



燕山大学

机械装备专业综合实验指导书

Mechanical Equipment Compositive Experiment Instruction Book

编者：吴玉娟 张岩岩

教 务 处

2012 年 7 月

一 转炉设备传动及控制操作

一、实验目的：

- 1、通过实验，直观、全面熟悉转炉的结构。
- 2、了解多点啮合柔性支承传动的工作原理。
- 3、熟悉转炉工作的控制原理。

二、实验仪器、设备

- | | |
|-----------|-----------------|
| 1、转炉设备 1套 | 2、控制柜 1个 |
| 3、操作箱 1个 | 4、转角测量与零度检测仪 1套 |

三、实验原理及内容：

（一）观察转炉的结构及其传动方式

实验装置为 200Kg 试验氧气顶吹转炉，它为两点啮合，即由对称分布的两台末级电动机驱动，分别经一、二次减速驱动炉体。整套传动装置全部悬挂在耳轴外伸端上，用两端铰接的两根立杆通过曲柄与水平扭力杆连接而支承在地基上。

（二）生产线启动及运行操作：

1、手动运行

(1) 接通总电源，将控制柜总开关打向“ON”位置，接通 PLC 电路开关（空开）。

(2) 启动操作

a、图 1-1 为操作箱触摸屏简图，即控制信号的输入端。打开“控制电源”开关，“电源显示”灯亮。接通“界面电源”开关，进入图 1-2 所示界面。

b、通过点击该触摸屏进入操作界面，然后根据提示，可以通过相应的界面按钮选择不同的操作方式，如图 1-3。设备运行方式有三种：手动工作方式、自动工作方式、人机界面调试方式。按“手动界面”按钮切换到如图 1-4 所示界面。

