

中频钻杆焊接热处理



项目负责人： 张 金 刚 (15091099983)

西安德昌机电科技有限公司

TEL/ FAX: 029 —84527288

Http://www.dczpl.com

E-mail:15091099983@163.com

公司地址：西安市沣渭新区三桥街办沣麓路 17 号

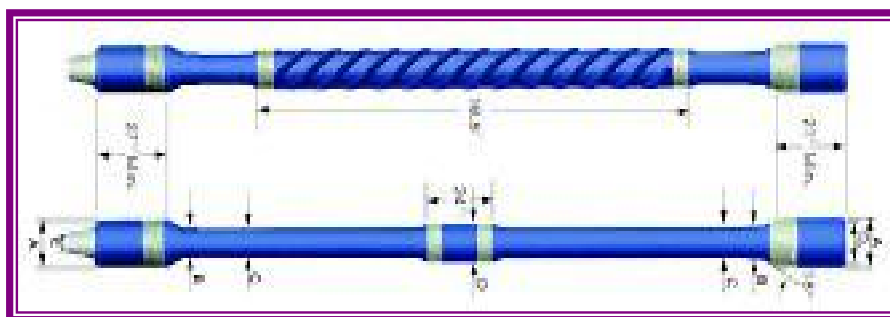
邮编：710086

目 录

- 1、概 述
- 2、设备组成
- 3、备 件
- 4、成套设备技术方案
- 5、用户自备项目
- 6、卖方所提供的技术文件
- 7、性能测试
- 8、安装. 调试和买方人员培训
- 9、进 度
- 10、售后服务承诺
- 11、成套范围组成
- 12、主要元器件生产厂家

前 言

石油钻杆是石油钻井的主要钻采工具。钻杆一根约长 10 米，它由钻杆接头和杆体焊接而成。钻杆在钻井过程中承受巨大的扭转，拉压疲劳负荷，并遭受泥浆的侵蚀。在工作中很容易在焊接部位发生断裂，造成巨大的损失。在钻杆生产中采用摩擦焊将接头和杆体进行焊接，然后对焊缝区进行特殊的热处理，工艺可显著提高钻杆寿命，彻底防止了钻杆在钻井时因焊接部位断裂而造成的重大事故。钻杆热处理的焊缝区可达到与钻杆本体强度



相近的水平，可满足美国 API 标准所要求的 E、X、G 和 S 级的强度级别。

钻杆是钻柱的主要组成部分，上面连着方钻杆，下面连着钻铤，其作用是传递扭矩，使钻头向下钻进，加深井眼。

钻杆管体与接头摩擦对焊后，在焊缝处的组织可能不均匀，热影响区具有过热组织和魏氏组织，造成很大的内应力。魏氏组织及晶粒粗大能显著降低钢的塑性和冲击韧性，而带状组织使钢的机械性能出现各向异性，断面收缩率较低，尤其是横向冲击韧性较低，所以必须对其进行

热处理来改善其性能，以达要求。目前对钻杆焊缝热处理的成熟工艺为完全退火、调质处理（即淬火加回火）。

钻杆焊缝采用惯性摩擦焊，其工艺是一种固态的焊接方法，工艺参数可预先设置，整个焊接过程的工艺参数由计算机实时监控。热处理设备加热方式为中频感应加热，控制系统采用德国西门子公司的 S-7/PLC 系统，整个焊缝温度实行闭环控制。焊区热处理后严格按照 API SPEC 7 产品规范进行磁粉探伤、超声波探伤、表面硬度、同轴度和力学性能检测。

API 钻杆焊区参数要求（SY/T5561 标准）

钢级	最小屈服强度	最小抗拉强度	最小伸长率	最小夏比冲击功
	Mpa	Mpa	%	J
E-75	517	689	13	20(平均值) 15（单个最低值）
X-95	609	712		
G-105	655	724		
S-135	724	793		

