

航天产品防差错技术研究与应用

王卫康 陈金存 张 瑞 安立辉 王 辉

(中国运载火箭技术研究院, 北京 100076)



摘要: 从防治航天产品生产过程差错角度出发, 提出了设计过程防差错、工艺技术防差错、工艺流程防差错、人员保证防差错的基本原则和方法。同时结合航天型号产品提供了防差错技术应用案例。

关键词: 航天产品; 防差错技术

Error Prevention Technology Research and Application of Aerospace Products

Wang Weikang Chen Jincun Zhang Rui An Lihui Wang Hui

(China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076)

Abstract: This paper focuses on the prevention and control of aerospace products from production process error angle, and puts forward the basic principles and methods about error prevention of design process, process engineering, technological process, and personnel guarantee. Meanwhile, it provides some application cases about the application of anti-error technique.

Key words: aerospace products; error prevention technology

1 引言

防差错技术是在 1961 年由日本质量专家、丰田体系的创建人 Shigeo Shingo (新江滋生) 提出的。在美国, 新江滋生提出的防差错系统 (Poka-Yoke) 被称为 Mistake Proofing (差错验证), 其主要理念是通过应用防差错技术, 有效避免大量重复的人工纠错工作, 防止人员长时间注意力高度集中而发生疲劳最终导致产品缺陷的产生^[1]。

在航天产品研制生产过程中, 设计、工艺、操作、检验、管理等各个环节均存在大量的人为因素, 不可避免地会发生各种各样的疏漏和差错, 实际发生的各类质量问题中也确实有很大一部分是由于人为差错而导致, 为此对防差错的主要防范和使用场合进行了系统地梳理, 结合航天产品研制生产流程中的各环节特征, 归纳出了航天产品防差错技术应用的一般方法

和原则, 为设计、工艺、操作、检验、管理等各类人员提供指导。

2 防差错技术

通过工程实践经验可知, 人员的各种行为、活动中总是伴随着差错的发生。防差错理论也认为, 差错是不可能完全被消除的, 但在差错形成缺陷之前, 即在过程转变为不理想的结果之前, 差错是可以被发现并纠正的^[2]。为此, 企业管理者和技术人员应当采取有效的预防手段, 研究各类防差错技术, 减少或者杜绝产品缺陷的产生。航天对产品质量的高可靠、高要求和航天事业的高风险, 注定了“零缺陷”在航天工程中实现的必要性和重要性, 因此, 系统研究防差错技术并应用到航天产品生产过程中, 是开展航天质量保证工作的重要方面。通过梳理分析, 总结出航天产

作者简介: 王卫康 (1981-), 工程师, 材料学专业; 研究方向: 产品生产的过程管理和工艺量化管理研究。

收稿日期: 2013-07-02

品研制生产过程中出现的差错一般包括两类。

a. 设计差错: 设计差错一般是导致后续产品生产过程差错不断发生或发生的可能性较大的根源所在。设计差错往往是由于设计人员的失误, 或是由于对后续生产流程、工艺不甚了解, 未能全面考虑产品的全部生产环节而出现的差错。

b. 制造差错: 生产过程中某一个或几个要素的变化引起的差错, 错误的形式主要为漏加工、错加工、缺件、错装配、反装配等。

适用于航天型号产品的防差错技术主要有三方面。

a. 源头排除法: 从源头入手寻找差错, 把检验的重点由判别缺陷转向寻找差错, 能够在缺陷产生之前将差错消除, 从源头防止错误产生。

b. 预警提示法: 建立预警机制, 针对可能出现的问题, 及时提醒操作人员注意。一旦发生差错立即制止和纠正。

c. 及时封锁法: 发现问题, 及时停止和封锁, 不让问题进一步扩散, 此方法虽然不能从根本上解决问题, 但是, 有效阻止了问题的影响进一步扩大, 可以等待时机, 留待后续彻底解决问题。

3 防差错技术应用

3.1 防差错设计

防差错设计在坚持传统设计理念注重可加工性、可装配性、经济性以及省时性的同时, 更加强调不改变产品质量的基础上降低加工和装配难度, 提高质量可靠性。在设计阶段统筹考虑可能会出现易错项目, 提出解决方案或便于在制造过程中应用防错法进行解决的措施。

防差错设计模式无法实现统一, 但是根据产品类型及特点的不同, 常用设计方法有五种。

3.1.1 零件的通用性设计

目前航天产品的生产模式属于多品种、小批量, 零件外形相似而型号规格不同, 且共线生产, 工人在实际操作中很难区分, 出错的几率也就相应增加。因此, 在设计时要考虑变多品种、小批量生产为大批量单一生产, 提高通用性和互换性, 有效地降低加工、装配差错。

