



US-China SO_x/NO_x Technical Workshop



—DUCON TECHNOLOGIES, INC.

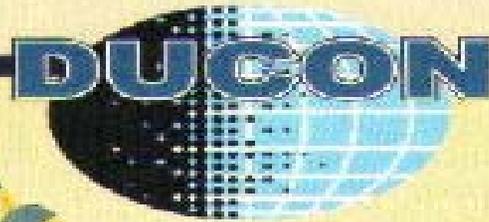
2005.8.2-5 Dalian China



第一部分 DUCON公司简介

从事大气污染治理的专业公司 DUCON 环境公司

AIR POLLUTION CONTROL SYSTEMS



MAP KEY
▲ COMPANY
■ SUBSIDIARIES
● LICENSES & SALES OFFICES



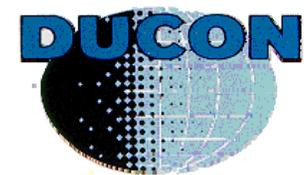
DUCON 公司

- 公司成立于1938年
- 在世界各主要城市设有分支机构。
- 在环保领域拥有几十项专利技术
- 58个主要专业技术人员
- 通过ISO9002：2000质量体系论证
- 高技术含量的不同类型的FGD系统
- 设备符合EPA规范
- 近40套FGD的工程业绩，最大到1000MW
- 极好的信誉
- 与制造商有良好合作的历史



DUCON公司的大气治理技术

- 去除SO₂—石灰石石膏法、MgO法、海水法，双碱法及干式、半干式
- 去除H₂S
- 去除NO_x
- 去除烟尘
- 去除烟雾
- 飞灰处理



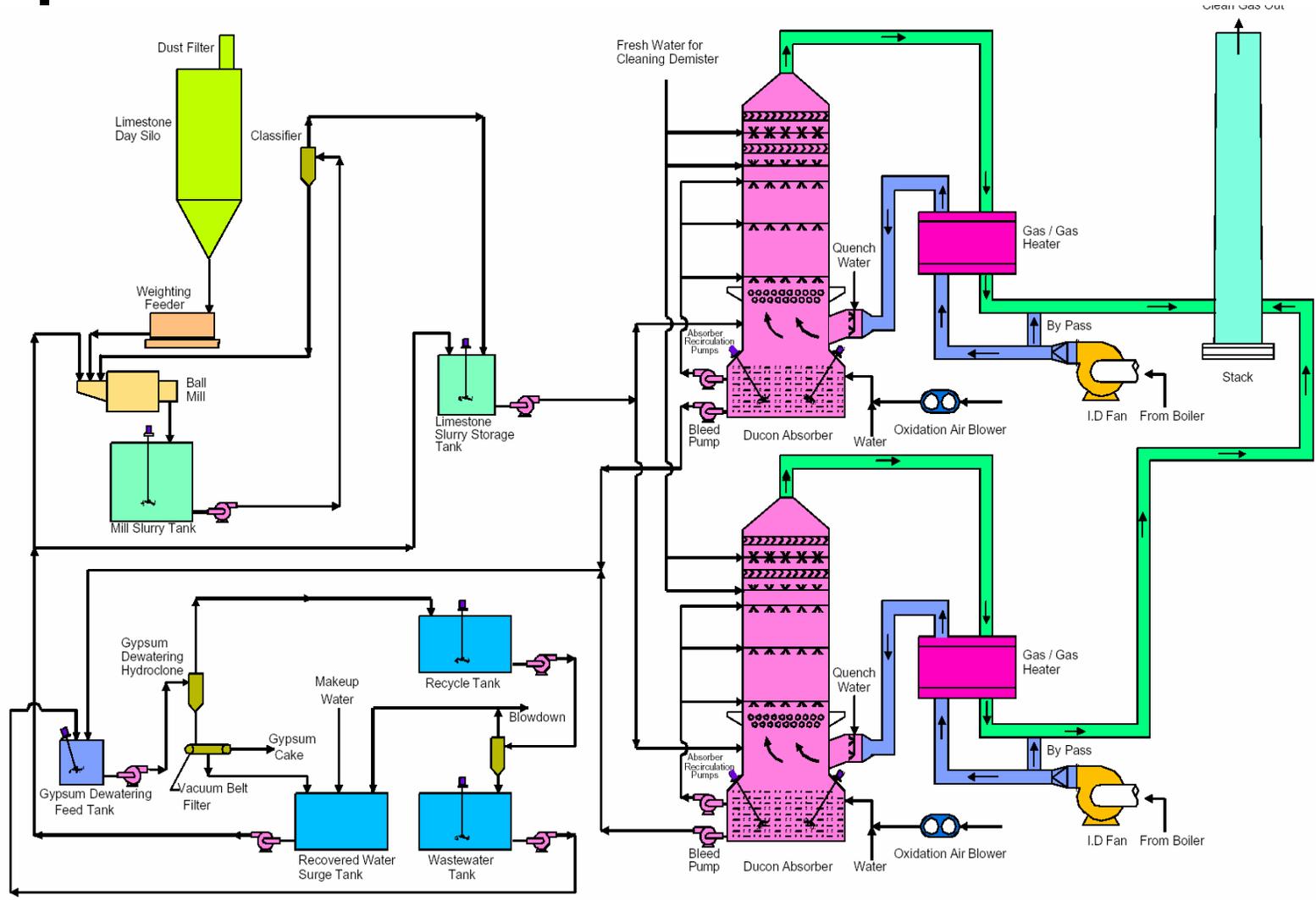
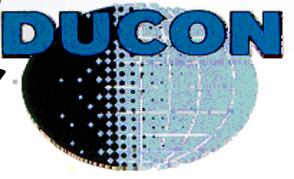
第二部分 DUCON公司近况



