



德国KK&K风机在硫酸行业的应用

KK&K 中国区销售经理左松

Agenda 目录



- | | |
|----|--------------------|
| 01 | 豪顿透平有限公司（KK&K）简介 |
| 02 | KK&K硫酸装置主风机的设计特点 |
| 03 | 大型硫酸装置-两台风机并联 |
| 04 | KK&K硫酸装置主风机国内配套部分 |
| 05 | KK&K硫酸装置主风机中国市场的计划 |

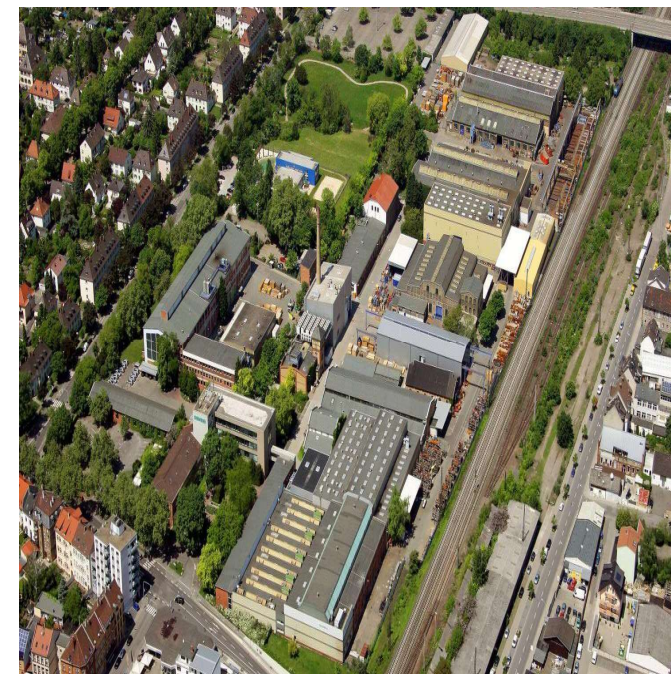
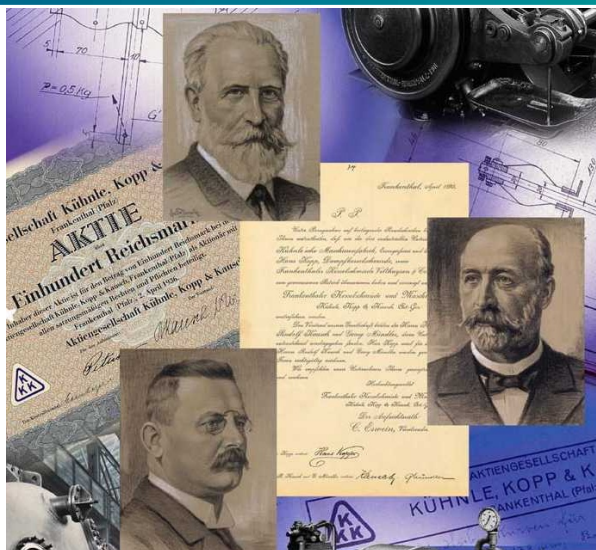


豪顿透平有限公司 (KK&K) 简介

- 弗兰肯塔尔工厂 - 发展历程

弗兰肯塔尔工厂是透平压缩机和蒸汽轮机技术的全球总部，服务于工业、基础设施及能源终端市场

- ◆ KK&K成立于1899年，原名弗兰肯塔尔锅炉制造厂及机械制造公司 (Kühnle, Kopp & Kausch 股份公司)
- ◆ 2006年被西门子能源收购，并更名为西门子透平机械设备有限公司
- ◆ 2017年豪顿收购西门子透平机械设备有限公司
- ◆ 2023年豪顿集团整体并入查特工业 (Chart)
- ◆ 在工业与船用压缩及蒸汽轮机发电领域全球领先地位
- ◆ 世界级技术与制造能力
- ◆ 产品可靠性优势突出



€250M

订单额约2.5亿欧元
(新机 + 售后)



600+

600多名专业员工



160,000

每年16万工时

豪顿透平有限公司 (KK&K) 简介

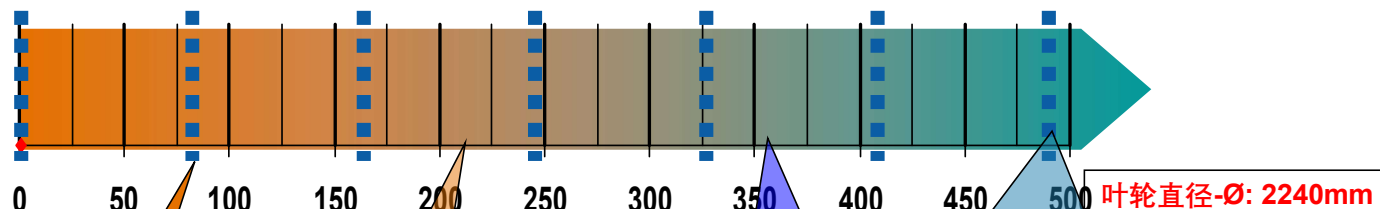
-在硫酸行业的产品及应用

工厂规模 [千吨/年] approx. 330 660 990 1320 1.650 1.980

工厂规模 [吨/天] approx. 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000

6.000

标况流量
[$10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$]



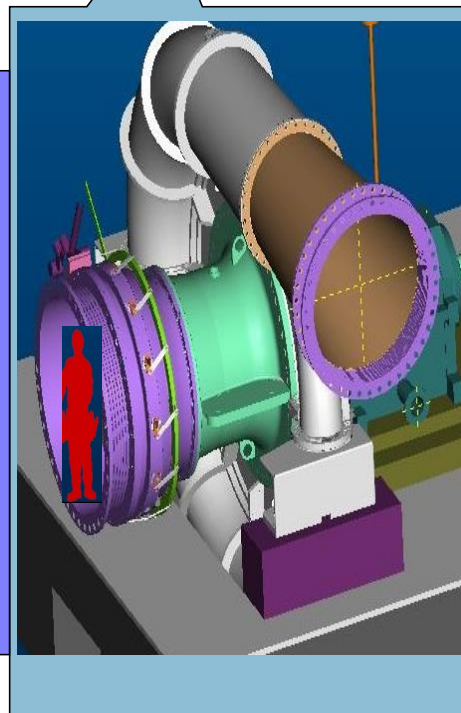
叶轮直径
-Ø: 1400mm



叶轮直径-Ø: 1800mm



叶轮直径-Ø: 2240mm



叶轮直径-Ø:
900mm



全球业绩

550+ 套

SO₂烟气 70% 硫磺制酸
40%

中国业绩

190+ 套

SO₂烟气 65% 硫磺制酸
35%

KK&K硫酸装置主风机的设计特点



硫酸厂的要求

- 长期稳定、连续运行能力
- 最小化非计划停机
- 提高工厂使用率>94.5%

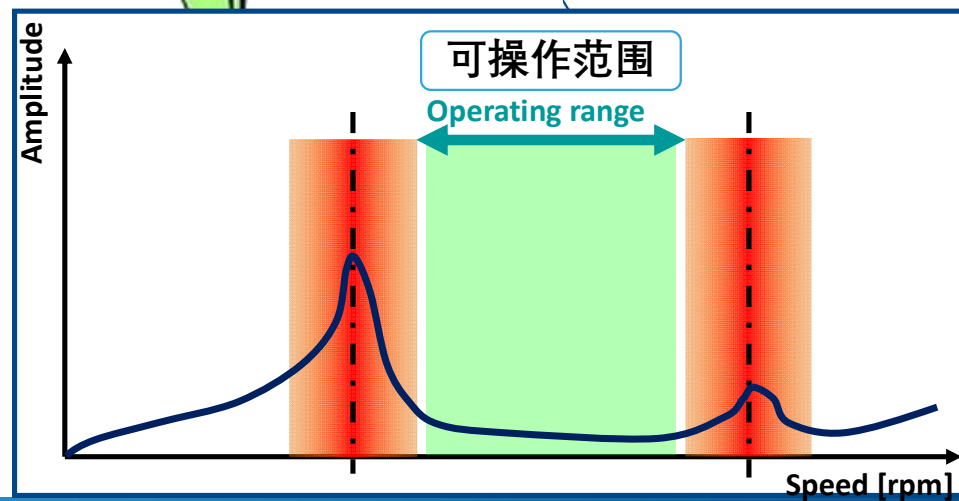
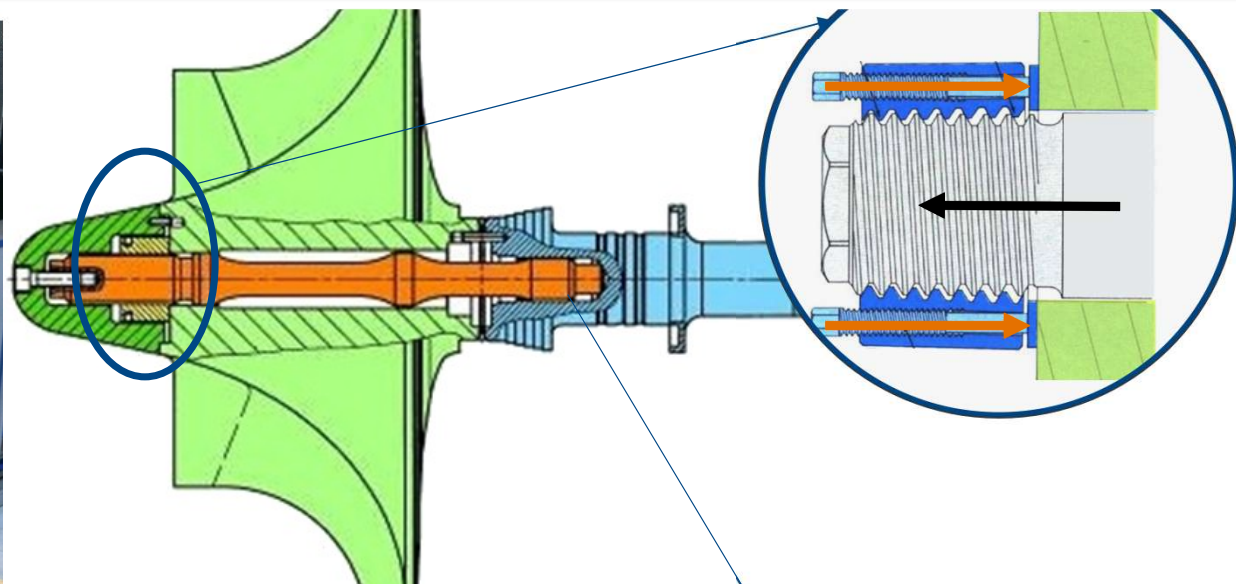


