

SHIHUIISHI SHIGAOSHIFA
YANQITUOLIUJISHU

石灰石—石膏湿法

烟气脱硫技术

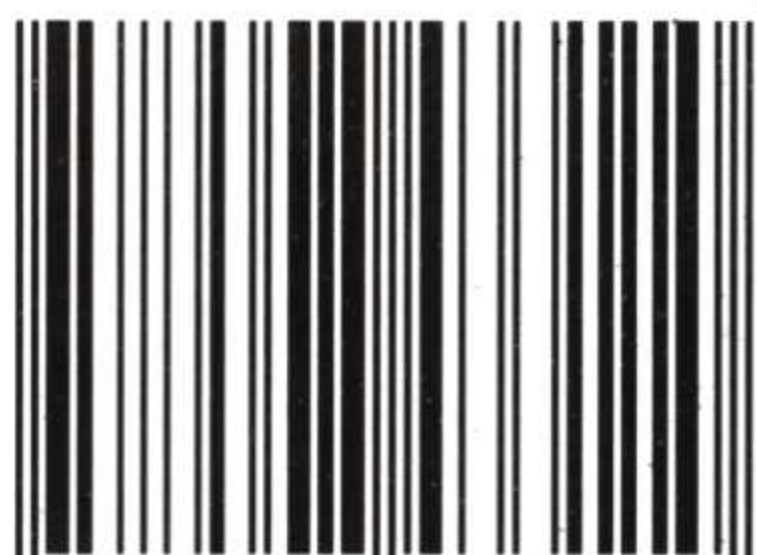
武文江 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

策划编辑：王春学
责任编辑：王春学
特约策划：赵卫东

ISBN 7-5084-3311-4



9 787508 433110 >

ISBN 7-5084-3311-4

定价：35.00 元



石灰石—石膏湿法 烟气脱硫技术

武文江 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要讲述了石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术的基本原理、子系统、主要控制环节、方案比较、主要脱硫设备的特点及选型、防腐等内容,对脱硫废水处理及石膏炒制进行了一般介绍,对其它脱硫工艺进行了简单介绍。

本书可供火力发电厂及相关环保企业脱硫技术人员、管理人员参考,也可作为大专院校环保及热动专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术 / 武文江编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

ISBN 7 - 5084 - 3311 - 4

I. 石... II. 武... III. 火电厂—湿法—烟气脱硫
IV. X770.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 113408 号

书 名	石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术
作 者	武文江 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 12 印张 285 千字
版 次	2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

序

我国的能源和电源结构均以煤为主，我国的二氧化硫年排放量已居世界第一。因此，大力发展燃煤火电厂的烟气脱硫技术和推广烟气脱硫装置对于控制二氧化硫排放、保护环境、走科学和可持续发展的道路具有重要的意义。在国家环保政策的推动下，至2004年底为止，全国已有24000MWe燃煤机组的烟气脱硫装置建成或投运，占当时火电装机容量的6.8%。约有30000MWe的烟气脱硫装置正在施工建设，如果包括已签订工程合同的，烟气脱硫机组的容量已达120000MWe。虽然烟气脱硫工艺有很多种，但在我国已投运、在建和已经签订合同的烟气脱硫工艺中，“石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺”约占90%以上。

在我国火电厂大型烟气脱硫装置正在蓬勃发展的时候，很高兴能读到这样一本集中介绍“石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺”的书。相信这本书对于已经或将要采用这一工艺的燃煤火电厂将会起到重要的参考作用。

为了发展和推广烟气脱硫技术，多年来，各级政府、科研院所、环保工程单位、设备制造厂等都投入了大量的人力物力，从事烟气脱硫工艺技术的开发、引进、消化、吸收、推广和应用工作，在实践中总结出了丰富的经验，并取得了可喜的成绩。

这本书的最大特点是结合我国近几年来火电厂在“石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺”的应用情况，对于该工艺的各子系统、主要设备、施工工艺等进行了详细的介绍，这对于广大从事火电厂烟气脱硫装置管理、运行和维修的人员和有关专业的大专院校的学生，能使他们在较短的时间内，能够较系统地了解和熟悉该工艺的主要内容，有助于将其应用到所从事的烟气脱硫工作中去。

我国大型火电厂的烟气脱硫工艺均以引进的技术为主，因此烟气脱硫设备的国产化是一个重要的问题，这包括工艺设备的国产化和控制设备的国产化。从20世纪90年代初的全套引进，

到2002年国产化率85%，再到现在国产化率95%以上，这是一个质的飞跃，使建设成本大幅度地降低。这本书用了大量篇幅介绍了成熟的烟气脱硫装置的国产设备，也对目前尚无制造业绩的部件如旋流器、喷嘴等的原理和应用进行了详述，希望能够通过产业界的努力使之早日实现国产化。

这本书的第八章还简单介绍了一些成熟的其它烟气脱硫工艺，如镁法等。我国是一个很大的国家，各地条件、脱硫要求、脱硫剂的资源情况有时很不相同，虽然这本书的重点是介绍“石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺”，但在不同情况下能够了解一些其它脱硫工艺的特点，在选择适合于自己的脱硫工艺时进行不同工艺的比较，也是十分必要的。

毛健雄

2006年2月于清华园

前言

石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺是目前世界上大型烟气脱硫的主要工艺，我国通过多年来对该技术的引进消化，已经进入推广阶段。自2002年从300MW机组国产化示范以来，在我国得到广泛的应用。

本书系统讲述了石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术的工作原理、工艺流程、主要设备及特殊工艺等，并对石膏炒制及其它典型脱硫工艺进行了介绍。可作为火力发电厂及相关环保企业脱硫技术人员、管理人员及大专院校相关人员的参考书。

