钢环（Ø50-150）立式中频加热设备

技 术 方 案

项目负责人：张金刚（**15091099983**）

公司名称：西安德昌机电科技有限公司

公司地址：陕西西安市沣渭新区水厂路 68 号

TEL/ FAX：029-84527288

E-maiL:15091099983@163.com

http://www.dczpl.com

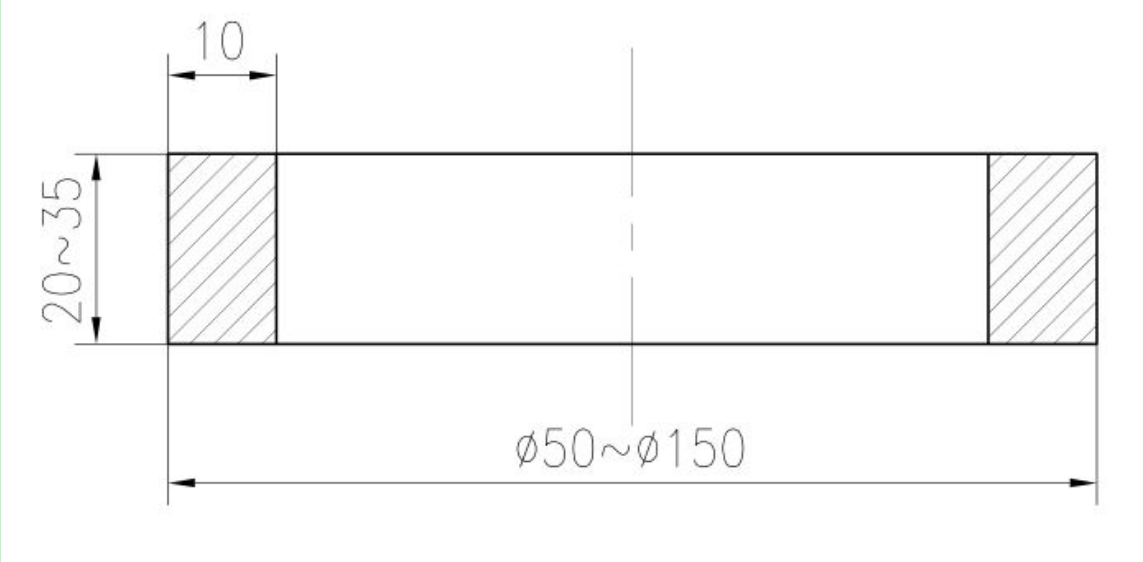
一、方案概述

1、技术条件及工艺要求

1.1、设备功能：用于坯料（钢环）的整体透热。即采用中频炉将坯料整体加热至 900℃（工艺温度可调），然后将热料按节拍整体送入下一工序。设备配套温度监测系统或按要求可以提供温度闭环控制系统。

