

航天阀门部件冷装配与热装配工艺研究

刘永刚 董悦*

西安航天发动机有限公司, 陕西西安 710100

摘要: 航天阀门是航天发动机的重要控制组件, 其工作介质具有低温推进剂, 高温燃气不同的温度。航天阀门作为一种切断装置, 其部件的装配分为冷装配和热装配两种方式, 不同的装配方式适用于不同的场景, 有不同的装配工艺, 对此, 本文将通过阐述航天阀门的概念入手, 研究航天阀门部件冷装配和热装配的工艺及注意事项, 并提出具体的装配方案。

关键词: 航天阀门部件; 冷装配工艺; 热装配工艺

一、航天阀门部件的冷装配工艺研究

冷装配工艺一般很少使用, 该工艺操作繁琐复杂, 但在一种情况之下则必须使用这种方式。当航天阀门部件大于正常尺寸且其硬度和强度很低时, 则不能对航天阀门部件进行直接加热, 这种时候就可以采用冷装配的方式, 先将部件进行冷缩, 以此将过大的部件消除或减少至正常的尺寸, 然后再进行装配^[1]。除此之外, 对于温度超低的航天阀门部件也要使用冷装配的工艺进行安装。当然, 安装时一定要注意对装配的控制和部件尺寸大小的变化, 要根据实际情况来计算冷装配需要的温度^[2]。以下是冷装配工艺的操作流程和注意事项。

(一) 冷装配温度的计算

在使用冷装配工艺时首先要考虑的是装配的温度, 温度的确定与部件材质和装配尺寸、室温等多种因素共同计算的, 具体公式如下:

$$T = (y + \Delta) / (\alpha \cdot d) - t$$

其中, T代表冷装配时所需的温度, 用℃表示; y代表着实际的部件尺寸与应使用部件尺寸之差, 即最大过盈值, 用mm表示; Δ代表冷装配时的最小间隙值, 用mm表示; α代表部件材料冷却之后的膨胀系数, 用1/℃表示; d代表航天阀门部件应使用的尺寸, 用mm表示; t代表装配时的室内温度, 用℃表示。上述是冷装配温度的计算公式及其代表的具体含义。

(二) 冷装配的最小间隙值

表1 冷装配的最小间隙值

配合尺寸	≤ 3	3 ~ 6	6 ~ 10	10 ~ 18	18 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 80
最小间隙	0.003	0.006	0.010	0.018	0.030	0.050	0.059
配合尺寸	80 ~ 120	120 ~ 180	180 ~ 250	250 ~ 315	315 ~ 400	400 ~ 500	> 500
最小间隙	0.069	0.079	0.090	0.101	0.111	0.123	-

冷装配的最小间隙值是上述公式中的Δ, Δ的具体取值需根据配合尺寸, 即公式中d的值来决定。当配合尺寸d的取值 ≤ 3时, 最小间隙Δ值为0.003; 当配合尺寸d的取值在3 ~ 6之间时, 最小间隙Δ值为0.006; 当配合尺寸d的取值在6 ~ 10之间时, 最小间隙Δ值为0.010; 当配合尺寸d的取值在10 ~ 18之间时, 最小间隙Δ值为0.018; 当配合尺寸d的取值在18 ~ 30之间时, 最小间隙Δ值为0.030; 当配合尺寸d的取值在30 ~ 50之间时, 最小间隙Δ值为0.050; 当配合尺寸d的取值在50 ~ 80之间时, 最小间隙Δ值为0.059; 当配合尺寸d的取值在80 ~ 120之间时, 最小间隙Δ值为0.069; 当配合尺寸d的取值在120 ~ 180之间时, 最小间隙Δ值为0.079; 当配合尺寸d的取值在180 ~ 250之间时, 最小间隙Δ值为0.090; 当配合尺寸d的取值在250 ~ 315之间时, 最小间隙Δ值为0.101; 当配合尺寸d的取值在315 ~ 400之间时, 最小间隙Δ值为0.111; 当配合尺寸d的取值在400 ~ 500之间时, 最小间隙Δ值为0.123; 当配合尺寸d的取值 > 500时, 则无最小间隙Δ

*通讯作者: 董悦, 1987年9月, 女, 汉, 陕西渭南人, 现任西安航天发动机有限公司中级工程师, 硕士研究生。研究方向: 阀门制造及装配。

值。其中配合尺寸和最小间隙的单位统一用mm表示。具体见上表1。

(三) 检查配合尺寸

在对航天阀门部件进行冷装配之前,需要全面检查部件的配合尺寸,并将部件的表面清理干净,确保部件尺寸等各方面符合使用冷装配的标准^[3]。同时也要保证冷却后的配件尺寸符合安装尺寸要求,只要各项尺寸达到标准才能进行冷安装工艺的装配工作。

(四) 冷却剂种类和性能

冷装配工艺需要对过盈配件进行冷却,冷却的过程中则需要冷却剂的使用才能达到效果,一般在进行冷却时常用的冷却剂有两种,分别是干冰、液氮^[4]。干冰的学术名称为固态二氧化碳,它能够降低航天阀门部件的温度,但最多只能降低到-75℃,对于过盈量过大的部件则不能满足,因此,干冰只适用于过盈量小的部件,且部件不宜过大。

