

# 应达锻造感应加热设备中的先进控制技术

唐永君

锻造销售经理 应达工业（上海）有限公司

**应达集团介绍** 美国应达工业集团创立于 1953 年，是由 97 家公司组成的一个跨国集团，专业从事于和感知加热相关的锻造、冶金熔炼、焊接、铸造和热处理等行业，全球雇员超过 6000 人，年销售额超过 13 亿美元。是全球规模较大的感应电源及相关感应加热设备制造商，2000 年全球统计销售就已超过一万台感应设备，在很多国家市场占有率高达 70%。同时，公司拥有庞大的研发队伍，采用国际协作集中团队优势的研发模式，一直致力于开创和推动感应加热的前沿技术，在美国的相关国家感应手册也是委托我们公司专家撰写的。



应达美国总部

**应达中国介绍** 应达工业（上海）有限公司于成立于 1997 年，工厂位于上海浦东张江高科技园区，工厂面积约 4000 平方米。随着近年公司业务不断扩大，公司于 2004 年在无锡开设了新的生产基地，占地约 6 万平方米。目前投入使用的一期工厂面积达 13000 平方米，两地工厂员工现共约 260 名。在中国工厂，所有的关键部件如控制板、整流和逆变模块等，我们将全部从美国进口。在大功率的加热炉产品中，更是采用完全进口独立电源来保证产品的品质。其他低压和机械部分在国内采购国际名牌或更好的国内产品，按照集团统一的产品质量标准，在国外专家现场指导下组装生产。为中国客户提供世界先进技术的产品和本地化的价格、服务，以达到高的性价比。同时产品部分出口，供应全球市场。目前应达也是在中国投资建厂的国外独资锻造感应加热设备供应商。应达公司是感应加热行业内全球规模较大的集团巨人，更为重要的是，我们对中国这个市场有着长期的承诺和信心。

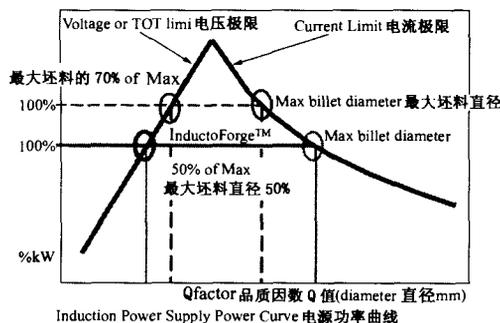
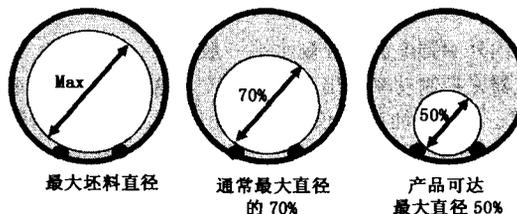
**锻造团队介绍** 应达锻造技术团队旗下聚集了世界上一些在锻造感应加热领域著名的品牌：如英国的 Newelco、Banyard 和 Radyne，美国的 Inductoheat、Alpha 1 和 I. H. S.，以及澳洲和亚洲地区的 Uniforge 等，全球十几个国家设有锻造感应加热设备生产制造工厂。今天，我们整合集团在各个领域的技术经验和优势，在团队的共同努力下，在全球

同步推出新型模块化设计的 InductoForge™ 在线式坯料感应加热系统，将我们的技术水平发展到了一个全新的高度。

## 产品主要优点：

1. 省电节能 10% 以上。由于高效的串连电源电能转换效率和功率因数高，线圈则属于高电压低电流，加之线圈特殊隔热处理，电源和线圈一体化设计等因数，设备效率高，购买成本可以很快通过节能收回。
2. 产品加热质量高。独到的温度控制技术，产品加热温度控制精度极高而且芯表温差低。在一些客户现场显示，普通手动控制加热温度可以稳定在 10°C 内。从而同时也防止了产品粘附和过多氧化皮的产生，最终提高产品质量和模具寿命。
3. 线圈适应坯料直径宽一倍。新的电源设计，降低了电流和电压极限，同一线圈适应坯料直径范围可以达到最大直径 50%。降低因频繁更换线圈耽误时间和线圈成本。

