

400KW 中频透热炉

—技术方案—



方案制作：西安德昌机电科技有限公司

地址：西安市沣渭新区水厂路 68 号

电话：029-84527288

项目负责人：张金刚 15091099983

<http://www.dczpl.com>

陕西. 西安

1. 方案概述

1.1 坯料加热主要技术要求

- 1.用于花键锻造前加热；
- 2.加热材质：40Cr/40MnB/42CrMo；
- 3.加热温度：1000~1150℃；
- 4.加热直径： $\phi 50$ - $\phi 60$ ；
- 5.加热区长度单位：mm；见表 1.

表 1 花键锻造加热长度

产品型号	材料直径：mm	下料长度：mm	花键毛坯部位尺寸：mm	锻造展开长度：mm	端头加热长度：mm	加热参考节拍（S）
DF1575	50	1415	$\phi 61.5 \times 100$	$\phi 50 \times 150$	240	
DF1592	52	1490	$\phi 64 \times 110$	$\phi 52 \times 170$	260	
JZ1893	55	1395	$\phi 64 \times 200$	$\phi 55 \times 290$	380	
FS1806	60	1250	$\phi 64 \times 90$	$\phi 60 \times 110$	200	

- 6.自动上下料：能实现自动上料和自动下料，将 100 支料架放到上料平台即可；下料时，确保斜立位置准确，以便后序取料。
- 7.加热节拍：20 s.
- 8.加热长度便于调节：为了适应不同品种的锻造要求，感应器的抽头位置应可调节。

- 9.温度监控应方便可靠，温控装置应便于操作者开启和关闭。过程中通过节拍控制温度，（延长温控装置的寿命）

1.2 成套设备主要性能要求

A)、晶闸管中频变频器部分：

A1、操作面板：面板上装有直流电压、直流电流、中频电压、中频频率和中频功率等五块表。装有交流分/合、中频启动/停止等开关或按钮，过流、过压报警指示灯及调功电位器。变频器的功率输出可在 10%~100%范围内任意可调。

A2、主要性能：主控板核心部件采用美国 ASIC2 高密度集成电路块，有相序自适应电路，逆变采用扫频式零压启动方式，频率跟踪电路采用平均值取样方案，逆变电路中加入有逆变角调节电路，它可以自动调节负载阻抗的匹配。

A3、保护与控制：主控板核心数字电路有 31 路输入/输出接口，内部功能包括整流移相触发、相序自适应、逆变触发、逆变引前角锁定、逆变重复启动、过流保护、过压保护、缺相保护、水压欠压保护、控制板欠压保护等。

