



中华人民共和国国家标准

GB/T 39339—2020

宇航用电连接器设计准则和方法

Design rules and methods for areospace electrical connectors

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 设计准则 1

 4.1 设计成熟准则 1

 4.2 自主可控准则 1

 4.3 轻量化准则 1

 4.4 空间可用准则 1

 4.5 可靠性设计准则 2

 4.6 工艺性(可生产性)和经济性准则 3

 4.7 “三化”准则 3

5 设计方法 3

 5.1 设计流程 3

 5.2 需求识别 4

 5.3 设计输入 4

 5.4 具体设计方法 4

 5.5 设计输出 8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本标准起草单位：贵州航天电器股份有限公司。

本标准主要起草人：廖朝顺、刘贲、管杨杰、勾红璋、王静。



宇航用电连接器设计准则和方法

1 范围

本标准规定了宇航用电连接器的设计准则和设计方法。

本标准适用于宇航用电连接器(以下简称电连接器)的设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4210—2015 电工术语 电子设备用机电元件

3 术语和定义

GB/T 4210—2015 界定的术语和定义适用于本文件。

4 设计准则

4.1 设计成熟准则

一般情况下,电连接器需要在符合通用规范的成熟电连接器基础上开展设计工作,以经过鉴定并有长时间稳定供货为前提,再补充进行结构分析、极限试验等过程,评估电连接器是否满足宇航应用要求。

新技术、新工艺、新材料的应用应经过充分和全面的系统验证。应制定专门的验证方案进行验证并开展如下分析:新技术,对可靠性设计和试验验证的充分性进行分析;新材料,对选用合理性、验证充分性和使用正确性进行分析;新工艺,对工艺设计合理性、验证充分性、文件完备性、工艺稳定性进行分析。

采用现行有效的标准,并借鉴行业成熟的技术,包含结构、工艺、检测、试验技术以及局部结构的借鉴、尺寸的标注、公差的选择、材料及镀层的选用等规定。设计时应应对行业的类似产品有较为深入的了解。

4.2 自主可控准则

电连接器使用的元器件、原材料、工艺应是国内自主提供,若当前国内技术水平确实存在差距的应制定相应的措施。

4.3 轻量化准则

电连接器应始终关注限制重量的要求,在保证性能的前提下优先选取轻量化的设计方案。

4.4 空间可用准则

电连接器应考虑空间可用性,具体要求如下:

- a) 电连接器应适用空间高真空、高低温、强辐射等多种空间环境的使用要求;
- b) 电连接器应满足热真空释气、有害气体、抗辐照、抗原子氧、抗紫外辐射、真空冷焊等性能指标要求,具体性能要求和指标应根据实际项目进行确定;

- c) 通常情况下,所有的宇航电连接器应满足热真空释气及抗辐照指标要求,只是根据电连接器使用的场合不同,规定不同的抗辐照总剂量;有害气体指标主要针对有人活动飞行器舱内的电连接器;抗原子氧、抗紫外辐射主要针对舱外电连接器;真空冷焊则针对需要在空间进行插拔的电连接器。

4.5 可靠性设计准则

4.5.1 一般要求

电连接器设计的一般要求如下:

- 电连接器原材料的选择应优先选用经过使用验证的材料,当选用新材料时应充分了解材料的贮存和使用方法及材料性能指标是否满足产品使用要求;
- 电连接器材料及工艺选择应符合宇航禁限用规定;
- 电连接器非金属材料应满足热真空释气及抗辐照指标要求,金属零件镀镍时应采用化学镀镍,选用材料的生产厂家应符合相关体系的要求,有质量保证和稳定供货的能力;
- 电连接器需要在空间环境下进行操作的,应充分考虑航天员着装(舱内或舱外工作服)后的基本形态及体位受限状态,以满足人机功效学的操作要求。应编制人机功效学试验方案,提交顾客开展人机功效学试验。

