

窄间隙TIG焊接机器人

中国核工业第五建设有限公司
2022 年 7 月



巴基斯坦核电



神华煤直接制油项目 (2007)



卡拉奇核电



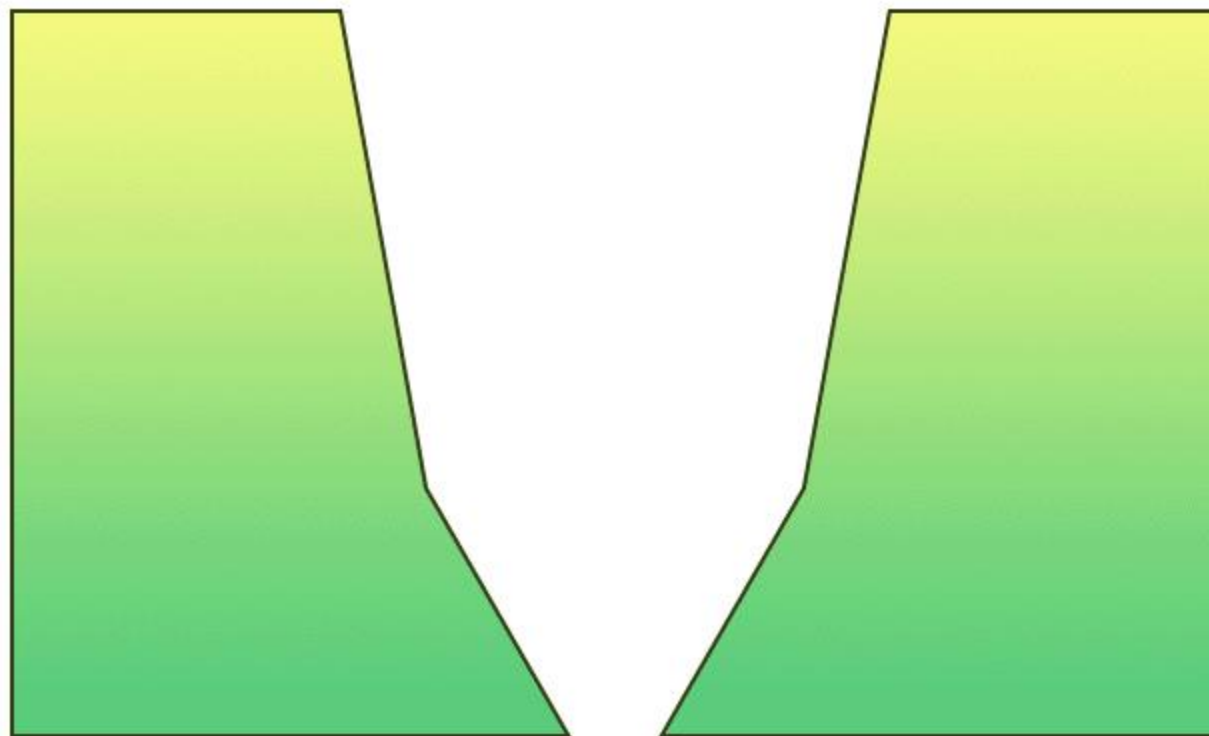
秦山核电 (二期扩建)

