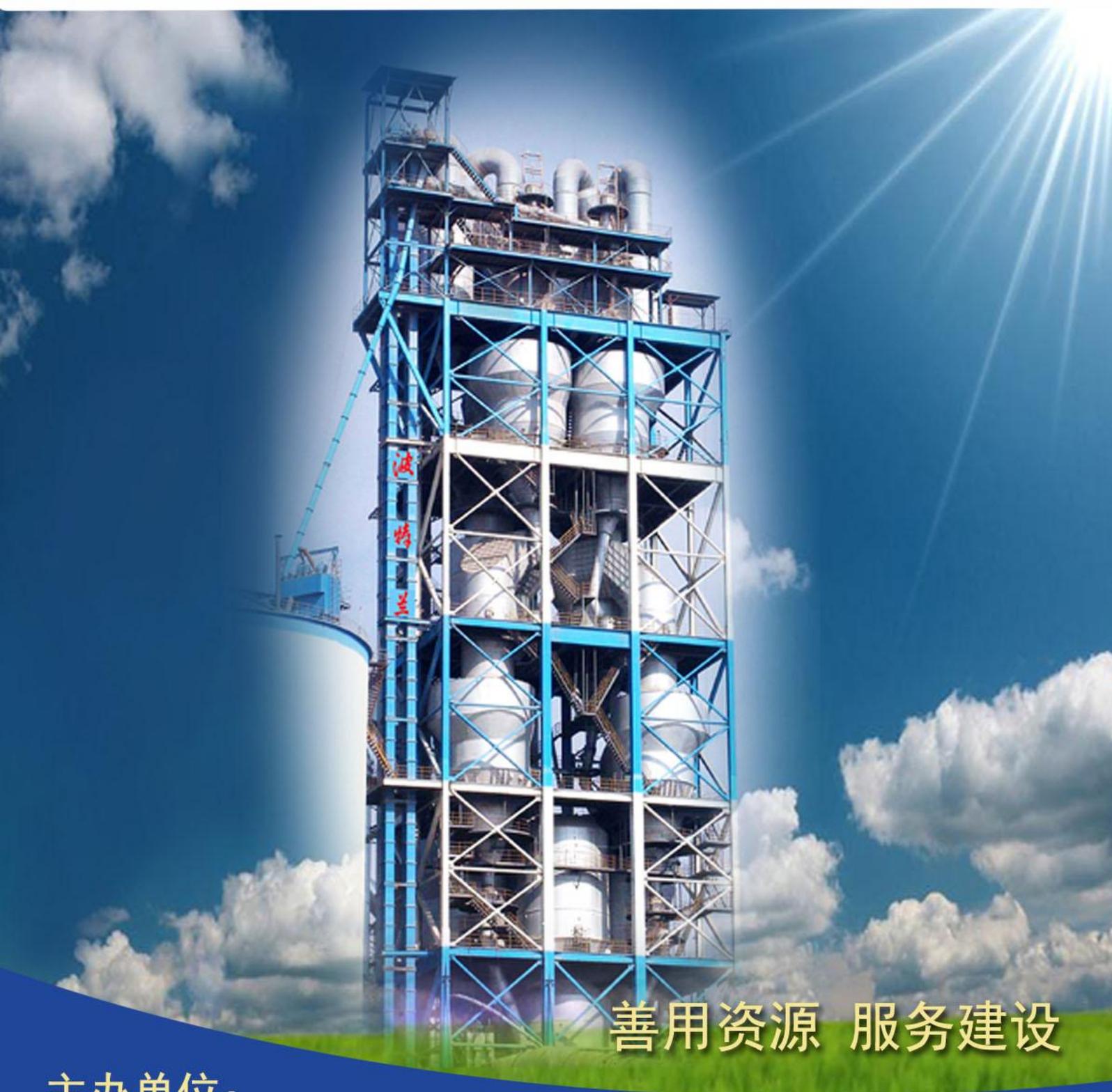


水泥科技

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

波特兰不断建立粉体输送计量技术新标杆



一、波特兰新技术，请浏览www.portland.cn，或扫描下方二维码，关注微信公众号。

二、波特兰最新技术进展：

《水泥磨钢丝胶带斗式提升机》

《辊压机循环重载钢丝胶带斗式提升机》

《提升机智能驱动控制系统》

《水泥散装计重一体化系统》

三、波特兰技术支持方式：

1. 现货提供波特兰及国内外同业钢丝胶带斗式提升机整机及配件；
2. 为水泥企业计划实施的节能技术改造提供全过程服务；
3. 协助水泥企业制订节能减排方案。

1991 **26年** 2017

始终如一地致力于粉料储存、输送、
计量、材料、控制工程学科技术创新

国家科技进步二等奖

合肥水泥研究设计院机电工程技术研究所
中建材（合肥）机电工程技术有限公司

地址：合肥市望江东路60号

电话：0551-63439277 63439397

邮箱：portland586@163.com

邮编：230051

传真：0551-63416295

网址：www.portland.cn

周啸 所长
总经理

波特兰
PORTLAND



“波特兰”微信

水泥科技

(季刊 1988年创刊)

2017年第1期

3月20日出版

主办单位：合肥水泥研究设计院

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：陆树标 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://218.22.22.203/>

投稿邮箱：snkj@hcrdi.com

目次

- 国外水泥总承包工程设计特点
..... 许京法 /1
- 浅谈我国水泥工业CO₂排放现状及减排途径
.....彭克金, 林成, 章明朗等/11
- 浅谈CFB锅炉在水泥厂电站中的应用
..... 曹百言/15
- 利用干排电石渣生产水泥的几点体会
..... 纵振海/20
- 生产水泥、矿渣、钢渣多产品粉磨系统技改方案
..... 韩修铭, 胡光/24
- 窑头燃烧器点火油枪的技术改造
..... 黄成平/29
- 水泥厂袋式除尘器的技术改造案例
..... 徐英杰/32
- 浅谈水泥厂建设工程安全监理的方法和要点
.....林文祥, 马猛 /44
- 国际工程设备出口退税案例及效益分析
.....韦家信 /50
- 钢结构工程油漆用量与损耗系数估算方法
.....朱敏 /57



国外水泥总承包工程设计特点

许京法

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

沙特纳季兰 NCC 日产 6000 吨水泥生产线是合肥水泥研究设计院第一个真正意义的国外水泥工程总承包工程, 设计工作从 2005 年 7 月开始, 历经大约 18 个月。笔者参加了这个工程设计。之后, 笔者还陆续参加了沙特纳季兰 NCC 日产 3000 水泥熟料生产线及粉磨站总包工程、沙特阿拉伯北方 NRCC 日产 6000 吨水泥生产线一线、二线以及埃塞俄比亚 MESSEBO 日产 3000 吨等多条国外总承包水泥生产线的工程设计。这些工程均已达标达产, 运行效果良好, 为业主赢得了很好的经济效益和社会效益, 为合肥院国际化发展做出了重要贡献。

本文拟就这些国外水泥总承包工程设计特点及经验做一论述, 以与同行交流, 期望对国外水泥总承包工程设计有一定的借鉴作用。

1 项目投标与合同签订

刚介入国外水泥总承包工程, 投标人员常常由于经验缺乏, 对工程招标书甚至合同条款了解不足, 即与外商签订了总承包工程合同。为以后工程设计及实施带来很多被动和困难。

(1) 国外工程与国内工程合同在广度、深度等方面要求相差甚远。国外合同要求更具体, 更广泛, 更详细, 而且多要求执行欧美规范、标准。按欧美规范、标准设计, 其与中国规范、标准有差异, 工程造价相对较高。

(2) 国外总承包合同中对设计方案、设备选型、品牌、供货商及建、构筑物形式都有具体规定。如: 设计方案具体描述、附有初步图纸、设备表、主要设备数据表及土建特征等; 并列出了规定的设备品牌及供货商短名单。

国外工程设计方案理念与国内不同, 欧美等先进国家更加注重安全与健康, 要求以人为本, 机械化、自动化程度高; 国内设计要求实用可靠、投资低。国外

设计往往规定的设计方案较国内的复杂，设计参数取值要求与国内也有区别，电气自动化程度高，控制点、监测点多，需要设备数量多；主机及关键设备大都需要进口名牌产品，设备制造要求高等。

(3) 国外总承包合同中包含设备、电气及土建等各专业设计准则。准则中规定了各专业具体设计原则，设备、材料选型方法，设计参数值，设备主要部件材质、寿命要求等。

国外总包合同中的设计准则通常规定设备储备及安全系数高，寿命要求长；电气、土建设计参数选取要求安全系数高，检测方法严格；要求的收尘点多，环境保护标准高等。

(4) 国外总承包项目投标报价与国内项目习惯不同。国际投标经验不足的承包商，常犯这样的错误：有的想当然按国内习惯做法设计而忽略标书的特殊要求，造成商务报价过低，而将来却须按标书要求设计，势必造成投资难以控制，影响项目效益。另有的承包商为承揽项目、取悦业主，技术投标超出招标书要求，选择过先进的设备、使用过高的技术标准，留过大的储备系数，又造成报价过高，没有竞争力，使将来的技术和商务谈判非常被动。

例如，在沙特初期的一些项目中，合同报价按国内设计习惯做法进行，报价过低。开始设计时按国内设计习惯做法进行，致使图纸多次审批通不过，造成工程工期及造价控制非常被动。在另一项目中，合同要求包括备品备件，为承接项目，将备品备件供应范围扩大化，甚至进口的大型电机都备用一台，而报价却没有跟上，造成合同执行困难。

应对措施：

(1) 设计者应熟悉国内国外有关建设标准，找出其中差别，能用中国有关标准的说服业主及咨询公司接受中国标准。完全按欧美标准建设，不利于工程管理。

(2) 项目投标要尽量按招标书要求做，不过多偏离，投标要考虑全面，不漏项。投标不仅要在技术上要满足标书要求，也要在报价上具有竞争力。

(3) 合同商务谈判与技术谈判要协调一致。工程项目谈判应先技术，后商务。

由技术人员先从技术角度对技术方案进行优化，才能为商务谈判打下基础，节省项目投资。因此，工程项目建设要求设计单位、施工单位和承包单位的技术人员从项目的招投标阶段就参与进来，从技术上保证谈判效果。

(4) 对招标书或合同中的不合理或矛盾、有异议不明确的技术条款，要注意作必要的澄清、修改、补充和完善。合同范围及附件条款的签订要具体、清晰、严密，不留有任何隐患与失误，以免模糊的合同给工程建设带来困难。这对下一步施工图的设计、图纸的确认相当重要，因为一旦中标及合同正式生效后，再更改相关条款就非常困难了，必须有充足的理由和较长的时间才能确定。这一点对工程顺利进行影响很大。因此，要在合同签订前由各专业人员先发现、先修改这些条款，并及时跟业主、咨询公司沟通，避免走弯路，以免造成各方利益损失。

2 工程设计

2.1 设计基础资料问题

(1) 原料特性研究

原料特性试验报告是设计的最基本依据之一，要求能准确地反映实际情况。虽然投标书中载明，原、燃料的特性试验可由承包商来做，但往往由于时间紧迫，试验包括取样工作由业主方找有能力做试验的公司做。而业主方从自身利益考虑及其技术水平原因，原料的易碎性、易磨性、易烧性和化学成分试验通常不在一家试验公司做，取样时间不同，这样造成做这些试验所用料样不是同一组料样，导致试验结果没有代表性、相互矛盾。

例如沙特北方工程，由于相信了业主提供的试验结果，造成生产以后诸多被动局面，这对以后的设计尤其是设备选型引起了误导。试验结果表明，石灰石的易碎性很好，但实际上，石灰石的易碎性并不好，虽然石灰石中粉料较多，看起来易碎，但其中的大块相当地难以破碎，结果在生产中，石灰石破碎机能力达产困难。业主提供的试验结果还表明，原料的易磨性、易烧性均好，而在实际生产中，原料对立磨的磨盘衬板及磨辊辊皮的磨损都较严重；窑内物料化学反应难，出窑熟料飞沙料较多，常造成三次风管积料，原因是：化学成分表明，粘土中的

游离氧化硅所占比例相当高，是所有二氧化硅的一半，易磨性、易烧性不可能好，取样的不一致性和不具代表性，使原料化学成分与易磨性、易烧性产生了矛盾。

（2）地质勘探报告

地质勘探报告是土建专业设计的最基本依据之一，建设场地地质的好坏关系到地基处理方式，对工程投资影响很大。一般地，建设工程的地质勘探报告由业主提供，但从业主角度考虑，往往其提供的报告比较保守。如沙特工程，业主提供的报告中地基承载力为 300~500KPa，而后来经过我方重探校核，地基承载力为 500~800KPa，业主提供的报告中数据明显保守。后来，以数据说服业主，按修正的地勘报告设计，节省了建设投资。

应对措施：

（1）原料取样工作必须由有经验的技术人员按规定进行，使所取样品具有代表性，然后再把所取的同一样品分别发往双方认可的试验公司进行各种试验。

（2）重视现场考察，有条件的要尽量参与地质勘探和取样工作。对业主提供的地勘报告要仔细研究，现场测量核对，以免在地基处理上花冤枉钱。

2.2 设计与图纸批准

国外工程设计过程与国内不同，国外工程设计往往由业主选定一家国外咨询公司来代表业主对图纸等设计资料进行审批把关。合同中有业主或咨询公司对图纸技术资料审批这一条款。咨询公司对设计的要求与国内常规比较，差异很大。从设计计算书到图面表达，图、表形式，资产编码（项目编码、车间编码和设备、子设备编码）规则，图纸版本号规定等，要求全然不同，设计图纸等设计资料要求出的细，工作量大。相同车间的计算书、设计图纸、表格等工作量通常为国内的 1.5~2 倍。

国外一般设计过程如下：首先根据原、燃料特性试验结果及合同要求确定工厂总图、工艺流程图、工艺设备表和供配电原理图、P&I 图、电气主要设备表及给排水流程图、给排水主要设备表，并提交咨询公司审批。在上述图、表中，要详细注明各设备的能力等有关设计参数。经咨询公司批准通过后，设计方案即确定

了。接下来，根据批准的图表进行各子项的工艺布置设计，完成后的工艺布置图纸及有关表格再提交咨询公司审批。经审批通过后的工艺图、表等资料即可提供其他各专业进行设计，其他各专业的设计图表、计算书同样必须要通过咨询公司的审批，这一阶段是整个工程设计中最关键、最复杂和占用时间最长的阶段。涉外工程还要求提供设备、建筑数据表供咨询公司批准，有的数据表如主要、关键及用量大而同类的设备等还要求在设备招标前提供审批，以指导设备招投标。数据表中对每种每类设备的配置都要有明确具体的要求，如：设备的各种参数、品牌、材料规格、冷却方式、密封方式、设备制造厂家等的选取。随着设备采购进行，还要根据订购的设备资料逐步修改完善工程设计图表及数据表，最后形成施工图资料，经咨询公司再次批准盖章后即可发往现场进行施工。

沙特 NCC 日产 6000 吨项目设计共送审设计图 600 多批次，项目共分 8 个专业，48 个子项，直接参加设计的人员约 40 人，共出 4027 张最终施工图（不包括中间报批图纸），各专业还编写了大量的计算书，统计表以及数据表，并分专业、分工艺流程编写了调试说明书共 5 部。

2.3 国内、国外工程设计技术差异

国内工程设计以生产实用为主，以节省投资为前提；而国外工程设计，要求人性化设计，以人为本，机械化、自动化程度高，环境保护要求严格。

(1) 国外工程设计，几乎所有厂房及有机电设备的地方都要有遮盖，而国内工程设计，为节省投资，可以露天化设计。

(2) 国外工程设计对皮带输送机的角度、进料点、起弧半径、带速、和防冲击等都有具体要求。尤其是要求皮带机凹弧半径要求大于 300 米，而国内要求仅大于 80 米，导致皮带机（廊）设计长度大大增长，总图布置占地面积大大增加。

