

# 利用螺旋干燥机处理脱硫石膏的可行性分析报告

潍坊天洁环保科技有限公司

**摘要:**螺旋式干燥机是根据我国脱硫石膏处理的目的和目标,结合目前电厂脱硫处理所排出的脱硫石膏,在原干燥机的基础上,开发出的一种新型干燥装置,配套热能回收技术,多效蒸发节能技术,通过多层结构将多种技术结合在一起,同时实现了螺旋式干燥机的大型化制造,是一种可以大量处理物料的干燥装置。螺旋式干燥机广泛应用,在产业政策角度,使电厂脱硫石膏得到妥善的处理和有效的综合利用,能促进脱硫环保工业及其相关产业健康、快速发展,并能节约天然石膏资源,脱硫石膏还可以循环重复使用,综合利用率达到100%,加快了电厂环保实施进度,解除了电厂脱硫的后顾之忧。

**关键词:** 脱硫石膏 综合利用 干燥 螺旋干燥机 可行性分析

## 引言

只需在传统的石膏板制造工艺中加一套烘干、煅烧系统,其他的技术和设备工艺无需更改,即可采用脱硫石膏作为生产原料生产制造纸面石膏板,将脱硫石膏烘干造粒后,也可用于水泥行业做为缓凝剂。与使用天然石膏相比,使用脱硫石膏省去了破碎工艺。脱硫石膏出厂价一般低于天然石膏,对于缺乏天然石膏的地区,购置天然石膏的费用中,运费是无法削减的成本,如果企业采用本地电厂的脱硫石膏,将使生产的原料成本大大降低。鉴于脱硫石膏良好的品质和经济效益以及利用的可行性,可以预见,脱硫石膏的应用蕴藏着巨大的市场机遇,在不久的将来生产建材制品时,会有大量的脱硫石膏替代天然石膏,那些天然石膏匮乏而脱硫石膏资源丰富的经济发达地区更会如此。

因此,把脱硫石膏烘干后,将会有很大的价值提升,而烘干脱硫石膏现在国内比较成熟的办法就是,利用螺旋干燥机烘干煅烧二步法制备建筑石膏,该工艺具有能耗低、工艺简单、产品质量稳定、易控制等显著优点。

## 一、脱硫石膏资源丰富

石灰石/石膏湿法工艺是目前应用最广泛、技术最成熟的烟气脱硫技术,约占已安装FGD机组容量的70%。每吨SO<sub>2</sub>能副产脱硫石膏2.7吨,一个30万KW的燃煤电厂,如果燃煤含硫1%,每年就要排出脱硫石膏3万吨。煤炭占我国一次能源消耗量的75%,其中火电燃煤又占了1/3,1997年全国工业SO<sub>2</sub>排放为1852万吨,国内6MW以上的火电排放的SO<sub>2</sub>为600多万吨。2000年全国火电厂装机约为22000万KW,同年在建脱硫机组总容量为1000万KW。火电厂大规模脱硫的技术条件已经成熟,今后几年,我国将加快推进这一工程。目前已经建成投产脱硫装机容量530万KW,在建脱硫机组总容量为1800万KW。到2010年末,全国火电厂烟气脱硫机组总容量约为4500~5000万KW,以80%采用湿法脱硫,含硫量2%的煤,平均应用基Q<sub>dw</sub>=20.93Mj/kg(5000Kcal/kg),年运行5000h(210天),年平均发电煤耗350g/kwh,平均脱硫率90%,则年产生FGD为760~950万吨。因此副产脱硫石膏的量十分巨大。

## 二、脱硫石膏国内外利用现状

工业发达国家比较好的解决了脱硫石膏运输、干燥、改性、应用等技术性难题,石膏工业都存在大规模采用脱硫石膏,应用技术也比较成熟。日本是世界上最早大规模应用脱硫装置的国家,每年排