A4、主令开关：采用 DW15 系列自动断路器或交流接触器为主令开关，外接工频电源线从柜底或柜顶部引入。柜体内装有维修用照明灯。

B)、GTR 加热炉部分

B1、炉体结构及工作方式：

单工位结构设计需要配置：单套进出料装置及储料平台。

按要求配红外测温仪装置。



B2、设备安装节拍控制器，报警器：节拍控制器为一个独立的控制台，不直接安装在炉体门板上，控制台根据现场情况布局。

B3、感应器结构及制作工艺：感应器为单工位加热感应器，感应器采用分水器 and 出水器组装在感应器的本体上，进出水口用快装接头连接。感应器的炉衬采用打结炉衬。

B4、电容器柜：电容器与柜体采用二次绝缘安装，槽路铜排采用铜板制作，并加焊水冷铜管，两母排之间用云母纸绝缘，用胶木螺栓固紧。

1.3 设备总体描述

1.3.1 炉体结构（缝隙式）照片



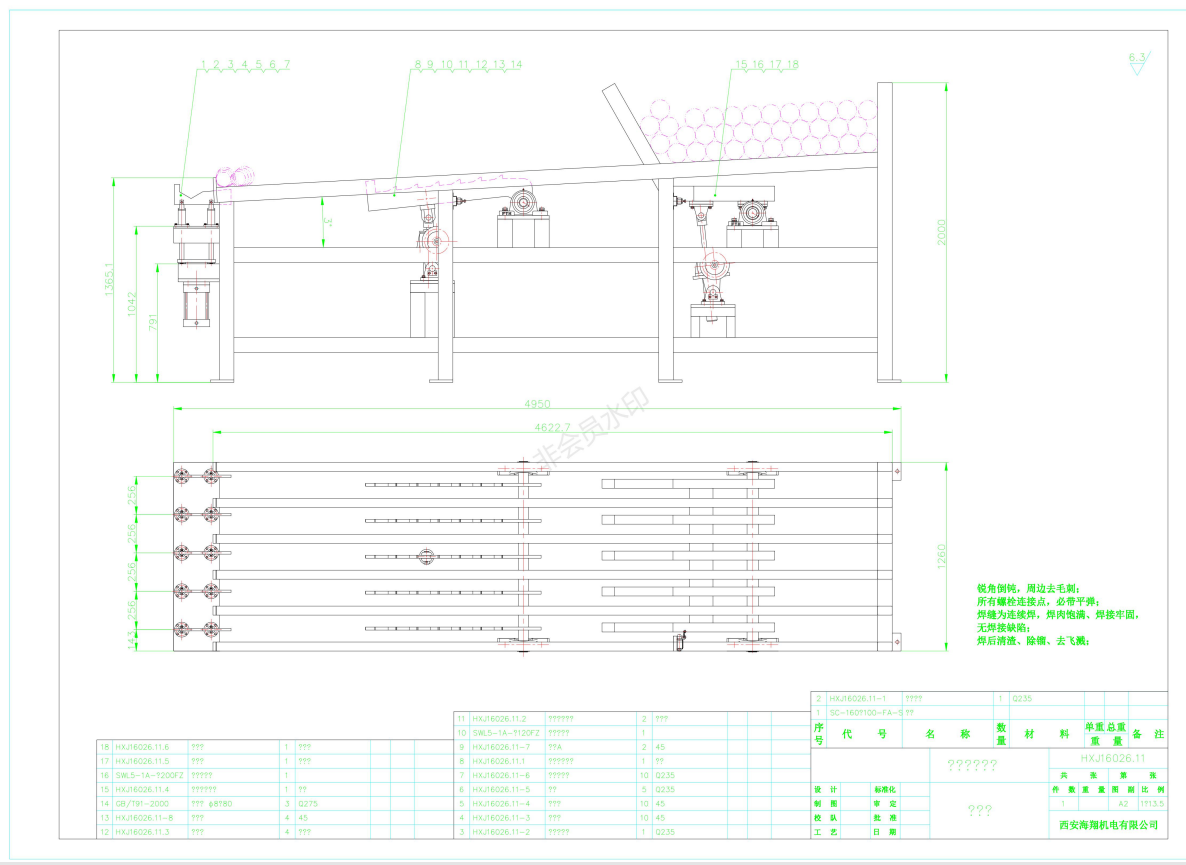
1.3.2 设备功能（按贵处技术要求配置）:

A.根据加热工件规格配单套感应器,可以保证加热效果,降低采购成本。

B.机械部分设置储料台、散料机构、气缸推料装置、链条传送机构等,可按设定节拍使工件自动进料与定时卡位运转。设备工作时,需由人工将坯料吊装到储料台上。

C.随着感应加热设备在锻压行业的广泛应用,感应加热设备日益向自动化、高精度发展。本套设备具备红外测温,大屏温度显示与超温报警功能。

1.3.3 设备自动上料机构示意图如下:



1.3.4 设备所需动力能源参数

低电压电源: 380 V 50 Hz 3 相 4 线

中频设备供电系统: 容量为 400kVA 的整流变压器

压缩空气：0.6MPa

水质：工业用净循环水及软化水

PH 值： 7~8.5

冷却水流量：15t/h

冷却水压力（设备进水压力） 0.2—0.4MPa

冷却水温度（设备进水温度） <35℃

1.4 设备功率及加热节拍：

设备功率计算依据：

$$0.24P = \frac{c(T - T_0)G}{\eta \cdot t} \quad (\text{kW})$$

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-T₀ —— 始锻温度与初温之差。

G —— 坯料质量。

t —— 节拍，单位：S

η —— 钢在热锻时感应器的总效率可在 0.55~0.7 之间选取，缝隙式感应器效率取下限。

计算功率：

$$P = 0.168 \times G \times 1150 / (0.24 \times 0.5 \times 20) = 80.5G (\text{KW})$$

