

高炉炉前设备智能化、无人化发展

宜昌市燕狮科技开发有限责任公司

邓攀 13339793698

邮箱: wenan1h@126.com

目录

Contents

- 1 国内高炉炉前设备现状
- 2 炉前设备技术发展的新需求
- 3 炉前设备智能化、无人化难点
- 4 现有阶段的成果和新技术应用
- 5 炉前设备智能化、无人化的技术路线

出铁场环境现状

出铁场设备现状

出铁场设备控制系统现状

炉前作业现状



1

出铁场环境2



1

出铁场环境3



■ 开铁口机泥炮同侧布置：

目前国内高炉最典型布置，通常分为高机低炮和高炮低机；

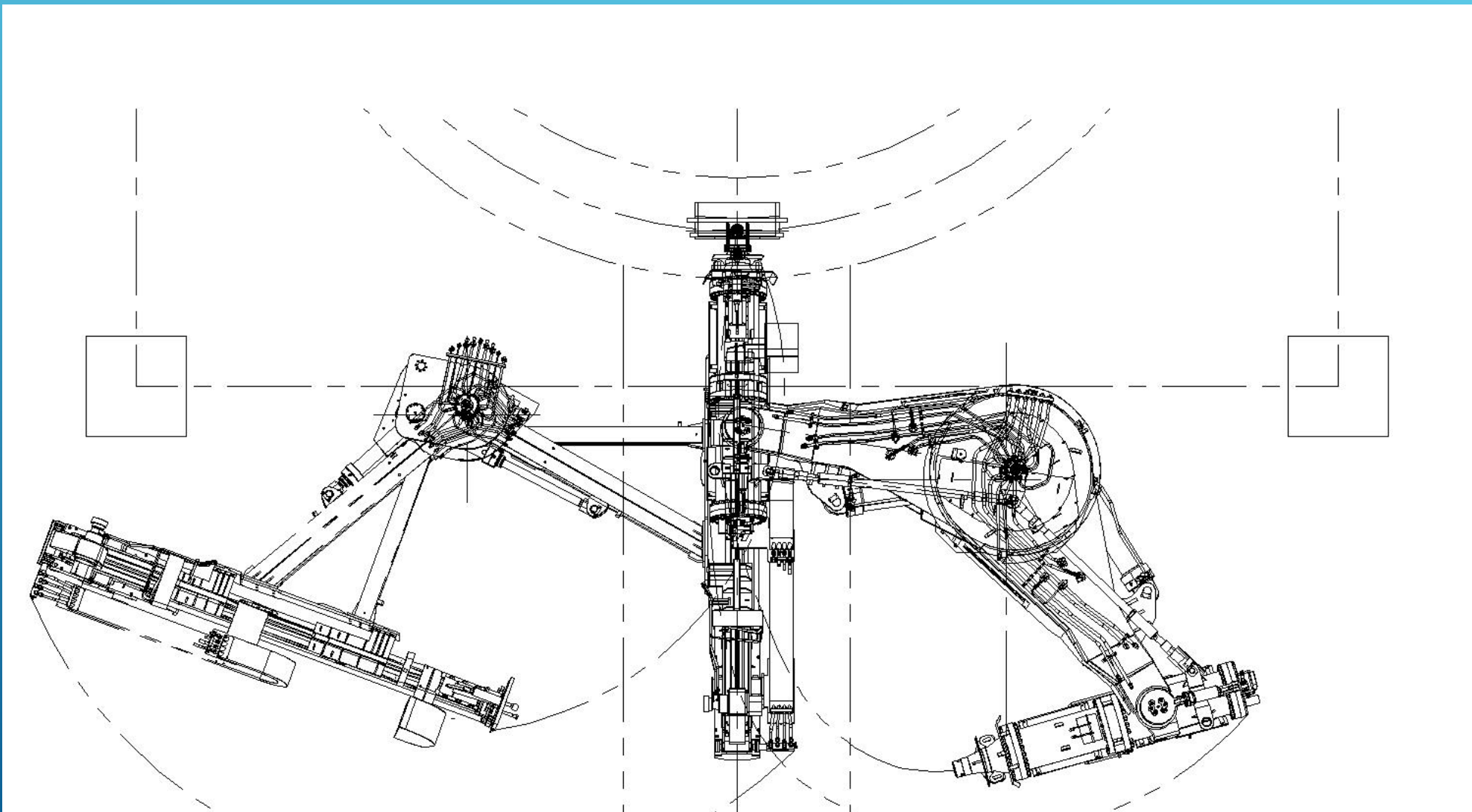
其中高机低炮也有两种布置形式，一种为开铁口机泥炮安装在一起，另外一种为泥炮在风口平台内，开铁口机安装在风口平台外。