c、选择电动机的工作方式。按动“双电机模式”（单电机模式）实现单双电机工作选择，默认为双电机模式；

d、选择“转炉正转”或“转炉反转”实现转炉正、反转操作。若停止运行则相应再按下按钮使其复位即可。回复初始位置，可以选择“正转归零”或“反转归零”来调节。

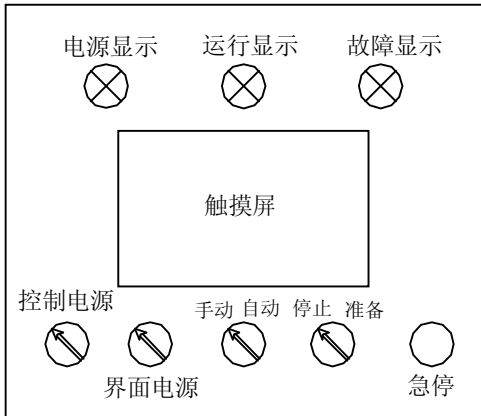


图 1-1 触摸屏示意图

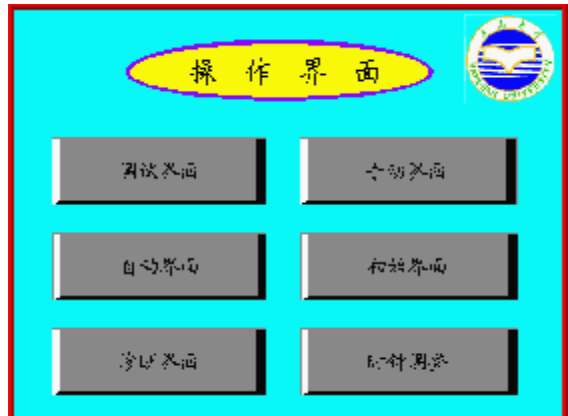


图 1-2 初始界面示意图

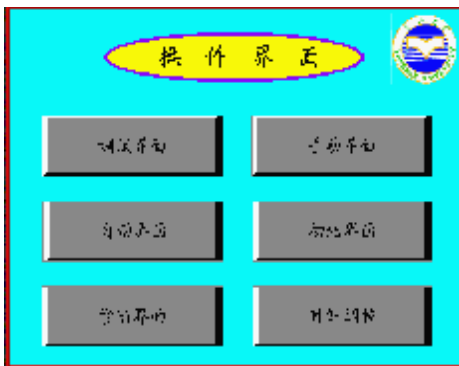


图 1-3 操作界面

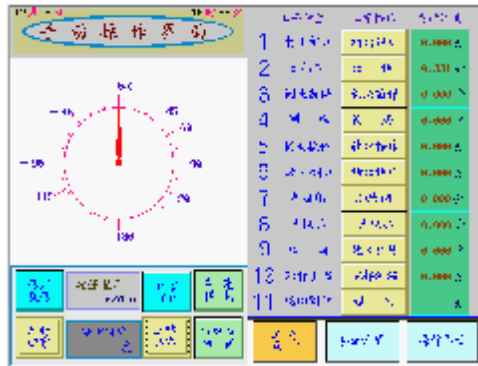


图 1-4 手动界面

e、选择“高速模式”或“低速模式”。默认情况是“低速模式”。

f、按下“工序操作”按钮，进入工序操作模式，“转炉正转”与“转炉反转”两按钮暂时失效，自上而下按顺序按动右侧黄色按钮“打出钢口”等实现工序操作，每次按下相应按钮可实现转炉相应的工序操作，可人为随时停止该次操作，若在按下一个工序按钮后，无人为干预，转炉将转动到设定角度自动停止，左侧并显示转炉到达相应位置。在转炉停止状态下按动“工序退出”按钮，退出工序操作模式；

g、出现故障按下操作箱上的“急停”按钮。

2、自动运行

操作过程和手动运行基本类似。但是注意操作箱选择开关要扳动到自动状态，准备状态，人机界面自动切换到如下界面，如图 1-5 所示。按下“全自动模式”进入全自动运行模式，再按下“全自动开始”按钮，转炉按照设定速度、角度和时间进行全自动操作，全自动初始状态建议在零度位置。全自动中断”按钮按下后可使转炉在全自动工作过程中停止，再按动“全自动恢复”可恢复到之前的全自动工作过程。

3、停机操作

- a、按界面内“停止”按钮。
- b、关闭“界面电源”。
- c、关闭“控制电源”开关。
- d、关闭控制柜内所有空开。
- e、将控制柜总开关打向“OFF”。
- f、切断总电源。

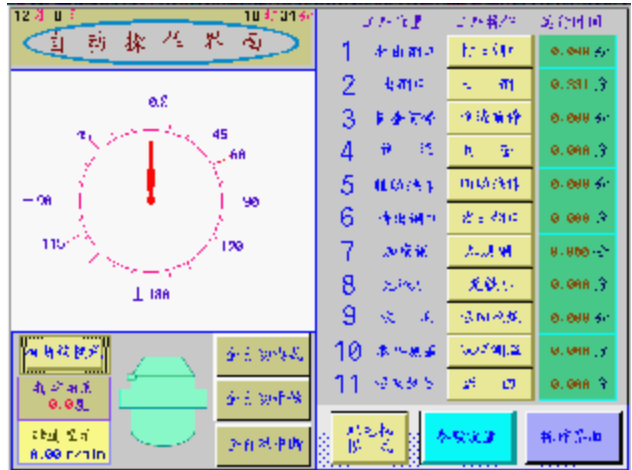


图 1-5 自动界面

四、实验步骤

200Kg 转炉操作制度倾动工序如表 1-1 和图 1-6 所示。

表 1-1 200Kg 氧气顶吹转炉操作时间表

操作项目	倾动角度(度)	总时间(分)	电机工作时间(分)	电机停止时间(分)	备注
1 打出钢口	0→-45	1	0.125	0.875	
2 出钢	-45→-115	5	1.192	3.808	-75°~-115°为低速区，此区间4~5次断续接电
3 倒渣前停	-115→0	1.3192	0.3192	1.00	
4 倒渣	0→180	1.6808	0.5	1.1808	140°~180°区间3~4次断续接电
5 辅助操作	180→90	2	0.25	1.75	
6 堵出钢口	90→-45	1	0.375	0.625	
7 加废钢	-45→45	4	0.25	3.75	
8 兑铁水	45→60	3.834	0.0416	3.7924	此区间有2次断续接电
9 返回待吹炼	60→0	0.166	0.166	—	
10 吹炼	0	22	0	22	
11 取样、测温	0→90	2.625	0.624	2.001	
12 返回待打出钢口	90→-45	0.375	0.375	—	准备下一炉操作
13 总计		45	4.2178	40.7822	