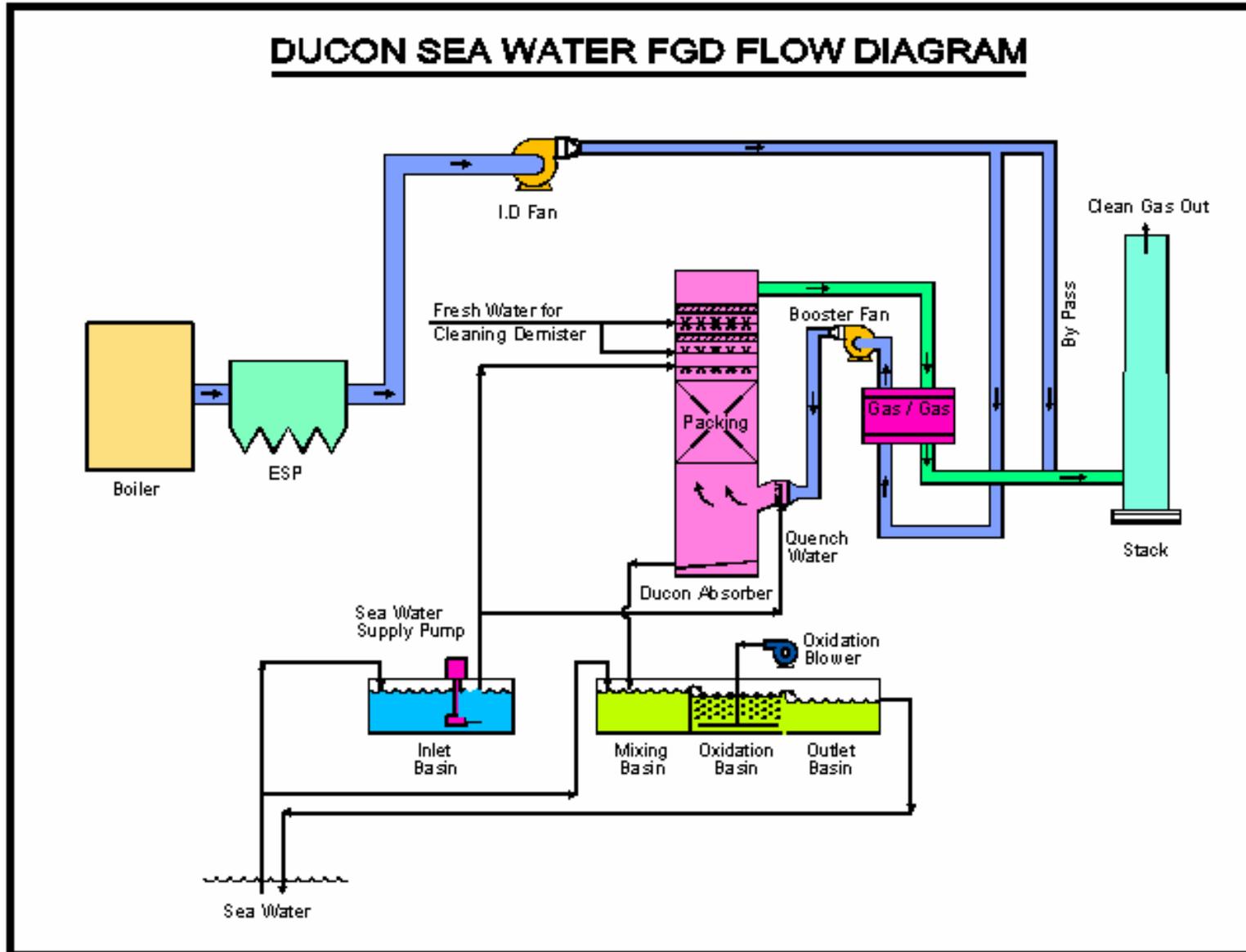
DUCON公司近两年FGD业绩表

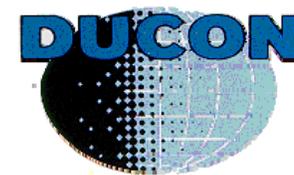
Customer	Capacity of Power	FGD Style
Saudi Electric, Jeddah	5 x 120 (2 x 300 MW)	Seawater
Vitro Power, Mexico	4 x 100 MW	Limestone
Tangshan Power, China	2 x 300 MW	Limestone
Jingyuan, Power, China	3 x 300 MW	Limestone
Zhainjian Power, China	4 x 300 MW	Limestone
B.S.E.S., India	2 x 275 MW	Seawater
Irving Paper, Canada	620,000 m ³ /hr	Caustic
Miliken, U.S.A.	220,000 m ³ /hr	Caustic
Pemex Industry, Mexico	5 x 110 MW	Caustic
Total:	Over 5,000 MW	