(3) 环境保护方面，国外工程设计对粉尘排放的要求高于国内标准，粉尘排放浓度大多要求小于 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，有的要求小于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，而当时的国内标准为通用设备不大于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，热力设备不大于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。合同中具体规定了收尘点的设置、进风管的布置及收尘器型式规格的选取，具体形状等。

输送机每个卸料点必须有 3 个收尘点，即落料点的前后两点和机头罩上一点，每点风量、布置方式有详细规定。向上倾斜的收尘风管角度不能小于 70° ，向下倾斜的收尘风管角度不能小于 45° 。在实际进行设计时，我们发现如果按此要求设计，厂房高度大为增加，皮带廊道也要加长，且布置困难。

收尘器灰斗角度要大于 70° ，要求低过滤风速，这样使收尘器规格尺寸加大，需要厂房也大。

(4) 国外工程设计对空气斜槽的允许角度、物料计算密度、充气量的计算方法、充气方法、鼓风机压力的选取及其门、孔的设置等有严格要求。

(5) 国外工程设计对物料储存及输送的计算方法有具体规定：对物料储存，要求用低密度系数计算储库大小，这样选择的储库就大；对物料输送，要求用高密度系数计算驱动装置规格，这样选择的驱动装置也就偏大。

(6) 国外工程设计要求车间内要有充足的检修设施及维护空间：凡是大于 500 公斤需检修的设备上方都要设置检修设备，且检修设备能力要大于 5 吨；所有仓顶、楼梯平台上方要留有 2.1 米以上净空；设备四周留有 800mm 以上净空；楼梯宽度大于 1.1 米，角度要求 40° 以下，最高每 4 米一段，这样就增加了厂房荷载和厂房大小。

(7) 国外工程设计对设备、土建、电气及有关材料等安全、荷载系数及使用寿命要求比国内高。例如：有的设备的主要部件要求使用寿命是国内要求的 1.5~2 倍，有的设备和材料的安全、荷载系数选取也要求比国内高 1.5~2 倍，使设备、建筑、电气元器件及材料选型规格增大很多。

上述各种规定和要求将带来工程投资比国内同规模工程大大增加，工程设计难度大大增加。设计人员为节省投资，常常与咨询工程师争执不下，造成大量图纸的反复修改。

2.4 与业主或咨询公司的交流

业主或咨询公司对图纸等设计技术资料的审批程序繁琐，整个审批周期长的要 1 年半以上，短的也要 1 年左右，耗费大量人力物力，造成设计周期延长，从

而影响到整个工程周期。

咨询公司对每个子项的审批一般有 2~3 次，极端情况可达 6 次之多。按第一次审批时间为 2 周，其它为 1 周计算，每个子项至少也需要 1 个多月的审批时间。

例如沙特工程，影响工程建设周期最大的生料磨系统的工艺设计。第一次设计图纸在 2005 年 12 月中旬就提交咨询公司审批，但咨询公司又要求国外立磨供应商先确认。我们 2006 年 1 月 4 日将该图纸交国外立磨公司进行确认，直到 2006 年 2 月 9 日才拿到立磨公司确认意见。然后，再次将该子项图纸及立磨公司确认意见提交咨询公司审批。仅这一过程造成生料立磨系统设计延期 35 天，从某种程度上也是将整个工程建设工期延后 35 天。

应对措施：

(1) 尽量按已确定的合同有关技术条款进行设计，这样，图纸等设计资料比较容易获得通过。

(2) 设计者要熟悉国外工程设计的流程、各阶段设计的内容、范围、深度等，避免设计的盲目性。

(3) 对咨询公司每次审批时间的长短、各阶段确认的具体范围和相关责任做出明确的规定，对其进行约束。

(4) 定期参加由业主、咨询公司及承包商等多方组成的技术联络会，明确各方技术意图，在设计中贯彻这些会议中达成的技术协议。

(5) 了解业主方、咨询方和国外政府相关部门（有时土建设计须由当地政府部门批准）每年的休假制度，合理安排设计工作，将提交审批资料的时间尽量避开他们的休假时间，以免由于审批延误而耽误工程设计。国外的年休假次数多，有些假期长达一个月之久，怎样避开，需要具体情况具体分析。

2.5 与分供货商的交流，供货技术资料的确认及工程设计资料的修改与完善

对于业主或咨询公司已批准的设计资料，随着设备订货的进行，还需要多次按已确定的设备技术资料对其进行修改与完善，这段时间在整个设计工程中也占有很大比例，处理不好，也会较大影响工期。

(1) 国内制造设备：有的国外水泥工程所用设备，与国内设备差别很大，如电压等级，加工要求等，往往需要设备制造商特殊制造或非标制造，容易延长提供设备资料的时间。由于设备制造商水平参差不齐和对主合同的不熟悉，有的要多次与其进行技术交流才行。设备多次分期分批订货，也拉长了本阶段占用时间。上游专业设计要根据陆续收到的设备资料进行修改完善，这样又造成下游专业设计修改，有时还要反复进行。修改部分再提交咨询公司审批，有时审批不符合要求，还要通知采购部门重新进行设备订货。反复的修改、审批，延长了设计周期。

(2) 国外进口设备：国外水泥工程用主要关键设备如大于 1000kW 电机、立磨、篦冷机及大型减速机等大多都要求用欧美进口，有的要求全部采用进口设备。这些设备的供货周期长，设计用技术资料提供的较迟，确认内容与次数更多，再加上国外假期较多，这些都是造成设计延期主要因素。有这些设备的子项往往又是影响整个工程的关键环节，影响了这些子项的设计周期，就是影响了整个工程建设工期。

应对措施：

(1) 从设备招标环节开始就要解决设备资料问题，设备资料提资要有计划性。设计人员要参加设备招投标与技术谈判工作，从技术上把关，要求对设计影响大的设备尽早合理安排招标。

(2) 重视与设备制造商的技术交流，尽量一次性按主合同有关条款交流完整，避免提资多次出错。

(3) 加强与采购部门合作，由采购部门督促设备供应商尽快提资较为有力度。只有各大小分包商按合同、按计划的工作，才可能保证按期完成设计任务。

3 几点体会

对于涉外水泥工程设计，我的体会是比国内工程设计要求更严格，标准更高，内部、外部交流更多，工作量更大，所以难度也更大。如果能做到以下几点，就可较好地完成设计工作，做到与国际设计接轨，使设计不拖工程建设后腿。

(1) 组建技术过硬、配套齐全的设计队伍，专业之间协调、沟通顺畅，不扯

皮；加强专业培训尤其是国外工程设计培训工作；配备具有专业水平的翻译队伍，减少翻译失误带来的对设计的影响；多使用既懂技术又懂外语的人才。

(2) 重视工程投标阶段的技术工作，参与投标阶段的有关技术标书的研究，为投标工作当好参谋。

(3) 积极参与工程合同的谈判与评审工作，参与确定合同技术条款，对合同条款要仔细琢磨，以降低合同执行过程的技术风险。

(4) 熟悉合同规定的设计标准、规范和准则，多了解当地的环境条件、气候条件、习惯做法等诸多方面的经验，力求使设计符合合同要求和当地实际情况。

(5) 保证设计质量：设计要详细、准确，力求将细节表达清楚，尽量减少将来现场修改工作量。在每次设计协调会前要做好事前准备，充分利用协调会，将各种难题在协调会上当面协商解决，达成有利于我们的结论，以节省时间。每次协调会后各专业要及时开会交流，一个子项设计犯的错误，在其它子项要避免。

(6) 积极参加设备招投标工作，做好中标设备的确认工作，根据设备资料尽快修改完善工程设计，完成施工图纸。

(7) 与咨询公司的交流，既要表示尊重，又要据理力争，与其交往的过程是一个随着工作不断推进，相互不断磨合的过程。应注重以下几点：

a. 要规定交流方式、规则，保证沟通渠道顺畅。

b. 对有些与咨询公司有争议的问题，可先取得业主同意，充分利用业主的意见，促使咨询公司批准。

c. 在不违反合同的前提下，对业主和咨询公司的一些要求要区别对待，他们的一些合理化建议又不增加费用的意见可以采纳，对不合理的意见我们也要敢于否定。我们还可以向他们提合理化建议，但要做好说服工作，只要解释得当，他们也能接受。

d. 对咨询公司的一些技术数据与计算，我们一定要予以核算，这样可以避免花费很多额外的工程费用。

e. 要善于利用国外知名厂商意见，说服业主和咨询公司，降低某些合同要求。

f. 要认真记录由咨询公司审批的延误及由其失误造成方案反复等引起的损失，以便提出索赔。

4 结语

本人作为项目负责人，参加了多个国外水泥工程总承包的设计工作。回首这些工作过程，总结其中的经验教训，对今后的工作必有所裨益，也希望给同行有所借鉴。



浅谈我国水泥工业 CO₂ 排放现状及减排途径

彭克金、林 成、章明朗、唐徐宁
(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

2015年11月30日~12月11日,第21届联合国气候变化大会在巴黎举行,共有190多个国家和政府代表参加,讨论并签定了关于气候变化的全球协议《巴黎气候变化协定》(简称《巴黎协定》),旨在减少全球温室气体排放,避免危险的气候变化所带来的威胁。2016年11月4日,《巴黎协定》正式生效,其宗旨是确保全球气温与前工业时代平均气温相比上升“不超过”2摄氏度。97个国家已通过该协定。

目前,全球变暖已经成为公众热门话题。《京都议定书》中规定了6种主要的温室气体CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆。其中CO₂是造成地球温度升高的首要因素。因此降低大气中的CO₂体积分数是解决温室效应的关键。

国家发展改革委研究起草的《全国碳排放权交易管理条例(草案)》今年已提交国务院审议,这表明我国政府在应对气候变化方面正在采取更加切实措施。作为CO₂排放大户之一的水泥行业应引起高度重视。

1 我国水泥工业 CO₂ 排放现状

改革开放以来,我国水泥工业取得了突飞猛进的发展,1978年水泥产量仅为0.65亿吨,到1985年水泥产量就已达到1.46亿吨,首次居世界第一,2014年水泥产量高达24.76亿吨,2015年水泥产量为23.48亿吨。从1978年至2014年的26年间,水泥产量年平均增长率为14.8%,2015年水泥产量出现小幅负增长。

表1 近几年我国水泥产量及硅酸盐熟料产量表

年 份	2010	2011	2012	2013	2014	2015
水泥产量(亿吨)	18.7	20.6	21.8	24.1	24.8	23.5
熟料产量(亿吨)	11.52	13.07	12.79	13.62	14.17	13.30

水泥工业排放的温室气体 99%以上为 CO₂，水泥工业 CO₂ 主要是由水泥熟料烧成过程中燃料(主要是煤)的燃烧和生产水泥的主要原料——石灰石质原料中碳酸盐分解所产生的。其烧成过程中的主要化学反应式如下：



计算表明，每生产 1 吨水泥熟料，按一般生料理论料耗 1.5 计，生料中碳酸盐类占比约为 80%左右，据此计算水泥原料中 CaCO₃ 和 MgCO₃ 分解释放 CO₂ 近 0.53 吨。

近年来，水泥产业结构已得到很好的调整，新型干法水泥生产线已形成绝对主力军，落后产能已大幅度退出。熟料热耗大幅降低，吨熟料平均热耗约在 3050kJ 左右，据此计算吨熟料煅烧燃料释放 CO₂ 约 0.39 吨，再考虑运输用电力、燃油等方面的二氧化碳排放，吨熟料排放 CO₂ 约 1 吨左右。

根据我国 2010 年~2015 年的熟料年产量情况，可初步得出水泥行业年总排放 CO₂ 平均约 13 亿吨左右。可见，如果不对我国水泥工业 CO₂ 的排放加以有效控制，将给我们生存的环境带来不可估量的负面效应。

2 水泥工业 CO₂ 减排途径

2.1 采用第二代水泥烧成技术

熟料的理论热耗约为 1759kJ/kg。上世纪 70 年代，水泥生产发明预分解技术以后，特别是近年来预热系统的进一步改善，一些先进生产线熟料热耗已降低到 2929 kJ/kg，热效率已达 60%。

我国近年来正在大力进行第二代新型干法水泥技术装备的研发及关键技术攻关，其提出的吨熟料热耗指标可小于 2680kJ/kg.cl，比现有平均水平可下降 370kJ。据此计算，吨熟料可降低 CO₂ 约 0.05 吨。

2.2 研发适应水泥厂废气环境成本低廉的碳捕获技术

水泥窑系统的废气中存在含尘量大、温度高、气体成份复杂，因此进行碳捕获并加以利用难度大。国际上现阶段还主要停留在研发阶段，但一旦获得成本低廉可实现工业化的碳捕获技术，水泥窑系统的废气必将变废为宝。

2.3 采用替代燃料减排

用城市生活垃圾等可燃性废弃物替代煤煅烧水泥熟料,在提供同样热量的情况下,可燃性废弃物中含有碳的总量少于煤,燃烧后排出的 CO_2 总量也少于煤。据英、美国近年来水泥行业利用可燃废料的经验表明,在相同单位热耗的情况下,每生产 1 吨熟料,燃烧可燃废料所生产的温室气体 CO_2 数量,一般只有烧煤时的一半左右。

2.4 改变原料或熟料化学成分减排

(1) 用不产生 CO_2 且含有 CaO 的物质作原料。如化工行业的电石渣,其主要化学成分为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 1 吨无水电石渣含 0.54 吨 CaO , 用电石渣作为水泥生产原料,不会排出 CO_2 。与以石灰石含 56% CaO 作为水泥生产原料相比,利用 1 吨无水电石渣相当于减排 0.424 吨 CO_2 ; 又如高炉矿渣、粉煤灰、炉渣中都比粘土含有更多的 CaO , 能减少配料中石灰石的比例,这些经高温煅烧的废渣,在生产水泥时不会再排出 CO_2 。上述废渣每提供 1 吨 CaO 则减少排放 0.7857 吨 CO_2 。另外,上述废渣作为原料生产水泥还能降低熟料烧成温度,从而降低煤耗,也起到减排 CO_2 的作用。

(2) 降低水泥熟料中 CaO 的含量。目前,国内外进行低钙水泥熟料体系的研究和开发,即降低熟料组成中 CaO 的含量,相应增加低钙贝利特矿物的含量,或引入新的水泥熟料矿物,可有效降低熟料烧成温度,减少生料中石灰石的用量,降低熟料烧成热耗。低钙高贝利特水泥可把熟料中 CaO 降到 45%, 比现行硅酸盐水泥熟料少排 10%左右(约 0.16 吨)的 CO_2 。

2.5 提高水泥、砼质量以提高熟料强度和减少水泥中熟料含量

(1) 减少水泥熟料用量。减少水泥熟料用量表现在两个方面,一是在磨制水泥时,在保证水泥性能的同时多加混合材;二是在拌制混凝土时,使用替代水泥材料。现在,国内已用磨细高炉矿渣替代水泥 40%左右,我国进行的高掺量粉煤灰水泥研究,都为水泥工业减排 CO_2 提供了技术途径。

