



2月10日晚,我国首个火星探测器顺利进入环火轨道 “天问一号”“太空刹车” 发动机“开关”四川造

2月10日晚,我国首次火星探测任务“天问一号”探测器实施近火捕获制动,环绕器3000牛轨控发动机点火工作约15分钟,探测器顺利进入环火轨道,成为我国第一颗人造火星卫星,实现“绕、着、巡”目标的第一步,环绕火星获得成功。“天问一号”能够在环火轨道上以正确姿态按预定轨道飞行,也有“四川造”的助力。

溯源

一阀一“身份”

2016年7月,中国航天科技集团七院所属的四川航天烽火伺服控制技术有限公司特种阀事业部接到了某型号两种电磁阀的生产任务订单,数量近百台,加工精度要求极高:阀腔内孔、密封副密封面的表面粗糙度0.2微米,并要在30倍显微镜下进行对比检查,且不得有多余物。同时,两种电磁阀还要经得起严酷的温度环境考验并保持良好的密封性能。

这两种电磁阀分别应用在“天问一号”环绕器轨控发动机和姿控发动机上,确保“天问一号”在环火轨道上,以正确姿态按照预定轨道飞行。

“电磁阀就相当于‘水龙头’,起到开关和控制作用。”公司技术指挥闫守红说,“两种电磁阀成对装配,一个控制氧化剂路,一个控制燃料路。”

为了保证产品质量,在生产加工前,闫守红将所有图纸进行了梳理,并对加工过程中可能出现的问题进行提前预判。仅用了2周时间,她就带领工艺团队完成了两种电磁阀60多种零件的工艺编制任务。

闫守红大致算了算,一个长度只有82.6毫米、成人手掌般大小的电磁阀,从开始生产加工到出厂交付,需要4个月到半年时间。

航天产品还讲究“可追溯性”。“每一个阀都有一个‘身份证’,背后详细记录着‘出生’过程。”公司特种阀事业部总经理兼行政指挥彭民告诉记者,假设产品交付,联合整机做试验时发现有一点故障,都必须“归零”。他说,“我们要分析阀出现的问题,一个个排除。如果一共交付了100个阀,其中1个出现了问题,就要查是否与剩下的99个有关联,如果有,则所有的都要返工、返修甚至报废。”

加工

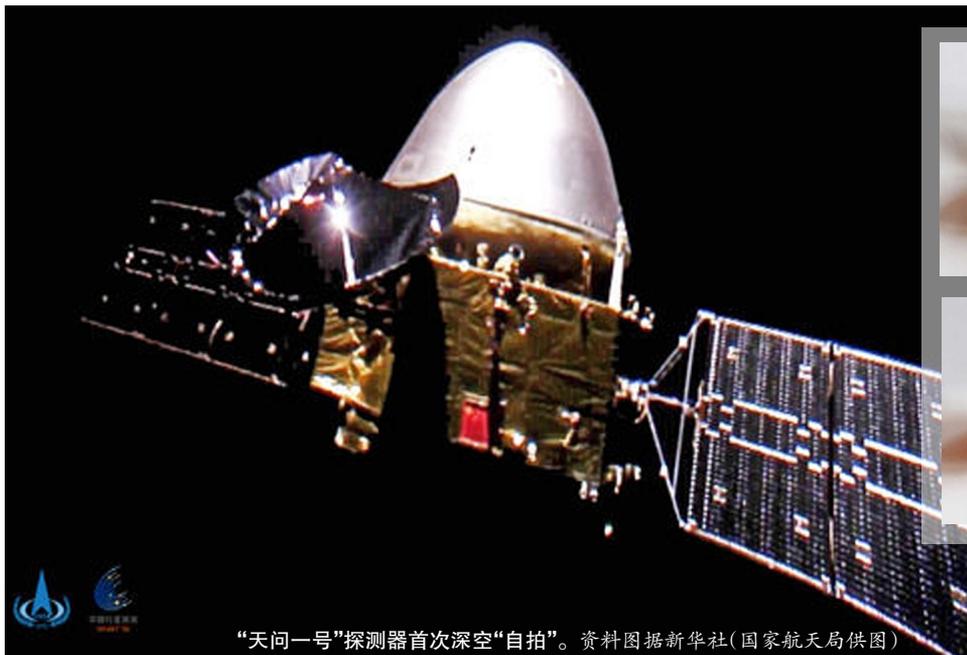
给零件“掏耳朵”