型号产品中同批次卡箍以往生产多种尺寸规格, 并且在不同位置需要安装不同的卡箍, L1~L3 规格尺寸不统一, 易发生装错问题 (见图 1)。而改进后在

同一产品不同部位采用同种规格的卡箍, 规格尺寸统一为 L1, 产品代号相同 (见图 2), 可以避免差错的发生。

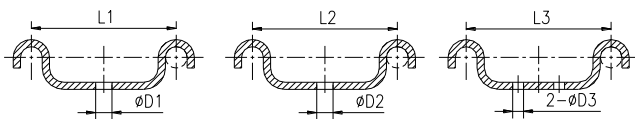


图 1 产品原规格尺寸

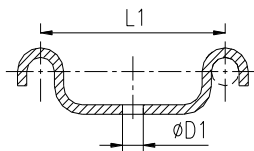


图 2 改进后的规格尺寸

3.1.2 零件的差异性放大化

针对外形相似而型号不同的产品零件, 为便于对其差异性通过直观观察或者借助某种防错装置加以区分, 在通用性设计不能实现的前提下, 就放大它们之间的差异性。如在电连接器安装过程中, 相同规格电连接器安装在相邻位置, 且使用相同规格电连接器, 容易造成插错。为避免差错发生, 在同一安装位置采用不同规格电连接器或采用不同键位的方式安装, 放大插头差异性 (见图 3)。

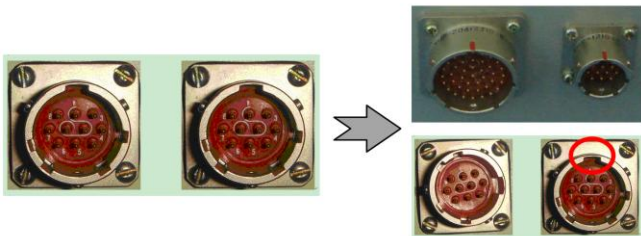


图 3 放大插头差异性的安装方式

3.1.3 零件的装配唯一性

针对安装时不注意而装错部位或者安装不到位造成的差错, 在设计时可以将易错部件之间的装配方式设计成不可互换的形式, 比如部件的非对称设计, 这是防差错设计最常用的方式。

在航天产品总装、测试过程中, 涉及到大量的电连接器插接过程, 由于差错发生的质量事故不在少数。因此在插头、插座的设计上应当广泛推广唯一性设计, 如图 4 所示。

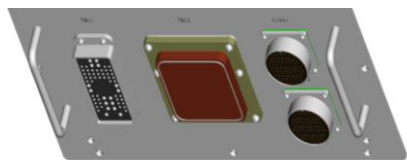


图4 唯一性插头（座）防差错

3.1.4 零件颜色的差异性

针对外观相似而型号不同的部件，可以使其具备不同的颜色，增强颜色的差异性而易于区分或安装。这种极为防差错方式简单且效果明显。

又如在火箭产品部段总装或起吊运输的过程中，为保护箭体结构、防止多余物进入等，一般会有地面辅助产品，如起吊接头、溢出口盖等，如果不做标识，则有可能导致该下箭的零件没有下箭，做为多余物被带上天，出现质量隐患。而为了区分正式上天的产品和仅在地面辅助使用最终不上天飞行的产品，对所有最终不上天的产品标识红色。

3.1.5 零件的替代材料

随着各种新型材料的不断出现，防差错设计时可以充分考虑替代材料在性能上和钢铁材料的差异，将传统上用于产品制造的钢铁材料用新型材料替代，从而制定有效的防差错措施。

3.2 防差错制造

防差错技术在产品的制造过程中能够发挥重要的作用，也是实现零缺陷管理的有效途径之一。一般情况下，对于单一、个体的产品制造过程，应用于产品设计中的防差错技术在制造过程中同样适用，采用颜色、标识和简易防差错装置等方式往往就能够起到极强的防错作用。而对于航天型号产品，由于产品装配操作的复杂性、多样性以及隐蔽性，使得这一阶段发生的差错更为频繁，代价也更大。对此，分时、分工位、顺序装配等从管理入手的防差错技术则是一种“性价比”很高的防错方法。

3.2.1 分时装配

分时装配是通过工作流程控制，将两种以上容易混淆的零件，安排在不同的时间段进行装配，使工作现场在同一时间段内只有一种规定的零件存在，从而杜绝装配差错。一般情况下，满足以下条件可以采用分时装配：两种以上容易混淆的零件装配时，上一种零件装配后不影响下一种零件装配的场合；两种零件安装的时间间隔要足以保证操作人员做好下一个零件的领用等准备工作，不能出现生产停滞等待的现象。例如，发动机两种装配调节元件外廓尺寸一样，

只是内孔尺寸不同，装配时易出错。为此采取分时装配，工艺规程中规定出库时分开领取安装，就能有效避免差错。

3.2.2 分工位装配

分工位装配是最能有效避免装配错误的有效方法，是产品生产线、制造单元上避免装配错误的最常用的方法。也就是将容易混淆的装配过程在产品生产线、制造单元上分布到不同的工位，容易混淆的零件散布在不同的工位，使同一工作现场只有一种规定的零件存在，从而杜绝装配差错。但是，分工位装配要求装配现场具有足够的空间进行工位划分，同时要求尽可能缩短工位之间的距离，减少产品流转时间。多种容易混淆的零件装配时采用分工位装配容易造成人力资源的浪费。