(五) 航天阀门部件冷却所需时间的计算公式

航天阀门部件的冷却时间不能随意确定,需要多方面的共同计算,包括部件的材质及尺寸等因素,具体公式如下:

$$t = \alpha \cdot \beta + 6$$

其中,t表示航天阀门部件所需要的冷却时间,用min表示; α 表示与航天阀门部件材质有关的综合系数; β 表示航天阀门部件的尺寸,包括其厚度、直径等各种尺寸,用mm表示。关于综合系数 α 的取值要根据材质的不同,制作冷却剂的液氮用量也不相同,如冷媒介质为黄铜时,所需要的液氮为0.8;冷媒介质为青铜时,所需要的液氮为0.9;冷媒介质为钢时,所需要的液氮为1.2;冷媒介质为铸铁时,所需要的液氮为1.3。具体可见下表2。

表2 冷媒介质

冷媒介质	航天阀门部件材质			
	黄铜	青铜	钢	铸铁
液氮	0.8	0.9	1.2	1.3

(六) 航天阀门部件冷装配的操作注意事项

航天阀门部件冷装配工艺要注意两个方面。

第一方面是航天阀门部件的冷却,将航天阀门部件放入调配好的冷却剂中,起初会出现一种“沸腾”的现场,当“沸腾”现象逐渐消弱直至消失时则完成一般冷却,但此时需要注意的是,冷却沸腾消失时不代表完全冷却完成,需要根据零部件的厚度或者材质来决定是否需要二次透湿^[5]。

第二方面是航天阀门部件的装配,冷缩后的航天阀门部件需要迅速且稳定地装入包容件中,如果航天阀门部件从冷却剂取出后在空气中暴露较长时间,其表面则会形成一层白霜,这层白霜的出现会影响部件的装入。当装入时零件出现歪斜的情况,可以通过锤子敲击的方式进行调整,锤子的材质可以为紫铜锤,也可以是木锤,二者皆可。

(七) 安全措施

在进行航天阀门部件冷装配时,工作人员一定要做好防护措施,防护用品穿戴齐全。在部件冷却的过程中,要注意避免手部的直接接触,一定要借助工具^[6]。

二、阀门部件的热装配工艺研究

阀门部件热装配工艺与冷装配工艺大不相同,其原理是温差法,通过对包容件的加热使其膨胀,然后将过盈部件放入包容件中。这种装配工艺主要是对包容件进行处理,配合件保持不变。

(一) 加热前的准备工作

在进行航天阀门部件热装配工作前需要做好两项准备。

一是要对零件的各方面进行检查,核对好配合尺寸、直径等数据,同时也要清理干净零件表层,确保零部件表面光滑无刺,包括杂物的清理,如灰尘、锈斑等杂质。

二是在安装之前要注意检查零部件是否有垫片、挡圈等配套零件,并保证其配套零件的尺寸和材质与主零部件相符,具备合格的检验资质^[7]。

(二) 加热温度及加热时间的计算公式

航天阀门部件的热装配也需要计算加热的温度,与冷装配计算温度的不同之处有两点。一是装配时的室内温度,冷装配是要减去室内温度,而热装配则要加上室内温度^[8]。二是T所代表的含义不同。具体公式如下:

$$T = (y + \Delta) / (\alpha \cdot d) + t$$

其中, T代表轴套的加热温度, 用℃表示; y代表着实际的部件尺寸与应使用部件尺寸之差, 即最大过盈值, 用mm表示; Δ 代表冷装配时的最小间隙值, 用mm表示; α 代表部件材料冷却之后的膨胀系数, 用 $1/^\circ\text{C}$ 表示; d代表航天阀门部件应使用的尺寸, 用mm表示; t代表装配时的室内温度, 用℃表示。

航天阀门部件的加热时间需要结合零件的厚度、材质等因素综合考虑, 一般情况下, 长度为每10 mm则需要10 min的加热, 厚度为每40 mm则需要10 min的保温。

三、结束语

航天阀门部件装配工艺的选择需要根据部件本身的性质选取最适合的工艺手段, 以此减少航天阀门冷却中所产生的不必要的成本, 也能够提高阀门部件在使用中的可靠性。

参考文献:

- [1]徐攀,朱小明,杨丽红.基于AMESim的工业航天阀门数字比例调节装置的设计[J].流体机械, 2020,48(01):31-35.
- [2]陈少成,王冲.远程自控泥浆航天阀门组系统设计与应用[J].云南化工, 2019,46(12):160-161+164.
- [3]王悦琴.核电站用小口径航天阀门电动装置支撑结构的分析与研究[J].阀门, 2018(02):17-19+25.
- [4]张春岐.关于电厂阀门零部件加工技术的分析[J].科学与财富, 2016,8(5):119-119.
- [5]李宝华.智能阀门定位器的气动部件[J].自动化博览, 2010,27(9):97-100.
- [6]唐国学,王斌慧,朱京.新型智能阀门定位器电子式I/P转换部件[J].仪器仪表用户, 2009,16(5):76-77.
- [7]杨奕凯.贵港枢纽船闸充泄水阀门滚轮部件的异常磨损与分析[J].机械研究与应用, 2009(5):20-22.
- [8]王正超.船闸阀门技术状况及部件磨损原因浅析[J].中国水运(学术版), 2006,6(9):14-16.