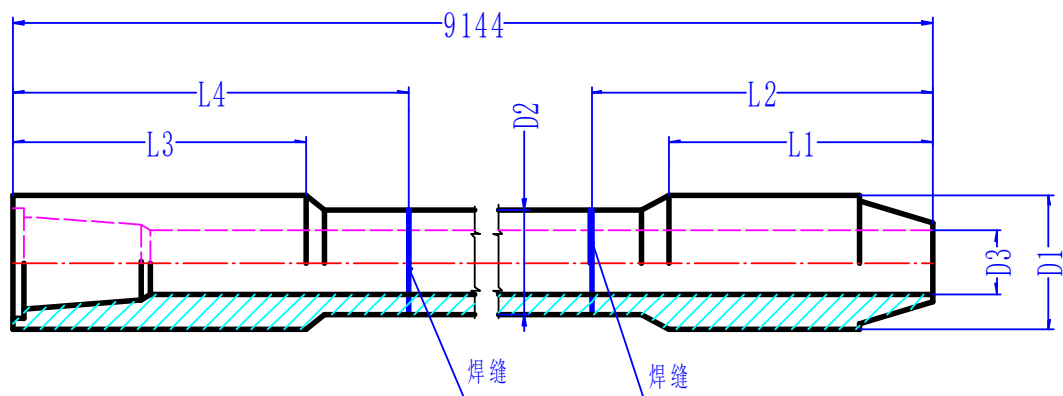
钻杆管体 API 性能参数

钢级	屈服强度				抗拉强度	
	最小		最大		最小	
	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa
E-75	75000	517	105000	724	100000	689
X-95	95000	655	125000	862	105000	724
G-105	105000	724	135000	931	115000	793

S-135	135000	931	165000	1138	145000	1000
-------	--------	-----	--------	------	--------	------

1. 概 述:

1.1 厚壁管外形尺寸及焊缝位置如下图、表

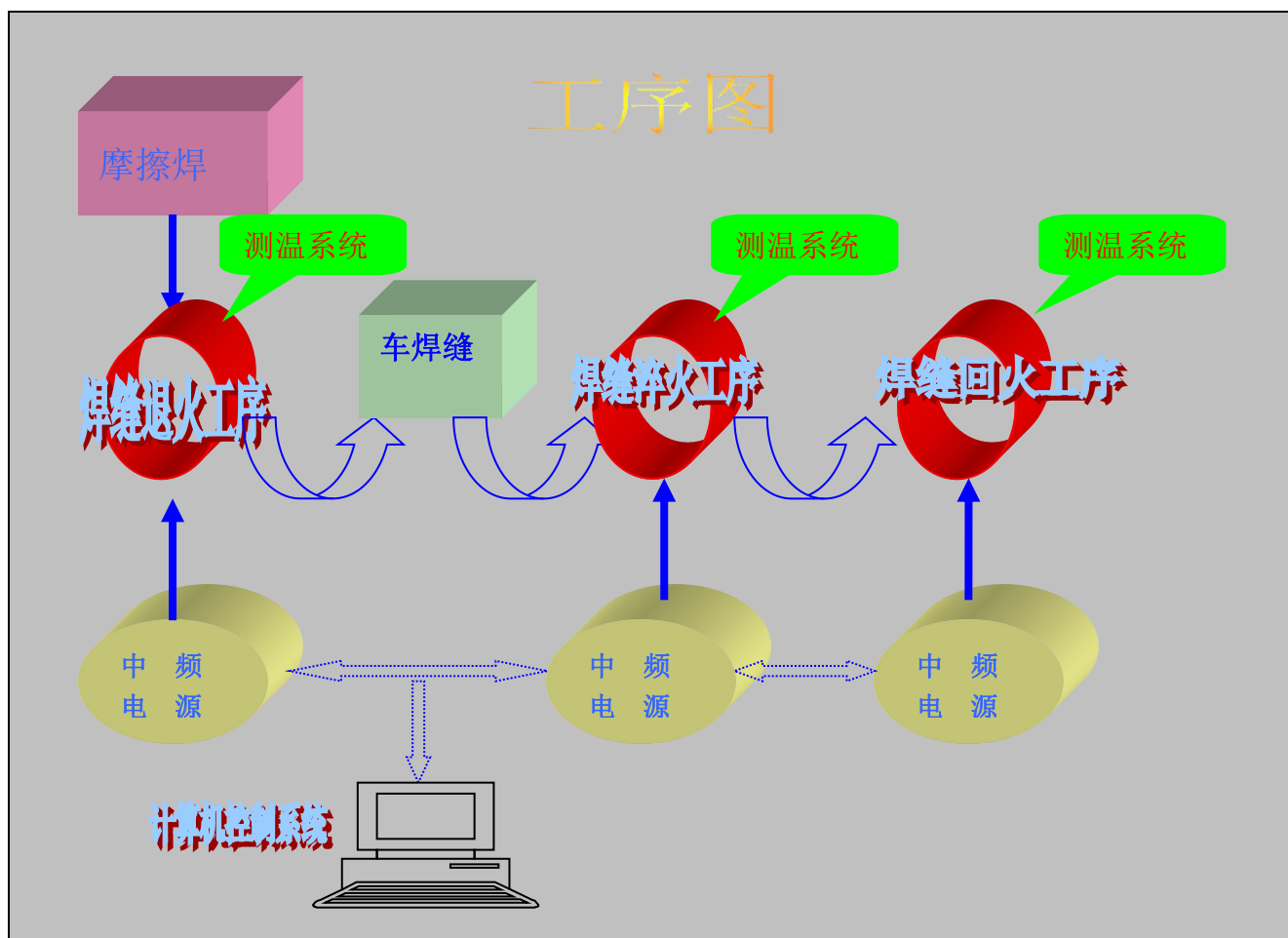


规格	D1	D2	D3	L1	L2	L3	L4
73.0	104.8	80.96	50.8	177.8	266.7	228.6	308.6
88.9	127.0	98.43	61.91	203.2	304.8	266.7	346.7
101.6	152.4	114.3	82.55	177.8	292.1	254.0	334.0
114.3	158.8	119.06	76.2	177.8	292.1	254.0	334.0
127.0	168.28	130.18	69.85	177.8	292.1	254.0	334.0
139.7	184.15	144.46	88.90	203.2	330.2	254.0	334.0
	190.50	144.46	76.20	203.2	330.2	254.0	334.0
88.9	120.7	92.1	53.29	584.4	940.0	533.0	787.0
127.0	168.28	130.2	76.2	571.7	940.0	533.0	787.0

1.2 焊缝加热技术要求

- A、焊缝消除应力退火加热：加热温度：500℃（300Hz）
- B、焊缝淬火加热(喷淋淬火)：加热温度：800-900℃（1000Hz）
- C、焊缝淬火后回火加热：加热温度：570-600℃（300Hz）

热处理采用三次加热，用三台电源分别加热。



配置优点:

采用三台独立的中频加热设备，可实现连续化流水作业，加热温度可调、可控，能保证产品质量达标率 100% 。

单电源的控制方式可确保适应各种加热工艺制度，便于用户重新制订或修改加热温度和工艺制度，并可保证对每根钻杆在淬

火、回火加热区域和温度影响区的准确控制，不会出现因单电源多功位加热造成的温度不匀。

1.3 方案设计说明:

1.3.1 采用三台 160KW 中频电源，并分别配备 1000Hz、300Hz 淬火变压器（需特殊定货），单匝线圈加热。

1.3.2 管料进入感应线圈后，边旋转、边加热。管料进入、退出线圈的传动及定位停止、管料旋转运动的机械部分由**用户自备**。线圈（含淬火变压器）设有上下、左右、前后的微调节功能，以保证较准确的加热位置。设备调整好就位后，不再调整，靠管料进入感应线圈时纵向定位装置保整加热位置。