■ 开铁口机泥炮异侧布置

这种类型通常没有布置移盖机，开口机在一侧，泥炮在另外一侧。

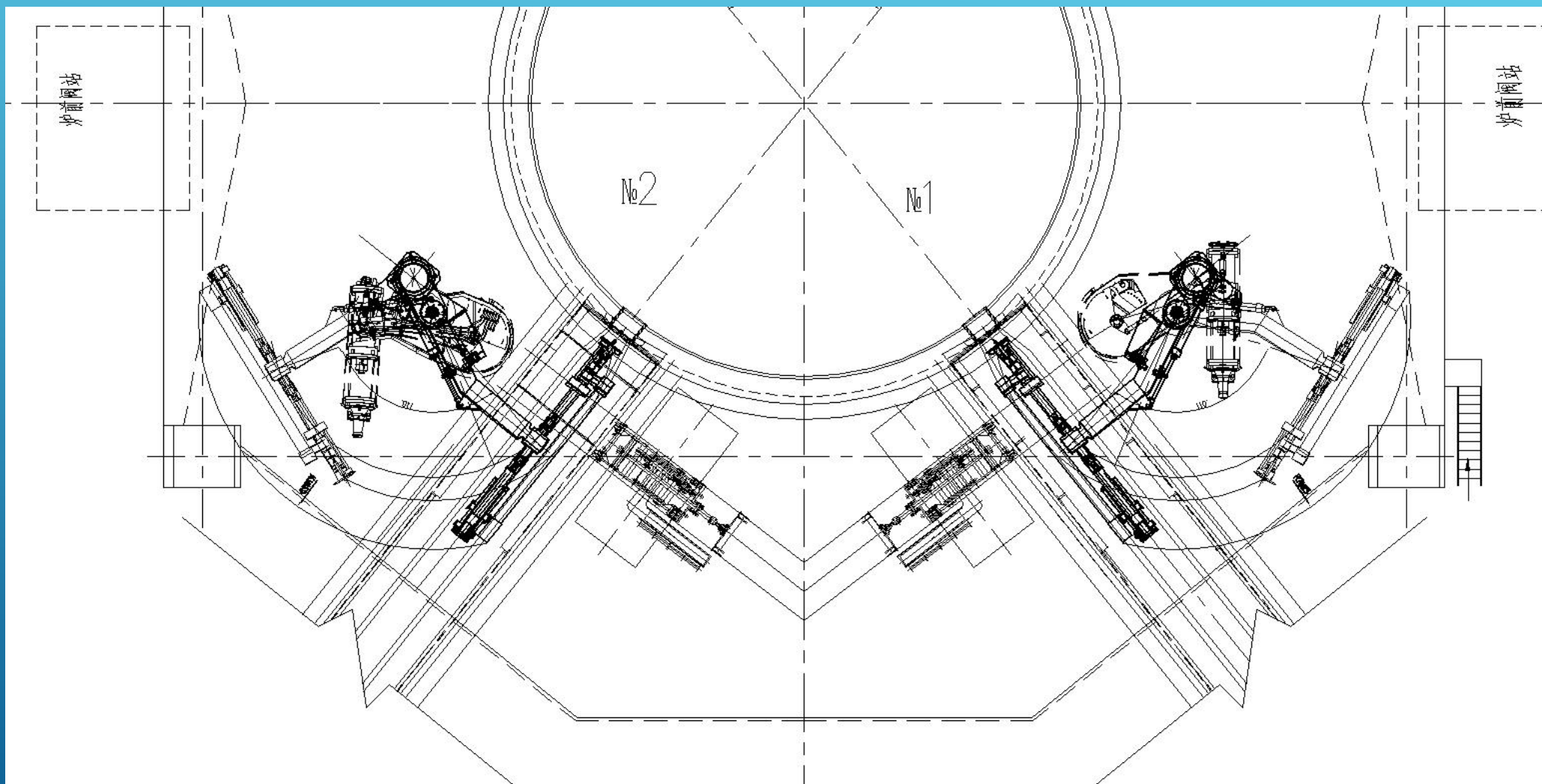
1

炉前出铁场设备



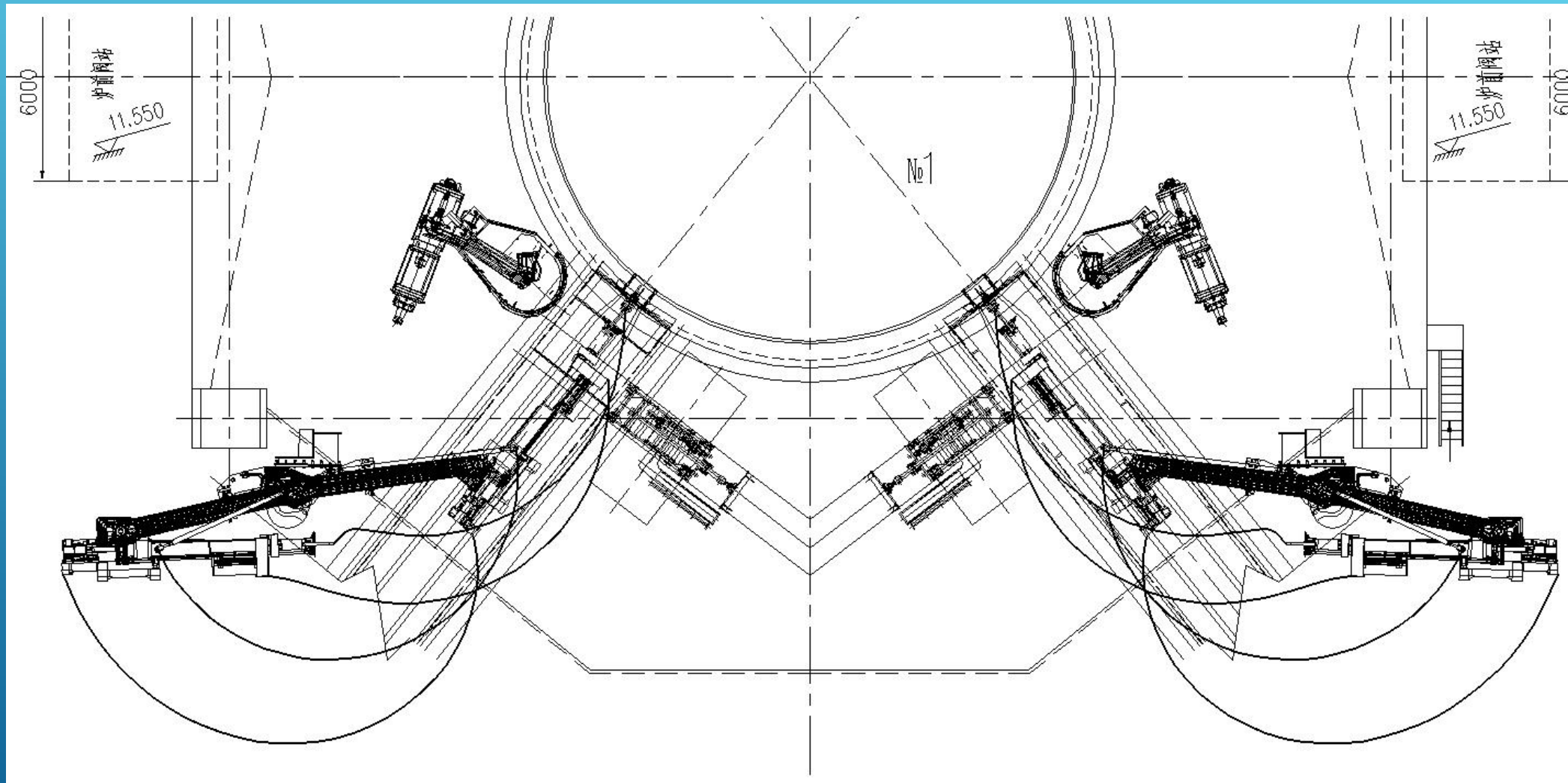
1

炉前出铁场设备



1

炉前出铁场设备



近年来，我国的钢铁工业进入了快速发展期，同时炼铁工业自动化已经有了较快的发展，出现了一些如宝山钢铁股份有限公司那样具备世界先进自动化水平的钢铁企业，其他国内大中型钢铁公司也大都开始配备自动化系统，各个工艺流程上不仅有先进的单机自动化系统，而且也有功能完善的管控一体化系统。自动化在保证冶金工业达到高效、优质、低耗、安全和环保等方面起到了很大作用。

在基础控制和过程控制方面，国内新建或改建的一些高炉、转炉、工业炉均采用了DCS 和PLC，有的还配置了过程控制计算机。在信息化方面，随着钢铁企业管理水平的不断提高，“信息化带动工业化”已经成为冶金工业的共识。很多企业构建的融合了企业核心业务的企业信息网，成为企业生产经营的重要设施，为企业的信息化奠定了坚实的基础。

手动液压阀台控制系统

开关特性逻辑自动化遥控控制系统

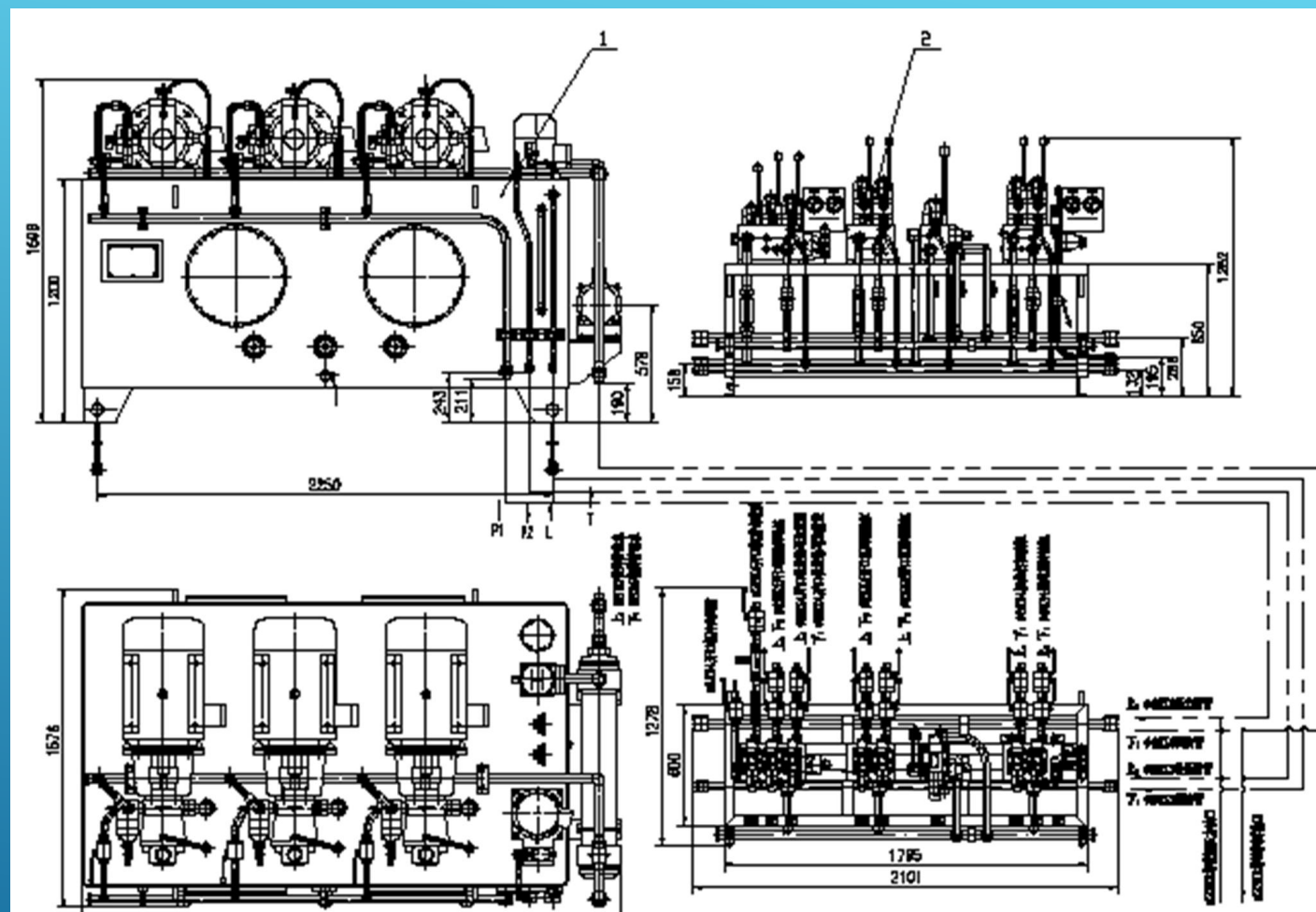
炉前设备自动控制集成系统

1

手动液压阀台控制系统

目前大部分中小高炉使用的手动液压阀台控制系统

该系统优点是造价成本相对低廉，维护简单。但是这种手动阀台也存在以下问题：



①操作视线不佳，不能准确观察设备现场运行情况，导致设备的安全运行存在隐患。由于手动阀台大多放在液压操作室中，操作人员往往只能通过操作室的透明玻璃才能观察到现场的运行情况。然而由于炉前现场温度较高，多粉尘，多烟雾造成玻璃材质的选择以及维护保养是个很大的问题。我们会经常见到有些高炉的炉前操作室玻璃上一片模糊，操作人员很多是凭着经验进行操作。有些管理更加细致的铁厂往往会另外在设备现场安排人员观察设备运行情况，由该员工指挥操作人员进行操作，但是这也存在两人沟通不畅导致设备安全事故的隐患，同时提高了人力成本。

②在开堵口过程中特别是有些利用挂钩定位的开口机需要准确观察到炉口情况，但是利用手动液压阀操作的系统操作人员根本不可能准确观察到炉口情况，这可能会导致对炉口的损坏，这样会对整个炉前系统的稳定性造成非常大的影响。

1 开关特性逻辑自动化遥控控制系统

开关特性与逻辑自动化、数字化遥控系统是在电气自动化领域内非常常见的一种控制系统。该系统最大的优点是利用遥控器进行远程操作，可以多角度近距离观察到设备的运行情况。操作者能够更加准确、清晰、快捷的对设备进行操作，保证设备的正常和安全运行。使用该遥控系统进行操作能够避免由于操作视线不佳造成的各种设备故障和操作人员的人身安全隐患。同时该系统操作界面友好，维护方便，对一个员工进行简单的培训就能熟练完成操作和维护工作。