本书部分内容由耿鹏、刘玉环、李芬编著，在编写过程中得到杨雪松、邱观河、朱滨、漆齐鸣、何贵春等专家的极大帮助，特别是许多脱硫公司提供了宝贵的技术指导，并引用了环保界众多专家的研究成果，在此表示感谢。

特别感谢：国际著名煤清洁燃烧技术专家、清华大学教授毛健雄为本书作序。

对于书中存在的缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

作者

2006年1月

目 录

序 前言

第一章 绪论	1
第一节 概述.....	1
第二节 石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺原理及特点.....	2
第二章 烟气系统及设备	7
第一节 FGD 烟气系统组成及原理	7
第二节 增压风机.....	9
第三节 烟气再热器	14
第四节 烟气挡板门	23
第五节 烟道膨胀节	27
第三章 吸收塔系统及设备	30
第一节 吸收塔系统组成及原理	30
第二节 吸收塔	34
第三节 循环浆泵	38
第四节 喷嘴及喷淋层	42
第五节 除雾器及其冲洗系统	46
第六节 搅拌器	48
第四章 石灰石浆液制备供给系统	51
第一节 石灰石破碎系统	51
第二节 湿式石灰石浆液制备系统	51
第三节 干式石灰石浆液制备系统	56
第四节 石灰石供浆系统	56
第五节 湿式球磨机	59
第五章 石膏脱水系统	61
第一节 工艺原理	61
第二节 石膏旋流器	65
第三节 真空皮带脱水机	66

第六章 其它系统	70
第一节 工艺水及工业水系统	70
第二节 事故浆液系统	70
第三节 压缩空气及辅助蒸汽系统	74
第四节 供电系统	74
第五节 集控系统	77
第六节 FGD 废水处理系统简介	81
第七节 脱硫石膏综合利用及石膏炒制工艺	85
第七章 FGD 防腐	89
第一节 脱硫防腐概述及工艺选择	89
第二节 鳞片玻璃树脂衬里防腐施工工艺	93
第三节 烟囱选择及防腐	97
第四节 FGD 浆液阀门防腐	105
第八章 其它典型脱硫工艺简介	107
附录 相关国家法规和标准	111
1. 中华人民共和国环境保护法 (主席令第 22 号)	111
2. 中华人民共和国大气污染防治法 (主席令第 57 号)	116
3. 国务院关于酸雨控制区和二氧化硫污染控制区有关问题的批复 (国函 [1998] 5 号)	121
4. 环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	125
5. 火电厂大气污染物排放标准 (GB 13223—1996)	129
6. 锅炉大气污染物排放标准 (GB 13271—2001)	135
7. 锅炉烟尘排放标准 (GB 3841—1983)	139
8. 国家电力公司火电厂环境保护技术监督规定 (试行) (国电计 [1998] 325 号)	141
9. 火力发电厂烟气脱硫设计技术规程 (含条文说明) (DL/T 5196—2004)	145
10. 火力发电厂锅炉机组检修导则第 10 部分: 脱硫装置检修 (DL/T 748.10—2001)	164
11. 烟气湿法脱硫用石灰石粉反应速率的测定 (DL/T 943—2005)	179
参考文献	182

第一章 绪 论

第一节 概 述

近二十几年,随着我国经济的快速发展,对能源的需求也不断增加,作为一次能源的煤炭,在相当长的时期内仍然是我国主要能量来源。

目前,中国电力能源结构中,煤电约占 $3/4$,而且在今后相当长的时期不会有很大的变化。燃煤火电厂在将一次能源煤炭转换为二次能源电力的过程中,会产生废气、废水、灰渣及噪声等污染物,其废气中的 SO_2 是大气的主要污染物之一, SO_2 的大量排放既严重污染环境又造成硫资源的巨大浪费。2002年,全国废气中 SO_2 排放总量为1926.6万t。其中工业来源的排放量1562.0万t,生活来源的排放量364.6万t。部分城市 SO_2 污染严重,南方地区酸雨污染较重,酸雨控制区内90%以上的城市出现了酸雨。为进一步贯彻环境保护基本国策,实施可持续发展战略,落实《2010年远景目标纲要》,中国政府近年来出台了《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》等一系列法规和标准。“十五”计划规定,2005年后“两控区”内的 SO_2 排放量要减少20%。为了治理大量燃煤造成的严重酸雨危害,国家不断加大 SO_2 排放的治理力度,并确定将排放收费标准提高。

根据新实行的《排污费征收使用管理条例》, SO_2 排放收费政策将发生重大变化,2005年7月1日将由现在的每公斤0.4元调整为0.63元;届时火电企业排放二氧化硫的总缴费量将大幅度提高,已实行的环保排放总量控制指标也在逐年减少,火电企业实施烟气脱硫的紧迫性显而易见。同时,国家已经出台了有关脱硫电价的相关政策,允许配套脱硫装置的发电机组在电价上进行一定的调整,以弥补因脱硫增加的发电成本。国家还对使用脱硫石膏的厂家进行税收上的一定优惠。这都说明了我国政府对火电脱硫在政策上的引导与鼓励。

因此,脱硫工程的建设属于当前国家重点鼓励和发展的项目,项目的建设是符合国家产业政策的。

根据国家有关政策要求,新建电厂须配套建设脱硫装置,预留脱硝装置位置。在产发电机组限期改造,加装脱硫装置。2005年4月1日正式实施的DL/T5196—2004《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》中建议200MW及以上燃煤发电机组采用石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺。

石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺简称FGD,是英文Flue Gas Desulphurization Systems的缩写。该工艺最早由英国皇家化工工业公司研制出来,经过欧美等国家几十年来的生产实践和不断完善,各项经济技术指标基本成熟,是目前世界上应用最广的脱硫技术,市场占有率达80%以上。