1.3.3 由于 D1 比 D2 大较多，而管料进入线圈时，应保证 D1 和线圈内侧有足够的运动间隙，这样，线圈内径和 D2 有较大间隙，为此，需采用多一些线圈。方案设定为四种不同规格的线圈。

1.3.4 按加热要求，每套电源配备一套红外测温仪，用于温度检测和控制。因测量温度较低，方案采用光圣测温仪。温度范围：300-1400℃、距离系数：200：1。

1.3.5 因加热线圈有位置微调功能，电容器至淬火变压器间连接采用水冷电缆软连接。

1.3.6 焊缝淬火若需内孔喷淋时，喷淋装置由用户自备。

1.3.7 设备在生产中的工序过程:

A、焊缝退火加热：加热温度：500℃（300Hz）

完全退火就是将工件加热到 Ac3 以上 20—30℃之间，保温后在空

气中进行冷却，最终得到珠光体组织。通过完全退火，组织发生重结晶，使钢的晶粒细化，组织均匀，魏氏组织难以形成，并能消除带状组织，从而改善钢的性能，为淬火做好组织准备。



B、焊缝淬火加热(喷淋淬火)：加热温度：800-900℃（1000Hz）

淬火即将钢加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 以上一定温度，保温后以大于临界冷却速度的速度冷却得到马氏体（下贝氏体）的热处理工艺，其主要目的是使奥氏体化后的工件获得尽量多的马氏体并配以不同的温度回火以获得所需要的性能



C、焊缝淬火后回火加热：加热温度：570-600℃（300Hz）

淬火后将进行高温回火处理，回火是将淬火钢在 A_{c1} 以上温度加热，使其转变为稳定的回火组织，并以适当的方式冷却到室温的工艺过程。其主要目的是减少或消除淬火应力，保证相应的组织转变，提高钢的韧性和塑性，获得硬度、强度、塑性和韧性的适当配合，以满足各种用途工件的性能要求。高温回火温度约为 500—650℃，回火组织为回火索氏体。

1.3.8 控制方式：

钻杆在焊接工艺中，热处理过程对焊接的质量起了重要的作用。目前主要采用中频感应加热方式，中频电源输出功率由操作工手调电位器给定，加热时间由人工计时。由于电源波动、环境温度变化和人为因素干扰，往往使实际温度和加热时间不能达到设定要求，导致焊接质量不稳定，影响钻杆强度。

因此，钻杆对焊热处理工艺自动化控制系统。要求该系统对钻杆升温、保温的全过程实现闭环控制，克服人工手动调节所造成的不稳定性，在电源波动、环境温度等外界条件变化的情况下，仍能使温度在基本无超调的情况下达到一定的控制精度，并且设定温度和控制时间在一定范围内可调，为生生产者探索最佳工艺过程提供一个有用的技术平台。

热处理的控制量是中频电源的运行功率。由于电源波动、环境温度变化、因钻杆的粗细和型号不同而引起的中频电源负载变化等因素，都会对中频电源的加热效率有影响；同时，在进入保温阶段后钻杆温度仍然存在一定的波动，因此，采用一般的控制方法，难以实现保温阶段的稳定控制。

控制系统对钻杆退火加热、保温，钻杆淬火加热、淬火保温，回火加热、回火保温的全过程实现闭环控制。

在温度检测环节采用红外测温仪实时检测钻杆温度。为使淬火升温 and 回火保温两个不同阶段都能准确得到钻杆的实际温度，使用单色测温仪准确测量物体在不同辐射率下的温度。设定温度可在 $400^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$

范围内调整，设定升温时间在 30s~150s 变化。系统具有较强的稳定性和过渡响应性能，在参数调整和环境变化时体现出极强的自适应能力，为用户探索最佳工艺过程提供了有利条件。