加热工件重量对应中频功率为：

1) 3.7KG(50X240)-----300KW

2) 4.45KG(60X200)-----358KW

3) 4.3KG(52X260)-----346KW

4) 7.05KG(55X380)-----570KW

中频电源如按照最大功率设计、制造，成本会加大，另小工件加热功率小，会降低功率因数；同时按照单套感应器设计，故在功率选择上，综合利弊，选型为 **400KW**。

在 **400KW** 配置下，实际需要加热时间见下表：

产品型号	材料直径：mm	下料长度：mm	花键毛坯部位尺寸：mm	锻造展开长度：mm	端头加热长度：mm	加热参考节拍（S）
DF1575	50	1415	$\phi 61.5 \times 100$	$\phi 50 \times 150$	240	15
DF1592	52	1490	$\phi 64 \times 110$	$\phi 52 \times 170$	260	17
JZ1893	55	1395	$\phi 64 \times 200$	$\phi 55 \times 290$	380	30
FS1806	60	1250	$\phi 64 \times 90$	$\phi 60 \times 110$	200	18

1.5 中频电源频率

中频电源频率的选择首先要遵循最佳加热效率和温度均匀性（芯表温差）的原则，频率越高加热效率会越高，但过高的频率容易造成工件表面过烧现象，即工件心表温差过大。本套设备频率选为 2500Hz.

综上所述，中频电源型号设计为 KGPS-400KW/2.5KHz.

1.5 方案设计的有关说明

1.5.1 选择单炉位结构，配置一套机械装置。

1.5.2 关于上料、出料：

 上料方式：人工吊装至储料装置，由散料机构将料均匀布置在平台上。

📁 进料方式：气缸按节拍自动推料，将料头自动对齐至加热位置。

📁 运送方式：链条循环传动，将工件卡位，节拍步进，工件端部依次进入加热线圈进行感应加热，出感应器时温度到达工艺所需温度。

📁 出料方式：加热到温的工件自由平滑至接料装置，供下一工位所需。

1.5.3 温度检测：

在感应器出口 300MM 处设置温度检测装置，对坯料加热温度进行检测。温度检测采用非接触式红外测温仪。

1.5.4 节拍控制器

节拍控制器由时间继电器、行程开关、按钮、仪表等组成。用于控制散料、推料等节拍。还可实现温度显示与超温报警功能。

根据用户要求，控制柜与炉体分开，设置独立的操作台。

1.5.5 出料标高

送料按坯料底面距地面暂按 1350mm 设计，电容器置于炉架下方，若降低标高，需另制作单独的电容器柜。用户提出确切送料标高后再定。

2.设备成套供货范围和报价：

设备本体：16.85 万元/套

2.1、KGPS-400KW/2.5kHz 电源	1 台
2.2、感应器 GT-80x1200x450	1 台
2.3、单炉位炉架（含电容器）	1 套
2.4、分离给料机（含储料台）	1 台
2.5、气缸推料装置	1 台
2.6、链条输送装置	1 台

2.7、备品备件 1 套

含：主控板:1 块； 整流管:2 只； 逆变管:2 只

2.8、红外测温仪（国产）

3. 成套设备技术方案

3.1 中频电源

3.1.1 中频电源主要技术指标:

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-400KW /2.5KHz	3×380V 50Hz	750	2.5	750	680

3.1.2 中频电源主要特点(与其它厂家相比):

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。

3.1.3 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：

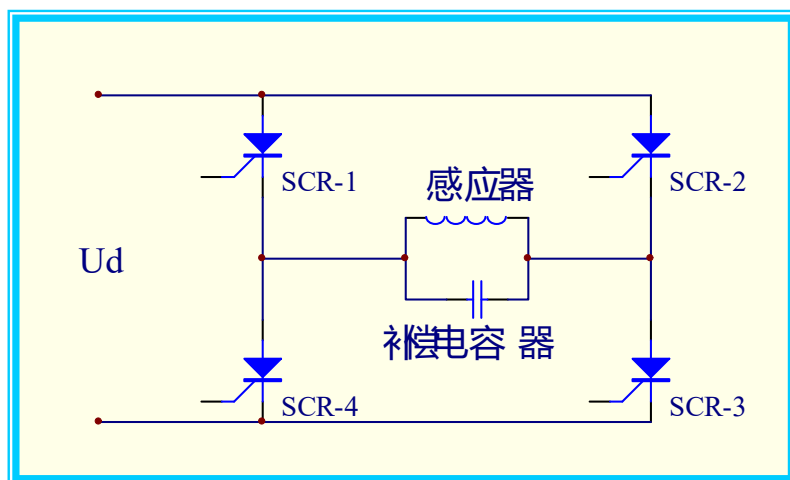
- 数字化恒功率控制系统（控制线路高度集成）
- 各种保护功能（过流、过压、水压、缺相、欠压、过载）
- 低故障率、维修简单
- 长期工作无温度漂移，工作点稳定
- 主电路甩掉繁琐的启动回路和继电回路，故障率低
- 选用德国威图柜体，使得装配合理，实现了中频电源标准化
- 调节曲线平滑，线性度高，无任何冲
- 可根据负载的变化来调整匹配，提高加热速度节省电 10%。

