

电子电气设备 设计与制造技术

王萍 著

北京工业大学出版社

电子电气设备设计 与制造技术

王 萍 著

北京工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电气设备设计与制造技术 / 王萍著. — 北京 :
北京工业大学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5639-5485-8

I. ①电… II. ①王… III. ①电子设备—工艺设计
②电气设备—工艺设计③电子设备—生产工艺④电气设备
—生产工艺 IV. ①TN05②TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第127365号

电子电气设备设计与制造技术

著 者: 王 萍

责任编辑: 张 贤

封面设计: 历 程

出版发行: 北京工业大学出版社

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编: 100124)

出 版 人: 郝 勇

经销单位: 全国新华书店

承印单位: 北京市迪鑫印刷厂

开 本: 787mm×1092mm ¹/₁₆

印 张: 16.5

字 数: 370 千字

版 次: 2018 年6月 第1版

印 次: 2018 年6月 第1次印刷

定 价: 60.00 元

标准书号: ISBN 978-7-5639-5485-8

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题, 请寄本社发行部调换)

前 言

高等工程教育的培养目标是培养德智体诸方面全面发展、受到工程师基本素质与技能训练的高技术应用性人才。就我国目前现状,电气类专业毕业的学生,工作于工厂车间、从事工艺工作的为数很多,为适应电气类专业教学的需要,为加强工艺实践环节,特组织编写本书。本书由全国普通高等教育应用型人才培养规划教材编审委员会组织审定并推荐出版。

随着科学技术的进步,工艺技术的不断发展,要求产品设计师既要掌握产品设计方面的专业技术,又要懂得工艺技术,这是有一定困难的。“电子电气设备工艺设计与制造技术”课程就是为了弥补电气类专业学生对电子电气设备(产品)结构及制造工艺方面的知识不足而开设的。

本书是一本以讨论电子电气设备结构设计、组装、调试等方面的工艺性问题和制造技术为主要内容的实用教科书。全书共八章,内容包括:电子电气设备结构设计的一般问题,机柜机箱设计,电磁兼容性与抗干扰措施,防护措施,印制电路板制造工艺技术,电子产品及设备的质量控制与质量管理,电力电子设备特殊工艺问题的处理,电子电气设备制造工艺管理。本书适合作为高等工科院校电气类专业,特别是自动化、电气工程及其自动化、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等专业教学用书,也适用于职业技术学院、职工大学、业余大学和函授大学的有关专业,亦可供从事电子电气设备结构设计、现场工艺、工艺管理等工艺技术人员参考。

在本书编写过程中,有关工厂、院校、科研单位与有关专家给予了大力支持和帮助。限于编者的业务水平,加之近年来新技术、新工艺的不断出现,书中有很多不足之处,希望广大读者批评指正。

目 录

第一章 电子电气设备结构设计的一般问题	1
第一节 电子电气设备结构设计的主要内容	1
第二节 电子电气设备结构设计所需考虑的问题	2
第三节 人机工程学在电子电气设备结构设计中的应用	10
第二章 电子电气设备的机柜机箱设计	24
第一节 概述	24
第二节 机架机柜结构设计	26
第三节 机箱结构	31
第四节 底座设计	33
第五节 面板设计	34
第六节 导轨及附件	35
第七节 工业计算机集中控制操作台结构设计	36
第三章 电子电气设备的电磁兼容性与抗干扰措施	41
第一节 概述	41
第二节 电磁干扰及干扰途径	41
第三节 屏蔽原理及屏蔽措施	44
第四节 滤波器	47
第五节 电子电气设备的接地系统	48
第六节 电子电气设备的电路隔离技术	49
第四章 电子电气设备的防护措施	54
第一节 气候因素的防护	54
第二节 电子电气设备(产品)散热及防护	58
第三节 电子电气设备的减振与缓冲	65
第五章 印制电路板制造工艺技术	71
第一节 印制电路板的类型与特点	71
第二节 印制电路板的设计基础	93
第三节 印制电路板的印制与制造工艺	100

第四节	印制电路板的质置检查及控制	103
第五节	印制电路的新发展	104
第六章	电子产品及设备的质量控制与质量管理	106
第一节	设计审查	106
第二节	系统可靠性管理	110
第三节	系统维修性管理	129
第四节	电子元器件的质置、电子元器件的选用与老化方法	130
第五节	产品试验项目与试验方法	134
第六节	电子产品与电子设备的质量反馈	140
第七节	简易质量管理图	153
第七章	电力电子设备特殊工艺问题的处理	167
第一节	概述	167
第二节	电力电子元器件的选择	184
第三节	整流变压器的设计与安装工艺	194
第四节	设备的联线安装工艺	208
第五节	电力电子器件的散热设计	211
第六节	柜体设计与生产工艺	214
第七节	保护环节的设计与工艺问题	214
第八章	电子电气设备制造工艺管理	220
第一节	工艺工作在企业中的作用和地位	220
第二节	工艺管理体系	229
第三节	生产技术准备过程中的工艺管理	231
第四节	生产现场的工艺管理	239
第五节	工艺文件的完整性	241
第六节	工艺纪律管理	241
第七节	工艺验证	242
第八节	ISO9000 系列标准简介	244
第九节	3C 认证知识简介	249
参考文献		252