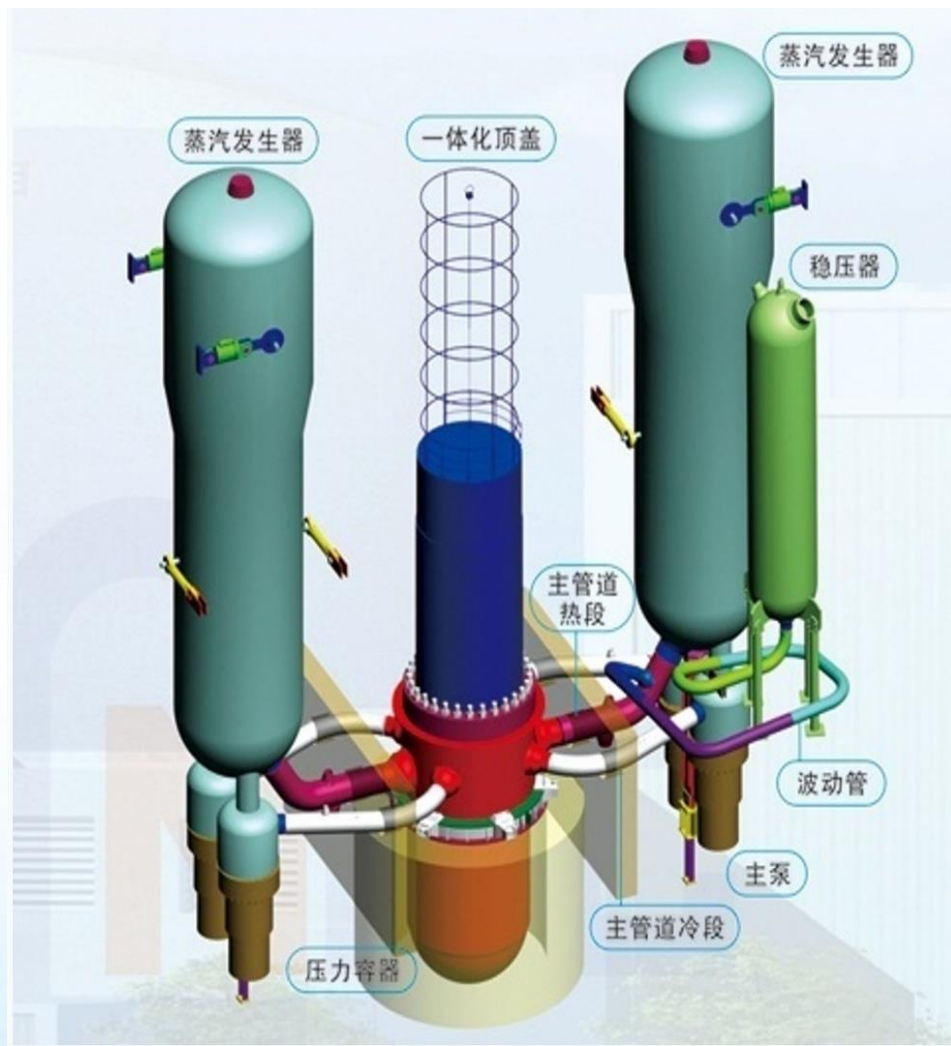


三门海阳AP1000核电

窄间隙焊与手工焊对比

- ❶ 坡口更小，减少50~80%填充量；
- ❷ 总焊热输入量和热循环次数更小；
- ❸ 焊接收缩更少，更容易控制焊接变形；
- ❹ 焊接残余应力更小；
- ❺ 全过程使用自动氩弧焊，质量更均匀；
- ❻ 远程焊接，大幅改善作业环境，降低劳动强度。





窄间隙自动焊工艺 已成为核电主管道焊接的首选工艺

工艺依赖于稳定的自动焊接装备





出口国外核电建造，使用进口装备
受诸多采购、服务限制；



设备成本居高不下，维护成本高、
维修周期长，设备使用综合成本高；



致力于实现主管道窄间隙焊接装备
自主化

适用成熟工艺



- ☐ 焊接厚度 $\geq 120\text{mm}$
- ☐ 适用单边坡口角度 $\leq 5^\circ$
- ☐ 双向焊接功能
- ☐ 可靠的弧压跟踪功能
- ☐ 准确的脉动送丝
- ☐ 摆动同步模式
- ☐ 长钨极稳定脉冲输出
- ☐ 精准的焊接、摆动等速率控制
- ☐ 适用于狭小空间作业
- ☐ 热丝功能

远程自动焊接



- ☐ $\geq 2\text{km}$ 远程操作
- ☐ 清晰的熔池图像
- ☐ 实时获取机头位置
- ☐ 数据准确交互
- ☐ 低延时控制
- ☐ 操作端与焊接端的人员通讯
- ☐

过程数据存储



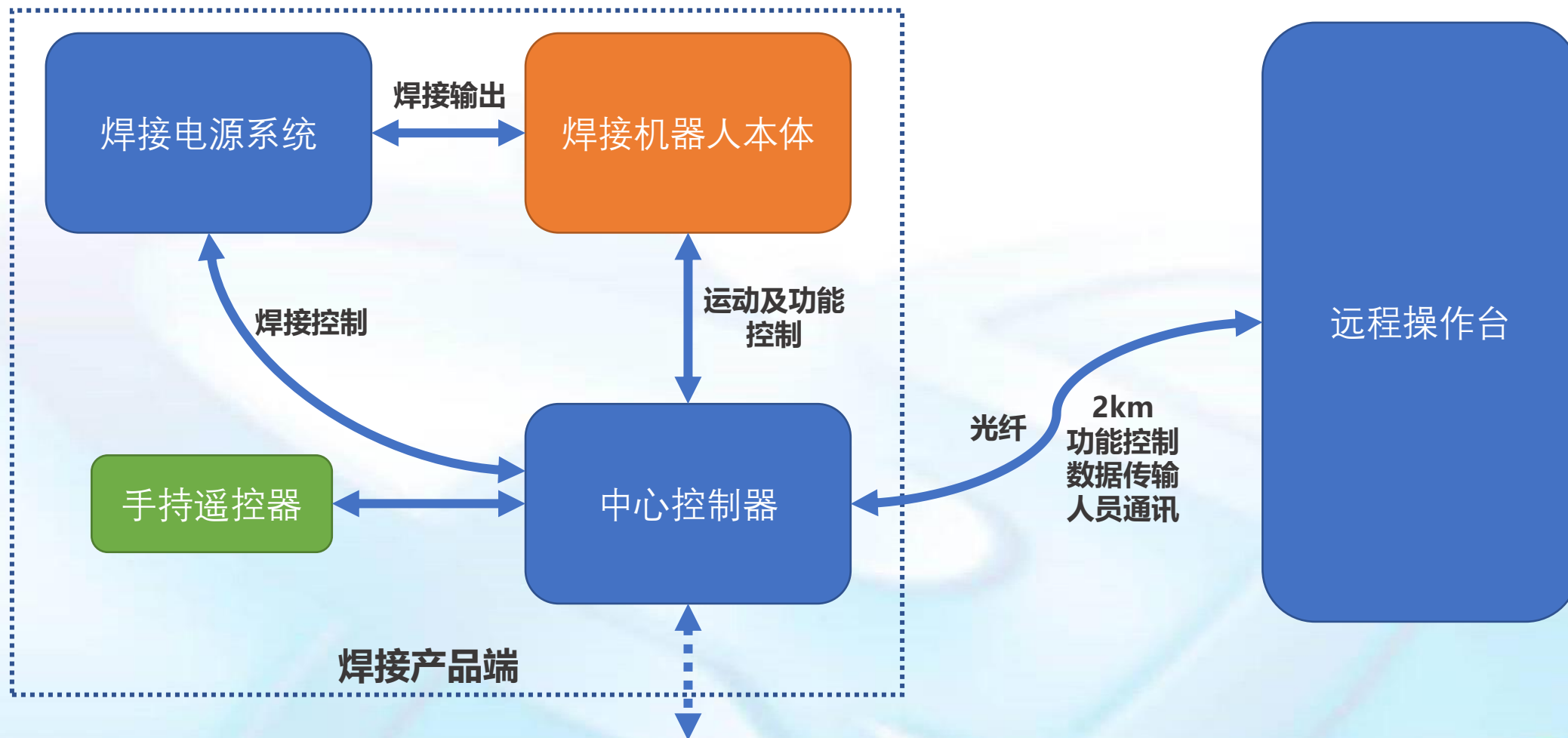
- ☐ 焊接过程熔池图像存储
- ☐ 焊接过程参数自动记录
- ☐ 焊接记录自动生成报表
- ☐ 焊接数据的复用
- ☐