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：



中频电源逆变原理图

👉 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。

3.2 感应器

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，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。

3.2.1 炉衬采用进口打结料打结而成，其耐火度 $\geq 1750^{\circ}\text{C}$ 。打结完成后，炉衬内无凹陷，没有滑道压槽。安装水冷导轨后能保证坯料顺利通过。

3.2.3 感应器的出、入口端为水冷不锈钢板以保护感应器和屏蔽磁力线外洩。炉口板用不锈钢板厚度不小于 4mm。



3.2.4 感应器铜线圈绕成后，均经水压试验，确保不漏水。

3.2.5 感应器水路采用快换接头，以便拆换。

3.3 炉体

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，其上工作台面为厚花纹钢板，架内有明显的接地标志及安装固定的地脚螺栓孔。

3.4 冷却水系统

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：

3.4.1 水质要求

PH 值 7~8.5	悬浮性固体 $< 10\text{mg/L}$
碱度 $< 60\text{mg/L}$	电导率 $< 500\mu\text{s/cm}$
氯离子：平均 $< 60\text{mg/L}$	最多 $< 220\text{mg/L}$
硫酸离子 $< 100\text{mg/L}$	全铁 $< 2\text{mg/L}$ ，
可溶性 SiO_2 $< 6\text{mg/L}$	溶解性固体 $< 300\text{mg/L}$ ，

电导率 $<500\mu\text{s}/\text{cm}$

总硬度 <10 度

3.4.2 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： $\leq 55^\circ\text{C}$

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。

在此提供三种冷却水方案供用户参考：

方案一：成套设备采用工厂净环水冷却。要求保证有足够的压力及流量，循环水不能含有杂质。这种方案一次投资成本较低，但冷却效果相对较差。

方案二：中频电源采用水-水换热器内外循环冷却系统。其内水为软化水。电容器、感应器及交换器的外循环水采用工厂净环水。该方案一次投资成本适中，且可以保证中频电源对水质的严格要求。

方案三：成套设备采用一套闭式软水冷却塔。这种方案一次投资成本相对较高，但用户无需另挖水池。占地面积小，使用方便。且运行成本最低。

冷却水最终方案由用户确定。方案暂按“方案一”形式设计。设备为开式回水。

4. 技术标准

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》

5. 随机技术文件

- 5.1 设备平面布置图、基础图、水、电、气路图、外部接线图
- 5.2 电气原理图
- 5.3 设备使用操作、维护说明书
- 5.4 主要外购件、零件说明书
- 5.5 设备检验合格证出厂装箱单

6. 设备验收

- 6.1 中频电源主要技术参数
- 6.2 功率：满功率测试功率不低于额定功率
- 6.3 频率：正常温度、速度工作时，频率不超过额定频率的 $\pm 10\%$
- 6.4 启动性能：连续启动 20 次，成功次数不低于 19 次。
- 6.5 各项保护性能：逐个测试
- 6.6 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》

7. 安装、调试和买方人员培训

- 7.1 设备在卖方现场预调试,买方派员到卖方进行预验收.
- 7.2 买方根据卖方提供的基础资料进行土建设计及施工.
- 7.3 设备安装由买方负责,卖方负责指导安装.

7.4 卖方负责在买方现场调试.

7.5 买方可派员到卖方进行技术培训.

7.6 卖方在买方现场安装调试时,对买方技术人员进行培训.