KK&K主风机的主要特点

- ◆ 专门设计用于严苛的 SO_2 鼓风机工况，能够应对不平衡、磨损和腐蚀等挑战
- ◆ 自清洁型 KK&K 叶轮设计，有效防止积垢，实现长期无故障运行
- ◆ 重载型叶轮，采用厚实叶片结构，具备优异的抗液滴冲蚀磨损能力
- ◆ 优化的转子动力学设计，结合可倾瓦滑动轴承，实现低振动运行
- ◆ 坚固的转子支撑结构，能够承受不平衡载荷，并采用水平剖分结构，便于维护
- ◆ KK&K 风机采用无备用机运行配置，在严苛工况下仍实现高效率与高可靠性

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-悬臂式叶轮



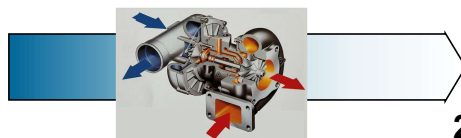
速度

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-空气动力学设计

KK&K 涡轮增压器

1952



2002



BorgWarner
Turbo Systems

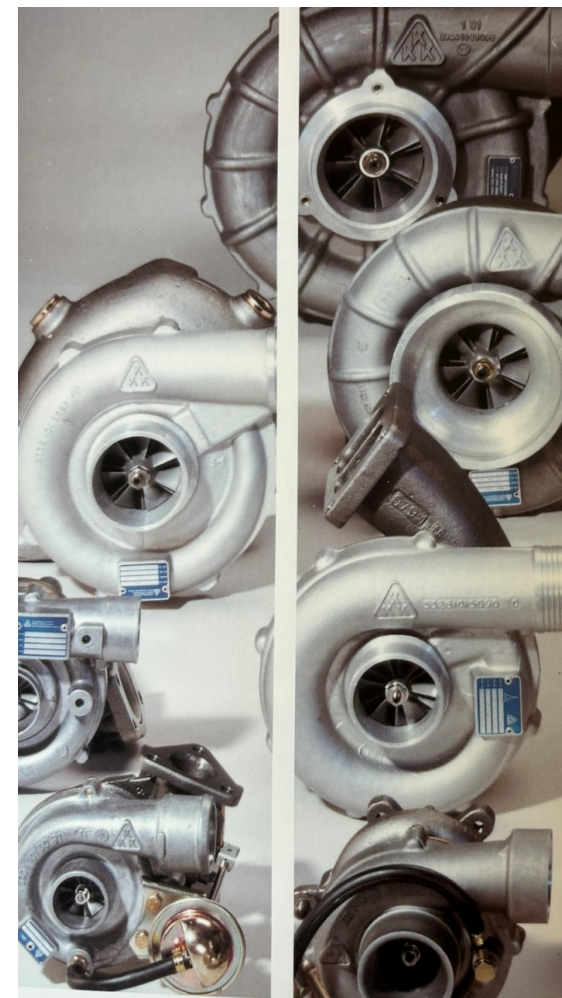


保时捷936（1977年勒芒24小时耐力赛冠军）



其中最强的发动机是BMW M12/13——一款1.5升直列四缸发动机，配备KK&K涡轮增压器及博世数字电子管理系统。

- ◆ 50多年KK&K涡轮增压器的设计、制造与测试，并广泛应用于一级方程式与超级跑车领域。
- ◆ 每台涡轮增压器均针对具体发动机进行定制开发，并包含压缩机与涡轮两部分。
- ◆ 凭借卓越的机械设计，实现了丰富的气动设计方案及完善的数据积累。
- ◆ KK&K / 西门子 / HTO 持续提升技术能力，并将其应用于工业压缩机领域。



KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-叶轮-抗腐蚀情况



使用10年以上的KK&K叶轮照片

硫酸主风机的运行工况严苛：

- **不平衡：**
因结垢/沉积引起的叶轮动不平衡
- **腐蚀：**
 SO_2 气体/硫酸环境腐蚀叶轮
- **冲蚀：**
来自干燥塔的硫酸液滴冲蚀叶轮

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-叶轮-迭代升级



第二代叶轮-需要加强筋



第三代叶轮

- ◆ 自1985年开始采用的背弯3元轮具有更高的绝热等熵效率,
- ◆ 开式、长短叶片布置使得增加叶片厚度成为可能, 如此风机的寿命更长, 同时避免了共振
- ◆ 长短叶片布置: 部分截短的叶片极大地避免了叶片的磨损
- ◆ 出色的抗磨蚀 / 冲蚀能力
- ◆ 改善了喘振特性
- ◆ SF 18叶片厚度达到35-40mm
- ◆ 7长+ 7短叶片+特殊处理