“百分之百”质量要求下,“特种阀”的加工难度可想而知。

电磁阀的大多数零件都需要10余道工序才能完成,然后再由零件形成部件,部件装成组件。其中,个别零件的加工工序达20多道,涵盖了车、铣、磨、钳、研、热处理、电子束焊、慢走丝等多个工种。“零瑕疵、零缺陷”是需要全力达成的目标。

大致呈圆柱形的壳体组件是电磁阀的主体结构零件,由三种零件焊接而成,材料包括不锈钢和软磁合金。“加工工程中,刀具与不同材料‘碰撞’,磨损快且程度不一样,导致内孔加工的粗糙度不一致。”公司特种阀事业部车工技师靳小强表示,在大家合力攻关下,采用了半精车加工,将加工余量控制在0.03毫米内,厚度相当于一根头发丝的一半。

此外,特种阀并非批量化生产的产品,且设计特殊。“所谓‘车工一把刀’,我



“天问一号”探测器首次深空“自拍”。资料图据新华社(国家航天局供图)



▲两种电磁阀都用在“天问一号”环绕器的发动机上,起到开关和控制的作用,一个控制氧化剂路,一个控制燃料路。

四川航天烽火伺服控制技术有限公司供图

“

四川航天烽火伺服控制技术有限公司生产的两种电磁阀相当于“开关”,分别应用在“天问一号”环绕器轨控发动机和姿控发动机上,确保了“天问一号”在环火轨道上,以正确姿态按照预定轨道飞行。

”

们有时需要根据产品特性自制刀具。”靳小强说,针对此次电磁阀壳体孔径不一致的特点,他自制了一把深小孔阶梯镗刀,配合内孔径阶梯式的变化。

电磁阀壳体中有多个深小孔及交叉孔,有的孔径只有1.5毫米,整体深度达到50毫米,所有深小孔及交叉孔口不允许有毛刺,且孔边必须是光滑的圆弧倒角。为了满足要求,公司特种阀事业部钳工组组长姜支刚用高速钢、硬质合金自制各种尺寸的刮刀20余种,最小的比牙签还细。

要“解决”的毛刺,通常是毫米甚至微米级别的。每次工作,姜支刚都要长时间伏在强光灯下,有时还要借助30倍显微镜进行作业,就像是给零件“掏耳朵”一样,先剔一点,再缓缓勾一圈,还要轻轻研磨一下。

解决了毛刺,零部件加工便进入了更加精细的研磨阶段。一般来讲,零部件精度要求极高:不及头发丝1/16的微米级尺寸公差、能照出人影的表面粗糙度……

在研磨工作室内,已有33年从业经历的公司特种阀事业部研磨技师李坚向记者展示了研磨机具体操作过程。她先将研磨套套在研磨杆上,并涂上自制的研磨膏,随后又将电磁阀壳体套入,向前压动后,研磨杆开始旋转,对壳体内壁进行更精确的塑形和研磨。

反复研磨后,李坚凭借经验和手感就能判断出是否已满足工艺要求。“再用汽油对壳体内进行清洗,清洗干净后再用30倍工具显微镜,检查内腔是否真的达标,有无杂质,光洁度如何。”李坚说,一个零部件的加工,可能需要经过多次的研

磨、洗涤、检查。为了防止静电,洗涤时还不能戴手套,所以长年累月下来,她的手多皴裂,皮肤比常人干燥得多。

清洁

指印都不能留下

新设备的引入,提升了此次“天问一号”电磁阀加工的质量和效率。

“电磁阀使用的是比较敏感的软磁合金材料,我们在做热处理加工时要保证产品具有较好的磁性能。”公司特种阀事业部23车间热处理主管工艺黄又滋表示,为了保证此次“天问一号”电磁阀的质量、性能和洁净度,特地定制了一台处理设备,以最高精度和恒温均匀性对零件进行加工。他说,“尽管加工时间翻倍,但是因为炉膛环境好,污染小,做出的零件颜色一致,不需要我们再做附加处理。”