8. 售后服务承诺

8.1 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。

8.2 验收后整套设备现场技术服务跟踪期 1-3 天。

8.3 质保期 12 个月。提供终身维修,保养服务。

8.4 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。

8.5 发生故障,乙方保证在接到甲方通知后 2 小时内回复,24 小时内赶到甲方现场进行处理。

8.6 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。

8.7 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。

9. 甲方自备项目

9.1 变压器。

9.2 压缩空气。

9.3 冷却水耗量 15t/小时的水冷循环系统及外围管路。

10. 设备主要材料选用

稳定可靠的电源其元器件的选择至关重要，除了购置正规生产厂家的产品外，每一个元件均需经过严格的筛选和抗老化处理。尤其是控制电路板如果不进行抗老化筛选，在应用过程中会出现运行参数热漂移现象，造成设备故障或所加工产品不合格现象，我公司对元器件的筛选要求及其严格，每一块控制电路板均需经过高温烘→参数测试→高温烘烤→参数测试→高温烘烤→参数测试的工艺环节。电抗器、可控硅均要求生产厂家提供大电流饱和测试参数、绝缘等级参数和 115℃ 结温测试参数。在设备出场前整机需进行 2 小时的运行考核，以保证整机器件的可靠性。

10.1 滤波电抗器：

滤波电抗器对中频电源是非常重要的，它有两个作用。第一，使整流器的输出电流变得平滑稳定。第二，当逆变可控硅直通短路时，限制短路电流的增长速度和最大短路电流的大小。如果滤波电抗器的参数设计不合理，铁芯材料不好或制造工艺不过关，将对中频电源的工作可靠性产生极大影响。为了确保滤波电抗器的参数合理，我公司专门开发了滤波电抗器设计软件包。该软件特别考虑了并联逆变条件下滤波电抗器的工作环境，同时依据我们生产中频电源十余年的经验而编制。

滤波电抗器的硅钢片采用 Z10 型冷轧高导磁率产品，铜管为 T2 挤制铜管，用高强度云母带包扎，H 级绝缘。为了减小滤波电抗器的工作噪音，硅钢片采取了特别的紧固工艺，在硅钢片和气隙之间还有专用的缓冲吸音材料。



10.2 DW 万能式断路器:

DW 系列万能式断路器（以下简称断路器）适用于额定工作电压 AC 至 400V、690V、50Hz；额定工作电流 630A-4000A 的配电电路作不频繁转换之用、对线路及电气设备的过载，欠电压和短路进行保护。并具有分级选择保护。能直接起动电动机并保护电动机、发电机和整流装置等免受过载、短路和欠电压等不正常情况的危害。



10.3 按钮及指示灯

为了保证设备的可靠操纵和控制,我们在该设备的按钮和指示灯全部采用**施耐德的产品**。其特点：**外形美观，经久耐用**；自动防锈触头，触点寿命达 100 万次，具有急停双断开功能；安装简便，高机械、电气寿命和高防护等级：IP65；XB2B 系列组合性强，可达 NO/NC 6 个触点；指示灯有白炽灯，氖灯和 LED 灯等多种选择。

10.4 控制电路板:

控制电路板的稳定运行是设备的关键，我公司生产的主控板元



器件全部选用进口集成电路，为了防止高温环境运行时出现参数漂移现象，所有电容器全部采用优质电容器。在线路板焊接完成后，将电路板放入 80℃ 高温烤箱中进行高温老化、烘烤，然后进行初步调试，调试完成后再次放入烤箱，然后进行二次调试，并对照上次的调试参数，观察是否有参数变化，如果参数有变化，对其相应组件进行更换，调试完成后再次放入烤箱。直到所有技术参数均达到技术要求后，并无参数变化，再进行上机试验，从而保证了设备在运行中主控板可以适应任何运行环境。在控制板上装有风扇，便于散热。

6. 可控硅组件

可控硅是中频电源的核心器件，同时也是最昂贵的器件之一，所以在选择时应选择生产、技术强、检测手段齐全的厂家，要求进行 115℃ 的结温测试，并出具测试结果，在组件装配时，按照测试参数进行配对安装。可控硅采用水冷套组装在一起。



整流可控硅电流安全系数	安全系数一般取 1.5
逆变可控硅电流安全系数	安全系数一般取 1.5~2

7. 其它器件

为了保证设备的可靠性，对所采购的器件都要求是知名企业的品牌产品，并对其出具的合格证、技术资料。

序号	货 物 名 称	生 产 地	备注
1	电源开关	正泰或德力西	
2	可控硅	襄樊台基或杭州西风	
3	功率表电压表、频率 表电流表	衡阳仪表	
4	补 偿 电 容 器	新安江伟伟/盛和	
5	主控制板	德昌公司自制	
6	电抗器	德昌公司自制	
7	按钮、开关、指示灯	施耐德或正泰	
8	线圈铜管	洛阳铜材厂冷挤压铜管 T2 铜	
9	红外测温仪	西安瑞光	

西安德昌机电科技有限公司

2019-1-18