(2) 大力发展绿色高性能混凝土 GHPC 代替常规混凝土。GHPC 具有以下特点:

a. 大量节省水泥熟料。在 GHPC 中不是熟料水泥,而是磨细水淬矿渣和分级优质粉煤灰、硅灰等或它们的复合成为凝胶材料的主要成分,从而使原料及能源

消耗及 CO₂ 排放量大大减少。

b. 大量使用工业废渣为主的细掺料、复合细掺料和复合外加剂代替部分熟料，以降低污染，保护环境。国外已成功地用磨细矿渣和优质粉煤灰替代 50% 以上熟料制作 HPC。

c. 发挥 HPC 的优势，通过提高强度、减小结构截面面积或结构体积减少混凝土用量，从而节省水泥用量。

(3) 发展高标号水泥。修订和提高建筑质量标准，使高质量、高标号水泥和其他建材制品扩大生产，促进先进生产技术的发展。

3 结语

温室效应的加剧导致全球变暖，CO₂ 作为主要的温室气体，已经日益得到了人们的关注，但我国目前对水泥工业的 CO₂ 排放还未给予足够重视。因此，水泥行业研究开发并推广 CO₂ 减排技术任重道远。

开发第二代水泥烧成技术、研发适应水泥厂废气环境成本低廉的碳捕获技术、优化目前水泥工业的生产工艺、设计并生产低环境负荷高效的低碳熟料，并极大地利用工业废渣是我国水泥工业 CO₂ 减排的重要途径。



浅谈 CFB 锅炉在水泥厂电站中的应用

曹百言

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

1 CFB 锅炉简介

CFB 锅炉是循环流化床锅炉 circulating fluidized bed boiler 英文缩写。主要优点有：燃料适应性广、大于 2800 大卡的煤（页岩、矸石等）都可以作为燃料；燃烧效率高，最高可达到 98%以上，燃尽的灰渣参残余热值极低；可在床内直接脱硫及实现低 NO_x 排放，具有较好的环保功能；负荷调节大，改变燃料量与空气量可以调节锅炉的负荷。

CFB 锅炉系统包括煤和石灰石输送系统、锅炉热交换系统、炉底灰冷却及输送系统、空气和烟气系统。CFB 锅炉系统流程图见图 1：

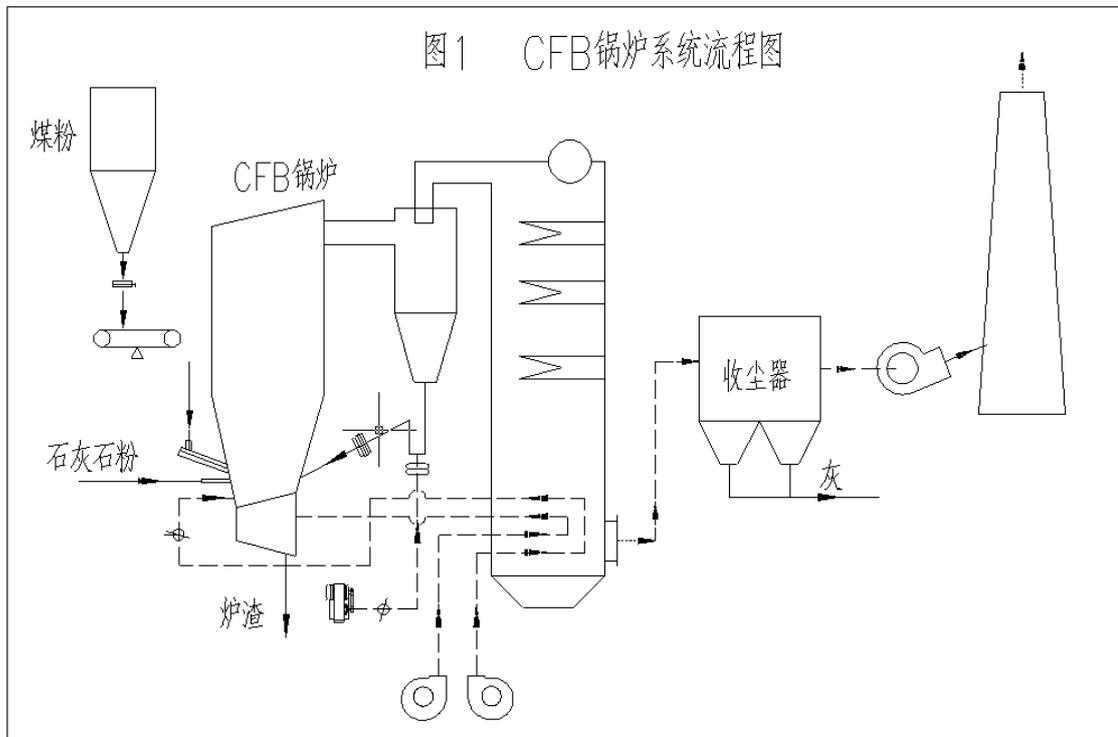


图 1 CFB 锅炉系统流程图

CFB 锅炉炉膛采用膜式水冷壁，锅炉中部是蜗壳式旋风分离器，尾部竖井烟道布置对流过热器，过热器下方布置省煤器及一、二次风空气预热器。

在燃烧系统中，给煤机将煤送入落煤管进入炉膛，锅炉燃烧所需空气分别由一、二次风机提供。一次风机送出的空气经一次风空气预热器预热后由左右两侧风道引入炉下水冷风室，通过水冷布风板上的风帽进入燃烧室；二次风机送出的风经二次风空气预热器预热后，通过分布在炉膛前后墙上的喷口喷入炉膛，补充空气，加强扰动与混合。燃料在炉膛内与流化状态下的循环物料掺混燃烧，床内浓度达到一定后，大量物料在炉膛内呈中间上升，贴壁下降的内循环方式，沿炉膛高度与受热面进行热交换，随烟气飞出炉膛的众多细小物料经蜗壳式汽冷旋风分离器，绝大部分物料又被分离出来，从返料器返回炉膛，再次实现循环燃烧。而比较洁净的烟气经转向室、高温过热器、低温过热器、省煤器、一、二次风空气预热器由尾部烟道排出。由于采用了循环流化床燃烧方式，通过向炉内添加石灰石，能显著降低烟气中 SO₂ 的排放。

2 CFB 锅炉应用于水泥厂电站的意义

水泥厂余热发电，一般主要是利用窑头、窑尾废气余热加热锅炉水产生蒸汽，蒸汽通过汽轮发动机发电。吨熟料发电量只有 32~42kWh。若是增加一台 CFB 锅炉，和水泥线锅炉同时运行，可大幅增加发电量。

对于部分煤价低、电力非常紧张、停电现象十分频繁的国家及地区（如巴基斯坦等），采用 CFB 锅炉和水泥线锅炉同时运行发电，基本解决了水泥厂自用电的需要，保证了水泥线连续运行，提高了经济效益。

3 CFB 锅炉和水泥线锅炉发电系统的有机结合

目前国内外常见的水泥窑余热发电采用的多为 1.7MPa 以下的低压蒸汽参数系统，而对于 CFB 锅炉，产生的蒸汽均为高温高压或中温中压。需通过调整传统水泥线余热锅炉结构及系统参数，对热力系统进行调整，将水泥线余热锅炉与 CFB 锅炉及汽轮发动机系统有效的结合起来，采用合适的中温中压系统，提高系统的热效率。

该系统主机包括一台窑头余热锅炉（AQC 锅炉）、一台窑尾余热锅炉（SP 锅炉）、一台循环流化床锅炉（CFB 锅炉）和一套补汽抽凝式汽轮发电机组。

通过对水泥窑余热资源分析，窑头 AQC 锅炉进口废气温度较高，一般达到 400℃左右，出口废气温度可降低至 100℃以下，AQC 锅炉适合作为高温过热器及热水器使用。在进行系统设计时考虑将 AQC 作为整套系统的公共热水器，将凝结水加热至 98℃后进入除氧器除氧，同时 AQC 锅炉设置公共省煤器将除氧后的锅炉给水加热至 245℃供 AQC 锅炉及 SP 锅炉锅筒使用。

SP 锅炉利用的是水泥生产线窑尾废气，其入口废气温度 320℃左右，出口废气温度需满足生料磨烘干温度的要求。根据原料水份不同的要求，一般 SP 锅炉出口温度在 180℃~220℃。在 SP 锅炉出口温度要求不高时，可在 SP 锅炉设置中压饱和蒸汽段和低压过热蒸汽段。其中中压饱和蒸汽段产生的饱和蒸汽送至 AQC 锅炉公共过热器过热，生产出的过热蒸汽作为补充蒸汽进入 CFB 锅炉；低压过热蒸汽段产生的蒸汽作为除氧器补充热源和汽轮机补汽使用。

CFB 锅炉取消除氧热水段，AQC 过热段补充蒸汽从减温器集箱进入 CFB 锅炉与 CFB 锅炉产生的蒸汽汇合后，由 CFB 锅炉高温过热段加热，生产出过热蒸汽供汽轮机发电使用。

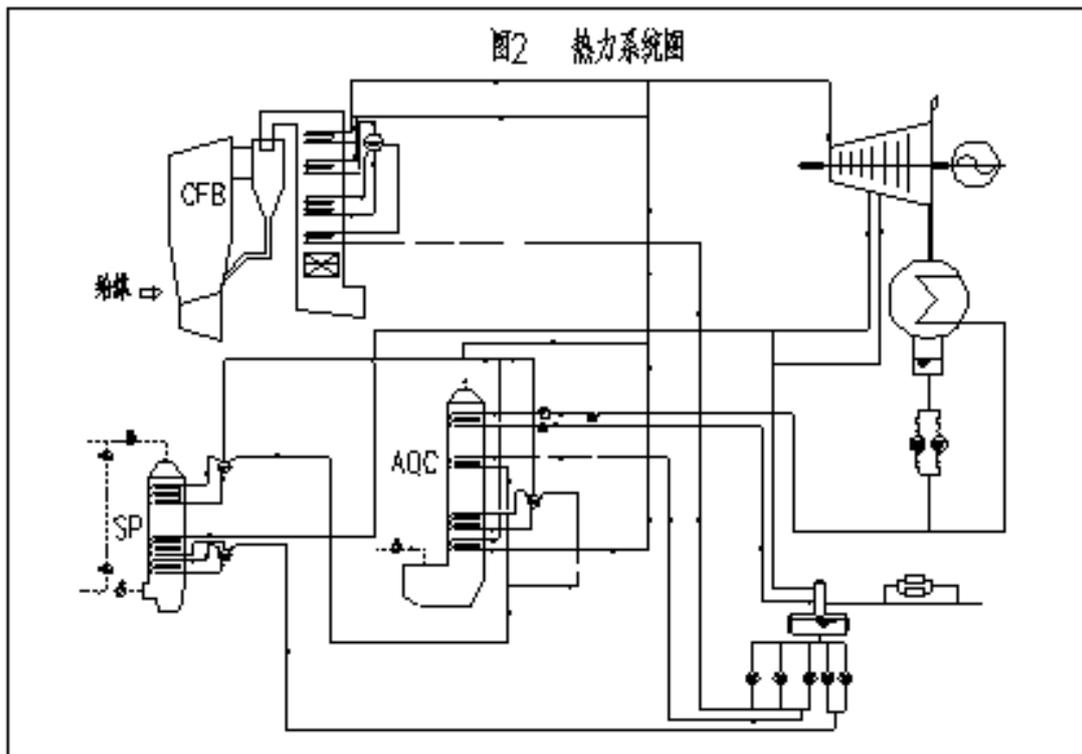


图 2 热力系统图

4 CFB 锅炉在巴基斯坦 ATTOCK 水泥公司电站上的应用

巴基斯坦 ATTOCK 水泥公司原有两条水泥生产线，并于 2010 年配套建设了 10MW 余热电站。2015 年 ATTOCK 水泥公司建设一条配套电站的 4000t/d 新型干法水泥生产线。该公司所处地区电网长期供电不稳定，停电现象十分频繁，本次建设一条 45t/hCFB 锅炉及水泥线锅炉可同时运行的 15MW 电站，以基本满足水泥线自用电的需要。

4.1 系统特点

4.1.1 采用合理的热力系统，提高系统发电量

系统采用 3 炉 1 机。CFB 锅炉与水泥线锅炉（AQC+SP）单独运行或同时运行时，汽轮机都能运行发电。

巴基斯坦气候干燥，原料水份低，窑尾 SP 锅炉出口温度选择 189℃左右。在 SP 锅炉设置中压饱和蒸汽段和低压过热蒸汽段。三台锅炉同时运行时，SP 锅炉产生的中压饱和蒸汽送至 AQC 锅炉公共过热器过热，生产出的过热蒸汽作为补充蒸汽进入 CFB 锅炉；低压过热蒸汽段产生的蒸汽作为除氧器补充热源和汽轮机补汽使用。

4.1.2 采用合理的压力参数，提高系统的热效率

采用中温中压参数，能同时充分发挥 CFB 锅炉、AQC 锅炉与 SP 锅炉的热效率。

汽轮机主蒸汽压力：3.53MPa(a)，主蒸汽温度：435±10℃，低压蒸汽压力：0.3MPa(a) 低压蒸汽温度：175±10℃。

4.1.3 采用 CFB 炉内脱硫

ATTOCK 电站原煤含硫低，系统采用炉内脱硫，简单实用。

4.1.4 采用气力输送煤灰

收尘器收集的 CFB 锅炉煤灰，通过气力输送至煤灰仓或生料均化库，可根据需要合理使用煤灰。

4.2 主机设备

主机设备选型如下：

表 1 主机设备选型表

序号	设备规格、型号	台数
1	CFB 锅炉 NGG-45/3.82/450	1
	额定蒸汽压力 3.82Mpa 额定蒸汽温度 450℃ 排气温度 140℃	
	工况 I:AQC+SP 同时运行	
	额定蒸汽量 62 t/h (自产蒸汽量 38t/h)	
	工况 II:独自运行	
	额定蒸汽量 45 t/h	
2	AQC 锅炉参数	1
	进口废气量 160000Nm ³ /h 进口废气温度 400℃ 出口废气温度 96℃	
	CFB 锅炉启动工况	
	公共过热器	
	蒸汽压力 4.3Mpa(a) 蒸汽温度 350±10℃ 蒸汽量 23.9 t/h	
	CFB 锅炉停机工况	
	公共过热器	
	蒸汽压力 2.45Mpa(a) 蒸汽温度 338±10℃ 蒸汽量 28.8 t/h	
3	SP 锅炉参数	1
	进口废气量 252000Nm ³ /h 进口废气温度 320℃ 出口废气温度~189℃	
	CFB 锅炉启动工况	
	饱和蒸汽段	
	蒸汽压力 4.4Mpa(a) 蒸汽温度 256℃ 蒸汽量 10.8t/h	
	低压过热蒸汽段	
	蒸汽压力 0.45Mpa(a) 蒸汽温度 195±10℃ 蒸汽量 14t/h	
	CFB 锅炉停机工况	
	饱和蒸汽段 蒸汽压力 2.6Mpa(a) 蒸汽量 14.4t/h	
	低压过热蒸汽段 蒸汽压力 0.45Mpa(a) 蒸汽量 12.3t/h	
4	汽轮机 BN12-3.53/0.3/0.3	1
	额定功率 r: 12MW 额定转速: 3000r/min	
	主蒸汽压力: 3.53MPa(a) 主蒸汽温度: 435±10℃ 主蒸汽流量: 45.9/h	
	低压蒸汽压力: 0.3MPa(a) 低压蒸汽温度: 175±10℃ 低压蒸汽流量: 14t/h	
	排汽压力: 0.007MPa(a)	
5	发电机 QF-J15-2	1
	额定功率 15MW	

CFB 锅炉在 ATTOCK 水泥线电站项目上的应用，将对电力紧张国家及地区，具有很好的示范作用，具有很好的经济及社会效益。

利用干排电石渣生产水泥的几点体会

纵振海

(合肥水泥研究设计院, 安徽合肥 230051)

