、G1、G2 峰位

温度(°C)	D1(cm ⁻¹)	D2(cm ⁻¹)	G1(cm ⁻¹)	G2(cm ⁻¹)
500	1387±2	1370±9	1612±2	1585±10
600	1372±2	1286±10	1604±7	1544±12
700	1375±4	1285±24	1608±2	1559±20
800	1366±1	1366±18	1612±4	1580±21
900	1359±1	1342±30	1611±1	1569±10

分峰后的 ID1/IG1、ID2/IG2、IG1/IG2 随着热解温度变化趋势如图 7 所示。

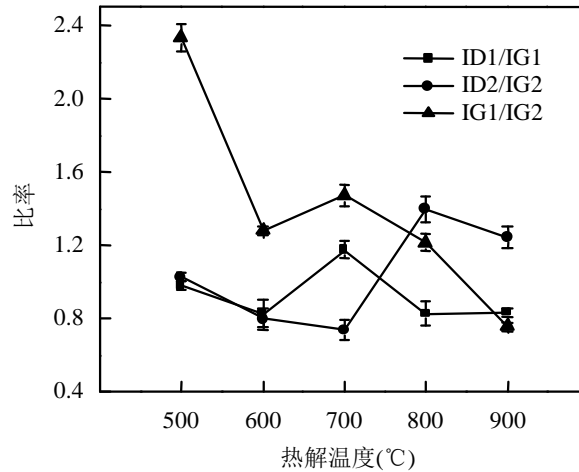


图7 生物炭 ID1/IG1、ID2/IG2、IG1/IG2 随热解温度变化

D1 带对应材料的无序带，D2 对应无定形碳带，G1 带对应石墨带，G2 对应的是 sp^3 或 sp^2-sp^3 键合(G2 波段在碳材料中也被作为活性位点)。ID1/IG1 越大表示结构排列越无序，结构缺陷越多，石墨微晶尺寸越小[20]。ID1/IG1 随着热解温度升高，变化并不明显，说明生物炭中有序结构不占主导。

ID2/IG2 随着热解温度升高而增加，表明无定形碳增加，这与前面所描述的 R 值变化趋势一致。IG1/IG2 可以表示有序碳材料中键角无序的相对含量。IG1/IG2 随着热解温度升高而减小，表明碳基材料键角有序与无序比随着热解温度的升高而降低。

3 结论

(1) 随热解温度升高，污泥基生物炭的拉曼漂移系数、挥发分含量和 H/C 均呈减小趋势，其中挥发分含量、H/C 与漂移系数相关性指数分别为 0.97 和 0.94，表明漂移系数可以用来定性评估生物炭挥发分含量和 H/C。拉曼荧光干扰与生物炭的理化特性有关，其主要原因为有机物发生脱氢反应，含氧官能团减少。

(2) 随着热解温度升高，生物炭 R 值(ID/IG)增加，表明生物炭的碳结构有序度降低。热解发生缩聚反应，小分子侧链基团断裂形成的化合物部分沉积在炭表面，增加了生物炭的无序性。谷区域强度随着 D 峰结构强度增加而降低，表明具有缺陷的稠合芳环结构的比例增加。

(3) 污泥基生物炭进行分峰拟合结果表明:随热解温度升高，ID1/IG1 变化较

小, ID2/IG2 呈增加趋势, 生物炭表面形成缺陷和非晶结构, 证实了无定形碳的增加。IG1/IG2 随着热解温度升高而减小, 更进一步揭示了炭基材料键角有序与无序比随着热解温度的升高而降低。

参考文献:

- [1] 孙东晓,董志强,刘学明,等.污泥基生物炭的制备技术及环境应用与研究热点 [J]. 净水技术, 2021,40(8):16-25.
Sun D X, Dong Z Q, Liu X M, et al. Preparation technology, environmental application and research hotspots of sludge-based biochar [J]. Water Purification Technology, 2021,40(8):16-25.
- [2] 王靖宜,王 丽,张文龙,等.生物炭基复合材料制备及其对水体特征污染物的吸附性能 [J]. 化工进展, 2019,38(8):3838-3851.
Wang J Y, Wang L, Zhang w l, et al. Preparation of biochar-based composites and their adsorption performance for characteristic pollutants in water [J]. Progress in Chemical Industry, 2019,38(8): 3838-3851.
- [3] 李 力,刘 娅,陆宇超,等.生物炭的环境效应及其应用的研究进展 [J]. 环境化学, 2011,30(8):1411-1421.
Li L, Liu Y, Lu Y C, et al. Research progress on environmental effects and applications of biochar [J]. Environmental Chemistry, 2011,30(8): 1411-1421.
- [4] 肖 欣.生物炭的多级结构特征、构效关系及其吸附作用研究 [D]. 浙江:浙江大学, 2018.
Xiao X. Multi-level structure characteristics, structure-activity relationship and adsorption of biochar [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2018.
- [5] 王 琦.低阶褐煤热解过程的原位红外及拉曼光谱研究 [D]. 辽宁:大连理工大学, 2016.
Wang Q. In situ infrared and Raman spectroscopy studies on the pyrolysis process of low-rank lignite [D]. Liaoning: Dalian University of Technology, 2016.
- [6] 李金泽,王杰平,孙 章.煤及其热解过程中微观结构的光谱学研究进展 [J]. 燃料与化工, 2020,51(2):8-13.
Li J Z, Wang J P, Sun Z. Spectroscopic research progress of coal and its microstructure during pyrolysis [J]. Fuels and Chemicals, 2020,51(2):8-13.
- [7] 方梦园,赵天慧,赵晓丽,等.碳纳米管对腐殖酸的吸附及其环境意义 [J]. 环境化学, 2020,39(10):2897-2906.
Fang M Y, Zhao T H, Zhao X L, et al. Adsorption of humic acid by carbon nanotubes and its environmental significance [J]. Environmental Chemistry, 2020,39(10):2897-2906.
- [8] Chen Y, Syed-Hassan S, Xiong Z, et al. Temporal and spatial evolution of biochar chemical structure during biomass pellet pyrolysis from the insights of micro-Raman spectroscopy [J]. Fuel Processing Technology, 2021,218:106839.
- [9] Choppala G K, Bolan N S, Megharaj M, et al. The influence of biochar and black carbon on reduction and bioavailability of chromate in soils [J]. Journal of Environmental Quality, 2012,41(4):1175-1184.
- [10] Mohanty P, Nanda S, Pant K K, et al. Evaluation of the physiochemical development of biochars obtained from pyrolysis of wheat straw, timothy grass and pinewood: Effects of heating rate [J]. Journal of Analytical & Applied Pyrolysis, 2013,104:485-493.

- [11] Smith M W, Dallmeyer I, Johnson T J, et al. Structural analysis of char by Raman spectroscopy: Improving band assignments through computational calculations from first principles [J]. Carbon, 2016,100: 678–692.
- [12] 顾博文,曹心德,赵玲,等.生物质内源矿物对热解过程及生物炭稳定性的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017,36(3):591–597.
Gu B W, Cao X D, Zhao L, et al. Effects of biomass endogenous minerals on pyrolysis process and biochar stability [J]. Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2017,36(3):591–597.
- [13] P V fek, Ali E, Edwards H, et al. Evaluation of portable Raman spectrometer with 1064nm excitation for geological and forensic applications [J]. Spectrochimica Acta Part A Molecular & Biomolecular Spectroscopy, 2012,86:320–327.
- [14] Xiang J, Liu J, Xu J, et al. The fluorescence interference in Raman spectrum of raw coals and its application for evaluating coal property and combustion characteristics [J]. Proceedings of the Combustion Institute, 2019,37:3053–3060.
- [15] 徐艳梅,潘志彦,胡浩权.利用拉曼光谱研究大柳塔煤热解焦结构及其燃烧性能 [J]. 燃料化学学报, 2021,49(11):1656-1666.
Xu Y M, Pan Z Y, Hu H Q. Using Raman spectroscopy to study the structure and combustion performance of Daliuta coal pyrolysis coke [J]. Journal of Fuel Chemistry, 2021,49(11):1656-1666.
- [16] Guizani, Haddad, Limousy, et al. New insights on the structural evolution of biomass char upon pyrolysis as revealed by the Raman spectroscopy and elemental analysis [J]. Carbon, 2017,119:519–521.
- [17] Shimodaira N, Masui A. Raman spectroscopic investigations of activated carbon materials [J]. Journal of Applied Physics, 2002, 92(2):902–909.
- [18] Alvarez J, Amutio M, Lopez G, et al. Sewage sludge valorization by flash pyrolysis in a conical spouted bed reactor [J]. Chemical Engineering Journal, 2015,273:173–183.
- [19] 章鑫,徐俊,许凯,等.基于拉曼成像的煤岩组分化学结构原位研究 [J]. 工程热物理学报, 2021,42(6):1614–1621.
Zhang X, Xu J, Xu k, et al. In situ study of chemical structure of coal and rock components based on Raman imaging [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2021,42(6):1614–1621.
- [20] 余力,刘钦甫,乔志川,等.煤系石墨微晶结构与其导电性能的关系研究 [J]. 炭素技术, 2017,36(5):14–18.
Xu L, Liu Q F, Qiao Z Z, et al. Study on the relationship between the microcrystalline structure of coal-based graphite and its electrical conductivity [J]. Carbon Technology, 2017,36(5):14–18.

摘自《中国环境科学》2022年第7期

再生水在加气混凝土和高强度混凝土 生产中的再利用

德国，杜塞尔多夫，S.帕勒姆，C.穆勒
比利时，布鲁塞尔，G.莫塞尔曼斯，C.皮埃尔
奥地利，维也纳，G.麦尔，M.佩耶尔

1 引言

欧洲的一份比较报告显示，再生水在预拌混凝土厂的使用程度不同。鉴于此，在欧洲的一个研究项目中，相关人员对不同国家的预拌混凝土厂使用再生水的一些基本问题进行了再次审查。他们在各种预拌混凝土厂对再生水进行取样，然后在实验室进行浓缩，结果显示其浓度均达到或超过 EN 1008 标准中规定的密度和固体含量限值；比较了使用和不使用再生水生产的新浇混凝土和硬化混凝土的性能。在无人工孔隙的混凝土冻融试验中，使用的再生水密度增加，导致对水和外加剂的需求增加，早期强度增加，结垢增加。加气混凝土或高强度混凝土的 2 天至 28 天强度以及含有人工孔隙的混凝土的抗冻融性没有显著变化。因此，在 EN 1008 标准规定的范围内，再生水也可用于高强度混凝土和含有人工气孔的混凝土中。

该项目研究了所有涉及的三个国家预拌混凝土厂使用再生水用于加气混凝土和高强度混凝土的限制是否合理或可以解除，比利时规定只有不含任何固体的再生水才能用于生产混凝土。因此，CRIC 也有兴趣了解含固体的未过滤再生水是否可用于生产所有混凝土；以及再生水可能允许的最大固体含量有多高；研究的第三个方面是再生水中存在的任何外加剂，特别是缓凝剂对再生水生产的混凝土适用性的影响。

2 实验

2.1 概述

试验采用符合 CUR-28 标准的人工再生水和预拌混凝土工厂的实际再生水研究缓凝剂的影响。

2.2 人工再生水

采用不同的缓凝剂制备了 6 个符合 CUR28 标准的人工再生水样品。将以下成分混合并在 (20 ± 2) °C 下储存 16 小时：

一份 CEM I 52,5 N 符合 EN 480-1 (1.35 kg)，

两份 CEN 标准砂符合 EN 196-1 (2.70 kg 相当于两袋标准砂)，

三份自来水 (4.05 kg)，

达到适用数据表中规定的最大浓度的缓凝剂。

储存后人工摇动混合物 30 秒，然后通过 2 毫米的筛网进行筛分，再对（人工）再生水进行过滤。过滤后 (24 ± 2) 小时，使用人工再生水样生产符合 EN 196-3 的水泥浆体和符合 EN 196-1 标准的砂浆；采用符合 EN 480-1 标准的 CEM I 52,5 N 水泥；自来水被用来生产参考混合物。根据 EN 196-3 标准确定凝固时间，结果如图 1 所示。根据 EN 196-1 标准测定砂浆 2、7 和 28 天的抗压强度，结果见图 2。

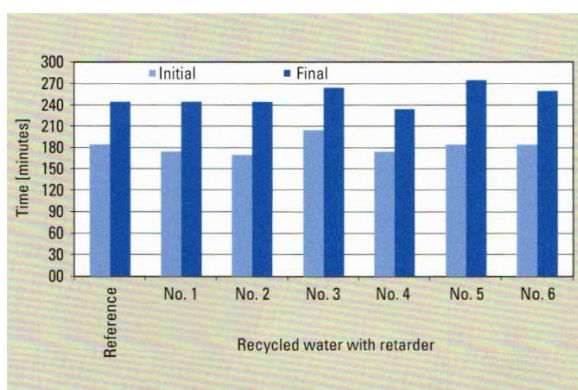


图 1 凝固时间

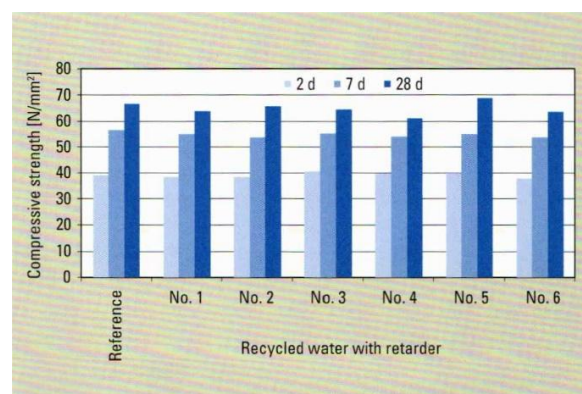


图 2 砂浆抗压强度

使用符合 CUR-28 标准的人工再生水对需水量、凝结时间和强度发展没有显著影响。因此，所有后续实验都是用实际再生水进行的。

2.3 实际再生水-取样和分析

再生水样本从三个预拌混凝土工厂采集。工厂的取样在冬季 (W) 和夏季 (S) 进行一次，因此总共分析了六个再生水样本用于砂浆测试。一个预拌混凝土厂的夏季取样用从 VDZ 的混凝土实验室沉淀池中采集再生水样本替代。除了用于砂浆

试验的再生水样本外，还从同一预拌混凝土厂中提取了混凝土试验用再生水样本（“B”）。收集后将再生水样储存在（20±2）℃的120L容器中，使用桨式混合器使样品以大约1000 rpm的速度持续运动防止沉淀。

按照EN 1008标准对再生水进行分析，结果见表1。VDZ回收水中氯化物和碱的浓度较高，原因是在化学中和之前在沉淀池中进行取样。该水池还用于处理冻融试验中使用的除冰剂（碱、氯化物）和氯化物迁移和扩散试验（氯化物）以及ASR试验（碱）中使用的液体。

表1 再生水分析

测量值	单位	1(W)	2(W)	3(W)	1(S)	3(S)	VDZ	B
油脂	-	微量	未发现					
洗涤剂	-	未发现					发现	未发现
颜色	-	浅黄色	无色	浅黄色	无色			
气味	-	类似水泥						
酸碱度 (pH)	-	12.6	12.6	12.5	12.6	12.6	12.3	12.6
腐殖质	-	未发现						
氯离子	mg/l	12	18	14	16	27	4620	30
硫化物	mg/l	2	2	4	3	2	41	3
等量 Na ₂ O	mg/l	522	444	946	347	361	3594	533
糖分	mg/l	未发现						
磷酸物	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4.4
硝酸物	mg/l	1	1	3	5	4	8	1
铅	Mg/l	3	1	4	1	1	0	0
锌	Mg/l	393	528	175	201	146	199	244
残留水密度	g/cm ³	1.08	1.07	1.14	1.0	1.04	1.08	未确定
固体密度	g/cm ³	2.56	2.56	2.51	2.3	2.16	2.23	2.14

2.4 实际再生水-水泥浆和砂浆测试

使用符合EN 480-1标准的CEM I 52,5 N水泥，自来水用来生产参考混合物。在试验的混合物中使用通过沉淀或稀释确定密度的再生水样本。与EN 196-3/EN 196-1标准不同的是，在每个实验中加入符合EN 1015-3标准的高效减水剂（SP）以达到（140±10）mm的恒定流动值。需水量符合EN 196-3标准规定测定，结果见图3。随着再生水密度的增加需水量增加，使用高效减水剂可以部分抵消这一点。

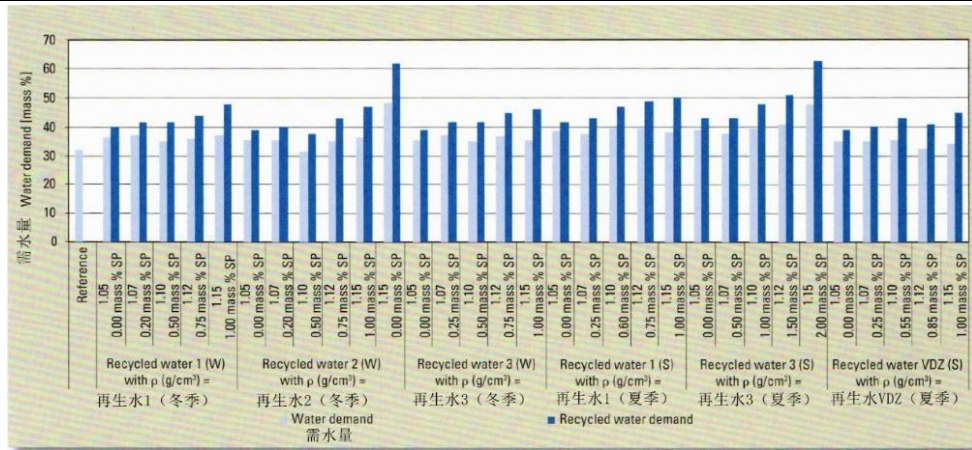


图 3 需水量

根据 EN 196-1 标准要求测定砂浆 2、7 和 28 天的抗压强度，结果见图 4。再生水的使用对强度发展无显著影响。“VDZ”循环水是个例外，但根据 EN 1008 标准规定这种循环水不会被批准用于生产混凝土。

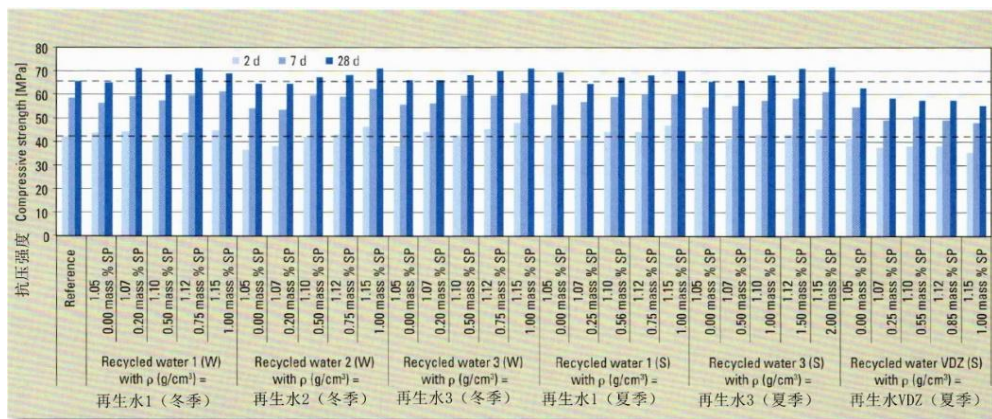


图 4 砂浆抗压强度

2.5 实际再生水-混凝土抗压强度和耐久性

2.5.1 概述

在混凝土试验中，从预拌混凝土厂进一步采集再生水样本“B”。再生水设置为两种不同的密度：根据 EN 1008 标准，质量百分比约为混凝土中骨料的 1%（约为 1.06 g/cm^3 ）以及 1.15 g/cm^3 。

分别用自来水和两个给定浓度的再生制备三份混凝土和一份砂浆（见表 2）。混凝土 B1 至 B3 的级配曲线根据 EN 480-1 标准和 DIN 1045-2 (A16/B16) 标准设置，使用基于 PCE 的高效减水剂。

表 2 混凝土/砂浆混合配方

	单位	B1 参考混凝土	B2 充气混凝土	B3 高强混凝土	MS 用于测试抗硫酸盐的砂浆
水泥	kg/m ³	300	340	430	450* ³
硅粉	kg/m ³	-	-	30	-
w/c	-	0.60	0.45	0.31	0.50
目标气体含量	Vol. %	-	5.0 ±0.5	-	-
目标稠度等级	-	F3/F4	F3/F4	F4	-
骨料	-	砂子, 莱茵河石子	砂子, 莱茵河石子	砂子, 莱茵河石子	标准砂