第二节 石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺原理及特点

一、工艺原理

该工艺采用石灰石或石灰做脱硫吸收剂，石灰石破碎与水混合，磨细成粉状，制成吸收浆液（当采用石灰为吸收剂时，石灰粉经消化处理后加水搅拌制成吸收浆）。在吸收塔内，烟气中的 SO_2 与浆液中的 CaCO_3 以及鼓入的氧化空气进行化学反应生成二水石膏， SO_2 被脱除。吸收塔排出的石膏浆液经脱水装置脱水后回收。脱硫后的烟气经除雾器去水、换热器加热升温后进入烟囱排向大气。

烟气从吸收塔下侧进入，与吸收浆液逆流接触，在塔内 CaCO_3 与 SO_2 、 H_2O 进行反应，生成 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2 \uparrow$ ；对落入吸收塔浆液池的 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 和 O_2 、 H_2O 再进行氧化反应，得到脱硫副产品二水石膏。

这两个过程的化学反应方程式如下：

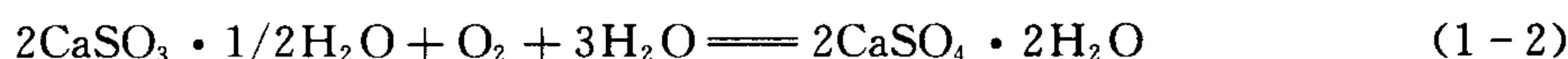
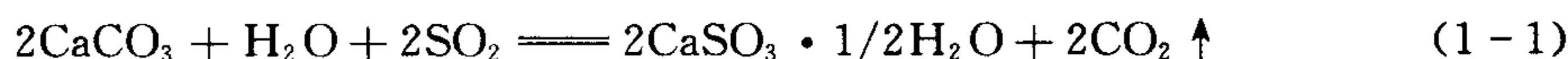