1 开关特性逻辑自动化遥控控制系统

该液压系统由液压泵站、液压阀台等部件组成。

液压泵站采用三个柱塞泵组合（两用一备），各个泵口采用电磁卸荷阀，可实现启泵结束后延时自动升压。

液压阀台分为泥炮阀组、开口机阀组、移盖机阀组。阀台的换向阀全部采用电磁换向，以实现遥控操作或者现场操作面板操作。各个阀组都设有进油电磁开关阀，操作前需旋钮选择要操作的设备，系统压力油才会进入阀组，避免出现误操作。



1 开关特性逻辑自动化遥控控制系统

系统操作界面：遥控和操作台。系统可分遥控操作和操作台操作界面，主体操作为遥控操作，通过遥控器操作人员可以多角度全方位的观察到设备运行情况和炉口的工作情况。有利于设备安全可靠的运行，保障整个炉前系统工作正常。

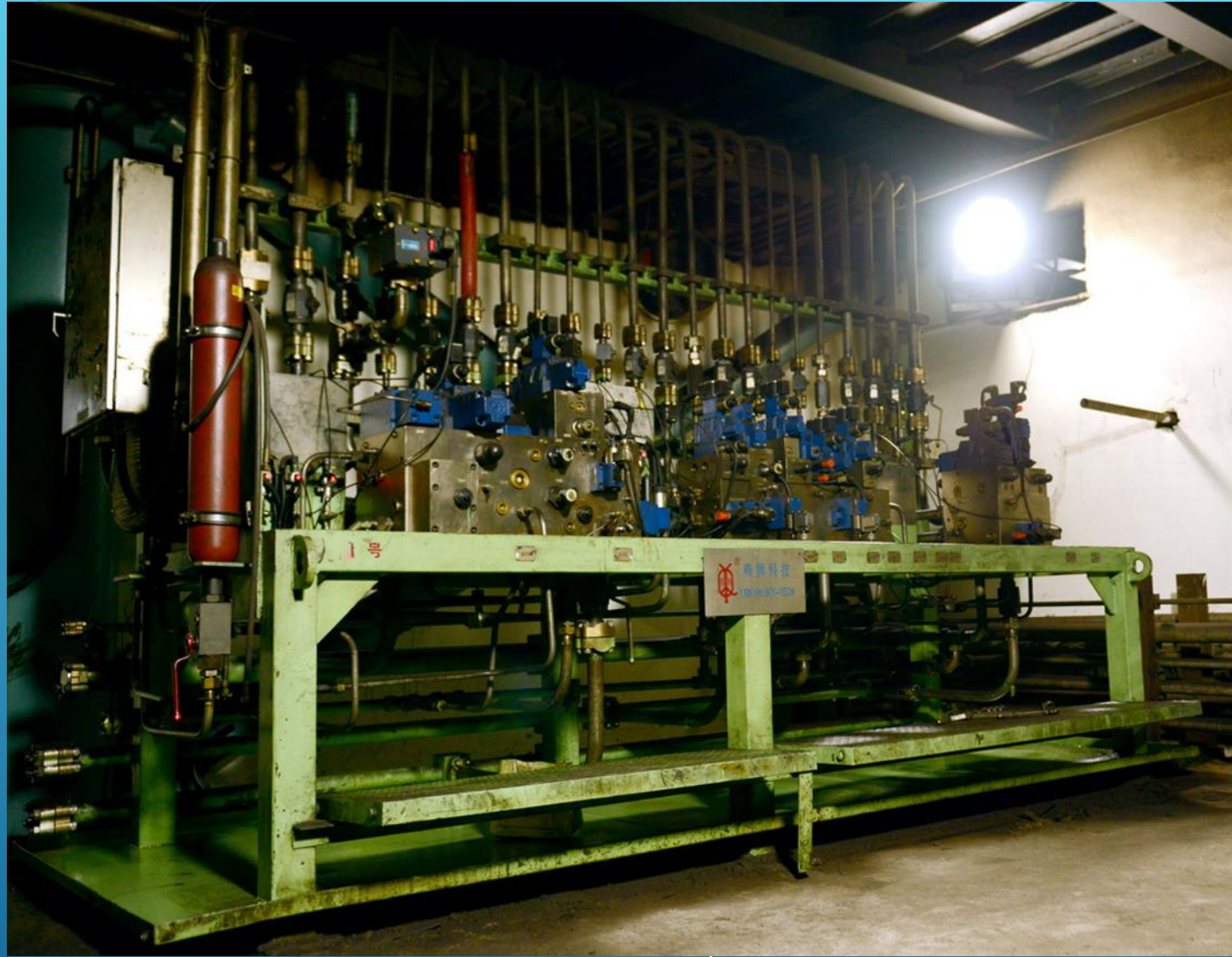
当遥控系统出现故障的时候可以用操作台进行紧急操作。操作台可摆放在视线较好的地方，操作台操作相比手动阀台操作可以提供更好的操作手感，同时通过指示灯上的各种报警和显示能够更好的监视到设备的运行



1

炉前设备自动控制集成系统

炉前设备自动控制集成系统是在开关特性逻辑自动化系统发展起来的一种大型控制系统。该系统最大的优点基于位置传感器将炉前几大设备进行连锁控制，极大的降低了设备误操作带来设备损坏的概率，同时利于位置传感器与比例阀配合，可以进行设备速度，压力自动控制，有效的保护了设备，延长设备正常使用寿命。



1 炉前设备自动控制集成系统

炉前设备自动控制集成系统是在开关特性逻辑自动化系统发展起来的一种大型控制系统。该系统最大的优点基于位置传感器将炉前几大设备进行连锁控制，极大的降低了设备误操作带来设备损坏的概率，同时利用位置传感器与比例阀配合，可以进行设备速度，压力自动控制，有效的保护了设备，延长设备正常使用寿命。

1 炉前设备自动控制集成系统

- ❖ 液压泵站由两套独立的泵源系统组成，为4台泥炮、4台开铁口机和4台揭盖机提供液压动力源。每套泵源系统供给1个出铁场的两套炉前设备。
- ❖ 炉前液压系统具有以下功能：
- ❖ 具备任何两台炉前设备同时工作的能力
- ❖ 具备两套液压泵站在应急情况下互为备用的功能
- ❖ 每套泵源系统设三个泵，两用一备。备用泵根据需要，可自行启动。



1

炉前设备自动控制集成系统

该系统主要由主控制柜（其中包含PLC柜、继电器柜、MCC即低压控制柜），操作台，遥控器（含发射器和接收器），工控机（工业计算机）等几大部分构成。

一台工业计算机操作站，可对两个铁口的炉前设备进行操作。

一个泵站操作箱，主要用来在主控室对泵站电机进行操作。

每个出铁口配备一套遥控器。4个遥控发射器可以互为备用。



炉前作业现状

泥炮堵口、开口机开口、泥炮加泥、开口机换钎杆均为人工手动操作，均需多人配合联动作业，工作强度大，工作环境差，且人机结合界面多，容易出现安全事故。

- 1、改善作业环境，提升劳动效率
- 2、降低劳动强度，提升本质化安全
- 3、炉前数字化、炉前自动化
- 4、炉前逐步实现智能化、无人化

高炉炉前作业危险性高、作业环境差、劳动强度大，在业内被普遍认为是钢厂内最辛劳、作业环境最恶劣的工种之一。

作业环境问题第一个是温度高，封闭式出铁场长期环境温度达到**60℃**以上，靠近铁沟一侧温度更高，设备防护板温度达到**160℃**以上。第二是粉尘严重，初步测算出铁场区域**PM2.5**浓度是正常人体能接受浓度的**1000**倍以上。所以炉前设备发展的迫切需求是改善作业环境。第三是劳动效率低，由于风口平台加宽，出铁场封闭等因素影响，目前出铁场区域基本靠堆人力或手拉葫芦作业，劳动时间长，劳动强度大。

高炉炉前作业任务繁重，开口、堵口、移盖、铁水取样测温、开口机换钻具、泥炮加泥、物料搬运、出铁场及沟系维护等。其中只有前三项达到了机械化的水平，也就是说刚刚实现机械代替人力（体力），由于其工序、工艺复杂，对操作员工的岗位技能要求较高。

目前炉前设备技术发展的需求首先是机器代替人，降低劳动强度，如实现自动换钎、自动加泥、铁水温度在线检测等。其次是让炉前作业人员减少在出铁场区域作业的时间和次数，降低安全风险，如完善监控体系，设备异常自动报警，远程诊断等。

目前炉前设备计量方式还是以机械标尺为主，计量精度差，记录困难，特别是打泥量和钻进深度这两个指标，对于铁口维护来说是非常重要的指标，但是无法有效计量难以统计。其他参数如设备工作压力值等指标也是通过机械仪表观察，部分钢铁厂具备数字计量方式，但是由于系统不完善，难以长期记录观察数据趋势。

随着技术的发展，炉前配套设备越来越完善，但是设备之间的配合大都需要人工衔接，部分设备能够做到自动启动，自动关闭，如开口机水雾化柜，炮泥恒温柜等。目前需要提高自动化水平，降低工人操作难度，逐步实现半自动到全自动。