1. 3. 9 喷淋方式:

在钻杆热处理工艺中一用喷射淬火法，即向工件喷射急速水流的淬火方法，这种方法主要用于局部淬火的工件，由于这种淬火方法不会在工件表面形成蒸气膜，故可保证比普通水淬得到更深的淬硬层，采用细水流并使工件上下运动或旋转，可以保证实现工件均匀冷却淬火。淬火加热温度的选择应以得到均匀细小的奥氏体晶粒为原则，以便淬火后得到细小的马氏体组织，对于中、低碳合金钢，一般采用加热温度略低于 Ac3 点的亚温淬火，这样可以保留少量能富集一些有害杂质的韧性相铁素体，不但可以降低钢的冷脆转变温度，减少回火脆性及氢脆敏感性，甚至比正常淬火的性能还要高些。

2. 成套设备组成和报价

设 备 主 体				34.60 万元	
序号	名称	型号	数量	备注	价格
1	中频电源	KGPS-160KW/300-1000Hz	3 台	退火/淬火/回火	13.5
2	外控制台		3 台		1.35
3	淬火变压器	GR2-500KVA/1000	3 台		2.85

		GR2-500KVA/200			
4	淬火变压器 底座	(含微调装置)	3 套		3.8
5	感应线圈	单匝和多匝	9 套	3 种规格	4.6
6	测温仪	500-1200℃	3 套		3.6
7	喷淋圈		3 套	3 种规格	0.6
8	电容器柜	160KW/300-1000Hz	3 台	闭式, 颜色和电 源一致	1.8
9	水冷电缆		6 根		1.5
11	辅件		3 套		1.0

用户选择部分

序号	名称	型号	数量	报价
1	水冷却系统		3 套	9.0
2	计算机控制系统		1 台	3.8

3. 备件表.

主控板 3 块

4. 成套设备技术方案

4.1 电器部分

4.1.1 中频电源主要技术指标:

电源型号: KGPS 160KW/1KHz

输入电压：380 V×3 / 50 Hz

直流电流：320 A

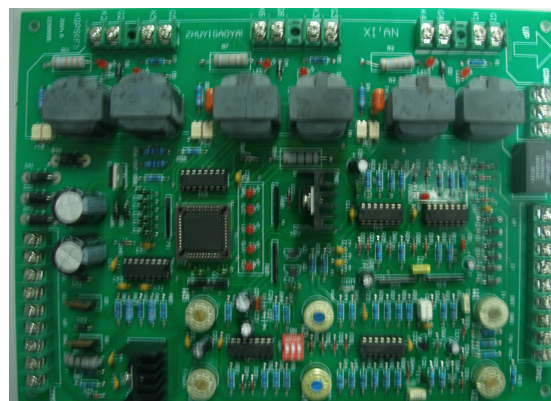
输出功率：160KW

输出电压：750V

工作频率：1KHz（经淬火变压器后，输出频率分别为 1KHz 和 200Hz）

4.1.2 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：

4.1.2.1 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：

$I_p=1.5A, dA/dT \geq 0.5uS$, 脉冲宽度约 1Ms, 绝缘耐压 4KV。

4.1.2.2 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 $\theta \geq 2.5$ ，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： $I_p=3A$ ，前沿： $dA/dT \geq 2A/uS$ ，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。