4.5.2 裕度设计

电连接器裕度设计的主要参数是额定电流、额定工作电压和工作温度,具体裕度设计准则如下:

- 额定电流:对额定电流指标应考虑多芯接触对并联使用时的降额要求,推荐按照表 1 的规定进行;



表 1 额定电流下降率

接触对数目	1~10	11~20	21~30	31~50	51~80	≥81
额定电流下降率/%	0	10	20	30	40	50

- 额定工作电压:电连接器额定工作电压不超过耐电压的三分之一;
- 工作温度:一般情况下,考虑电连接器的温升,工作温度不高于电连接器产品最高耐温减掉 50℃。

4.5.3 简化设计

电连接器应采取简化设计,使产品提高可靠性,具体设计准则如下:

- 对产品功能进行分析,合并相同或相似功能,消除不必要的功能;
- 在满足规定功能要求的条件下,应减少产品组成部分的数量及其相互间的联接;
- 应实现零、部、组件的通用化、系列化与组合化,控制非标准零、部、组件的使用比例;
- 应减少标准件的规格、品种,用较少的零、部、组件实现多种功能;
- 故障率高、易损坏、关键性的零部件应具有良好的互换性和通用性。

4.5.4 防错设计

防错设计是指电连接器通过结构设计防止人为错误,具体要求如下:

- 电连接器应设计防反插功能,通常外壳对接端设计为非对称形状,从结构上保证防反插;
- 当一个对接面板上需要对接多对同规格的电连接器时,应设计防误插功能,通常采用设计外壳键位实现。

4.6 工艺性(可生产性)和经济性准则

工艺性(可生产性)和经济性的原则具体如下：

- a) 设计电连接器及零部件时,应考虑加工工艺水平、装配工艺水平以及外协生产能力,从结构上进行优化和简化。在满足使用要求的前提下,优先选用性价比高的加工精度、镀层组合及镀层厚度；
- b) 在满足使用要求的前提下,选择质优价廉、加工性好的材料,优先选用有宇航应用经历的材料类别、牌号、品种及厂家。

4.7 “三化”准则

“三化”具体要求如下：

- a) 通用化:电连接器的通用化设计应以标准接口为设计的基本原则,设计前,应全面理解相关标准的规定和要求,包括:外形尺寸、接口尺寸、安装尺寸、绝缘安装板、接触件,应符合相关标准(设计输入)的规定,零件设计应优先选用标准件；
- b) 系列化:电连接器的结构设计应充分考虑品种和规格的扩展,一类结构类似的连接器应形成完整的系列型谱排列；
- c) 组合化:将电连接器划分出一系列通用或标准模块,例如:基座合件、接触件合件,拼合成满足不同需求并具有新功能的产品。

5 设计方法

5.1 设计流程

电连接器的设计按照图 1 所示的程序进行,设计人员应按照 5.2 进行需求识别,形成全面的设计输入后,按照 5.4 开展产品设计。设计输出应与设计输入进行符合性检查,满足设计输入要求的则设计流程完成,若不满足应回到设计输入进行重新设计。