2.5.2 新浇混凝土性能

混凝土 B1 至 B3 的新浇混凝土性能如图 5 到 9 所示。为了确定时间、温度和再生水密度对混凝土配方 B2 稠度发展的影响，在 (20±2) °C 下生产后立即将 3 批约 10 升的混凝土转移到可密封的 PE 桶中。一个桶在 (10±2) °C 下储存，一个在 (20±2) °C 下储存，还有一个在 (30±2) °C 下储存。在 10、30、60、90 和 120 分钟后，根据 DIN EN 12350-5 检查流动值。

用于恒定流动值或空气含量所需的外加剂量随着再生水密度的增加而增加（见图 5 和 6）。此外，随着再生水密度的增加，稠度损失开始得更早（见图 7 至 9）与温度无明显关联。

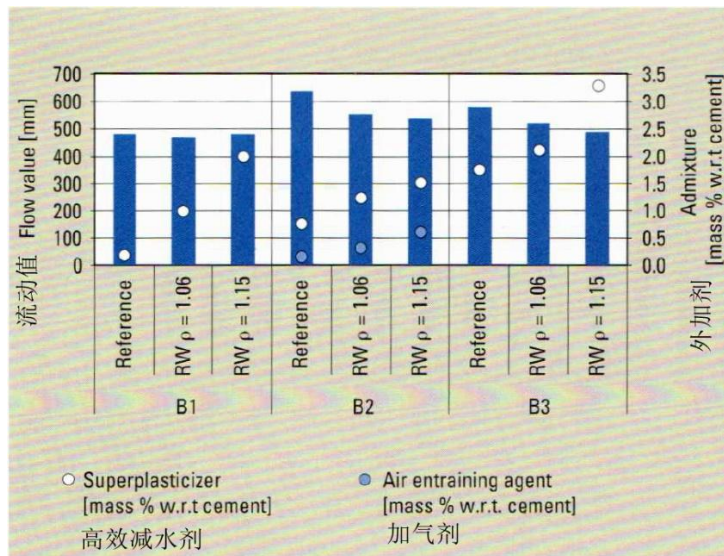


图 5 10 分钟后测定的混凝土流动值，以及所需的外加剂数量

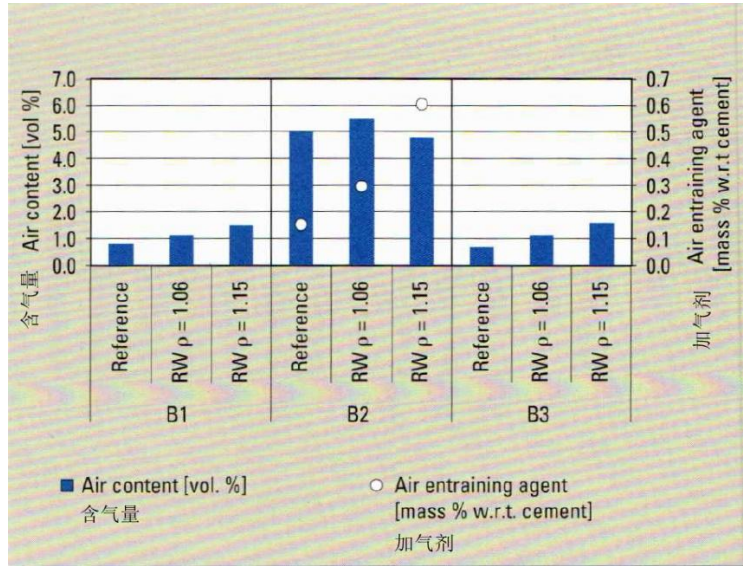


图 6 10 分钟后测定的新浇混凝土的含气量，以及所需的外加剂数量

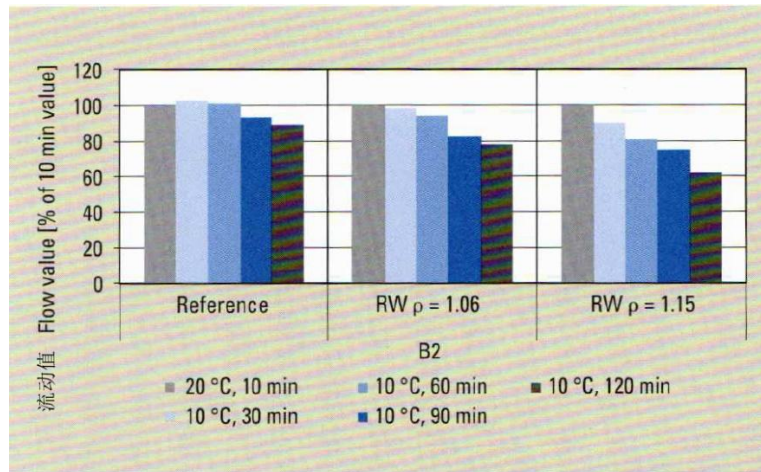


图 7 搅拌结束后 10 分钟，混凝土 B2 在 10° C 下相对于 20° C 值的相对流动值的发展

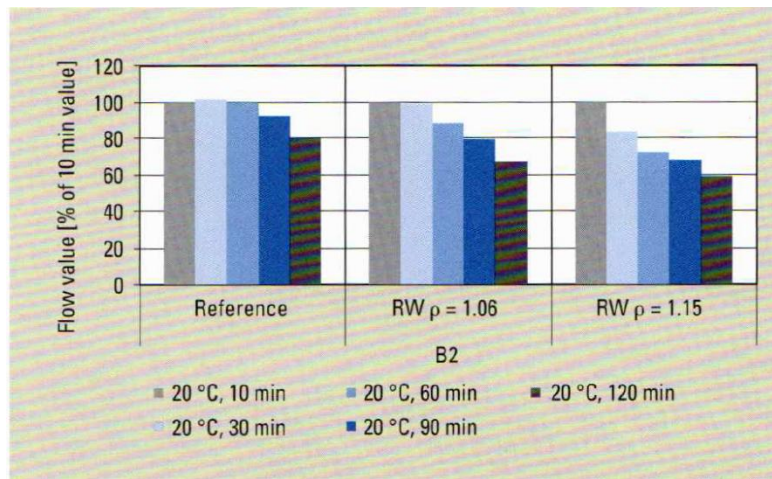


图 8 搅拌结束后 10 分钟，混凝土 B2 在 20° C 下相对于 20° C 的相对流动值的发展

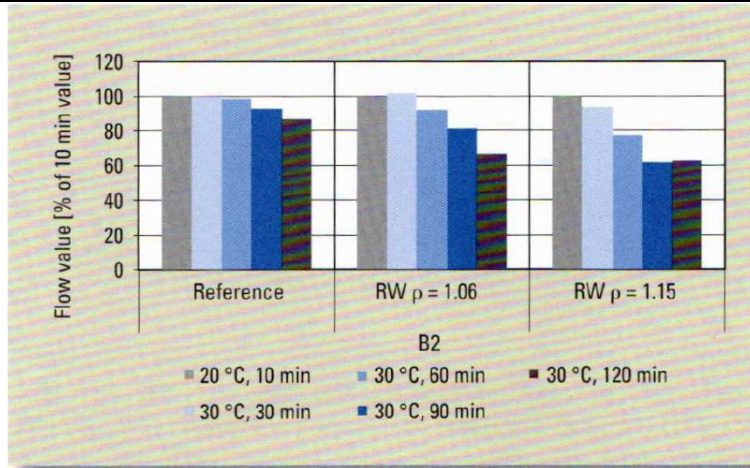


图9 搅拌结束后10分钟，混凝土B2在30°C下相对于20°C的相对流动值的发展

2.5.3 混凝土抗压强度

根据DIN EN 12390-3标准，使用三个边长为150 mm的立方体来测定混凝土1、2、7和28天的抗压强度，结果见图10和11。使用再生水可使三种混凝土的1天强度提高约15%至50%。对于混凝土B1，其他试验龄期也可观察到约20%的增长。含再生水的B2和B3混凝土的2-28 d强度在相应使用非再生水混凝土强度的±10%范围内。

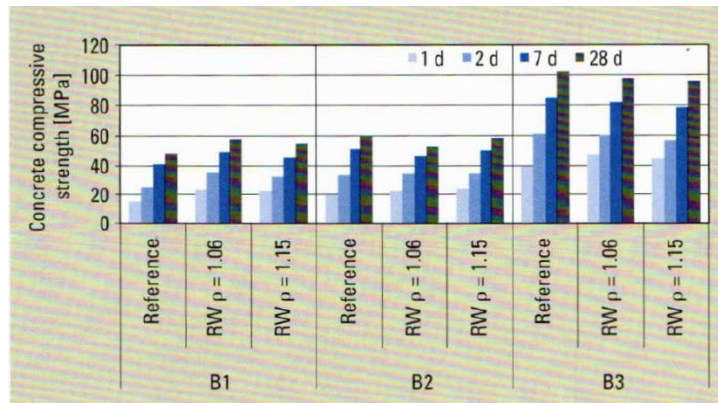


图10 混凝土抗压强度

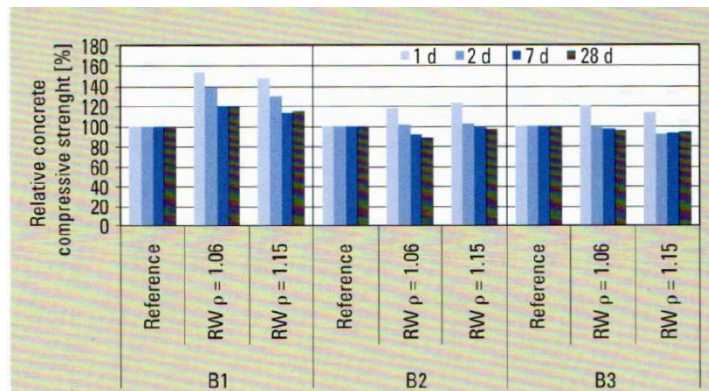


图11 相关混凝土抗压强度

2.5.4 碳酸化作用

按照 DIN EN 13295 标准测定抗碳化性能，混凝土 B1 的二氧化碳浓度为 1%。为此，按照 DIN EN 13295 标准附录 A 1.2，生产了三根尺寸为 100 mm x 100 mm x 500 mm 的钢筋并将其进行先期储存。贮藏在温度 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(65 \pm 5)\%$ ，二氧化碳浓度 1% 的条件下，14、28 和 56 天后测定碳化深度。结果见图 12 和 13。

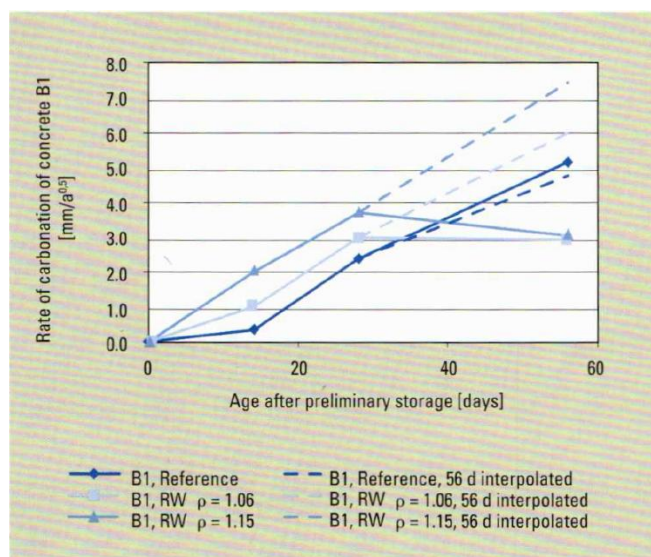


图 12 混凝土 B1 碳酸化速率

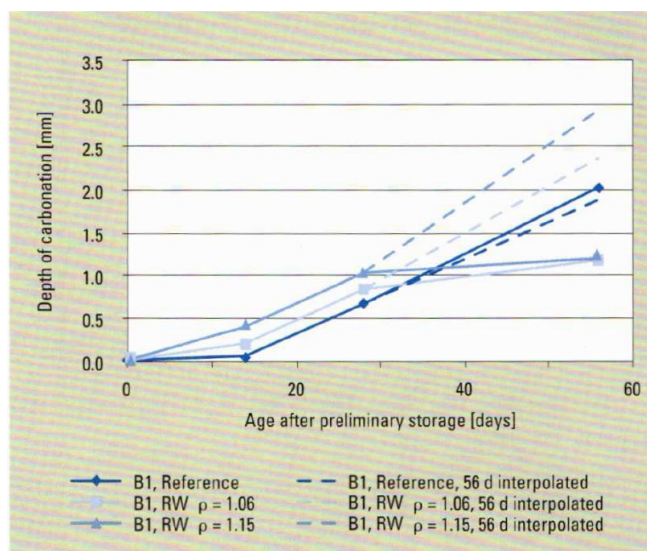


图 13 混凝土 B1 碳酸化深度

图 12 显示了使用再生水的混凝土在 28 天到 56 天之间碳化速率的降低，这种情况表明测试程序中的错误，例如人工气候室中的二氧化碳浓度可能会在没有注意到的情况下下降。因此根据 28 天之前三种混凝土的曲线，通过插值的方式获得第 56 天的碳化速率。对于参考混凝土，其与实际测量值的差异可以忽略不计。碳

化深度根据再生水混凝土的碳化率计算得出（图 13），结果表明再生水的使用会导致更深的碳化深度（16%和 44%）。与密度为 1.15 g/cm^3 的再生水混凝土相比，德国允许使用密度为 1.06 g/cm^3 的再生水混凝土，因此仅需评估碳化深度增加 16% 的情况。在测试程序的精度范围内，可将其划分为最小值。

2.5.5 含除冰盐的抗冻融性

根据 CEN/TS 12390-9 标准采用平板试验方法，使用 3% 的 NaCl 溶液作为试验液对 B2 和 B3 混凝土的 28 天抗冻融性进行了测试，结果见图 14。对于具有人工充气（B2）的混凝土，使用除冰盐的抗冻融性与所用再生水的密度没有显著的相关性。在没有人工充气（B3）的冻融试验中，再生水混凝土的剥落远大于对照混凝土，但是剥落低于 1 kg/m^2 的极限值。

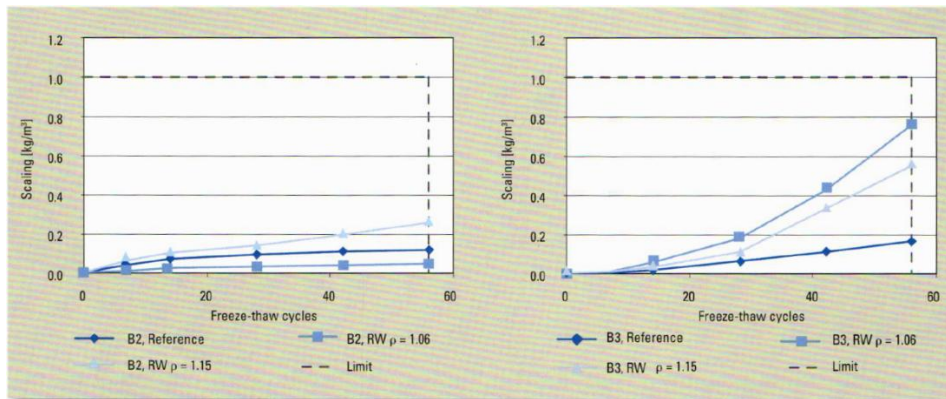


图 14 含除冰盐的抗冻性实验剥落

2.5.6 氯化物扩散

根据 prEN 12390-11:2014 标准对混凝土 B2 和 B3 进行抗氯离子扩散试验。根据 DIN EN 12390-2 将试样（TS）置于 $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 的水中先期储存 28 天。主要在 3% 氯化钠溶液中储存期长达 118 天，氯化物扩散曲线见图 15 和 16 显示，图 17 显示了计算出的扩散系数。正如预期一样，高强度混凝土（B3）的扩散系数远低于人工充气（B2）（普通强度）混凝土的扩散系数。在加气混凝土情况下，使用再生水不会产生任何变化或导致稍高的扩散系数。再生水的使用降低了高强混凝土的扩散系数，降低幅度在 20% 到 55% 之间。

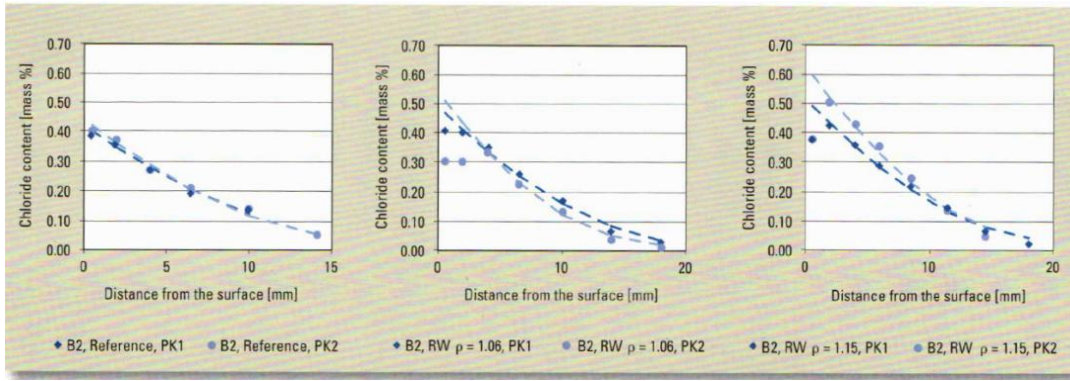


图 15 B2 混凝土氯离子曲线

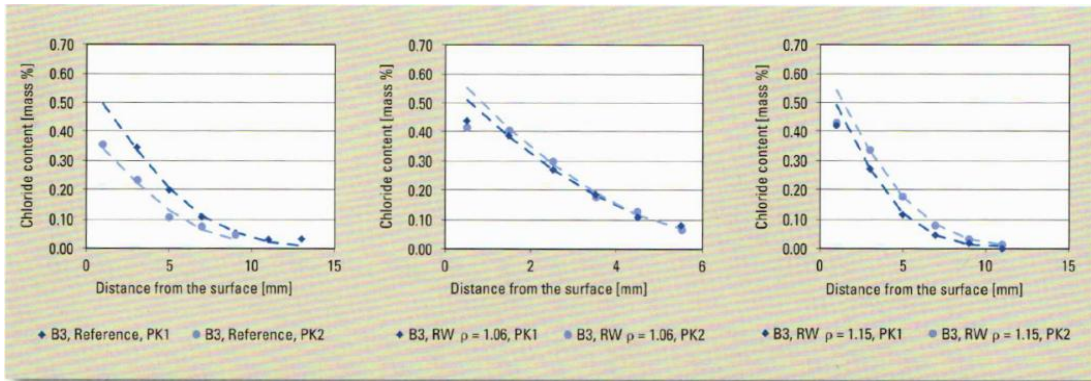


图 16 B3 混凝土氯离子曲线

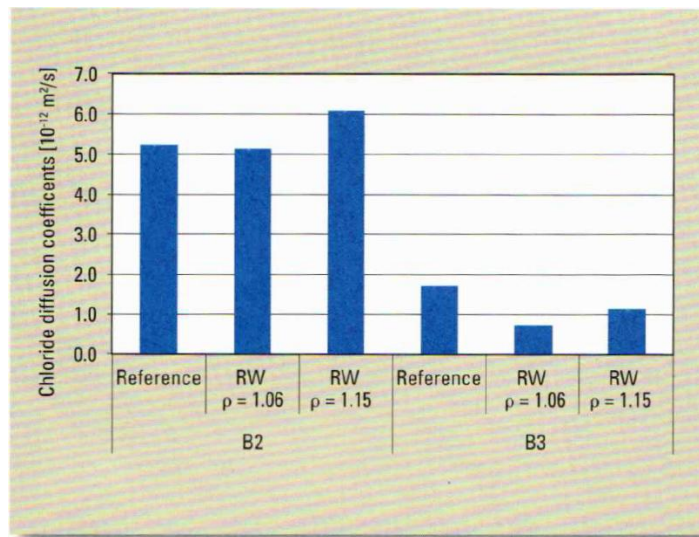


图 17 氯离子扩散系数

2.5.7 抗硫酸盐性

抗硫酸盐性测试按 CUR48 标准进行。用标准砂浆 (MS, 表 2) 和自来水或密度为 1.06 g/cm^3 和 1.15 g/cm^3 的再生水制成规格为 $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$ 的棱柱体。最初将每种混合物配方的六个棱柱体储存在 $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 的水中, 28 天后将三个棱柱体分别转移到 $(16 \pm 0.5) \text{ g SO}_4^{2-}/\text{l}$ 的溶液中, 其他三个棱柱体留在水中。