双机头协同焊接



- ☐ 双机头自动焊接逻辑
- ☐ 双机头防碰优先逻辑
- ☐ 正常焊接不中断逻辑
- ☐

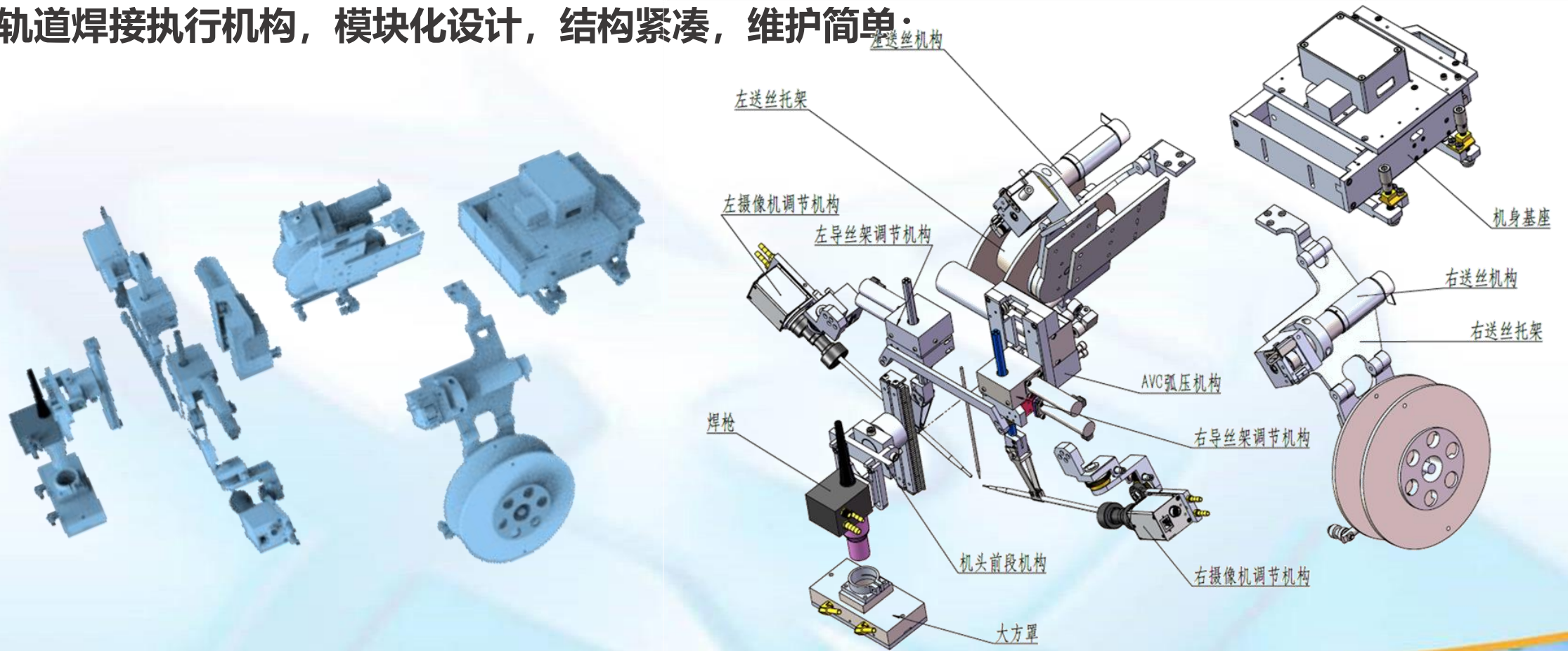






焊接机器人本体

轨道焊接执行机构，模块化设计，结构紧凑，维护简单：



焊接机器人本体

适用于小空间,可焊管厚120mm

- 管壁外230mm, 可焊厚度120mm
- 专用焊枪设计, 特殊的焊接保护气路
- 焊接不同深度, 分级问题, AVC自动控制,

运动精度保证

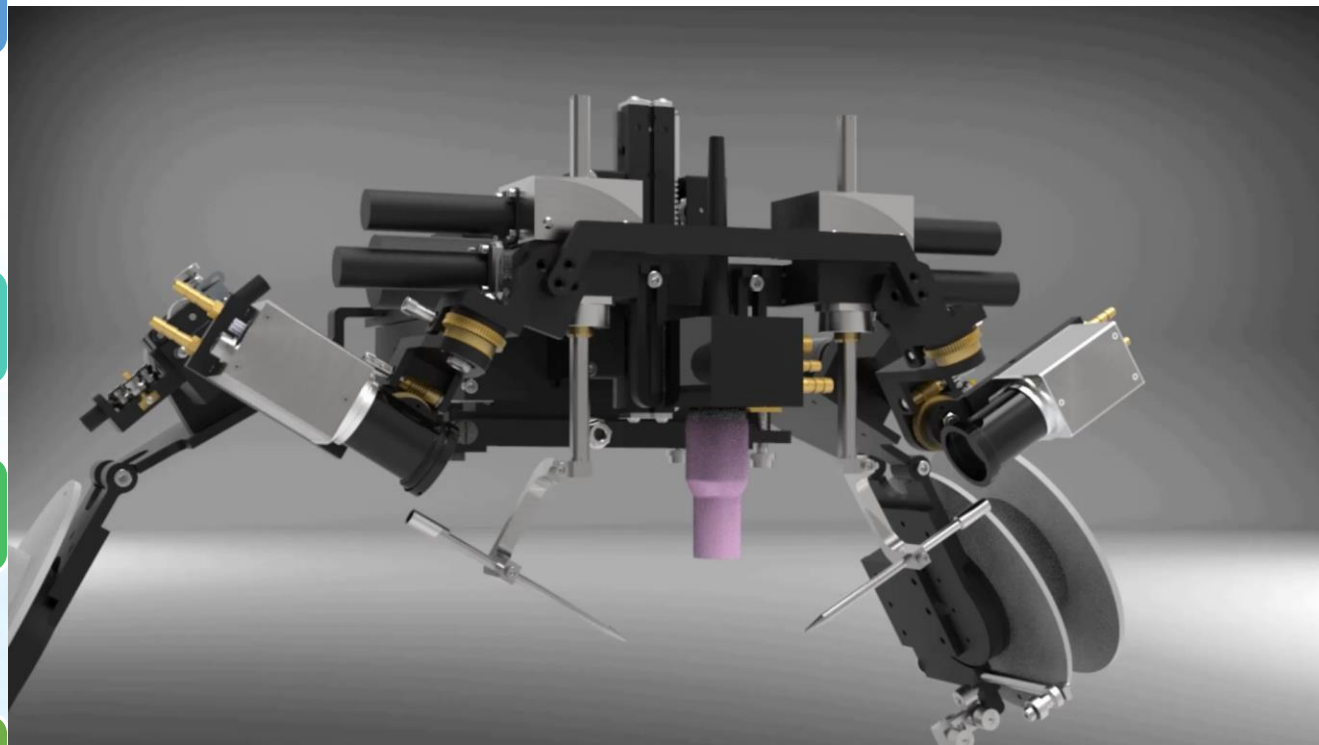