近年来, 干法乙炔技术在国内化工行业取得了很大发展, 有效地解决了湿法乙炔工艺生产过程所产生的电石渣浆污染问题。干法乙炔产生的电石渣水分含量低, 可以直接进库配料, 为采用“干磨干烧”新型干法水泥工艺带来了极为便利的条件, 进一步降低了利用废渣生产水泥的投资和能耗。

自2007年以来, 我院陆续承接了数条干排电石渣制水泥的设计任务, 例如湖南湘维1200t/d熟料水泥生产线、四川永祥2500t/d熟料水泥生产线、济源中联4500t/d熟料水泥生产线等工程已经建成投产, 最近内蒙三联塑胶有限公司电石渣装置改造工程的设计正在做前期准备工作。从设计和生产调试过程中反馈的经验看, 利用干排电石渣制水泥的过程中存在一些技术难点和要点, 如果解决不当, 会给生产带来不可估量的损失。本文就利用干排电石渣生产水泥的工程设计谈几点体会。

1 物料输送

目前, 国内现有的几条干法乙炔生产线, 正常生产时所排电石渣水分都控制在5%~10%。这种电石渣如果用汽车运输至水泥厂, 在物料的装卸过程中会产生大量的扬尘, 影响水泥厂和周边环境。如果采用气力输送, 由于电石渣比重较轻, 颗粒较细, 干排渣水分波动比较大, 输送过程中电石渣易结团沉积吸附在管壁上造成堵塞, 同时气力输送还要考虑残余乙炔气体在密闭管道输送中的防爆等安全问题, 这些环节都是电石渣输送设备选型时应该认真考虑的。

基于这种状况, 经过广泛调研和深入比较, 设计时可以采用管式皮带机输送干排电石渣。这种输送方式密闭性好, 输送距离长, 布置比较灵活, 对于排渣水分波动有较好的适应性, 电石渣可以直接从化工厂排渣车间输送至水泥厂储库,

有效解决了输送过程中的环保问题，同时管式皮带运行平稳，在各行业中都有成功运行的先例，能保证生产连续稳定的进行。

我们在某水泥厂的生产线设计时，由于当地属于丘陵地带，厂区地形比较复杂，从化工厂干法乙炔发生车间到水泥厂原料储库的直线距离虽然只有300m左右，但中间要跨越几个山坡和一条省际铁路线。初步设计时，由于对地形复杂程度估计不足，对管式皮带机转弯角和机架摩擦阻力计算出现偏差，生产调试过程中出现管式皮带机拖不动的现象。设备调试期间，经过重新计算，同时和设备厂家多次沟通后，对原有管式皮带机结构重新进行了设计，增加托辊的数量，减少摩擦力；胶带更换为管式皮带机专用胶带，增加传动系统动力，由原有的单传动55kW改为双传动110kW。经过调整后再次开车，试车和生产运行正常，取得了满意的效果。

2 物料储存

由于化工厂和水泥厂工作制度的不同，生产和维护时间都具有不确定性，为了保证化工厂生产连续稳定的进行，干排电石渣必须有一定的生产储存期，储库可以建在化工厂或者水泥厂内，但要根据总图设计合理布置。

设计时，应该考虑到电石渣长时间在储库内堆积时，易与空气中的CO₂接触板结成块，造成储库下料困难，同时干法乙炔生产过程中有部分电石残余随电石渣一同进入到水泥厂储库，存放时会与水反应溢出部分乙炔气体，给生产带来安全隐患。现场调试时也证明了这一点，我们取的干电石渣样品，经测定温度在80℃左右，水分含量5%~8%，装在密闭容器中有冷凝水产生，样品中有一定量的颗粒状物质。入库储存一段时间后，从库下配料秤处取样的电石渣已经完全成粉状，说明确实有少量的电石残余在储存过程中继续反应，储库设计时必须考虑到这一点。因此，工艺设计时，可以在电石渣储库外侧增加了一套循环装置，库顶选用处理较大风量的防爆型收尘器，当水泥厂停产维修时，可以启动外循环装置，使库内物料流动起来，降低物料结皮板结的几率，同时排出库内溢出的乙炔气体，为连续稳定、安全生产提供保障。

3 配料

由于国内化工行业干法乙炔装置技术水平还不是很成熟，产生的干排电石渣水分波动比较大，这就给电石渣的生料配料带来了很大的困难，因此在设计时，我们多次去已经有干排电石渣物料的单位考察，对物料性能进行仔细分析。经过多种方案比较，听取各方面的意见，最终确定了稳流装置+调速皮带秤的配料方式。见下图：

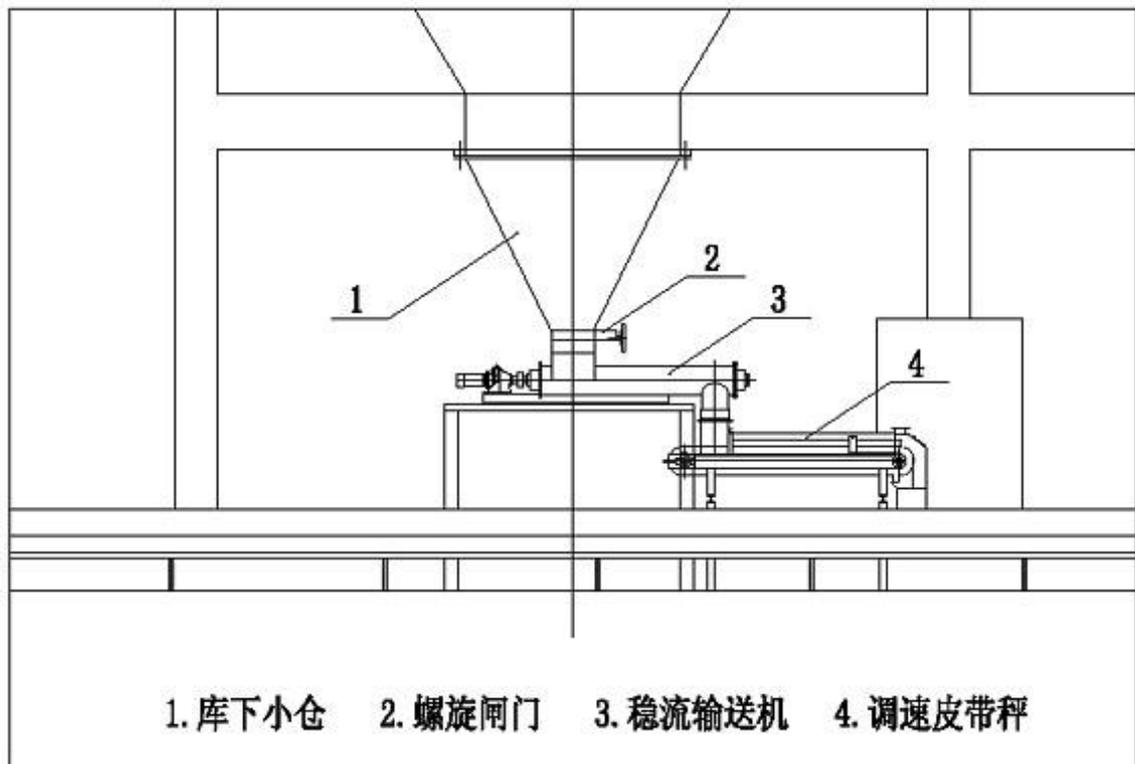


图1 下料装置示意图

这种装置适应性强，应用范围广，当来料电石渣水分很低时，螺旋稳流输送机有很好的锁料功能，防止库内冲料，保证皮带秤的来料均匀稳定，计量准确。当来料水分比较高时，螺旋稳流输送机又起到强制卸料作用，生产线的配料系统能继续正常运行。实际生产证明，这套装置运行稳定，适合干排电石渣的生料配料。应该注意的是，业主采购设备时，应将这套装置作为一个单元统一采购，PLC编程可以采用多元双回路控制设计，既要保证配料的稳定准确，又要防止上下游设备之间信号紊乱，影响设备正常运行。

4 结束语

目前，干法乙炔技术在国内化工行业已得到较大范围的推广，干排电石渣给水泥行业的废渣利用带来了很大的便利，使新型干法水泥技术在电石渣利用方面得到更好的发挥。因此，随着化工行业的技术进步，新型干法水泥生产中将越来越多地利用干排电石渣，本文仅谈了工程设计中的几点体会，还有更多的经验需要设计人员和生产企业在实践中进一步摸索。



生产水泥、矿渣、钢渣多产品粉磨系统技改方案

韩修铭、胡 光

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

0 引言

水泥工厂通常会根据产品市场需求和混合材供应情况生产多个品种水泥, 为了控制生产成本选择不同的混合材。不同的混合材其物理化学性能差异较大, 对水泥粉磨工艺的要求也不一样。由于产品方案和混合材品种的多样化, 水泥厂需要能够与之灵活适应的水泥粉磨系统。本文以工程项目技术改造实例, 介绍一种适应于多产品方案和多种混合材的水泥粉磨系统技术改造方案。

1 项目概况

武汉鑫缘绿色冶金渣技术开发有限公司是一家从事钢渣、水渣等冶金渣固体废物综合处理的技术开发公司, 主要生产矿渣微粉、钢渣复合粉, 用作水泥混合材调配料或商品混凝土掺合料。公司拥有 3 套 $\Phi 3.2 \times 13\text{m}$ 球磨机和 1 套 $\Phi 2.6 \times 13\text{m}$ 球磨机粉磨系统, 利用武汉钢铁公司每年约 200 万吨废渣(钢渣和矿渣)为资源依托, 在钢渣预处理和磨细生产过程中, 还可以经磁选分离出废钢由武钢公司回收, 科学、有效地解决了武钢冶金渣外排污染和循环利用问题。

为了解决原生产系统生产调配不灵活, 产量低、电耗高等问题, 2014 年 5 月, 武汉鑫缘公司与合肥水泥研究设计院签订了水泥粉磨系统工程改造项目设计合同。该项目是针对其中的两套 $\Phi 3.2 \times 13\text{m}$ 球磨机(3#、4#磨)进行技改, 新增 HFCG160-140 型辊压机、HFV3000+HES2500 选粉机与原有球磨机配套, 组成联合粉磨系统, 设计范围从原料配料开始至成品入库。2015 年 2 月联动试车, 并于当月带负荷生产。经过生产考核, 各项性能均优于合同保证指标, 达到比较理想的效果。

2 工艺流程

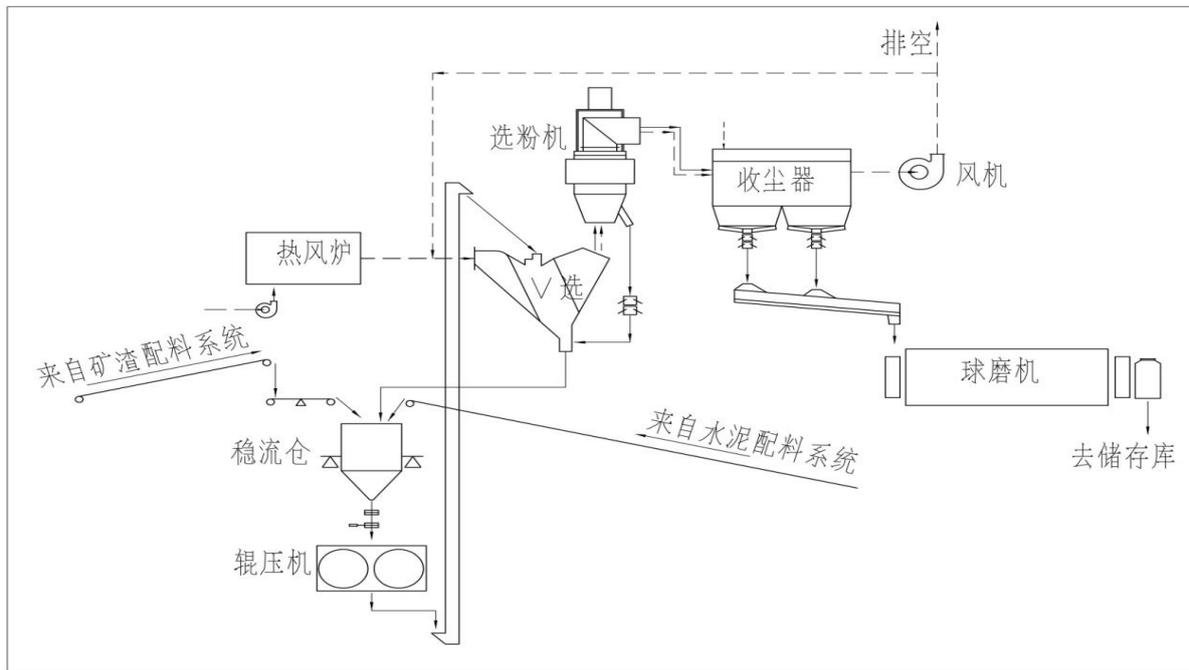


图 1 粉磨系统工艺流程图

3 技术特点

3.1 一套系统生产多种产品的技术

为了更灵活的适应市场要求，业主提出让同一套粉磨系统能在不同时段分别生产水泥、矿渣、钢渣。设计人员通过分析矿渣、钢渣原料的粒度与水分含量、调研以往矿渣、钢渣挤压机粉磨系统的运行情况，通过特殊技术设计，使该系统具有极强的适应性，能满足业主的多产品种类要求。经过生产实践，该系统产品质量好、指标先进，系统运行平稳，在能够满足生产不同产品情况下大大节约了建设投资。此系统填补了国内空白，目前已申请国家实用新型专利（受理号为201620868583.4）。

3.2 新型下料技术

由于矿渣原料的水分含量较高、矿渣粒度较细，在下料过程中往往会发生堵塞，这也是矿渣粉磨系统中比较常见的问题。在本项目中，设计人员发明了一种新型空间下料装置，有效的解决了矿渣等湿含量较大的物料易堵料的现象，空间弯曲平滑过度，管道无积料死角，物料通过畅通，大大降低了工人手工清堵的劳

动强度，提高系统运转率。此技术已获得国家实用新型专利。

同时，由于矿渣来料水分具有不确定性，本次系统增加了辊压机电动进料装置，大大方便了系统的操作。

3.3 柱钉辊面技术

该项目在主机设备上采用了一些新技术，如主要设备辊压机采用柱钉辊面等，有效解决了因设备磨损带来的停机情况，一次使用寿命可达3年以上，大大提高了系统运转率。

3.4 采用先进的自动控制系统

全厂的主体控制方案采用先进的集散型控制系统(DCS)。检测点的设置以满足工艺生产可靠运行为前提，一般的工艺参数仅设置显示，重要参数设报警和记录，在生产的关键环节设置自动控制回路。主要设备如辊压机采用自动纠偏装置，有效解决了因设备偏辊造成的系统停机现象。

3.5 节能效果明显

本次工程设计中，辊压机与球磨机装机功率比达到 1.4: 1，改造后辊压机和球磨机各自的优点得以充分发挥，其中辊压机利用粒间高压粉碎原理，高效、节能，大幅度改善入磨物料的粒度和易磨性，气流分级机能有效消除辊压机边缘漏料对球磨系统产生的不良影响，使入磨物料的粒度趋于均齐，保证后序球磨系统工况的稳定，使研磨体的配备更具针对性和有效性，各球、段的群体冲击、研磨功能得到更为有效的发挥，进一步提高系统的粉磨效率，从而达到增产节能的目的。改造完成后矿渣粉磨电耗由原来 80kWh/t 以上降至 50kWh/t 以下，按年产 63 万吨矿渣粉计算，每年可节电约 2000×10^4 kWh。后期考虑将球磨机内研磨体换为陶瓷球，每吨矿粉成品电耗还有 10% 以上的下降空间。