图 18 显示了储存在硫酸盐溶液中的试样的膨胀情况，使用高密度的再生水会导致膨胀加剧，而使用密度在 EN 1008 标准规定的极限值范围内的再生水不会对膨胀曲线产生任何显著的变化。

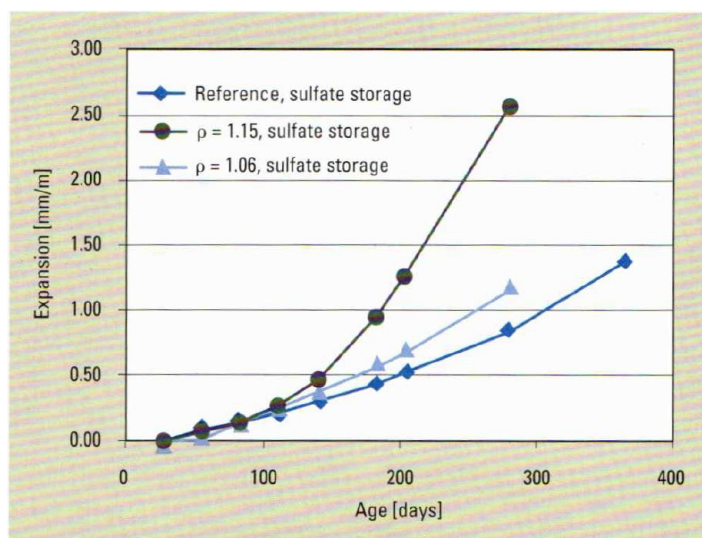


图 18 膨胀现象，硫酸盐条件储存

3 总结

(1) 预拌混凝土厂再生水成分

再生水中的悬浮固体密度在 $2.15\text{g/cm}^3 \sim 2.55\text{g/cm}^3$ 之间，冬季样品的密度往往高于夏季样品的密度。

未检测到化学成分因为取样时间或取样工厂的原因而显著波动。然而，冬季的碱含量似乎更高一些，这可能是由于引入了除冰剂。

(2) 再生水对新拌砂浆和混凝土性能的影响

使用的再生水密度增加导致了：

- a、更高的需水量
- b、早期强度
- c、增加外加剂

为了保证健康的新浇混凝土性能能够适用于施工现场条件，必须考虑这些影响。如有必要，必须由预拌混凝土生产商在（延伸）初步试验期间确定。

(3) 再生水对硬化砂浆和混凝土性能的影响

- a、使用的再生水密度增加导致了：

- b、早期强度增加
- c、目标强度较低的混凝土具有较高的 28 天强度（B1 案例）
- d、在标准规定的范围内使用再生水时，抗碳化性能略低
- e、当超过标准规定范围使用再生水时，抗碳化性显著降低
- f、非人工充气混凝土冻融试验中的剥落增加
- g、当使用密度超过 DIN EN 1008 标准的循环水时，抗硫酸盐性降低。

未检测到下列显著变化：

- a、加气混凝土或高强度混凝土的 2 天至 28 天强度，
- b、人工充气混凝土的抗冻融性，
- c、抗氯离子扩散能力

这意味着研究项目的结果证实了[1]中描述的一些经验。因此在 DIN EN 1008 标准规定的范围内，再生水基本上也可用于高强度混凝土和人工充气混凝土中。为了确保健康的新浇混凝土性能能够适用于施工现场条件，必须考虑已确定的影响因素，如有必要，必须由预拌混凝土生产商在（延伸）初步试验期间确定。

4 进一步结果

VDZ、CRIC 和 Smart Minerals（参与研究项目的合作伙伴）获得的其他结果可根据要求提供。

5 致谢

作为 CORNET 项目的一部分，124EN 项目是由 AiF 赞助的。

6 文献

Rickert, J.; Pit, H.: 新浇混凝土回收的残余水对新浇混凝土和实心混凝土性能的影响；第 1 部分和第 2 部分。混凝土 51（2001）第 8 号，第 463-467 页和第 9 号，第 523-527 页。

不同结构对旋风筒影响的数值模拟

崔洪坤 刘志强

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 引言

水泥生产是资源和能源消耗型产业,我国是水泥生产和使用大国。在当前经济形势下,只有不断优化设计水泥生产设备,才能达到节能降耗的目的^[1-2]。旋风筒是新型干法水泥生产的主要设备之一,生料与气体分离在旋风筒内完成,分离效率可达到 85%~98%,旋风筒的分离效率和压力损失直接影响单位熟料产品的能耗^[3]。因此,深入研究不同结构参数的旋风筒速度场、压力分布及颗粒运动轨迹具有重要意义,开发低压损、高效率的旋风筒十分关键。胡月^[4]采用实验测量和数值模拟相结合的方法研究旋风筒内不同入口气速变化对流场压力波动的影响。董立龙^[5]等人采用 Fluent 软件模拟某 5000t/d 水泥熟料生产线 C1~C5 级旋风筒气相冷流场的速度和压力。毛娅^[6]等人分别采用拉格朗日单向耦合方法与欧拉多相流方法对 6000T/D 预热器 C1 级旋风筒进行气固两相流的数值模拟。

本文以计算流体动力学为基础,利用 Solidworks 软件建立旋风筒三维模型,通过调整旋风筒入口截面积、内筒插入深度及直筒高度等不同结构参数,分析旋风筒内速度场、压力分布及分离效率的变化情况,为优化旋风筒设计,提升旋风筒工作性能提供理论依据。

2 几何模型及网格划分

图 1 为采用 Solidworks 软件建立的旋风筒模型。按照旋风筒实际尺寸建立 1:1 比例的三维几何模型,模型如图 1(a)所示,内筒的厚度远小于模型外形尺度,故都将其厚度忽略。模型建立之后,对旋风筒模型进行网格划分并将模型离散化,即通过有限的网格节点来描述实际的空间连续实体。考虑到模型复杂的内部结构,计算区域采用结构化和非结构化的混合网格进行划分,模型网格划分如图 1(b)所

示。

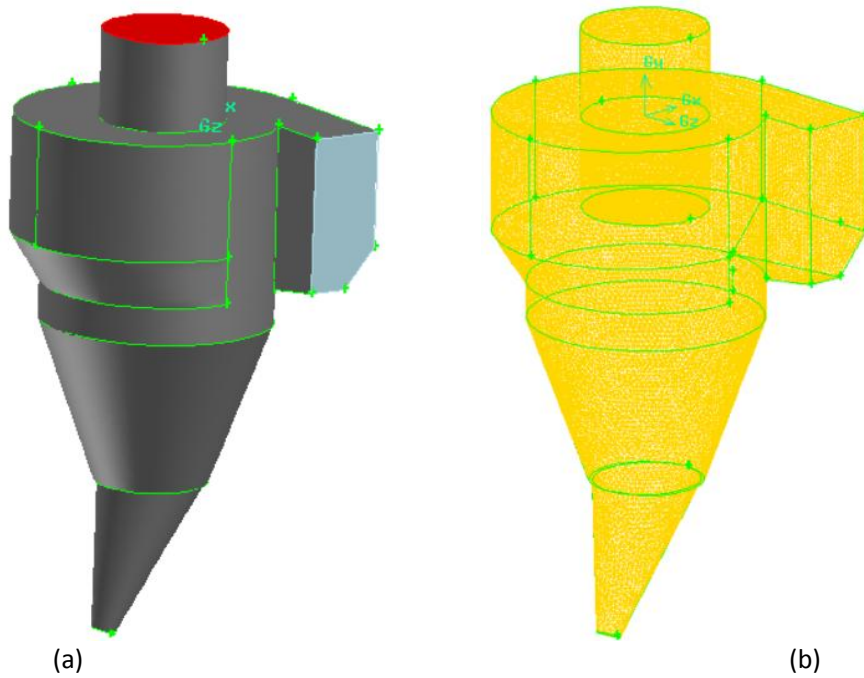


图 1 旋风筒的几何模型及网格

3 数学模型及边界条件

3.1 湍流模型

旋风筒装置内部的流动是一个复杂的湍流流动过程，考虑到数学模型的可靠性和工程应用的可行性，本文选用标准 $k-\epsilon$ 双方程模型^[7]来模拟旋风筒装置内部的烟气流动情况。在直角坐标系下，基本控制微分方程如下：

连续性方程：

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0$$

雷诺运动方程：

$$\frac{\partial (\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u}_k \bar{u}_i)}{\partial x_k} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial (\tau_{ki} - \rho \overline{u'_k u'_i})}{\partial x_k}$$

雷诺应力方程：

$$\frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial t} + \overline{u'_k} \frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\left(\nu + c_k \frac{K^2}{\epsilon} \right) \frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_k} \right] + P_{ij} - \frac{2}{3} \epsilon \delta_{ij} - c_1 \frac{\epsilon}{K} \left(\overline{u'_i u'_j} - \frac{2}{3} K \delta_{ij} \right) - c_2 \left(P_{ij} - \frac{2}{3} P \delta_{ij} \right)$$

湍能方程：

$$\frac{\partial K}{\partial t} + \overline{u_k} \frac{\partial K}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_K} \right) \frac{\partial K}{\partial x_k} \right] + \nu_t \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \left(\frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} + \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} \right) - \varepsilon$$

耗散率方程:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \overline{u_k} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_K} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right] - c_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{K} \left[\nu_t \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \left(\frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} + \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} \right) \right] - c_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{K}$$

对以上控制方程求解时采用了求解压力耦合方程的全隐算法 SIMPLE 算法。

3.2 边界条件

表 1 为六种不同结构的旋风筒参数表及边界条件。旋风筒进口采用均匀分布速度，出口采用压力出口边界。流体在壁面采用无滑移的边界条件，近壁面区域采用壁面函数法进行处理。

表 1 六种不同结构的旋风筒参数表及边界条件

名称		A 结构	B 结构	C 结构	D 结构	E 结构	F 结构
入口截面积/m ²		9.19	11.78	9.19	9.19	9.19	9.19
内筒直径/m		3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
内筒插入深度/m		2.835	2.835	4.335	2.835	1.335	2.835
直筒高度/m		6.34	6.34	6.34	7.84	6.34	4.84
风量/(m ³ /h)		793755	793755	793755	793755	793755	793755
温度/°C		876	876	876	876	876	876
水力直径/m	入口	2.82	3.33	2.82	2.82	2.82	2.82
	出口	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
平均流速/(m/s)	入口	24	18.7	24	24	24	24
	出口	22.14	19.71	22.14	22.14	22.14	22.14
湍流强度	入口	3.15	3.19	3.15	3.15	3.15	3.15
	出口	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11

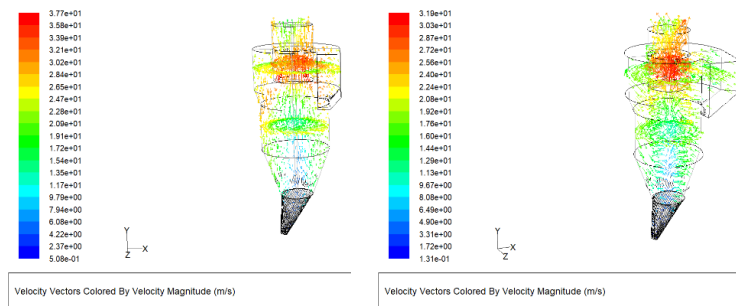
4 结果与讨论

4.1 入口截面积对旋风筒的影响

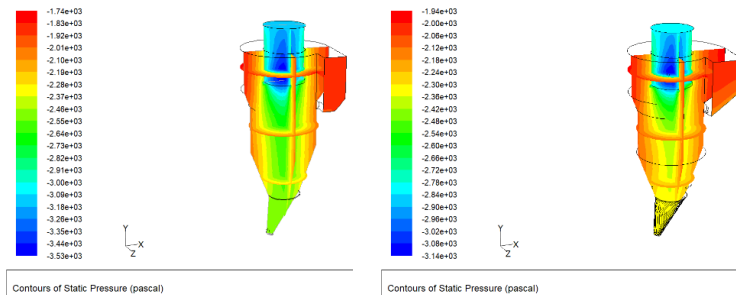
图 2 为不同入口截面积的旋风筒速度场分布图。图 3 为不同入口截面积的旋风筒压力分布图。图 4 为不同入口截面积的旋风筒生料颗粒轨迹图。图 5 为不同入口截面积的旋风筒分离效率和压力损失对比图。可以看到，旋风筒内高速区、压力损失主要集中在入口处、上部壳体以及内筒出口处。当旋风筒的入口截面积从 9.19m² 增加到 11.78m² 时，入口速度相应从 24m/s 降低到 18.7m/s，旋风筒压

力损失从 1210Pa 降低到 755Pa，降低幅度为 37.6%，显然压力损失有较大的降低，但此时颗粒分离效率却大幅度降低，从 97.65%降低到 75.72%，降低幅度为 22.5%。

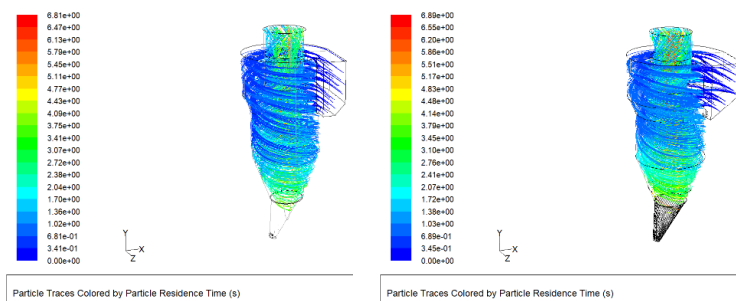
其主要原因是气流携带着生料颗粒沿着筒体边壁螺旋向下运动，当运动到旋风筒底部后，气流沿着旋风筒中心部位返回向上运动，生料颗粒从旋风筒锥部排出。随着旋风筒进口气流速度的降低，气流与生料颗粒对筒体边壁的磨损系数相应减小，同时气固两相之间的阻力系数也相应减小，从而降低旋风筒的阻力损失；降低旋风筒进口气流速度，生料颗粒受到的离心力随之减小，颗粒难以向筒体边壁靠近，而不易随气流旋转向下运动，从而降低旋风筒的分离效率。



A 结构 B 结构
图 2 不同入口截面积的旋风筒速度场分布



A 结构 B 结构
图 3 不同入口截面积的旋风筒压力分布



A 结构 B 结构
图 4 不同入口截面积的旋风筒生料颗粒轨迹图

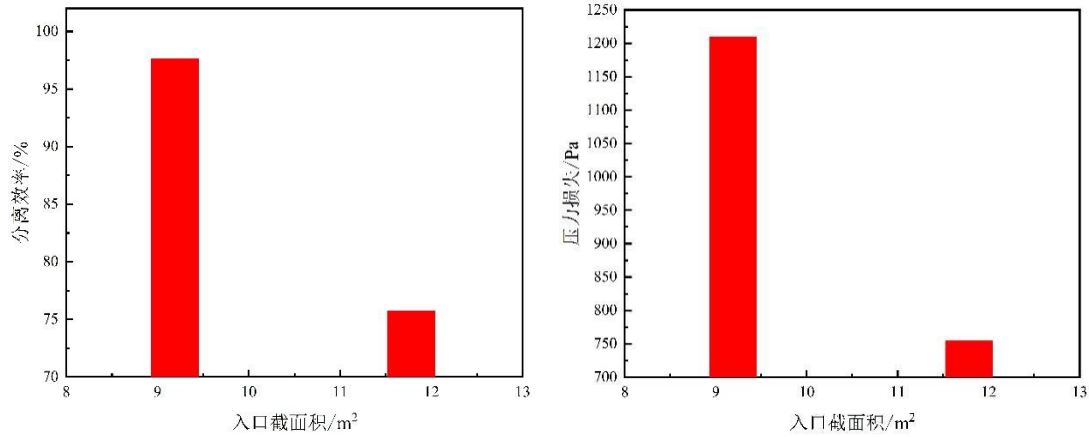


图 5 不同入口截面积对旋风筒分离效率和压力损失的影响

4.2 内筒插入深度对旋风筒的影响

图 6 为不同内筒插入深度的旋风筒速度场分布图。图 7 为不同内筒插入深度的旋风筒压力分布图。图 8 为不同内筒插入深度的旋风筒生料颗粒轨迹图。图 9 为不同内筒插入深度的旋风筒分离效率和压力损失对比图。可以看到，当旋风筒的内筒插入深度为 2.835m、4.335m 和 1.335m 时，旋风筒压力损失分别为 1210Pa、1332Pa 和 1132Pa，随着内筒插入深度的增加，压力损失逐渐增加；生料颗粒分离效率分别为 97.65%、99.07%和 95.54%，随着内筒插入深度的改变，旋风筒分离效率逐渐增加。

这主要是因为内筒附近的湍动能较大，随着内筒插入越来越深，增加了气流与内筒的摩擦面积，导致旋风筒的压力损失增加；内筒插入过浅，来自旋风筒进口的生料颗粒容易跟随气流直接进入内筒而发生短路，从而降低旋风筒分离效率。但是，较长的内筒插入深度，气流会加剧对内筒的磨损，因此在保证足够的分离效率时，其内筒插入深度不易太长。