目前炉前设备计量方式还是以机械标尺为主，计量精度差，记录困难，特别是打泥量和钻进深度这两个指标，对于铁口维护来说是非常重要的指标，但是无法有效计量难以统计。其他参数如设备工作压力值等指标也是通过机械仪表观察，部分钢铁厂具备数字计量方式，但是由于系统不完善，难以长期记录观察数据趋势。

随着技术的发展，炉前配套设备越来越完善，但是设备之间的配合大都需要人工衔接，部分设备能够做到自动启动，自动关闭，如开口机水雾化柜，炮泥恒温柜等。目前需要提高自动化水平，降低工人操作难度，逐步实现半自动到全自动。

伴随着炼铁技术的发展，国内炉前自动化水平逐渐提高，大部分钢铁企业完成了手动操作向遥控操作的转变，目前正在向半自动操作方向发展，炉前设备技术发展比较快的厂家提出了将炉前遥控操作升级为一键全自动操作需求。鉴于国内炉前作业情况，需要实现炉前一键全自动操作，需要克服如下难点：

- 1、钻头定位不准
- 2、开口过程监控难
- 3、堵口过程检测难
- 4、摆动溜槽自动切换风险大

在开铁口之前，首先要将钻头对准铁口，目前各大钢铁厂主要靠人工观察确认，手动调整。主要原因是因为钻杆强度不够、夹钳装置夹爪磨损，导致钻杆经过前面400-800mm空行程后容易出现偏移。一旦钻头定位不准，容易打穿炉壁，造成严重事故。

在开铁口过程中，容易出现烟雾粉尘，阻挡摄像头视线后难以辨别开口过程状态，如钻头磨损，钻杆烧断时系统无法及时监测，使得开口效率低下。

在泥炮堵铁口时，需要在铁口表面强行压出一个密封面，便于炮泥进入铁口通道并堵住铁口，目前主要靠人工观察判断是否漏泥。因为一旦没有形成完整的密封面，炮泥就会从炮嘴旁边漏出，这时候便堵不住铁口，由于这个过程暂时无法检测，系统无法准确判断是否需要重新压炮打泥，容易操作堵不住铁口的事故。

在摆动溜槽切换过程中，目前主要靠人工观察切换，主要原因是鱼雷罐重量无法统一，无法以重量作为切换的时间依据，铁水液面检测由于铁水流动后波动叫大，容易出现误差较大的数据，所以目前基本没有实现自动切换，大多是远程切换或人工切换。

- 1、可靠性更高的炉前三大件
- 2、可靠性更高的炉前液压系统及管路系统
- 3、炉前一键式全自动换钎机
- 4、炉前一键式全自动加泥机
- 5、炮泥规范化制备
- 6、炉前监控系统

4

可靠性更高的炉前三大件



开铁口机的选择

针对国内大型高炉的建设热潮，我公司开发了多种形式开铁口机总成供广大客户选择使用，针对3200m³级高炉，以下技术指标尤为重要：

1、液压凿岩机的能力

通常需要液压凿岩机冲击功达到500J，但是旋转切削能力在开口过程中更为重要，凿岩机需要配备更大的旋转扭矩。

由于高炉容积增大后铁口较深，为应对卡转需要配备带逆打功能凿岩机。

2、开铁口深度

通常超过3200m³高炉开铁口机钻深需达到4—4.5米。

技术参数

外形尺寸 (mm) 1847*535*385

机重(Kg) 608

1)旋转部分

额定流量(L/min) 120

额定压力 (Mpa) 15~18

额定转速(r/min) 470

额定扭矩 (N.m) 565

2)冲击部分

额定流量(L/min) 155

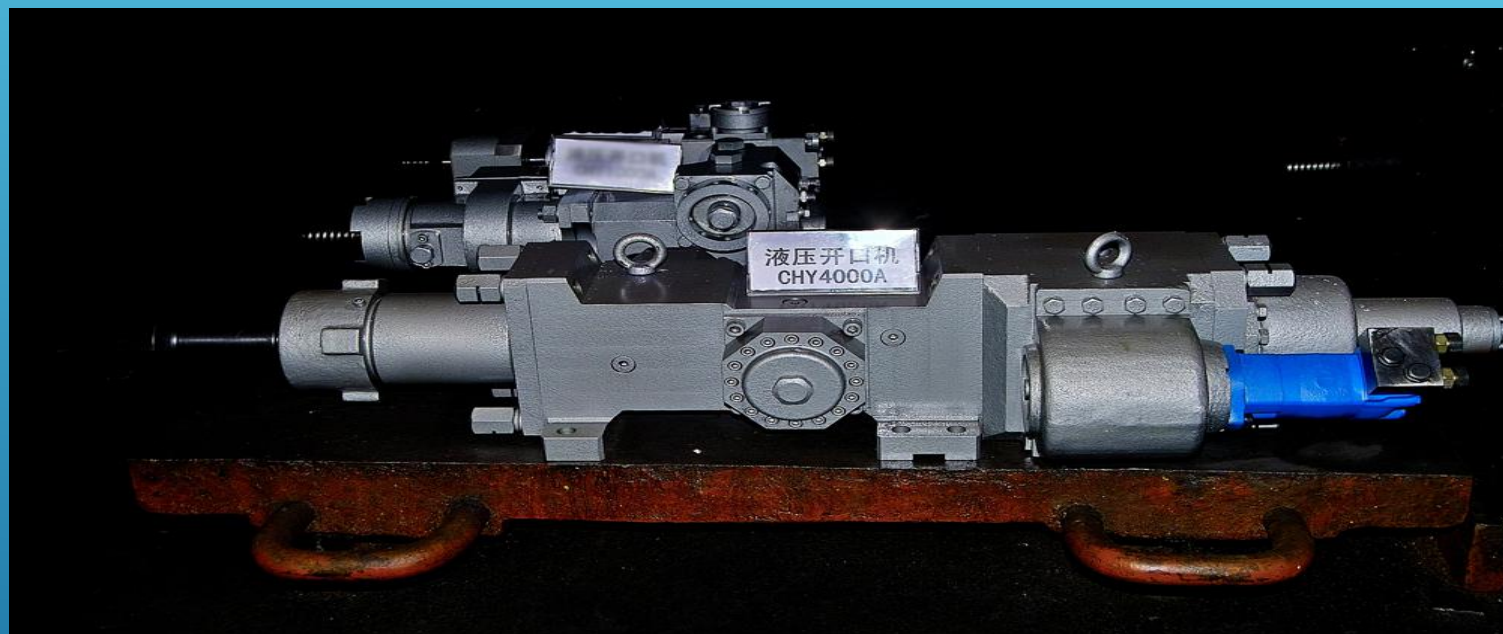
额定压力 (Mpa) 15

额定冲击功 (J) 500

逆向额定冲击功 (J) 500

额定频率 (Hz) 25~30

核心部件：CHY4000C凿岩机



CHY4000系列液压凿岩机是目前国内大中型高炉使用最广泛的液压凿岩机之一，目前已经获得宝钢，首钢、济钢、莱钢、本钢等国内各大钢厂的广泛使用，在国内成为了替代进口液压凿岩机的首选。在一些钢厂完全取代了进口凿岩机。