在完成热处理等工序,将零件送入装配间进行组装之前,还会有一个“清洁”环节。

“为了保证零件的洁净度,我们不仅要用棉签一点点清洗,还要借助高压气将棉花丝吹出来,再用吸尘器吸一遍。”闫守红介绍,在清洗一遍后,工作人员需在强光下用30倍显微镜对零件进行检测,查看是否有残余,“连一个指纹印都不能留下。”

验收合格后方可开展后续装配。在周转至装配间过程中,为了保证零件整体外观无划痕和碰划伤,相关技术人员还设计了专用保护工装。“例如设置有隔断的周转箱,能让零件有效防止避免划伤。并在箱子上包一层保鲜膜,再用有密封条的盖子盖好,增加保护性。”闫守红介绍。

组装工作由公司特种阀事业部班组长林津牵头的装配团队在1万级洁净间里完成。有的零件“微小”,组装时更是在毫米或微米之间较劲。

例如在对以毫米计的阀芯组件进行压配时,需要将密封件阀芯压入压紧套,再整体压入衔铁。零件之间需要在零点零几毫米的过盈量或者间隙中紧紧配合,稍不注意就会压偏,导致零件报废。

质检

至少20万次“寿命试验”

自2020年7月23日发射以来,“天问一号”已在浩瀚宇宙飞行了6个多月,整个任务还将持续数月。如何确保探测器发动机上的电磁阀在复杂的空天环境里长时间稳定运行?“质量把关就得过硬。”彭

民说。

为了保证产品的质量,除了在加工装配过程中“分毫必争”,且不能有任何残留外,工作人员还要对产品进行30多项地面试验,看它是否经得起各种环境“考验”。

“以前,卫星产品寿命只需达到5年,现在大大增加了。”彭民表示,“寿命试验”是电磁阀需要通过的“关卡”。“利用专门的设备,通过不断重复为电磁阀通电、断电,使其一直循环进行‘打开’和‘关闭’的动作。”他说,根据不同型号,这样的循环检验至少要进行20万次,最多达到45万次。如出现一次故障,将面临返修或淘汰。

新闻多一点

“四川造”特种阀智能化生产线将于6月前投用

2月初,在四川航天烽火伺服控制技术有限公司一个面积约2700平方米的厂房内,加工电磁阀所需的智能化设备已“各就各位”,正由专人进行单点调试中。

据特种阀事业部副总经理夏晴川介绍,该厂房内布置的电磁阀智能化生产线,覆盖了壳体加工、线圈绕制、阀座精加工等工序,预计6月1日前正式投入使用。“预计将提升10倍的生产效率,年产值能达到1万套。”他说。

“以后我们进行电磁阀壳体加工时,只需要在终端电脑上建立相应的任务,按下启动后,机器就会自动根据储存或设定的零件数据,对材料进行加工,然后研磨、清洗并烘干。”夏晴川表示,所有流程中的数据都会通过信息化平台,自动生成报告传入公司服务器。他说,“生产的每一枚阀,都会有一个专属代码和数据包。”

同时,夏晴川告诉记者,壳体加工单元的智能生产线投入使用后,只需要一个人进行操作。“相当于代替了以前四五个人的工作,因此该岗位对技术人员的要求也更高,必须是一个懂车工、研磨、测量的复合型人才,对整个系统的操作也要更熟悉。”他透露,该岗位的工作者,将从厂内现有的技术人员内培养选拔。

尽管未来可实现电磁阀加工、装配以及周转的自动化和智能化,但在一些环节还是需要人为把关。“例如我们把零件放入传送带统一自动清洗后,还是得需要工作人员挨个检查,在30倍显微镜下查看是否有残留或瑕疵。”夏晴川介绍。

华西都市报·封面新闻记者 杨晨