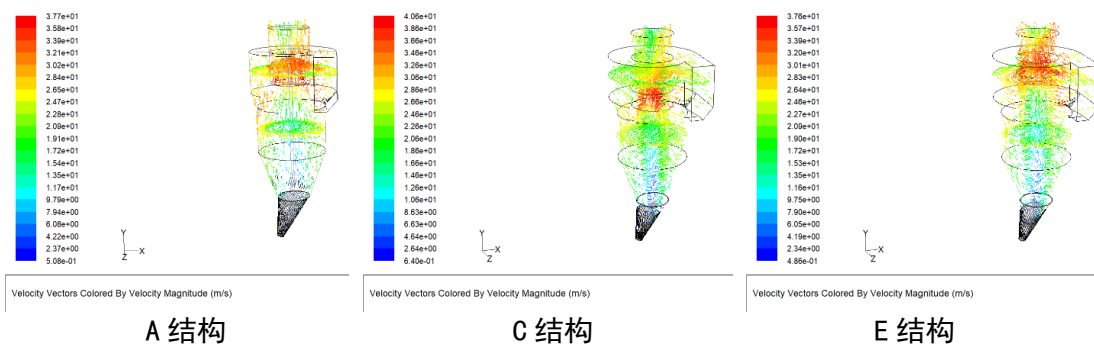


图 6 不同内筒插入深度的旋风筒速度场分布

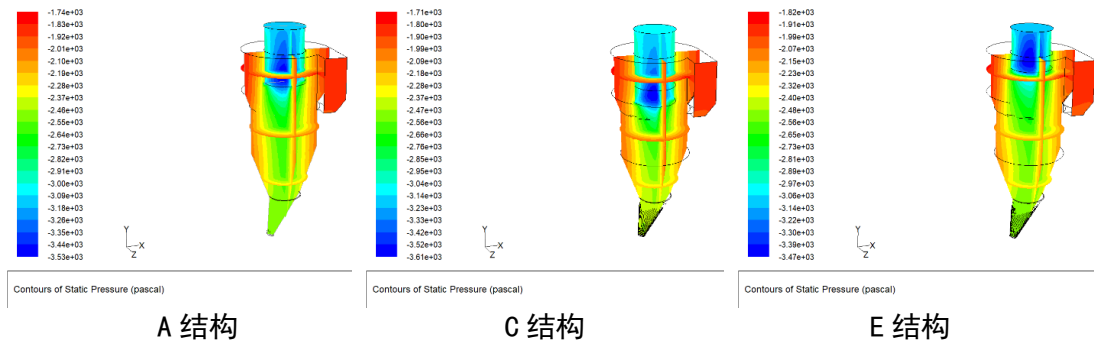


图 7 不同内筒插入深度的旋风筒压力分布

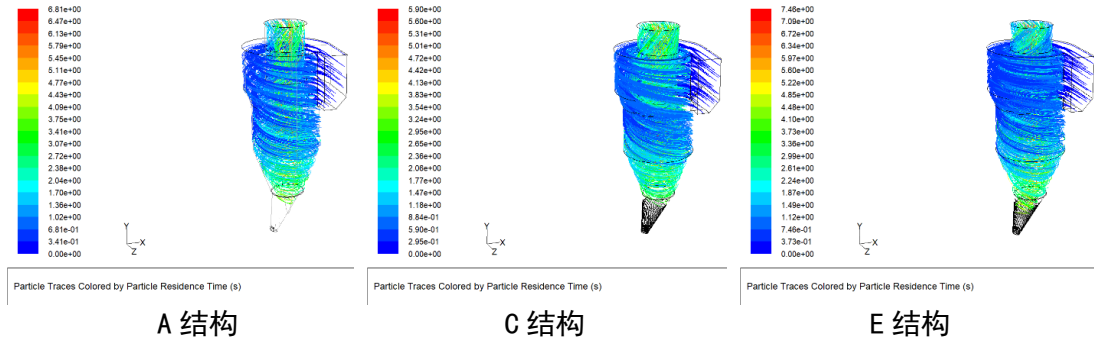


图 8 不同内筒插入深度的旋风筒生料颗粒轨迹

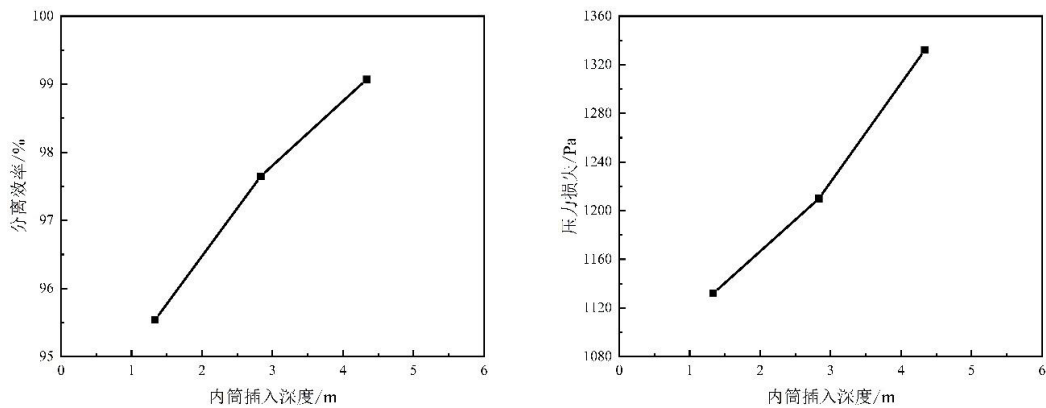


图 9 不同内筒插入深度对旋风筒分离效率和压力损失的影响

4.3 直筒高度对旋风筒的影响

图 10 为不同直筒高度的旋风筒速度场分布图。图 11 为不同直筒高度的旋风筒压力分布图。图 12 为不同直筒高度的旋风筒生料颗粒轨迹图。图 13 为不同直筒高度的旋风筒分离效率和压力损失对比图。可以看到，当旋风筒的直筒高度为 6.34m、7.84m 和 4.84m 时，旋风筒压力损失分别为 1210Pa、1081Pa 和 1227Pa，随着直筒高度的增加，压力损失逐渐降低；生料颗粒分离效率分别为 97.65%、92.19%和 91.88%，随着直筒高度的增加，旋风筒分离效率先增加后降低，当直筒高度为 6.34m 时，旋风筒分离效率达到最大值为 97.65%。

其原因是由于增加直筒高度，气流和生料颗粒在旋风筒内的停留时间增加，

使得生料颗粒与气流分离的机会增加，但是增加直筒高度，外旋流中向心力的径向速度使部分细小颗粒进入内旋流的机会也随之增加。因此随着直筒高度的增加，旋风筒分离效率先增加后降低。

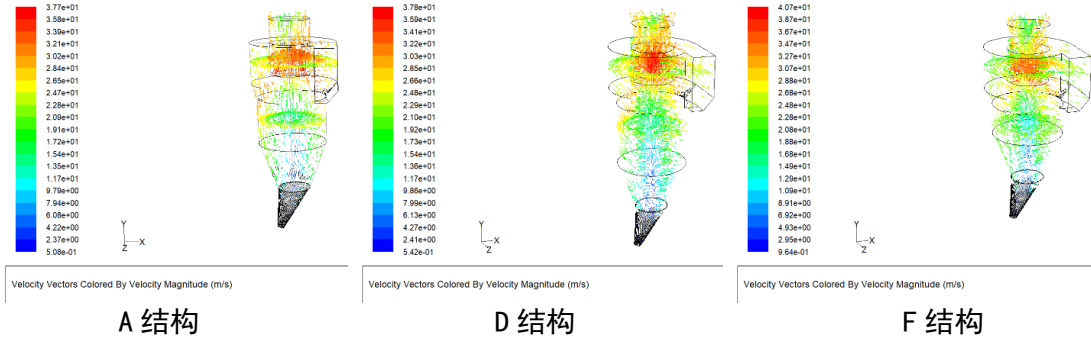


图 10 不同直筒高度的旋风筒速度场分布

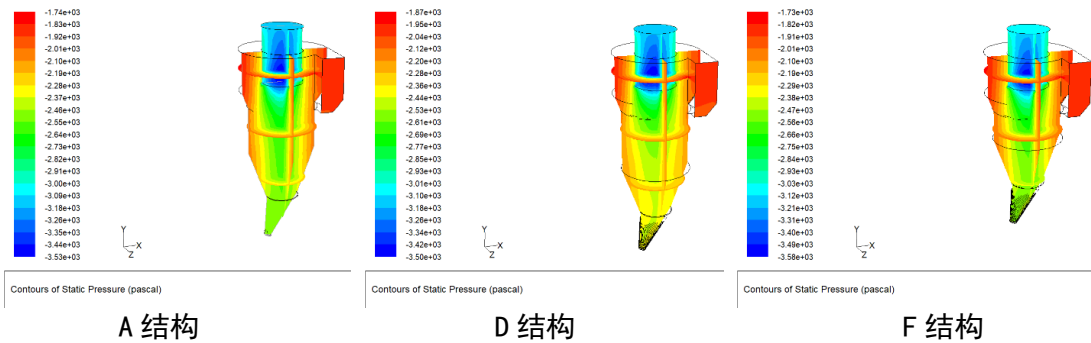


图 11 不同直筒高度的旋风筒压力分布

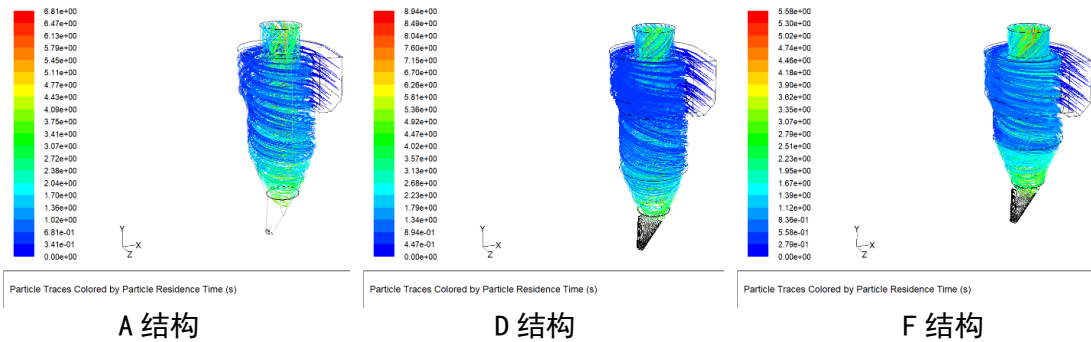


图 12 不同直筒高度的旋风筒生料颗粒轨迹

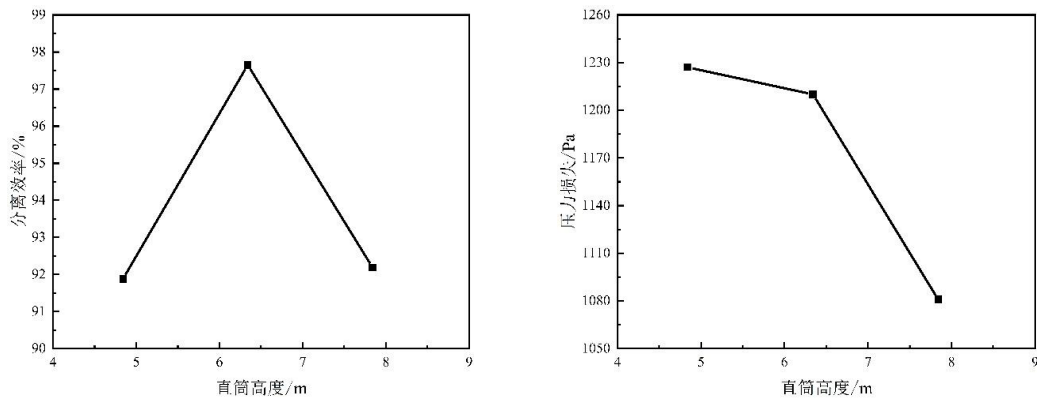


图 13 不同直筒高度对旋风筒分离效率和压力损失的影响

4.4 生料颗粒粒径对旋风筒的影响

图 14 为不同生料颗粒粒径的 A 结构旋风筒分离效率。以 A 结构旋风筒为例，对不同颗粒粒径的旋风筒分离效率进行数值模拟。从图 14 中可以看到，当颗粒粒径为 1-10 μm 时，分离效率在 20%-30% 左右，这是因为小粒径颗粒的质量较小，颗粒随着气流不会在离心力的作用下沿着旋风筒边壁螺旋向下运动，而是随着气流运动到锥部后折返从内筒排出，使得旋风筒的分离效率较低。当颗粒粒径大于 10 μm 时，在离心力和重力的共同作用下，旋风筒的分离效率逐渐增加。当颗粒粒径大于 50 μm 时，旋风筒的分离效率达到 97.65%，虽然旋风筒分离效率较高，但是较大粒径的颗粒不容易被充分分散而悬浮，降低了颗粒的换热效率，从而降低分解炉中碳酸钙的分解率。综上所述，通过控制生料磨生产合适的颗粒粒径，对提高旋风筒的分离效率具有重要作用。

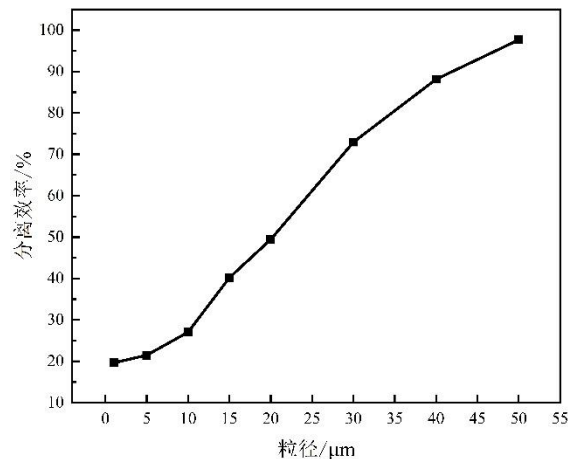


图 14 不同颗粒粒径对 A 结构旋风筒分离效率的影响

5 结束语

通过对不同入口截面积、内筒插入深度、直筒高度的旋风筒速度场、压力分布、颗粒轨迹及分离效率进行 CFD 数值模拟研究，结果表明，旋风筒入口截面积越大，压力损失和分离效率降低；内筒插入越深，压力损失和分离效率逐渐增加；直筒高度增加，压力损失逐渐降低，分离效率先增加后降低；生料颗粒粒径增大，分离效率逐渐提高。本文根据几种不同初始条件下的旋风筒模拟研究，分析了旋风筒相应的影响因素，对旋风筒优化设计、参数配置具有指导意义，与实际生产的吻合还需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 聂纪强. 节能减排和发挥环保功能是烧成系统优化改造的核心内容--第五届中国水泥工业烧成系统优化改造技术研讨会综述[J].新世纪水泥导报,2020,26(01):52-58.
- [2] 中国建筑材料联合会发布《关于进一步提升建材行业节能减排水平 加快绿色低碳发展步伐的实施方案》[J].江苏建材,2020(03):74-76.
- [3] 姜洪舟. 无机非金属材料热工设备[M].武汉:武汉理工大学出版社,2010.8.
- [4] 胡月. 旋风分离器内流场动态特性的实验研究和数值模拟[D].中国石油大学(北京),2018.
- [5] 董立龙,耿宗俊,赵蔚琳. 5000t/d 水泥熟料生产线 C1~C5 旋风筒气相数值模拟[J].硅酸盐通报,2014,33(06):1497-1501+1509.
- [6] 毛娅,陈家乐,陈作炳,等. 采用拉格朗日法与欧拉法模拟旋风筒内气固两相流的对比研究[J].硅酸盐通报,2017,36(02):459-465.
- [7] 陈耀松,单肖文,陈沪东.计算流体力学的新方向及其在工业上的应用[J].中国科学(E 辑:技术科学),2007(09):1107-1116.

摘自《中国水泥》2022年第6期

新安全生产法对水泥生产线项目安全生产管理的 的监理工作的启示

李 诚、何宏涛

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 引言

安徽珍珠水泥熟料生产线原址技改项目(以下简称本项目)位于安徽省滁州市凤阳县刘府镇,101省道南侧安徽珍珠水泥股份有限公司院内东侧。工程规模为4000 t/d熟料水泥生产线(不含水泥粉磨)带7.5 MW余热发电项目,由河北省第四建筑工程有限公司承建,合肥水泥研究设计院有限公司监理,计划工期15个月。本项目规划面积较小,且因水泥生产线建设项目特殊性,存在深基坑开挖工程、起重吊装机械安装拆卸工程、落地式脚手架工程等危险性较大的分部分项工程。此外,本工程工艺管道较多,穿插作业量大;设备安装技术要求高、难度大。以上因素使项目监理部开展安全生产管理的监理工作挑战巨大。本文基于对《中华人民共和国安全生产法》(以下简称新《安全生产法》)内容解读,分析开展项目安全监理工作的方式方法,保证项目现场的安全生产。

2 新《安全生产法》相关条文介绍

新《安全生产法》第四条规定:生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产法律、法规,加强安全生产管理,建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度,.....构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制.....;

第二十四条规定:矿山、金属冶炼、建筑施工、运输单位和危险物品的生产、经营、储存、装卸单位,应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员;

第二十五条规定生产经营单位的安全生产管理机构以及安全生产管理人员履行下列职责:组织或者参与拟订本单位安全生产规章制度、操作规程和生产安全

事故应急救援预案；组织或者参与本单位安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情况；组织开展危险源辨识和评估，督促落实本单位重大危险源的安全管理措施；组织或者参与本单位应急救援演练；检查本单位的安全生产状况，及时排查生产安全事故隐患，提出改进安全生产管理的建议；制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为；督促落实本单位安全生产整改措施；

第三十条规定：生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业；

第四十六条规定：生产经营单位的安全生产管理人员应当根据本单位的生产经营特点，对安全生产状况进行经常性检查；对检查中发现的安全问题，应当立即处理；不能处理的，应当及时报告本单位有关负责人，有关负责人应当及时处理。

3 安全生产管理的监理工作要点和方法

以上新《安全生产法》条文是对生产经营单位和人员的明确要求，是开展工程建设项目安全生产管理工作的法律依据，给我们开展安全生产管理的监理工作提供重要指导和依据。下面结合本项目的实际情况，依据新《安全生产法》的有关条文，针对性分析并提出项目监理部开展安全生产管理的监理工作要点和方法，本文从审查施工单位安全生产相关文件、督促施工单位开展安全教育、开展安全检查、旁站监理、新冠疫情防控等方面重点阐述安全生产管理的监理工作要点和方法。

3.1 审查安全生产文件

项目监理部首先审查施工单位有关安全生产文件，包括施工单位营业执照、安全生产许可证，项目安全生产管理机构设置及安全生产管理人员配备情况，安全生产责任制及安全生产管理体系建立情况，项目经理、专职安全生产管理人员和特种作业人员的资格证书；核查施工单位施工机械和设施的安全许可验收手续；确保符合新《安全生产法》规定和要求。

审查施工单位施工组织设计中关于安全技术措施的编写是否符合要求，审查

脚手架工程、模板工程、基坑开挖等危险性较大的分部分项工程的专项施工方案是否符合法律、法规与工程建设强制性标准。对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程的专项施工方案，项目监理部应检查施工单位组织专家进行论证、审查的情况，以及是否附具安全验算结果。

审查施工单位办理保险的资料，按照法律规定，要求施工单位对现场所有作业人员购买工伤保险和意外伤害保险。

3.2 督促施工单位开展安全教育

根据新《安全生产法》的规定，为有效落实安全生产教育和培训，施工单位需要对现场全体施工人员及新进场作业人员开展入场三级安全教育及安全告知。施工单位每日进场前须进行班前安全技术交底，建立健全包括电工、起重工、电焊工、塔吊司机、铲车司机、挖掘机司机、推土机司机、架子工等工种安全技术操作规程并开展安全培训。根据新《安全生产法》第二十八条及第五十八条要求，施工单位对以上安全培训均进行如实记录并定期检查。

项目监理部审查施工单位项目部安全教育培训制度的建立情况，检查施工单位项目部安全教育培训的落实情况。

3.3 开展安全检查

(1) 经常性安全巡视检查

项目监理部组织监理人员学习经总监签认的危险性较大的分部分项工程专项施工方案，在充分理解方案的基础上，安排监理人员巡视检查所分管子项危险性较大的分部分项工程的专项施工方案实施情况。当发现施工单位未按专项施工方案实施时，签发监理通知单，要求施工单位按专项施工方案实施。

监理部要求每位监理人员在开展监理工作的同时均要开展安全巡视检查工作，尽力发现工程存在的安全事故隐患，并按程序进行报告和处理。

(2) 定期组织或参加安全大检查

本项目监理部规定每周五上午八点三十分开展施工现场、项目部和生活区的安全文明施工联合大检查，建设单位、项目监理部和施工单位项目部的项目负责

人、安全生产管理人员和有关人员到场参加。针对检查过程中发现的安全事故隐患和问题，监理部按安全生产管理的监理工作程序进行记录，整理形成书面安全通报或安全生产检查表发给各参加单位，要求施工单位限期进行隐患整改。当检查发现工程存在安全事故隐患时，监理部签发监理通知单，要求施工单位整改。

在项目建设初期，主要针对施工现场围挡和封闭管理等安全文明管理工作进行检查，要求作业面材料堆放须整齐有序，保证道路畅通；检查现场安全标志、标牌设置是否齐全、合理、醒目；作业人员是否正确佩戴、配挂安全帽和安全带，需要设置安全网的部位是否设置并满足安全施工要求；针对熟料库、联合储库、烧成窑尾土方开挖后的临边防护进行检查保证符合强制性标准要求；

在项目建设期间，安全检查重点突出以下内容：

a、检查施工现场临时用电是否满足安全用电要求，外电防护、接地与保护、配电箱、开关箱、现场照明、配电线路、电器装置、变配电装置等保证项目是否完善；

b、检查消防措施和消防制度是否完善，消防灭火器材是否准备充分，重点检查灭火器出厂日期、保质期、气压情况、喷管破损情况；检查现场是否存在易燃材料随意码放、灭火器材布局、配置不合理等现象；

c、检查现场起重吊装作业和起重吊装机械（目前设置熟料库、联合储库、综合楼三处塔吊，后期生料均化库和熟料烧成系统将增设两台塔吊）的验收手续是否齐全；检查起重吊装专项施工方案是否正确编制，塔吊司机等特种作业人员资格证书是否有效且人证是否符合等；检查起重吊装机械是否按规定设置荷载限制装置、行程限位装置以及钢丝绳防脱钩装置是否符合规范要求等。

d、审查施工单位脚手架工程是否按规范编制专项施工方案，架体基础、架体稳定和架体安装等保证项目是否按专项施工方案施工；架体防护、杆件间距、层间防护和脚手板等一般项目是否符合施工安全检查标准规定。



本项目联合储库脚手架工程

e、检查手持电动工具、钢筋机械、电焊机、搅拌机、气瓶、振捣器具和桩工机械等施工机具验收合格手续是否齐全，安全保护装置设置是否合理有效，电气设备保护接零和漏电保护器设置是否到位等。

f、在项目建设中后期，项目监理部将主要针对设备安装过程中可能存在的高空作业、吊装作业和有限密闭空间等高危作业进行检查，检查安全教育培训和安全交底落实情况；检查高空作业防护措施是否齐全，安全带是否正确配挂，安全帽是否正确佩戴等。项目监理部督促施工单位做好此类作业的前、中、后期安全生产管理和控制，确保可能存在的高危作业处于安全可控范围内。