机械动作：要求采用立式加热，配套相关机械动作来实现自动上料，出料。

1.2、加热工件规格：



1.3、材质：低碳合金钢，20CrMnTi 为主

1.4、加热温度：900℃（视工艺温度而设定）

1.5、工作节拍：8-12S/件

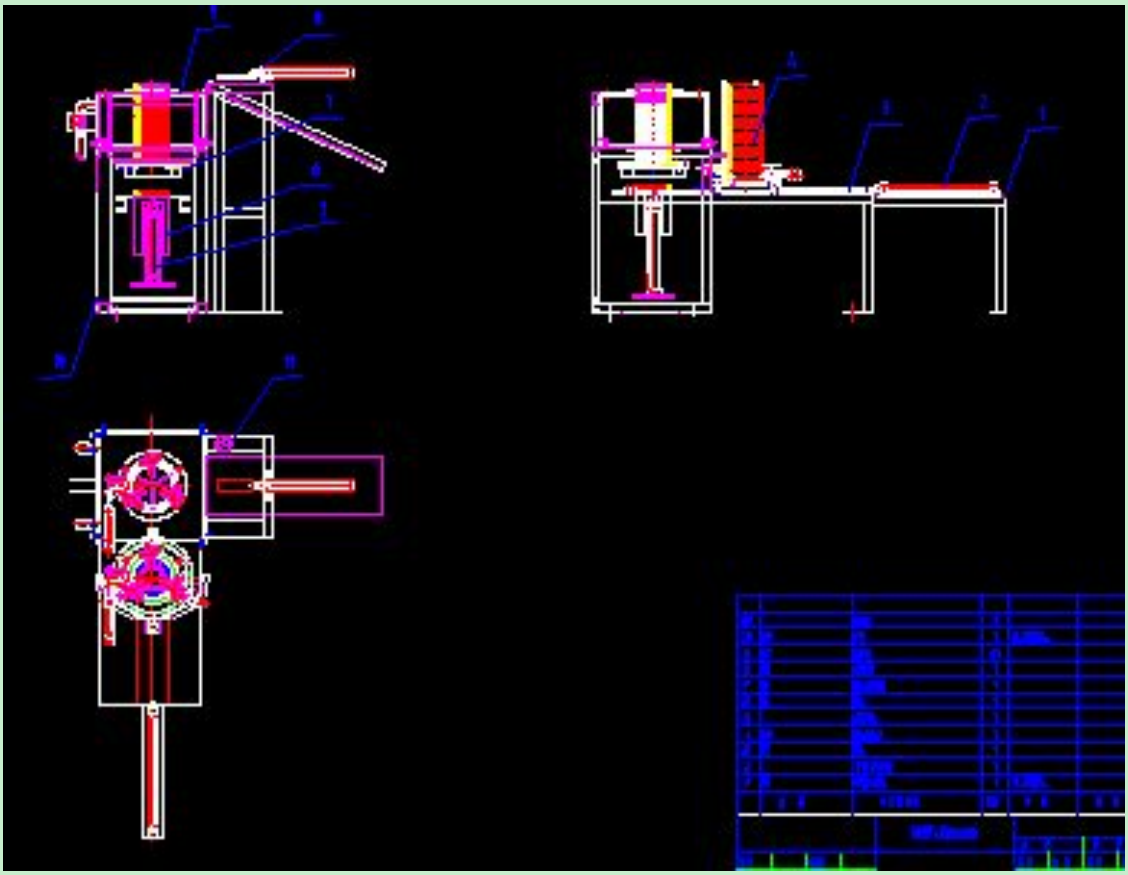
2、设备总体描述

2.1 设备配置

A)中频加热炉为完全成熟的产品，电器元件选用国内知名品牌，中频电源装置采用组合硅架形式，便于设备维护和保养。

B)循环水系统依据贵处要求待定，建议配套闭式冷却塔装置，可以提高设备的稳定运行和寿命，极大地降低设备的故障率。

C)机械部分设计为：储料装置，送料气缸，上料装置和出料装置等。



2.2 设备选型

1）设备功率计算公式：

$$P=\frac{c(T-T_0)G}{\eta\cdot t}\quad(\text{kW})$$

其中：

c —— 坯料的平均比热容。比热容表示单位质量坯料每升温1℃所需要的热量。单位：KJ/kg℃

T —— 坯料始锻温度，单位℃

T_0—— 坯料初始温度，单位℃

G —— 坯料加热质量，单位 kg

t —— 节拍，单位：S

已知：加热工件重量 Gmax=1.2Kg, Gmin=0.2Kg