拓宽了线圈加热直径

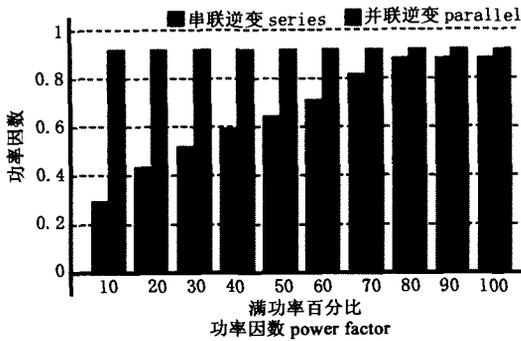


4. 电源功率因数高。由于采用串联谐振式电源，只需在逆变调节频率来调节功率，无需调节整流器，因而可以始终保持恒定的高电源功率因数 92%~94%。

5. 谐波畸变污染很少。传统并联电源设备，设备调功由于要调节整流 SCR 可控硅控制角，功率因数和谐波会随之产生较大变化。随着国家对用电的严格要求，甚至需要增加昂贵的治理设备。

6. 频率自动跟踪技术。动态监测加热坯料材质、大小以及负载随加热温度变化而产生的阻抗变化的情况而自动调节频率等参数，从而保证设备始终高效稳定运行。

7. 设备稳定、寿命长。产品以适应重载恶劣环境，停机



故障少,寿命长而闻名于世。在设计生产中,计算机主控板拥有丰富的监测、检测和自诊断功能,并有外部远程通讯接口,维修简单。我们在世界上的许多感应加热炉良好运行至今约三四十年。

8. 一体化设计。设备线圈、电源、水系统,进出料系统、控制系统等一体化设计,设备紧凑,对现场基建无特殊要求,占地面积小易于安装和维护

#### 操作控制系统:

应达锻造感应加热炉有 5 个等级的控制系统。面板手动调节; PLC 加触摸屏,可以存储和运行历史参数;人工设定参数根据温度趋势实现闭环控制;专家系统模糊控制、自动匹配参数; PC Base Windows 实时操作系统,丰富的网络和管理功能。

国内外中频电源的控制水平一般如下:第一代,手动调节电位器来控制功率输出和进料速度,这是国内最普遍的控制形式。可以追加高温仪进行温度监测,即通过测温仪将

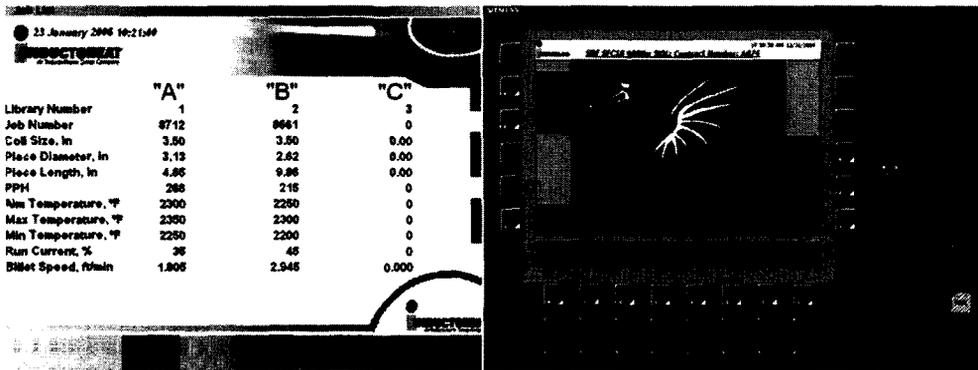
坯料的温度显示出来,该温度信号不参与电源的功率控制,所以无法修正坯料温度偏差,但可以利用该温度信号进行一些其它、如高低温分选。

第二代,对不同的坯料和产量情况,需要用户人工调节设置运行参数以加热工件到一个合适的温度,系统可以储存工艺参数,以便日后同样的生产情况时调用。国外公司一般都能做到该水平,国内一些优秀的公司也可以做到。