图 1-1 所示为石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺示意图。

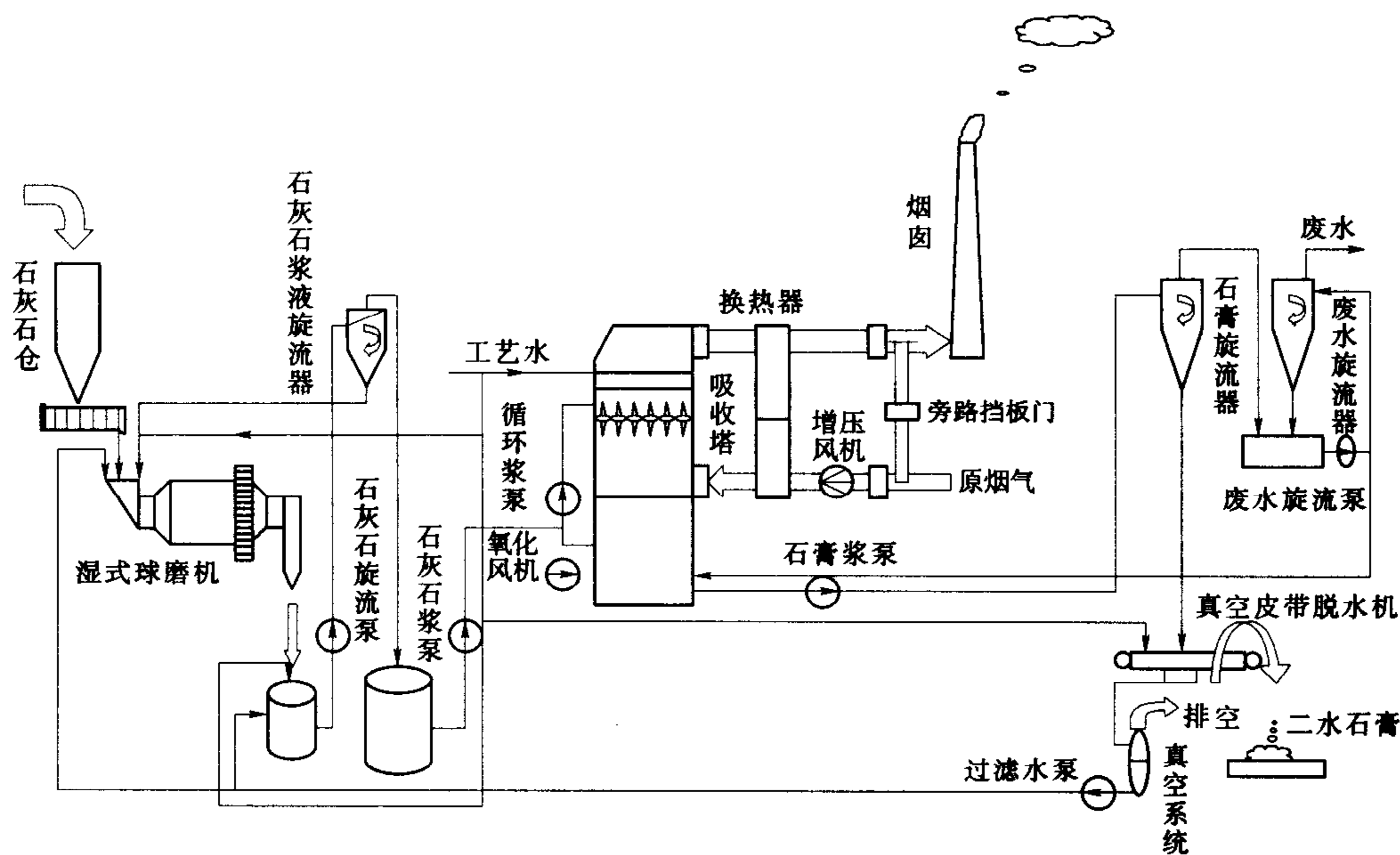


图 1-1 石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺示意图

二、原理分析

该工艺是采用吸收法来净化烟气的，它包含着物理和化学两个过程。

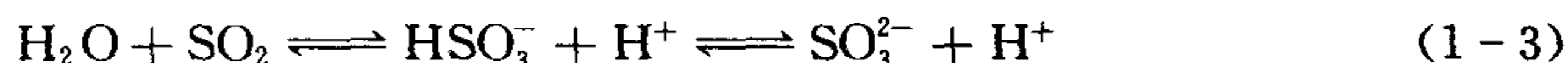
烟气中的 SO_2 在收塔内从气相进入液相循环浆液的过程为物理吸收过程，该过程可用薄膜理论解释，分为如下几个阶段：气态反应物从气相内部迁移到相界面→气态反应物在相界面上从气相进入液相→反应组分从相界面迁移到液相内部→进入液相的反应组分与

液相组分发生反应→已溶解的反应物的迁移和由反应引起的浓度梯度产生的反应物的迁移。

整个反应过程主要由气态和液态的扩散及伴随的化学反应完成的，液态中发生的化学反应可加快物质交换速度。

1. 第一阶段——二氧化硫的吸收

二氧化硫的吸收过程包括物理吸收和化学反应两个过程。二氧化硫被吸入水后发生如下反应：

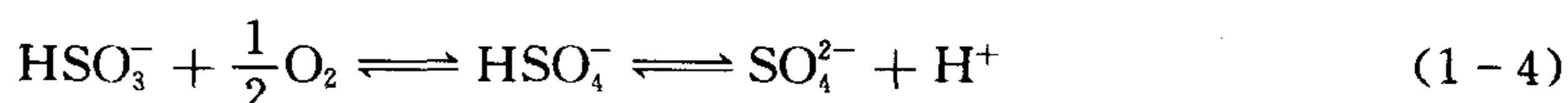


该式表示溶液成分与 pH 值之间的关系。在 pH 值为 7.2 时，生成 SO_3^{2-} 和 HSO_3^- 的混合物；在 pH 值为 5 以下时，只存在 HSO_3^- ；在 pH 值为 4.5 以下时， SO_2 和水的混合物比例增大， SO_2 达到物理溶解平衡。

吸收塔内浆液的 pH 值基本在 5~6 之间，其中溶解的 SO_2 主要以 HSO_3^- 的形式存在，为了更有效地捕集 SO_2 ，必须在式 (1-3) 中消耗一相反应物，以保持产生的浓度梯度。所以，一方面通过加入氧气 (O_2) 使 HSO_3^- 氧化反应生成 SO_3^{2-} ；另一方面，通过加入石灰石消耗 H^+ 。

2. 第二阶段——硫酸盐的形成

二氧化硫吸收到溶液中生成亚硫酸盐 HSO_3^- 。一方面维持 SO_2 的物质交换所需的浓度梯度；一方面引入空气，将 HSO_3^- 氧化成 HSO_4^- ，并很快分解成 SO_4^{2-} ，这样就保持 SO_2 溶解时所需要的浓度梯度。化学反应式如下：



由于释放额外的亚硫酸盐离子 SO_4^{2-} ，使 pH 值趋于下降。实验证明在有充足的氧化剂的条件下，任何可能少量存在的亚硫酸根离子都能直接转化成硫酸根。



以固态形式存在的亚硫酸钙晶体，会由于在这一工艺阶段中出现的 SO_3^{2-} 浓度降低而再进入溶液，而且还会进一步反应形成硫酸盐。

图 1-2 是亚硫酸盐的氧化与 pH 值的关系，pH 值对亚硫酸根的氧化反应有很大影响，在 pH 值 4.5~4.7 点达到最高。除此以外，还有诸如温度和溶液中的杂质（锰、铁、镁等催化激活金属）也起了一定的作用。这些微量的金属主要是通过吸收剂和烟气进入洗涤悬浮液中的。

形成硫酸盐之后，俘获二氧化硫 (SO_2) 的反应进入最终阶段，即生成固态盐类结晶，并从溶液中析出。石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺采用石灰石溶液，生成的物质是硫酸钙，从溶液中析出成为石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