加热节拍 8-12S/件

计算中频电源所需最大功率为：157KW。

故中频电源可以按照标准 160KW 配置。

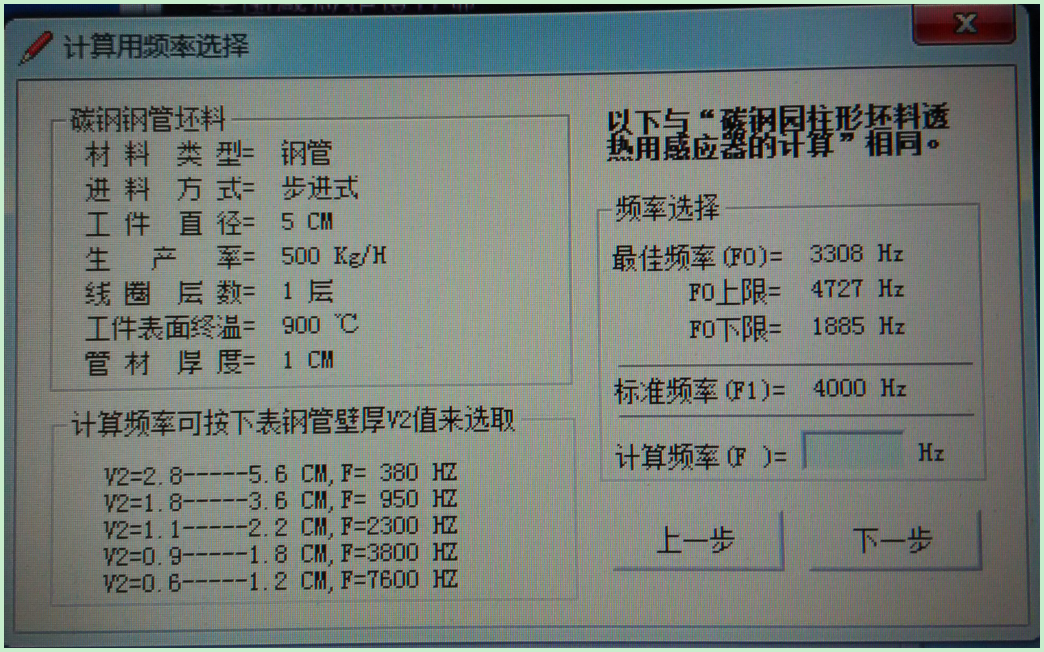
2）中频电源频率

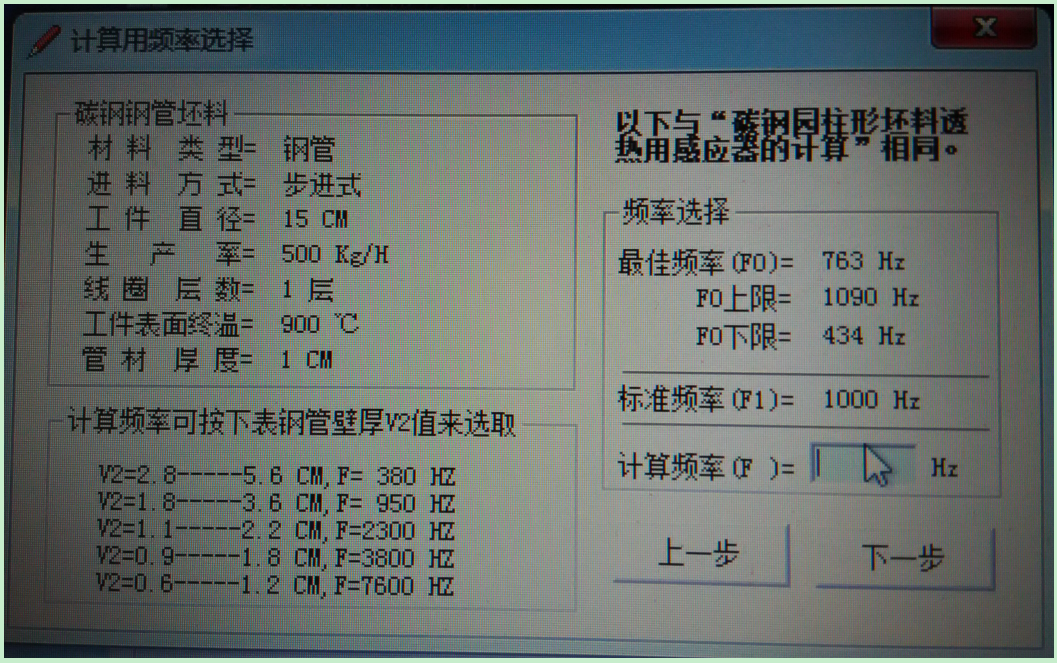
空心料工件进行感应加热的频率确定依据：

①使感应器的电效率力求接近于极限值，这就要求有足够高的电流频率，因为电效率随频率增高而提高。

② 在保证工艺所需的心表温差前提下，加热时间要求最短，即要求适度降低电流频率。

基于此，参考中频炉感应器设计专用软件修正结果





工件规格差异大，频率选择可以按照双频设计，即 **1000Hz** 和 **2500Hz**,这样可以保证设备加热的高效和合格的芯表温差。

2.3 设备技术参数

2.3.1 设备综合参数

序号	参数名称	参数指标
1	额定功率	160kW
2	额定频率	1+2.5KHz
3	输入电压	380 V 50 Hz
4	中频电压	750V
5	输入电流	260A
6	所需变压器容量	200kVA
7	压缩空气	0.6MPa
8	水质	工业用净循环水及软化水
9	PH 值	7～8.5
10	冷却水流量	15t/h