第三代,就是在具有第二代的水平的基础上,根据生产情况的要求,需要人工调节设置合适的输出功率,然后温度控制系统就可以根据高温仪反馈的温度,当坯料温度超出目标温度范围时,控制系统会在该设定值的基础上自动调节输出功率,对电源功率进行修正,以控制坯料温度在目标范围之内,即所谓的闭环控制。当然,这种闭环调节是有一定的调节范围的,一般是在  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  之内。国外一些公司能够做到该水平控制,国内一些优秀的公司在尝试。但从控制理论讲,炉子温度控制属于大滞后时变系统,普通的 PID 算法难以达到控制要求,所以,该控制算法水平差异很大,很多所谓的闭环控制只是形式。

第四代,只要输入坯料的直径、长度和材质情况、要求的生产节拍和加热温度、线圈的型号和环境温度后,系统将自动设定参数并运行。该控制系统国外很多公司也处在研发阶段。应达集团在国外的新产品中率先推出了该系统,采用的是专家系统加模糊闭环控制的方式来达到控制要求的。

第五代,即具备前面系统功能的基础上,采用工业电脑, PC Base Window XP 适时操作系统。具备完备的生产管理系统、生产线网络通信、远程诊断等功能。该控制系统我们应达集团目前正处在研发阶段。



加热坯料参数界面

目前在中国,我们的坯料加热炉控制系统处在第三代和第四之间的水平,即系统会根据情况提示经验参数,操作者输入该参数,一次性地将温度稳定在目标值附近,在加热初期以及正常生产中都很少有加热废料产生。如果最初提示的输出功率经验数据有些偏差,需要适量微调一下数据,或可修正相关经验公式参数。在实际客户现场监测,我们的设备加热温度可以稳定地控制在  $10^{\circ}\text{C}$ ,甚至可以满足对一些加热要求特别高的如铝、镍、铜等合金锻件的感应加热。

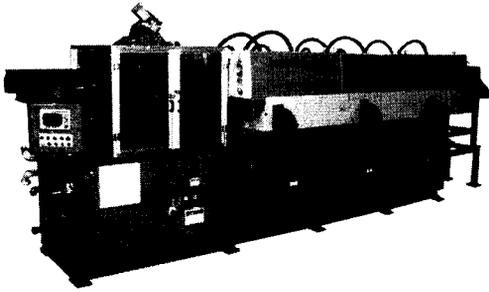
#### 系统补偿:

我们的设备也可以在任何温度和任何负载下启动,即空载或满载,冷料或温料下直接启动。通常开始将冷坯料加

热时,由于线圈耐火泥层温度很低,系统设计时需要在开始加热时加大输出功率以补偿这种变化,否则将会导致开始加热一段时间内,坯料难以达到需要的温度而大量剔除。随着线圈温度稳定后,系统需要将输出功率恢复到正常状态。在快结束生产时或冷坯料、温坯料满炉膛启动等情况下,都需要系统自动监测负载的变化情况,作出相应的调节和补偿。普通的加热设备都没有这样一些考虑和技术,必将带来一些相应的坯料和能源损耗和产品加热质量问题。

#### 模块化设计:

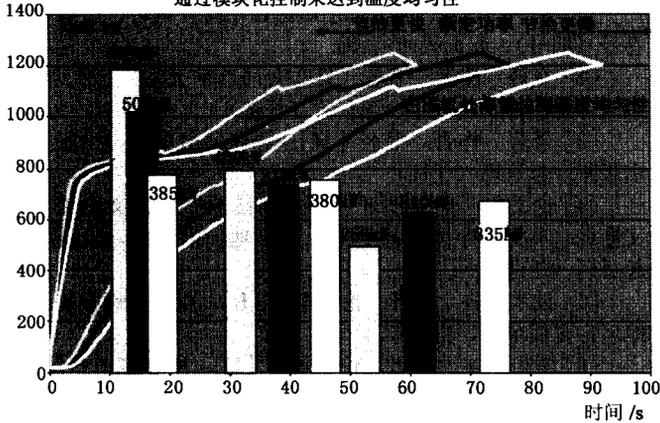
采用 InductoForge 模块化设计这种产品,每个模块有独



模块化锻造感应加热设备

立的线圈和电源，能够很灵活地通过增减模块来使目前的加热设备满足今后发展的需求。当生产节拍或热坯料到压机的距离变化时，也可以通过分段单独控制输出功率的方式来补偿这些变化，达到加热所需的温度以及芯表温差的一致，同时还可以缩短加热时间和线圈的长度。传统的设备很难补偿这些变化。