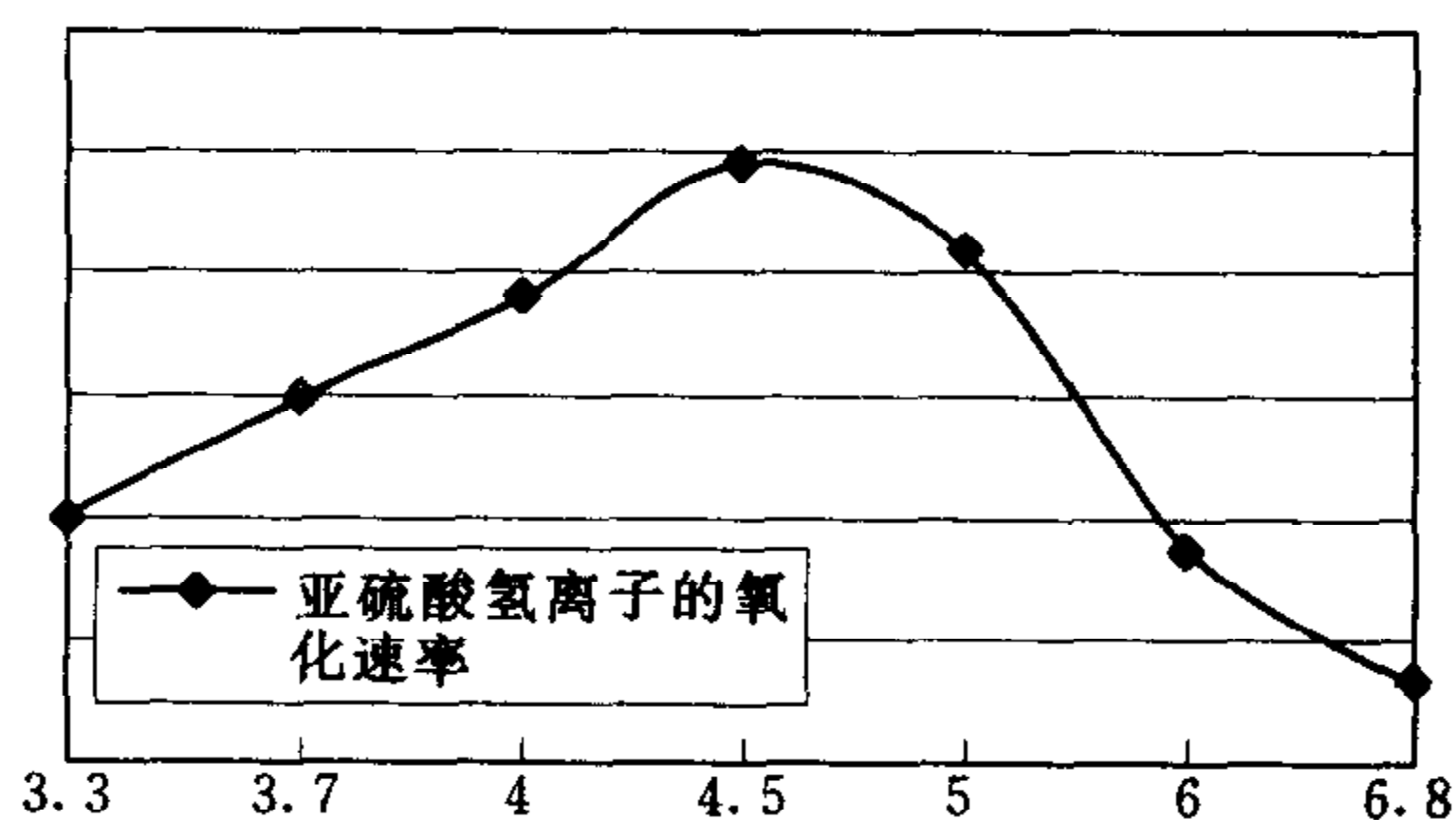
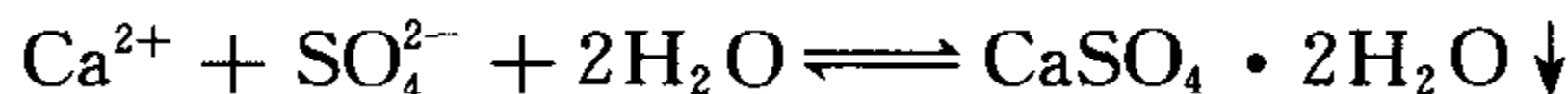


图 1-2 亚硫酸盐 HSO_3^- 的氧化率与 pH 值的关系曲线



3. 第三阶段——石膏的结晶

石膏结晶是最终工艺阶段，对于整个工艺过程是非常重要的，对最终产品的质量产生起决定性的影响。为生产可用的产品必须对石膏的结晶过程进行有效的控制，使石膏结晶能够生成大量易于分离和脱水的石膏颗粒。在可能的条件下石膏晶体最好形成为粗颗粒和菱形结构，因为层状尤其是针状晶体有结成块的趋势，并形成毡状结构，非常难脱水。因此工艺必须满足以下条件：已形成的石膏在现有晶体上长大，形成极少的新晶体。影响石膏结晶的参数主要是溶液的相对过饱和度 σ ，晶体的增长还受到晶体生长的时间、机械力、pH 值变化等的影响。