针对项目办公区和生活区的安全文明联合检查的内容主要包括：办公区消防灭火器材、消毒杀菌器材、急救箱和环境卫生检查；生活区灭火器材配备情况、食堂电路和厨师健康证审查、宿舍安全用电、防火防盗和环境卫生检查等。

（3）组织或参加其他形式安全检查

项目监理部针对建设项目专业（项）问题或施工中存在的普遍性问题进行某专业的定性或定量检查，项目监理部组织工程建设相关单位进行有针对性的安全专项检查。

项目监理部根据季节变换特点，按照事故发生的规律对潜在危险突出重点组织季节性安全检查，项目监理部积极参加由建设单位或施工单位组织的季节性节假日前后安全检查。

(4) 对安全检查结果的处理

根据安全检查的结果，项目监理部采取告知、通知、停工、会议、报告等形式进行处理。在安全检查中发现工程存在安全事故隐患时，应签发《监理通知单》，要求施工单位整改；情况严重时，应签发《工程暂停令》，并应及时报告建设单位。施工单位拒不整改或不停止施工时，项目监理部应及时向有关主管部门报送监理报告。

3.4 关键部位、关键工序的旁站监理

为保证施工现场安全生产，除平行检验、巡视检查、告知和通知外，针对深基坑开挖回填工程、混凝土浇筑工程、滑模施工工程、脚手架工程和起重吊装工程等关键部位、关键工序施工，监理部组织旁站监理。主要工作内容包括：检查施工单位有关现场管理人员是否在岗，特殊作业人员是否持证上岗；检查是否按照技术标准、规范、规程和批准的设计文件、施工组织设计、强制性标准施工，检查施工过程是否存在安全隐患；旁站监理结束后，旁站监理人员按规定做好旁站记录。下面以本项目熟料库筒仓滑模施工为例，介绍监理部对关键部位、关键工序旁站监理的工作内容。

筒仓滑模施工具有施工速度快、结构整体性强、抗震性能好、建筑物外观质量高等优点。但同时存在工艺难度大，涉及高空交叉作业、吊装作业等可能存在安全隐患的特点。本项目熟料库工程采用无粘结预应力混凝土库壁滑模施工。熟料库内径 60 m，绝对高度 20.5 m，壁厚 600 mm。在熟料库开始施工前，组织召开了由项目建设单位、监理单位和施工单位有关人员参加的熟料库筒仓滑模施工准备会议，会上项目监理部要求施工单位编制好无粘结预应力钢筋施工专项施工方案、熟料库滑模专项施工方案并上报监理部审查。在施工前，监理部组织对施工准备材料、机械、设备的生产合格证、出厂合格证和质量检测证书进行审查。



本项目熟料库滑模施工现场

针对可能存在的施工安全隐患，监理部组织召开两次滑模施工专题会议，对安全生产要点进行安全工作交底：要求施工单位施工开始前保证安全网、安全通道、上人梯和爬梯设置完善，要求上人梯四周必须全密封网，安全通道必须搭设双层顶板；作业面严禁出现明火、取暖，饮酒和高空抛物现象；滑模平台上空间狭窄，要求施工单位作业人员用电必须规范，照明电压需用安全低压（36V），注意电线电缆保护，接电作业须由专业人员操作；内外架库壁收光人员必须佩带安全带，安全带检测复试报告合格后方可使用；滑模平台必须配备消防灭火器材；所有安全交底工作经施工单位落实后才准开始施工作业。经各方共同努力，本项目熟料库滑模工程于2022年1月20日顺利完成，施工期间未发生一起质量事故和安全事故。

3.5 新冠疫情防控

2022年全国新冠疫情形势愈发严峻，全国出现包括上海市、福建省、浙江省等多个中高风险地区。为了进一步加强项目新冠疫情防控常态化管理，加强完善疫情防控工作，保证项目建设安全生产工作，根据国家卫健委发布的《重点场所重点单位重点人群新冠肺炎疫情常态化防控相关防护指南》和安徽省住建厅印发的《关于加强建筑工地疫情防控和消防安全管理的通知》要求，结合本项目实际情况，要求施工单位按照疫情防控要求，落实防控责任。

项目监理部采取的具体措施包括建立项目疫情常态化防控工作体系，要求各

单位制定项目疫情常态化防控工作方案，健全工作体系和机构，明确疫情防控责任部门和负责人；确定参建各方疫情常态化防控主体责任，要求各单位分工明确，各方须各司其职、加强配合，切实履行疫情防控主体责任；加强人员管理，包括人员健康管理、人员进出管理、人员防护管理和人员宣传教育工作；严格执行省、市管控要求，核实入场人员身份和健康信息，不私乱招募员工，不得使用需要隔离观察的劳务人员，建立“一人一档”制度，精准掌握人员健康和流动情况；施工单位项目部须配发疫情防护用品，在人员密集场所必须佩戴口罩做好自身防护。项目部须将疫情防控工作纳入每周安全文明检查工作中，做好班前教育和交底等，提升从业人员防护意识和防控能力；施工现场须严格控制人员进出，办公场所、会议室和其他人员活动场所须定期通风、清洁卫生和消毒；各单位须储备适量的符合国家标准的口罩、防护服、一次性手套、体温检测仪等防疫物资；施工单位须做好每人、每日温度测量、身份信息核实和健康状况统计等工作；要求施工单位做好应急管理，建立应急预案，做好应急处置措施，保证疫情发生第一时间向有关部门报告并启动应急预案；发现涉疫人员及时安排隔离，做好防控专业人员进场指导和现场安全消杀等工作。

4 结语

《中华人民共和国安全生产法》是我国安全生产的基础法、综合法。新《安全生产法》的修订和实施加强了安全生产工作，有效防止和减少生产安全事故，保障人民群众生命和财产安全，促进经济社会持续健康发展。新《安全生产法》对水泥生产线建设项目安全生产管理的监理工作具有重大指导意义，给予我们深刻启示，依据新《安全生产法》总结出建设项目安全生产管理的监理工作要点和方法，项目监理部要切实做好在项目中的实践运用。

稳流型转子秤在煤粉喂料计量中的应用

李凤² 刘光年¹

(1.合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051;

2.合肥固泰自动化有限公司, 安徽 合肥 230051)

0 引言

煤粉计量系统是水泥厂一个极其重要的生产环节, 计量系统的稳定、连续、准确是稳定回转窑的热工制度、降低煤耗、提高熟料质量和保证设备安全运转的关键因素。如果控制不好, 生产中很容易发生跑煤或断煤现象, 轻者对熟料质量和产量造成影响, 重者会影响生产安全, 甚至停窑检修。因此, 水泥厂选择合适的计量设备至关重要, 本文对国内外相关常用煤粉计量系统技术和工艺进行对比, 提出一种稳流型煤粉转子计量系统, 系统已应用于新型干法水泥熟料生产线的回转窑和分解炉喂煤, 并对现场使用效果进行记录, 发现该系统运行稳定, 计量精度高, 可推广到水泥行业以外工业窑炉的定量喂煤粉^[2]。

1 国内外煤粉计量系统技术比较

1.1 环状天平秤

粉研计量系统由定量给装置(喂料机)、环状天平计重机(天平秤)、送料锁气装置(锁风阀)和控制单元四部分组成。物料从煤粉仓进入喂料机后, 稳定地喂到下面的天平秤称重计量, 然后再通过锁风阀进到煤粉输送管道里, 被气力输送到窑头或分解炉。

(1) 喂料机的一个作用是隔离仓内煤粉向下流动的冲力, 使物料在喂料机里面充分稳流、平缓和可控。另一个作用是通过变频器按需要的转速调节喂料量, 由于其内部为三层的盘式给料结构, 能够有效的调整和控制煤粉流量。

(2) 天平秤通过荷重传感器检测出秤内物料的质量信号 W (模拟量 $0\sim 20\text{mV}$), 通过测速传感器(脉冲发生器 PG)检测出天平秤的转速信号 r 送到控制器后计算出实际流量 P_v , 实际流量 P_v 与设定流量值 S_v 相比较, 其差值经PID调节输出操作量

(My) DC4~20mA或DC0~10V,分二路分别控制喂料机和天平秤的变频器,通过变频器同步控制2台设备的转速,从而实现下料量的控制和计量。

(3)该系统在天平秤与气力输送环节中间安装有2只锁风阀,该锁风阀采用了特殊的结构和特选的耐磨密封材料,可在较长的周期内,阻止和减少输料气体从下部进入计重机和喂料机,避免干扰计量和供给精度。设计的排气口可以释放微量泄漏的空气(在工艺设计中,将其接入收尘系统)。

1.2 德国申克秤

申克称是德国申克公司开发的基于科里奥利原理的一种喂料计量系统,用于恶劣环境下的物料计量控制,广泛应用于建材、冶金、化工、粮食等行业的散状物料的配料和计量,是实现自动化控制、稳定产品质量的理想计量设备。

其计量原理是:电机拖动的测轮被叶片分成数个导流槽,散状物料由测轮中心上方进入测轮,经过锥形的转向装置后,形成散料流,进入导向叶片之间的导流槽中,并被以恒定角速度 ω 旋转着的导向叶片,物料因离心力的作用而向测轮外边缘运动,直至离开测轮被抛出。通过对物料所受科里奥利力的测量可得到物料流量,工程中是通过测量科里奥利力对测轮的反作用力矩而测得物料流量的,这个力矩由测轮的驱动电机来补偿。

1.3 科氏力计量秤系统^[6]

该计量系统主要由稳流给料机和科氏力粉体流量计组成稳流给料机是一种容积式给料设备,它本身的仓式结构能够消除煤粉仓内料位高低变化时对其给料的影响,其内部设有水平回转分格轮,分格轮每转一周就能输送相同容积的物料。科氏力粉体流量计又名科里奥利秤,简称科氏力秤。它是以物体作相对运动为条件、应用科里奥利力学方面的原理来计量粉体物料的质量流量。

在系统中,稳流给料机安装在煤粉仓的下方,采用变频调速控制,转速可以调节,因此,可以根据系统要求调节煤粉的给料量,在稳定料流的同时,也实现定量给料的目的。煤粉从稳流给料机卸出后,进入科氏力粉体流量计进行计量,控制装置根据科氏力秤瞬时流量测定值与设定值比较,将结果进行反馈,调节稳

流给料机的转速，使瞬时值始终跟踪设计值，从而使系统的实际流量与设定流量保持一致，以此来对喂煤量进行计量与控制，实现系统的准确计量。

1.4 菲斯特秤

菲斯特秤的基本结构：煤粉仓锥体及助流系统，下料管及助流系统，秤体，称重系统，电气控制系统，CSC系统。

喂料转子秤是采用重力计量的水平转子的操作原理。散装物料直接从仓内卸到转子，带入称重区，计量调节后直接进入气力输送管道，然后由罗茨风机提供的输送空气输送到工艺过程中去。

1.5 双管螺旋喂料机和固体流量计^[3]

该系统是由双管螺旋喂料机与固体流量计组成，双管螺旋输送机是由两个单管螺旋组成、一台电机驱动，由旋转的螺旋叶片将物料推移而达到输送的目的。与单管螺旋相比，双管螺旋的输送能力大、给料的稳定性强。固体流量计又名冲板流量计，是一种连续称量的给料设备，适用于连续均匀物料的计量。

系统中，煤粉仓内的煤粉由双管螺旋喂料机输送至冲板流量计进行计量，双管螺旋喂料机采用变频调速控制，不仅能稳定流量，还可以通过冲板流量计反馈的信号调节喂料量，控制给料能力，但是该系统随着使用时间长，螺旋叶片磨损就严重，需要更换叶片，比较麻烦，影响生产。该系统除一些老厂还在使用外，新建水泥厂已基本不再使用这种计量方式，一些老水泥厂甚至将其拆除进行技术改造，安装其它计量精度高的设备。

1.6 稳流型转子秤计量系统^[5]

稳流型转子秤计量系统是专为喂煤设计的，此设备集喂料、计量和锁风等功能于一身，不需额外配置煤粉输送泵，直接采用气力输送方式，转子喂料秤直接布置在煤粉仓下，不需要其它给料设备，仅需要在煤粉仓下料口至转子秤进料口设置一段喂料溜子即可。转子喂料秤采用的是重力操作水平转子的操作原理，电机采用变频调速，煤粉从仓内卸到转子后，被带入称重区，经过转子秤称重区计量，得到的实测值（实际下料量）反馈到控制器与给定值进行比较，如反馈值偏

低，则转子秤转速增加，反之则降低。煤粉经计量后直接进入气力输送管路，最终由罗茨风机提供的输送空气输送至用煤点，这一过程全部在一个结构简单的封闭式喂料机内完成。此系统喂煤均匀，密封性好，能防止发生冲煤现象，而且计量装置灵敏度很高，抗干扰性很强，不但能检测小流量时信号的变化，还不易受外界信号的干扰，短期精度和长期精度都较高，长期稳定性好。

1.7 结论

通过国内外煤粉计量系统的技术比较，结合中国国情，可以看出，稳流型定量喂煤粉系统把转子秤与稳流煤粉喂料机有机结合，把传统的煤粉定量喂料、计量和锁风功能集成到一台装置中，结构紧凑，占用空间小，减少了基建投资，适用于采用气力输送煤粉的定量喂煤。

稳流型定量给料煤粉秤系统在计量过程中，不受任何外载荷影响，不影响称重精度，确保精准计量，计量精度能达到 $\leq \pm 0.5\%$ ；煤粉秤的预给料采用缓冲层、锁料层、搅拌层、均匀喂料层的稳流结构，使得物料不会在仓内结拱，不会出现涌料现象，提高物料填充率，达到均匀喂料和稳定计量目的。采用变频调速方式，控制精度高，响应速度快，能测定瞬时流量，确保准确稳定给料。系统已成功应用于2500t/d至6500t/d的新型干法水泥熟料生产线的回转窑和分解炉喂煤，运行稳定，计量精度高，稳定了窑系统的热工制度，提高了熟料的质量，得到了用户的广泛认可和好评。

2 稳流型转子秤的系统结构和特点

常见的煤粉输送都是通过气力输送，然后进入工业窑炉，气力输送过程，常常会产生差压，我们常说的煤粉仓的气栓，由于煤粉秤是密闭的空间，进入煤粉仓的气体排放不出去，只有当聚集的气体很多，形成很大气栓，当大气栓的浮力大于煤粉的重力时，煤粉才冲下来，形成冲料。

为了能消除气力传送和物料喂入产生的差压对测量精度的影响，又能直接将煤粉从煤粉仓送至燃烧器，研究一种集定量和输送为一体的控制喂料装置迫在眉睫。在这样的前提下，合肥固泰自动化有限公司研制了稳流型煤粉计量转子秤。

2.1 工艺系统结构

稳流型煤粉计量系统是由煤粉仓、气动闸板阀、旋转下料器、稳流仓、CWF分格转子秤本体和PLC控制系统等组成，如下图。

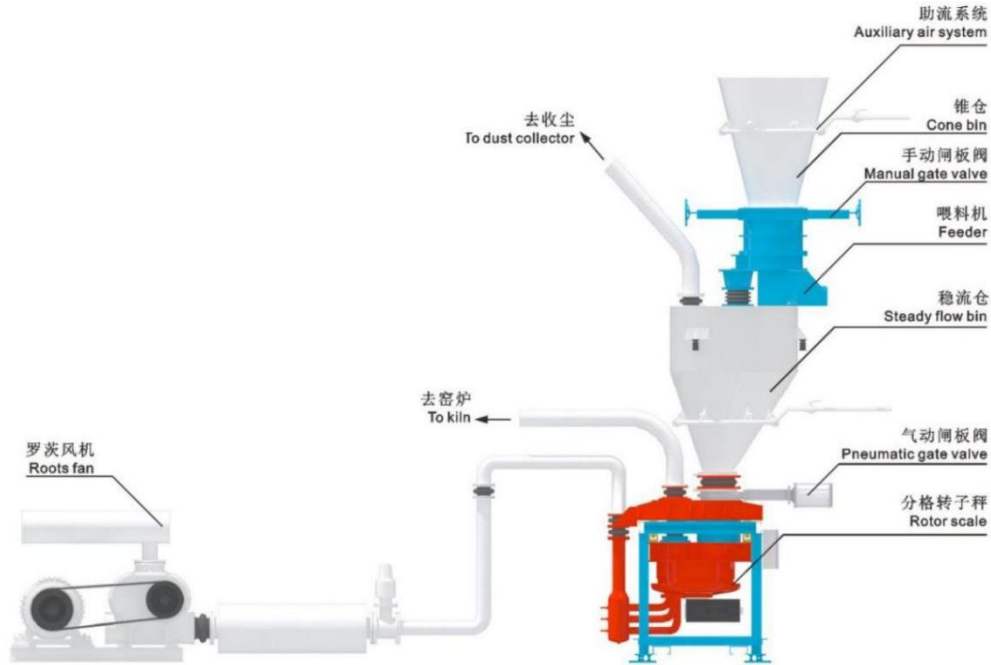


图1 稳流型煤粉计量系统工艺图

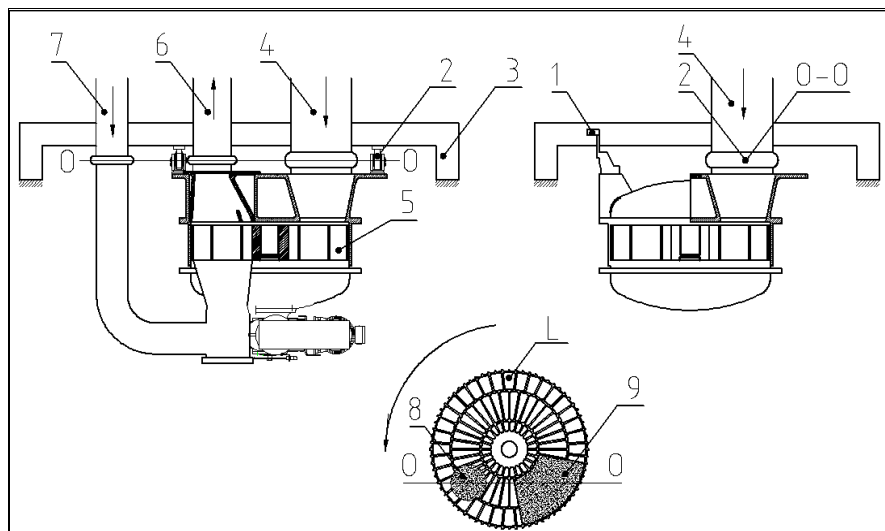
存储在煤粉仓(1)的煤粉在喷吹装置(2)帮助下卸出，通过气动闸板阀(4)、旋转下料器(5)、金属膨胀节调节装置(6)进入稳流仓(7)，然后经过橡胶膨胀节调节装置、进出煤支架、金属膨胀节进入转子秤本体(8)。煤粉在分格转子的带动下，由进料点带到出料点，罗茨风机提供的压缩空气由进风管调节装置进入分格转子秤本体，再从出料口进入回转窑或分解炉的输煤管道。电机通过同步皮带与减速机连结，减速机输出轴为中空轴，转子的驱动轴与减速机采用平键联结；这样保证煤粉输送与驱动系统有着良好的同步性；悬挂计量装配的悬挂部分与进、出料口在同一直线上，从而使得荷重传感器能准确的测出CWF圆盘体中煤粉的重量，并将输出重量信号与转子的转速信号经控制系统处理运算得到煤粉的实际流量，通过调节转子的转速，实现煤粉的定量喂料，保证系统稳定、准确运行。进、出煤口采用橡胶膨胀节，在安装时确保称体不受外力。

2.2 转子秤结构和喂煤原理^[4]

转子秤的喂料过程是：煤粉通过闸门直接从煤粉仓排出，经过入口软接头进

入转子部分，煤粉被转子的隔仓带走，旋转，到达卸料区域，由底部压缩空气管的空气把煤粉吹进出料口，送至燃烧器。转子外壳分上壳体与下壳体两部分。上壳体设有进料口和出料口，下壳体上设有进风口及传动装置对接的法兰。转子是由两排交错的小隔仓组成的铸铁件，并通过中心轮毂与驱动轴相联接。在转子的上、下两面，分别为两块密封板，密封板是一种特殊的铸件。转子与密封板之间特定的间隙可通过外壳上的专用螺丝来调整。