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-叶轮



第二代叶轮

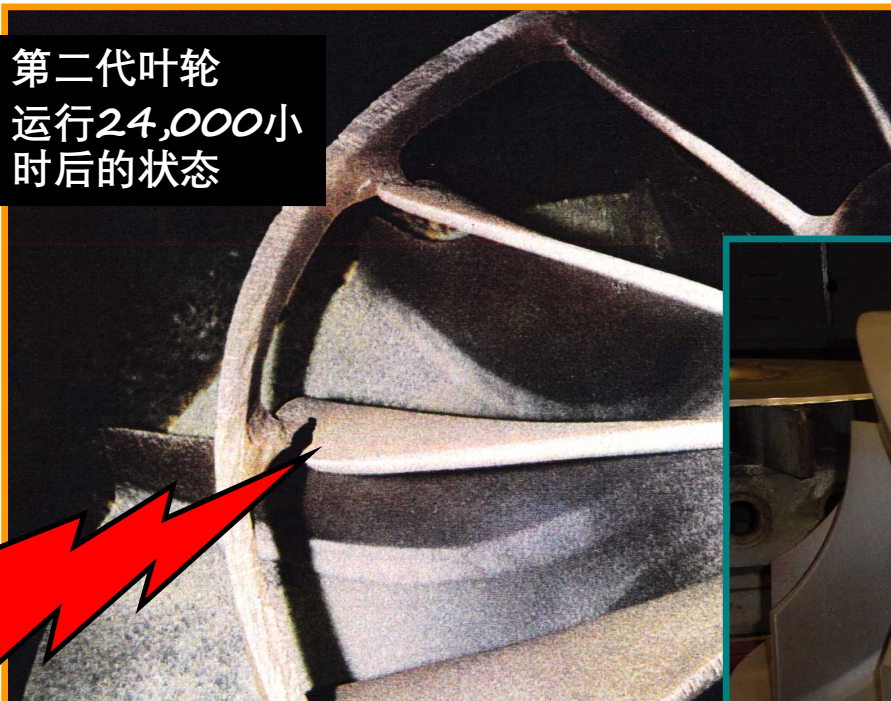
叶轮

第三代

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-叶轮-迭代升级

第二代叶轮
运行24,000小时后的状态



- ▶ 局部磨损集中
- ▶ 叶片遭受严重冲蚀

第三代叶轮：

- ▶ 优异的耐磨性能
- ▶ 更长的可运行寿命



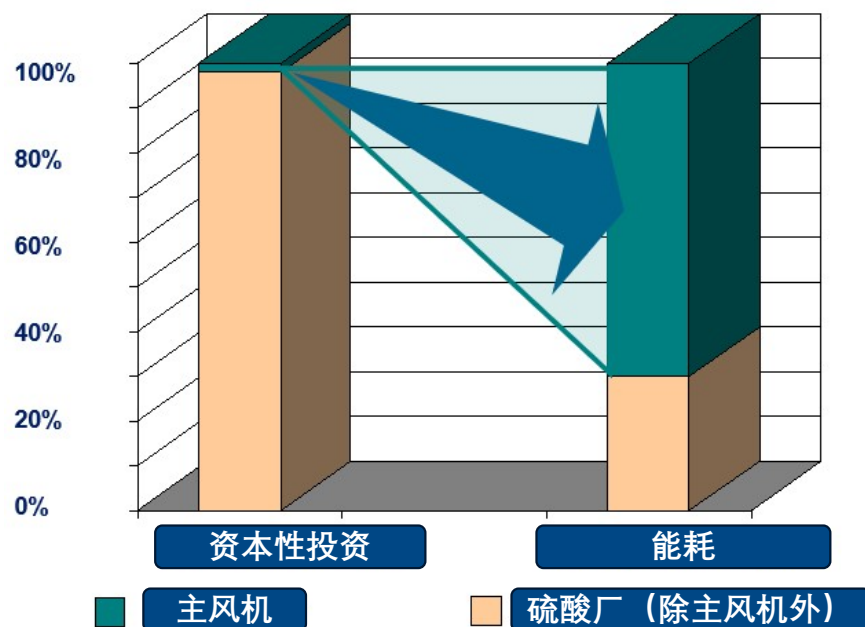
SF14叶轮在SO₂ 气体运行40,000小时后的状态

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-叶轮-高效

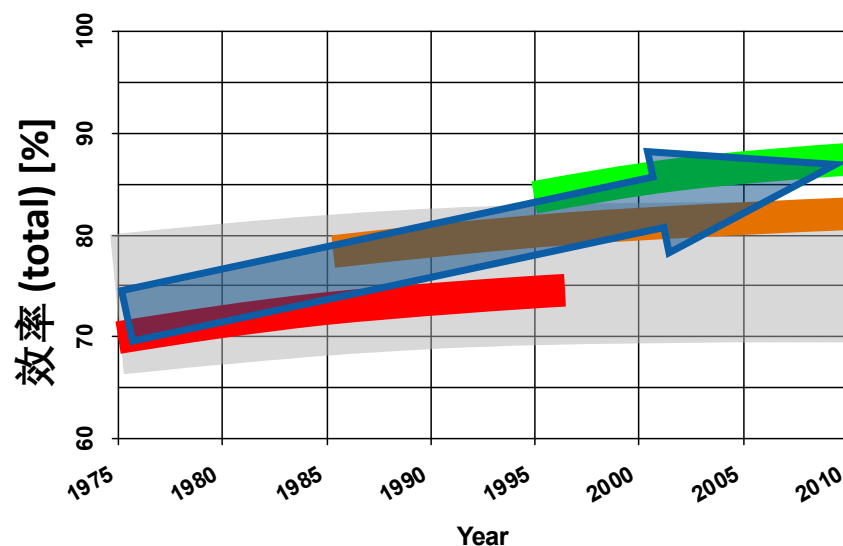
主风机设备投资约占
酸厂总投资的4%

主风机能耗约占酸厂
总能耗的70%



采用高效主风机可显著降低装置运行成本

压缩机效率 (含机械损失)