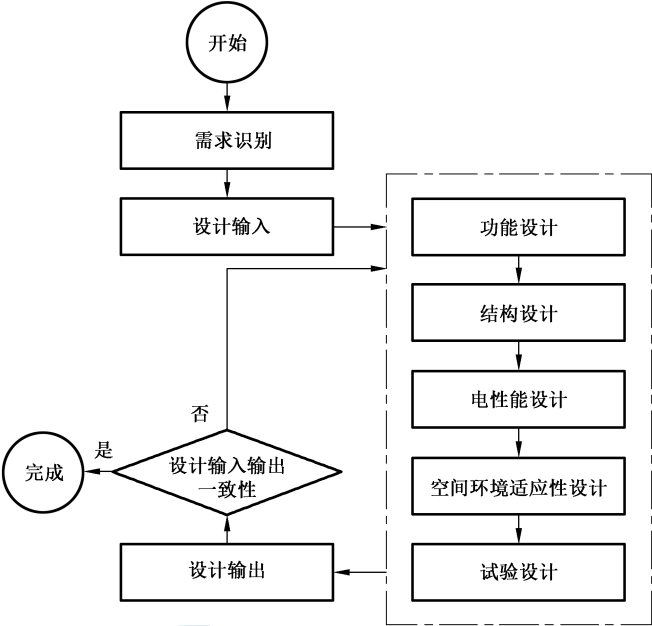


图 1 设计程序框图

5.2 需求识别

5.2.1 总则

通过市场调研、顾客沟通等方式进行需求识别,将顾客需求转换为质量特性。需求来源于明示的输入、隐含的输入、法律法规以及禁限用工艺及材料的规定。

5.2.2 明示的输入

明示的输入包括:

- a) 外形、安装、接口、功能、性能、指标、标准等技术要求;
- b) 顾客提供的技术文件(当有时),包括质量保证大纲、标准化大纲、测试大纲、环境适应性大纲、验收要求等。

5.2.3 隐含的输入

隐含的输入包括:

- a) 相关标准的要求,包括材料标准、工艺标准、试验标准;
- b) 可以引用的产品通用规范或类似的可以借鉴的产品通用规范;
- c) 预定用途所需的环境性能指标、电磁兼容指标、可靠性指标、安全性指标、维修性指标。

5.2.4 法律法规

与产品有关的法律法规要求包括环境保护要求、RoHS(限制电子电气设备使用有害成分的指令)、职业健康要求,设计时应树立环境保护理念,充分考虑制造、使用人员的职业健康安全。

设计时应选择环保材料,应要求供应商提供检测报告。产品所涉及的工艺过程应从环境、操作等方面考虑对人员健康的影响并采取措施。

5.2.5 禁限用工艺及材料规定

材料及工艺的选用应符合以下要求:

- a) 避免使用氧化铍、锂、镁材料;
- b) 禁止使用汞、放射性材料;
- c) 禁止使用纯银、纯锡等金属材料,使用锡铅合金时,铅含量应大于3%;
- d) 禁止绝缘介质使用不良或未认可的有机材料;
- e) 禁止不相容金属直接接触使用;
- f) 禁止使用镀锌或镀镉;
- g) 禁止采用底层镀银的电镀工艺;
- h) 禁止使用真空下有害气体释放的非金属材料。

5.3 设计输入

经需求识别的顾客要求作为产品的设计输入,设计输入通常以研制任务书的形式体现,作为项目研制开发的依据。

5.4 具体设计方法

5.4.1 总则

电连接器设计应遵循通用要求及详细要求,借鉴成熟的结构和技术,按照通用要求进行产品验证考

核,按照电连接器的使用要求、产品特点进行特征技术指标考核。

5.4.2 功能设计

产品的功能设计应按以下步骤进行：

- a) 功能描述
在充分理解顾客的需求后,确定电连接器需要实现的功能,当功能实现需多个子系统通过不同的技术途径共同完成时,应将总功能分解为各个分功能。功能由动词加名词的方式描述,例如:传输信号、密封外壳。
- b) 确定目标
功能识别后,依据功能提出设计目标,目标应可测量、可定量,例如:电流、电压、外壳防护等级、泄漏率要求。
- c) 明确技术途径
当实现某一功能有多种技术途径时,应对技术途径从可行性、经济性、相容性、可靠性方面进行分析,确定最佳途径。

