



# 行星架冷热配合工艺

■ 韩文静

**摘要：**根据中频感应淬火的特点，不断调试确定了行星架中频热处理工艺参数，实现热后变形稳定。并且根据热后变化规律，科学调整热前机加工工艺，减少因热处理变形导致的废品产生，提高产品符合性。

行星架是减速机项目中二级行星齿轮传动装置的主要构件之一，行星轴和行星轮就装在行星架上，当行星架作为基本构件时，它是机构中承受外力矩最大的零件，行星架的结构设计和制造对各个行星轮间的载荷分配以及传动装置的承载能力、噪声和振动等有很大影响。

## 1. 行星架结构及技术要求

行星架（见图1）是减速机箱型中的重要零件，材料为QT600-3，其结构自身重达45kg，结构中空。

技术要求内齿表面热处理，硬度53~58HRC，有效硬化层深1.2~3mm，毛坯铸件不得有砂眼、气孔、缩松及裂纹等缺陷，毛坯预备热处理硬度210~260HBW。

## 2. 行星架制造工艺流程

该产品毛坯是静压铸造生产，严格按铸造工艺进行造型、熔炼、浇注、打箱、清理、修整铸件；检测标准按S27005—2012进行化学分析。

粗精车图样要求：毛坯面→铣行星轮安装开档面→粗精镗行星轮轴安装孔→插联轴器安装齿→热处理齿面→去尖角毛刺→终检→清洗、入库。

## 3. 行星架中频感应淬火工艺难点

（1）中频设备相关参数的确定 通过查询相关资料，物料的直径 $D$ 与透热深度 $H$ 的比值越大，则热效率越低，这时频率越高，趋肤效应加强，物料表面温度高，热损失加大，效率降低，故应根据材料尺寸，材质（热透性）等选取合理的电源频率，根据以上规律，淬硬层在1.2~3mm时，中频机组频率应选10000Hz左右较好，中频设备额定功率根据经验公式核算。

$$\begin{aligned} P &= SFNQ \\ &= 0.8 \times 565.71 \times 0.8 \times 0.8 \\ &= 289.64 \text{ kW} \end{aligned}$$

式中  $P$ ——中频设备的额定功率，取0.8；

$N$ ——淬火变压器效率，取0.8；

$Q$ ——淬火感应器效率，

取0.8；

$S$ ——比功率最小值，同时加热，机械式中频设备取0.8，（kW·cm<sup>2</sup>）；

$F$ ——同时感应加热零件面积，（cm<sup>2</sup>）。

故中频设备的额定功率确定为350kW，型号ZT-HP150。

（2）感应器的设计 感应器总成主要由喷水圈、导磁体、冷却水箱等部件组成，材料为铜质、绝缘材料等，导磁体材料为硅钢片，镶在感应器线圈上，其目的是利用导磁体的槽口效应，调整中频电流在感应器上流经部位，使二级行星架得到理想的加热热形，并显著提高感应器的热效率。感应器总成如图2所示。

（3）热处理调试数据 通

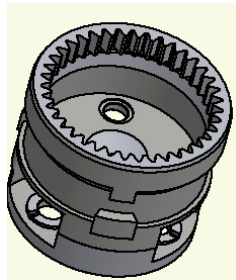


图1 行星架结构示意

过不断的热处理工艺调试（见附表），最终确定中频工艺：工件转速设定35r/min；淬火冷却介质专用淬火油AQUA-QUENCH 251C；匝比2:7，电容5个，电压435V，电流475A。

淬火后回火温度 $180^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ ，时间3h。消除淬火应力，使零件表面保留较高的压应力。

（4）冷热配合试验 因花键齿在行星架的端部，花键有效淬火范围内，花键主要参数齿形齿向稳定，但是与产品要求有一定的误差。因此，需要根据热前热后数据变化调整热前机械加工数据，以满足热后的变化刚好回归于产品要求尺寸。