平均

SFL 系列

SFM 系列

SF (SFO/SFP) 系列

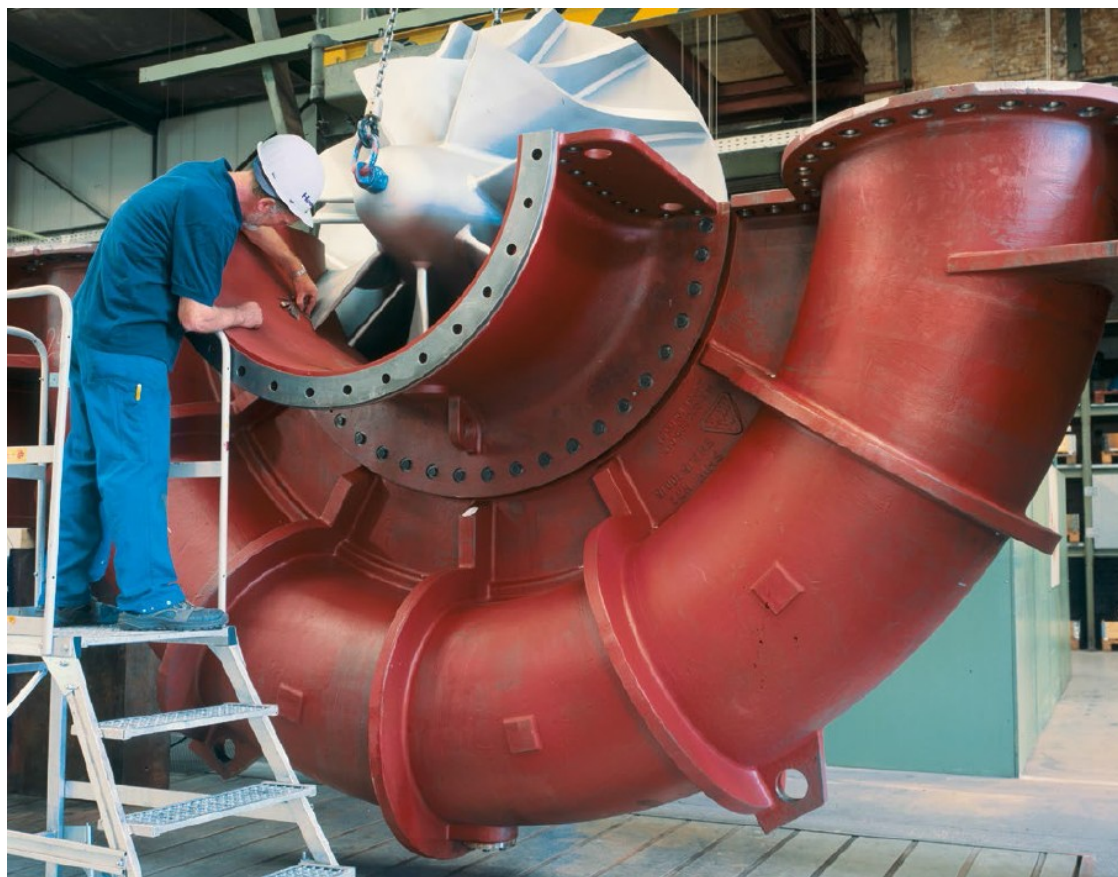
降低装置运行成本

持续的效率提升

- ✓ 气动优化：三维后弯叶轮设计
- ✓ 机械优化：通过柔性转子设计降低机械损失

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

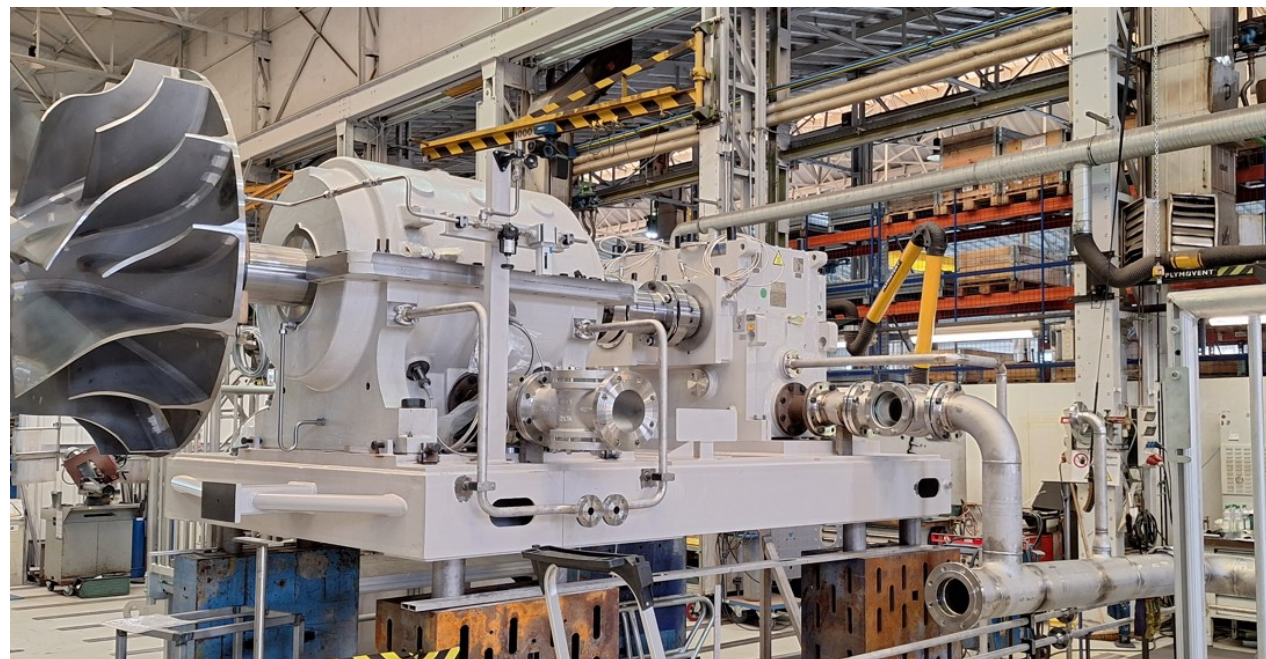
-蜗壳



加工精密：蜗壳和叶轮间隙约3.5mm，且运行时不会刮蹭叶轮

KK&K硫酸装置主风机的设计特点

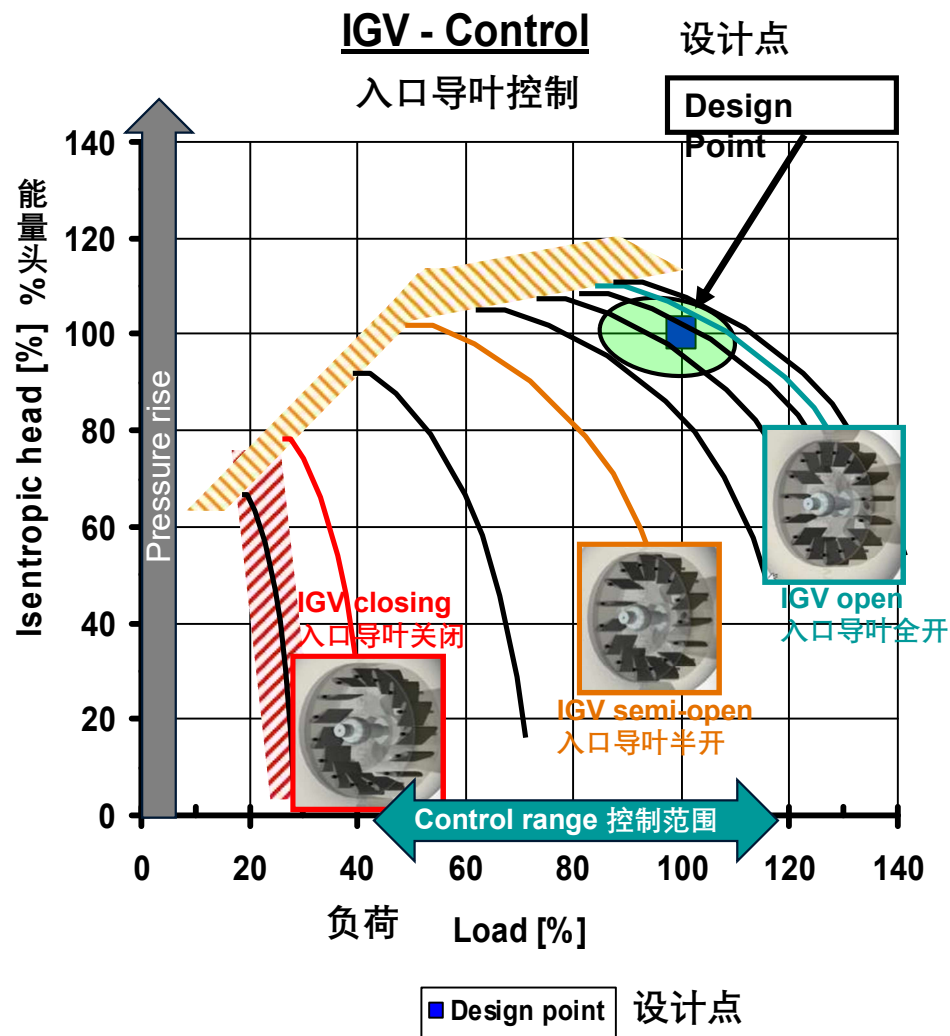
-转子支撑座



无需盘车：强有力的转子支撑座可以支撑数吨重的转子

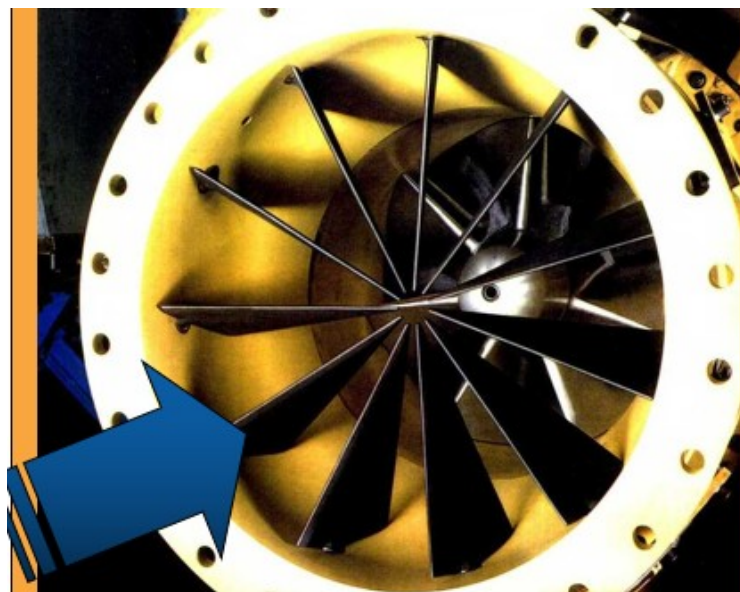
KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-入口导叶



入口导叶控制 (KK&K专利)

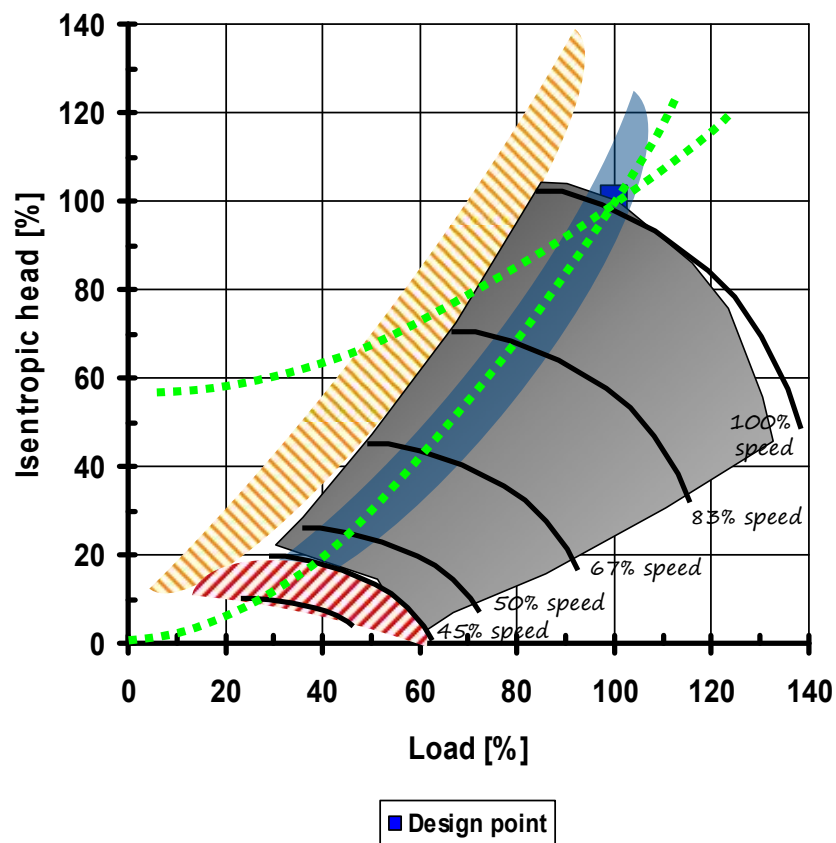
- >沿径向布置的可调节导叶，在叶轮入口处产生气流预旋
- >该预旋可直接改变压缩机的性能曲线
- >压缩机流量可调范围宽广
- >足够的喘振裕度
- >调节精度非常高