注：此表所用转炉倾动速度 高速为 1.0 转/分；低速为 0.1 转/分。

- 1、 确认接线正确，打开电源开关。选择“自动”或“手动”运行方式。
- 2、在空炉工况下，选择 1#、2# 电动机同时工作，按照上表中的倾动工序进行操作。取样、测温、兑铁水、倒渣、出钢等操作须采用低速(0.1~0.3 转/分)操作；转炉运转时采用高速(0.6~1.0 转/分)。观察二次减速箱壳体的摆动情况。
- 3、选择 1#、2# 电动机单独工作方式，重复步骤(2)。
- 4、实验完毕，切断电源。

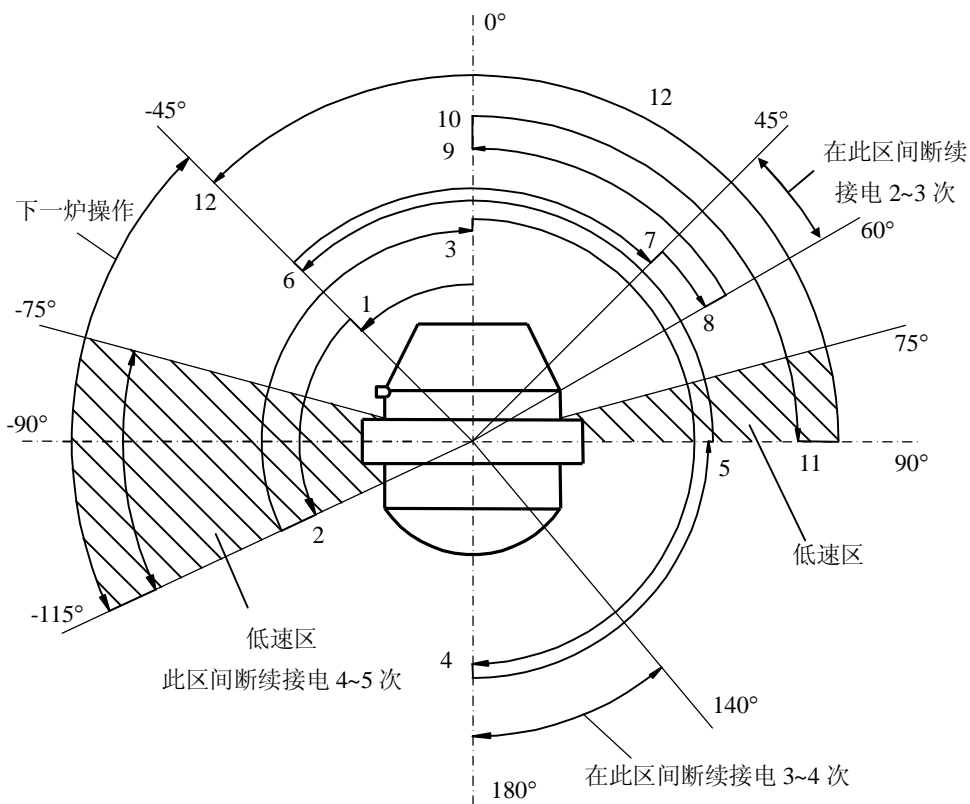


图 1-6 200Kg 氧气顶吹转炉倾动工序图

五、注意事项:

- (1) 首先了解整个实验装置各个部分，并熟悉仪器的使用方法，以免损坏仪器。
- (2) 实验完毕时，先切断控制柜所有空开，再将控制柜总开关打向“OFF”。

六、实验报告要求

- 1、画出多点啮合柔性支承传动及转炉倾动机构的结构简图。
- 2、画出转炉控制线路原理图。

七、思考题

- 1、什么是多点啮合柔性传动？
- 2、转炉倾动机构配置形式共有几种？
- 3、本实验中转炉倾动机构采用那种配置形式？有什么优越性？

二 转炉炉液倾动力矩综合计算

一、实验目的:

- 1、通过试验，熟悉转炉炉壳、托圈及各个连结部件的结构和原理。

- 2、根据炉壳结构参数，计算炉液力矩。
- 3、绘制炉液力矩曲线，分析其变化规律

二、实验仪器、设备

- | | | | | | |
|--------|----|-------|----|-------|----|
| 1、转炉设备 | 1套 | 2、计算机 | 1台 | | |
| 3、控制柜 | 1台 | 4、卷尺 | 1个 | 5、钢板尺 | 1个 |

三、实验原理

炉内液体的形状、重心位置随着倾转角度的变化而变化，并且在出钢过程中，其重量也在变化。为了求出转炉合成倾动力矩的最大值和最小值，就要分别计算出各个倾动角度下（一般每隔 5° 或 10° ）的炉液重量、重心位置、炉液力矩和转动惯量。

为了确定任意倾动角度下的转炉炉液的倾动力矩和转动惯量，首先要计算各对应倾动角度的炉液体积和重心位置。转炉炉液的计算坐标按如下规定选取：以转炉对称轴线为 z 轴， z 轴与炉型内腔地面的交点为坐标原点 O ， x 轴在转炉的倾动方向上，而 y 轴则与耳轴轴线方向平行，见图 2-1。设任意倾动角度为 α 时，炉液在 z 轴上的区间为 $[a, b]$ ，在任意高度 z 处用一与 z 轴线垂直的平面切割炉液，其截面为一弓形面积 S ，则可用积分公式计算出该倾动角下的炉液体积 V ：

$$V = \int_V dV = \int_a^b S dz \quad (1)$$

用理论力学的重心计算公式，即可算出炉液的重心坐标 x_D 、 z_D ：

$$x_D = \frac{\int_V x_s dV}{\int_V dV} = \frac{\int_a^b x_s S dz}{V} \quad (2) \quad z_D = \frac{\int_V z dV}{\int_V dV} = \frac{\int_a^b z S dz}{V} \quad (3)$$

