

吸收与冷凝

——成酸过程中的传热

丁 华



吸收与冷凝

◆ 成酸: 3种方式、3个层次

空间冷凝、吸收、表面冷凝

◆ 空间冷凝与表面冷凝: 质的差异

空间冷凝必须超额过饱和

◆ 空间冷凝最难, 表面冷凝最易

◆ 吸收与冷凝: 质的差异

SO_3 被吸收, H_2SO_4 在冷凝

酸雾

◆ 吸收**易**、控雾**难**

● 治标: 除雾器

治本: **不**发生空间冷凝

● 手段: 分酸、布气

◆ 关键: $\text{温差} = \text{气温} - \text{露点}$

● 表现: 出塔酸温

吸收

◆ 热效应: 4种

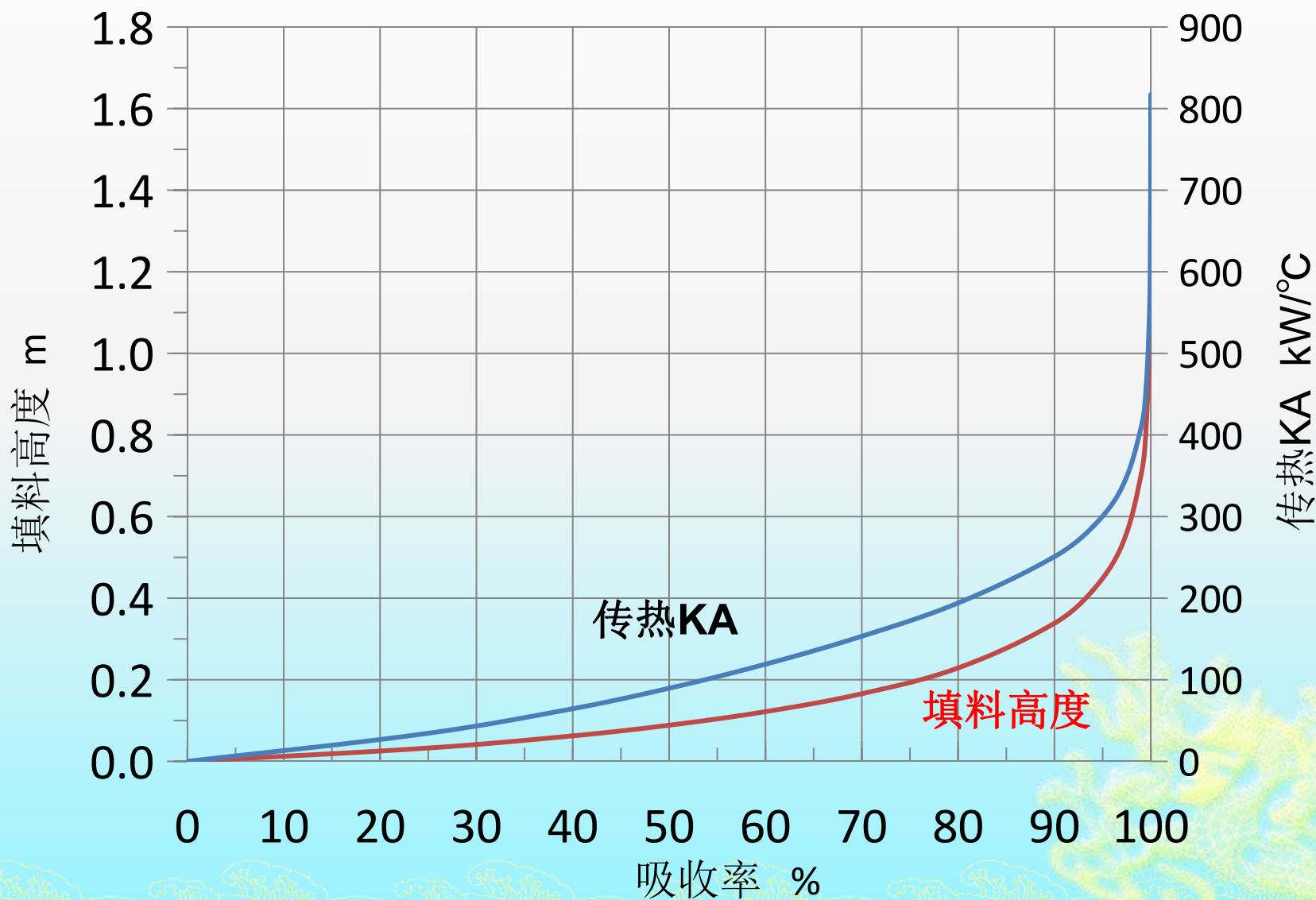
- 相变热: 气态 SO_3 冷凝
 - 反应热: SO_3 与水生成 H_2SO_4
 - 稀释热: 100%稀释到实际酸浓
 - 气体显热: 进出塔气温差
- ## ◆ 传热: 显热