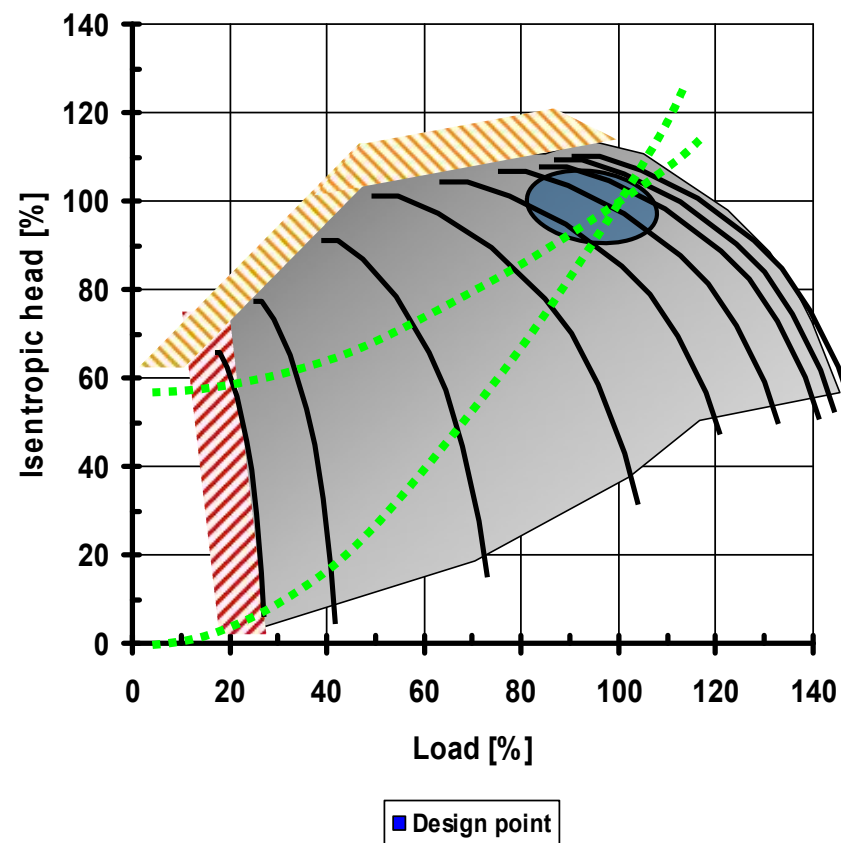
KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-入口导叶-安全运行区域