石膏的相对过饱和度 σ 的定义表达式：

$$\sigma = (C - C^*) / C^*$$

式中 C ——溶液中浓度；

C^* ——相应的饱和浓度。

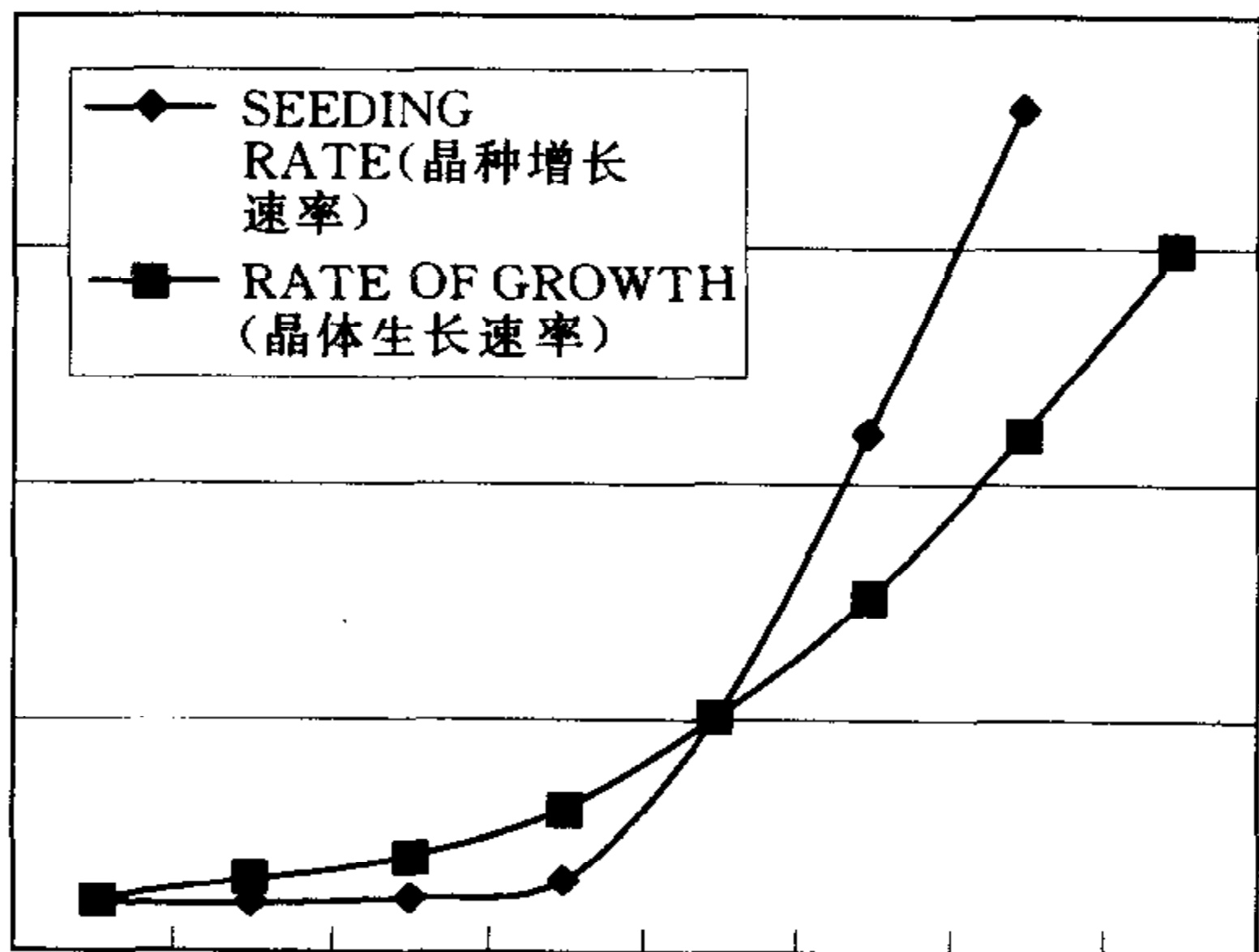


图 1-3 晶体生长速率和增长速率与过饱和度 σ 的关系

在 σ 等于 0 的情况下，分子的聚集与离失平衡，晶体的增长和晶种的生长为 0；在 σ 小于 0 的情况下，晶体进入溶液直到达到饱和为止；而在 σ 大于 0 的情况下，现有的晶体大体上继续长大，而且晶束（小分子团）的聚集会形成新晶种。整个工艺过程必须看成在晶体或偶然形成的晶束上，单个分子的聚集和损失之间的动态平衡。图 1-3 可以看出晶体生长速率、增长速率与相对过饱和度 σ 的定性界限关系。在饱和的情况下，分子的聚集和离失平衡，因此晶体增长和晶种生长为零。

在相对过饱和度较低时，晶种生长速率可忽略，因为浓度比率还不足以使这些主要位于界面区的分子进入新形成晶束中（亚稳平衡），而是在现有晶体结构中牢固地结合，在这种情况下，现有晶体进一步增长而生成石膏。

晶体的增长多少受到机械应力的限制，晶束通过在溶液中的流动从现有晶体中分离出来（二次析晶）。搅拌悬浮液增加这种摩擦损失，使晶粒大小的分布向颗粒较小的方向转移。

达到一定的相对过饱和度时，晶种生长速率突然迅速加快，因此产生许多新颗粒（均匀晶种）。然而尽管增长速率高，这些颗粒还是比较小。在相对过饱和度较高时趋向于生成针状或层状晶体，因为新形成的石膏会聚集在尖端，例如角上和边部，这些部位特别有利于物质的迁移。

4. 结晶时间

晶体结晶的大小与结晶时间成正比，时间越长晶体越大。若有足够的时间，能形成大

小为 $100\mu\text{m}$ 及其以上的石膏晶体，这种石膏具有非常好的脱水性能。

5. 晶体表面积对晶体结晶的影响

在悬浮液中固体含量的增加会加大晶体的总表面积，这有利于晶体增长速率，导致相对饱和度的减小，因此也减小了晶种的生长速率，反过来也会促进晶体的长大。因而初始时可得到较大的结晶体，但这种现象若不加以控制，则会生成细粉状的石膏结晶体，造成悬浮液的二次晶种的生成，进而影响晶体的长大。

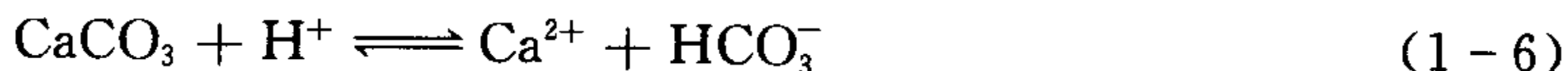
6. pH 值对晶体结晶的影响

通过 pH 值的变化来改变的氧化速率有可能直接影响石膏的相对过饱和度。如图 1-2 所示，在 pH 值为 4.5 时，亚硫酸盐的氧化作用最强。这说明与亚硫酸盐离子相比，亚硫酸盐的氧化性要好。在 pH 值较小时，氧化率的减少可以解释为 HSO_3^- 浓度的降低。

根据以上分析可以看出，在亚稳平衡区域中相对过饱和度为最大值时，物质转化较快，同时生成较大的晶体。保持这些条件对脱硫装置的运行非常重要。在相对过饱和度较高时，晶种生长支配结晶过程，形成沉淀和结垢。对于石膏来说，即使在相对过饱和度较低的情况下也会达到这个限度，并且石膏沉淀物因其硬度和低溶性很难去除。