DUCON 石灰石-石膏脱硫技术



DUCON 海水脱硫技术

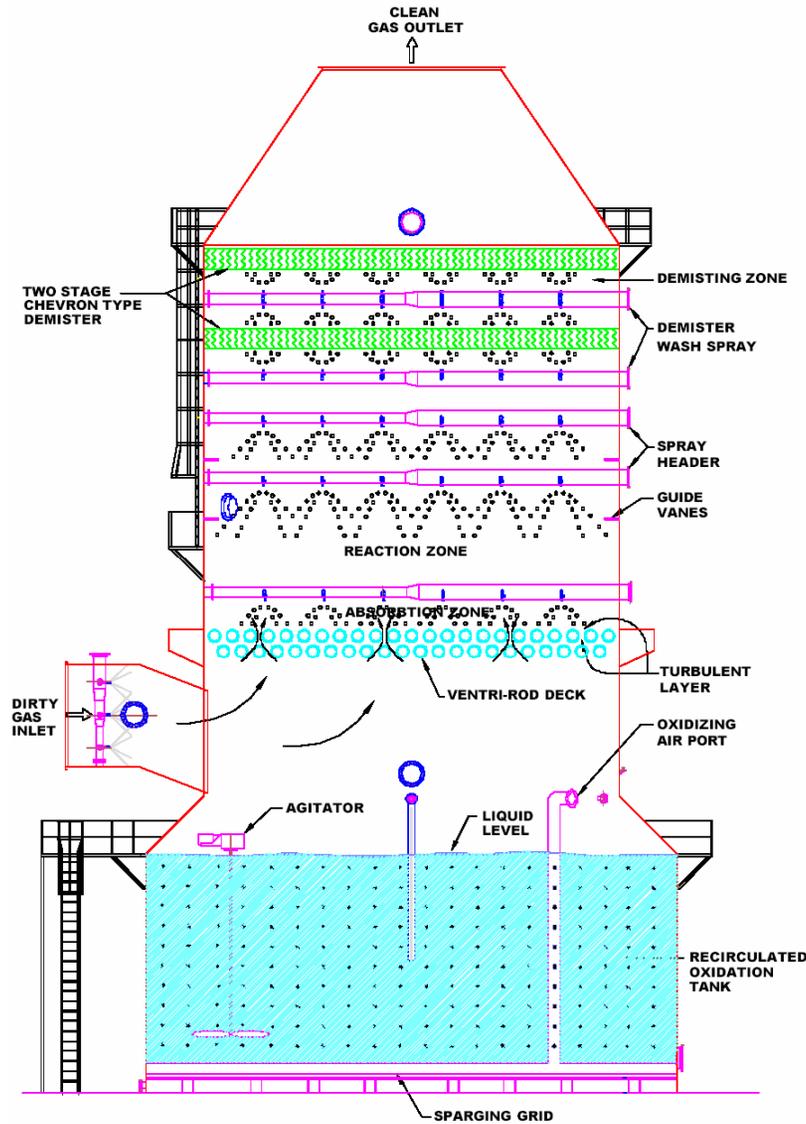




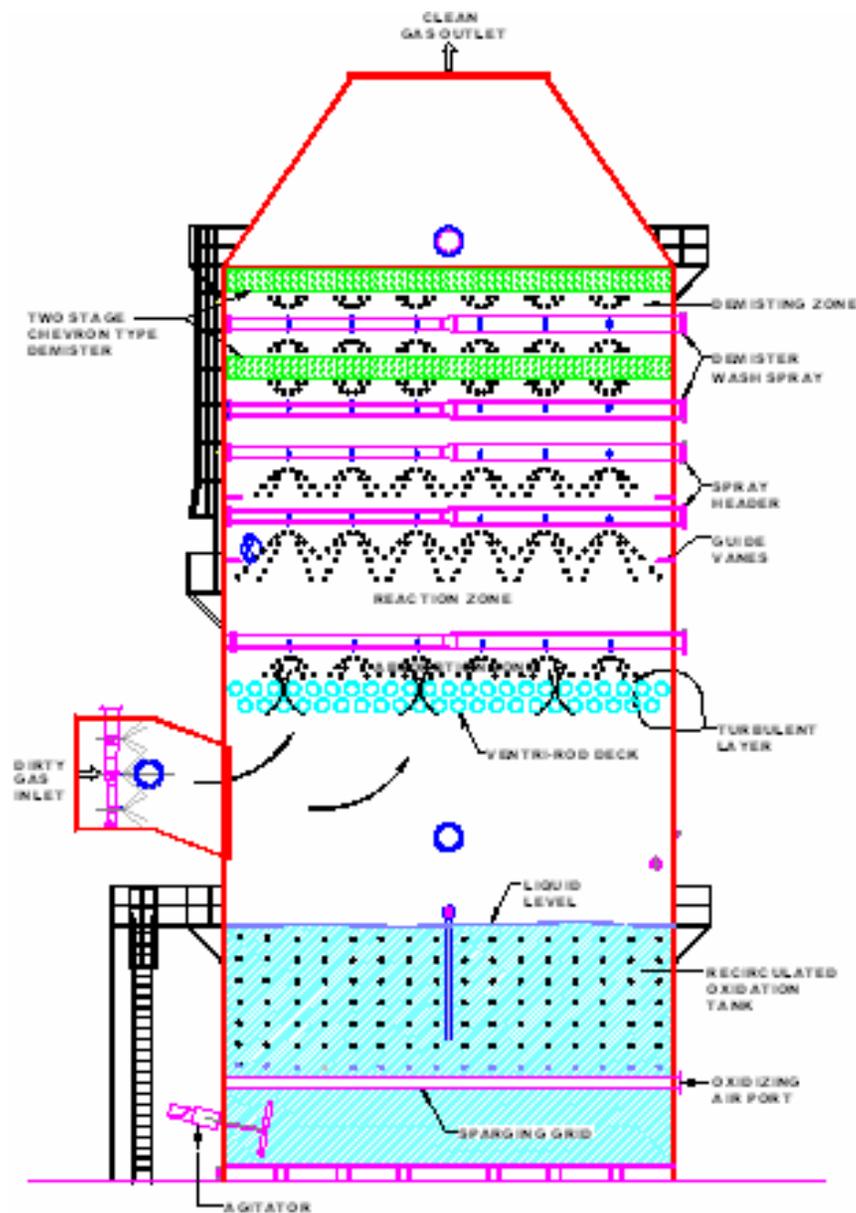
第三部分 FGD系统设计关键

— 脱 硫 塔

DUCON公司典型脱硫塔 (

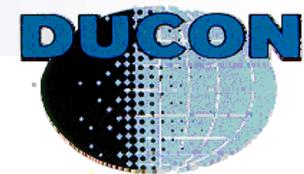


DUCON公司典型脱硫塔 (二)