其中 x_s 、 z 分别为单元体 dV 的重心坐标值。

求出炉液体积和重心坐标，即可求炉液重量 G_d 和倾动力矩 M_{ye} 。

$$G_d = rV$$

$$M_{ye} = G_d [(H - z_D) \sin \alpha - x_D \cos \alpha] \quad (4)$$

式中 ρ ——炉液比重。

在工程计算中，当定积分 $\int_a^b f(z) dz$ 的被积函数难以确定，常常采用数值积分方法。高斯积分公式的积分区间为 $[-1, 1]$ ：

$$\int_{-1}^1 f(x) dx \approx \sum_{i=1}^n A_i f(x_i) \quad (5)$$

式中 n ——求积节点数;
 ζ_i ——求积结点的坐标值 ($i=1、2\cdots n$);
 A_i ——与结点数 n 及 ζ_i 值相对应的求积系数。

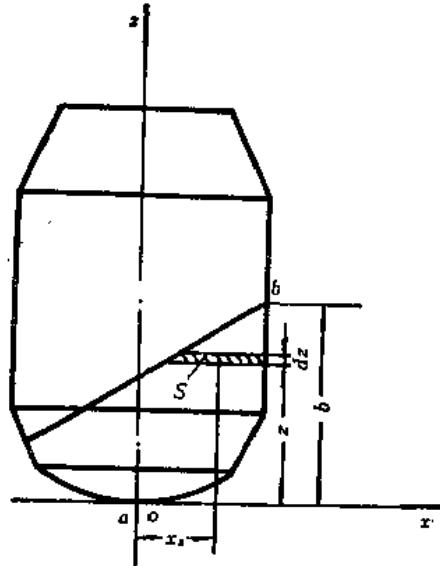


图 2-1 积分法求炉液重心

四、实验内容及步骤

1、初始炉内液体重量的确定

炉内液体包括铁水和炉渣两部分，铁水重量(包括铁水和废钢)按钢水收得率 90% 计算，炉渣按每吨钢 150kg 计算，即：

$$G_T = (1.1 \sim 1.14) \times G_0$$

$$G_Z = 0.15 \times G_0$$

式中 G_T ——铁水装入量，吨;
 G_Z ——炉渣重量，吨;
 G_0 ——出钢量，吨。

一般为简单起见，计算炉内液体体积时将炉渣折合为铁水重量而进行计算，即：

$$V_{YE} = \frac{G_T + G_Z}{6.9}$$

式中 V_{YE} ——炉内液体体积， m^3 。

本实验所用转炉为 200kg 转炉，即出钢量为 $G_0=0.2$ 吨。

2、确定转炉炉型尺寸

图 2-2 为该实验转炉炉型简图，其中 H 为耳轴高度。用实验给定的工具进行，

测量出转炉炉壳各个钢板的尺寸。

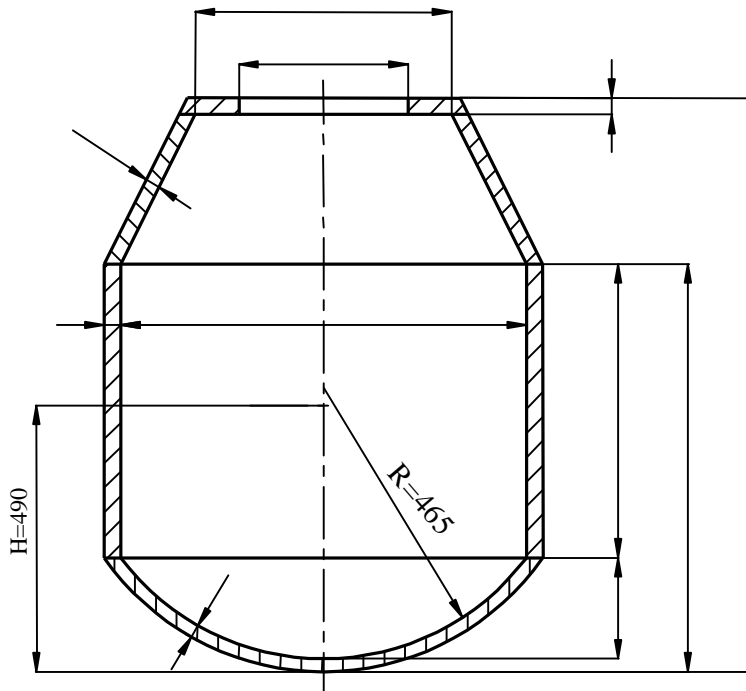


图 2-2 200Kg 氧气顶吹转炉炉型

3、炉液力矩计算

首先建立适当的坐标系 $OXYZ$ 。计算炉液液面最高点 Z_{us} ，在未放渣或出钢前，它是随倾动角度变化的一个量，在计算过程中须不断调整。 Z_{us} 确定后，液面位置也就确定了。当出钢开始后，随着倾动角度的增大，炉液逐渐减少。通常用迭代法来确定 Z_{us} 的值。在转炉倾转角从 0° 变到 180° 过程中，确定每隔 5° 相应角度下的炉内液体重心坐标。最后计算该角度下炉内液体对耳轴的力矩 M_{YE} 。

4、根据得出的数据，在直角坐标系中绘制出炉液力矩随倾动角度变化的关系曲线图 $M_{YE}-\alpha$ 。

三 转炉耳轴倾动力矩测定与计算

一、实验目的：

- 1、通过对耳轴倾动力矩的测量和计算，了解其变化规律。
- 2、掌握最佳耳轴位置的确定原则及其条件式。
- 3、通过试验，加深对所学的教材内容理解。

二、实验仪器、设备

1、 转炉设备	1 套	2、 计算机	1 台
3、 BZ7201-USB 数据采集仪	1 套	4、 控制柜	1 个
5、 Y6D-3A 动态应变仪	1 台	6、 操作箱	1 个
7、 转角测量与零度检测仪	1 套	8、	