一吸

- ◆ 1200t/d磺酸， SO_2 气浓11%
- 进塔气温：170°C
- 酸温：80、110°C (定酸量)
- 填料：76mm 矩鞍
- ◆ 塔内径：4.6m

填料顶空塔气速：1.61m/s

一吸：填料高度及传热KA (吸收率)



一吸 (传质)

◆ 99.99%吸收率: **1.63m**

● 第1个9 (90%): **21%** (90%)

● 第2个9 (99%): **22%** (9%)

● 第3个9 (99.9%): **23%** (0.9%)

● 第4个9 (99.99%): **34%** (0.09%)

◆ 最后9: **1/3**填料高度

● 强于指数关系 饱和蒸汽压

一吸 (传热)

◆ 90%吸收率: KA线性↑

>90%: KA快速↑

● 填料高度为横坐标, KA近似线性

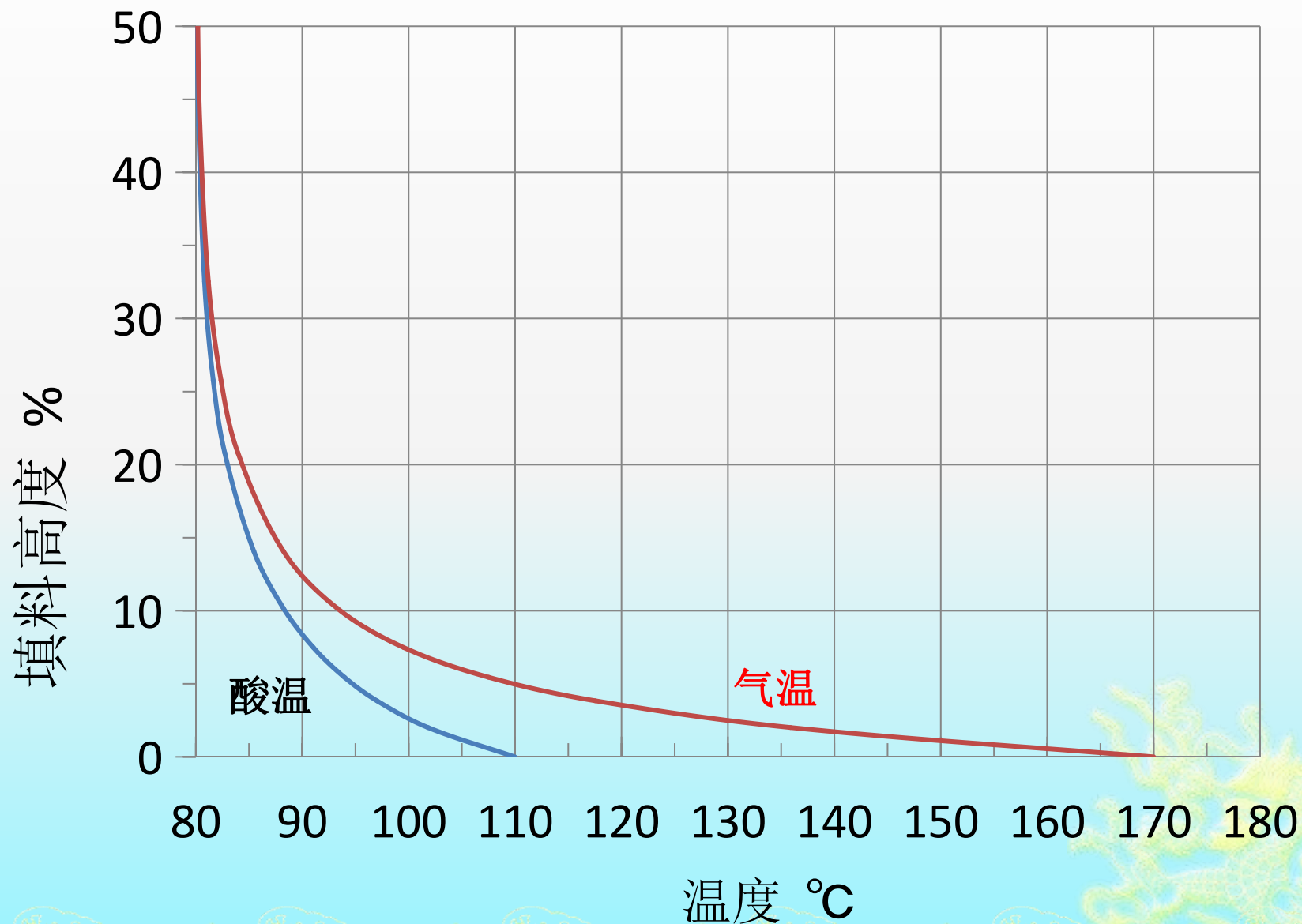
● $K_{\text{随}}$ 填料高度: 逐渐减小

◆ 气体不能被急冷

气液温差: 60°C (进塔)

35°C (吸收率25%)

一吸：气温及酸温 (填料高度)



气液温差

- ◆ 指数地减小: 气、酸温、气液温差
- 吸收率50%: 填料高度0.1m (7%)
气液温差 $<10^{\circ}\text{C}$
气温 - 露点 = -14°C
- 填料高度50%: 气液温差 $\sim 0^{\circ}\text{C}$
吸收率99.5%
- ◆ 分酸不均: 空间冷凝
- 填料出口气速: 阻力、传质系数