为什么脱硫塔是设计的关键？

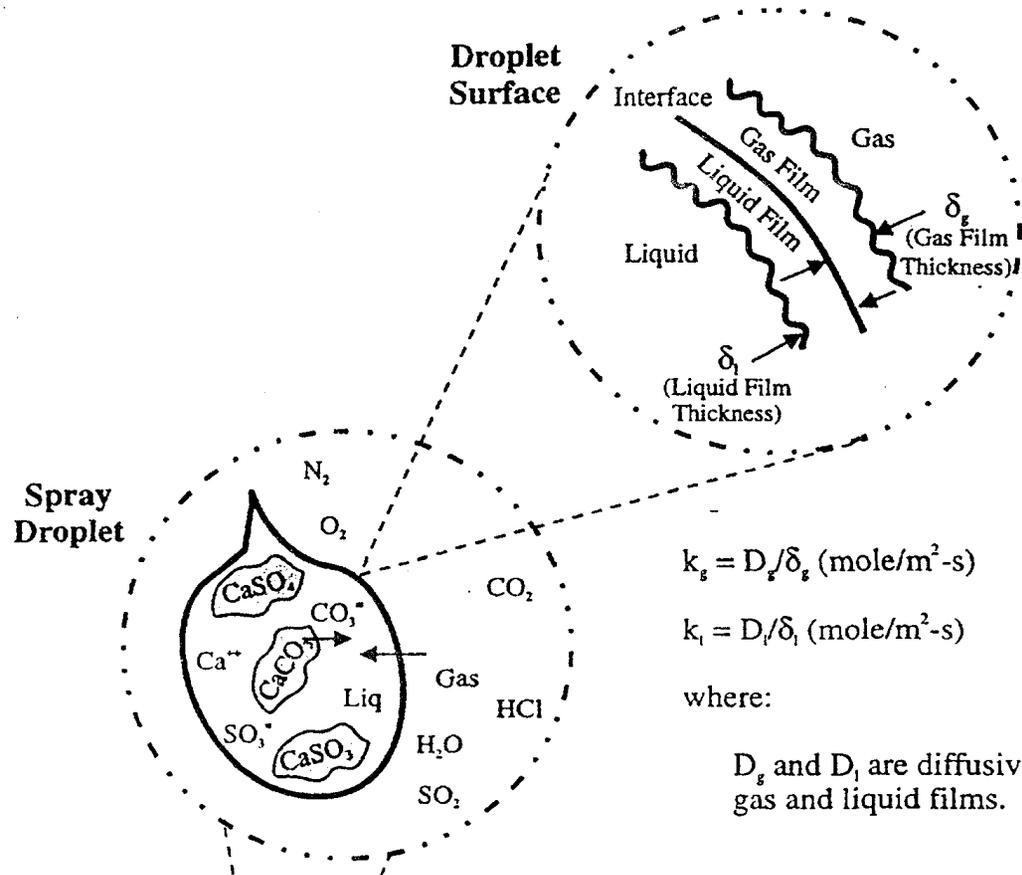
- FGD都是大型的工程，耗资巨大，初期投资都需要上亿甚至几亿元人民币。
- 但我们必须认识到，在任何公司的脱硫系统中，烟气经过脱硫塔的时间只有短短的3-5秒。
- 所以去除SO₂的关键就是脱硫塔的设计。