经过多年工艺改进及设计优化，CHY4000C型液压凿岩机多项技术指标达到国际先进水平，尤其是振打杆的使用寿命已经达到国际先进水平。

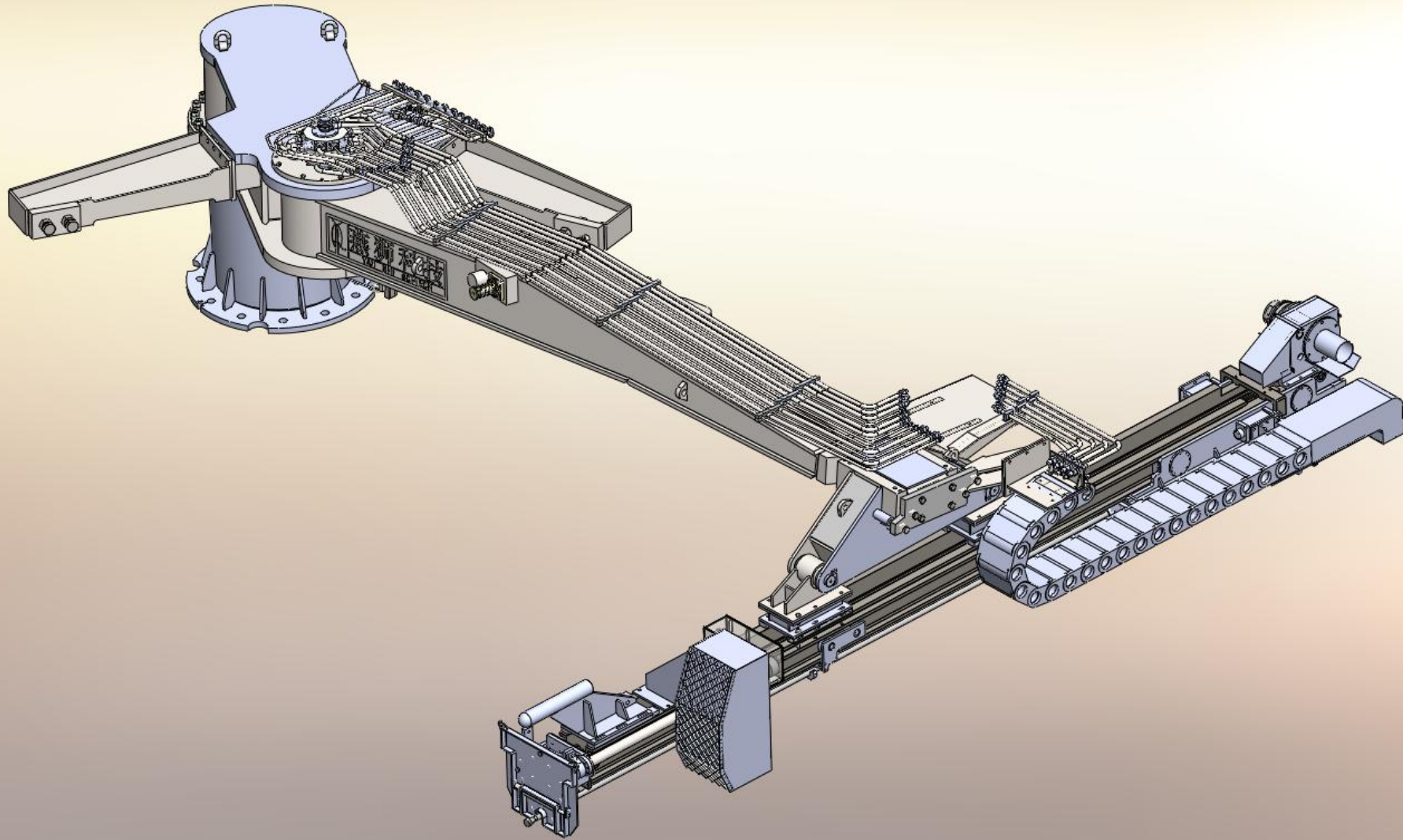
行走机架定位方式

目前主要有球头定位和挂钩定位两种方式，主要区别在于是否配备倾动机构，球头定位不需要配备倾动机构，少了一个控制回路，操作简单，但在开铁口过程中回转油缸需要保压固定大臂，对设备的结构强度要求较高，且需要进行比例阀控制回转油缸旋转，避免回转到位时将球头定位装置撞坏。挂钩定位运行平稳，开铁口过程中行走机架比较稳定，回转油缸不需要受力。但是增加了倾动机构，多了一个控制回路。

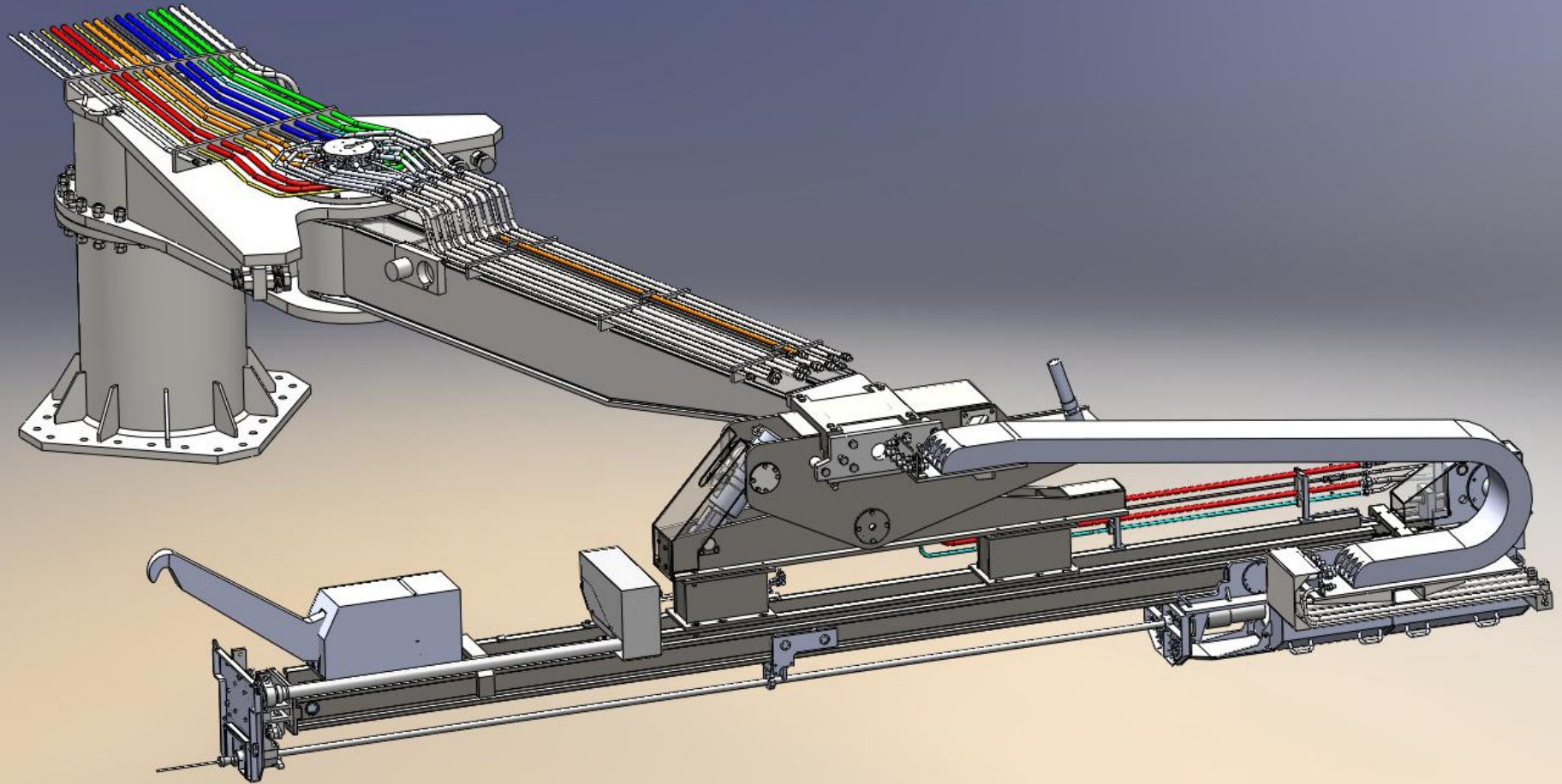
设备安装方式。

目前主要的设备安装方式有立柱式，吊挂式，壁挂式几种方式，具体选择是需根据高炉设计选择。

球头定位开铁口机



挂钩定位开铁口机



随着技术水平的提高和材料性能的进步，目前炉前国内开铁口机基本能够满足一代炉龄使用。

液压泥炮寿命受液压系统性能影响较大，使用自动化调速控制回转机构使用6年依然正常运行，采用手动或开关特性控制的液压泥炮寿命平均只有2-3年就要进行大修。

重要零部件产品寿命更加稳定，12通路高压旋转接头连续使用时间超过9年。液压泥炮水旋转接头使用6年无发生泄漏。

编码器耐温80℃，通过增加冷却气基本能够满足现场长期使用要求。

液压泵站系统配备不同规格多重过滤器及循环泵，可以长期保障炉前液压介质颗粒度处于要求范围内。

比例阀、开口机对液压介质清洁度要求较高，由于炉前环境比较恶劣，一旦发生漏油就会被污染，通过使用旋转接头代替软管，极的降低了漏油的概率。



2016年之前宝钢股份高炉炉前作业：4炉前工平均年龄已达47.6岁；清渣现场铁水温度达1500余度，每位炉前工每班平均要人工搬运近2吨的炮泥、15根以上近50斤重的钻杆、数根80斤的金棒；开口、堵口、测温作业时，还面临较大的粉尘。一线员工对高炉炉前作业实施装备自动化智能化改造需求迫切。

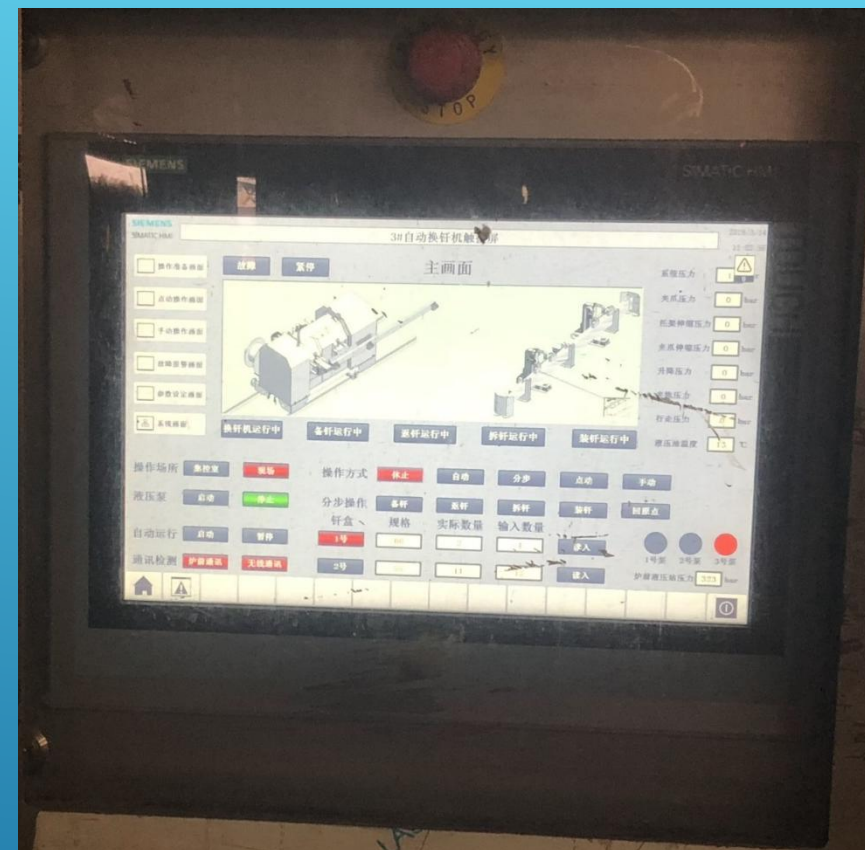
2017在宝钢股份炼铁厂三号高炉实施了高炉炉前自动化示范性改造项目。项目投用后：炉前作业者只需轻点按钮，通过自动化装置，就能轻而易举完成自动换钎、自动加炮泥等繁重作业。这一技术创举是由宝钢工程、宝信软件、宜昌燕狮等协同完成，2019年在四号高炉的改造将正式投入使用。湛江钢铁, 鄂城钢铁, 晋南钢铁也都开始进行炉前自动化升级改造。