辊压机加球磨机挤压联合粉磨系统在粉磨矿渣等较细、含水量较高的物料时，通常做法都是矿渣新鲜料先进气流分级机进行烘干，然后再进入辊压机进行挤压，而由于矿渣本身原料就较细，经过挤压及烘干后大大提高了其流动性，辊压机极易产生振动，系统无法稳定运行，为了稳定运行，往往将辊压机转速调低，用牺

性产量的方式来换取系统稳定。

本次设计前，深入分析其振动原因，将矿渣新鲜物料直接送入稳流称重仓，与挤压完的循环料充分混合再进入辊压机挤压。另外还改进了液压系统。由于物料的干、湿混合均匀，辊压机料床得到稳定，系统运行平稳可靠。

4 主要技术经济指标

本项目主要技术经济指标达到同期国内领先水平，产品品质好，其中矿渣粉已达 105 级。性能考核具体指标见下表：

表 1 矿渣磨性能考核结果

改造前指标				
矿渣产量：22 t/h； 矿渣单位电耗：80kWh/t				
考核性能指标				
原料配比	矿渣粉磨能力		矿渣粉磨系统单位电耗	
矿渣：石膏 95%：5%	≥60t/h 成品比表面积= 410±10m ² /kg		≤55kWh/t（从辊压机系统进料皮带机至入库提升机）	
考核结果				
实际配比	比表面积	成品细度	台时产量	工序电耗
矿渣：石膏 96.4%：3.6%	420 m ² /kg	R0.045mm 筛余 1.2%	≥75 t/h (干基)	48.6kWh/t
产品煤耗	矿渣原料水分在 10% 左右情况下，煤耗 ~20kg/t（煤热值 4500~4800kcal/kg）			

表 2 钢渣磨性能考核结果

考核性能指标				
原料品种	钢渣粉磨能力		钢渣粉磨系统单位电耗	
钢渣	≥80t/h 成品比表面积= 450±10m ² /kg		≤48kWh/t（从辊压机系统进料皮带机至入库提升机）	
考核结果				
实际配比	比表面积	成品细度	台时产量	工序电耗
100%钢渣	450~500 (m ² /kg)	R0.045mm 筛余 <1%	≥90 t/h	≤42.0 kWh/t

5 结语

武汉鑫缘公司该项目 3#、4#球磨机系统技改工程是我院粉体公司承接的粉磨技改项目，由于项目在具有上述一系列技术特点，改造后的节能、环保及各项技术指标效果显著，该项目荣获了建材行业第二十次优秀工程设计三等奖。



窑头燃烧器点火油枪的技术改造

黄成平

(合肥水泥研究设计院, 安徽合肥 230051)

1 概述

由合肥院总包埃塞 Messebo 日产 3000 吨熟料水泥生产线, 经过短期生产调试, 很快投入正常生产运行。应业主要求, 自 2011 年起, 合肥院一直为其提供生产承包管理, 产量一直稳定运行在 3600t/d, 获得业主高度好评。该生产线窑头煤粉燃烧器选用皮拉德 (pillard) 四风道燃烧器 (带气雾化点火油枪系统), 原点火油枪在生产调试过程中, 使用效果很不理想。

2 存在的问题

- (1) 点火困难, 经常熄火;
- (2) 油雾化效果差, 火焰燃烧无力;
- (3) 油枪头部滴油, 油落在窑衬上燃烧, 造成窑前砖严重剥落;
- (4) 打开压缩空气阀门 (以加强油枪雾化效果) 时, 回油将顺着气路跑到压缩空气罐, 最后进入袋收尘, 情况将非常危险。

3 点火油枪及供油系统的改进

为确保生产正常地运行, 现场经过一段时间的摸索, 临时加工制作了一个新的点火油枪, 使用效果良好。(见图 1)



图 1 改进后火焰的形状

3.1 材料及要求

$\phi 33 \times 7000\text{mm}$ 和 $\phi 27 \times 7000\text{mm}$ 无缝钢管两根，旧油枪头（或耐热钢柱 $\phi 42.4 \times 70\text{mm}$ ）一个， $\phi 27 \times 160\text{mm}$

3.2 制作方法

先将旧油枪头（或耐热钢圆柱）端面钻一个 $\phi 3 \sim 4\text{mm}$ 小孔（如图 5），再用两根不同直径的无缝钢管进行套装。然后将里面钢管头部焊接一个形如子弹头的顶针，尾部焊接 $\phi 27 \times 160\text{mm}$ 螺杆，将里面钢管与外面钢管一端用螺栓固定。最后将外面钢管与油枪头焊接成一体即成。

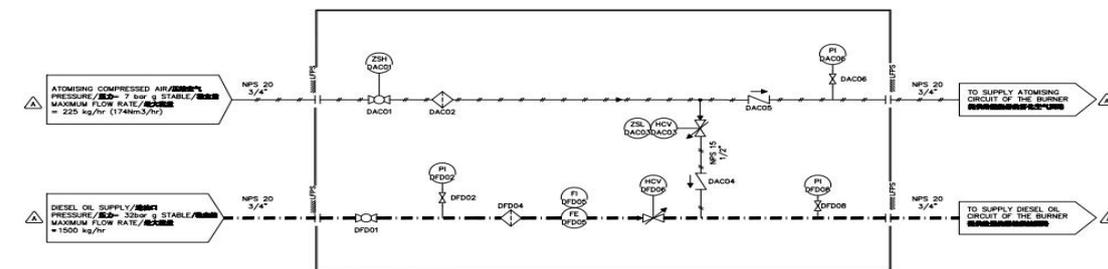


图 2 原供油系统



图 3 原油枪图部



图 4 改进后油枪

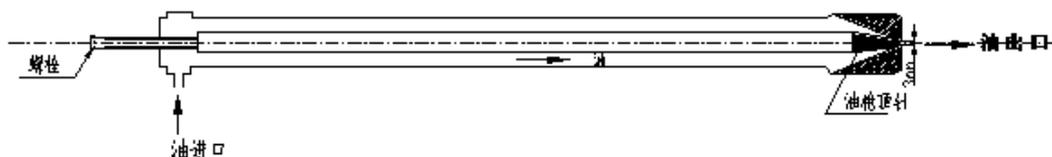


图 5 改进后的油枪示意图

3.3 控制原理及操作要点

此油枪不需要压缩空气，仅油泵油压即可形成雾化（一般要求油泵压力 P_{max} ）

不得小于 32bar)。油压及油量的调节方式有两种：一是通过油泵出口的减压阀调节，另一种可通过转动油枪尾部螺杆，用油枪头部顶针进行调节。

4 技改效果

自 2013 年 8 月份，该线点火油枪及供油系统按照上述的方法制作更换后，运行三年多来，不仅点火方便、火焰顺畅，而且节约用油，由原来每次点火需消耗 10~12 吨油，减少到现在只需要 5~6 吨油。取得了良好的经济效果，并受到了业主一致的好评。



水泥厂袋式除尘器技术改造案例

徐英杰

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

0 前言

袋式除尘器在实际使用过程中时常会出现一些问题, 不仅影响了袋式除尘器的使用效果, 而且增加了袋式除尘器的维修费用, 甚至影响水泥企业的正常生产。本文针对水泥厂 6 个除尘器技术改造案例, 说明除尘器改造中存在的问题, 并提出相应的解决措施, 进行了较好的分析与总结。

1 降低除尘器载荷案例

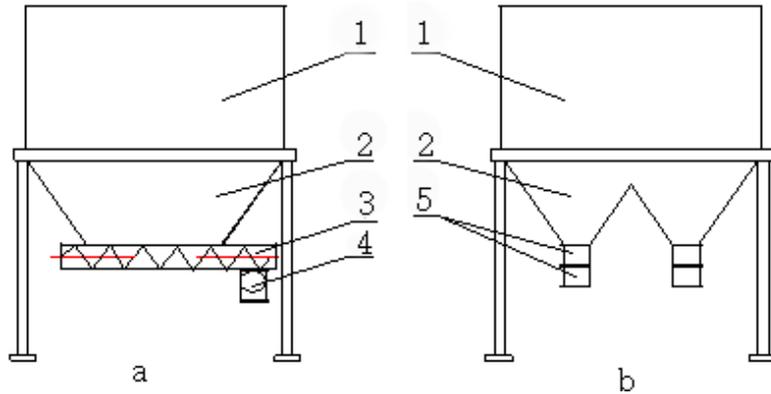
某水泥厂在淘汰湿法回转窑后, 计划将 $\Phi 3.0 \times 12\text{m}$ 湿法原料磨改造为开路水泥磨。根据技改方案, 磨尾新增袋式除尘器放置到磨房的房顶, 考虑到原有磨房承载能力不够, 如果按照原设计方案对磨房柱子和基础进行加固处理, 将造成水泥磨投产时间延期 3 个月以上, 错过水泥销售旺季。经过技术人员仔细分析, 提出降低新增袋式除尘器载荷和改进操作管理等综合措施, 取得了良好的经济效益和环境效益。

1.1 问题分析

(1) 由于湿法原料磨当初设计时对磨房顶部没有考虑承载大载荷问题, 因此, 在磨房顶部布置的设备应尽可能使载荷减轻。环保设备厂家提供的标准型 LTMC96-6 型袋式除尘器 (见图 1a), 其灰斗容积 42m^3 , 一旦灰斗堵塞, 其载荷将超过 100 吨, 已经超过磨房的安全承载范围。

(2) 另外, 还需考虑雪天载荷和磨房房顶积灰载荷。

(3) 还应考虑到磨头除尘问题, 设置磨头除尘器将进一步加重磨房房顶载荷。



1-上箱体，2-灰斗，3-螺旋输送机，4-分格轮下料器，5-重锤翻板阀

图1 LTM96-6型袋式除尘器结构简图

1.2 采取措施

(1) 从防止袋式除尘器灰斗堵塞和降低载荷的考虑，将除尘器灰斗设计为双灰斗结构（见图1b），改进后的灰斗容积 28m^3 ，使得灰斗堵塞时磨房顶部可能的载荷下降了三分之一。为减少下料器堵塞现象，将除尘器分格轮锁风阀改为双层翻板阀锁风，这样就减少2台电机（螺旋输送机和分格轮下料器），合计减少装机功率6kw。经过土建技术人员的核算，原有磨房梁柱能满足荷载要求，只需在磨房房顶将除尘器基础做成框架式结构即可。

(2) 为防止除尘器灰斗堵塞增加磨房顶部载荷，在岗位操作规程上明确规定巡检人员对磨尾袋式除尘器的下灰管每小时检查一次（用手感受下灰管的温度变化），并做好岗位记录，发现堵塞（下灰管温度明显下降）时，应及时处理，杜绝除尘器出现最大载荷状况。

(3) 为了避免在水泥磨头设置除尘器，现场将磨头除尘管道与磨尾袋式除尘器入口管连接，并设置调节阀，使得磨头显微负压作业即可。

(4) 在操作规程上明确规定，在冬季下雪天气，白天必须保持磨房房顶积雪厚度不得超过100mm，出现积雪时应随时安排人员清扫。

1.3 效果与体会

(1) 由于改进磨尾袋式除尘器结构后，降低了磨房顶部载荷，减少磨房土建施工工作量，将技改土建工期大大缩短，使得水泥磨提前投入生产。采取综合除

尘方案后，减少除尘器需求数量，降低了磨房的负荷。技术改造后的 2 台水泥磨开机运行后，正赶上水泥销售旺季，运行 4 个月就收回全部技改投资费用。

(2) 重视安全管理工作，要求操作人员严格按照操作规程办事，这不仅是安全工作的需要，也是生产管理和节能降耗工作的需要。

2 水泥库顶除尘改造优化案例

某水泥厂有 4 座 $\Phi 12 \times 30\text{m}$ 水泥库，井字形布置。该厂出水泥磨的水泥由空气输送斜槽（以下称“一级斜槽”）送到水泥库侧提升机，提升机将水泥送到水泥库顶后，再由空气输送斜槽（以下称“二级斜槽”）输送到水泥库中。水泥库除尘系统有 5 台袋式除尘器，它们分别是水泥入库提升机下部设置一台摇摆式机械振打袋式除尘器和每个水泥库顶上一台反吹风袋式除尘器。由于除尘器设计布置不合理，造成除尘设备较多，增加了维护费用，除尘效果差，粉尘污染严重，危害员工的身体健康。

2.1 问题分析

(1) 库顶除尘器是无灰斗结构，为防止滤袋掉入水泥库，在除尘器下部安装了 40×40 的安全网。在梅雨季节（4~6 月份），除尘器清灰下来的水泥容易在的防掉袋网上结块堵塞，除尘器通风量下降，水泥库顶扬尘加重。

(2) 除尘器清灰能力较弱，滤袋上经常积灰较厚，梅雨季节空气和水泥中含湿量大，袋式除尘器容易结露，滤袋板结，除尘阻力大幅增加，影响除尘效果。

2.2 采取措施

(1) 报废下部的摇摆式机械振打袋式除尘器。将一级斜槽尾部通风口采用 $\Phi 300\text{mm}$ 管道直接接入提升机，以充分利用提升机链斗的拉风效应和提升机内的负压进行收尘。从提升机顶部引一根风管到靠近的水泥库顶部（以造成提升机内强负压状态），通过水泥库抽风确保提升机微负压作业状态。

(2) 更新四台库顶袋式除尘器。选用二台 LFX(II)4-16 型袋除尘器安置在库顶（应尽可能设置在低标号品种的水泥库顶上），采取综合除尘方案。在库顶用风管联通邻近的水泥库，并设置调节阀。由于水泥库顶屋顶高度较低，采用两级和

三级袋笼(顶梁处)。当某一水泥库进料时,运行袋收尘器,调节库与库风管的阀门,使进料水泥库和与提升机相连的库形成负压,整个收尘系统进入工作状态。根据各产尘点扬尘情况,适当调整风管阀的开启度,以达到最佳的整体收尘效果。

(3) 更换放掉袋网。将防掉袋网改为 60×60 钢丝网,同时在库顶除尘器与库连接的槽钢上安装振动器,要求岗位工每天震动一次,每次 30 秒。

2.3 效果与体会

(1) 该项改造已应用 2 年多(滤袋未更换过),收尘效果良好,岗位环境明显改善(见表 1)。由于将五台收尘设备改为两台,其除尘器主风机装机功率由原来的 23.5kw 下降到 15kw,年节电费用 19635 元(电费按 0.55 元/KWH,风机运行效率 70%,袋式除尘器年运行 6000h)。

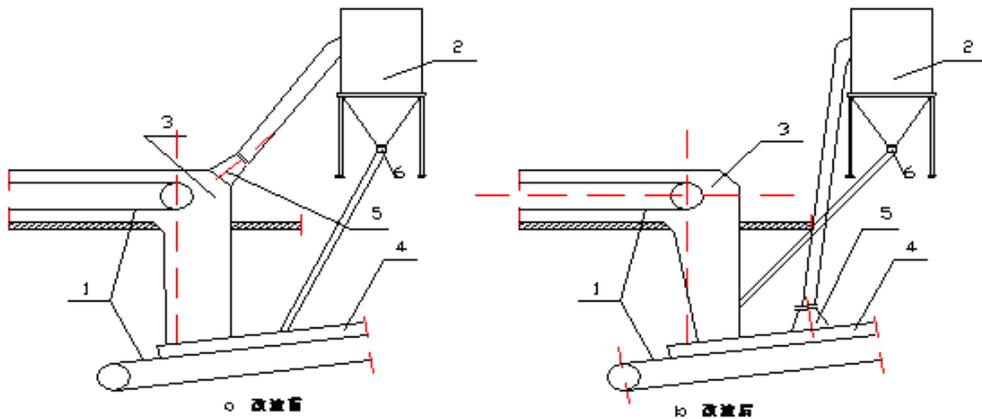
表 1 水泥库岗位环境测定统计 单位: mg/m³

测点位置	一级斜槽	提升机进料	水泥库顶
改造前	21	37	17.8
改造后	5.4	4.7	2.3

(2) 解决因屋顶较低抽袋的方法很多(如降灰斗、多级袋笼等)。对于多级袋笼,要充分考虑到装卸方便性,如采用钢丝夹。

3 链斗机熟料入库除尘技改案例

某水泥厂熟料链斗机卸料口处原安装了一台 LNGM4-16 型脉冲袋除尘器,自投用以来,收尘效果欠佳,岗位粉尘弥漫,链斗机卸料口平台粉尘堆积如山。岗位粉尘浓度高达 127.5mg/m³,超过国家劳动卫生标准 22.15 倍,严重影响岗位人员的身体健康,增加岗位卫生清理的工作量,而且加快了链斗机的设备磨损,增加了设备故障率。