7. 以石灰石作吸收剂的化学反应过程

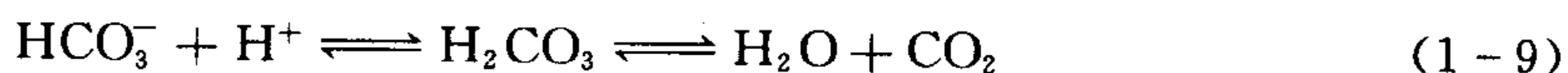
在石灰石作吸收剂的石灰石湿法烟气脱硫技术中，向吸收悬浮液中加入石灰石浆液，石灰石的主要成分 CaCO_3 溶于水的反应如式 (1-6)、式 (1-7) 及式 (1-8)，这一反应过程一方面产生氢离子，另一方面得到了作为最终固态物石膏所需的阳性钙离子。



同时，也可能发生与水和二氧化碳的可溶性反应：

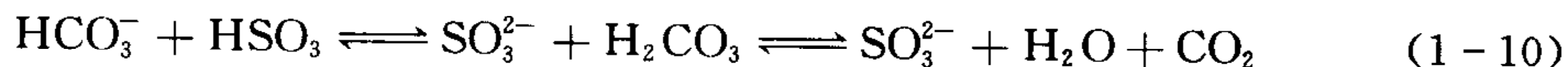


在这一反应过程中，反应式 (1-6) 起主要作用，新产生的 HCO_3^- 离子与碳酸平衡。



这个反应的结果消耗了 SO_2 吸收过程中的氢离子，达到维持吸收悬浮液 pH 值的作用。

来自 SO_2 吸收反应 [见反应式 (1-3)] 的亚硫酸氢和反应式 (1-6) ~ 式 (1-8) 中的石灰石溶解反应，生成的碳酸氢，继续发生反应生成亚硫酸盐，也是生成 CO_2 的一种反应，这个反应由 pH 值决定其平衡。



在实际中，有一小部分半水硫酸钙固体沉淀。

8. 石灰石的溶解及反应关系

石灰石的溶解，由反应动力学和参加反应的物质，从石灰石粒子进/出的迁移过程中进行的。当 pH 值在 5~7 之间时，这两种反应过程一样重要，但是在 pH 值较低时，扩散速度限制了整个过程，而在碱性范围内，颗粒表面的反应速度是起主要作用的。

溶解速率大部分取决于参加反应物的浓度，而且 pH 值较低（即 H^+ 离子较多）有利于溶解。当 pH 值在 4~6 之间时，溶解速率接近似线性的形式加快（其它参数大部分保持恒定）。直至 pH=6 为止，此时的速度比 pH=4 时快 5 倍。因为提高了 SO_2 的俘获量，



所以要尽可能保持较高的 pH 值。在给定的石灰石规格和不变的工艺条件下只能提高石灰石的浓度。对此，有一个上限，由于悬浮液中 CaCO_3 含量高，在最终产物和废水中的 CaCO_3 含量也都会增高。这一方面意味着增加了吸收剂的消耗，另一方面降低了石膏的质量。

因为小颗粒具有相当大的比表面积，所以原则上还有溶解速率对颗粒大小的依赖关系。在实际中希望获得尽可能狭窄的粒度范围，因为最终溶解时间是由粗颗粒部分决定的。溶液的强烈搅拌加快了物质从颗粒表面出入的转换，因而加快了石灰石的溶解速度。

三、几个相关的概念

1. 钙硫比 L/G

在额定运行状态下，所消耗的钙离子与硫酸根离子的摩尔数之比。

2. 气—液分布

指气体与液体在吸收塔中的相互混合情况，适当的分布对保证和提高 SO_2 去除率非常重要，不良的气—液分布不仅缩短有效停留时间，而且降低有效的传质面积。

3. 吸收塔中的停留时间

指液体与烟气在吸收塔中的接触时间。一般地，增加停留时间可提高 SO_2 的去除率。如果 SO_2 传质速率为一常数，停留时间与 SO_2 的去除率成正比。但由于烟气和液体组成的变化，这种关系不是线性的。

4. 吸收塔浆液池中的停留时间

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 在吸收塔浆液池中结晶和沉淀的停留时间。

5. 旋流器

利用离心力原理将浆液分离成浓度不同的两种浆液，它由入口、溢流口、底流口和旋流腔室等部分组成。

四、工艺系统组成

FGD 装置主要包括烟气系统、吸收塔系统、氧化空气系统、吸收剂制备系统、石膏脱水系统、事故浆罐系统、工艺水系统、石膏炒制系统、控制系统、电气系统等。

FGD 的特点如下：

- (1) 脱硫效率高，一般大于 95%。
- (2) 钙硫比低，一般不大于 1.05。
- (3) 系统简单，设备利用率高。
- (4) 适用煤种广，烟气量范围大。
- (5) 吸收剂来源广，价格便宜。
- (6) 脱硫副产品为可利用资源，不产生二次污染。

第二章 烟气系统及设备

第一节 FGD 烟气系统组成及原理

一、系统组成

脱硫烟气系统为锅炉风烟系统的延伸部分，主要由烟气进口挡板门（原烟气挡板门）、出口挡板门（净烟气挡板门）、旁路挡板门、增压风机、吸收塔、GGH（气—气换热器）、烟道及相应的辅助系统组成，如图 2-1 所示。

二、系统原理

从锅炉引风机后烟道引出的烟气，通过增压风机升压，烟气换热器（GGH）降温后，进入吸收塔，在吸收塔内与雾状石灰石浆液逆流接触，将烟气脱硫净化，经除雾器除去水雾后，又经 GGH 升温至大于 75℃，再进入净烟道经烟囱排放。