速度调节

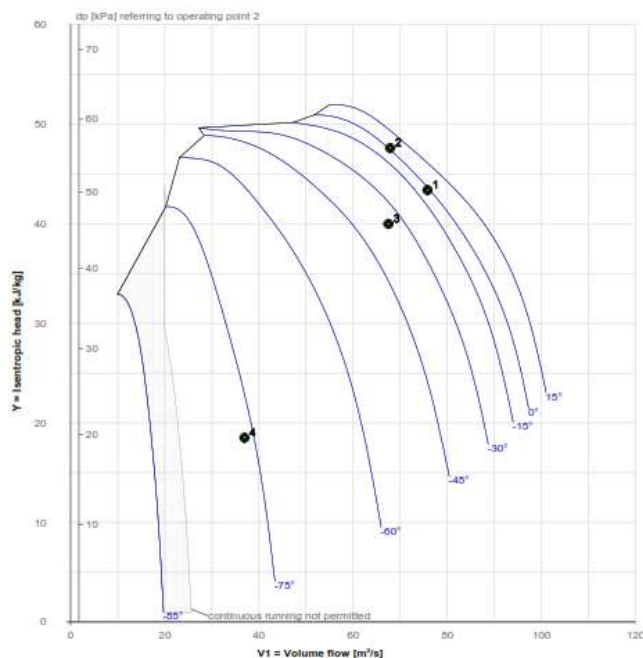


前导叶片调节

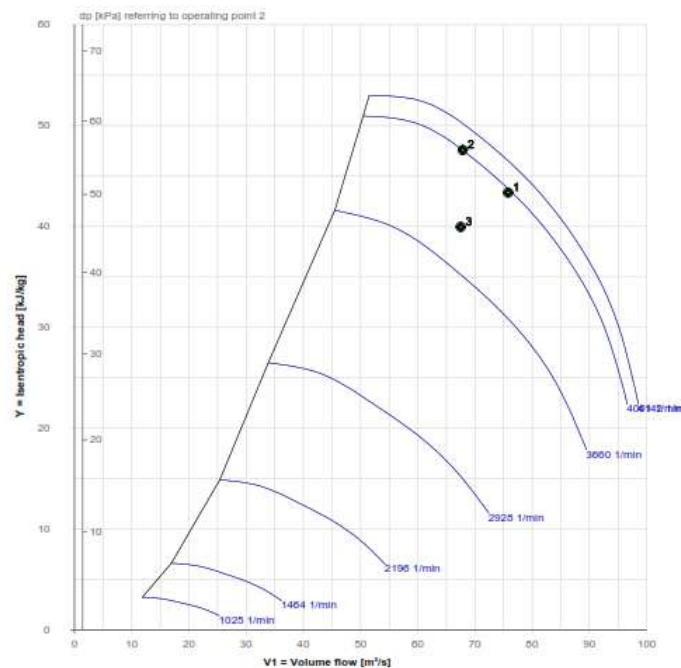


KK&K硫酸装置主风机的设计特点

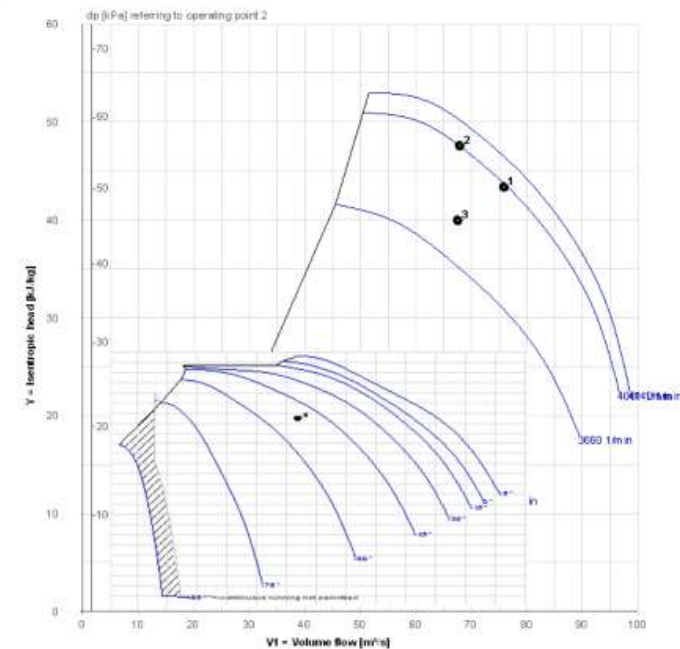
-调节方式



进口导叶



速度调节

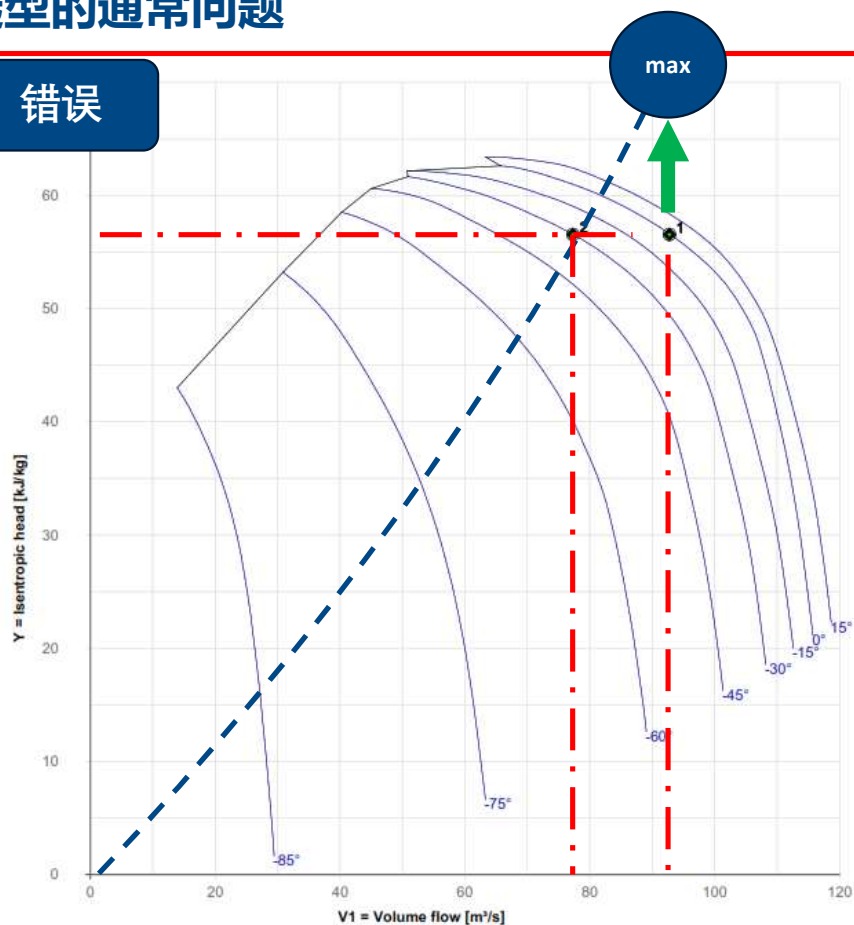


进口导叶+速度调节

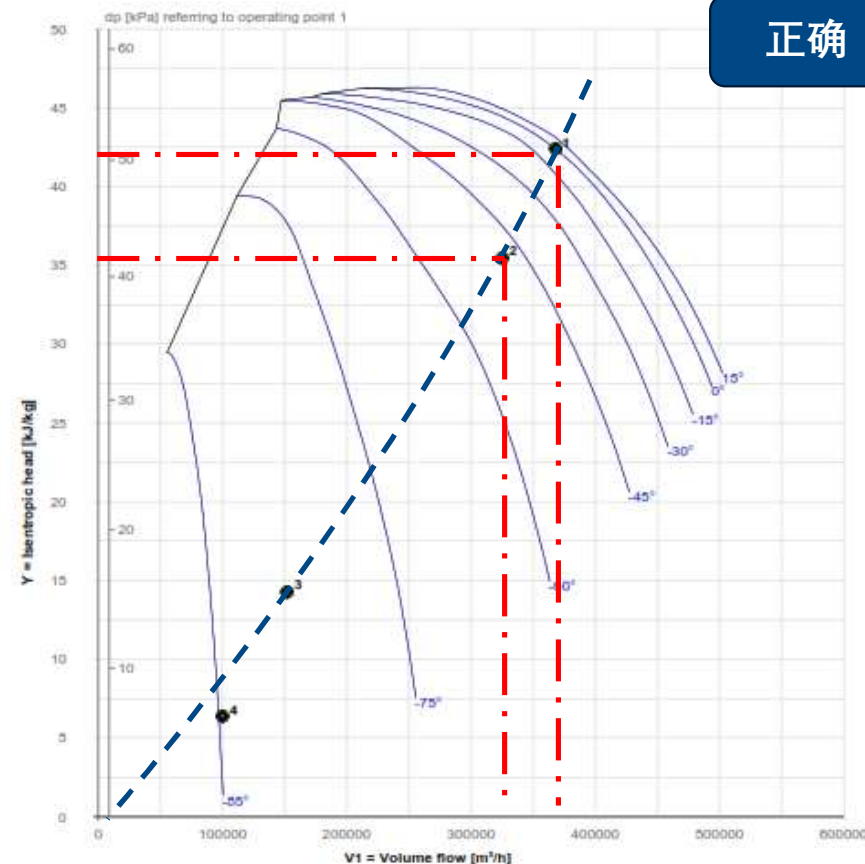
KK&K硫酸装置主风机的设计特点

-风机选型的通常问题

错误



正确

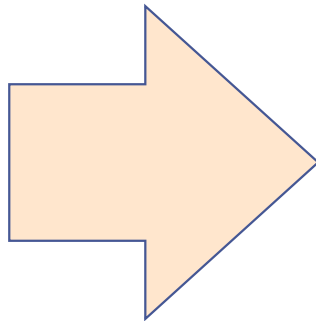


最大点确定：设计院通常提供100% 的流量， 需要实现120%的负荷， 会对最大过来的设计产生影响

大型硫酸装置-两台风机并联

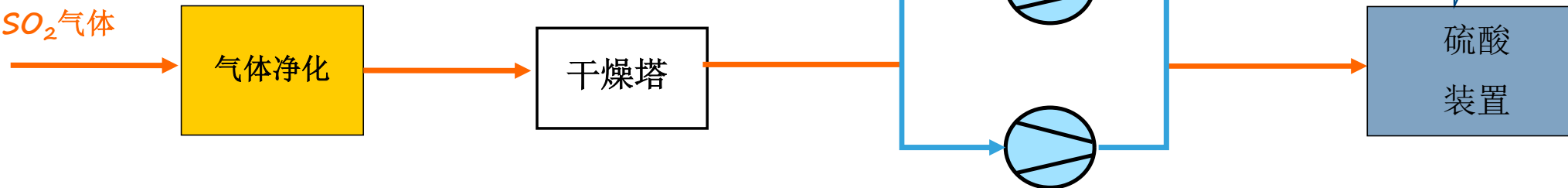
-50%负荷/台

- 硫酸需求持续增长，要求建设大型装置（尤其是在化肥生产单元中）
- 两台主鼓风机（无备用机）是此类大产能硫酸装置最先进且首选的配置方案



KK&K全球约50套硫酸主风机在并联运行

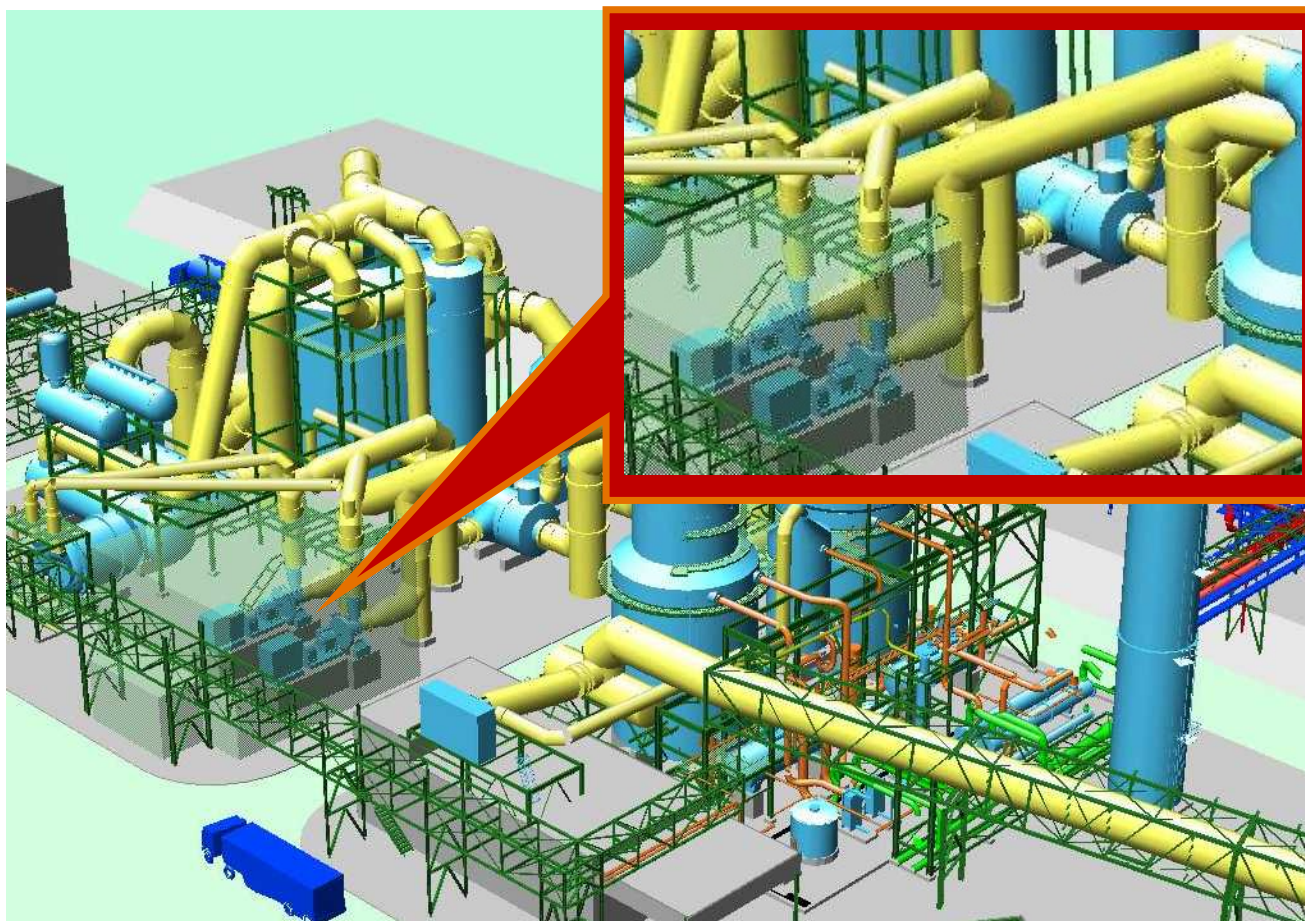
SO_2 气体



2 台无备用鼓风机提供 100% 装置产能

大型硫酸装置-两台风机并联

-特点



两台鼓风机并联同步运行意味着：