1-链斗机，2-除尘器，3-下料溜子，4-除尘罩，5-抽风管，6-翻板阀

图 2 链斗机除尘工艺布置简图

3.1 问题分析

(1) 链斗机卸料口处的 LNGM4-16 袋式除尘器，没有充分考虑链斗机处废气温度高、温差变化大的特点，选用了普通型风机，使得风机实际通风能力下降，影响除尘效果。

(2) 除尘点设置不合理。由于前接链斗机尾部与后接链斗机落差高达 2.8m，物料颗粒进入溜槽后在空气介质中运动会产生诱导空气，特别是物料从链斗机上下落的过程中，诱导空气伴随物料一起进入密闭的除尘罩内；当物料落到下级链斗机受到挤压时，除尘罩下部（下一级链斗机处）压力升高，诱导空气夹带粉尘通过罩壁上的缝隙和孔口向罩外扩散。而图 2(a)除尘点实际是负压区域，几乎没有扬尘。所以，原袋式除尘器的除尘工艺布置不合理（见图 2(a)），是除尘效果不佳的主要原因。

(3) 熟料链斗机下料溜槽中诱导空气量还受溜槽的断面积大小，同时也受到溜槽的倾斜角度、溜槽的密闭性以及溜槽的阻力影响。由于本项目下料溜槽尺寸过大，造成扬尘加大，增加了除尘器的负荷。

3.2 采取措施

(1) 将袋式除尘器风机更换为适合高温废气的锅炉风机；将 LFX(II)4-16 型袋除尘器原先使用普通针刺毡滤料改为 Nomex 耐高温滤料。

(2) 修改除尘工艺布置。改变抽风点的位置，同时要防止除尘器下灰的二次扬尘问题，袋式除尘器收集熟料粉下料点应设置在抽风点前端。改进后的除尘工艺布置见图 2(b)。

(3) 根据熟料最大输送量重新设计熟料下料溜子，缩小下料溜子的尺寸，以降低除尘罩内扬尘量，降低袋式除尘器的负荷。

3.3 效果与体会

(1) 根据现场估算，LFX(II)4—16 型袋式除尘器的新增除尘量约 0.8~1.2t/h，熟料价格按 260 元 / 吨计算，每年输送熟料时间按 300 天计，每天链斗机运行 24 小时，年创造价值 187.2 万元 (300×24×1×260)。改造投资费用不到四个月就可收回，经济效益十分显著。

(2) 对于垂直的链斗机下料溜槽，当其落差较高时，在现场条件许可的情况下，可将下料溜槽使之形成一定的倾角，也可在下料溜槽内设置隔流板，不仅可减少诱导气流，减少对收尘罩的抽气量，而且也减轻物料对链斗机链斗的冲击，延长链斗的使用寿命。

表 2 链斗机除尘改造前后粉尘测定结果

时 间	风 量 Nm ³ /h	排放浓度 mg/Nm ³	排放量 kg/h	链斗机处 mg/m ³
改造前				127.5
改造后	4610	23.0	0.106	4.5

(3) 改造后，链斗机卸料口处的环境明显改善，除尘器出口排达到国家标准，岗位粉尘浓度也达到国家劳动卫生标准(见表 2)。尽管在夏季熟料红料现象时有发生，但由于使用了耐高温 Nomex 滤料，使用 2 年多来，袋除尘器运行正常。随着链斗机岗位环境的改善，消除了以前每班清积灰的问题，岗位人员的劳动强度大大减小，链斗机等设备磨损减轻，提高了设备的运转率。

4 粉煤灰库除尘方案优化案例

某水泥厂原先工艺设计时没有考虑粉煤灰作为混合材，为了降低水泥生产成

本，需要新增粉煤灰掺入水泥磨系统。由于水泥磨头已经没有位置布置粉煤灰库，这给技术改造带来困难。

4.1 问题分析

(1) 水泥磨头没有多余位置。利用闭路磨的特点，将粉煤灰库布置在水泥磨尾，即磨房两侧，以靠近磨尾提升机和利于送粉煤灰车辆通行为原则，确保大型粉煤灰车辆能够靠近粉煤灰库。

(2) 在新增粉煤灰掺入水泥磨工艺系统的除尘方面有两种可行性方案，每种方案各有特点。

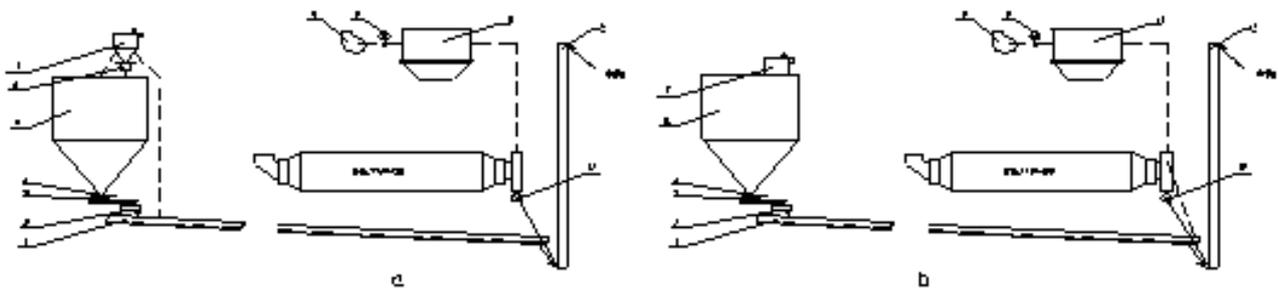
方案一：粉煤灰库采用独立除尘方案（见图 3a）：粉煤灰库顶采用 LFX4—16 型袋式除尘器（参数见表 3）。特点是除尘器选型较大，风机功率大，对斜槽除尘的风管长度超过 20m，风量控制比较困难，如果斜槽除尘管道选择尺寸较小，容易造成风管磨损较快，同时也容易造成库顶除尘管道“短路”；如果斜槽除尘管道尺寸较大，容易出现管道堵塞现象，给岗位操作增加工作量。因粉煤灰输送斜槽上除尘点离转子秤距离较近，一些还没有进入转子秤的粉煤灰很容易被强负压拉走，尤其在生产 PO42.5 级水泥时，因粉煤灰掺入量较小（3~4.5t/h），影响粉煤灰的计量准确性。

表 3 袋除尘器技术性能参数

设备名称 技术参数	粉煤灰库顶 袋式除尘器	粉煤灰库顶 袋式除尘器
规格型号	LFX4—16 型	LFX4—8 型
处理风量 /m ³ /h	6240	3000
过滤面积 /m ²	65	32
室数 /个	4	4
滤袋数量 /条	120	60
过滤风速 /m/min	1.2	1.2
阻力 /Pa	1400	1400
清灰方式	气箱脉冲	气箱脉冲
风机功率 /kw	7.5	4.0

方案二：利用水泥磨尾负压，将斜槽尾部用风管（ $\varphi 250\text{mm}$ ）连接到水泥磨磨尾罩的上部（见图 3b），利用磨尾 WDMC128—7 型袋式除尘器除尘。为了便于水泥磨检修，除尘连接风管采用法兰连接，并设置风量调节阀（以达到斜槽不扬尘为宜，风量不宜过大）。粉煤灰库顶除尘器采用 LFX4—8 型袋式除尘器（参数见表 3），只承担粉煤灰库的除尘。工艺布置上取消灰斗，采取除尘器箱体直接安装在库顶，这不仅减轻粉煤灰库顶的载荷，而且也降低除尘的高度，降低风灾隐患；为了防止掉袋对粉煤灰库的影响，在除尘器箱体的下部安装 50×50 钢丝网。

③ 采用方案二后，粉煤灰掺入水泥技改完成后，运行初期，生产运行正常，粉煤灰库顶除尘效果良好；但 2 个月后，粉煤灰库顶时常出现扬尘现象，有时在晴天时突然好转；同时送粉煤灰的汽车驾驶员也反映粉煤灰入库时间大大延长。



1-B250 粉煤灰输送斜槽，2-转子秤，3-单管螺旋锁风喂料机，4-螺旋闸阀，5-粉煤灰库，
6-粉煤灰库顶袋式除尘器，7-翻板阀，8-风机，9-电动阀，10-磨尾袋式除尘器，11-磨尾提升机，
12-分格轮下料器

图 3 粉煤灰掺入水泥磨除尘工艺布置简图

4.2 采取措施

(1) 根据测算，粉煤灰 B250 斜槽除尘需要的通风量为 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 左右，水泥磨磨尾除尘器的富裕能力完全可以满足需要；从节约能源和便于生产维护的考虑，粉煤灰库除尘方案确定采用方案二。

(2) 经过分析，粉煤灰库顶扬尘和粉煤灰入库时间延长问题，是由于钢板库内结露引起的。雨雪天，由于结露，防掉袋网上容易出现板结，导致除尘器通风阻力大幅增加，影响除尘效果；晴天时，防掉袋网上板结的粉煤灰干燥脱落，除尘效果转好。针对这个问题，要求工厂修改操作规程，岗位工人用锤头每周对粉

煤灰库顶除尘器支架槽钢进行敲击几下（雨雪天勤敲击）即可。

（3）因粉煤灰下料难以控制，同时也容易受到含水量影响。要求在实际作业时要严格控制粉煤灰库内仓位不低于 6m。在出现堵塞时，开压缩空气喷吹前，应关小螺旋闸门，防止出现冲料扬尘现象。

4.3 效果与体会

（1）通过优化除尘工艺设计，减少维护工作量，同时除尘器选型减小，节约了投资和运行费用。仅节能一项，每年节约用电约 7000 元；加上减少了滤袋等配件消耗支出，每年可节约费用超过 1 万元。

（2）在优化设计后，尽管除尘器规格变小，由于粉煤灰库顶是独立除尘，实际应用中，粉煤灰入库作业和掺入水泥生产时，除尘效果良好。在处理防掉袋网板结时，曾计划安装振打器，但考虑到粉煤灰库顶除尘器是露天布置，为防止振打器震动造成焊缝裂缝导致渗水，最后选定了采用人工敲击清理方案。

5 水泥磨尾除尘器进风方式优化案例

某水泥厂 $\Phi 3.0 \times 11\text{m}$ 闭路水泥磨磨尾袋式除尘器的布置图见图 4a，使用过程中经常出现袋式除尘器阻力大的情况，尤其是冬季，除尘器进风口需要人工敲打，或人工清理积灰，但仍然感到通风不畅，影响水泥磨的正常运行。

5.1 问题分析

（1）环保设备厂制造的除尘设备常有固定的进风口和出风口，但实际生产中常受除尘器的安装位置与产尘点位置条件的限制，使得除尘管网布置的弯头多、风管加长而影响除尘系统的通风。从图 4(a)的工艺布置来看，虽然外观比较美观，但实用性差。

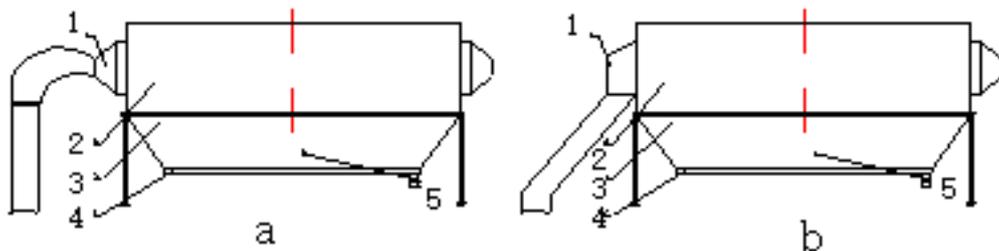
（2）尽管除尘器的进风管已做保温处理，但其仍经常出现堵塞现象。一是因为原设计的管网系统阻力较大，二是因为堵塞问题，导致除尘器通风量大幅度下降，大大低于铭牌值，影响水泥磨通风。

（3）在进行清理袋式除尘器进风管堵塞时常需要拆装进风管法兰。弯头处至少每年需拆下法兰清理弯头一次。进风管的多次拆装，造成风管法兰漏风，不仅

降低了水泥磨通风，而且也加剧进风管弯管处结露和堵塞，形成恶性循环。

5.2 采取措施

(1) 与除尘设备厂家联系，将袋式除尘器进风口由喇叭形式改为长方形箱体形式，将袋式除尘器的进风管 90° 弯管形式改为斜管直接进入，这不仅降低了进风管阻力，节省风管道用量和便于安装，而且也减少了 90° 弯管的冬季堵塞问题 (见图 4b)。



1-除尘器进风口, 2-除尘器, 3-灰斗, 4-螺旋输送机, 5-下料锁风阀

图4 水泥磨除尘管道工艺布置简图

(2) 为了使得含尘废气均匀进入除尘器，在除尘器长方形进风口内设置导流板，能减少粉尘对进风通道的冲刷，降低了系统阻力，也利于含尘废气在除尘器各室均匀分配，避免含尘废气对局部滤袋的冲刷，提高了滤袋的使用寿命。

5.3 效果与体会

(1) 通过上述技改后，运行证明，除尘器进风口管道堵塞问题消失了，水泥磨通风得到明显改善，提高了水泥磨的产量，水泥磨磨头扬尘得到有效控制。

(2) 随着袋式除尘器的大型化，除尘器进风不均匀性问题对除尘效果和滤袋寿命影响也越来越大，进风均匀性问题应引起除尘设备设计部门和制造厂关注。

6 袋式除尘器焊缝与上花板处理案例

某水泥厂矿渣烘干机配置脉冲式袋式除尘器，除尘器出口粉尘存在超标排放问题，经过仔细观察分析，主要是花板制造和焊缝问题。

6.1 问题分析

(1) 在除尘器使用初期，发现其出口粉尘超标。通过进入除尘器检查，发现少数滤袋垂直度不够，发生偏斜现象。调整滤袋垂直度后，不久滤袋再次出现偏

斜问题。主要原因是钢板厚度 4mm 的上花板平面度不够，加上焊接变形和安装滤袋时人员踩踏，存在滤袋与上花板之间存在缝隙，造成粉尘短路，影响袋式除尘器出口粉尘浓度。

(2) 因烘干机烟气腐蚀性大，且温度变化较大，使用一段时间后容易在除尘器中产生结露，造成除尘器腐蚀。尤其是风袋式除尘器顶部没有保温，上花板焊缝处容易最先腐蚀，造成袋式除尘器含尘废气短路，袋式除尘器出口容易超标排放。