11	冷却水进水压力	0.2－0.4MPa
12	冷却水进水温度	＜35°C
13	冷却水出水温度	＜55°C

2.3.2 中频电源参数

电源型号	输入电压	输出功率（KW）	输出频率（KHz）	输出电压（V）	输入电流（A）
KGPS-160KW/ 6-8KHz	3×380V 50Hz	160	1+2.5	750	260

2.3.3 加热参数

感应器型号	GT-170	GT-140	GT-120	GT-90
工件规格	Φ120-150	Φ100-120	Φ70-100	Φ50-70

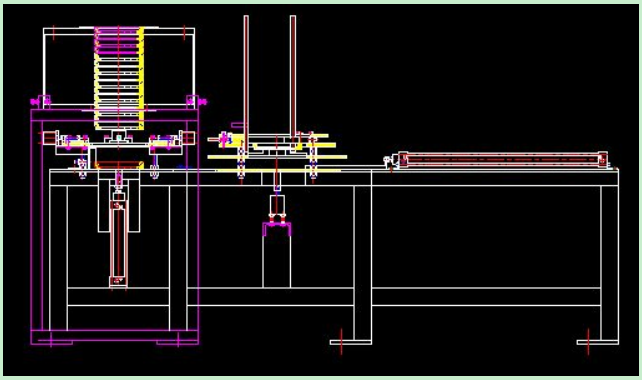
说明：当工件规格与加热温度确定后，如果需要加快节拍，则需提高设备功率；如果延慢节拍，设备输出功率可降低。

按照 160KW 功率配置，线圈按照标准设计，小件实际需要加热功率很低，会导致设备的无功损耗急剧加大。源于中频电源功率可调，在线圈设计时，要按照实际需要加热功率来设计，补偿电容器做相应调整即可达到高功率因数。

3、方案设计的有关说明

3.1 选择单炉位结构，配置一套机械装置。感应器采用快换式接头，方便更换。

3.2 关于上下料方式：



上料方式为人工上料，即由人工借助吊车将工件框吊至上料装置前，由人工或机械动作将工件

摆放到储料平台上，按照节拍由气缸 1 来实现自动送料至上顶气缸 2 的承料位置 1。

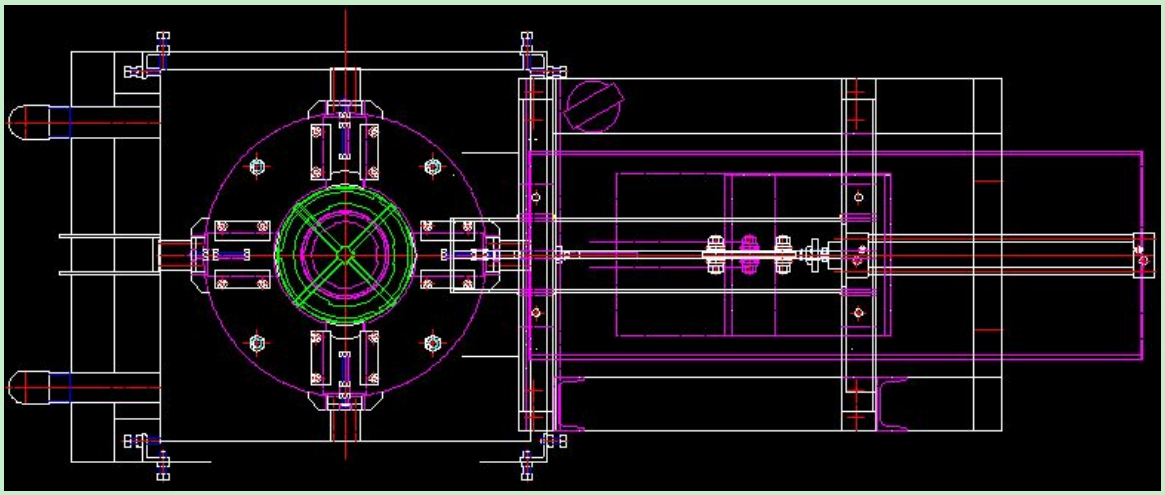
工件达到承料位置 1 的检测开关 1 后，气缸 1 退回，复位信号同时给上顶气缸 2，按加热节拍动作，上料至接料位置 3，三抓 4 加紧，上顶气缸 2 退回。