- 机械传动结构精度设计, 位置限位传感, 电机闭环控制

单侧坡口5°

- 焊丝架自动实现上下、左右调节, 实现不同深度的焊丝送入
- 焊机相机预留足够的光路空间

双向焊接

- 双独立送丝机构



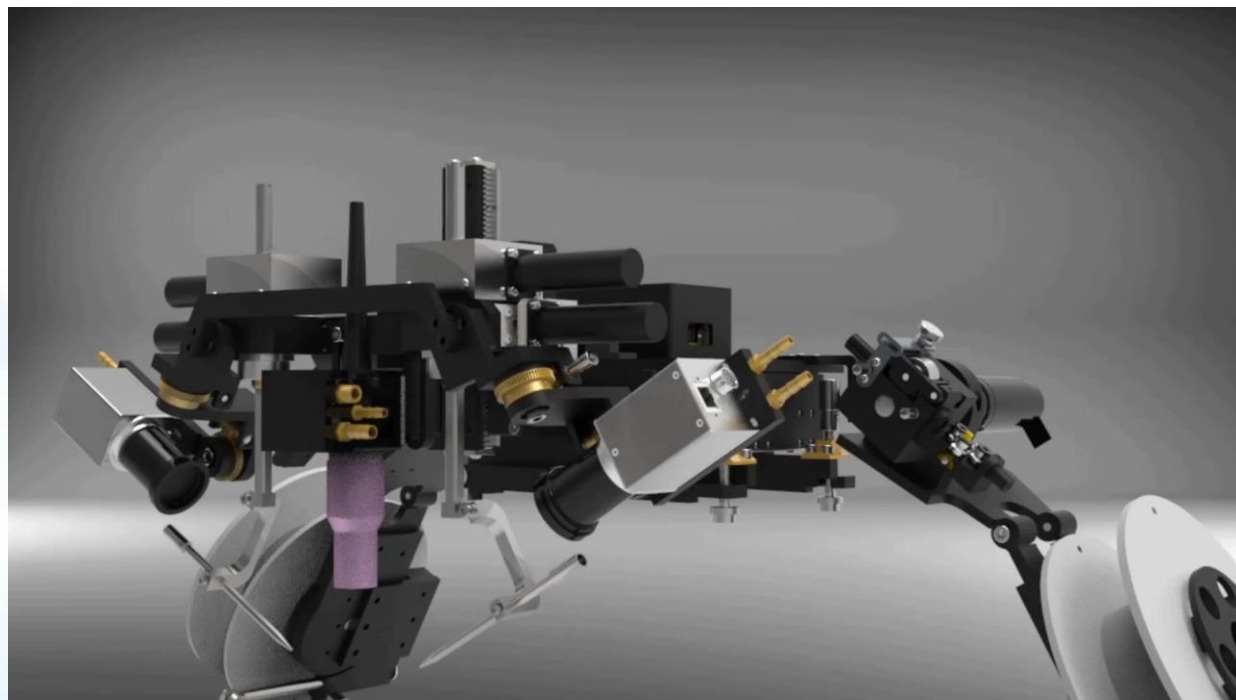
精
准
的
弧
压
控
制

高品质伺服电机

可靠的算法，响应准确

AVC行程大，达45mm

全过程保持弧长一致



可焊接管厚120mm

- 钨极伸出长度120mm时仍能保持电弧稳定输出，选择稳定输出的电源；
- 配置高性能电源