5.4.3 结构设计

产品结构设计应按照以下要求和步骤进行：

- a) 功能实现设计
明确实现每个功能的零件结构,单个零件功能不应超过 3 种。图 2 为电连接器必备的基础功能以及功能实现的零部件。

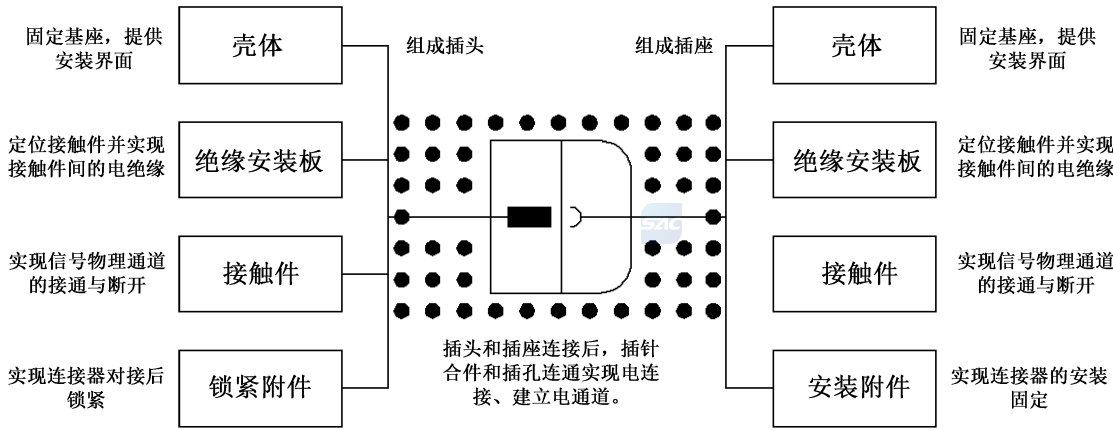


图 2 电连接器功能框图

- b) 运动设计
采用自由度分析法,绘制自由度简图,确认满足运动要求,分析零件的受力情况,以进行强度核算。
- c) 强度、刚度设计
通过对零件的分析,确定受力状况,选用合适的安全系数,确定结构尺寸和形状。
- d) 工艺性设计
详细了解本单位的生产经验、加工技术和设备的条件,开展产品装配、零件加工工艺性审查工作。

5.4.4 电性能设计

电连接器的电性能设计应按以下要求和步骤进行：

- a) 明确电性能指标
明确产品的电性能指标要求,例如:绝缘电阻、介质耐电压、接触电阻、屏蔽效能、特性阻抗、插入损耗、回波损耗。
- b) 影响因素识别
掌握各项电性能指标失效机理,确定影响因素,将影响因素转换为对产品结构、材料等设计要素的要求。
- c) 相关标准要求
充分查询相关通用规范对各设计要素的要求,设计取值应满足其要求。

5.4.5 空间环境适应性设计

5.4.5.1 总则

电连接器在空间环境中使用,应满足特定的空间环境指标要求。应与顾客充分沟通,根据产品的具体使用部位、任务剖面以及寿命要求确定空间环境的具体指标。

5.4.5.2 热真空释气

电连接器应选用满足热真空释气的非金属材料。电连接器所使用的非金属材料应按照相关要求开展试验,典型试验条件为:温度 125℃,真空度低于 7×10^{-3} Pa,放置 24 h,试验后材料总失重 $TML \leq 1.0\%$,吸收挥发冷凝物 $CVC \leq 0.1\%$ 。对于筛选合格的材料,应与顾客沟通试验结果,根据材料的用途、用量、使用部位、环境条件、相对飞行器敏感系统及表面的方位、敏感系统和表面的温度等因素做进一步分析,确认材料可用。

5.4.5.3 有害气体释放

用于航天器乘员舱的电连接器,应选用满足有害气体释放要求的非金属材料。非金属材料释放的有害气体包括刺激性和特殊气味气体、一氧化碳、有机物(戊烷等),有害气体试验不应超过最高容许浓度,具体如表 2 所示。

表 2 乘员舱有害气体最高容许浓度(7 天以内容许限值)

气体名称	来源	最高容许浓度 mg/m ³
一氧化碳	人,材料	30.0
氨	人,材料	10.0
丙酮	人,材料	240.0
乙醇	人,材料	200.0
乙酸	人,材料	5.0
甲醇	材料	25.0
甲醛	材料	0.5
乙醛	材料	20.0