气缸 2 退回后，承载工件的三位手臂 5 伸出接住工件，三抓 4 退回。

下一工件按节拍上顶将至接料位置 3 时，接近开关信号给三位手臂 5，三位手臂 5 退回，工件上顶至前面工件，同步上顶至接料位置 3，三抓 4 加紧，上顶气缸 2 退回。

工件动作循环执行，PLC 编程控制。

加热工件上顶至出料口时，检测开关控制出料气缸动作，将加热到温的工件推离到出料滑槽。



3.3 温度检测系统

采用西安光圣公司的 OI-T60 内置光纤测温仪，并带大屏幕温度显示器，测温范围 500~1300℃。

根据需求可以配置温度闭环控制系统，测温仪则相应需提高控制精度，需配置进口美国雷泰测温仪装置。

3.4 控制系统

成套设备采用 PLC 进行控制，控制内容包括：机械动作，温度显示与控制、加热参数的设定与调整，中频电源参数的设定与调整等。

二、成套设备组成和报价：13.68 万元

（1）KGPS-160KW/kHz 电源（含电容器）	1 台
（2）感应器 GT-90	1 台
感应器 GT-120	1 台
感应器 GT-140	1 台
感应器 GT-170	1 台
（3）单炉位炉架	1 套
（4）红外测温装置(西安“光圣”)	1 套
（5）外控台（PLC）	1 套
（6）机械装置（上下料）	1 套
（7）炉内 3 位导向调节装置	3 套

（7）备件: 主控板:1 块; 整流管:2 只; 逆变管:2 只

三、设备性能详细描述

1、中频电源

1.1 中频电源主要特点:

本公司以提高中频电源的性能，减少中频电源的安装调试工作量为宗旨，设计制造了该中频电源。采用本控制电路板组装的中频电源，不仅性能好，而且无需同步变压器，无需

快熔损坏指示器，无需中频电流信号互感器，无需任何中间继电器，连线极少。更由于三相交流输入线不分相序，中频输出线不必区别相位的优点，使用户现场调试更为方便。。本控制电路曾经使用功率范围 25KW — 1500KW， 频率 200HZ — 8000HZ。本控制电路在结构上做成一块板，有 16K 纸大小（295mm * 210mm）在电路功能上可以分为整流触发电路、逆变电路、调节器电路、操作保护电路四部分，各部分特点如下：

1.2 整流触发电路：

采用脉冲一致性好，抗干扰能力强的数字触发电路，无需同步变压器，同步信号直接取自与整流晶闸管相连的主电路（无单独连线），自动实现与电网同步，而且具备相序自动适应能力，三相交流输入线不分相序，从而使其在主电路与触发板的连线上变得异常简单，可靠。免去调相序对同步整流 α 限定的工作，只需把晶闸管的门极线接入在控制板的接线端子上，无需任何整流部分即可投入使用。

整流触发脉冲变压器已包含在控制板上，整流触发脉冲强度：

Ip=1.5A,dA/dT≥0.5uS,脉冲宽度约 1Ms,绝缘耐压 4KV。

1.3 逆变电路部分：

逆变采用零压软启动方式，并设有自动重复启动电路，可防止中频电源偶尔启动失败，提高了启动的可靠性，只要负载品质因数 θ ≥2.5，启动成功率便可达 100%。更有特色的是频率跟踪电路仅需采样中频电压信号，而无需槽路电容器的电流信号，免去了外接中频电流互感器，确定取样电流相位的

烦恼。因此，在调试和现场中，也不会由于中频输出线或取样电流互感器的相位接反，而产生中频电源不能启动的问题。

逆变电路中还加有逆变Φ角调节电路，由逆变Φ角调节器控制，可以自动调节负载阻抗的匹配，达到恒功率输出，可以制成‘快速熔炼’的中频电源（原理参见论文《恒功率输出中频感应熔炼炉》），达到节电、节时，提高电网功率因数的目的，此功能也可被关掉。逆变的脉冲变压器（提供）是外接的，其脉冲触发强度：Ip=3A,前沿：dA/dT≥2A/uS,脉冲宽度：10—50uS，绝缘耐压 4KV。如此强的触发，对提高快速晶闸管的电流扩散能力，延长快速晶闸管的使用寿命十分有效。