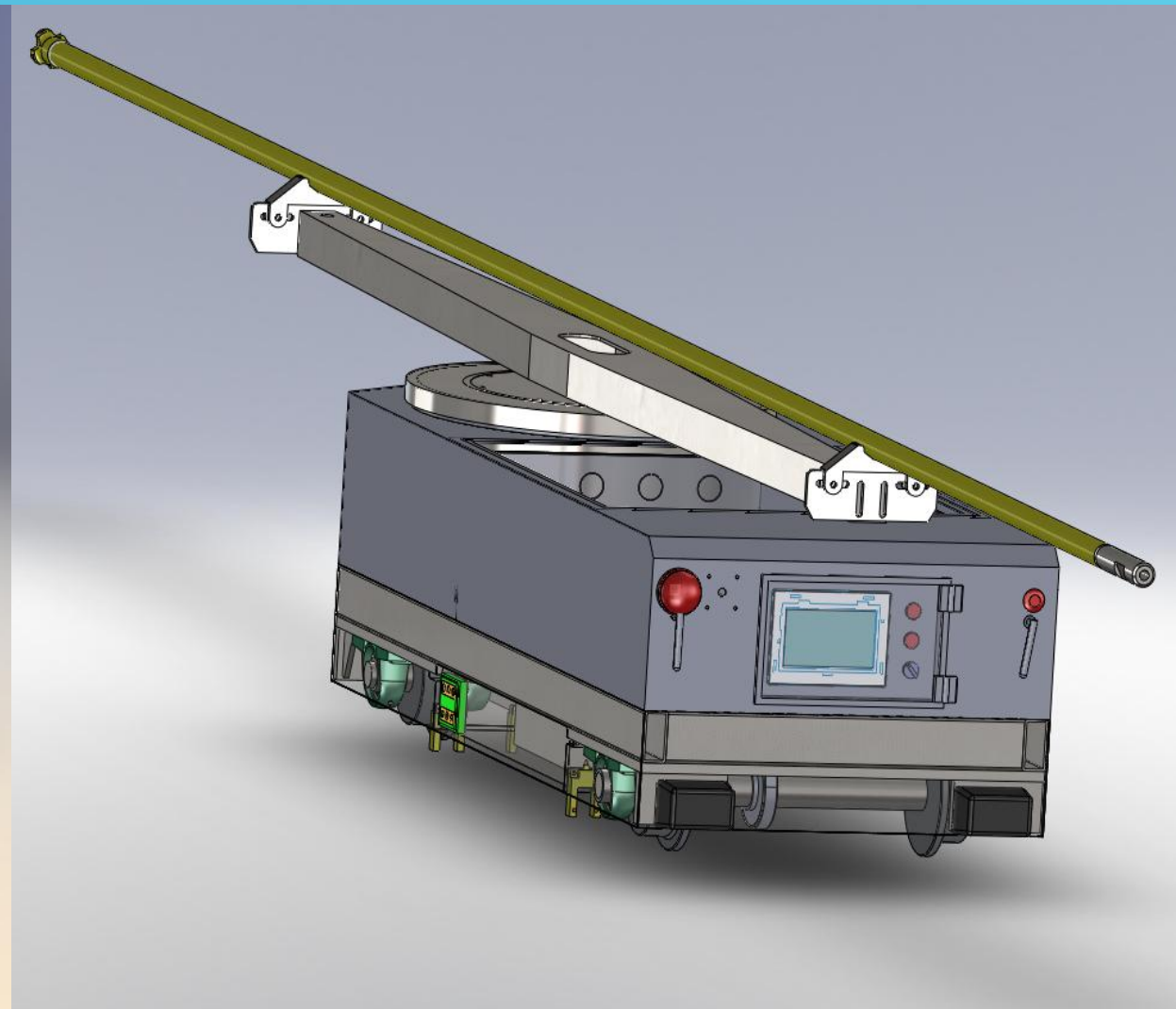
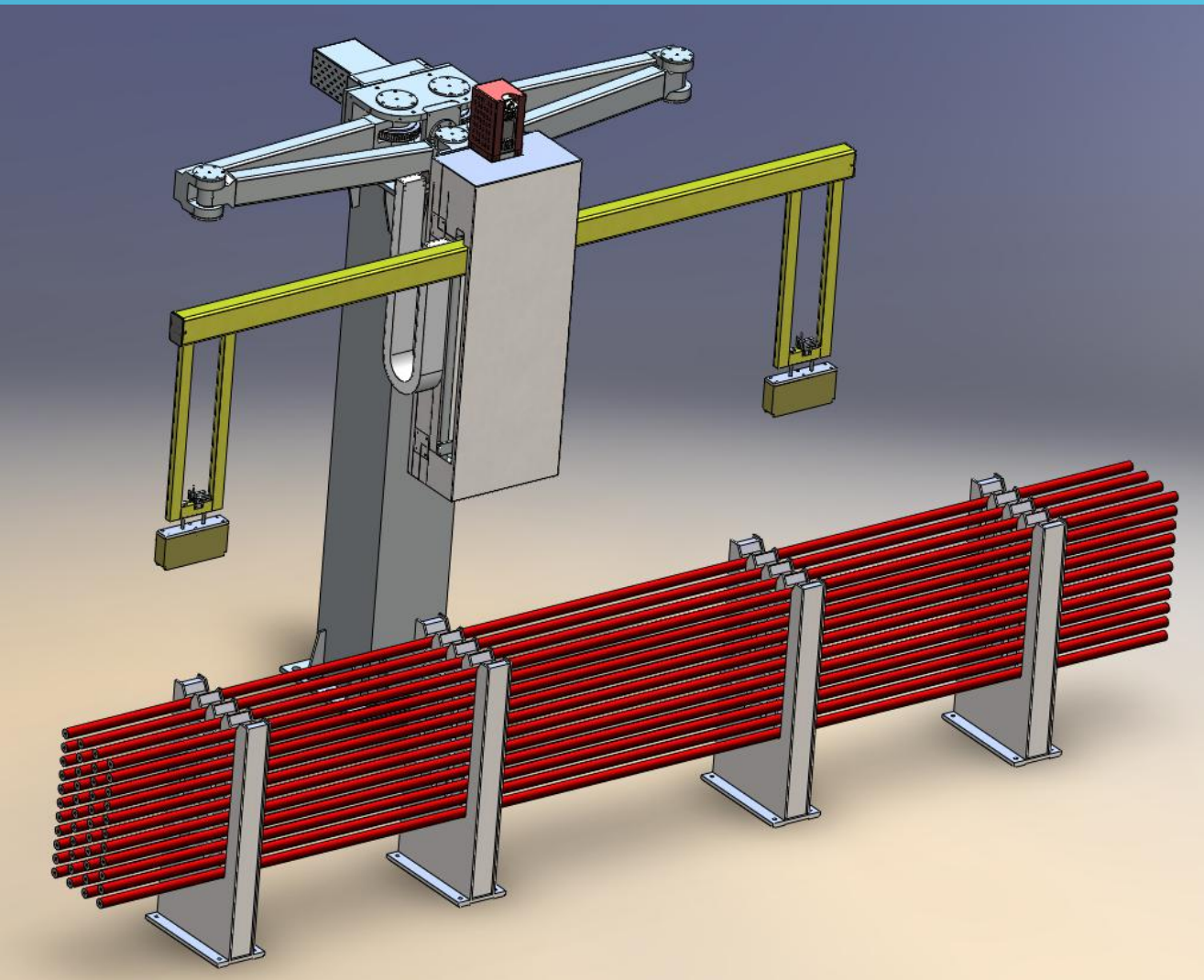
4