放脱硫石膏近 200 万吨。FGD 品质高, 利用最好, 平均达到 97.5%以上, 1977 年利用量达到 214.5 万吨, 几乎全部用于生产石膏板, 近年还采用粉煤灰和 FGD 并添加少量石灰作成具有火山灰反应强度的“波造特”湿润性粉状材料, 作为沙土替代料。德国 FGD 技术最先进且数量最大, 并全部利用, 主要在产地建厂生产石膏板, 另外用作替代高龄土和方解石生产纸的填料和涂胶料。英国和荷兰应用脱硫石膏, 用于自流平地面和砌块。美国 70 年代后发展迅猛, 2000 年的产量已经达到 900 万吨。目前主要和天然石膏一起用于生产石膏板。按照目前的趋势, 预计 2010 年, 全世界的脱硫石膏排放将达到 5000 多万吨。脱硫石膏是资源, 要珍惜利用。我国现在每年排放的脱硫石膏在 50 万吨以上, 大多露天弃置或用来铺路、填沟。堆存等占据大量的土地, 对环境造成了二次污染, 也浪费了大量优质资源。国内脱硫石膏产生的历史很短, 综合利用也是刚刚起步, 对其应用价值和市场竞争普遍认识不够。天然石膏的处理工艺和设备也并不完全适合脱硫石膏, 更增加了应用上的难度。导致国内现在还没有很好的展开应用。脱硫石膏品位高、适合作为建材生产的原料。但需要突破大量应用在工业化生产时的若干技术性难题: 开发先进适用的技术进行脱硫石膏烘干处理、磨细改性、连续煅烧, 有针对性的攻克应用时的过程控制等专有技术。综合利用也要选准方向和产业, 附加值高、先进生产方式的产业才能适合。

### 三、脱硫石膏应用前景

以上海地区为例来分析脱硫石膏的应用前景。上海地处工业基础雄厚的长江三角洲地区, 能源需求量大, 环保要求高, 天然石膏资源匮乏, 是推广脱硫技术和应用脱硫石膏的主要地区。1. 建筑、建材行业利用前景分析

根据上海新一轮环保三年行动计划, 2006~2008 年约 6508MW 燃煤机组脱硫工程全部上马后, 按照 1%煤含硫量计算, 上海每年将产生约 60~70 万 t 的脱硫石膏。积极利用好这些脱硫石膏, 符合循环经济要求和科学发展观理念。

#### 1. 1 应用于纸面石膏板

目前上海具有年产 2000 万 m<sup>2</sup> 能力的纸面石膏板生产线 2 条, 已经开始使用电厂烟气脱硫石膏进行纸面石膏板的生产, 其脱硫石膏主要来自江浙一带的电厂。由于 DSG 优良的性价比, 拥有 2 条生产线之一的某公司已着手建立第 3 条生产线, 该条新的生产线建成后, 未来上海纸面石膏板的生产能力将由目前近 5000 万 m<sup>2</sup> 增加到 7000 万 m<sup>2</sup> 以上。若 100%使用脱硫石膏, 按 8kg (脱硫石膏) /m<sup>2</sup> (石膏板) 经验用量, 上海纸面石膏板行业将来能消纳约 56 万 t 左右的脱硫石膏。

#### 1. 2 应用于粉刷石膏砂浆

按上海每年新增 2000 万 m<sup>2</sup> 住宅面积、每 10000m<sup>2</sup> 建筑使用 1400m<sup>3</sup>(合 2700t)水泥砂浆、内墙墙面和天花板面占整个建筑需粉刷表面及砌筑所用砂浆量的近 70%计算, 上海每年建筑内墙需要 378 万 t 抹面砂浆, 按石膏与料 1: 3 比例计算, 每年可消耗脱硫石膏 94.5 万吨。石膏粉刷砂浆的保温性能对我国推广节能住宅, 特别是高层节能住宅, 意义重大。随着上海建筑砂浆商品化和建筑节能工作的全面推进, 粉刷石膏砂浆系列产品作为高品质的新型建材已显示出广阔的应用前景。

例如上海宝钢集团某公司, 根据上海市场特点先期建成了年产 4 万 t 的粉刷石膏生产线, 以天然石膏和脱硫石膏为主原料生产粉刷石膏系列产品, 广泛应用于室内粉刷工程。