(3) 为了节能，有的操作人员在除尘器停机后就立即切断气源和电加热设备，造成滤袋上积灰不能及时清理，滤袋受潮，增加了袋式除尘器的运行阻力。

6.2 采取措施

(1) 针对袋式除尘器上花板制造问题，要求除尘器制造企业采用 6mm 厚度的钢板来制作上花板，要求花板孔间距和加工尺寸精确，上花板焊接要注意其变形，保持上花板的平面度；在安装和更换除尘器滤袋时，安装人员不要直接踩踏上花板，应放置木板踩踏，防止上花板变形，确保滤袋安装垂直度，减少袋底碰撞的磨损。

(2) 针对袋式除尘器上花板腐蚀快的问题，在焊接滤袋室和上箱体焊缝时要加强对焊缝检查，现场采用煤油渗透试验，发现焊缝或气孔应及时补焊处理，确保焊缝的密闭性；上箱体出厂前要刷高温耐腐蚀油漆，尤其是焊缝部位。同时对袋式除尘器的上箱体采取与滤袋室一样厚度保温措施。滤袋检查门不仅要采用抗老化的密封垫，同时也要进行保温处理。

(3) 为了减少结露造成袋式除尘器上花板腐蚀，对于有加热设备的袋式除尘器应在开机前 2~4 小时开启电加热设备。停机后电加热设备不要立即停止，应在完成清灰，排空灰斗积灰后再停电加热设备。

6.3 效果与体会

(1) 采取上述措施后，实际生产中更换滤袋时还是存在踩踏上花板现象，但因加厚上花板设计，袋式除尘器的上花板变形明显改善，确保了滤袋安装垂直度。

采取对袋式除尘器上箱体保温措施后，除尘器内结露现象减少，上花板腐蚀问题改善，使用 6 年也没有发现上花板焊缝被腐蚀现象，大大提高袋式除尘器的使用寿命。

(2) 由于现场焊接条件差，建议在设备制作时尽可能使得设备拆分形成一个单元，尽管会增加运输费用，但能缩短现场安装时间。对除尘器密闭性要求高部位，现场要采取双面焊缝，尽可能减少漏风。如，灰斗、上箱体的焊接。

(3) 尽管除尘器被腐蚀与除尘器保温和漏风关系很大，但与生产工艺管理也十分相关。在实际生产操作中应尽可能稳定烘干机的操作工艺，为除尘器的正常使用创造条件。

7 结束语

随着环保要求的提高，为达到国家环保卫生要求，袋式除尘器应用过程中，合理选择袋式除尘器滤料和风机型号是基础，应用袋式除尘器要因地制宜，合理选择袋式除尘器的结构形式和风管的进出气方式。在袋式除尘器容量选择上，根据粉尘性质和含尘浓度，过滤风速一般以 $0.5\sim 1.2\text{m}/\text{min}$ 为宜。

完善岗位管理和维护是袋式除尘器稳定高效运行的保证。俗话说：“三分设备、七分管理”，可见管理工作的重要性。不同的工况条件，对袋式收尘器及维护影响较大，严格水泥企业工艺管理，保持工况条件相对稳定十分重要的。在当前市场经济条件下，要利用经济杠杆调动操作工人的积极性，提高除尘设备维护管理水平。

老式袋除尘器的运行可靠性和稳定性差，难于适用于回转窑、水泥磨尾、水泥库顶、烘干机等这类的含尘浓度较高的场所；从降低生产成本和环保的需要出发，建议尽早更新为脉冲式袋除尘器。

参考文献:

- [1] 李少平，脉冲袋式除尘器应用问题及对策，水泥[J]，2002（10）；
- [2] 鞠省伟，等，水泥工业袋式除尘器的设计与应用问题探讨，水泥工程[J]，2011（5）。
- [3] 李少平，石灰石破碎机收尘改造，四川水泥[J]，2000（5）；

浅谈水泥厂建设工程安全监理的方法和要点

林文祥、马 猛

(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

0 引言

随着中国水泥技术和装备的进步, 中国企业在国内外新建了大批新型干法水泥生产线, 生产线的施工速度也大为加快, 一些日产 5000 吨熟料的生产线在国内建设周期不到一年。快速的施工进度给建设单位带来了好的效益, 但施工过程中安全管理工作却不容乐观, 安全事故时有发生。原因在于施工单位对安全生产的重视程度不够, 在施工过程中只注重节省成本和赶进度, 对安全生产存有侥幸心理。监理单位由于管理权力有限, 往往偏重于质量、进度、投资方面的监理, 对施工的安全监理工作力度不足。而建设单位为了抢进度、赶工期, 对施工单位的安全管理通常听之任之。针对以上情况, 笔者认为, 作为水泥厂建设工程的监理人员, 在工程管理和监理中应该将安全监理放在同等重要的地位。

本文结合笔者多年来从事监理工作的经历和经验, 重点阐述水泥厂建设工程安全监理依据、安全监理方法和要点。

1 安全监理依据的标准及规范

水泥厂建设工程监理必须遵守下列安全生产的技术标准及规范要求:

- (1) 《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)
- (2) 《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80-2016)
- (3) 《液压滑动模板施工安全技术规程》(JGJ65-2013)
- (4) 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46-2005)
- (5) 《建筑施工安全检查标准》(JGJ59-2011)

2 水泥厂建设工程安全监理的方法

2.1 安全监理遵守预控在先的原则

(1) 在施工前监理工程师要审查施工组织设计的安全内容，检查施工单位的安全保证体系、安全生产资质和项目经理、安管人员和特殊作业人员的资格等。

(2) 审查施工单位报审的专项施工方案，重点审查施工安全技术措施是否有针对性、可操作性、是否有漏缺项，是否符合工程建设强制性标准和《建设工程安全生产管理条例》的有关规定。对于存在的问题应责令施工单位及时整改、补充和完善。

(3) 检查施工单位专职安全员的配备和到岗情况。

2.2 监理单位应加强现场巡视和检查，由建设单位或监理单位定期组织安全大检查，形成定期安全检查制度。

(1) 监理工程师每天现场巡视和检查安全问题，检查实际施工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、基坑支护、临时用电等，如发现与施工组织设计和专项施工方案不符的地方，及时签发监理通知单，责令施工单位整改或报批补充方案。

(2) 每周由监理单位牵头组织安全检查，每次检查后在监理例会上进行讲评。当检查中发现工程存在安全事故隐患时，应签发监理通知单，要求施工单位限期进行整改，情况严重时，应签发工程暂停令要求局部停工整改；整改后组织复查整改结果，不走过场。

(3) 每月由建设单位牵头组织安全大检查。每次检查后均签发安全检查简报。对于存在安全隐患的部位停工整改，对于连续两次安全不合格的施工单位项目部，可由建设单位致函给施工单位总部，要求其单位来人监督检查。

3 水泥厂建设工程中几个重点部位的安全监理要点

下面以人工挖孔桩、窑尾塔架高空作业、筒仓滑模、施工现场临时用电等水泥厂建设工程中几个重点部位为例来阐述施工安全监理要点。

3.1 人工挖孔桩的安全监理

日产 5000 吨熟料的生产线的均化库、熟料库、水泥库、窑尾等部位基础经常采用人工挖孔桩形式的桩基，数量达到数百根，施工周期长达 2 个月，深度 20 米

以上，投入的劳动力多，是安全管理的重点部位之一。监理工程师要经常检查下列内容：

(1) 检查提升机的辘轴、支架、吊绳、挂钩、保险装置和吊桶（或土筐）、刹车制动等设备和工具是否完好无损，防护设施是否安置到位和正确牢固可靠，发现问题及时修理，待设备运行正常后方准许正式使用。

(2) 检查每节护壁混凝土设计强度、厚度、直径及垂直度，每挖成一节督促及时绑扎钢筋支模并浇灌混凝土，护壁混凝土浇灌要周围同步上升，振捣密实，待混凝土达到规定强度后方可拆模。

(3) 检查作业人员上下井时是否乘坐专用安全乘人吊笼，督促作业人员禁止攀爬护壁和乘坐吊桶、吊绳等方式上下井。当井下有人作业时，监督井上作业人员不得擅自离开岗位；注意不得有工具、石块落入井下。井下作业照明必须使用低于 36 伏的低压照明光源。

(4) 当挖孔深度超过规定深度时，检查施工单位是否采用压力风管引至井底进行送风，并且确认无有毒气体后方可下井，作业过程中督促不得间断送风，以防有害气体中毒窒息事故发生。

(5) 每日作业结束后检查井口覆盖；遇特殊情况需夜班作业时，须经现场安全负责人同意，并由安全员现场指挥、监督检查与技术指导。

(6) 在作业区外围设置围栏、安全网、安全警示牌，夜间设置警示灯光，非施工人员不得进入施工场地内。

3.2 窑尾塔架高空作业安全监理

窑尾塔架一般采用钢框架结构，顶层高度可达 90 米以上，是水泥厂最高的建筑物。连同预热器的安装，其安装周期需要六个月以上。这个部位的施工是水泥厂建设工程中最易出伤亡事故的部位，监理单位对此要重点防范。

(1) 检查临边作业的防护措施须齐全完整，应设置安全网、栏杆，做好孔洞覆盖等。

(2) 高空临空作业须佩带安全带，上下传递物件须可靠，所有可能坠落的物

件须撤除或固定。

(3) 人员上下须有通道，局部使用直爬梯的，必须可靠设置。

(4) 塔吊往钢平面上吊物件时，务必防止碰到人。这类事件在有的工地造成过伤亡。

(5) 雨天、雪天高处施工时，须可靠防滑、防跌、防寒、防冻，水、冰、雪须及时清理干净方可施工。

(6) 检查防雷装置的引下线，与接地体相连良好。

(7) 窑尾塔架地面四周设置警示牌，非施工人员不得靠近。

3.3 筒仓滑模施工过程中安全监理

水泥厂的均化库、熟料库、水泥库等筒仓结构常采用滑模施工方法，施工时24小时连续不间断，施工人员和监理人员都是十几天连续工作，容易疲劳。要特别重视对滑模施工的安全管理。重点做好下列检查工作：

(1) 检查滑模过程当中安全通道的设置。

(2) 检查操作平台及吊脚手架上的铺板是否严密平整、防滑、固定可靠。

(3) 检查操作平台边缘设钢制防护栏杆，其高度不小于1.2米，内外吊脚手架，应兜底满挂安全网，且应符合规定要求，不得使用破烂变质的安全网、安全网与吊脚骨架用铁丝或用尼龙绳进行连接。

(4) 检查滑模操作平台上随升井架，在人道口应设防护栏杆，且不得低于1.2米。

(5) 检查操作平台上的孔洞（如上、下层操作平台的通道孔、梁模滑空部位等）应设盖板封严。

(6) 检查平台上防雷装置是否设专用的引下线，并与接地体连接良好。

(7) 检查操作平台上是否设置足够适用的灭火器以及其他消防设施。

(8) 检查操作平台上配电装置及夜间照明能否满足工作面照明需要。

(9) 滑模装置的拆除必须在白天进行，宜采用分段整体拆除，在地面解体；严禁将拆除的部件及操作平台上的一切物品从高空抛下。

3.4 施工现场临时用电安全监理

施工用电现场检查的项目包括：外电防护、接地与接零保护系统、配电箱、开关箱、现场照明、配电线路、电器装置、变配电装置等内容。水泥厂建设用电特点是用电的场地大，点多面广，有土建施工用电，有安装施工用电，还有各个施工单位生活用电，白天施工时用电集中。监理工程师重点做好下列检查工作：

(1) 当施工现场的外脚手架、临设和塔吊等与外电线路达不到最小安全操作距离时，检查是否采取增设屏障、遮栏、围栏或保护网等外电防护措施。

(2) 在施工现场检查专用的中性点直接接地的电力线路中采用 TN—S 接零保护系统情况。电气设备的金属外壳必须与专用保护零线连接。保护零线不得作为工作零线，必须采用多股铜芯线，统一标志为黄绿双色，截面不小于工作零线的截面；保护零线上不得装设开关或熔断器，在电箱内必须通过端子板连接，在其他地方不得有接头。

(3) 检查工地重复接地装置是否少于三处，阻值 $<10\Omega$ 。接地线是否由二根以上的导体（角钢、圆钢、钢管和扁钢）在不同点与接地体作电气连接。

(4) 检查电缆干线是否采用埋地或架空敷设，严禁沿地面明设，避免机械损伤和介质腐蚀。架空线是否采用绝缘铜线或绝缘铝线。电缆穿越建筑物、构筑物、道路时是否加防护套管。

(5) 检查配电箱与开关箱是否三证齐全，箱体必须采用铁板制作，进出线路应在箱底进出。箱体内工作零线和保护零线的连接必须通过接线端子板，配电箱、开关箱的连接线必须采用绝缘导线，接头不得松动，不得有外露带电部分，配电箱和开关箱的金属箱体，金属电器安装板以及箱内电器不应带电的金属底座，外壳等必须做保护接零。

(6) 配电系统是否按三级配电三级保护，总一分一开进行设置，开关箱内有无装置漏电保护器。其每台用电设备是否实行“一机一闸”制，严禁用同一个开关电器直接控制二台及二台以上用电设备。

4 水泥厂建设工程安全监理的体会

安全监理是一项责任很强的工作，上述阐述的内容是水泥厂建设工程施工现场经常会遇到的安全监理工作的问题，当然，不可能面面俱到，写作此文主要目的是抛砖引玉，与监理同行进行交流，共同提高安全监理水平。要真正做好施工现场的安全管理工作，重点还是要要求作为施工安全责任主体的施工单位自身加强监督管理，督促施工单位健全自身施工安全保证体系并切实搞好自控，只有这样，才能有效消除施工现场人的不安全行为和物的不安全状态，消除各种事故隐患，实现安全监理目标。



国际工程设备出口退税案例及效益分析

韦家信

(合肥水泥研究设计院, 安徽合肥 230051)

在目前国际市场竞争激烈的环境下, 出口退税是国家对出口企业的一项优惠政策。本文通过国际工程设备出口案例, 分析比较四种情况下账务处理及退税对收入、成本、利润及资金的影响。即假设在国内采购同样设备, 一是内销业务与出口业务, 二是内销与出口业务同时发生, 三是退税率变动, 四是报关价格变化。

1 内销业务与出口业务

案例说明: 公司采购两台立磨, 采购价为每台 936 万元 (含税价), 共计 1872 万元。一台出售给广东企业, 售价为 1170 万元 (含税价), 一台出售给印尼企业, 出口货物离岸价折人民币为 1170 万元, 出口退税税率为 15%。会计分录及分析如下 (单位为万元):

1、采购成本的会计分录

借: 主营业务成本	1600 (800×2)
应交税及一应交增值税 (进项税)	272 (136×2)
贷: 银行存款	1872

2、内销业务的会计分录

(1) 借: 银行存款	1170
贷: 主营业务收入	1000
应交税金—应交增值税 (销项税)	170
(2) 借: 应交税金—应交增值税 (销项税)	170
贷: 应交税金—应交增值税 (进项税)	136
银行存款	34

(3) 营业税金及附加为税额的 12%，即 $34 \times 12\% = 4.08$

借：营业税金及附加（归入成本） 4.08

贷：银行存款 4.08

(4) 内销业务的毛利润、资金情况

毛利润=收入 - 成本= $1000 - 800 - 4.08 = 195.92$

资金= $1170 - 936 - 34 - 4.08 = 195.92$

3、出口业务的会计分录

(1) 产品外销时，营业收入会计处理：

借：银行存款 1170

贷：主营业务收入 1170

(2) 出口货物不予抵扣和退税的税额

不得免征和抵扣税额=当期出口货物离岸价×人民币外汇牌价×（征税率-退税率）= $1170 \times (17\% - 15\%) = 23.4$ 万元

借：主营业务成本 23.4

贷：应交税金—应交增值税（进项税转出） 23.4

(3) 应纳税额

进项税余额= $136 - 23.4 = 112.6$ 万元，为实际可以退还的税金。

名义可退税额= $1170 \times 15\% = 175.5$ 万元，实际扣除进项税余额后得到出口免抵税额= $175.5 - 112.6 = 62.9$ 万元