传**热**与传**质**

- 传热不影响吸收
- 显热: 占一吸塔热效应22%
- 气温 200°C : **不**增加填料高度
- 吸收减缓传热

有助于: 防止空间冷凝

- $K \approx 0.7 \text{ kW/m}^2\text{C}$: 液膜更新、曲率
- ◆ 不润湿干填料: **不**传热

二吸

◆ 吸收率: 99.836%

99.80%满足总吸收率99.99%

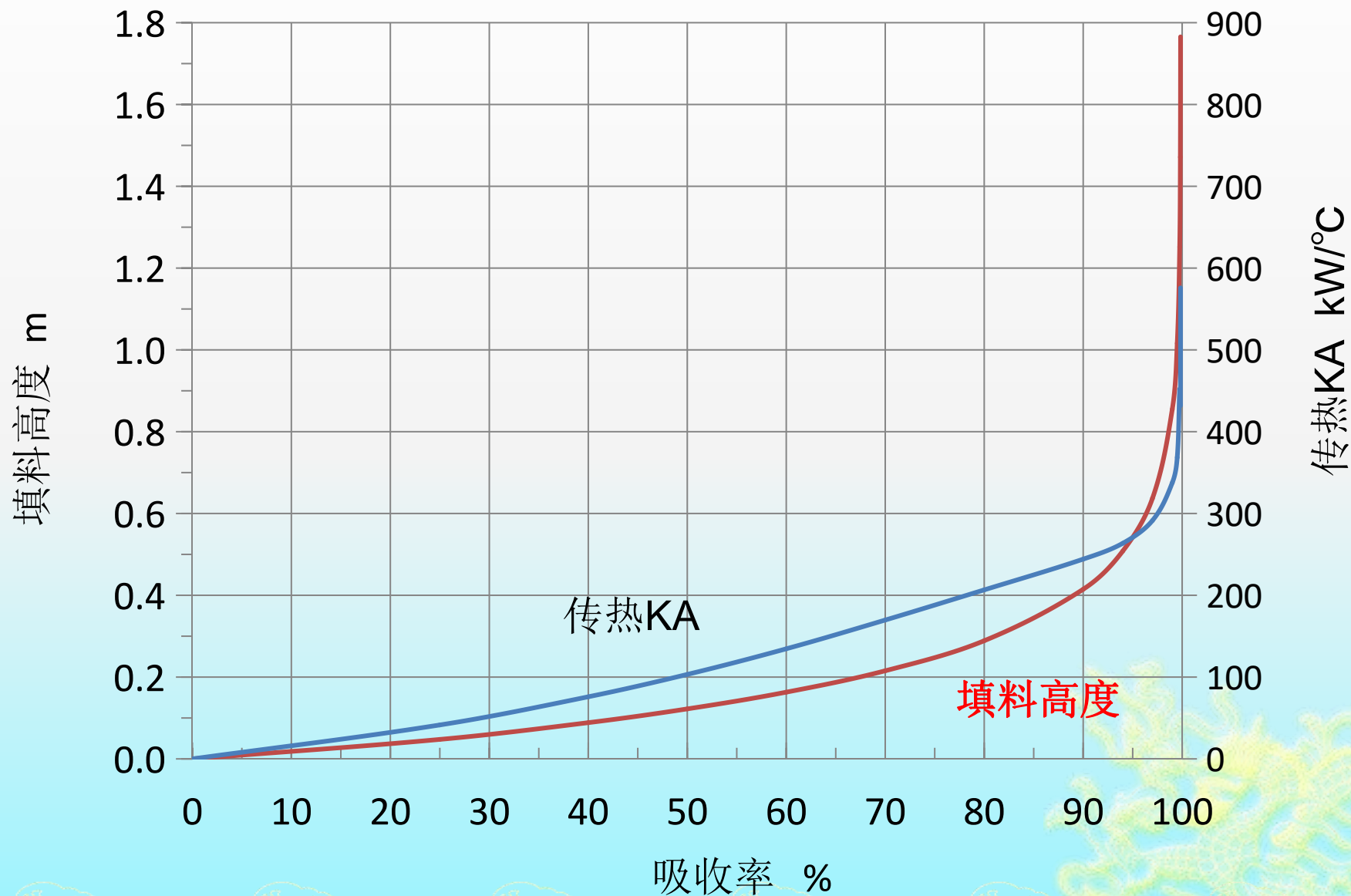
● 进塔气温: 150°C

● 酸温: 80、92°C (喷淋密度~20)