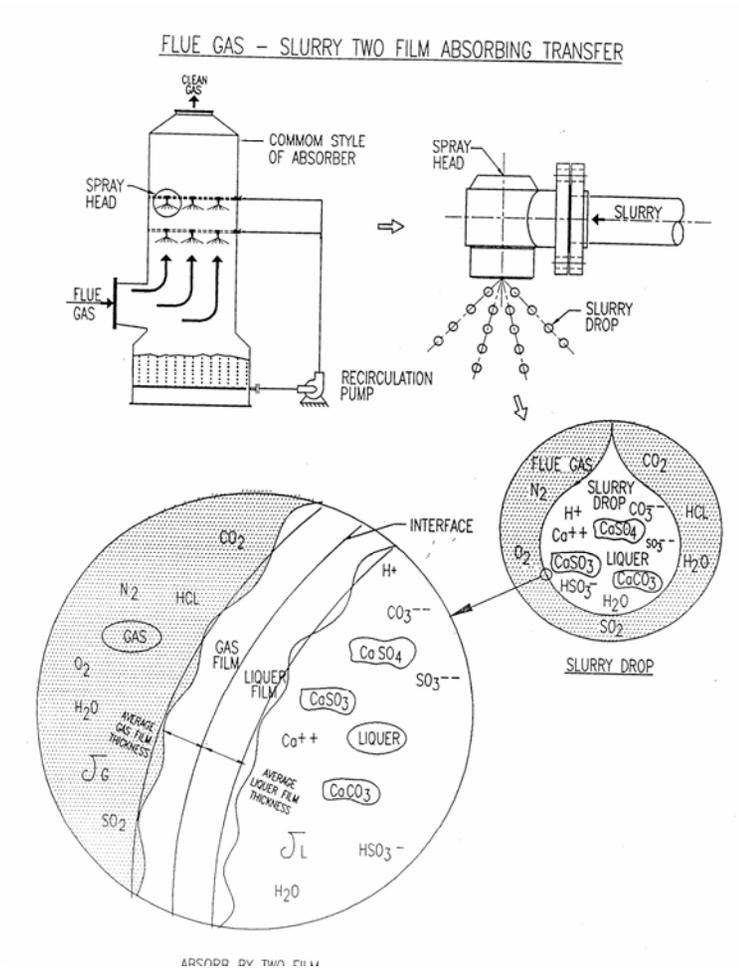
脱硫塔设计的关键要素

——如何提高脱硫塔内的气液传质效应

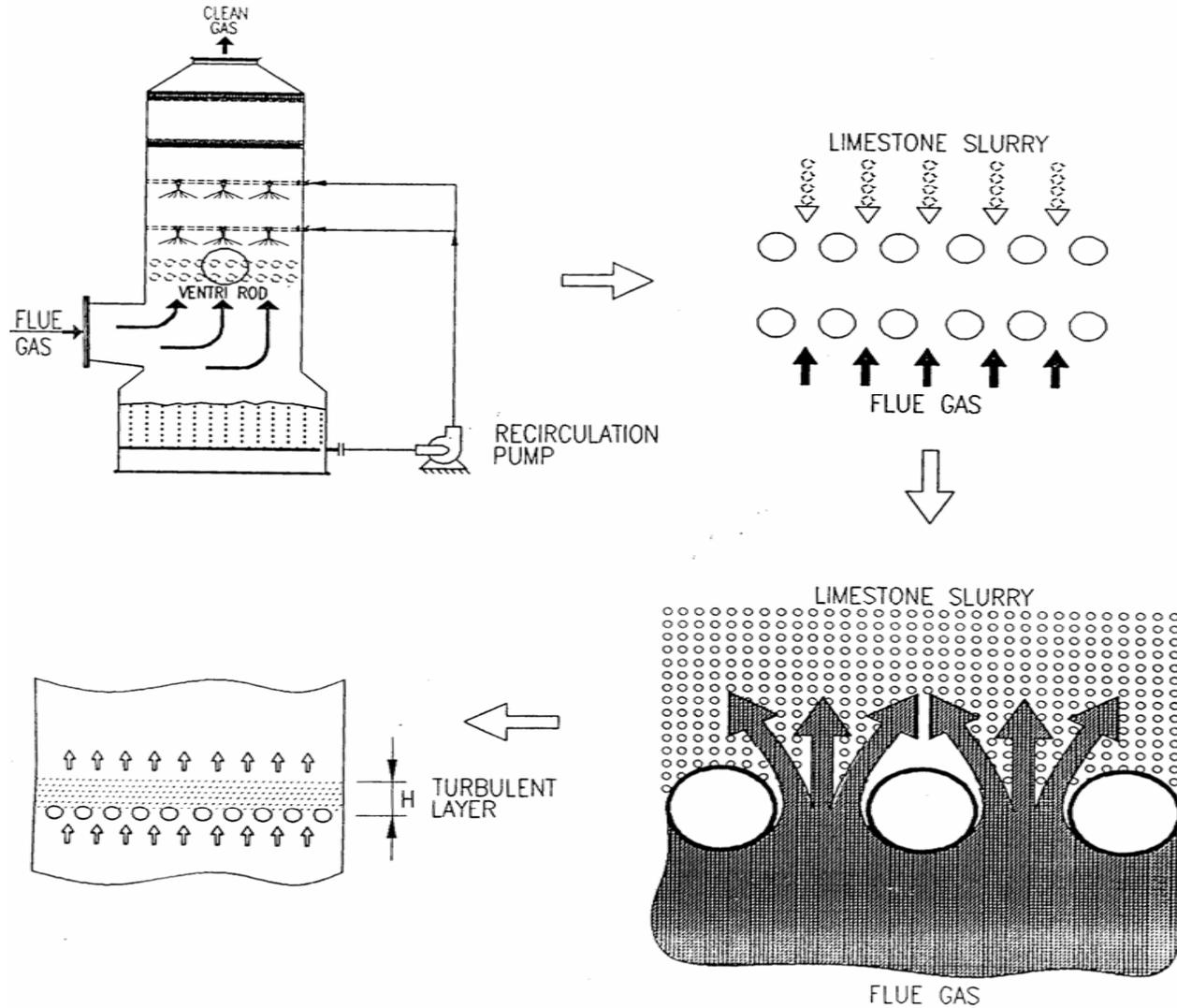
双相吸收理论



常规喷淋塔原理



DUCON文丘里脱硫塔原理



Dust Collectors & Scrubbers

Absorber/scrubber achieves up to 98% removal of SO₂

Top Honors

Gas absorber specifically designed for the removal of sulfur dioxide from process streams and boiler flue gases at efficiencies up to 98% has gained recognition as a *Top Honors* winner in the 1978 CHEMICAL PROCESSING Vaaler Award competition. Here's how one of the judges felt about this entry: "The wide applicability, the important environmental problem it addresses, and the innovative mechanical design approach to achieve engineering goals give this product an edge on my tally sheet."

The absorber/scrubber is a counter-current, multi-styled unit designed specifically for flue gas desulfurization using lime or limestone slurry. It employs a number of vertically stacked beds of parallel metal pipes approximately 50% open to produce a series of parallel venturi throats. The rods rotate slightly preventing scaling or build-up. They can be quickly and easily removed for cleaning and maintenance.

The gas enters the bottom of the absorber, makes a 90° turn and travels upward through the openings between rods strategically placed in stages. Liquor is introduced at the top by means of open pipes and travels downward.