- 每台鼓风机各占装置总气量的 **50%**
- 气体成分
- 进口温度
- 压力损失

均处于相同水平！！

两台鼓风机沿装置阻力线同步运行，并具有相同的

- 过程控制输入信号
- 转速
- 进口导叶（**IGV**）位置
- 功率消耗

大型硫酸装置-两台风机并联

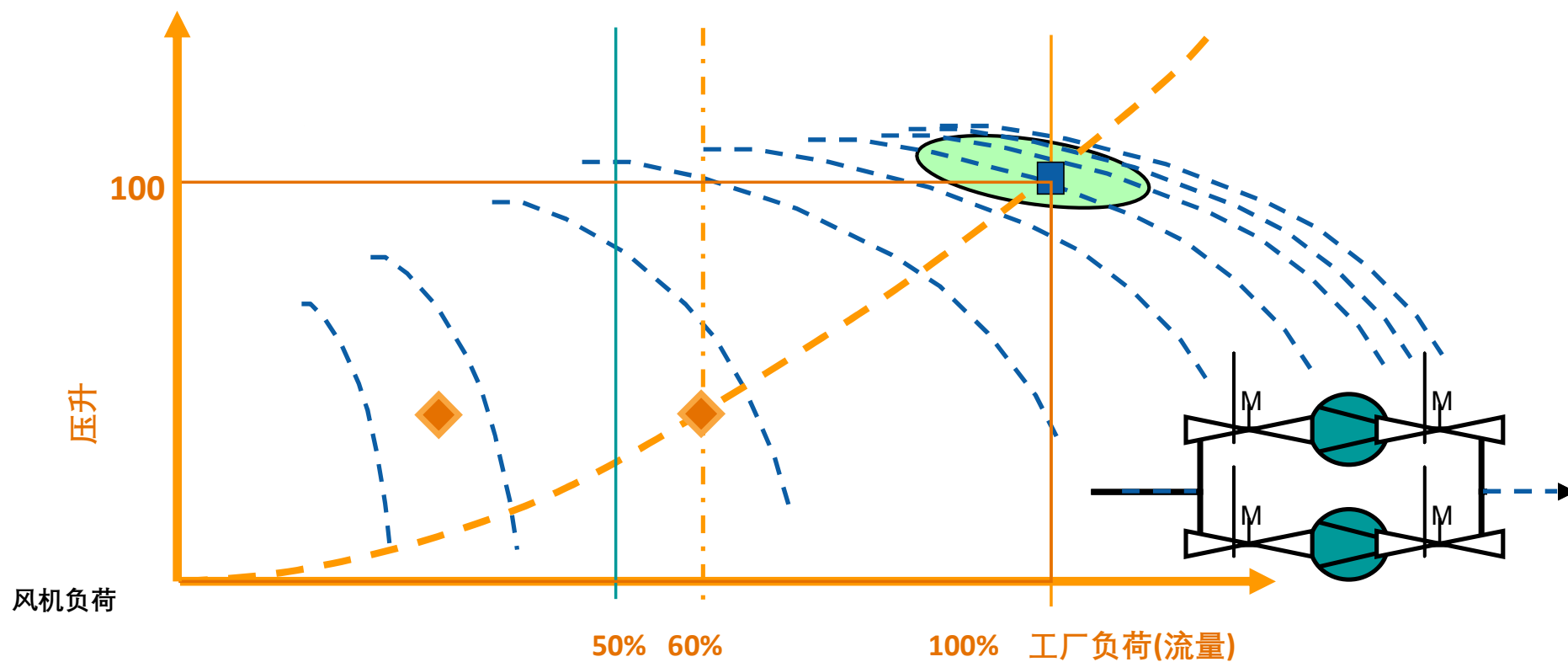
-两台机组的相互影响

— 总的阻力曲线

— 每台风机对应的阻力曲线

— 两台风机并联运行时的性能曲线

— 风机的性能曲线（不同的IGV开度）

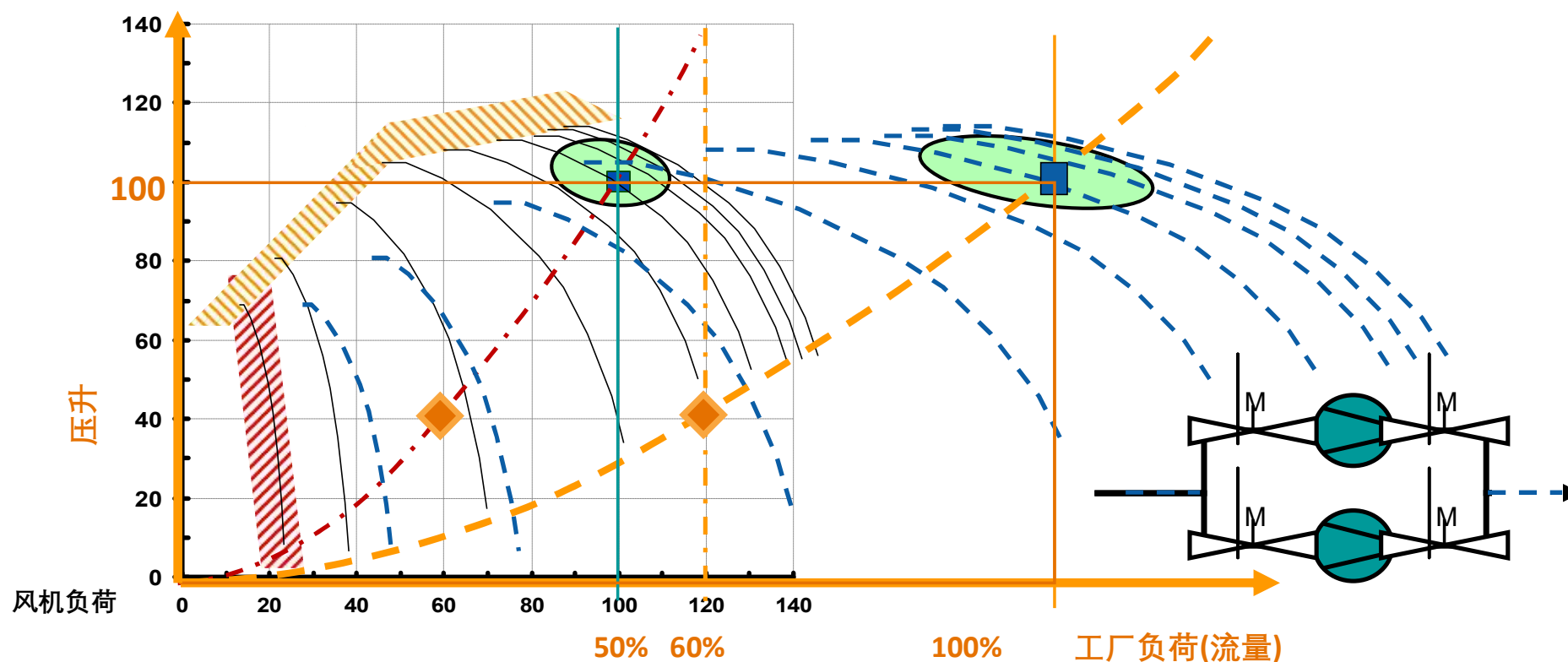


大型硫酸装置-两台风机并联

-两台机组的相互影响

— 总的阻力曲线
- - 每台风机对应的阻力曲线

- - 两台风机并联运行时的性能曲线
— 风机的性能曲线（不同的IGV开度）

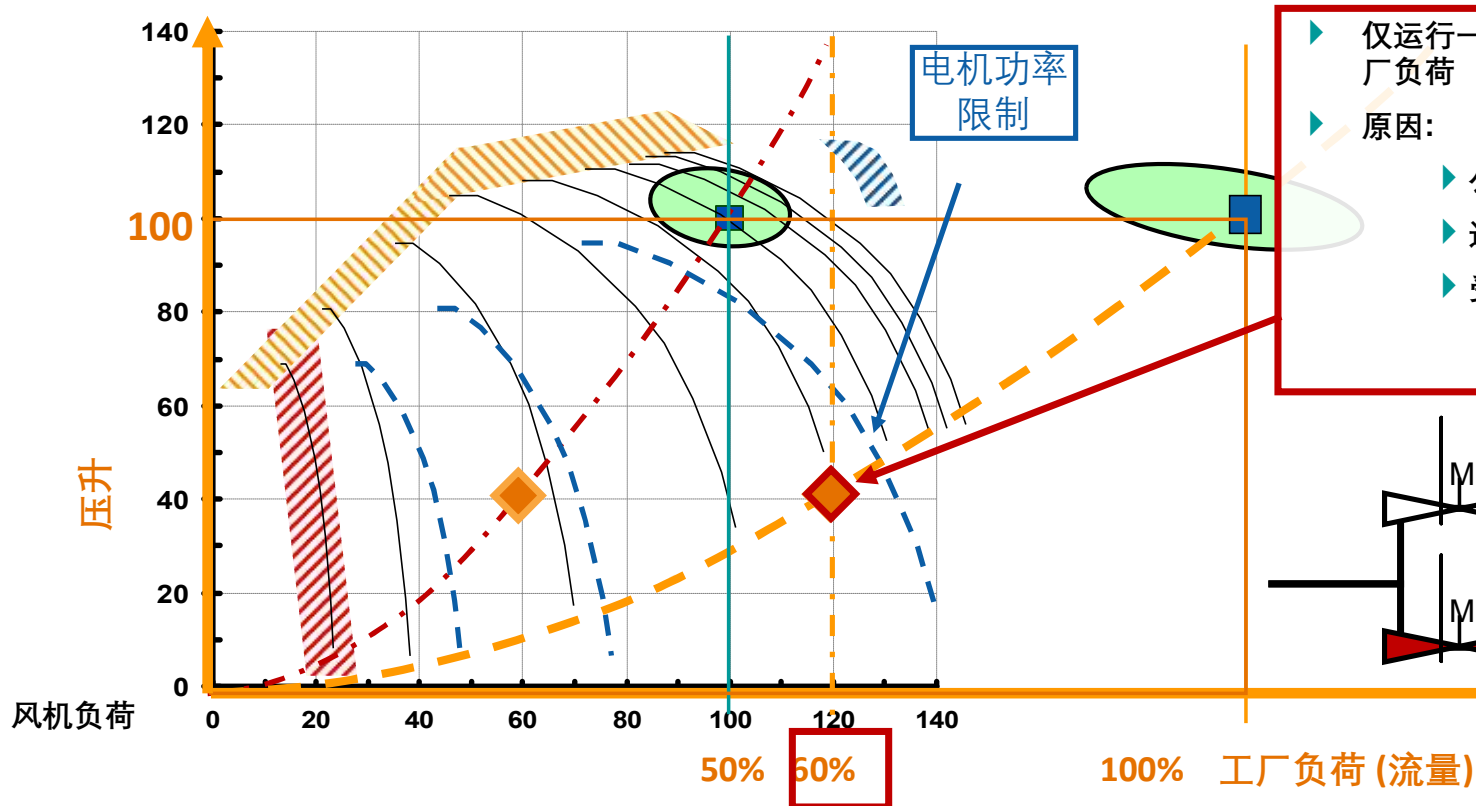


大型硫酸装置-两台风机并联

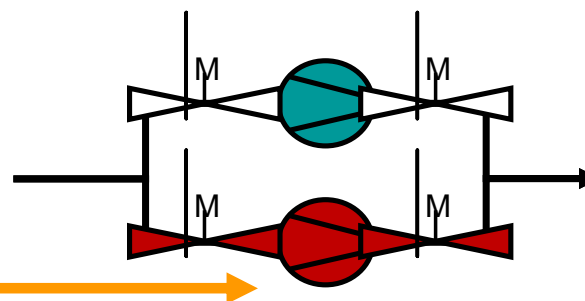
-两台机组的相互影响

- 总的阻力曲线
- - 每台风机对应的阻力曲线

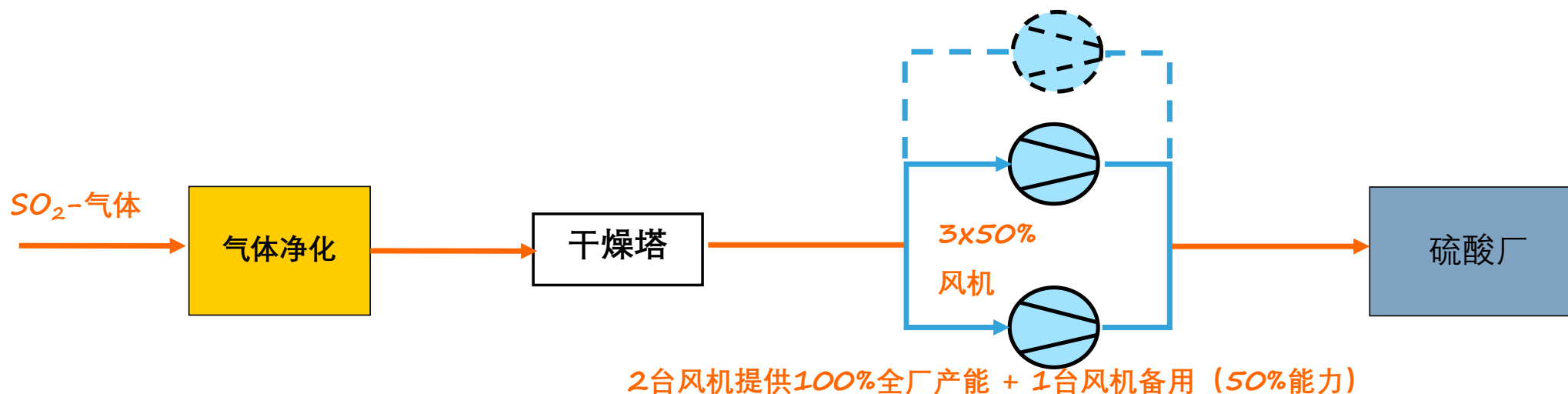
- - 两台风机并联运行时的性能曲线
- 风机的性能曲线（不同的IGV开度）



- ▶ 仅运行一台风机时，最多只能达到约60%的全厂负荷
- ▶ 原因：
 - ▶ 公共阻力曲线较低
 - ▶ 运行效率低