第一章 电子电气设备结构设计的一般问题

第一节 电子电气设备结构设计的主要内容

在电子电气设备的设计中,需要进行结构设计,电子电气设备的结构设计所包括的内容,大致有以下几个方面。

一、整机组装结构设计

整机组装结构设计也称整机总体结构设计,它包含以下内容:

(一) 结构总体布局设计确立整机结构形式和尺寸,进行元器件布局、布线和组装设计。

(二) 结构件设计包括机柜、机箱(或插入单元)、机架、机壳、底座、面板、导轨及其他附件的设计。

(三) 机械传动装置设计在设备使用和控制过程中,对某些参数(电或机械)的调节和控制所必需的各种机械传动组件或执行元件进行设计。

(四) 机、电连接结构设计各种接插件、开关元件等活动连接件的选用,以及互连结构的设计。

(五) 环境防护设计包括元器件、组件及整机的热设计,防腐、防潮、防霉设计,振动与冲击隔离设计、屏蔽接地设计等。

(六) 总体造型与色彩设计人机关系处理,装饰美工设计等。

二、组件的结构设计

(一) 电气组件结构设计主要是保证电性能的合格和良好的工艺性,如整流电源组件、高频组件设计等。

(二) 机械组件设计包括各种调谐、调节、控制、显示机构设计,主要考虑机、电协调和精度。

三、热设计

电子电气设备的热设计,是指对电子电气元器件、组件及整机的温升控制。温升控制

的方法有自然空冷、强迫空冷、强迫液冷、蒸发冷却、温差电制冷、热管传热等。

四、隔振与缓冲设计

为了减少设备在使用和运输途中外界机械因素对其的影响,需进行隔振与缓冲设计。其内容包括:机械力引起材料疲劳应力分析,结构谐振对电性能的影响,结构的强度、刚度和稳定性问题,减振系统设计及选用,结构耐冲振设计。

五、电磁兼容性设计与抗干扰措施

电子电气设备的电磁兼容性设计,可以提高电子电气设备的抗干扰能力,以保证设备电性能指标的实现,包括屏蔽设计与接地设计等。

六、连接设计

电子电气设备中存在着大量的固定、半固定以及活动的电气接点,实践证明这些接点的接触可靠性对整机和系统的可靠性有很大的影响。因此,必须正确地设计、选用连接工艺,如钎焊、压接、熔接等;正确选用各种接插件、开关件等。

七、结构试验

根据技术要求和设备的特殊用途,对模拟设备或试制产品进行各种结构试验,以考核设计的正确性和可靠性。结构试验包括环境适应性试验、可靠性试验、寿命试验、结构刚强度试验、结构电性能试验、机构的机械性能和精度分析试验等。

上述各个结构设计内容是相互关联的,不能把它们截然分开,在设计时需进行综合考虑。

综上所述,电子电气设备的结构设计包含着相当广泛的技术内容。它是一门边缘学科,包括有力学、机械学、化学、电学、热学、光学、工程心理学、环境科学等多门基础学科的综合利用。本课程仅是扼要地介绍电子电气设备结构设计、人机工程学在其中的应用、制造工艺、装备与调试工艺、工艺管理等基础知识,以赋予设计人员、工艺人员以及工艺管理人员等必备的基础知识,如需进一步研究,可参阅其他专门的论著。

第二节 电子电气设备结构设计所需考虑的问题

现代电子电气设备的结构设计问题是与提高产品质量和生产效率的任务结合在一起的。为此,电子电气设备的结构设计必须考虑下列三个方面的问题。

一、电子电气设备的工作环境

电子电气设备所处的环境,可分为自然环境和使用环境。

自然环境包括温度、湿度、气压、风沙、辐射、盐雾、降水、生物危害等自然条件所形成的因素。

使用环境是设备在工作、运输、储存中所处的环境。使用环境时常受自然环境诸因素的影响,由于电子电气设备用途广泛和运输工具的不同,其使用环境相当的复杂,其中包括一般室内环境、一般室外环境、恶劣的工业环境、地面车辆环境、水域舰船环境、地下坑道环境、空间飞行环境、原子辐射环境。