#### 1. 3 应用于水泥行业

水泥生产是利用脱硫石膏的良好途径, 可以成为烟气脱硫石膏的较大用户。上海市现有水泥企业近 19 家, 2005 年水泥年产量近 1000 万 t。水泥生产过程中需掺加产品质量 3%~5%的二水石膏作缓凝剂, 按平均 4%计算, 则上海每年可消耗脱硫二水石膏 40 万 t 左右。

### 四、脱硫石膏副产品资源综合利用的方向

如何才能使脱硫石膏实现大量处理应用、获得较高的增加值？以利用脱硫石膏制纸面石膏板为例，看脱硫石膏副产品资源综合利用的方向。借鉴国外先进经验，从目前大工业化生产、可实施性和操作性、经济性等方面综合分析：纸面石膏板是蓬勃发展的产业，可以 100% 的利用脱硫石膏，并适合大工业高标准的自动化流水线生产，运输半径可以达到几千公里，能耗低，技术含量、产值、附加值高。这才是最终解决污染，变废为宝的切实有效途径，才是脱硫石膏综合利用的方向，开发应用和过程控制技术尤显重要。

一条年产 2000 万 m<sup>2</sup> 纸面石膏板生产线，其制成的石膏板可满足约 600 万 m<sup>2</sup> 建筑物的吊顶、隔墙需要。开发技术推广应用脱硫石膏，能变废为宝，减少环境污染，节约天然石膏资源。利用脱硫石膏为原料生产纸面石膏板，前景广阔。是国家倡导的利废环保技术，使废渣资源得以健康转化，也为脱硫石膏大量利用开辟了一条有效的途径。其大量使用符合国家倡导循环经济、清洁生产和可持续发展的政策。

而且生产纸面石膏板还具有很大优势。生产能耗低：纸面石膏板的总标准煤耗（包括用电）不超过 1.2kgce/m<sup>2</sup>，而单粘土砖墙的生产能耗是 4~12 kgce/m<sup>2</sup>，双面单层石膏板隔墙，其生产能耗也不超过 3 kgce/m<sup>2</sup>，只是粘土砖生产能耗的 1/4~1/10 左右，相比水泥也仅仅是其能耗的 1/3。劳动生产率高：现代化上规模的工厂，人均年产 30~50 万 m<sup>2</sup> 纸面石膏板（相当于 1000 万~1650 万块粘土砖）。安全文明：纸面石膏板在高度机械化、自动化的流水线上生产，质量有保证，无毒害和危险性的操作，集约化高效生产对克服生态环境污染积极而有效。尤其能够用 100% 的脱硫石膏来生产优质、节能、绿色环保、健康的纸面石膏板。

纸面石膏板是建材行业的绿色环保产品，是适合中国国情和未来发展战略的产业。利用脱硫石膏组织生产，从产业政策角度，使电厂脱硫石膏得到妥善的处理和有效的综合利用，能促进脱硫环保工业及其相关产业健康、快速发展。并能节约天然石膏资源，脱硫石膏还可以循环重复使用，综合利用率达到 100%。

此外，以脱硫石膏为主原料生产粉刷石膏系列产品，广泛应用于室内粉刷工程，以及在水泥生产是利用脱硫石膏作缓凝剂，作为修筑道路的回填材料，都需要大量用到脱硫石膏，可见，脱硫石膏及副产品利用方向较为广泛。

### 五、螺旋式干燥机是处理脱硫石膏的理想设备

脱硫石膏（FGD）的处理在我国刚刚起步，在处理方式上也是各式各样，目前存在的脱硫石膏煅烧方式中主要存在如下三种：

（1）使用重油为原料的高温气流闪烧法，该方法占地面积小、工艺先进、自动化程度高，但根据使用经验表现出能耗高、成本较高、产量低等缺点，且受目前国内燃油热工技术水平和资金方面的限制，在产品系列化形成方面存在较大的困难；