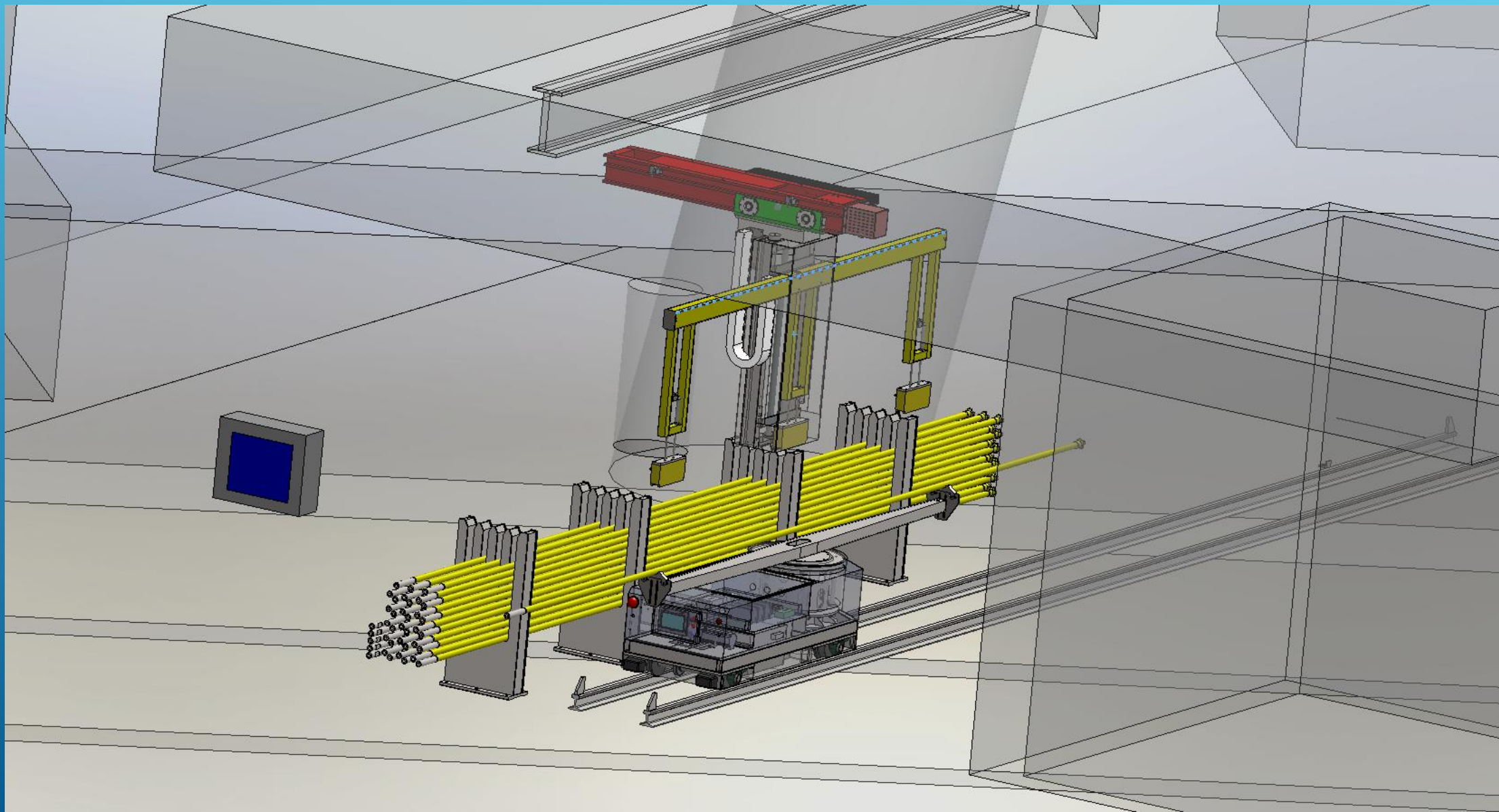
引进设备





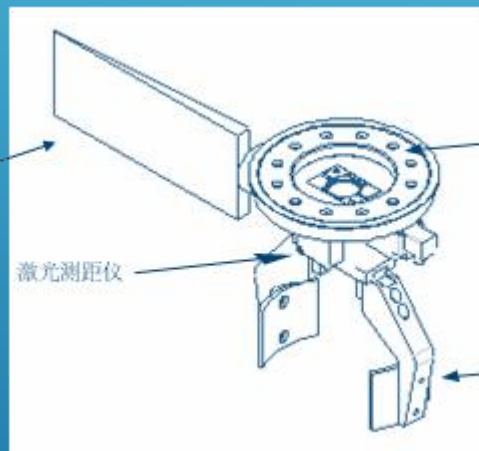


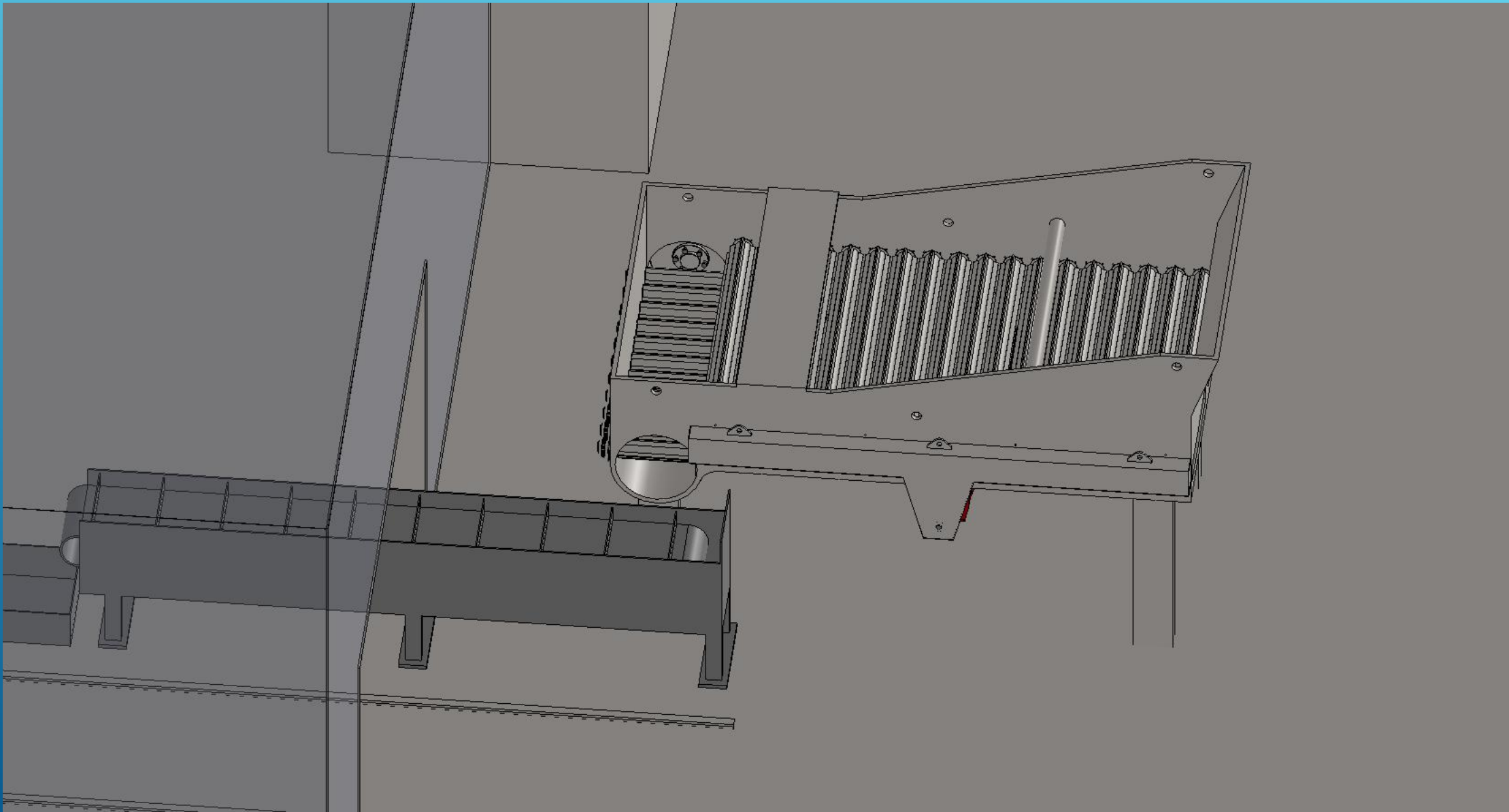


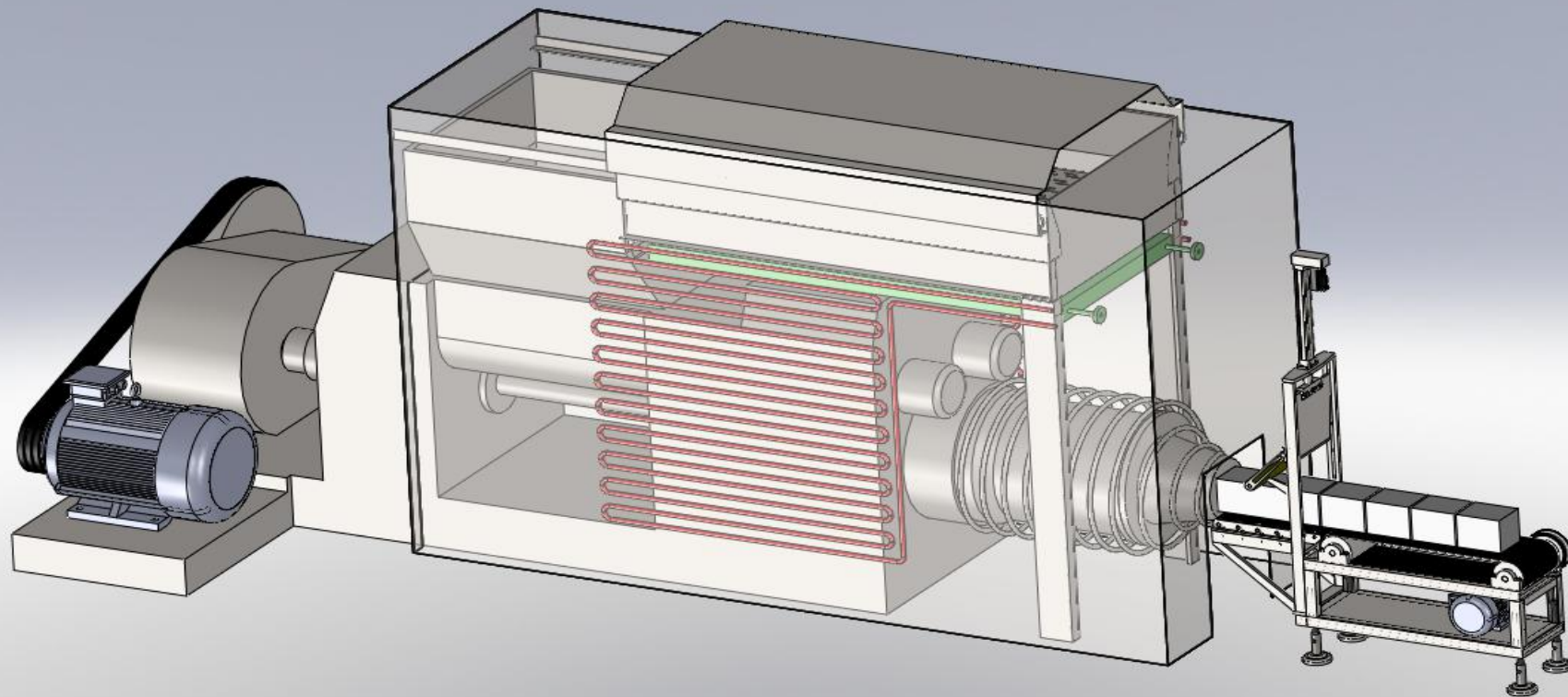












4

炮泥规范化制备



通过在现有设备上加装编码器，流量计、压力继电器等传感元件，系统能够实时感知设备状态，同时能够记录设备开口深度、打泥量及打泥压力等数据，为设备以及铁口的维护提供参考依据，同时可以实时显示动力系统各项状态指标，超出安全范围可以自动发出警告，为系统的长期稳定运行提供数据支撑。





DI1测点

2020/8/13 11:45:14

DI1	急停按钮信号	●	DI17	控制方式-遥控器	●
DI2	故障复归按钮信号	●	DI18	控制方式-操作台	●
DI3	灯测试按钮信号	●	DI19	备用	●
DI4	铁口警铃按钮信号	●	DI20	给进力1档	●
DI5	铁口停止按钮信号	●	DI21	给进力2档	●
DI6	备用按钮1信号	●	DI22	给进力3档	●
DI7	备用按钮2信号	●	DI23	给进力4档	●
DI8	备用按钮3信号	●	DI24	给进力5档	●
DI9	工作模式-调整位	●	DI25	冲击力1档	●
DI10	工作模式-检修位	●	DI26	冲击力2档	●
DI11	换钎设备旋出	●	DI27	冲击力3档	●
DI12	换钎设备收回	●	DI28	冲击力4档	●
DI13	换钎设备松开	●	DI29	冲击力5档	●
DI14	换钎设备夹紧	●	DI30	钻削速度1档	●
DI15	开口机-吹扫	●	DI31	钻削速度2档	●
DI16	开口机-雾化	●	DI32	钻削速度3档	●



画面索引

用户登录

用户注销



- 1、一键自动出铁
- 2、一键自动堵口
- 3、全自动智能化炉前控制系统
- 4、炉前智能化、无人化展望

开铁口机在打开铁口的设备，工作时冲击振动比较大，打开铁口后要求迅速退回，否则铁水就会喷溅在设备上，造成设备烧损或设备集渣，影响设备使用寿命。

针对开铁口机的自动化，首先就是对设备进行升级改造，提高设备可靠性和稳定性，如采用机械限位来保证大臂回转的重复定位精度，使得设备长期工作也能保证工作位和休息位的位置不发生偏移。

其次是保证各部件长期使用并降低故障率，提高易损件寿命周期并稳定质量。

再次就是初步实现开铁口机的一键开口，通过铁口激光标识系统，初期可以人工远程观察确定，后期可以AI视觉识别，保证钻孔时钻头正对铁口。

液压泥炮在堵住铁口的设备，工作时冲击特别大，所以导致设备损坏的主要原因就是冲击，长期冲击使得设备结构变形，碟簧失效，轴承间隙加大，导致堵口重复定位精度变差。