借：银行存款 112.6

 应交税金 — 应交增值税（出口抵减内销） 62.9

贷：应交税金 — 应交增值税（出口退税） 175.5

(4) 营业税金及附加

出口免抵税额应计提的营业税金及附加为税额的 12%，即 $62.9 \times 12\% = 7.55$ 万

借：营业税金及附加（归入成本） 7.55

贷：银行存款 7.55

(5) 出口业务的毛利润、资金情况

毛利润=1170 - 800 - 23.4 - 7.55 = 339.05 万元

资金=1170 - 936 - 7.55 + 112.6 = 339.05 万元

4、比较分析情况

毛利润差额=339.05-195.92=143.13 万元

主营业务收入差额=1170-1000=170 万元

成本差额=23.4+7.55-4.08=26.87 万元

利润差额=170-26.87=143.13 万元

退税差额=退税+少交增值税—营业税金及附加差额=112.6+34- (7.55-4.08)
= 143.13 万元

当成本和售价相同时，出口比内销毛利润增加 143.13 万元。

引起毛利润变化主要可以从两个方面来看，一是从收入成本的角度来分析，出口较内销收入增加 170 万元，成本增加 26.87 万元，利润增加 143.13 万元；二是从退税的角度来分析，出口较内销增加退税 143.13 万元。

2 内销与出口业务同时发生

如果上述（国内外销售）两种情况同时发生，公司合并计算缴纳税金：

1、业务的会计处理具体如下：

(1) 应交税金

应交税金（应交增值税）=国内销售的销项税-（合计进项税金-出口销售的进项税转出）=170-（272-23.4）=-78.6 万元

应交税金为负数，即期末有未抵扣税额，78.6 万为可以抵扣的进项税金。

名义可抵扣税金=1170×15% = 175.5 万元，可以用以抵扣的进项税金（实际退税）= 78.6 万元，则免抵扣税金 175.5 - 78.6 = 96.9 万元

借：银行存款	78.6
应交税金—应交增值税（出口抵减内销）	96.9
贷：应交税金—应交增值税（出口退税）	175.5

(2) 营业税金及附加

免抵税额计提营业税金及附加为 $96.9 \times 12\% = 11.63$ 万元

借：营业税金及附加（归入成本） 11.63

贷：银行存款 11.63

2、分析比较：

退税差额= $112.6 - 78.6 = 34$ 万元

营业税金及附加差额= $11.63 - 7.55 = 4.08$ 万元

从以上例举的两种业务类型可以得出以下三个方面：

(1) 会计处理中，营业收入没有变化；

(2) 第二种类型较第一种退税相对较少。第一种业务类型下，实际退税额为 112.6 万元，第二种业务类型下，实际退税额为 78.6 万元，减少 34 万元。具体原因为：内销时销项税为 170 万元，进项税为 136 万元，因此应交增值税为 34 万，合并销售后此部分免交；

(3) 相较第一种业务类型，第二种的成本相应增加，主要是营业税金及附加增加了 4.08 万元，利润和资金也减少 4.08 万元。

3 退税率变动

1、业务的会计处理如下：

(1) 销售收入

如果退税率为 10%，则销售到印尼的主营业务收入为 1170 万元，会计分录处理为：

借：银行存款 1170

贷：主营业务收入 1170

(2) 进项税转出

退税率的的不同导致进项税转出的金额为 $1170 \times 17\% - 1170 \times 10\% = 81.9$ 万元

借：主营业务成本 81.9

贷：应交税金—应交增值税（进项税转出） 81.9

(3) 应交税金

名义退税额=1170×10% = 117 万

进项税余额=136 - 81.9 = 54.1 万元

免抵税额=117 - 54.1 = 62.9 万元

借：银行存款	54.1
应交税金—出口免抵税额	62.9
贷：应交税金—出口退税	117

(4) 免抵税额计提营业税金及附加

免抵税额计提营业税金及附加=62.9×12% = 7.55 万

借：营业税金及附加（归入成本）	7.55
贷：银行存款	7.55

毛利润：1170 - 800 - 81.9 - 7.55 = 280.55 万元

资金：1170 - 936 - 7.55 - 54.6 = 280.55 万元

2、分析比较：

当退税率为15%时，毛利润为339.05万元，当退税率为10%时，毛利润为280.55万元，下降58.5万元，降幅17.25%。具体原因是退税额减少，由112.6万元减少至54.1万元，降幅51.95%。

4 报关价格变化

案例说明：某工程项目合同固定价格1000万美元，假设汇率为6.2，现该项下出口大型设备一台，采购价格1000万人民币，进项税额170万元人民币，退税率13%。

1、当该设备按照200万美元报关价格出口时，则：

出口价格=200×6.2 = 1240 万元

进项税额转出=1240×(17% - 13%) = 49.6 万元

免退税额= 1240×13% = 161.2 万元

其中：退税额=170 - 49.6 = 120.4 万元

免税额=161.2 - 120.4 = 40.8 万元

计提的附加税费=40.8×(7% + 3% + 2%) = 4.896 万元

成本 1 = 采购价格+进项税额转出+计提的附加税费为 1000 + 49.6 + 4.896 = 1054.5 万元

2、当该设备按照 300 万美元报关价格出口时，则：

出口价格=300×6.2 = 1860 万元

进项税额转出=1860×(17% - 13%) = 74.4 万元

免退税额=1860×13% = 241.8 万元

其中：退税额=170 - 74.4 = 95.6 万元

免税额=241.8 - 95.6 = 146.2 万元

计提的附加税费 146.2×(7% + 3% + 2%) = 17.54 万元

成本 2=采购价格+进项税额转出+计提的附加税费为 1000 + 74.4 + 17.54 = 1091.94 万元

3、当该设备按照 400 万美元报关价格出口时，则：

出口价格=400×6.2 = 2480 万元

进项税额转出=2480×(17% - 13%) = 99.2 万元

免退税额=2480×13% = 322.4 万元

其中：退税额=170 - 99.2 = 70.8 万元

免税额=322.4 - 70.8 = 251.6 万元

计提的附加税费=251.6×(7% + 3% + 2%) = 30.19 万元

成本 3=采购价格+进项税额转出+计提的附加税费为 1000 + 99.2 + 30.19 = 1129.39 万元

5 结束语

通过分析比较发现，报关价格与成本正相关，报关价格越高，支出成本越高。当报关价格由 200 万美元增加至 300 万美元时，支出成本=成本 2-成本 1=1091.94 - 1054.5 = 37.44 万元；

当报关价格由 200 万美元增加至 400 万美元时，支出成本=成本₃-成本₁=1129.39 - 1054.5 = 74.89 万元。

通过对退税率、报关价格的影响分析比较，提出以下两点建议：

1、在工程项目合同总额和预计收入可以确定的前提下，工程项下设备出口价格忌高，一般按照设备采购价的 105% -- 120%之间报关较为适宜，既满足海关监管需要，又能最大程度减少进项税额转出损失和免税部分计提随征税额；

2、在退税额为 17%时，按照采购价报关，可以实现进项税额全额退税；退税率越低，相应的退税额越低，成本越高，直至退税额为 0。因此，对退税率低的产品，在合理合规的情况下，报关金额越低对公司越有利。



钢结构工程油漆用量与损耗系数估算方法

朱 敏、王 浩、林红星
(合肥水泥研究设计院, 安徽 合肥 230051)

1 前言

合肥水泥研究设计院安徽中亚钢结构工程有限公司为钢结构专业公司, 主要从事钢结构工程专项承包业务, 范围包括从钢结构的设计、制作、施工、安装等。在钢结构制作过程中, 每天有大量的成品钢结构构件需要喷涂油漆, 钢结构工程油漆用量计算直接影响到项目采购控制和成本核算。所以, 计算出合理的油漆用量对油漆的采购和喷涂施工中防止浪费、提高经济效益有着举足轻重的作用。本文根据工程应用的实际情况, 探讨给出了钢结构工程油漆量的计算方法, 供参考。

2 油漆的涂布率

2.1 理论涂布率

在完全光滑平整且无毛孔的玻璃表面, 倒上一升油漆, 形成规定的干膜厚度后所覆盖的面积, 就叫该油漆的理论涂布率。

理论涂布率 (米²/升) = 固体体积含量 × 1000 / 干膜厚度 (微米)

2.2 损耗系数

油漆在使用过程中会有一些的损耗, 损耗量与理论用量的比值定义为损耗系数。损耗系数的计算公式为:

损耗系数 (CF) = (油漆实际使用量 - 理论使用量) / 理论使用量

损耗系数与施工的设备、方法、施工环境和施工点的数量等因素都有关系, 这个损耗系数一般可能达到 0.5 到 0.8 之间。

2.3 实际涂布率

由于油漆施工损耗, 实际涂布率小于理论涂布率。实际涂布率计算公式为:
实际涂布率 (米²/升) = 理论涂布率 / (1 + CF)

3 钢结构油漆用量的计算

3.1 钢结构油漆的理论涂布率

钢结构涂漆都是根据防腐的要求，经过对构件抛丸除锈后喷涂油漆的。油漆的用量与干膜厚度有关，与施工方法和涂装系统也有很大关系，如喷涂要比手工刷的损耗率要大一些。钢结构常用的理论涂布率见表 1。

表 1 钢结构的理论涂布率

序号	油漆涂布厚度 (μm)	理论涂布率 (m ² /L)
1	75	8.5
2	125	6.5
3	200	4

例如，假设钢结构工程所用油漆的固体含量为 80%，工程要求的油漆干膜厚度为 200 微米，则该油漆的理论涂布率计算如下：

$$\begin{aligned} \text{理论涂布率} &= 1\text{L 油漆} \times (\text{固体含量} \times 1000) / \text{漆膜厚度} (\mu\text{m}) \\ &= (80\% \times 1000) / 200 = 4 (\text{m}^2/\text{L}) \end{aligned}$$

3.2 油漆用量的计算

根据钢结构工程的理论涂布率和施工损耗系数，可以计算出油漆的实际用量。

油漆实际用量 = 施工面积 / 实际涂布率

$$= \text{施工面积} \times (1 + \text{CF}) / \text{理论涂布率}$$

其中：油漆实际用量单位为：L（升）

施工面积单位为：m²（平方米）

涂布率的单位为：m²/L（平方米/升）

CF 为油漆施工损耗系数，一般取值为 0.5~0.8。

4 损耗系数 CF 的分析及估算

4.1 工件表面粗糙度造成的油漆损耗

在经过喷射处理的表面涂漆时，钢板波峰处的膜厚要小于波谷处的膜厚，为满足波峰处的防腐厚度要求（避免点蚀），波谷的坑洼中所“藏”的油漆就相当于被损耗了，此即“钢板粗糙度消耗损失”。不同的喷射方式引起漆料损失见表 2（以

干膜厚度表示):

表 2 不同喷射方式的漆料损失表

表面	喷射处理粗糙度 (um)	干膜厚度损失 (um)
钢表面经抛丸处理并当即涂车间底漆	0—50	10
喷细砂处理	50—100	35
喷粗砂处理	100—150	60
有麻点钢表面二次喷射处理	150—300	125

4.2 漆膜厚度分布不均匀造成的油漆损耗

施工后漆膜验收时膜厚达到或超过规定膜后，技术服务代表，监理或业主会按正常合格签字，但对未达到规定膜厚部分将被要求补涂，因此必将造成“超厚”损耗。导致漆膜厚度分布不均匀的具体因素主要有：工人熟练程度，施工环境，施工工件简单（平面工件）或复杂，施工方法（无空气喷涂，有空气喷涂，刷涂，滚涂）。

4.3 施工浪费

施工浪费指油漆未到达施工工件表面而散失到周围环境或地面的浪费。如无空气喷涂散失油漆约 10-20%，有空气喷涂散失油漆 50%以上，滚涂约损耗 5%，刷涂控制好时相对少些，大风环境桥梁喷漆可引致 100%以上浪费。

4.4 容器内残留油漆的浪费

油漆施工完毕，残留于油漆桶内壁和橡皮管内的油漆，平均损耗值约为 5%。

5 结论

综上所述，钢结构工程的油漆用量可以根据油漆的涂布率和损耗系数进行计算。为了相对准确地计算出钢结构工程的油漆用量，选择合适的油漆损耗系数是非常重要的。油漆损耗系数与施工的设备、方法、施工环境和施工点的数量等因素都有关系。在施工中的油漆损耗主要由工件表面粗糙度损耗，漆膜厚度分布不均匀损耗，施工浪费，容器内残留油漆的浪费等造成。企业应根据自己的具体情况选择合适油漆损耗系数，并根据施工实际使用结果进行验证和调整。

波特兰 不仅仅为客户提供先进的技术产品，
更重要的是提供完整的技术解决方案和全过程技术服务。

最新技术进展之一：

水泥磨钢丝胶带斗式提升机

——用于出磨水泥、余热发电回灰混合料等高温物料
输送

- △ 适应长期温度 130℃、瞬时 150℃ 工况；
- △ 对标实验证明，已达到国际同业水平；
- △ 自主研发钢丝胶带深加工技术；
- △ 建立大型钢丝胶带和专业备件仓储物流中心，
现货直供进口提升机胶带全部备件。

应该案例：

用于海螺中国水泥厂，输送含余热发电高温回灰
混合料（实测温度 120 ~ 130℃），已安全运行 3 年，
预计可使用 6 年；

用于缅甸曼德勒、青州水泥、乌苏青松、沂南中
联、开县开州、青岛亿丰、常州盘石、安徽盘景等项
目水泥磨尾、矿渣磨尾高温物料输送。



水泥磨钢丝胶带斗式提升机

最新技术进展之二：

辊压机重载循环钢丝胶带斗式提升机

——替代传统板链或中央链式提升机，安全性
高、寿命长、维护成本低

- △ 输送粗颗粒物料，允许物料温度 130 ~ 150℃；
- △ 胶带寿命是板链的 2 ~ 3 倍，设备维护量小、
安全性高；
- △ 提升效率高、运行能耗低，可节电 10 ~ 15%。

应用案例：

上海金山南方水泥、缅甸瓦城银珍珠水泥等
项目。



辊压机重载循环钢丝胶带斗式提升机

哪里有水泥生产线，哪里就有波特兰

Where there is cement production line, there is Portland

波特兰 不仅仅为客户提供先进的技术产品，
更重要的是提供完整的技术解决方案和全过程技术服务。

最新技术进展之三：

提升机智能驱动控制系统

——全面提升设备安全节电运行性能

- △ 优化提升机转速和转矩，节电 10%-15%；
- △ 实时监控转矩、电流、胶带打滑、温度等，保证系统安全运行；
- △ 实现双驱动电机电流自平衡；
- △ 延长胶带和减速机等关键件的使用寿命。



应用案例：

建德南方、广西东泥天等、栖霞白洋河、山东淄博宝山等项目。

建德南方提升机智能驱动系统显示界面

最新技术进展之四：

水泥散装计重一体化系统

——散装与计重同步完成，实现无人值守和环境友好

- △ 水泥散装与计重同步完成，实现定量散装，避免重复装卸；
- △ 触摸屏操作：散装头调整、散装量、散装速度、收尘等一体化控制；
- △ 可接入 ERP 管理软件。

应用案例：

广东清远广英、冀东集团璧山、合川及广宗奎山公司、宁夏建材集团赛马水泥、青铜峡太阳山及乌海西水公司、福建水泥集团建福水泥等单位投运 35 套。



水泥散装计重一体化系统应用现场

哪里有水泥生产线,哪里就有波特兰

Where there is cement production line, there is Portland