（2）使用燃煤为原料的高温气流闪烧法，该工艺具有能耗低、占地小等显著优点，但同时存在污染石膏、质量难以控制、成品相成分不稳定的先天缺点，目前国内还没有成功案例；

（3）利用国内较成熟的烘干煅烧二步法制备建筑石膏，该工艺具有能耗低、工艺简单、产品质量稳定、易控制等显著优点。现在烘干煅烧二步法处理脱硫石膏所用较为先进的设备是螺旋干燥机。因为烟气脱硫石膏的脱水温度 120-160℃ 左右，脱硫石膏脱水时为脱游离水，其物料升温速率较慢，排潮量大。由潍坊天洁环保科技有限公司所生产螺旋干燥机，能够实现温度可调，可以达到 300℃ 以上，因而完全能够满足脱硫石膏脱水时所需温度。并且脱硫熟石膏粉的强度远远超出 GB9776-88 优等品建筑石膏强度要求。

### 六、螺旋式干燥机处理脱硫石膏工艺介绍：



### (一)基本工艺要求:

1. 脱硫石膏含水率:  $\leq 12\%$
2. 脱硫石膏品位:  $\geq 92\%$
3. 生产能力:  $\geq 9$  吨/小时  $\beta$  型半水石膏粉。
4. 产品质量: 按《建筑石膏》国标执行。
5. 环保要求: 达到国家环保要求。

### (二)工艺方案介绍:

#### 螺旋式干燥机+沸腾炉

##### 1. 工艺简述

###### (1) 烘干+煅烧

因为湿法脱硫生成的脱硫石膏经真空皮带脱水机脱水后含有 10% 左右的游离水, 结合国内脱硫石膏制备建筑石膏粉的成功经验, 采用二水石膏预烘干、沸腾炉煅烧的二步法工艺煅烧建筑石膏粉。具体为: 用装载机将原料从原料堆场送至进料斗, 经计量后由皮带输送机送入螺旋干燥机干燥机烘干去除游离水, 经提升输送设备送入煅烧沸腾炉煅烧, 煅烧完毕后因脱硫石膏晶粒粗、比表面积小等因素, 熟粉进入磨机研磨改性并冷却, 最后送入熟粉料仓备用。

###### (2) 环保

主要噪音为罗茨风机: 罗茨风机进出风口分别加装消音器, 噪音低于 60 分贝;

主要粉尘点是: 烘干系统的湿蒸汽和煅烧系统的湿蒸汽, 采用脉冲袋式除尘器, 熟粉仓上部设置库顶除尘器。

##### 2. 主要设备介绍:

###### 2.1 螺旋干燥机

主要由带有夹套的 W 形壳体和两根空心轴及传动装置组成。轴上排列着数个搅拌叶片, 轴端装有热介质导入的旋转接头。干燥水分所需的热量由带有夹套的 W 形槽的内壁和搅拌叶片壁传导给物料。物料在干燥过程中, 带有搅拌叶片的空心轴在给物料加热的同时又对物料进行搅拌, 从而进行加热面的更新。是一种连续传导加热干燥机。

加热介质为蒸汽, 热水或导热油。加热介质通入壳体夹套内和两根空心轴中, 以传导加热的方式对物料进行加热干燥, 不同的物料空心轴结构有所不同。螺旋干燥机的设备特点:

① 设备结构紧凑, 装置占地面积小。由设备结构可知, 干燥所需热量主要是由密集地排列于空心轴上的许多搅拌叶片壁面提供, 而夹套壁面的传热量只占少部分所以单位体积设备的传热面大, 可节省设备占地面积, 减少基建投资。

② 热量利用率高。干燥所需热量不是靠热气体提供, 减少了热气体带走的热损失。由于设备结构紧凑, 且辅助装置少, 散热损失也减少。热量利用率可达 80%—90%。

③ 搅拌叶片具有自净能力, 可提高搅拌叶片传热作用。旋转叶片的倾斜面和颗粒或粉末层的联合运动所产生的分散力, 使附着于加热斜面上的物料易于自动地清除, 使搅拌叶片保持着高效的传热功能。另外, 由于两轴搅拌叶片反向旋转, 交替地分段压缩 (在两轴叶斜面相距最近时) 和膨胀 (在两轴面相距离最远时) 斜面上的物料, 使传热面附近的物料被激烈搅动, 提高了传热效果。螺旋干燥机传热系数较高, 为 85—350W/(M<sup>2</sup>·K)。