针对液压泥炮的自动化，首先是通过比例调速回路，降低由于设备惯性对设备自身造成的硬伤害，通过压炮来堵住铁口，而不是通过撞炮来堵住铁口。

其次是保证各部件长期使用不出现故障，提高易损件寿命周期并稳定质量。

再次是初步实现一键堵口，通过铁口激光标识系统，结合炉前监控系统，初期可以通过人工远程观察保障，后期可以通过AI红外视觉识别，监控炮嘴堵口状态，降低安全风险。

放弃“工序”遥控，人不再操作“工步”。每个工艺环节实现“一键发起”。单个循环中不需要人为操作，人员只起到发起、确认的作用。

◆触摸终端实现可视工艺设定调整、检视。

“工序内的互联”：加泥机、换钎机作为子系统其自身具备电气程序和机械执行机构，其控制系统与开口机、泥炮的主程序通讯协调工作。自动换钎机在工作时需要和开铁口机相关动作配合，如开口机大臂的初始位置信号，夹钳打开关闭的控制及压力信号，小车前进后退的控制及压力信号，钻杆正旋逆旋的控制及压力信号，以及增加的中心钩控制及压力信号等，这些相关控制及位置、压力信号需要传输给换钎机来执行相应的指令，同时换钎机的工作状态及报警信息也要回传至炉前系统，所以换钎机与炉前控制系统需进行通讯。

1. 炉前除尘改造，提高风机功率及效率，使得炉前视野清晰，污染源可控。
2. 出铁场重要位置布点温度监控系统，环境温度超过设置范围自动启动风机降温。使自动化设备及传感元件温度可控。
3. 远程视频监测装置：远程监控摄像头布置在炉前，作为监控铁区开堵口状况所用。
4. 铁口激光标识装置：用于确认炮头/钻头是否对准铁口。
5. 开堵口信息反馈系统：用于收集和统计开堵口过程中设备的使用情况并建立数据库数据。
6. 故障诊断报警系统：根据数据库及反馈系统，出现异常及时报警，便于人工及时干预处理。

智能系统替代人管理各分系统，人极少干预工艺过程。炉前设备的智能化终极目标：系统，不仅代替人的体力劳动也要代替人的脑力劳动甚至自行现场管理。

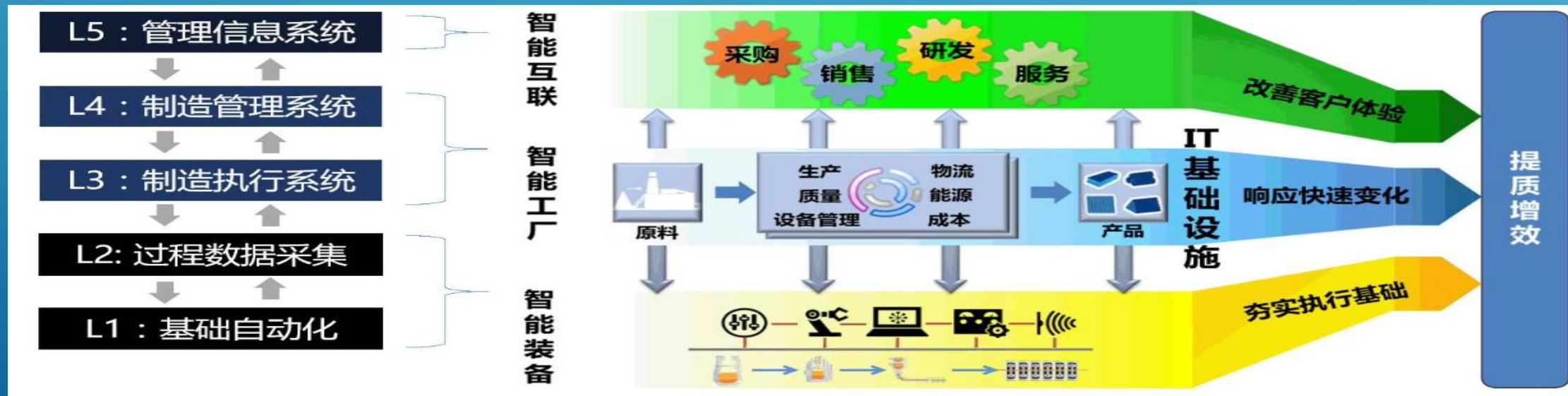
◆人在场操作→人在线监控→人离线后台维护：从体力劳动者变成程序员。

◆智能无人工厂：机器与机器配合。

炉前作业分系统整合实现：调度、自洽、学习。

信息物理融合是连接物理世界和信息世界的关键技术，是面向智能制造实现制造过程实时监控和管理的基础；工业物联网是实现制造资源互联互通的基础，将为实现生产管控智能化提供基础数据支撑；工业大数据分析是智能化的核心技术，是进行产品制造过程精准分析与决策的基础；智能化制造技术是智能制造的关键执行技术，包括各类智能化制造装备，是智能制造模式中实现精准执行的基础。

随着国内炉前设备技术的发展，结合各大钢铁厂智能制造项目进展，预计2020年初步实现一键开口，一键堵口，2025年实现全面性的远程一键炼铁。2030年实现真正意义上的炉前智能化，无人化。



谢谢！

宜昌市燕狮科技开发有限责任公司

邓攀 13339793698

邮箱: wenan1h@126.com