The intermixing of liquor and gas takes place on the turbulent layer maintained on top of each rod deck where the scrubbing action takes place. The scrubbed flue gas then makes a 90° turn and drops most of its free liquor due to gravity prior to entry

into a final mist eliminator section. This is comprised of two sets of vertical Chevron mist eliminators to ensure maximum efficiency.

The combination absorption tower with open grid type packing offers the following advantages:

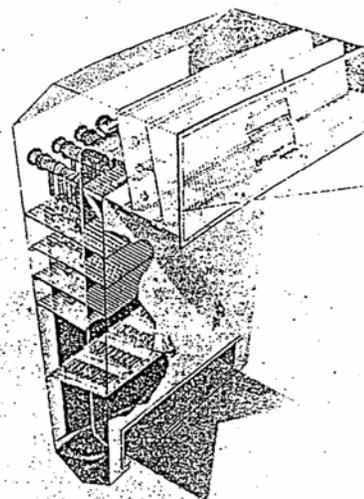
- **Low energy consumption:** Uniform gas velocity distribution can be achieved by the proper arrangement of rod open areas, without altering the total flange to flange pressure drop.

- **Compact absorber design.** Since the scrubber utilizes gas side pressure drop to create gas liquid contact, high absorbing gas velocity (up to 900 fpm) is incorporated for a very compact absorber design.

- **Infinite turndown capability.** Incorporation of a special variable rod bed to maintain a certain minimum pressure drop at reduced gas velocity provides essentially infinite turndown capability.

- **No nozzle plugging problem.** Scrubbing slurry is introduced to the absorber through open pipes and is distributed by perforated impingement plate on the top absorption bed.

- **Even gas distribution through absorber.** The slightly higher pressure drop across the variable rod bed at absorber bottom tends to help distribute the gas flow evenly through the absorber. Also, the venturi openings on the fixed rod beds can be easily adjusted by rearranging the rod positions to achieve uniform gas velocity profile in the absorber.



Schematic illustrates second generation absorber/scrubber. Upper right of system includes two sets of widely spaced Chevron-type mist eliminator blades. Large access doors and walk-in internal space provide ease of inspection and maintenance. Below left are rod stages, a bed of parallel metal pipes where scrubbing action takes place with one patented variable rod deck and a number of stationary rod stages. The scrubbed flue gas makes a 90° turn and drops most of its free liquor due to gravity prior to entry into the mist eliminator section.

CHEMICAL PROCESSING VAALER AWARDS

Official Entry Form For 1978 Competition

Those recent developments contributing most toward improved plant operation in the chemical processing industries will be selected by an independent, "blue-ribbon" panel of judges this summer... in the Eighth biennial CHEMICAL PROCESSING Vaaler Awards competition.

The contest is open to all supplying equipment, instrumentation, materials, processes or services for use in CPI plants. Several entries may be made by one company—ask for extra forms. (See listing of development categories inside.)



All Award-winning developments will be reported in a special Mid-November 1978 issue of CHEMICAL PROCESSING.

The Editors cordially invite your participation. Full details are provided within



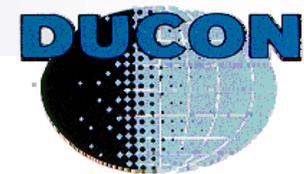
For major contributions toward more efficient and effective operation of plants in the CPI

**DUCON公
司的文丘里
技术获得了
美国化工的
VAALER奖**



DUCON公司设计的实际运行的文丘里棒层





脱硫塔其他设计要点

如何保证脱硫塔内气流分布的均匀性

- 烟气进口处的设计
- 烟气出口处的设计
 - 内部构件的排列

浆液喷雾的设计要求

- 喷头类型的选择
 - 覆盖率的保证
 - 喷淋管的设计



如何防止烟气的附壁效应

在烟气经过脱硫塔的过程中，如果不能很好的防止附壁效应的发生，就会使FGD系统的脱硫效率降低。尤其当脱硫效率需要达到95%以上时，这更成为脱硫塔设计的关键要素之一。



DUCON公司设计的防止壁效应的构件



原烟气进口处冷热交界面的设计

冷热交界面的设计不良，会使进口处的石膏结垢的现象迅速发生，从而影响整个FGD系统的稳定运行。如何进行冷热交界面的设计，已经成为众多脱硫公司普遍关注的问题之一。

DUCON公司设计的实际运行的冷热交界面



第四部分

DUCON公司石灰石-石膏法脱硫技术的详细描述





吸收过程的效率

$$NTU = -\ln(1 - \eta)$$

NTU：为转换单位的数量

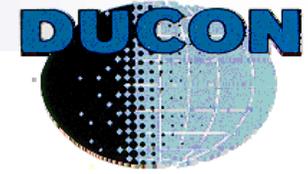
$$NTU = \ln(SO_{2in}/SO_{2out}) = K \times A / G$$

- SO_{2in} ：进入脱硫塔 SO_2 的摩尔数
- SO_{2out} ：离开脱硫塔 SO_2 的摩尔数
- K ：平均的总气相质量转换系数
- A ：总质量转换的交换面面积
- G ：总烟气质量流量。