4.1.2.3. 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自

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。

4.1.2.4. 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：

 **缺相（快熔断）**——检测三相交流输入是否有缺相，可省去快速熔断器故障指示器的检测电路。

 **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。

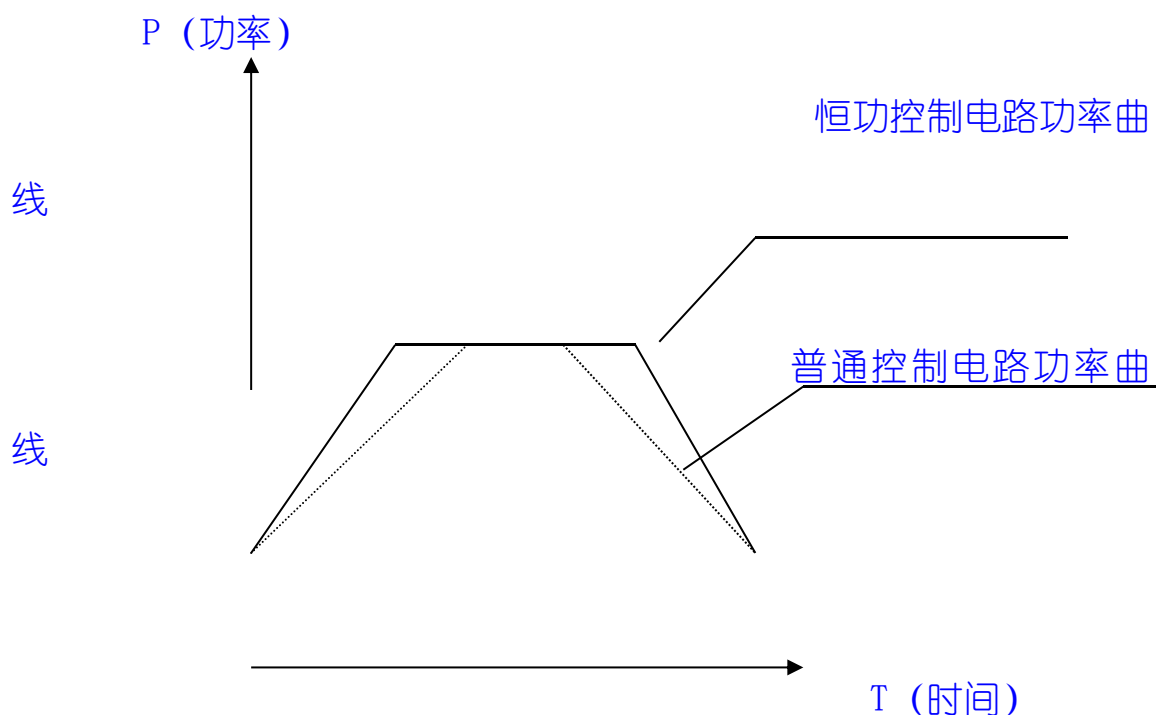
 **过电压**——中频输出过电压保护，过电压平亦需单独整定，控制电路自动整定在额定输出中频电压的 1.15 倍。过电压保护动作一方面截止整流桥，另一方面直通逆变桥，能有效的防止因输出电缆开路引起逆变晶闸管的损坏。

 **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）。



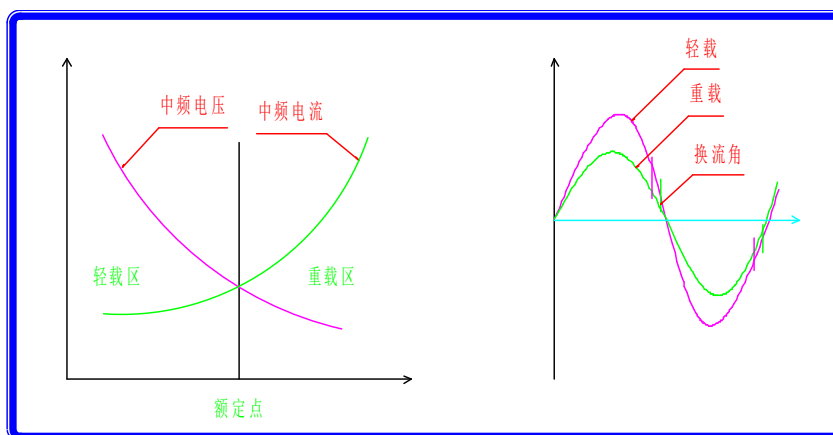
- 各种保护功能（过流、过压、水压、缺相、欠压、过载）。
- 低故障率、维修简单。
- 长期工作无温度漂移，工作点稳定。
- 主电路甩掉繁琐的启动回路和继电回路，故障率低。
- 选用多组合柜体，使得装配合理，实现了中频电源标准化。
- 调节曲线平滑，线性度高，无任何冲。
- 可根据负载的变化来调整匹配，提高加热速度节省电 10%。