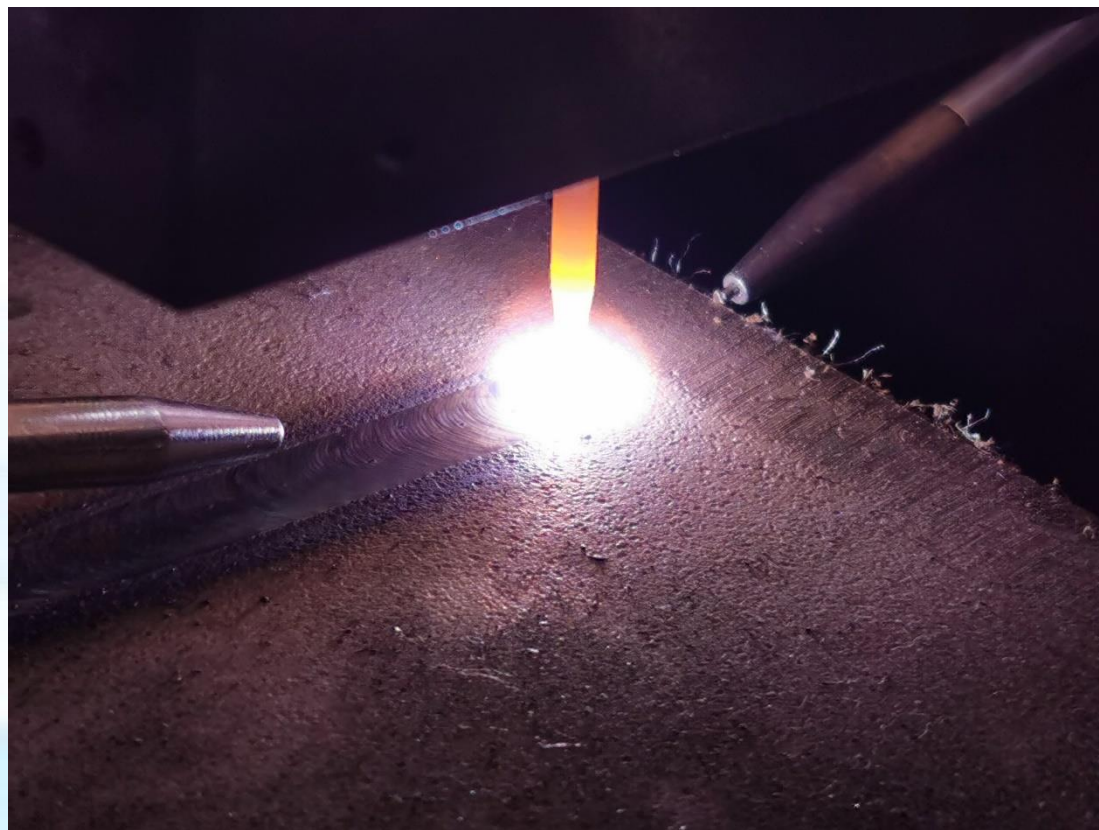


高清焊接图像系统

焊机相机做为自动焊的眼睛，实时获取高清焊接熔池是保证远程焊接质量的必要条件。

本设备对焊接相机需求特点：

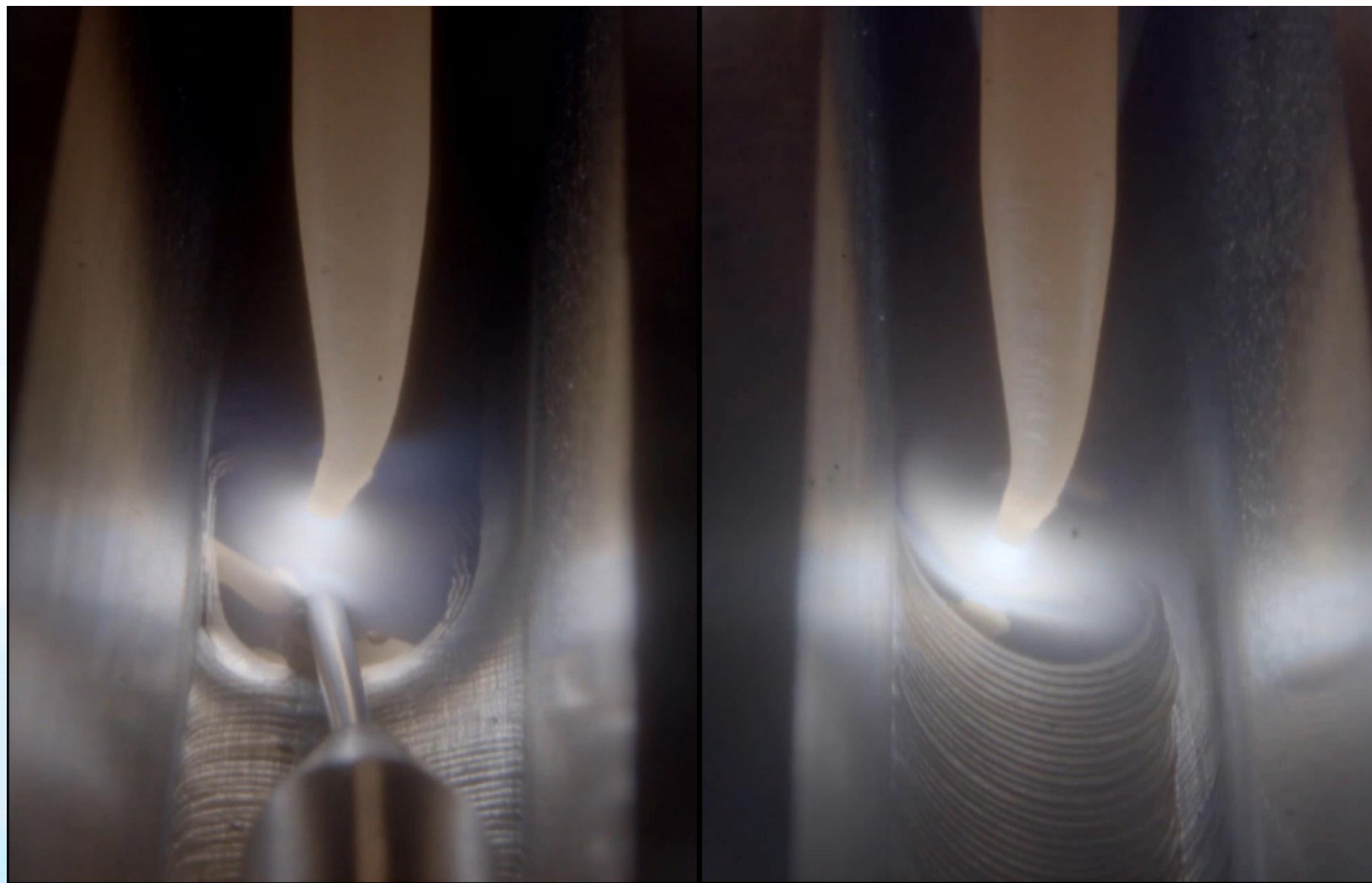
- ❗ 相机本身体积要求小；
- ❗ 电弧中心与周围亮度差极大；
- ❗ 物距小（100-200mm），
- ❗ 光学放大倍数要求，以保证图像在显示器上有合适的放大倍数（ $\times 10$ 左右）
- ❗ 持续稳定的焊接图像质量