通过模块化控制来达到温度均匀性



分段控制技术

模块化分段控制输出功率，可以不需追加额外成本，很容易实现一些温控功能来提高设备效率和经济回报。如快速启动功能，在任一温度下，可以快速启动满负荷或空载的感应加热线圈以达到所需的锻造温度；保温待机功能，当锻压设备暂时停机时，加热炉可以不用停机和重启。每年相当于有好几十万现金机会收益。

节能效益：

(1) 采用串联谐振电源设计，不需调节整流器而只需调节逆变器频率来调节输出功率，电源功率因数高，谐波污染少，线圈电流间属于高效的高电压低电流，电源转换效率高，线圈传输损失小。(2) 由于采用了独特的线圈设计和材料，尽量防止了热能通过线圈和导轨中的冷却水以及线圈间隙散失，把更多的能量用在加热工件中。(3) 由于一体化设计，线圈在电源的正上方，从电源到线圈通过母线铜排直接连接，距离很短，几乎没有能量传输损失。(4) 频率自动随负载阻抗调节，效率会最佳化。国外测试数据显示加热碳钢到 1250℃，最高中频效率 3.3kg/kW-hr，即 300kW-hr/tonne。中频是耗电大户，相当传统设备节约的电费，一般可以在大约两三年收回设备的最初投资。

大功率坯料和棒料加热设备：

大功率坯料和棒料感应加热炉由于物料传输系统复杂、

设备安全可靠性要求较高，以及国内本身在这方面设备制造技术上的一些瓶颈等。国内一些这样的标志性项目大多选择应达集团的加热设备。坯料锻造感应加热如 5000kW 内蒙古一机 160MT 压机项目、3800kW 一汽长春锻造 125MT 压机项目、3650kW 上海爱知锻造、2500kW 文登天润克鲁勃曲轴、丹东 518 厂、海纳铁福传动轴等项目。



中频感应坯料加热炉

我们与著名压机供货商（Hatebur 哈特贝尔，Muller 米勒万家顿，Eumuco 奥姆科，TMP 伏龙涅什等）有着长期配套的历史。同时，我们集团中英国 Newelco、Radyne 以及澳大利亚的连续棒料感应加热炉以其先进的技术优势，在世界范围内享有绝对的市场占有率。例如 Newelco 在世界范围内有 200 多台棒料感应加热设备与 Hatebur 热成型机配套。在中国市场从我们集团进口的棒料加热炉共约有 40 套。具体如汽车行业的上海汽车锻造厂、一汽长春锻造、东风二汽锻造厂和东风紧固件厂等；轴承行业如洛阳轴承集团 3 套，哈尔滨轴承 4 套，为韶铸集团精锻厂 5 套、重庆长江轴承、黄石轴承厂等都是我们长期的用户。

对于这样的项目，根据客户的定位需求，我们可以采用全进口或关键电源进口以及整套设备技术引进、国内生产等形式来满足客户的需要。

中国市场业绩：

应达集团感应加热炉全球累计销售逾万台。早在 1956 年就开始向中国出口设备，目前在中国累计销售逾 1,000 台。锻造行业近 100 台感应加热设备。仅去年 500kW 以内的 Uniforge 就销售有十几套，如常州龙城精锻 5 套、山东金马集团 2 套，太平洋精密锻造 3 套、上海交大中京等。东南亚地区，台湾精锻热模锻压机大部分配合应达感应加热炉一起工作，在大陆的台资锻造企业中也有十几套应达的锻造感应加热设备在良好运行。

系统集成：总之，基于我们广泛的经验，我们不仅仅只提供中频感应加热炉，同时，还可以给客户提很多选项设备和整体解决方案来满足客户的各种特殊需求，如自动化上料系统、温度分选机构、重量分选机构、温敏石墨涂层系统、坯料自动清空装置、线圈快速更换机构、温度闭环记录系统、双频系统等。

感谢你抽空来了解我们公司，欢迎来电讨论你的锻造加热需求，相信我们优质的产品和专业的服务能使你的企业在今后的竞争中更具优势。也可访问我们公司网站中的 Inductoheat 感应加热部门，了解更多的信息：<http://www.inductotherm.com.cn/>