1.4 调节器电路部分：

采用中频电压，直流电流双闭环 PI 调节器，在启动过程中双闭环也始终参与工作，系统工作稳定，而且在系统调试过程中和逆变失败时，也很难发生过电流跳闸的现象。

另外还有一个逆变功率因数Φ角调节器，保证槽路负载阻抗与电源的动匹配，当用作熔炼电源时，尽管负载变化很大，仍能保证最大功率输出和高功率因数整流输入。当用于透热电源时，在中频电压为 600V—750V，可保证整流输入的功率因数≥0.9。调节器的参数适应范围宽，一般的中频电源系统均能适应，无需再对调节器参数进行调整。

1.5 操作保护电路部分：

在控制电路中设有各种操作，保护电路，主电路与控制电路的上电掉电先后次序，以及使用人员的误操作等，均不会对系统产生任何影响。具体的保护功能有：

☞ 过电流—系统过电流截止保护，过流电平无需单独整定，控制电路

自定整定在额定输出电流的 1.5 倍上。

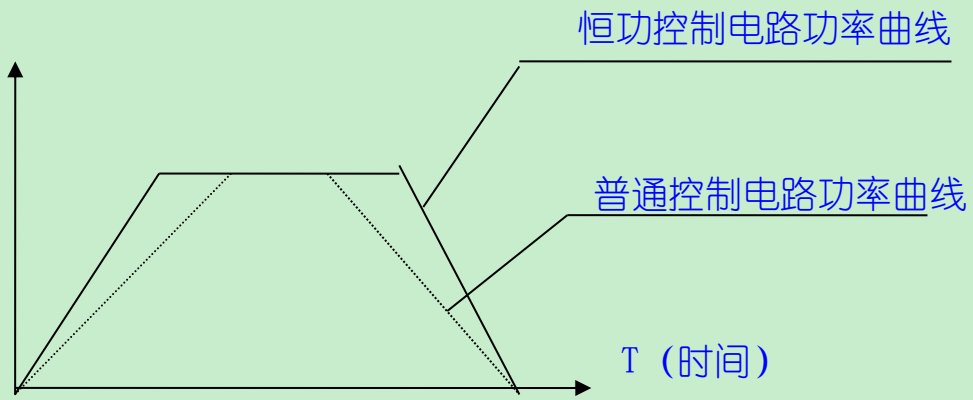
☞ 过电压—中频输出过电压保护，过电压平亦需单独整定，控制电路自动整定在额定输出中频电压的 1.15 倍。过电压保护动作一方面截止整流桥，另一方面直通逆变桥，能有效的防止因输出电缆开路引起逆变晶闸管的损坏。

☞ 水压低—冷却水压力保护，具有 8 秒钟的延时动作，可防止水 压瞬时波动引起系统的跳闸。

☞ 控制电源欠压—控制电路供电电压偏低保护，可防止控制电路掉电时，对主电路的乱触发。所有的保护具有声光报警功能。

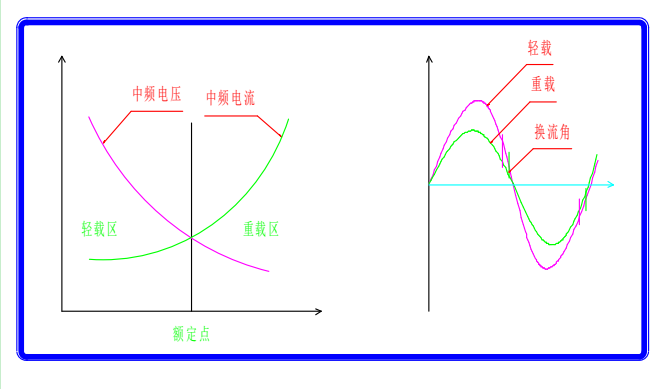
数字化中频电源投入运行多年来，受到了广大用户的认可。主要优点为：

- 数字化恒功率控制系统（控制线路高度集成）
- 各种保护功能（过流、过压、水压、缺相、欠压、过载）
- 低故障率、维修简单



- 长期工作无温度漂移，工作点稳定
- 主电路甩掉繁琐的启动回路和继电回路，故障率低
- 选用德国威图柜体，使得装配合理，实现了中频电源标准化
- 调节曲线平滑，线性度高，无任何冲
- 可根据负载的变化来调整匹配，提高加热速度节省电 10%.