一般焊接相机效果

集成高清焊接图像系统

- 焊接前、后双图像同时观察；
- 同时观察电弧、熔池、熔合情况、焊丝送入等特征；
- 同步存储焊接过程视频；
- 长距离稳定传输；



中心控制器 与 远程操作台 (2019年)

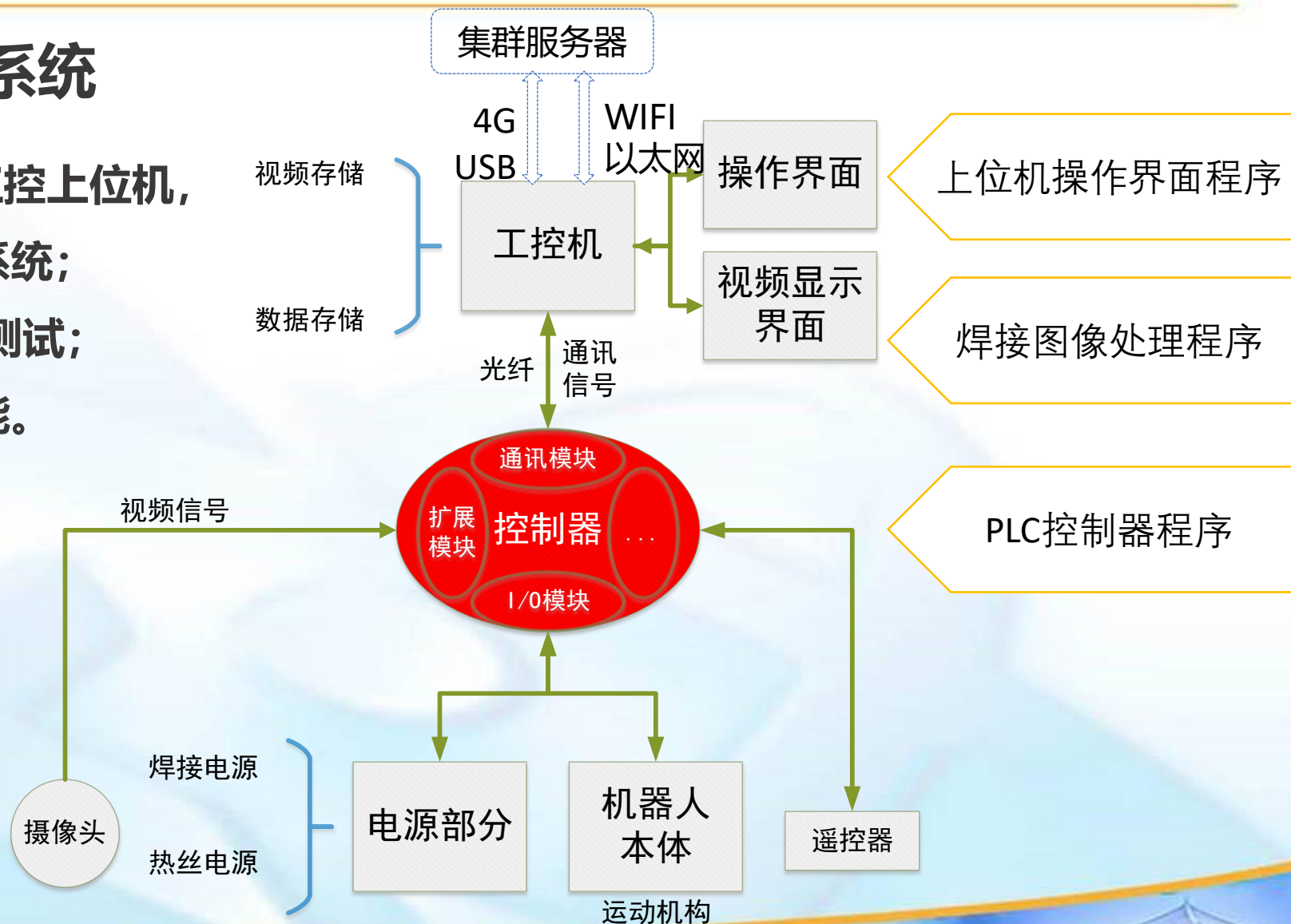


- 核心逻辑及功能控制集中在中心控制器中；
- 控制器中配置UPS稳定电源，保证系统电压稳定，断电后正常的数据存储等功能；
- 集成内部通话系统，实现操作端与操作台的语音通讯；
- 中心控制器 与 远程操作台通过光纤连接，2km远程操作，延时小；
- 操作台配置工控制机，实现焊接熔池图像及焊接数据处理、记录等功能。