表 2（续）

气体名称	来源	最高容许浓度 mg/m ³
苯酚	材料	2.5
苯	材料	5.0
甲苯	材料	50.0
二氯甲烷	材料	85.0
总悬浮颗粒物	材料	0.3(日平均浓度)

除满足表 2 的要求外,还应满足非金属材料选用的医学要求,具体如下:

- a) 排出刺激性和特殊气味气体的气味等级不大于 1.5 级;
- b) 脱出一氧化碳不大于 25 μg/g(正常大气环境,101.325 kPa,50 ℃,72 h);
- c) 脱出总有机物不大于 100 μg/g((戊烷)正常大气环境,101.325 kPa,50 ℃,72 h);
- d) 总质量损失不大于 1%(测试条件采用正常大气环境,101.325 kPa);
- e) 可冷凝挥发物不大于 0.1%(测试条件采用正常大气环境,101.325 kPa);
- f) 闪点、燃点不小于 204 ℃。

5.4.5.4 抗辐照

电连接器应选用满足抗辐照要求的非金属材料。宇宙飞船、卫星等航天器用电连接器设计时应考虑空间环境辐照剂量值,并按照满足 2 倍~3 倍剂量值进行设计。试验应采用电连接器进行,不应单独采用材料进行。

5.4.5.5 抗原子氧

低轨道舱外用宇航电连接器应考虑原子氧对电连接器材料造成的性能变化,应选用满足要求的材料。通过模拟原子氧的环境条件,考核电连接器在电性能、力学性能方面的变化情况。试验应采用电连接器进行,不应单独采用材料进行。

5.4.5.6 抗紫外辐射

电连接器应选用满足紫外辐照要求的非金属材料。

5.4.5.7 真空冷焊

电连接器相互接触且需要运动的零部件,应考虑真空冷焊的影响。真空冷焊试验应能模拟产品实际的应用环境,通过测试插拔力、电性能指标判断是否发生冷焊。

5.4.6 试验设计

5.4.6.1 总则

电连接器除开展鉴定试验外,还应策划开展功能性能分析、结构分析、极限试验分析,以评估产品适合宇航应用。

5.4.6.2 功能性能分析

对电连接器在不同条件下的功能性能与实际应用的符合性进行分析、评估,通过试验得出不同温度

应力、电应力条件下的性能变化趋势。功能性能分析的项目包括电连接器的结构尺寸、电、机械方面的功能性能和特殊功能性能。当电连接器为替代研制时,应与目标连接器进行对比分析。

5.4.6.3 结构分析

分析各零件在互配过程中是否会产生异常受力、相互干涉等影响电连接器可靠性的因素。结构分析的主要内容及手段见表 3。

表 3 产品结构分析及手段

结构分析的内容		结构分析的手段
标识	标识位置、标识内容、标记牢固度、清晰度等	外部目检、X 光检查、制样镜检、EDX、SEM、红外光谱分析、内部检查等
材料	材料性能分析	
基本设计结构	封装形式、尾端形式、安装结构	
内部结构	壳体结构、绝缘安装板结构、接触件在绝缘安装板内的保持结构、绝缘安装板与外壳的固定结构、接触件排列、接触件结构、导向结构	
插合系统	针孔啮合系统、导向机构和锁紧结构	

5.4.6.4 极限试验

通过对电连接器关键性能指标进行拔高试验,获得电连接器极限承受能力的的数据及主要失效模式,同时根据试验暴露的薄弱环节采取优化措施。极限试验项目应包括:

- a) 电应力极限试验;
- b) 温度应力极限试验;
- c) 机械应力极限试验。

5.5 设计输出



设计输出前应全面评审,包括设计、工艺、质量、市场方面的分析,全面评估设计输出与输入的符合性。