④ 气体用量少, 可相应的减少或省去部分辅助设备。由于不需用气体来加热, 因此极大地减少了干燥过程中气体用量。采用螺旋式干燥器只需少量气体用于携带蒸发出湿分。气体用量很少, 只须满足在干燥操作温度条件下, 干燥系统不凝结露水。

由于气体用量少,干燥器内气体流速低,被气体挟带出的粉尘少,干燥后系统的气体粉尘回收方便,可以缩小旋风分离器尺寸,省去或缩小布袋除尘器。气体加热器,鼓风机等规模都可缩小,节省设备投资。

⑤物料适应性广,产品干燥均匀。干燥器内设溢流堰,可根据物料性质和干燥条件,调节干燥器内物料滞留量。可使干燥器内物料滞留量达筒体容积的70%—80%,增加物料的停留时间,以适应难干燥物料和高水分物料的干燥要求。此外,还可调节加料速度、轴的转速和热载体温度等,在几分钟与几小时之间任意选定物料停留时间。因此对于易干燥和不易干燥物料均适用。

⑥适用于多种干燥操作。前已述及螺旋式干燥可通过多种方法来调节干燥工艺条件,而且它的操作要比流化床干燥、气流干燥的操作容易控制,所以适用于多种操作。

## 2.2 炒制沸腾炉

石膏沸腾煅烧炉的床层状态属于鼓泡床,因此将这种炉子形象地称作“沸腾炉”。沸腾炉煅烧部分为一个立式箱式容器在其底部装有一个气体分布板。目的是在停止工作时支撑固体粉料不致漏粉,在工作时使气流从底部均匀地进入床层。在床层的上界面以上装有连续进料的投料机。在床层上界面处的炉壁上有溢流孔,用于出料。在床层内装有大量的加热管,管内的加热介质为饱和蒸气或载热油,热量通过管壁传递给管外处于流态化的石膏粉,使石膏粉脱水分解。在煅烧部分上部,装有一个静电除尘器,气体离开流化床时带出来的少量粉尘,由静电除尘器收集后自动返回流化床,已除尘的尾气由排风机抽出,排入大气。正常工作时,从沸腾炉底部鼓入空气,通过气体分布板进入流化床。鼓入的空气不需要很多,稍稍超过临界气速,使床层实现流态化即可。此时淹没在流化床中的加热管向物料传递大量的热量,使二水石膏粉达到脱水分解的温度,二水石膏就在流化床中脱去结晶水并变为蒸气,这些蒸气与炉底鼓入的空气混合在一起,通过床层向上运动。由于蒸气量比鼓入的空气量多得多,所以整个鼓泡床的流态化主要是靠石膏脱水形成的蒸气来实现的。由于在流化床中粉料激烈的翻滚、混合,所以在整个流化床中各处的物料温度和成分几乎是一致的。连续投入的生石膏粉,一进入床层,几乎瞬间就与床层中大量热粉料混合均匀,在热粉料中迅速脱水分解。为了避免刚加入的生料未完成脱水过程就过早短路排出,设计时在炉子中加了一块隔板,将流化床分成大小两部分,两部分底部是连通的。生石膏粉先进入大的部分,在此脱掉大部分结晶水,然后通过下部的通道进入小的部分,在这里完成最终的脱水过程,再由床层上部自动溢流出炉。

沸腾炉煅烧的特点:

- ① 设备小巧,生产能力大
- ② 结构简单,不易损坏
- ③ 设备紧凑,占地少
- ④ 能耗较低
- ⑤ 操作方便,容易实现自动控制
- ⑥ 生成产品质量好,熟石膏相组成比较理想,物理性能稳定
- ⑦ 基建投资省,运行费用低