热后齿形不合格主要原因由毛坯和刀具产生，毛坯的力学性能、化学成分均合格，主要问题就集结于刀具，我们根据热后齿形鼓量变化，重新委托制造新插齿刀具。

通过测量分析热后花键有效淬火范围内产品上部和下部的跨球距变化数据，我们在机加插齿时主动将产品按热后变化反方向执行，即将产品插齿为倒锥，如图3所示。

试切削加工并统计机械加工数据，产品要求量棒是D11.5，跨球距为269.79~270.104mm，根据前期小批量热后统计分析，产品上部花键热后缩量小，我们本次15件毛坯热前花键上部跨球距按 $271.63\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，下部按 $270.9\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 加工，热后数据分析如图4所示。

热后花键上部大部分产品还没有缩回到产品要求范围内，经过设计单位确认，申

请装箱试用。我们进一步将产品热前跨球距由上部原来的 $271.63\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 更改为 $271.33\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，下部不变。再次跟踪试验，跨球距合适，满足产品要求。跨球距合适可以间接反映花键齿向参数基本合格。

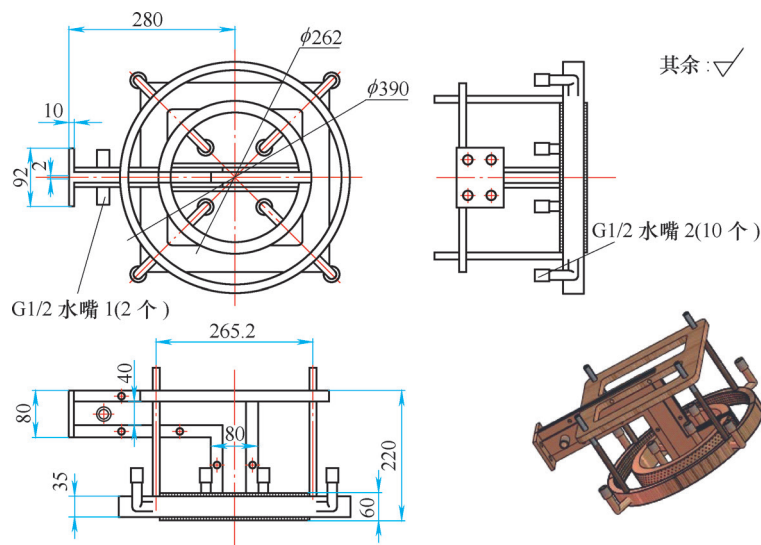


图2 感应器总图

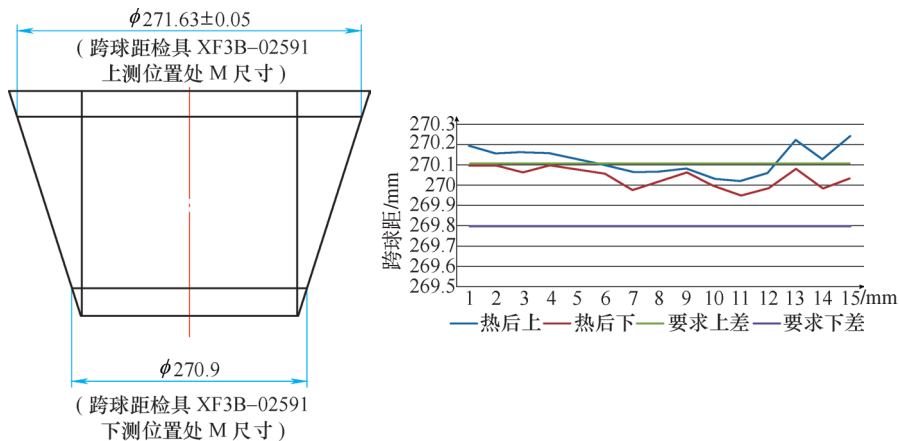


图3 热前齿向

图4 加工后数据分析

热处理参数调试表

|        | 功率设定 (%) | 加热时间/s     | 间隙时间/s |
|--------|----------|------------|--------|
| 加热一参数  | 85       | $12 \pm 1$ | 3      |
| 加热二参数  | 94       | $34 \pm 1$ | 3      |
| 冷却时间/s |          | $45 \pm 3$ |        |

作者简介：韩文静，陕西法士特齿轮有限责任公司。

MW 20150912