整个转子和密封板安装在转子秤的壳体内，防爆设计能承受1MPa的突变压力。传动装置的减速机与转子秤下部壳体用法兰相联。直流调速电机经过齿形皮带传递到减速机上。减速机的出轴与转子的轴相联。数字式测速电机与驱动装置连在一起，通过无触点传感器测得转子的转速。测重系统由负荷传感器配衡及阻尼装置组成。为了确保测重装置的复位还原性和偏差稳定性，为了使传动功率的消耗和内部零件的磨损量处于最低程度，这就是用于转子秤的静压轴承系统和带有气动控制的载重装置的内部密封，在通向燃烧器的输送管道上，用压力管方法形成弧形小仓的空气阻隔来喂料，用带有排气管的弧形仓清扫喷嘴。



1 荷重传感器 2 悬挂装置 3 基础框架 4 进料管 5 转子扇区 6 出料管 7进风管 8 出料区 9 进料区 0-0悬挂轴 L称重区

图2 转子秤结构示意图

煤粉的流量是由转子秤转子的速度和转子测量装置的动载荷量所决定的。这个载荷量是通过装在电阻应变仪上的荷重传感器来测得的。转子的角速度通过一个无触点脉冲变送器来测定，整个系统形成了转子驱动的整体特点。微机处理器

将从现场测得的转子的角速度和转子秤载荷的乘积值与人工的设定值相比较，由控制装置控制转子的角速度，使转子的喂料量保持在一个恒定值。

2.3 系统特点

稳流型定量喂煤粉系统是把CWF分格转子秤与MPF稳流煤粉喂料机有机结合组成的喂煤粉系统，该系统具有如下特点：

(1) 用稳流仓取代传统的下料管：由于下料管比较细，壁附近粘性大、流动性差，容易造成结壁。用稳流仓后能保证煤粉的流动性，即漏斗效应。同时配合适当的保温和喷吹，完全能避免稳流仓结壁。

(2) 负压抽吸助卸技术：消除煤粉仓内的煤粉静态拱。我们采用先进的负压抽吸喷吹技术的气力助流装置，以压缩空气(空气压力约6个大气压)为动力，射流气枪喷射，使料拱塌落。再将煤粉仓内的正压气体抽出，消除了起拱条件，保证下料流畅平稳。

(3) 接口设计：由于煤粉仓和喂料机的接口至少为 $\Phi 800\text{mm}$ ，不存在煤粉在接口处挂壁，结料。

(4) MPF多层煤粉喂料机：采用专门设计的多层式密封结构，消除了窜料和仓压的影响，保证粉体连续输送，喂料均匀稳定，不会出现结拱、堵塞、漏料等现象喂料机内有搅拌器，使物料充分流化，避免粘壁，消除物料死区有利于下料顺畅。

(5) 煤粉仓位控制比较自由：由于每个厂的情况不尽相同，操作者可根据本厂的实际工艺要求合理将煤粉设定在一定的仓位，确保喂煤连续、稳定。

(6) 实物标定、计量更准确：由于稳流仓的料位能实时控制，故对分格转子秤的标定能实时进行，计量更准确。

3 稳流型转子秤的现场应用情况

稳流型煤粉计量系统研制成功后投入多条熟料水泥生产线运行，如台泥(安顺)水泥有限公司 $2\times 4000\text{t/d}$ 新型干法线、台泥(重庆)水泥有限公司 $2\times 4600\text{t/d}$ 新型干法线、台泥(广安)水泥有限公司 4500t/d 新型干法线、泸州赛德水泥有限公司

5000t/d新型干法线、云南省活发集团刘总旗水泥有限公司2500t/d新型干法线等多条生产线。另外，还对多家其它厂家进行了改造，效果良好，如台泥昌庆水泥有限公司4500t/d新型干法线、华菱川煤水泥有限责任公司2500t/d新型干法线等。



图3 江苏德龙镍业有限公司CWF1000稳流型煤粉计量秤（印尼现场）



图4. 巴西MIZU集团水泥有限公司现场图片

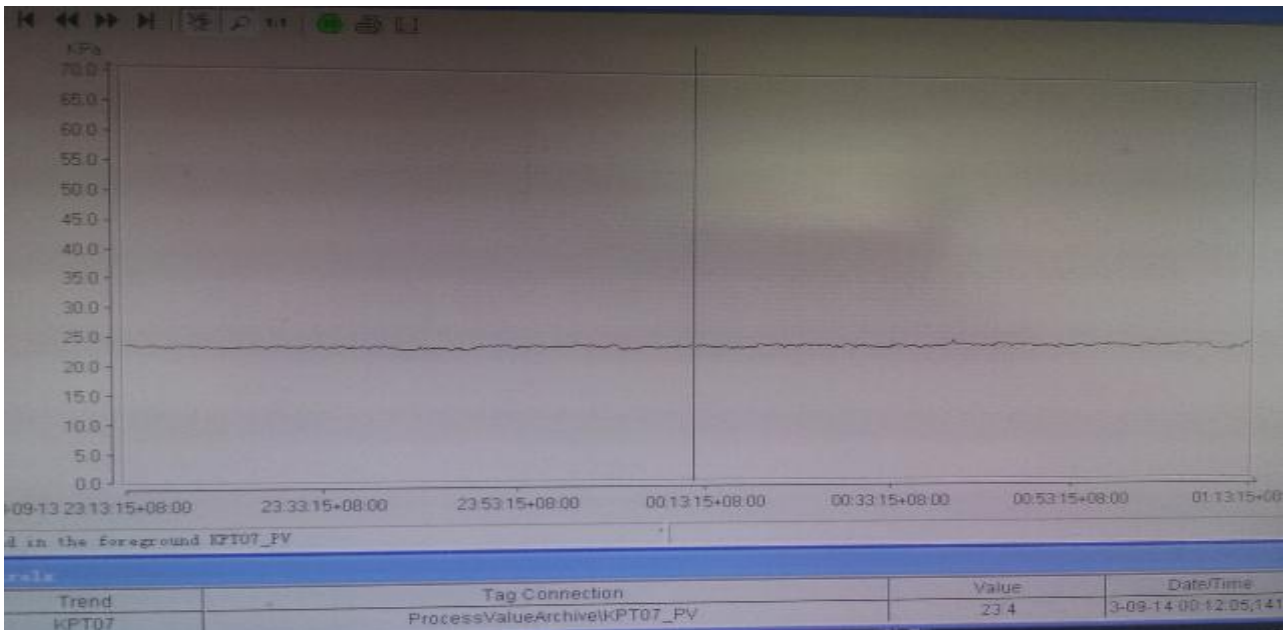


图5 巴西MIZU集团水泥有限公司窑尾风压曲线图（几乎是一条直线）

4 结束语

稳流型定量喂煤粉系统把转子秤与稳流煤粉喂料机有机结合，把传统的煤粉定量喂料、计量和锁风功能集成到一台装置中，结构紧凑，占用空间小，减少了基建投资，适用于采用气力输送煤粉的定量喂煤。该系统已成功应用于2500t/d至6500t/d的新型干法水泥熟料生产线的回转窑和分解炉喂煤，运行稳定，计量精度高，稳定了窑系统的热工制度，提高了熟料的质量，得到了用户的广泛认可和好评。并可推广到水泥行业以外工业窑炉的定量喂煤粉，如球团、石灰窑、镍业等行业，具有显著的经济效益和社会效益，推广前景良好。

参考文献：

- [1]张红艳, 祥佩. 水泥厂煤粉计量方式的选择[J]. 科学与财富, 2018(15):25.
- [2]何康华, 王会鸽. 煤粉定量转子秤的开发和应用[J]. 科技与创新, 2019. 03.
- [3]韦正刚, 肖坤红. 浅谈转子秤在煤粉喂料计量中的应用[J]. 工程技术建, 2019(6):18.
- [4]鹿建森. CWF分格转子定量喂煤装置在链篦机一回转窑氧化球团生产中的应用[J]. 全国中文核心期刊: 烧结球团, 2014第6期.
- [5]鹿建森. 一种稳流型定量喂煤粉控制系统[J]. 中国水泥, 2014第10期
- [6]贾桂森, 周啸, 丁长征. KXT 科氏力秤煤粉计量与控制系统的研究[J]. 中国水泥网, 2007 第 01 期.

企业如何构建双重预防机制之探讨

占奇

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

0 引言

2021年9月1日,修正后《安全生产法》正式实施。新安法将生产经营单位必须构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制正式写入法律条文。这表明双重预防机制将长期开展下去,而且必须要认真、规范、科学的开展下去,那么企业如何将双重预防机制开展好成为企业管控风险、消除隐患、保证安全生产的重要手段。

1 什么是双重预防机制

其实早在2016年安委办〔2016〕3号文和安委办〔2016〕11号文中,已经非常明确地指出,双重预防机制就是安全风险分级管控和隐患排查治理。

安全风险分级管控,就是日常中的风险管理,包括危险源辨识、风险评价分级、风险管控,即辨识风险点有哪些危险物质及能量,在什么情况下可能发生什么事故,全面排查风险点的现有管控措施是否完好,运用风险评价准则对风险点的风险进行评价分级,然后由不同层级的人员对风险进行管控,保证风险点的安全管控措施完好。

隐患排查治理就是对风险点的管控措施通过隐患排查等方式进行全面管控,及时发现风险点管控措施潜在的隐患,及时对隐患进行治理。

双重预防机制就是把风险管控好,不让风险管控措施出现隐患,这是第一重“预防”;对风险管控措施出现的隐患及时发现及时治理,预防事故的发生,这就是第二重“预防”。

安全风险分级管控和隐患排查治理是相互包含的关系,隐患排查治理包含于风险分级管控中。

2 双重预防机制纳入法律的意义

2.1 是安全生产和应急管理科学化、现代化的重要体现

将构建双重预防机制纳入《安全生产法》，体现了我国安全生产应急管理的科学化、现代化。近年来，我国发生的多起重特大事故暴露出安全生产领域“认不清、想不到”的问题比较突出。要改变这种状况，必须将安全生产的关口前移，使生产经营单位增强风险管控意识，全面评估本单位安全生产风险状况，并开展风险分级，针对不同级别的风险，建立不同的体系化的管控措施，定期、分级进行隐患排查。早发现，早治理，尽最大可能降低风险水平，防患于未然，保障国家、社会的稳定和人民群众的生命财产安全。

2.2 为机制建立提供了法律和制度保障

《安全生产法》关于建立双重预防机制的有关规定，从法律层面强调了安全生产风险管控的系统化。双重预防机制将安全生产的关口前移，强调分级风险管控和隐患排查治理，明确这是生产经营单位必须履行的法定义务。为切实履行这一法定义务，生产经营单位必须加大人力、财力、物资、技术等方面的投入，加强安全生产标准化、信息化建设，建立综合性、系统化的安全生产管理体系。由此，《安全生产法》对于建立双重预防机制提供了法律和制度保障。

2.3 督促企业逐步建立全方位、高效率的安全生产防范和管控体系

《安全生产法》关于建立双重预防机制的规定，从法律层面确保了安全风险的有效管控。法律义务总是和法律责任相连的。生产经营单位是安全生产的第一责任主体，也是最易发现并避免隐患出现的主体。《安全生产法》规定了生产经营单位“构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制”的法定义务。若生产经营单位违反该规定，未构建双重预防机制，则相关执法主体有权要求其履行法律义务并可以据此追究其法律责任。由此，可以逐步建立起全方位、高效率的安全生产防范和管控体系，大幅降低生产安全事故发生几率。

3 企业如何构建双重预防机制

双重预防机制包括三个过程，同时这三个过程也是双重预防机制的三个具体

目的。

3.1 辨识

第一个过程即第一个目的——“**辨识**”，企业要根据自身生产经营特点，分析生产经营活动全过程中存在哪些风险点，将所有的风险点进行列出，然后辨识这些风险点有哪些物质和能量，即导致事故的根源，辨识这些根源在什么情况下可能会导致什么事故，辨识事故带来的损失和伤害有多大。为提高安全风险辨识的完整性和准确性，可以充分调动员工的积极性和创造性，发动全体员工特别是生产一线作业人员参与安全风险辨识，利用岗位人员对作业活动熟悉的优势，对单元中的作业活动、作业环境、设备设施、岗位人员、安全管理等方面进行全面的安全风险辨识。要突出关键岗位或危险场所的安全风险辨识，将风险影响因素、成因、可能的影响范围和事故类型查明，将其作为管控风险、遏制事故的重点。

3.2 风险评价分级

第二个过程即第二个目的——“**风险评价分级**”，企业根据风险评价原则和评价方法，评价风险点导致各类事故的可能性与严重程度，对风险进行评价分级。建立详细的风险等级表，可按照重大风险、较大风险、一般风险、可接受风险进行分类，分别采用红、橙、黄、蓝四种颜色标识。推荐作业条件危险性分析法(LEC)作为判断风险等级的准则。本方法的风险度由事故发生的可能性、暴露于危险环境的频繁程度及事故事件后果严重性大小决定的。

3.3 管控

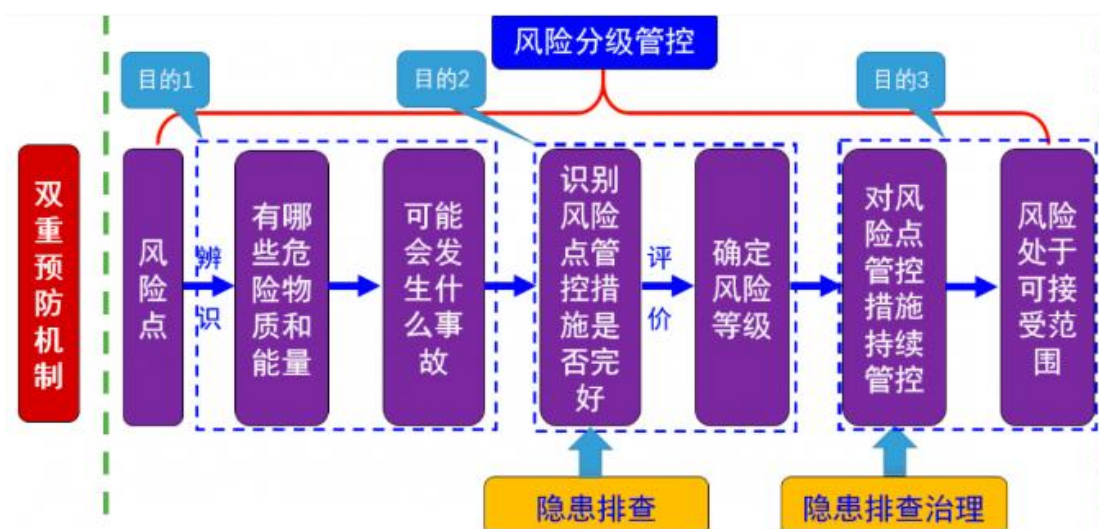
第三个过程即第三个目的是——“**管控**”，即对风险的管控，把风险管控在可接受的范围内。企业根据风险评价等级，提出对应的管控措施。风险管控措施包括技术措施即实现本质安全、管理措施、教育措施、个体防护措施等。选择风险管控措施时，应考虑可行性和可靠性、先进性和安全性、经济合理性和经营运行。

在“评价分级”的过程中，包含了隐患排查的过程，即对风险点的现有管控措施进行全面排查：措施是否齐全、是否处于良好状态，如果风险现有管控措施有缺失或缺陷，即存在了隐患，可能会构成较大或重大风险，影响风险分级结果。

在“风险管控”的过程中，包含了对第二个过程发现隐患的治理及对风险点现有管控措施的全面、持续的隐患排查，及时发现隐患及时治理，保证风险随时处于可接受的范围内。

4 风险分级管控和隐患排查治理的关系

风险分级管控与隐患排查治理之间究竟是什么关系呢？二者是并列的吗？是相互递进的吗？其实都不是，二者是相互包容的关系：隐患排查治理包含于风险分级管控。



风险分级管控的主要工作有：危险源辨识、风险评价、风险管控，其中核心工作是危险源辨识。那危险源辨识都辨识些什么呢？一是辨识风险点有什么危险物质和能量；二是辨识危险物质和能量现有哪些管控措施、管控措施是否完好，即是否存在隐患。对存在的隐患进行治理、确保管控措施有效，把风险管控在可接受的范围内，这就是风险管控。

《危险化学品企业安全风险隐患排查治理导则》（应急〔2019〕78号）中对隐患的定义是：“对安全风险所采取的管控措施存在缺陷或缺失时就形成事故隐患”，即风险点的管控措施缺失或出现了缺陷，则形成了隐患，风险度相应会提高（发生事故的可能性及事故的严重程度分值均会升高）。如果隐患不能及时得以治理，则很可能会导致事故的发生；隐患得以治理，则风险度会随之降低。

要准确理解“把安全风险管控挺在隐患前面，把隐患排查治理挺在事故前面”这句话。有企业认为：管控不好出现隐患后，则风险转变成了隐患，风险就不存

在了。这是不对的。风险与隐患不是递进和取代关系，风险管控不好，可能会出现隐患，但此时风险非但没有消失，反而变得更大，隐患不能及时得以治理，则很可能会发生事故。

5 做好风险分级管控和隐患排查治理之间的有机结合

企业应对各风险点的现有管控措施通过隐患排查等形式进行管控。最理想的做法是在对风险分级管控的基础上，明确风险点及管控措施，列出详细的隐患排查清单，对风险点的各类管控措施进行隐患排查，确保管控措施有效。

但实际操作中存在一些弊端：风险点多、管控措施多，定期全面进行详细排查工作量大，企业疲于填写大量的排查表，而实际可能并未开展排查，只是在应付填写排查表而已。同时，企业还要依据《危险化学品企业安全风险隐患排查治理导则》（应急〔2019〕78号）开展隐患排查，工作量大，且存在重复性工作。

鉴于此，建议企业在做好《危险化学品企业安全风险隐患排查治理导则》（应急〔2019〕78号）要求的隐患排查的基础上，再逐步开展风险点管控措施的隐患排查。或者，企业可先不针对具体的作业活动、设备设施的管控措施进行排查，而是针对单元的管控措施进行排查，这样工作量相对较小，便于实际操作。

6 结束语

生产经营单位构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制虽早在2016年就提出，本次正式写入《安全生产法》，一方面说明要求企业构建双重预防机制的重要性，另一方面突显国家对安全生产的真正重视，要求生产经营单位对安全生产管理作出相应调整和改变，通过构建双重预防机制，防范各类事故、遏制重特大事故发生，切实保障人民群众生命和财产安全。

国外水泥窑余热联合自备电站的应用

李伟明

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

0 引言

本文介绍了巴基斯坦阿托克水泥有限公司 4000t/d 生产线配套建设一座带 CFB 锅炉的 15MW 余热联合自备电站的设计与应用效果, 该项目采用“三炉一机”配置, 即两台烟气余热锅炉加一台循环流化床锅炉 (CFB 锅炉), 配置一套中温中压汽轮发电机组。

与一般国外项目水泥窑同步建设余热电站和自备电站不同, 通过将余热锅炉和 CFB 锅炉统一设计在一个热力系统中, 建设一座余热联合自备电站, 既节约了项目投资, 也降低了电站运行成本。该水泥窑余热联合自备电站方案, 获得了业主的充分认可, 该项目的成功运行, 对国外类似工程设计具有一定的参考意义。

1 联合电站热力系统方案

水泥窑余热联合自备电站中 CFB 锅炉与常规水泥窑补燃余热电站中的补燃锅炉作用是不同的, 常规补燃锅炉的作用, 仅仅是对余热锅炉蒸汽进行再热, 稳定蒸汽品质, 保证汽轮机的稳定运行, 不增加余热电站的装机规模。而余热联合自备电站中, CFB 锅炉是电站发电的主力设备, 余热锅炉仅作为 CFB 锅炉的辅助热源。该联合电站, 可通过配置不同规格的 CFB 锅炉, 以满足水泥生产线对电力的需求。

本项目中, 阿托克水泥厂所在地区电力资源匮乏, 在要增加发电量, 投资还要省的背景下, 业主认可了水泥窑余热联合自备电站方案, 该电站装机规模为 15MW。在常规 4000t/d 水泥窑余热电站中, 电站发电量一般为 6MW, 即当联合电站装机要到 15MW, 多出发电所需的蒸汽由 CFB 锅炉提供。