全自主开发装备控制系统

- 使用PLC硬件开发平台加工控上位机，自主开发全部的装备控制系统；
- 整套机头与系统通过EMC测试；
- 具备焊接信息数据集群功能。





控制台操作系统

控制界面，操作功能直观、易懂

准确的时间焊接位置显示

焊接电参数、摆动参数、送丝速率、位置自动调节

焊接工艺专家库、全过程参数记录、自动生成定制模板焊接记录;

中国核工业第五建设有限公司 轨道式窄间隙TIG智能焊接机器人 Ver0.101_1007

工艺选择 003

提前送气 7 s 滞后停气 7 s

缓升时间 0.0 s 缓降时间 0.0 s

起弧电流 30 A 熄弧电流 50 A

脉冲模式 同步焊接

送丝方式 前侧送丝

参数分段 1

第一段 0h --- 0h

焊接工艺设置

轨道规格

工件直径 mm

工件厚度 mm

焊口号

热丝比率 0

峰值 基值

焊接电流 280 140 A

送丝速度 80 60 s

摆动幅度 4.0 mm 摆动时间 0.50 s

脉冲时间 0.30 0.30 s

内侧停留 0.20 s 外侧停留 0.20 s

热丝电流 A

应用 另存 保存 删除

设备运行正常!

中国核工业第五建设有限公司 核介质管道高效TIG焊接机器人 Ver0.85_0801

焊接记录

类型

日期	焊口号	焊工	焊接时长	数据报表	视频影像
201905221	20180901	123	200min	✓	✓
201905221	20180902	123	200min	✓	
201905221	20180903	123	200min	✓	✓
201905221	20180904	123	200min	✓	
201905221	20180905	123	200min		✓
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					
20190521					