其原理是：（如下图）

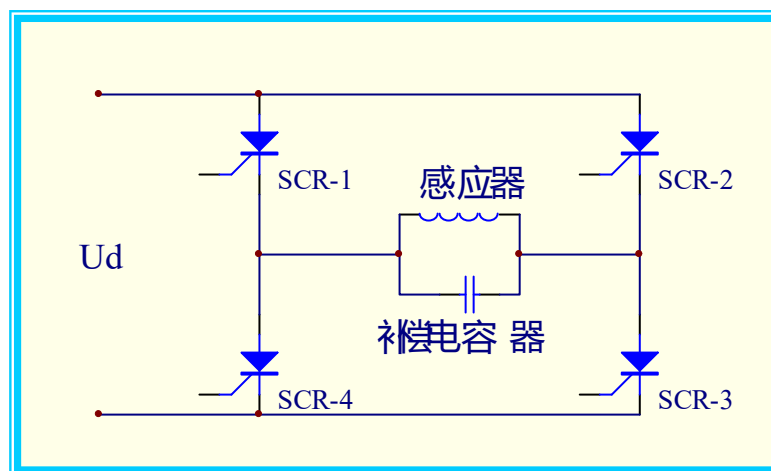
重载时，减小换流角，相对提高电压、减少电流，使电源工作接近最佳值（额定值）

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）

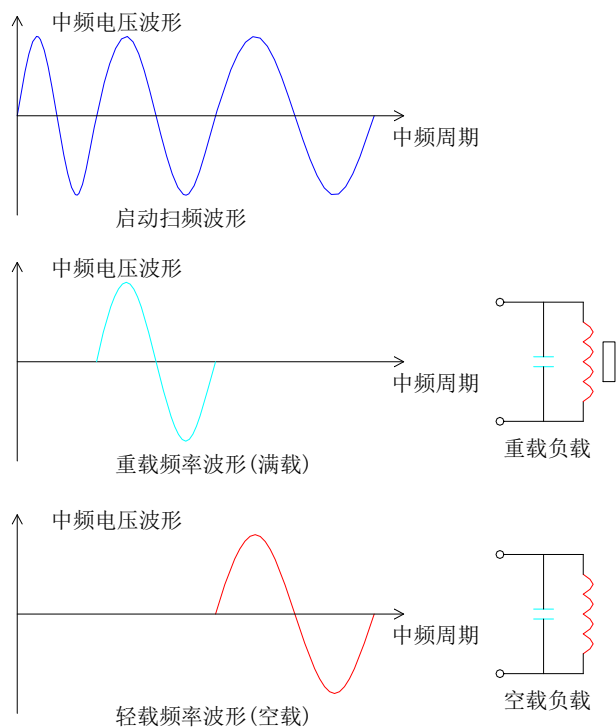


- 可靠性的启动性（无论空载、满载）。采用零压扫频式启动方式，使启动性能大大提高。启动原理如下：



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。如下图所示。

4.1.3 控制柜

控制柜主要功能为：

测温控制及温度显示。

- ☞ 加热由时间记时器控制，时间可任意调整。
- ☞ 中频电源通、断及功率调节。
- ☞ 手动（电源启、停）和自动二种操作模式转换及紧急停止开关。



4.2 加热程序控制

当管料进入感应线圈设定位置后，手动接通电源加热（已设定好电源输出功率）。测温检测到温后，电源自动调节到设定输出功率、并接通时间计时器 M1 计时。时间计时器 M1 到事后，断开电源、停止加热。