综上所述,为保证生产工艺的成熟、可靠性和产品质量的稳定性,推荐利用螺旋式干燥机+沸腾炉烘干煅烧二步法制备建筑石膏工艺方案。

## 七、利用螺旋干燥机处理脱硫石膏效益显著

国外对脱硫石膏的利用已有成熟的技术,大量应用于建材和建筑。随着我国对环保的重视,脱硫石膏的大量产生,国外的一些跨国大型石膏板厂家看好我国新型建材的商业机会,加快在全国各地布局设点。国内一些大型建材企业也不甘落后,在沿海和经济发达地区展开新一轮的石膏板厂投资热潮,



纷纷在大型电厂周边布点扩能，为沿海电厂、大型电厂的脱硫石膏利用创造了有利条件。由于电厂脱硫刚刚起步，目前的可供数量远远低于石膏板厂的需求量。再者，通过利用螺旋式干燥机+沸腾炉处理脱硫石膏制水泥缓凝剂，也有着明显的投资成本，如果年产10万吨的水泥缓凝剂，大约在200万元。运行成本约需40元/吨，脱硫石膏售价35~50元/吨，合计成本75~90元/吨，以山东省为例，天然石膏的到岸价100元/吨，差价10-25元/吨之间，与直接出售相比，还是有增值空间。

#### 八、结束语：

随着对脱硫石膏资源再利用技术的成熟，国内已经开始大量对脱硫石膏煅烧后作为轻质砌块、石膏板、水泥缓凝剂等建筑材料加以利用，并且已经取得了很好的效益。而且，从国际国内供求状况看，其价值也在不断上涨，因其本身就是工业废弃物，其利润空间非常有限，处理过程中的主要环节干燥和煅烧，是节能降耗最有潜力的环节，而利用潍坊天洁环保科技有限公司所研制的可调控式螺旋干燥机，通过烘干煅烧法处理脱硫石膏无论从技术上还是从节能降耗、环保要求上，都是较为理想的方案，是完全可行的。

# 利用螺旋干燥机处理脱硫石膏的可行性分析报告

作者: [潍坊天洁环保科技有限公司](#)

作者单位:

## 本文读者也读过(10条)

1. [孙庆海](#) [盘式连续干燥机在干燥脱硫石膏中的应用](#)[期刊论文]-[现代经济信息](#)2009(14)
2. [孙倩](#), [刘峰](#) [脱硫石膏干燥系统的设计——以湖南某火电厂为例](#)[期刊论文]-[改革与开放](#)2009(22)
3. [肖洁](#), [XIAO Jie](#) [脱硫石膏干燥煅烧工艺及设备的优化选择](#)[期刊论文]-[新型建筑材料](#)2007, 34(10)
4. [刘峰](#), [郭文](#), [王宏耀](#), [李选友](#), [邢召良](#) [脱硫石膏干燥过程中的粘壁原因及其解决方案](#)[期刊论文]-[电力环境保护](#)2009, 25(1)
5. [邢召良](#), [刘峰](#) [脱硫石膏烘干以及煅烧工艺与设备的改进](#)[会议论文]-2009
6. [李建国](#), [Li Jianguo](#) [SBS改性沥青技改项目可行性研究](#)[期刊论文]-[广东化工](#)2010, 37(6)
7. [王立明](#), [于棣春](#), [陈兴福](#) [“混烧法”——一种实现脱硫石膏产业化的新技术](#)[会议论文]-2009
8. [方承仕](#) [循环流化床焙烧脱硫石膏的研究](#)[会议论文]-2008
9. [王立明](#), [于棣春](#), [陈兴福](#) [“混烧法”——一种实现脱硫石膏产业化的新技术](#)[会议论文]-2009
10. [张宗宇](#), [邢召良](#), [李捷](#), [赵洪明](#), [ZHANG Zong-yu](#), [XING Zhao-liang](#), [LI Jie](#), [ZHAO Hong-ming](#) [带内翅片管回转脱硫石膏煅烧机的研究](#)[期刊论文]-[山东化工](#)2010, 39(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference\\_7188002.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7188002.aspx)