 - ▶ 受电机功率限制



大型硫酸装置-两台风机并联 -2用1备的配置



三台主风机配置（2用1备）并非合理的装置方案：

- ◆ 由于管道布置更复杂，需增加辅助管路及电动关断阀，导致投资成本更高
- ◆ 在控制以及启停过程中也会带来运行问题
- ◆ 硫酸行业备机不适用，因为阀门密封会腐蚀掉，备机会损坏

大型硫酸装置-两台风机并联

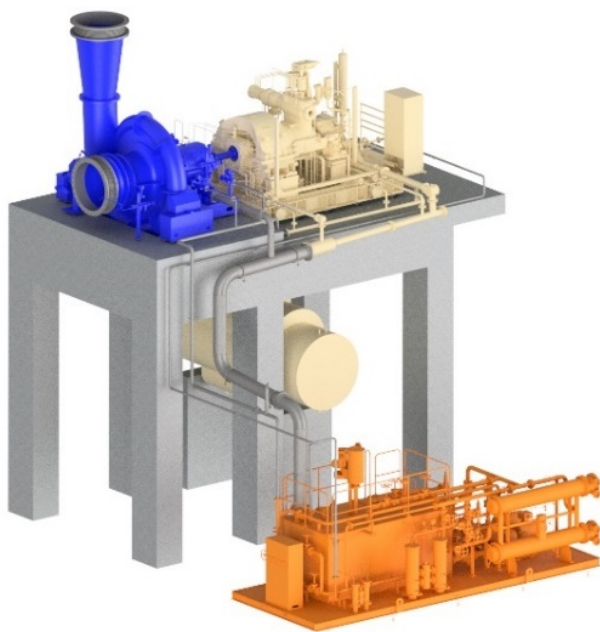
-沙特某化肥项目



- ◆ 共3套硫磺制酸装置
- ◆ 2台风机并联运行，共6台
- ◆ 电机功率： 5500kW
- ◆ 进口导叶控制
- ◆ 电机驱动
- ◆ 供货时间 2008

KK&K硫酸装置主风机国内配套部分

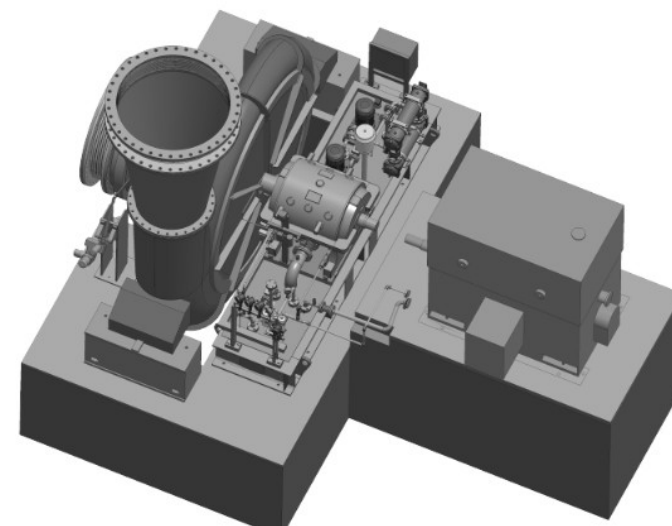
-典型业绩



汽轮机驱动SO₂主风机9000kW
汽轮机、油站国内配套



汽-电双驱SO₂主风机9000kW
汽轮机、电机、油站国内配套



2极电机驱动SO₂主风机5000kW
电机国内配套

KK&K中国市场的发展计划

- ✓ 蜗壳和转子等核心部件德国进口，确保设备质量
- ⚙️ 驱动装置、油系统、控制系统按照德国设计要求，国内采购成撬
- ⚡ 采用各种灵活并且经过技术验证的驱动方式比如高速电机直驱
- 📊 根据现有业绩的大数据来标准化部件，优化设备配置方案，降低交货期和成本

目标:

8个月
标准交货期
货到现场

6个月
特殊交货期
货到现场

> 30%
价格降幅

谢谢!