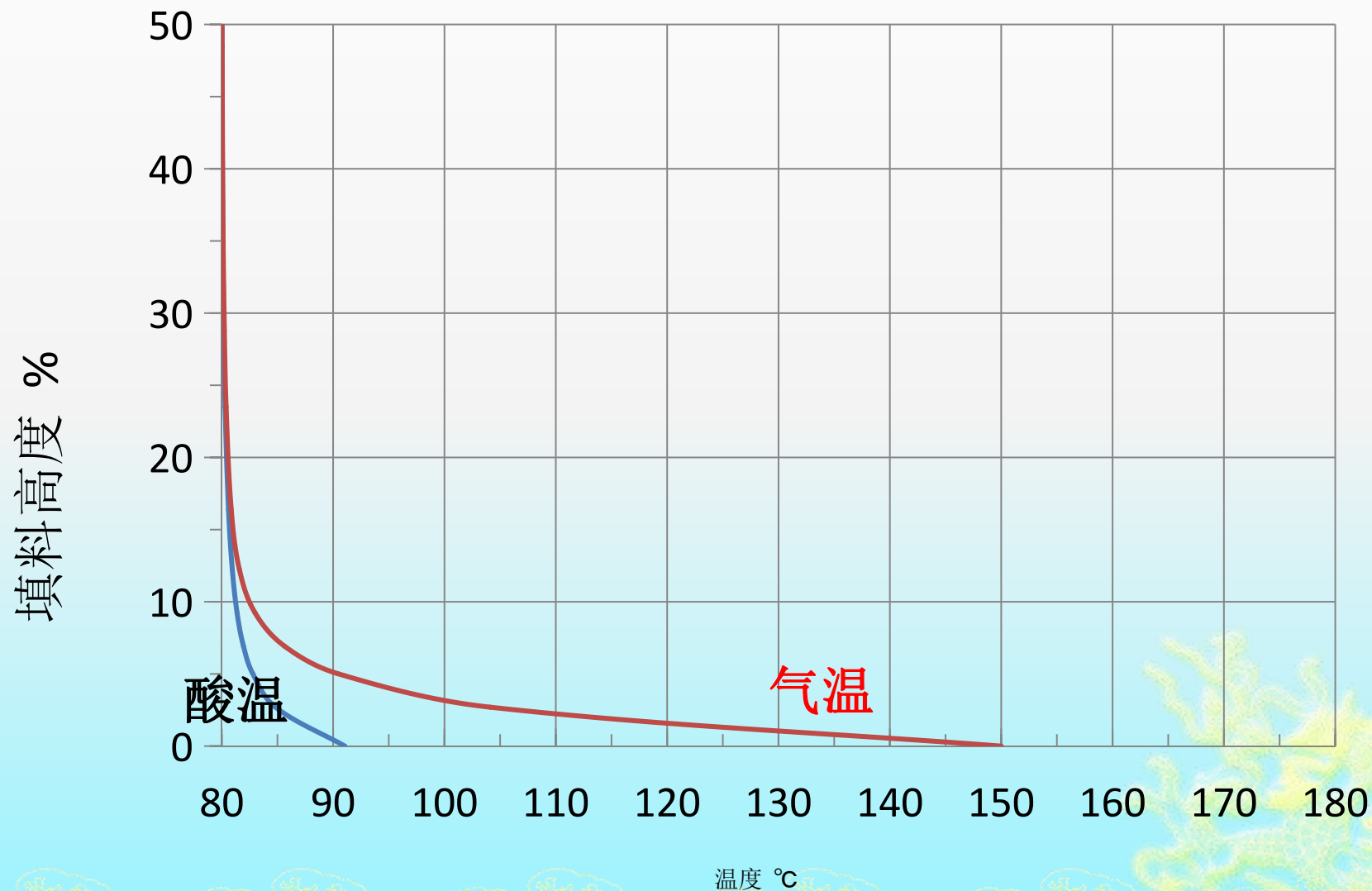
● 填料高度: 1.77m (+8%)

◆ 90%: $\frac{1}{4}$ 99%: $\frac{1}{2}$

二吸塔: 填料高度及传热KA (吸收率)