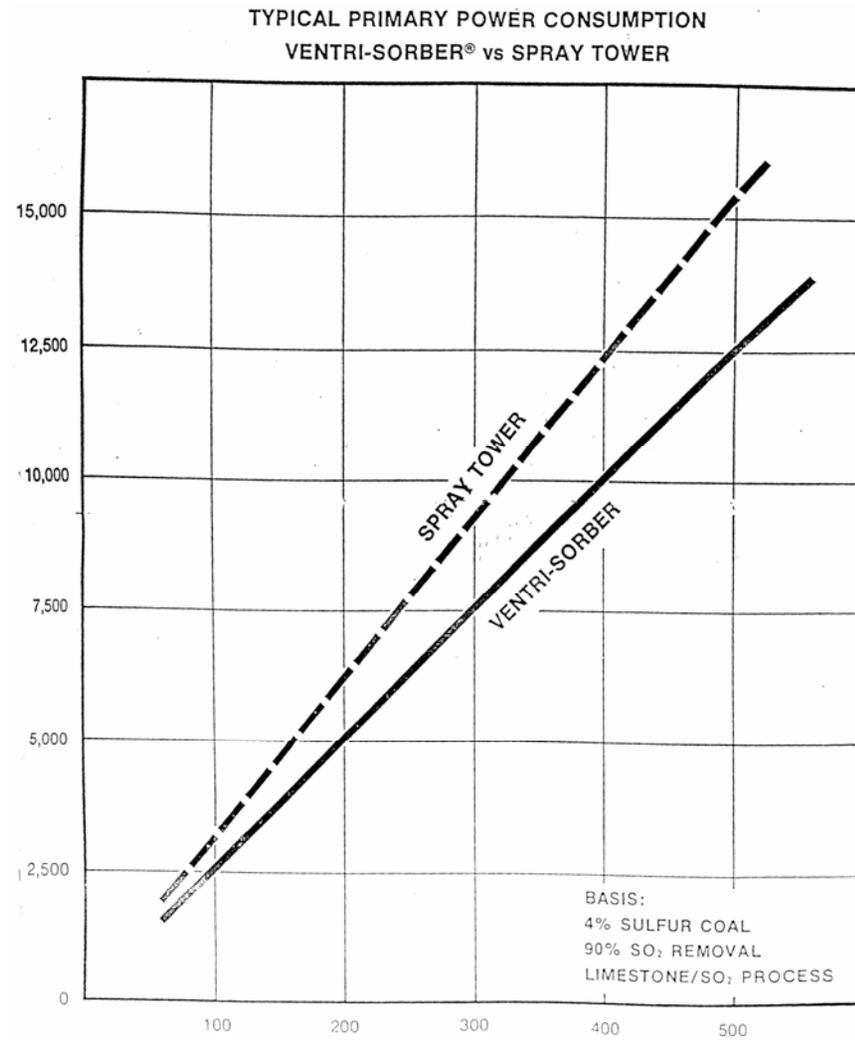


影响的效率的因素

- K和A越大，效率越高
- G增大，效率降低
- $1/K=1/K_g+H/K_l\varphi$
 - $K_g=D_g/\delta_{gas}$
 - $K_l=D_l/\delta_l$
 - H:亨利常数
- D_g 、 D_l 为两相传质模式中气体、液体扩散系数



FGD总电耗比较





喷淋塔液体下落过程分析

- 液体表面积减少
 - 液滴下降过程中的聚集，使液滴数量减少，表面积大大下降
 - 高温烟气使液滴表面产生蒸发，使表面积减少
- 液滴表面SO₂浓度迅速上升

使气相中的SO₂向液体表面的传质过程减缓或中止

提高气液传质效率的“秘密”

- 纵观世界FGD技术，烟气通过脱硫塔的时间，是3-5秒钟，所以，如何在3-5秒内来吸收烟气中>90%的SO₂是各公司努力的方向。
- 要提高二相传质的效应：
 - 减薄气膜和液膜的厚度
 - 打破传质平衡
 - 由“气包液”变为“液包气”传质



DUCON的解决方案—文丘里

- DUCON在三十年前与麻省理工对吸收过程强化传质的研究。
- DUCON在三十年前与密西西比大学进行石灰石化学反应的研究。
- DUCON在实验室和小试装置进行文丘里强化气液传质的研究
- 并在工业装置进行了验证



DUCON文丘里

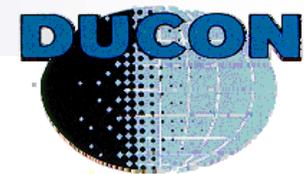
- 当烟气通过文丘里棒层时，气液产生强烈的文丘里效应
- 文丘里效应：下落的液体在文丘里棒层被高速向上的气流击碎，产生新的传质表面。
- 文丘里棒上层产生了强烈的湍流层，改变了常规的“气包液”传质过程，变为“液包气”的传质过程。



跟常规吸收塔的比较

- 根据美国能源部与环保署统计的FGD操作数据，当脱硫率 $>90\%$
 - 其L/G在110-130加仑/1000立方英尺 (14.7-17.4升/立方米)
 - 喷淋层数四至五层。
- DUCON同期设计并运行的FGD，当脱硫率 $>90\%$ 时
 - 其L/G比在65-80加仑/1000立方英尺 (8.7-10.7升/立方米)
 - 采用三层喷淋层

设置二层文丘里，减少了喷淋层，L/G下降25%，使循环泵的电耗大大下降。



赢得荣誉

- 由于DUCON文丘里KNOW-HOW技术，第二代DUCON脱硫技术由于高的脱硫效率、低的L/G比和低的能耗，获得了美国化工1978年最高荣誉奖—VAALER。
- 第二代DUCON脱硫技术在没有喷头的情況下，达到98%的脱硫效率（详见1978年《美国化工》杂志第十二期。



DUCON 第三代脱硫技术

- 保留了最优秀的文丘里KNOW-HOW技术
- 吸收了喷头喷淋的优点，由原来的不设喷头改为碳化硅喷头（早期DUCON使用自己的专用喷头），使在吸收塔塔截面上的覆盖率达到200%以上。
- 脱硫塔内设计了四层防边壁效应的设施，避免了边壁效应，提高了脱硫效率和脱硫剂的利用率。