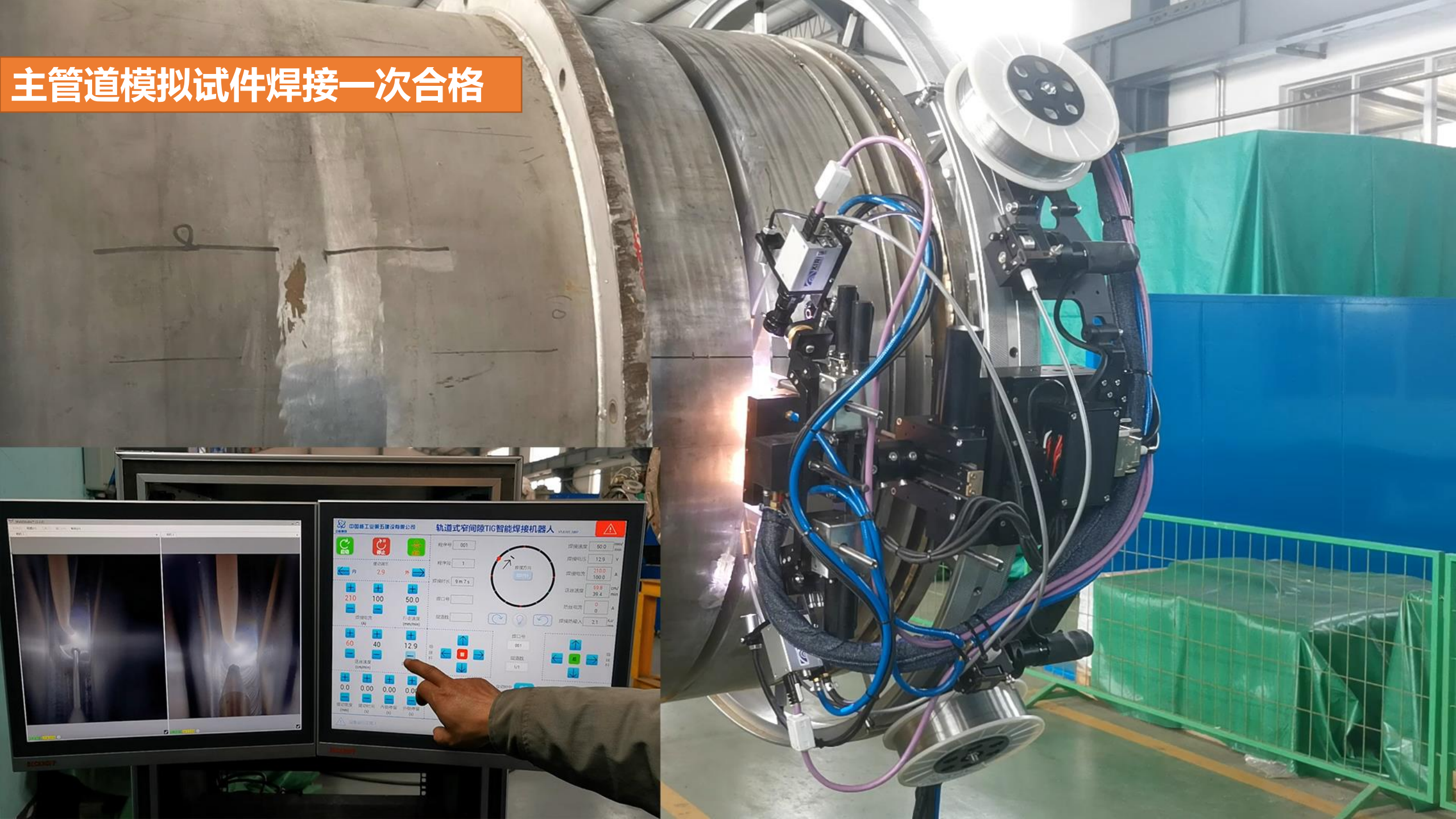
报表预览

生成报表

删除记录 数据查看 数据查看

设备运行正常!

主管道模拟试件焊接一次合格





双机头协同焊接

大管径双机头协同焊焊接，提升整体效率

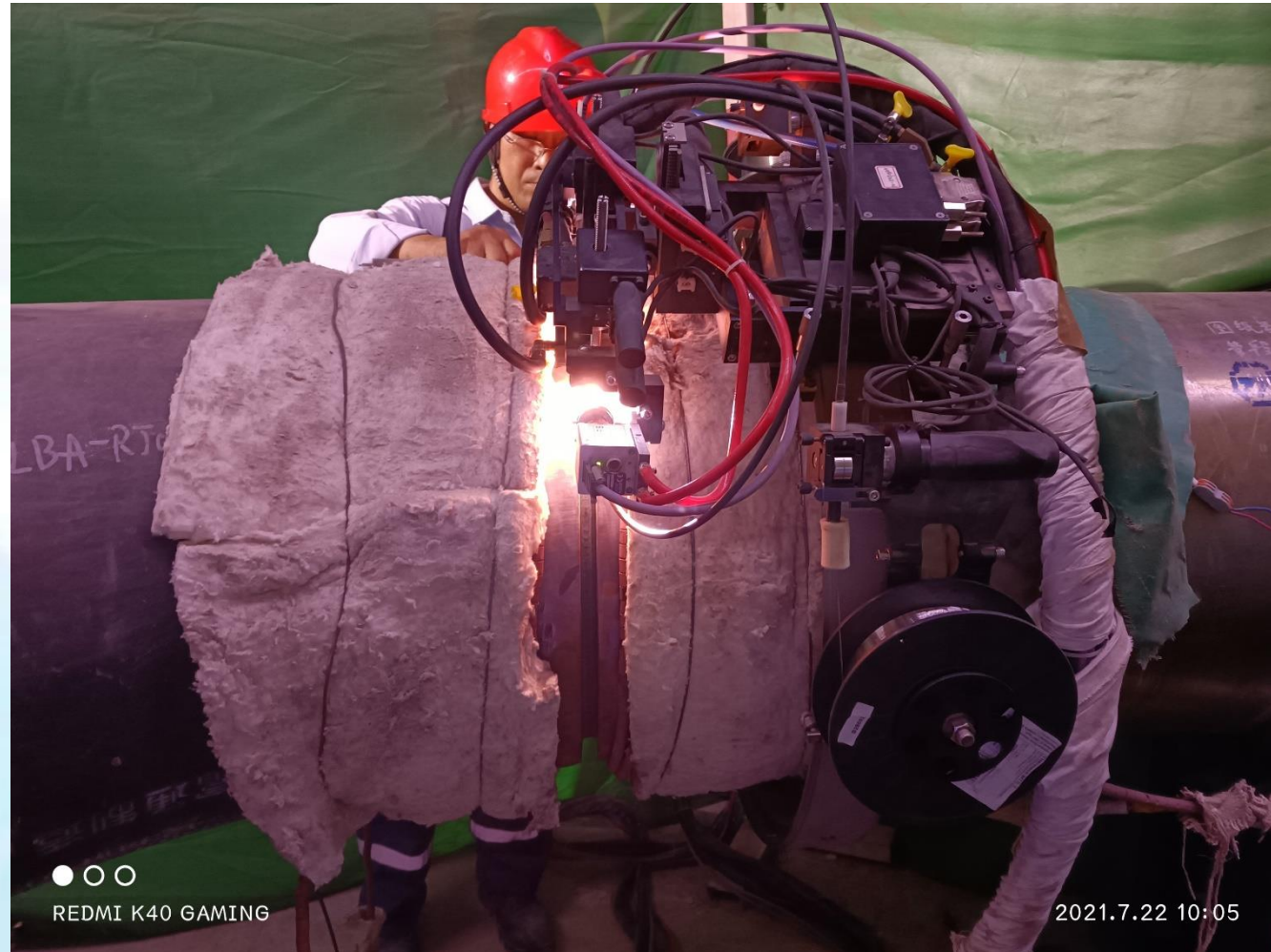
- 💡 自动识别相对位置
- 💡 未焊接机头自动运动，避免碰撞；
- 💡 自动判定能否启动焊接
- 💡 可同向、反向同时焊接；



化工超大管径安装施工应用



核电工程二回路施工应用



结束语

通过先后4年的研究、设计、开发、集成、试验测试等工作，形成了窄间隙自动焊接成套设备，已具备工程使用条件；

- 实现机头全结构的自主设计、加工、组装、调试和制造；
- 实现装备全部控制系统的自主开发，具备自主知识产权；
- 降低窄间隙焊接设备成本2/3以上，为继续扩大窄间隙自动焊技术应用范围提供基础；





感谢聆听，感谢关注！