脱硫系统在引风机出口与烟囱之间的烟道上设置旁路挡板门，当 FGD 装置运行时，烟道旁路挡板门关闭，FGD 装置进出口挡板门打开，烟气通过增压风机的吸力作用引入 FGD 系统。在 FGD 装置故障和停运时，旁路挡板门打开，FGD 装置进出口挡板门关闭，烟气由旁路挡板经烟道直接进入烟囱，排向大气，从而保证锅炉机组的安全稳定运行。

FGD 装置的原烟气挡板、净烟气挡板及旁路挡板一般采用双百叶挡板并设置密封空气系统。旁路挡板具有快开功能，快开时间要小于 10s，挡板的调整时间在正常情况下为 75s，在事故情况下约为 3~10s。

三、增压风机几种不同布置方式

脱硫增压风机的布置方式通常有四种，每一种各有其优缺点，如图 2-2 所示。

(1) 布置方式 A 应用较广，将增压风机布置在原烟道与 GGH 之间，其优点如下：

- 1) 该位置烟气温度在露点之上，不用考虑防腐问题，对增压风机的材料要求低。
- 2) 吸收塔内为正压运行，对提高除雾器的除雾效果有利。
- 3) 对检修工艺要求低。
- 4) 维护费用低。
- 5) 烟气泄漏容易监视。

其缺点如下：

- 1) 此位置的烟气温度较高，风机的能耗较高。
- 2) 由于压力大，原烟气向净烟气的泄漏较大，FGD 脱硫效率受一定影响。如果系统设置 GGH，尽量使其泄露量小。

(2) 布置方式 B，增压风机布置在 GGH 与吸收塔之间，该位置的烟气温度被降低，烟气体积减少，降低了风机的功率消耗，但需考虑风机的腐蚀问题。

(3) 为了降低能耗，同时考虑可靠性，有时还采用布置方式 C、D 两处位置，增压风

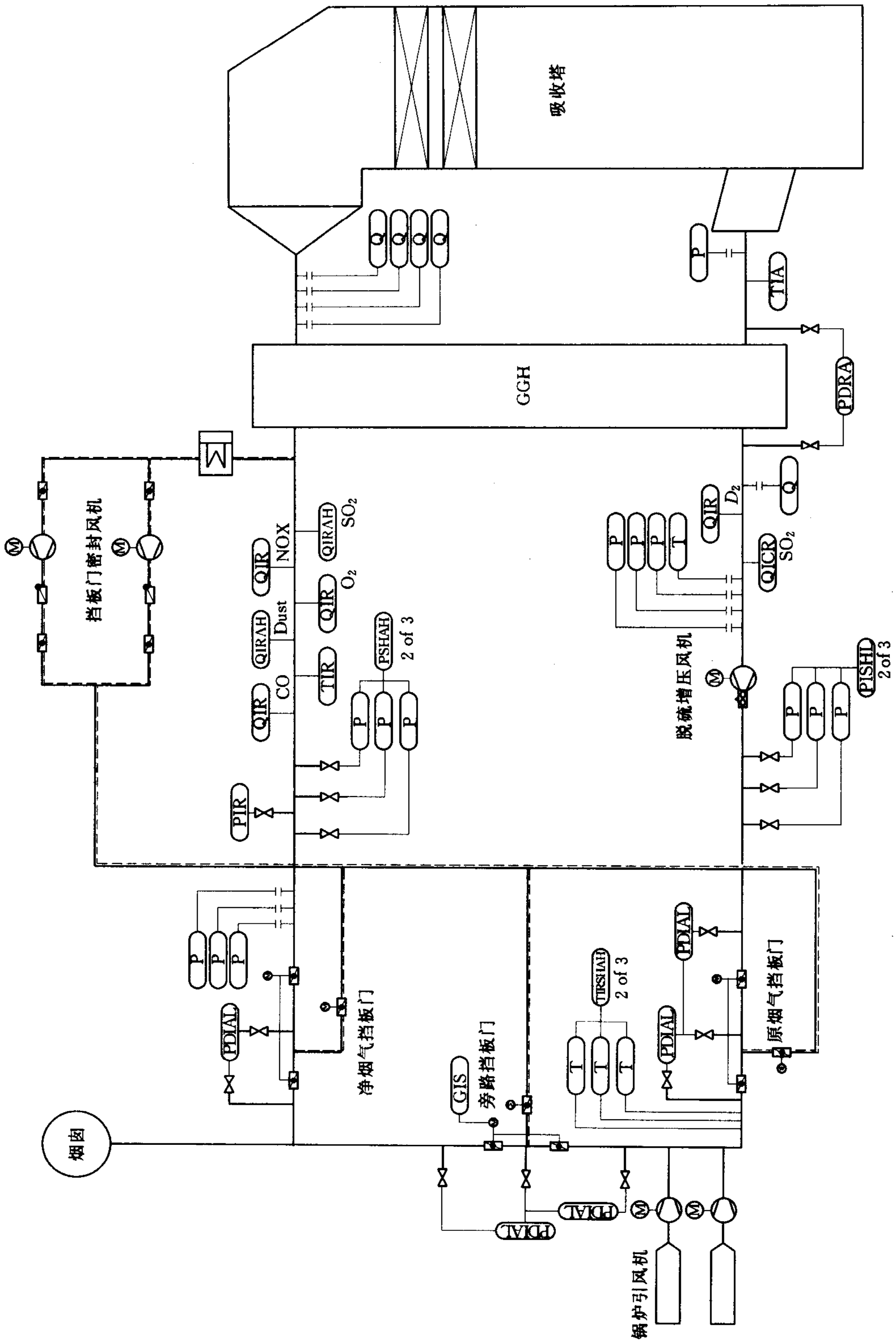


图 2-1 脱硫烟气系统图