同时, 业主也要求余热联合自备电站不仅仅余热锅炉和 CFB 锅炉联合运行, 还

要能独立运行，以保证电站能连续发电，即电站热力系统设计需考虑以下三种发电工况：a) 三台锅炉联合运行；b) CFB 锅炉单独运行；c) 2 台余热锅炉单独运行。

结合 CFB 锅炉运行的经济型，兼顾水泥窑余热锅炉具备独立发电的功能，不同于常规余热电站的低压蒸汽参数的设计，本次采用了中温中压的热力系统设计，主蒸汽参数为 3.82MPa-450℃。

阿托克水泥窑余热联合自备电站热力系统方案特点如下，见图 1：

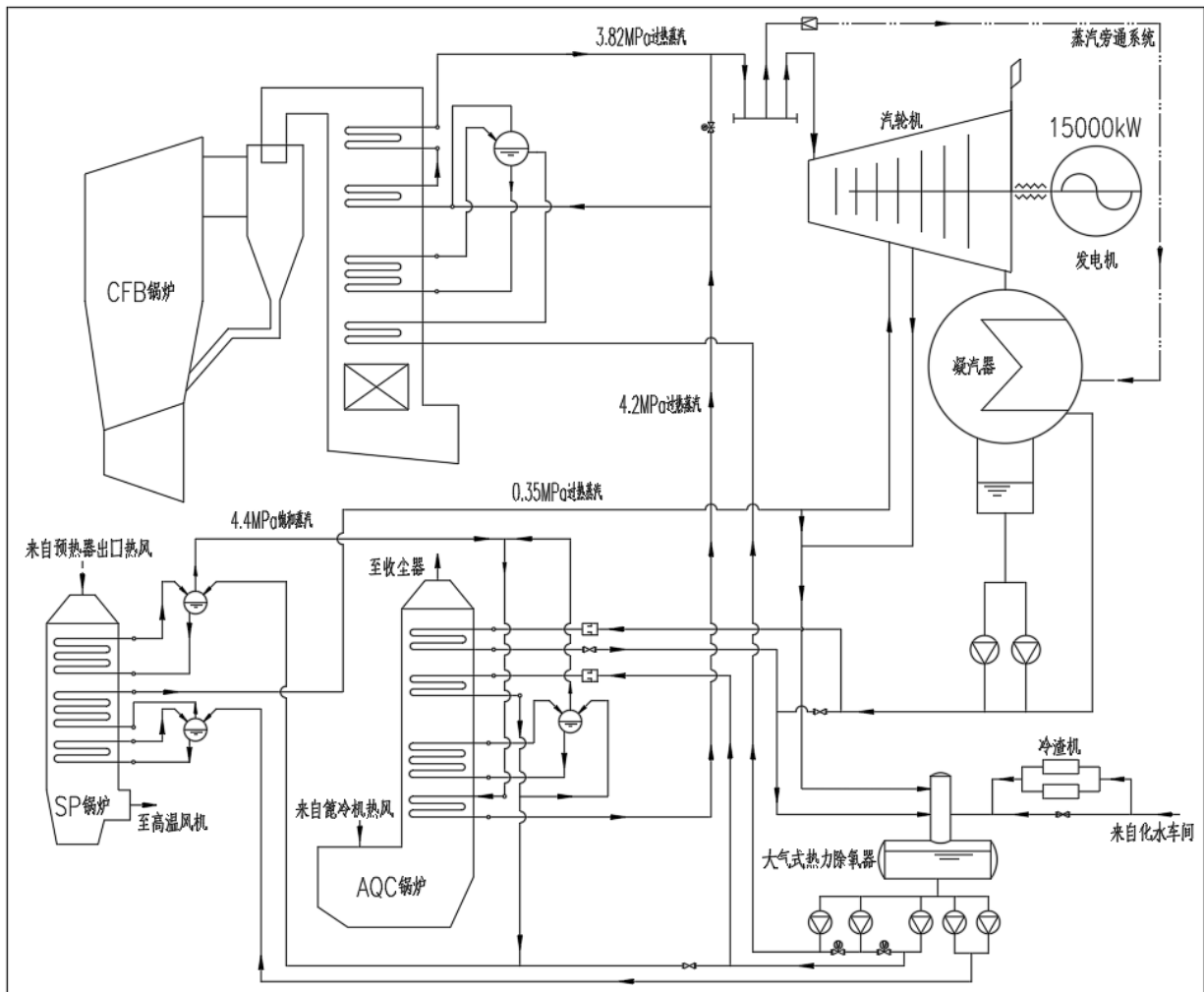


图 1 阿托克水泥窑余热联合自备电站原则性热力系统图

(1) 在 AQC 余热锅炉中，设置了一台兼顾余热锅炉和 CFB 锅炉总热水量的热水器，即汽轮发电机房凝汽器中的凝结水，经凝结水泵送入 AQC 锅炉热水器加热到 104℃后，再送入热力除氧器进行除氧，既充分利用了窑头余热资源，也减少了热力除氧器对低压蒸汽的需求；

(2) 由于生料中综合水份较低, 因此 SP 锅炉设置一套 0.35MPa 的低压蒸汽系统, 锅炉排烟温度为 180℃, 低压蒸汽可为热力除氧提供补充热源, 剩余的低压蒸汽送入汽轮机进行补汽发电;

(3) SP 余热锅炉生产的饱和蒸汽与 AQC 余热锅炉生产的饱和蒸汽, 汇总后送入 AQC 余热锅炉公共过热器过热到 350℃, 然后与 CFB 锅炉过热蒸汽一起进入 CFB 锅炉公共过热器进行再热, 最终 CFB 锅炉出口蒸汽温度为 450℃。

(4) 考虑 CFB 锅炉单独运行工况, 汽轮机设置低温抽汽口, 在余热锅炉不运行时, 通过抽汽, 给热力除氧器提供热源。

(5) 考虑余热锅炉独立运行工况, 设计要求余热锅炉及汽轮发电机组降压至 2.35MPa 后, 可稳定运行。

2 运行情况

阿托克水泥窑余热联合自备电站于 2018 年 4 月投入运行, 电站投入后运行稳定, 联合电站三台锅炉同时运行时, 发电量约 15400kW, CFB 锅炉独立运行时约 11000kW, 余热锅炉独立运行时的发电量约 4500~5000kW。

电站稳定运行的同时, 调试中也发现一些缺陷, 主要是当余热锅炉独立运行发电时, AQC 余热锅炉的热水器管道震动大。经分析, 由于 CFB 锅炉未投运, AQC 锅炉热水器的给水量大幅度减小, 凝结水泵变频后, 给水压力也降低, 造成热水器工作压力偏低, 出水温度高, 管道中的凝结水沸腾造成震动。在此情况下, 通过关小热水器出水阀门, 以增大热水器中给水的压力, 一定程度上减轻了热水器管道震动大的问题。因此, 在水泥窑余热联合自备电站的设计中, 如需要余热锅炉与 CFB 锅炉能单独运行发电, 可让两套锅炉系统的给水及除氧分开, 互不干涉, 避免类似情况出现。

同时也可以看到, 余热锅炉独立运行时的发电量较传统的低压余热电站更低, 因为受限于水泥窑废气温度, 虽然降压能运行, 但锅炉及汽轮机的效率也相应降低。不过电站自投运以来, CFB 锅炉系统较稳定, 单独余热锅炉运行发电的情况较少。

3 结语

在“一带一路”大环境下，水泥行业业务走出去，面对的主要是发展中国家的业主，这些发展中国家普遍存在地区供电不稳定或电力短缺等情况，而水泥窑对电量需求较大，如业主希望为水泥窑建设自备电站，在传统的建设余热电站和自备电站两座电站方案之外，采取水泥窑余热联合自备电站方案，可大幅度节约电站投资和运行成本，能给业主多一个解决供电问题的方案选择。

摘自《水泥工程》2022年第1期

HFCG120 辊压机蓄能器仿真分析

张文进

(中建材粉体科技装备有限公司, 安徽 合肥 230051)

1 前言

辊压机采用高压料床粉碎原理, 具备节能、增产、高效的优点, 在粉磨领域被广泛采用, 目前不仅用于水泥粉磨, 还应用于生料、钢渣、矿渣、陶瓷以及铁矿石等行业。

辊压机主要依靠两个水平安装且同步相向旋转的挤压辊进行高压料层粉碎, 被封闭的物料层在被迫向下移动的过程中所受挤压力逐渐增至足够大, 直至被粉碎且被挤压成密实料饼从机下排出。液压系统是辊压机的核心部件, 工作性能直接影响辊压机的生产效率和运行平稳性, 本文主要探讨 HFCG120 辊压机液压系统的加压、冲击工作性能与蓄能器容积、充气压力的关系。

2 HFCG120 辊压机液压系统原理

HFCG120 辊压机液压系统的原理图如图 1 所示, 电动机驱动液压泵从液压箱体抽出液压油, 并通过加压阀组传输至蓄能器及液压缸, 液压缸作用于活动辊轴系, 从而为辊压机挤压物料提供压力。

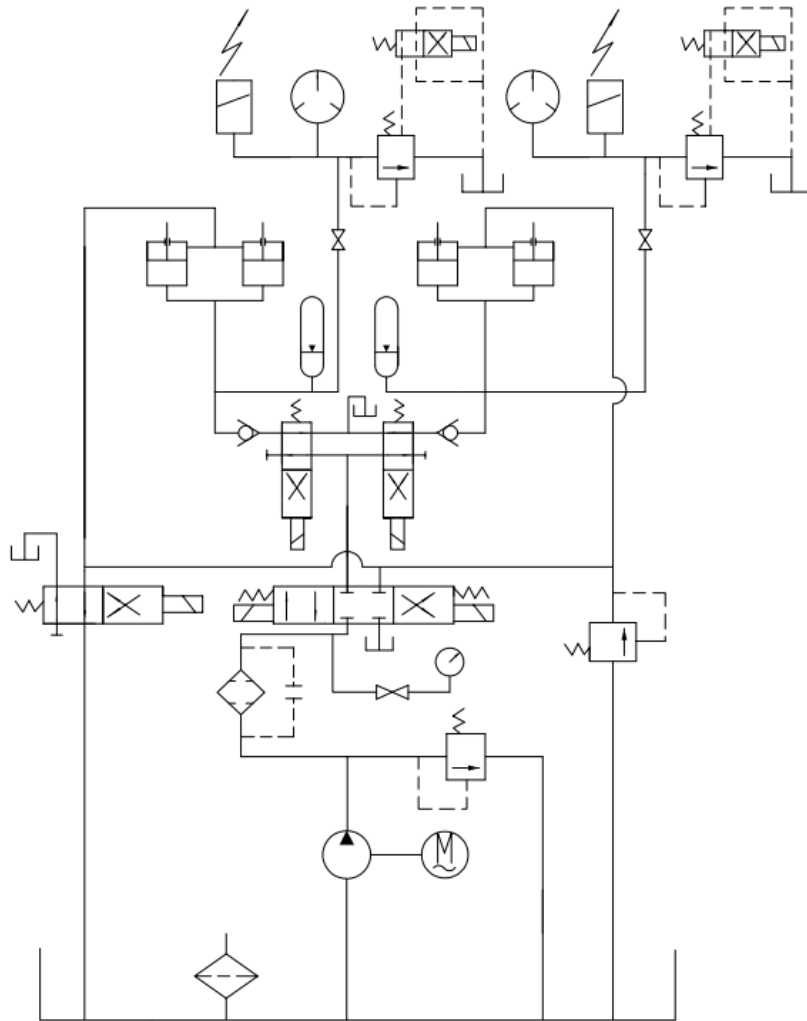


图 1 HFCG120 液压系统原理图

3 HFCG120 辊压机液压系统建模

为了提高仿真效率，在不改变系统工作原理的前提下，将 HFCG120 液压系统进行简化建模，具体仿真参数见表 1，仿真模型见图 2。

表 1 仿真系统参数

序号	项目	HFCG120	仿真模型
1	工作压力/MPa	7	7
2	工作压力上限/MPa	8	8
3	工作压力下限/MPa	6	6
4	蓄能器容积/L	40	20、40、60
5	蓄能器充气压力/MPa	~4.5	3、4.5、6
6	蓄能器数量/个	2	1

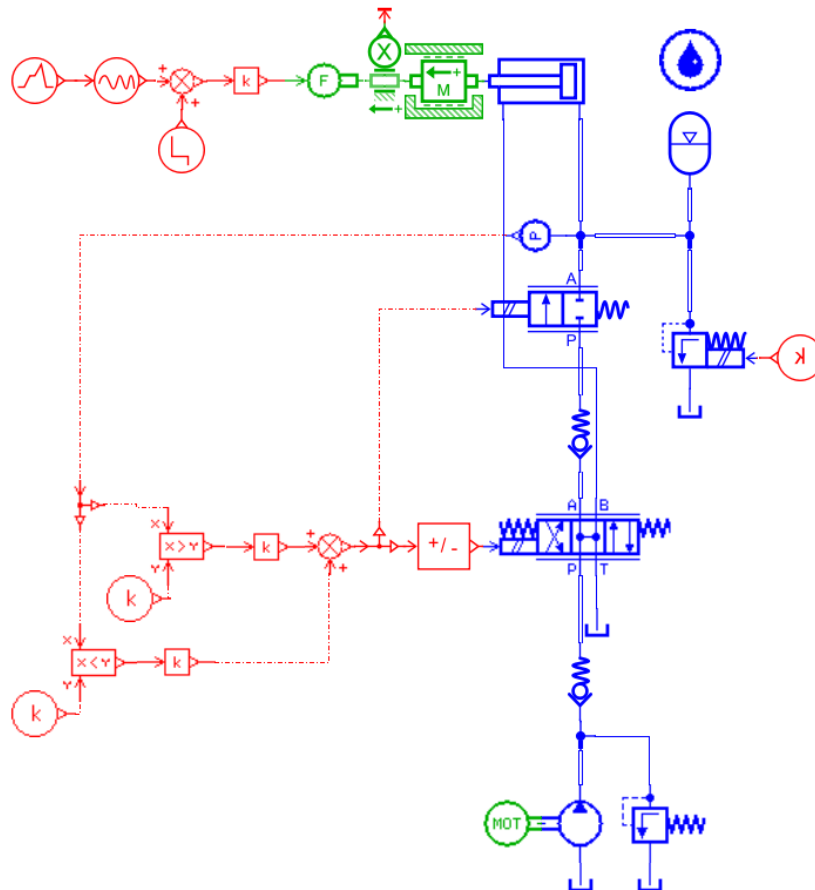


图2 HFCG120 液压系统仿真模型

液压系统仿真模型通过在负载端设置一定数值的受力信号，模拟辊压机实际工作时辊系受到的挤压力，在使用该仿真模型前，需要对其进行运行测试。

如图3所示，液压系统启动后，推动液压缸和辊系运动，在此过程中系统压力保持较低水平，直至液压缸和辊系运动到设定的初始辊缝位置，液压缸和辊系由于物理限位保持不动，而系统压力开始急剧增加，并在达到设定工作压力后保持不变。由此可见，液压系统仿真模型运行情况符合建模预期[1]。

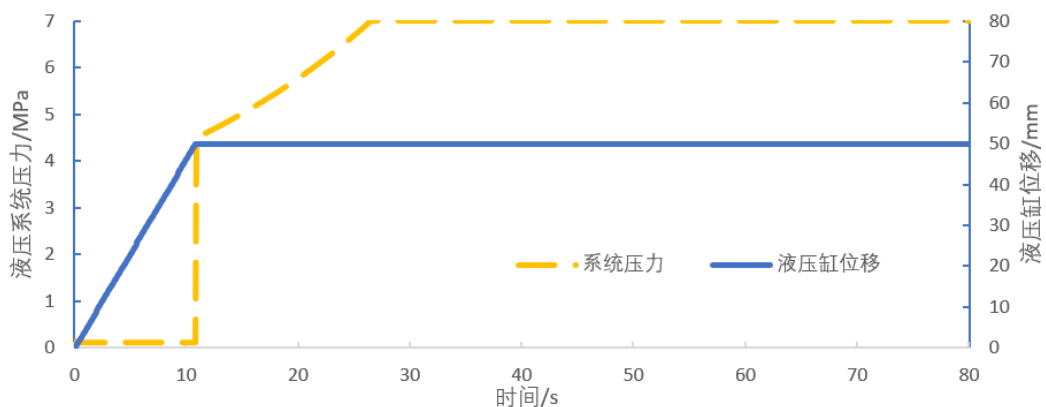


图3 液压系统仿真模型运行测试

4 HFCG120 辊压机蓄能器仿真

4.1 加压仿真

针对不同的蓄能器容积及充气压力，模拟系统启动时液压系统压力、液压缸位移及蓄能器皮囊体积随时间的变化情况。如图 4、图 5 所示，液压缸位移到达初始辊缝位置后，液压系统压力开始急剧增加到设定工作压力，同时蓄能器皮囊体积随之压缩。

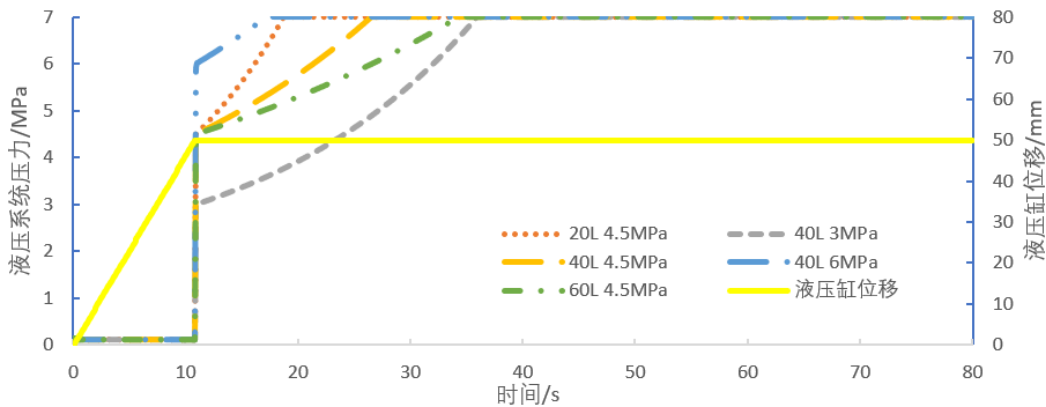


图 4 系统压力及液压缸位移变化

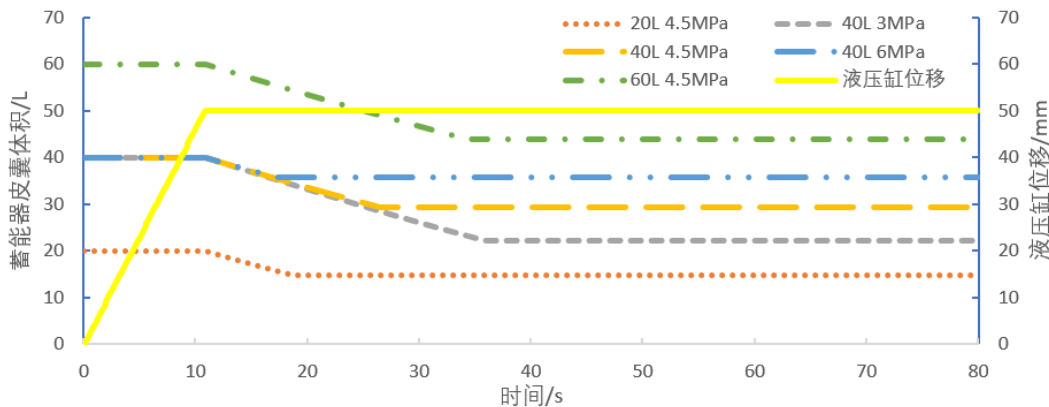


图 5 蓄能器皮囊体积及液压缸位移变化

将仿真数据统计到表 2 中，加压时间以液压缸及辊系到达初始辊缝位置为起始，以系统压力达到设定工作压力（7MPa）为结束。对蓄能器容积、充气压力和加压时间的关系进行二元一次方程拟合，拟合加压时间与实际加压时间的相对误差在±1%以内：

$$\text{加压时间(s)} = 0.3875 \times \text{蓄能器容积(L)} - 6.2 \times \text{充气压力(MPa)} + 28.06$$