三、实验原理

倾动力矩是转炉倾动机构设计的重要参数。计算它的目的是：确定额定倾动力矩值，作为倾动机构设计的依据；确定转炉最佳耳轴位置。

转炉倾动力矩 M 由三部分组成：

$$M = M_K + M_{YE} + M_M \quad (1)$$

式中 M_K ——空炉力矩(由炉壳和炉衬重量引起的静阻力矩)；

M_{YE} ——炉液力矩(炉内液体引起的静力矩)；

M_M ——耳轴上的摩擦力矩。

作为倾动机构设计的依据，额定计算倾动力矩为：

$$M_J = KM \quad (2)$$

式中 K ——附加系数，考虑计算误差和其它工艺、结构等因素的影响，一般取 $K=1.1\sim 1.4$ 。

实验系统包括转炉设备、控制部分、测试部分以及数据采集处理部分。系统简图如下：

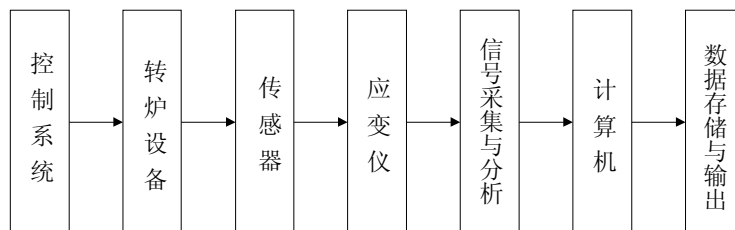


图 3-1 实验系统示意图

四、实验步骤

1、空炉工作时耳轴扭矩

(1) 在耳轴上贴两枚 $3\times 5\text{mm}^2$ 的应变片花，组成图 2-2 所示的全桥。耳轴直径为 90mm。

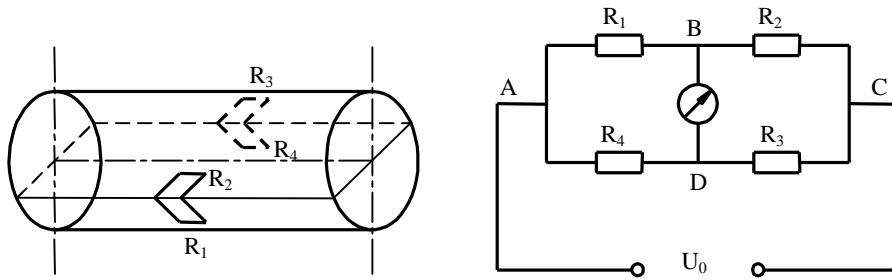


图 3-2 布片和组桥示意图

(2) 将电桥信号接到动态应变仪上，再接入数据采集仪，最后跟计算机连接成测试系统。接通电源预热 5 分钟，对测试系统调整平衡。准备工作完毕，启动操作箱。

(3) 在空炉工况下，通过控制台使转炉运行 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，电动机速度为 0.1r/min 。由计算机采集信号，设定采样频率。从零度开始，记录耳轴上的扭矩值。此时测得的扭矩 M_{H1} 实际上是空炉力矩 M_K 和耳轴摩擦力矩 M_M 之和；从 $180^\circ \sim 0^\circ$ 反向运行，记录各角度下相应耳轴上的扭矩值。此时测得到扭矩 M_{H2} 是空炉力矩 M_K 和耳轴摩擦力矩 M_M 之差。

(4) 根据上述两组数据，可分别求得空炉力矩 M_K 和耳轴摩擦力矩 M_M 。

2、用电标定法标定耳轴扭矩。

在动态应变仪上，将“标测”开关打到“标”上，分别标定“ ± 50 ”、“ ± 100 ”、“ ± 200 ”、“ ± 500 ”、“ ± 1000 ”。

3、炉内液体倾动力矩 M_{YE} 。

根据实验二得出的数据列出各倾动角度下的炉液力矩值。并计算转炉总的倾动力矩。

4、验算耳轴位置 H

全正力矩原则是保证转炉整个倾动过程中，不出现负力矩。即在任何事故情况下(中间传动轴断裂、电动机断电、制动器失灵等)，炉子能自动返回原位。其条件式为：

$$(M_K + M_{YE})_{\min} - M_M \geq 0 \quad (3)$$

根据全正力矩原则，确定最佳耳轴位置的条件式为：

$$\Delta H \leq \frac{(M_K + M_{YE})_{\min} - M_M}{(G_K + G_{YE}) \sin a} \quad (4)$$