DUCON 第三代脱硫技术

- 为了改善烟气入塔后的气流分布，与麻省理工合作，对烟气入口结构进行改进。
- 入口结构与文丘里棒层的组合，使烟气进入塔内后，以“平推流”的方式向上运动，避免了常规空塔不可避免的“涡流”现象，使任意截面上，气体的分布均匀。



吸收塔的形状

- DUCON有二种形状的吸收塔
 - 方形：气流分布均匀，制造安装简单
 - 圆形：受力情况好，布置方便

根据客户的要求、场地情况等综合选择。



除雾器的配置方式

DUCON可以顶置式和侧置式二种方案：

- 顶置式：直接安装在塔内顶部，结构紧凑
- 侧装式：安装在吸收塔出口水平烟道上
 - 烟气流向与水的流向垂直，减少气流携带量，提高了除雾器的效果
 - 在相同除雾效果下可以提高吸收塔的流速，可以减少吸收塔直径。
 - 除雾器的流速可以更高，减少了除雾器尺寸。
 - 吸收塔的水平衡不受除雾器水平衡的影响。
- DUCON根据客户的要求设计的条件提供推荐方案



喷淋层

- DUCON第三代技术吸收了FGD最新技术进步，选择SiC材质的空心喷头
- 采用多母管制，并对支管进行优化设计，使每支管的流量均匀。
- 喷头进行优化设计，在低压降的同时保证喷头出口的液滴控制2000-2500 μ 。
- 在吸收塔截面上，保证达到200%的覆盖率。

吸收区

- 对整体吸收塔的优化，在烟气均匀、无紊流的情况下，均匀地通过浆液吸收区。
- 在吸收浆液下落的过程中，在吸收浆液达到饱和时，通过文丘里层。液体在通过文丘里层时被重新打碎，产生新的吸收表面，因此，使单位浆流吸收SO₂的量增加。

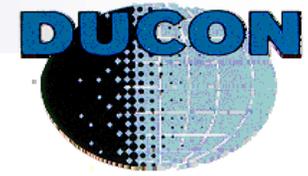
烟气入口区

- 优化的设计减少了涡流
- 烟气入口的干湿界面采用高镍合金钢，保证了长周期运行
- 文丘里棒层对烟气的再分配，使烟气通过吸收区时接近“平推流”的形式，吸收效率高



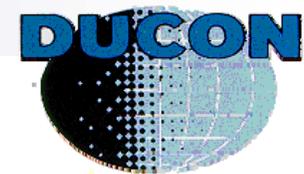
搅拌器的设计形式

- DUCON有二种形式的浆池，根据浆池形式的不同，选择不同的搅拌器安装形式
 - 顶进式，适用于变径式浆池。主要优点是：
 - 搅拌器轴功率较小，降低电力消耗成本
 - 安装简单，没有机械密封要求
 - 不需要用水冲洗机械密封处。
 - 侧进式，适用于同径式浆池。
 - 吸收塔设计、制造简单



浆液供应泵的设计

- DUCON的石灰石浆液供应泵采用一塔一泵的配置方案（另加一台公共备用泵），通过浆液池内PH值来调节回流的办法控制进入塔内的新鲜吸收剂量
 - 避免母管制方案对每塔浆液供应量的不稳定。
 - 避免母管制方案调节阀容易磨损的缺点。
 - 系统的可靠性强



对系统的影响降到最低

- 集DUCON三十多年FGD系统的经验，在FGD系统设计的各方面均进行了优化和完善设计，以保护锅炉系统运行的安全，并使FGD装置对锅炉岛的影响降到最低。
 - 完善的FGD—DCS设计
 - 完善的联锁保护
 - 选择可靠的设备
 - DUCON公司有完善的安全评估系统，以确保系统的安全。

石灰石浆液的入口位置

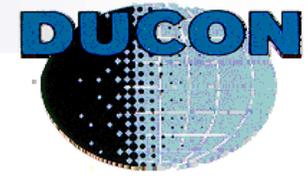
- DUCON一直致力于FGD的改进及优化，根据最近的工程运行经验，将新鲜的石灰石浆液的入口位置由传统的进入吸收塔改为进入循环浆液出口。
 - 由于浆池为“全返混”式，传统的加入方式，部分新鲜石灰石粉会直接通过石膏排出泵排出系统。
 - 增加了喷淋浆液的碱度，所以浆液的吸收SO₂能力增强。
 - 提高了石灰石的利用率，并减少了石膏中CaCO₃的含量。



均匀的氧化空气分布

■ 采用布管式氧化空气分布方式

- 根据吸收塔的大小，在四个象限设置有氧化空气入口管。
- 树枝式的氧化空气分布，在设计时根据空气的流量和氧化风管的直径，对每一支管的开孔距离进行优化的设计，以保证浆池内每一区域进入的空气量均匀。
- 支管的空气喷咀的角度和喷孔直径进行优化的设计，保证在每个喷口喷出的空气气泡的均匀并且是细小，避免大的空气气泡。
- 良好的分管和优化的开孔设计，加上良好的搅拌，使空气以较小的气泡形式上升。因此，DUCON设计的浆池， CaSO_3 的氧化充分、氧气的利用率高。



良好设计的浆池

- 浆池的设计保证了石灰石的充分溶解、 CaSO_3 的氧化和石膏的充分结晶
- 根据场地及客户的要求，可以设计为变径式浆池或同径式浆池
- 与搅拌器制造商多年良好的合作设计和优化设计，使吸收塔浆池没有死区，因此，DUCON设计的FGD装置从来没有出现过因浆池结垢而导致的停工。

谢谢各位！