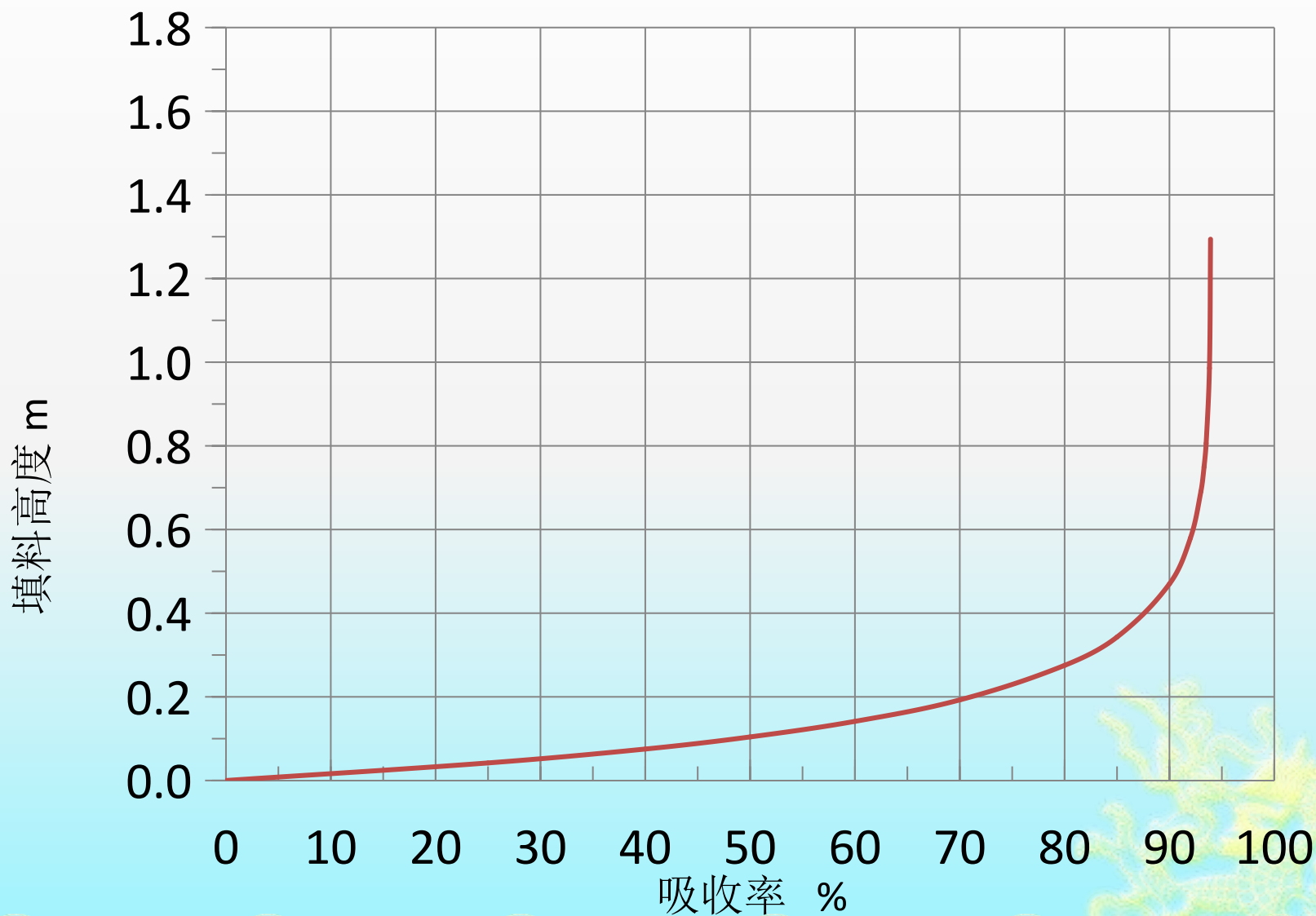
二吸：气温及酸温 (填料高度)



二吸 (传热与传质)

- ◆ SO_3 分压差: 推动力, 吸收量
两塔传质 Q/Δ 值相近
- 90%吸收率: KA 线性↑ (传热99%+)
>90%: KA 快速↑
- 显热: 占二吸塔热效应77%
(只是一吸显热60%)
- 1/4填料高度: 完成传热
- ◆ 出塔气液有温差: 分酸不均

酸热回收塔: 填料高度与吸收率



热回收塔

- ◆ SO_3 平衡分压: 始终不可忽略
初始: $1/5$
- 曲线: 相似 填料高度 1.29m
- 吸收率 90% : **36%**
- 最后: 更陡、更多
- ◆ 总传质系数: 较大
- 传热: $\approx$ 无。 传热不影响传质

表面冷凝

- 反应热: 在气相

多在进塔前已移除

- ◆ H_2SO_4 、 SO_3 共存:

表面冷凝与吸收并进

- 表面冷凝: 更好、更快、更易
- 半干法制酸: 表面冷凝主导

空间**冷凝**

- 同时: 相变与颗粒

传**热**制衡传**质**, 传热与传质相互协同

- 相变热: 不可能释放到液相

留在气相, 小部分表面能

- ◆ 相变热: 巨大

水温**↑** 600°C、水汽**↑** 1300°C

酸雾**↑** 160°C、雾气**↑** 320°C

- 空间冷凝: 有限、可控

难: 必须**超额**过饱和

从酸热回收看一吸

◆ 出塔: 99.6% 210°C

99.6% 110°C

● 吸收率: 都不是问题

● 腐蚀: 酸温 ↗ 腐蚀 ↑

◆ 出塔酸温: ↑, 酸雾更少

● 高酸温、低喷淋密度

高气速、低填料高度

良性循环

酸雾控制

◆ 控水: ↓↑水分、↑酸温、↑酸浓

● 吸收率: 分酸、布气

● 填料: 2.1~2.4m 富裕30~50%

百座塔

● 酸雾控制: 分酸 气温-露点

碟式分酸器

◆ 点多

◆ 点均

◆ 点量匀

● 孔板流量计

● 安装方便

● 免调节

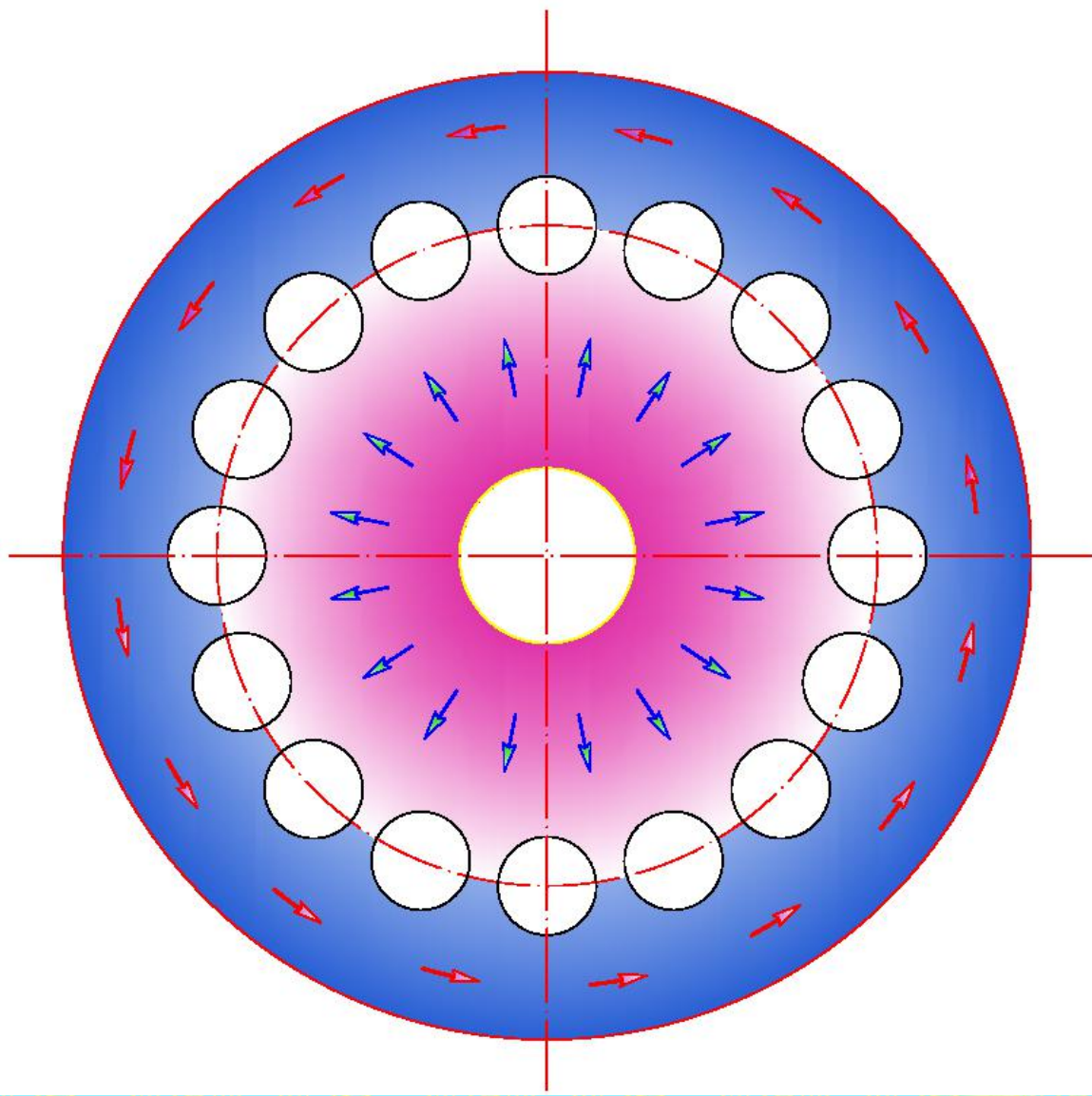
● 免维护

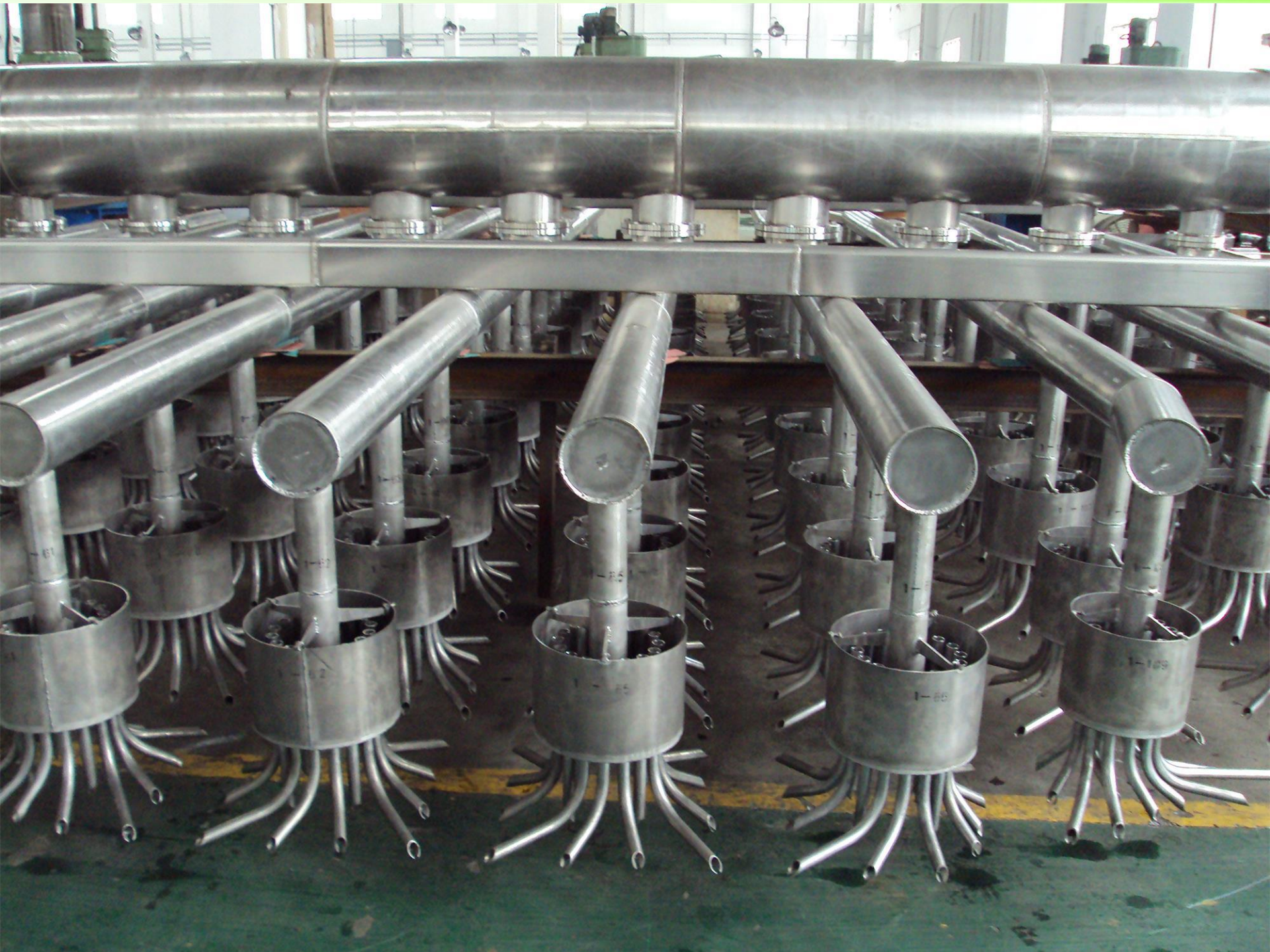


环流

地转
偏向力

逆时针







碟式分酸器：4年半 19塔