对于本次构建的液压仿真系统，加压时间与蓄能器容积成正比，与充气压力成反比，即当蓄能器容积为 40L 时，充气压力越大，系统加压到工作压力的时间

越短；当充气压力为 4.5MPa 时，蓄能器容积越大，系统加压到工作压力的时间越长。

蓄能器平衡体积的定义是：液压系统处于设定工作压力（7MPa）下的平衡状态时，蓄能器内的剩余体积。对蓄能器容积、充气压力和蓄能器平衡体积的关系进行二元一次方程拟合，拟合蓄能器平衡体积与实际蓄能器平衡体积的相对误差在±1%以内：

$$\text{蓄能器平衡体积(L)} = 0.7325 \times \text{蓄能器容积(L)} + 4.6 \times \text{充气压力(MPa)} - 20.8$$

对于本次构建的液压仿真系统，蓄能器平衡体积与蓄能器容积成正比，与充气压力成正比，即当蓄能器容积为 40L 时，充气压力越大，蓄能器平衡体积越大；当充气压力为 4.5MPa 时，蓄能器容积越大，蓄能器平衡体积越大。

表 2 不同蓄能器容积及充气压力的加压仿真数据

蓄能器容积 /L	充气压力 /MPa	加压起始时间/s	加压结束时间/s	加压时间/s	蓄能器平衡体积/L
20	4.5	10.9	18.8	7.9	14.7
40	3	10.9	35.9	25.0	22.1
40	4.5	10.9	26.5	15.6	29.3
40	6	10.9	17.3	6.4	35.9
60	4.5	10.9	34.3	23.4	44.0

4.2 冲击仿真

在液压系统仿真模型负载端的受力信号中增加一次短促方波信号，以模拟辊压机实际工作时辊系受到的瞬时冲击。

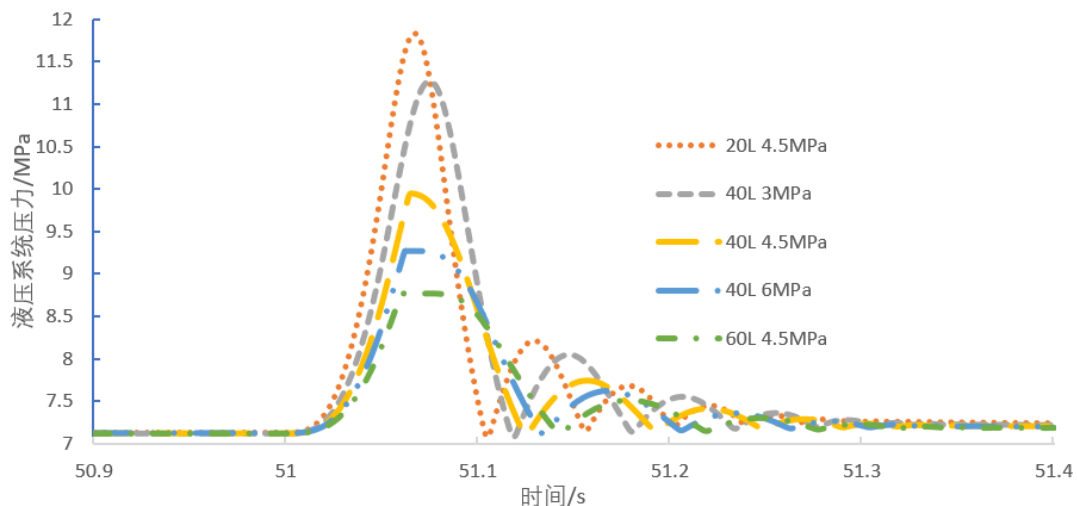


图 6 液压系统压力变化

如图 5 所示，当液压系统受到瞬时冲击时，系统压力急剧上升，从先导式溢流阀处溢流降压，并在瞬时冲击结束后震荡降低。

从表 3 可以看出，当蓄能器容积为 40L 时，充气压力越大，蓄能器平衡体积就越大，瞬时冲击压力越小，但降低的幅度越来越小；当充气压力为 4.5MPa 时，蓄能器容积越大，蓄能器平衡体积就越大，瞬时冲击压力越小，但降低的幅度越来越小。

表 3 不同蓄能器容积及充气压力的冲击仿真数据

蓄能器容积/L	充气压力/MPa	瞬时冲击压力/MPa	蓄能器平衡体积/L
20	4.5	11.8	14.7
40	3	11.3	22.1
40	4.5	9.9	29.3
40	6	9.3	35.9
60	4.5	8.8	44.0

对于加压仿真结果，在液压系统启动并达到稳定状态后，蓄能器内气体压力由初始充气压力改变至与液压系统压力相同，因此蓄能器容积越大，充气压力越大，稳定后的蓄能器平衡体积就越大。

对于冲击仿真结果，在液压系统启动并达到稳定状态后，蓄能器内气体压力与液压系统压力相同，而液压系统的瞬时冲击主要靠蓄能器来吸收，蓄能器平衡体积越大，在瞬间冲击时吸纳的油液就越多，液压系统所承受的瞬时冲击压力也就越小。

综上所述，较大的蓄能器容积有助于液压系统吸收辊压机运行过程中的瞬时冲击，但会导致系统加压到工作压力的时间较长，影响系统启动及系统泄压后重新加压的反应时间；较大的充气压力也有助于改善液压系统的瞬时冲击，并提高液压系统的反应速度，但一方面当充气压力在 4.5MPa 以上再提高时，瞬时冲击压力的降低值较小，另一方面当充气压力处于或接近液压系统的工作压力范围（6~8MPa）时，液压系统正常的压力波动会导致蓄能器菌型阀频繁的开启与关闭，极大地增加蓄能器的故障率。

综合分析，对于 HFCG120 辊压机的液压系统，当蓄能器容积在 40L，充气压

力在 4.5MPa 时，仿真加压时间为 15.6s，瞬时冲击压力为 9.9MPa，能够满足生产需求。

5 结语

蓄能器作为辊压机液压系统的核心部件，其容积和充气压力直接影响着液压系统工作的稳定性及可靠性，现场应用时，应针对不同的工艺设计、不同规格的设备以及不同的物料状态，及时调整蓄能器的各项参数，使辊压机达到最佳的工作状态。

参考文献：

[1]张新生,贾晓鸣,高军霞. 基于 AMESim 的辊压机液压系统建模与仿真[J].唐山学院学报,2015,28(03):42-44.

监理工程师如何履行职责管控安全风险

罗章

(合肥水泥研究设计院有限公司, 安徽 合肥 230051)

0 引言

在工程建设过程中, 监理单位开展安全生产管理的监理工作非常重要。我公司是长期从事水泥厂工程监理的专业监理公司。监理的水泥厂生产线工程建设投资大, 涉及到的工程结构种类多, 有砖混结构、框架结构、筒仓结构、轻型钢结构、网架结构、预应力结构等, 工程结构复杂。工程地下的地质条件复杂, 经常在桩基施工中会遇到喀斯特溶洞、土壤有腐蚀性等情况; 地上的高空作业较多, 特别是像窑尾塔架有一百多米高, 高空作业、交叉作业等危险源多。监理工程师在水泥厂工程监理中, 所遇到的安全风险大, 安全责任重大。

本人结合自身监理工作实际, 阐述监理工程师如何履行安全生产管理的监理工作职责和有效管控安全风险。

1 安全生产管理的监理工作内容

1.1 法律法规依据

对监理单位安全生产管理监理工作做出规定的法律法规主要有:《建筑法》、《安全生产法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》、《实施工程建设强制性标准监督规定》等。这些法律法规对监理职责和责任进行规定。其中,《建设工程安全生产管理条例》做出明确规定:工程监理单位 and 监理工程师应当按照法律、法规和工程建设强制性标准实施监理,并对建设工程安全生产承担监理责任。

1.2 《建设工程监理规范》具体规定

《建设工程监理规范》(GB/T 50319-2013)对建设工程监理做出如下定义:工程监理单位受建设单位委托,根据法律法规、工程建设标准、勘察设计文件及

合同，在施工阶段对建设工程质量、进度、造价进行控制，对合同、信息进行管理，对工程建设相关方的关系进行协调，并履行建设工程安全生产管理法定职责的服务活动。

《建设工程监理规范》中明确了项目监理机构开展安全生产管理的监理工作的内容，具体如下：

(1) 根据法律法规、工程建设强制性标准，履行建设工程安全生产管理的监理职责；并将安全生产管理的监理工作内容、方法和措施纳入监理规划及监理实施细则。

(2) 审查施工单位现场安全生产规章制度的建立和实施情况，审查施工单位安全生产许可证及施工单位项目经理、专职安全生产管理人员和特种作业人员的资格，同时核查施工机械和设施的安全许可验收手续。

(3) 审查施工单位报审的专项施工方案，符合要求的，由总监理工程师签认后报建设单位。超过一定规模的危险性较大的分部分项工程的专项施工方案，检查施工单位组织专家进行论证、审查的情况，以及是否附具安全验算结果。要求施工单位按已批准的专项施工方案组织施工。

(4) 巡视检查危险性较大的分部分项工程专项施工方案实施情况。发现未按专项施工方案实施时，签发监理通知单，要求施工单位按专项施工方案实施。

(5) 在实施监理过程中，发现工程存在安全事故隐患时，签发监理通知单，要求施工单位整改；情况严重时，签发工程暂停令，并及时报告建设单位。施工单位拒不整改或不停止施工时，及时向有关主管部门报送监理报告。

2 一般项目施工现场的不安全因素及水泥厂项目的危险源

2.1 一般项目施工现场的不安全因素

施工现场容易引发安全事故的因素有很多，主要包括人的不安全因素、物的不安全状态和管理上的缺失缺陷。

(1) 人的不安全因素。

人的不安全因素是指人员的心理、生理、能力中所具有不适应工作、作业岗位要求的影响安全的因素和人的不安全行为因素。

(2) 物的不安全状态。

物的不安全状态，是指可能导致事故发生的物质条件，包括：防护等装置缺乏或有缺陷；设备、设施、工具、附件有缺陷；个人防护用品用具缺少或有缺陷；施工生产场地环境不良等。

(3) 管理上的缺失缺陷。

管理上的缺失缺陷，是事故潜在的不安全因素，包括：技术上的缺陷；教育上的缺陷；安全投入不足；管理工作上的不到位等。

在工程项目上，应认真分析施工现场的不安全因素，提前做好预控。

2.2 水泥厂项目的主要危险源

水泥厂工程危险源清单多达数百项。涉及危险源的作业活动主要有场地平整、工地建设、土方开挖、基坑支护、脚手架工程、模板工程、混凝土工程、高空作业、施工临时用电作业、电气焊接作业、木工作业、起重作业、塔式起重机作业，预热器、回转窑砌筑施工，受限作业空间施工（回转窑、预热器、收尘等），网架安装、危险物品的存储、安全管理等，及宿舍、食堂内作业活动等。可能导致的事故类别有下列：物体打击、车辆伤害、机械伤害、触电、火灾、高空坠落、坍塌、放炮、化学性爆炸、中毒、窒息、灼伤和其他伤害等类别。

水泥厂工程有非常多的危险性较大分部分项工程，甚至有不少超过一定规模的危险性较大分部分项工程，还需要组织专家论证。以建德南方水泥有限公司绿色建材产业园 5000t/d 熟料水泥生产线技改工程项目为例，该项目有深基坑、高支模、滑模、磨机吊装、跨度大于 36m 以上的钢结构安装工程；跨度大于 60m 以上的网架安装工程，均为超过一定规模的危险性较大分部分项工程，施工单位编制了专项施工方案，并组织了专家论证，我项目监理部参与了专家论证会、进行了方案的审批。

3 管控防范安全责任风险措施

3.1 监理单位采取的措施

(1) 监理单位建立健全企业全员安全生产责任制，加强安全生产标准化建设；制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程；制定并实施本单位安全生产教育和培训计划；建立并落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患；制定并实施本单位的安全生产事故应急救援预案。

(2) 监理单位明确落实企业负责人第一责任人制度，落实分管企业安全生产工作的分管领导和设置安全生产管理的职能部门，落实企业安全生产明确各级监理人员的安全责任，确定企业内部各项目监理机构落实监理安全责任的考核检查标准，规范各项目监理机构安全生产管理的工作程序。

(3) 监理单位根据实际需要，编制企业内部的《建设工程安全生产管理的监理工作手册》等实用的安全生产管理方面管理文件，指导监理项目安全生产管理的监理工作。

(4) 监理单位设置公司级的安全生产管理机构，综合配备专职安全生产管理人员，实现对监理项目的职能管理。针对项目存在的如深基坑、临时用电、高支模、大型起重机械设备的安装和拆卸等重点危险源，实施重点监控、检查，以指导项目监理部的有关工作。

(5) 监理企业负责安全管理的职能部门要做好对项目监理部的检查计划，并严格落实检查制度。定期(或不定期)、全面检查所有在监工程的安全状况和各监理机构的安全工作情况，规范安全生产管理的监理工作程序及考核检查标准，有效地规避因监理单位和监理工程师的安全生产管理的监理工作不到位所导致的责任风险。

3.2 项目监理部采取的措施

(1) 履行建设工程安全生产管理的监理职责。

总监理工程师要对工程监理项目的安全生产管理的监理工作负责，组建项目监理部时，根据所监理的工程项目特点、大小复杂程度，配备专兼职安全生产管

理监理工程师及安全生产管理监理人员，落实全员安全生产责任制，明确监理部所有监理人员的安全生产管理的职责，切实保证相关责任落实到位。应熟悉监理合同，明确监理任务，人员定职定责。总监理工程师要结合工程项目实际情况，对现场监理人员进行安全生产管理的监理工作进行技术交底，提高监理人员有关能力。

(2) 编制安全生产管理的监理工作文件。

项目监理部根据《建设工程安全生产管理条例》的规定和建设工程监理规范的要求，编制包包含安全生产管理的监理工作内容指导性强的监理规划，明确安全生产管理的监理工作的范围、目标、内容、方法、工作程序和制度措施，以及人员配备计划和职责等。对危险性较大的分部分项工程，项目监理部编制有针对性的安全生产管理的监理实施细则。组织全体监理人员参加监理规划和实施细则的交底会。

(3) 审查有关安全的开工报审材料

工程开工前，监理项目部应对施工单位所报送的资料进行认真审查，主要内容有：

a、根据《建设工程安全生产管理条例》规定，审查施工单位报送的施工组织设计。施工单位应当在施工组织设计中编制安全技术措施和施工现场临时用电方案。

b、根据《建设工程安全生产管理条例》第 26 条规定，审查施工单位的达到一定规模的危险性较大的七个分部分项工程专项施工方案。应审查危险性较大的分部分项工程安全专项施工方案是否符合工程建设强制性标准要求。

c、根据《建设工程安全生产管理条例》规定，审查施工单位是否建立健全安全生产责任制度和安全生产教育培训制度；是否制定各项安全生产规章制度和安全操作规程；是否保证安全生产条件所需资金的投入；是否对所承担的建设工程施工进行定期和专项安全检查，并做好安全检查记录。

d、审查施工单位企业资质证书及安全生产许可证是否合法有效。重点审查项

目经理及专职安全生产管理人员是否具有合法有效资格，审查特种作业人员资格，做到相关证书与人员及身份证相符，特别要注意证书的有效期。对于存在的问题应责令施工单位及时整改、补充和完善。

(4) 巡视检查危险性较大的分部分项工程专项施工方案实施情况。

施工过程中，监理要求施工单位严格按照已经审批(审查)通过的施工组织设计和专项施工方案组织施工。要观察拟建建筑物周边是否毗邻建筑物、构筑物、地下管线，施工单位的保护措施是否有效和有针对性。对工程出事频率高的以下方面进行重点检查：

- a、基坑坍塌，主要是放坡不够，基坑支护不过关，施工过程中易坍塌。
- b、起重设备的安、拆，主要是拆除极易突发事故。
- c、高层的窑尾塔架（民用建筑的电梯井）等坠落、坠物，高处作业坠落、坠物。
- d、卸料平台不合格或超载。
- e、脚手架、模板支撑系统材料不合格或现场施工作业人员违章作业，不按审定的施工方案施工。
- f、现场临时用电安全。
- g、装修过程极易发生消防事故。

监理人员应加强巡视检查危险性较大的分部分项工程专项施工方案实施情况，主要检查现场实际是否符合施工组织设计和专项施工方案的内容，如模板支撑、垂直运输、脚手架搭设、基坑支护、临时用电等，当发现未按专项施工方案实施时，监理部签发监理通知单，要求施工单位按专项施工方案实施。

由监理部或联合业主共同组织安全大检查。组织安全大检查可以有效发现事故隐患，是一个督促施工单位及时做好安全工作的有力措施，也体现了“安全第一、预防为主，综合治理”的方针。安全大检查内容依照《建筑施工安全检查标准》（JGJ59-2011），分安全管理、文明施工、扣件式钢管脚手架、门式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架、承插型盘扣式钢管脚手架、满堂脚手架、悬挑式脚手架、附着式升降脚手架、高处作业吊篮、基坑工程、模板支架、高处作业、施工用电、

物料提升机、施工升降机、塔式起重机、起重吊装、施工机具十九个部分。每一部分均有具体检查内容和标准。每次检查后均签发安全检查简报，并在监理例会上进行讲评，通报和分析检查存在的安全问题、各种隐患，要求限时整改，并组织复查整改结果。必要时可召开安全专题会议。要求有关单位限期进行整改，

在实施监理过程中，发现工程存在安全事故隐患时，应签发监理通知单，要求施工单位整改；情况严重时，应签发工程暂停令，并应及时报告建设单位。施工单位拒不整改或不停止施工时，项目监理机构应及时向有关主管部门报送监理报告。同时一定要向本监理单位做出汇报。

(5) 做好资料日常管理和归档。

严格按照监理工作程序开展工作并做好记录并保存，主要为：监理日志、监理例会会议纪要、监理月报、监理通知单、监理工作联系单、备忘录等。

监理部建立收发文制度，对业主的发文，施工方的发文，签字手续一定要完备，谁收谁签字，杜绝代签。一旦发生安全生产事故，监理部保存的书面资料（尤其是日常监理安全内业资料）是证明自身合法合规开展安全生产管理监理工作的最有说服力的凭据材料。

工程竣工后，项目监理部应将有关安全生产的技术文件、验收记录、监理规划、监理实施细则、监理月报、监理会议纪要、监理通知单及监理通知回复等按规定立卷归档。工程资料的整理专人负责，规范收集、整理归档。

3.3 监理从业人员方面的措施

(1) 加强学习，熟悉法律法规和规范标准

监理人员一定要加强法律法规的学习，要学法、懂法、用法。学习《建筑法》、《民法典》、《安全生产法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》、《建设工程勘察设计管理条例》、《实施工程建设强制性标准监督规定》等。加强学习建设工程监理规范、安全方面的标准规范有关施工安全方面的强制性标准，以及技术规范、规程等，学会合理应用。

(2) 立足本职，尽力做好沟通协调工作

监理人员在履行职责管控安全风险的同时，除了做好份内的本职工作外，还

要善于做好与参建各方的沟通协调工作。

a、项目监理部与建设单位的协调沟通方法为坚持原则、客观公正，善于表达意图和展示能力。学会尊重，学会倾听，坚持工作做到位，尊重业主。

b、项目监理部与施工单位的协调沟通方法。做好事前监理交底，严格按照规范和程序开展安全生产管理的监理工作，遵循“公平、独立、诚信、科学”的准则，树立监理方的威信，互相尊重，不可凌驾于人，要具有敢于管理的勇气，必要时敢于使用监理手段。

c、监理与建设主管部门的协调沟通。平时要保持联系，一旦有特殊情况可立即报告。

d、坚持依法监理，合理管控安全风险责任。

(3) 加强职业道德教育，提高个人修养和素质。

4 合理规避安全生产管理的监理工作责任

造成项目监理和监理单位在建设工程安全生产管理中承担责任主要有两个原因：

(1) 直接过错。

如违章指挥和不规范监理，错误同意施工单位的不合理专项施工方案，不合格品当作合格品放行，造成质量和安全事故。

(2) 监理部和监理人员不作为。

不作为就是失职，也就是没有切实按照规范和措施开展安全生产管理的监理工作，未切实做到“一审二查三停四报”。该审查的未审查，该检查的未检查，该停工的未停工，该报告的未报告。

在建设工程安全生产管理的监理工作中，监理单位的责任确实较大，甚至有时被无限放大，为了控制风险和规避监理责任，项目监理部和监理人员要严格按照《建设工程安全生产管理条例》和建设工程监理规范的要求开展安全生产管理的监理工作，从监理单位、项目监理部和监理从业人员采取分级管控措施，大胆工作，积极作为，就会合理规避安全生产管理的监理工作责任。确保建设工程处于安全可控的状态。



合肥南方水泥有限公司6000t/d新型干法水泥熟料生产线