对淬火加热，当时间计时器到事后，断开电源、停止加热，并同时开启喷淋液电磁阀和另一时间计时器 M2 计时，该时间计时器 M2 到事后，喷淋停止。

M1、M2 时件设定、电源输出功率设定需在工艺试验后确定。

4.3 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、中途断水或水中有杂质而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：

进水水温：5——30℃ 水压： 0.2——0.3MPa

出水水温：≤55℃ 水流量：3×9=27T/小时

冷却循环方式可用开式或闭式循环。循环方式由用户自定。

冷却水循环系统由用户自备。

喷淋液及循环系统由用户自备。

5. 用户自备项目

5.1 三相进线 380V × 3 — 50 Hz

5.2 冷却水耗量 27T/小时的水冷循环系统及外围管路。

5.3 用户应明确：

- 电源柜、电控柜、炉体面漆颜色(或色标号)：
- 电源柜进线方式： 上(下)进线
- 电源柜出线方式： (无特别要求时为下出线)
- 感应线圈中心标高
- 物流方向(进出料走向)
- 设备操作位置及设备安装空间
- 设备水电走向

6:卖方所提供的技术文件.

6.1 设备平面布置图. 基础图、水电路图。

6.2 电气原理图及外部接线图。

6.3 控制电气原理图。

6.4 设备使用操作、维护说明书。

6.5 主要外购件. 零件说明书。

6.6 设备检验合格证、出厂装箱单。

7:性能测试.

7.1 中频电源主要参数

输入电压: 380 V×3 / 50 Hz

直流电流: 320 A

输出功率: 160 KW

输出电压: 750V

工作频率: 1KHz

7.2 功率: 满功率测试功率不低于额定功率

7.3 频率: 正常温度、速度工作时, 频率不超过额定频率的±10%

7.4 启动性能: 连续启动 20 次, 成功次数不低于 19 次。

7.5 各项保护性能: 逐个测试

7.6 加热指标: 总效率≥60%

7.7 加热温度指标控制准确、可靠。

7.8 控制系统准确、可靠。

7.9 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》

8:安装. 调试和买方人员培训.

8.1 设备在卖方现场预调试, 买方派员到卖方进行预验收.

8.2 买方根据卖方提供的基础资料进行土建设计及施工.

8.3 设备安装由卖方负责指导安装.

8.4 卖方负责在买方现场调试.

8.5 买方可派员到卖方进行技术培训.

8.6 卖方在买方现场安装调试时,对买方技术人员进行培 训。

9:进度. (合同生效后 60 天内交货)

10: 售后服务承诺

10.1 对用户实行(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.

10.2 整套设备现场技术服务跟踪期 3 天.

10.3 质保期 12 个月。提供终身维修, 保养服务

10.4 质保期内, 正常使用中设备因质量问题造成设备损坏品及元件损坏, 卖方免费进行维修, 更换损坏件. 如用户使用操作不当发生故障, 卖方免费进行维修且酌收元件成本费.

10.5 根据买方要求及时优惠提供配零配件, 确保卖方所供设备正常工作及服役.

11、生产厂家

序 号	货 物 名 称	生 产 地	备 注
1	电源开关	德力西或乐清低压	
2	整流可控硅	湖北襄樊仪表元件厂	
3	逆变可控硅	湖北襄樊仪表元件厂	
4	功率表电压表、频率表电 流表	衡阳仪表	
5	电 容 器	海华/新安江	

6	主控制板	德昌公司自制	
7	电抗器	德昌公司自制	
8	按钮、开关、指示灯	施奈德	
9	线 圈	洛阳铜材厂冷挤压铜管 T2 铜	
11	PLC	西门子	

西安德昌机电科技有限公司

2013-4-26