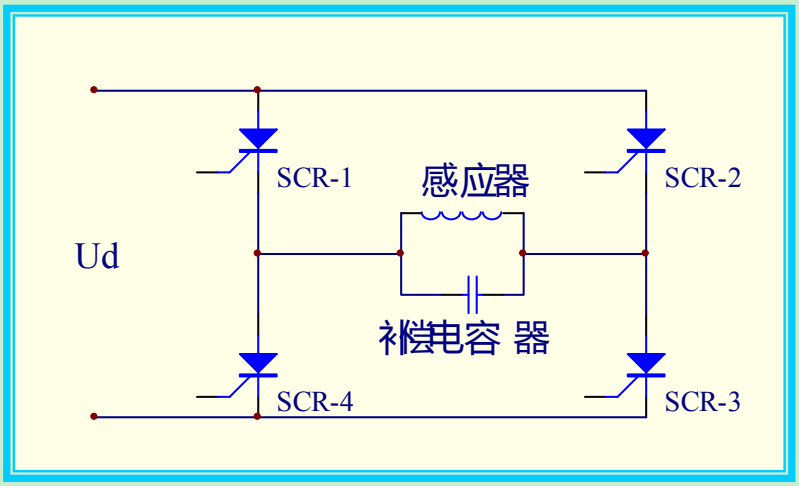
其原理是：（如下图）



重载时，减小换流角，相对**提高**电压、**减少**电流，使电源工作接近最佳值（额定值）

轻载时，增大换流角，，相对**减少**电压、**提高**电流，使电源工作接近最佳值（额定值）

● 可靠性的启动性（无论空载、满载）。采用零压扫频式启动方式，使启动性能大大提高。启动原理如下：



☞**负载特性**—中频感应加热设备一般都采用并联谐振电炉，在上图所示的并联谐振负载中，当电感 L（感应器）、补偿电容的值确定后，其谐振的固有频率也就确定，随着负载（感应器）阻抗的变化，固有频率也随着变化，当空炉轻载时频率较低；满炉、冷料重载时频率较高。

☞**启动频率跟踪特性**--在启动过程中，

当启动频率与负载频率最为接近时，启动的成功率越高。而频率是随着负载的变化而变化的。如图示，在此采用扫频启动方式，即发一组含盖负载频率变化范围内的频率启动设备，就不受负载变化的影响，由此启动的可靠性大大提高。

2、感应器

2.1 感应器是加热效果的关键。整个感应器采用预制件装配式结构,便于维修及易损件更换。线圈由优质大截面整根矩型铜管绕制而成，管内通冷却水。为保护其绝缘强度，后在线圈表面涂防潮绝缘磁漆。后固为一整体。整个感应器制作完成后成一长方体，其抗振性、整体性好。

2.2 感应器炉衬为打结式结构。

2.3 感应器的出、入口端为水冷黄铜板,以保护感应器和屏蔽磁力线外洩。感应器铜线圈挠成后，均经水压试验，确保不漏水。

2.4 感应器水路采用快换接头，以方便互换。

3、炉体

选择单炉位结构，配置一套机械装置。感应器采用快换式接头，方便更换。炉体包括有炉架、冷却水系统、气路系统。

炉架：炉架采用型钢组焊而成，具有钢性好.抗震力强,其上工作台面为δ5 花纹钢板,架内有明显的接地标志及安装固定的地脚螺栓孔。

4、测温装置

测温装置采用西安光圣的 OI-T60 内置光纤测温仪。

技术指标：

测温范围：500-1300℃

基本误差：0.5%（量程上限）;

响应时间：100ms；<1ms；

模拟输出：4-20mA；

数字输出：RS485、Modbus 协议；

目标距离：0.2（m）；

工作电源：24VDC；

工作环境：存贮温度-20-85℃；环境温度 0-50℃；相对湿度 10%-85%无冷凝；大气压 86-108KPa；

5、冷却水系统 （甲方自备）

冷却水对中频加热设备至关重要，水压不够、水温过高、中断水或水中有杂质、堵塞管路都可能引起电源元器件和感应器的损坏，中频加热设备对冷却水要求为：

5.1 水质要求

PH 值 7～8.5	悬浮性固体＜10mg/L
碱度＜60mg /L	电导率＜500μs/cm
氯离子：平均＜60mg /L	最多＜220mg /L
硫酸离子＜100mg /L	全铁＜2 mg /L，
可溶性 SiO2＜6mg /L	溶解性固体＜300mg /L，
电导率＜500μs/cm	总硬度＜10 德国度