式中 ΔH ——耳轴位置的修正值， $\Delta H = H - H'$ ；

H 是原耳轴中心的 Z 坐标； H' 是最佳耳轴中心 Z 坐标。

五、实验报告要求：

- 1、分别绘出空炉工况耳轴倾动力矩曲线和转炉总倾动力矩曲线。
- 2、按照全正力矩原则计算最佳耳轴位置并与实际位置比较，验证耳轴位置是否合理。

六、思考题

- 1、如何判断各个扭矩的正、负？
- 2、耳轴最佳位置的判定原则有几种？如何选择？

附图

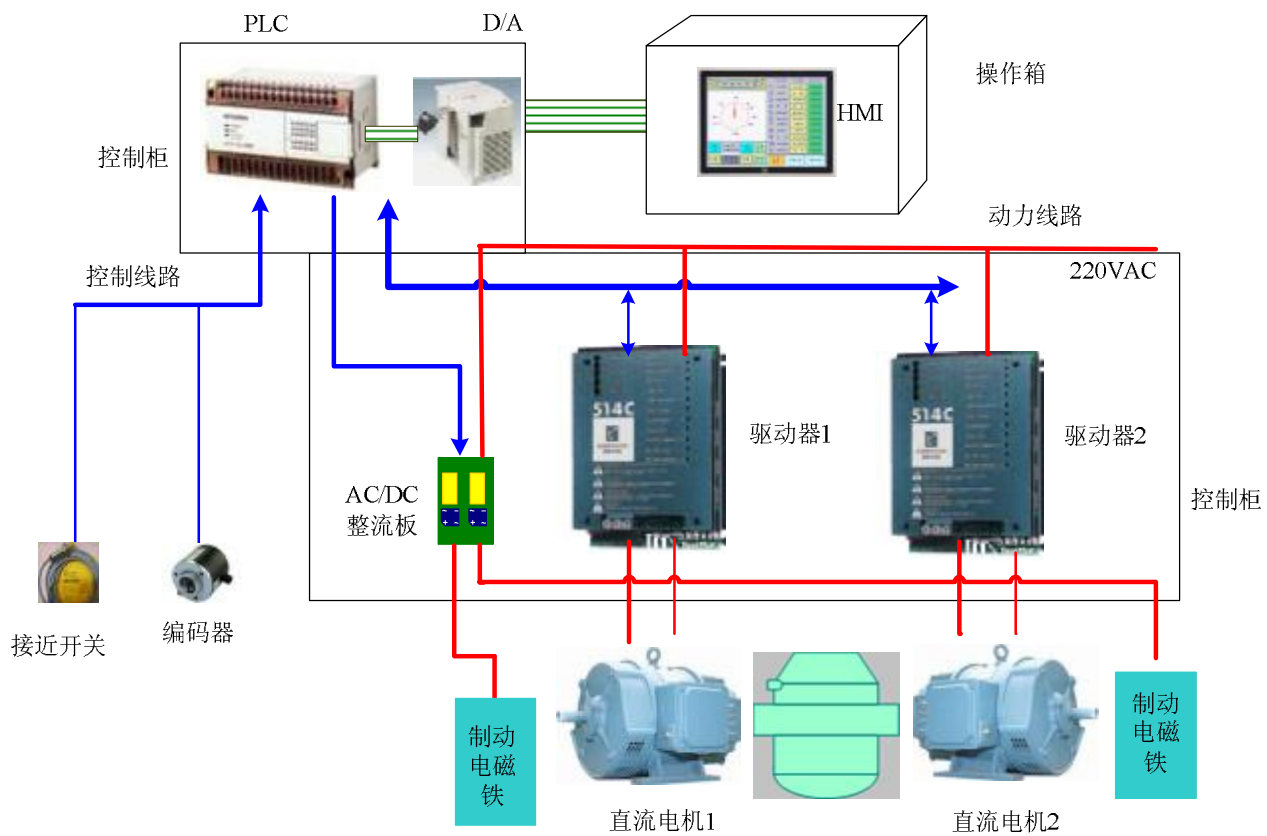


图1 转炉控制原理简图

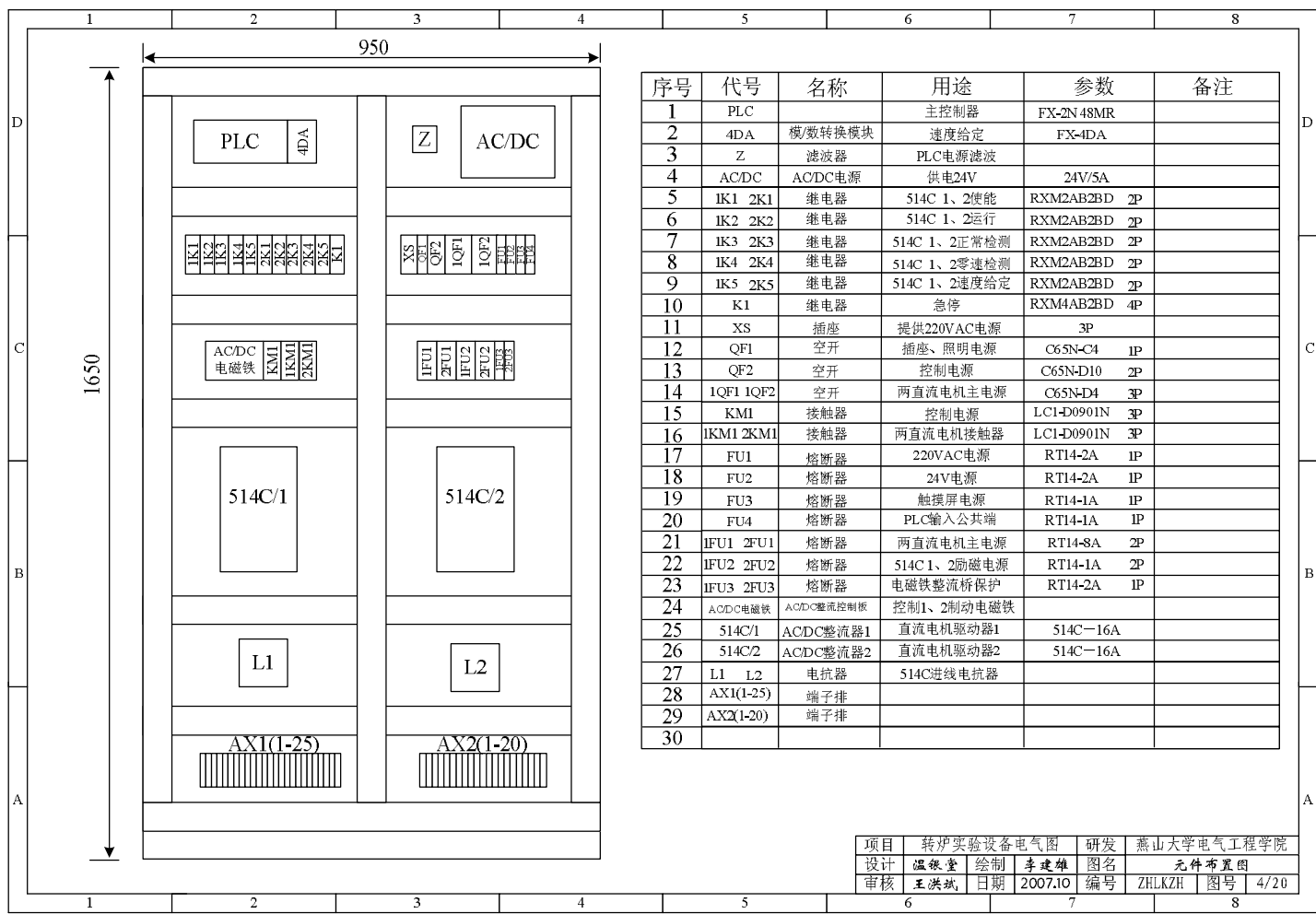


图2 控制柜元件布置图

封面设计： 贾丽

地 址： 中国河北省秦皇岛市河北大街 438 号

邮 编： 066004

电 话： 0335-8057068

传 真： 0335-8057068

网 址： <http://jwc.ysu.edu.cn>