3.2.3 顺序控制装配

顺序控制装配是指通过标识、形迹、表格化管理控制手段，控制零件的装配顺序，使其按照规定的顺序进行装配。其中形迹管理是指利用零件形状、规格、长度等方面的不同点，制作出只能允许某一特定零件放置的器具、装置，将零件放置其中，避免混淆，防止使用错误。如：发动机装配过程中，每道工序装配零件很多，两种螺栓尺寸相近，长度仅差别几毫米，肉眼无法辨别。原装配流程下，零件凌乱的散装在一个盘子里，很容易出现装配错误，为了防止差错，为每道工序装配需要的零件设计专用的托盘，托盘刻有与各种零件尺寸一致的空格，保证一种尺寸、一个位置，避免相似零件的装配错误，提高效率，如图5所示。



图5 形迹管理图例

4 结束语

航天产品防差错技术的推广应用，要以提高产品质量为核心，并做到“六结合”，即：“与可靠性设计活动相结合、与质量技术交流相结合、与质量分析相结合、与质量问题归零结合、与QC小组活动相结合、与检验发现问题相结合”。尽管从设计、制造、流程等多方面采取防差错措施，但在实际的产品生产制

造,特别是产品装配过程中,仍然存在着产品质量无法直接判定、只能靠人员自身的技能保证质量的过程。因此时刻注意使各类人员了解系统的防差错管理方法十分有必要。以人员自身防错意识提升为根本,进而通过建立科学的差错分析和控制系统,逐渐形成对差错发生规律的认识,并采取相应的防范措施,最终形成防差错管理体系,切断事故发生链,逐步使差

错率和重复发生率降低为零。

参考文献

- 1 汪邦军. Poka-Yoke 及其在航空产品研制过程的应用. 航空标准化与质量, 2006(3): 12
- 2 Grout J. Mistake-proofing production, production and inventory management. Journal. Third Quarter 1997, 38(3): 33~37

A horizontal row consisting of 60 identical female gender symbols (♀) placed side-by-side.

(上接第 68 页)

e. 理顺工艺工作与其它工作之间的关系, 加强工艺管理, 严肃工艺纪律, 保证工艺工作具有约束性的规范。

经分析权衡,使用直接评分法作为工艺管理水平评价方法,简单、直观,使用方便。结合风险识别、分析和控制措施,拟定评价航天工艺工作中的风险控制成效的评价指标,具体构成见图3。

4.2 航天工艺工作风险评价指标

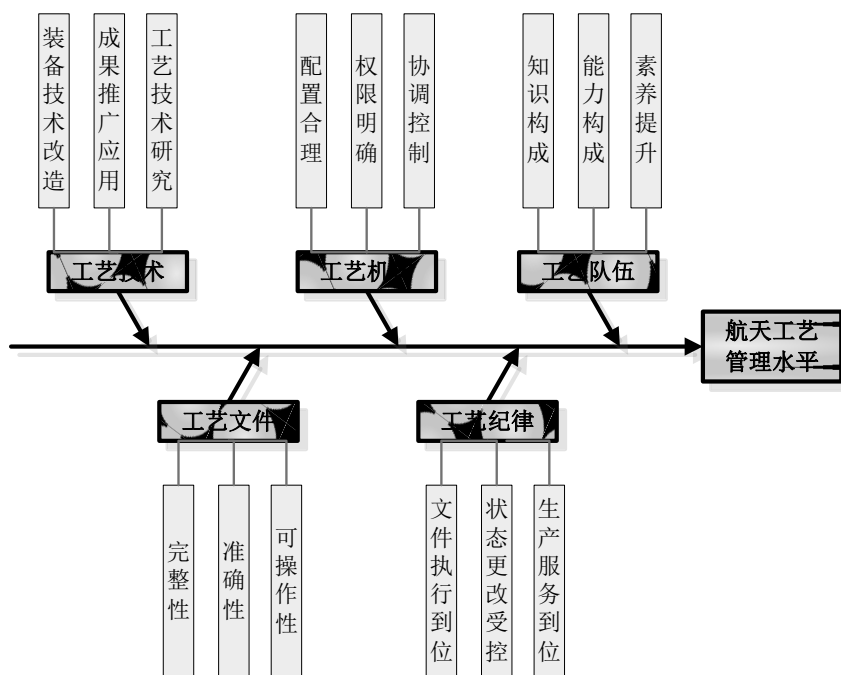


图3 航天工艺工作风险评价指标构成

5 结束语

航天工艺技术水平标志着一个国家的科学技术发展和创造财富提供手段的能力,是国民经济发展的基础。为适应型号预研、研制和批生产同时并举和航天产品竞争日益激烈的新形势,在大力加强工艺工作、加速工艺技术的跨越式发展的过程中引入风险管理理论,有层次、有重点地加强管控,提升工艺工

作效率和质量,从而为航天产品技术水平的发展做出积极的贡献。

参考文献

- 1 曲中兴. 浅谈不断发展中的航天工艺工作. 现代管理, 2009(4): 54~57
- 2 周世平. 关于航天工艺管理的几点思考. 研究与探讨, 2009(6): 6~9
- 3 张明. 航天制造业工艺文件体系研究. 管理与实践, 2010(8): 13~16