5.2 冷却水系统设计要求

进水水温：5——30℃	水压：0.2——0.3MPA
出水水温：≤55℃	水流量：15T/小时。

注：为保整突然停水、停电时，避免烧毁感应器等元件，用户应设有高位水箱。水箱容量可保整感应器内水循环 0.5 小时以上。

四. 技术标准、使用条件及主要元器件选用

1、技术标准：

a.所提供设备按照国家标准进行设计和制造。

b.所有图纸文件均按 ISO 规定制作。

c.机械部分制造严格按照国家标准规范进行。

本方案中电器设备制造引用的标准

GB5959.3-88	电热设备的安全
GB10067.3-88	电热设备基本技术条件--感应电热设备
GB/T10066.1-88	电热设备的试验方法
GB10067.1-88	电热设备基本技术条件—通用部分
GB5959.1-86	电热设备的安全—通用要求
GB/T14549-93	电能质量公共电网谐波
JB4086-85	中频无芯感应加热用电控设备技术条件
ZBK46001-87	《感应加热用半导体变频器》

2、电源工作环境要求

海拔高度不超过 1000 米

环境温度-5℃—+40℃

空气相对湿度不超过 85%

无导电爆炸尘埃，没有腐蚀和破坏绝缘的气体及蒸汽

无剧烈振动和冲击

交流电源电压幅值波动范围不超过±10%

3、主要元器件生产厂家

序	货 物 名 称	生 产 地	备
1	电源开关	德力西或正泰	
2	整流可控硅	襄樊台基/重力	
3	逆变可控硅	襄樊台基/重力	
4	功率表电压表、频率	西安开源仪表或衡阳仪表	
5	补 偿 电 容 器	新安江电容器厂/无锡合盛	
6	主控制板	公司自制	
7	电抗器	公司自制	
8	按钮、开关、指示灯	德力西或正泰	
9	线 圈	洛阳铜材厂冷挤压铜管 T2 铜	
10	PLC	西门子	
11	红外测温仪	西安光圣	

五. 随机技术文件

1. 设备平面布置图、基础图、水、电、气路图、外部接线图
2. 电气原理图
3. 设备使用操作、维护说明书
4. 主要外购件.零件说明书
5. 设备检验合格证出厂装箱单

六. 设备验收

1. 中频电源主要技术参数
2. 功率：满功率测试功率不低于额定功率

3. 频率：正常温度、速度工作时，频率不超过额定频率的±10%

4. 启动性能：连续启动 20 次， 成功次数不低于 19 次。

5. 各项保护性能：逐个测试

6. 设备测试应满足 ZBK46001-87 《感应加热用半导体变频器》、

GB10067.1~.4-88《电热设备基本技术条件》

七. 安装、调试和买方人员培训

1. 设备在卖方现场预调试,买方派员到卖方进行预验收.

2. 买方根据卖方提供的基础资料进行土建设计及施工.

3. 设备安装由买方负责,卖方负责指导安装.

4. 卖方负责在买方现场调试.

5. 买方可派员到卖方进行技术培训.

6. 卖方在买方现场安装调试时,对买方技术人员进行培训.

八. 售后服务承诺

1. 对甲方实行(1+1)技术售后服务,即:一台设备出厂后有一位专职的工程师进行常年技术跟踪服务。

2. 验收后整套设备现场技术服务跟踪期 3 天。

3. 质保期 12 个月。提供终身维修,保养服务。

4. 质保期内,正常使用中设备因质量问题造成设备损坏及组件损坏, 乙方免费进行维修,更换损坏件。如甲方使用操作不当发生故障, 乙方免费进行维修且酌收组件成本费。

5. 发生故障,乙方保证在接到甲方通知后 30 分钟内快速回复，对于电话沟通处理不了的问题我公司保证 24 小时内赶到买方现场进行处理。

6. 定期检查,在质保期内乙方对设备进行一次全面检查和保养,并向甲方提供

检查报告。

7. 根据甲方要求及时优惠提供配零配件,确保乙方所供设备正常工作及服役。

西安德昌机电科技有限公司

2014-11-7