电子电气设备所处的环境是复杂多样的,但对其影响而言,可主要归结于三个方面:气候因素影响,机械因素影响,电磁干扰影响。在进行结构设计时,既要考虑一般的自然条件(自然环境),又要考虑使用条件(使用环境),确定其主要影响因素,根据自然环境和环境中各个因素可能出现的最恶劣情况进行结构设计,以保证设备在受到多种环境因素的长期综合作用下,仍能稳定而可靠地工作。

(一) 气候因素的影响

我国疆域辽阔,南北跨温、热两大气候带,大部分地区属东亚季风气候,由于各地海拔、距海远近的差异和多种地形错综分布的影响,形成了全国气候复杂多样的特点。根据我国地理位置以及电子电气设备金属腐蚀与防护要求,电子电气产品的气候带分为热带、亚热带、温带和寒带四个气候带;其气候区分为湿热区、亚湿热区、亚干热区、高原区、温和区和干燥区六个气候区。

1. 温度因素的影响

高温对处于工作状态的电子电气设备有严重影响,表现为设备散热困难、电参数变化、元器件热击穿、稳定性与可靠性下降等。情况严重时,设备无法工作或造成损坏。低温对处置于储存状态的电子电气设备有不良影响,主要表现为材料变质、元器件性能改变或损坏、出现凝露受潮现象等等。某些功率较小,工作于极低温度下的电气设备电性能也会变坏。

温度的剧烈交变对于电子电气设备有极大的危害。主要表现为电参数变化、热应力损坏和凝露受潮使材质变质损坏。在昼夜温差达30。(以上的地区(如沙漠地带)使用的电子电气设备应进行温度交变试验。

运载工具中的电子电气设备的环境温度往往高于自然环境温度,应引起足够重视。

2. 干燥和湿热气候的影响

高温和湿热气候对电子电气设备有极大的危害,主要表现为材料受潮变质,绝缘性能下降,元器件电参数变化、短路、腐蚀和霉菌、昆虫侵蚀,特别是湿热剧烈交变对其影响更为严重。对工作于湿热地区的电子电气设备必须进行湿热交变试验。

干燥使纤维材料和塑料、橡胶等有机材料变干发脆,从而导致某些部件(如绝缘件、密封件、弹性件等)失效。

3. 气压的影响

随着高度增加,气压降低,电子电气元器件抗电强度下降,导致飞弧、击穿。试验表明:在海拔 5000m 以下,每升高 100m 抗电强度下降 1%;在 3111 高空抗电强度为地面的 9.9%。同时由于大气密度减小,设备对流散热能力变差。测试表明:在 5000m 以下,每升高 100m,设备温度升高 $0.4-1^{\circ}\text{C}$;在 1000m 高空,对流散热能力约为地面的 50%。

4. 盐雾和大气中有害物质的影响

海上和沿海大气中含有盐分而形成盐雾。盐雾使设备的绝缘性能大大降低,盐雾沉积在设备或元器件、零部件上会加速腐蚀,特别是当盐雾和高温、高湿结合在一起时,造成的影响更为严重。故沿海和海用设备应进行盐雾试验。

在部分工业环境中,大气中存在着工业生产排放的污染物质,如二氧化硫、氯化氢以及各种化学反应形成的烟雾。这些含有酸、碱、盐成分的雾,引起电子电气设备金属部件的腐蚀,并使有机材料变质。

工业环境中所存在的工业粉尘、生物碎屑、霉菌孢子,随气流四处传播,它们侵入电子电气设备,加速设备运动部件的磨损,破坏绝缘,形成危害,应予以重视。

5. 其他因素的影响

湿热、亚湿热地区温湿度适宜,易繁殖昆虫和滋生霉菌,对电子电气设备造成危害。

日光直接照射会引起电子电气设备过热,引起光化学反应,使有机材料老化、变质并导致元器件绝缘强度下降,甚至造成损坏。

(二) 机械因素的影响

电子电气设备在使用和运输过程中,要经受各种机械因素的作用。其所经受的机械作用可分为两类:一是设备工作时固有的正常的机械磨损,如设备中运动部件长期工作所产生的磨损,使设备寿命缩短。二是设备在运输过程中和在运载工具中工作时,受到外界的动力作用,虽然是随机性地产生,但终将可能对设备造成严重破坏性后果。我们在此所讨论的机械因素对电子电气设备的影响,是指外界对电子电气设备所施加的各种动力作用,包括:振动、冲击、碰撞和离心力等。

1. 振动物体受重复交变力(激振力)作用即产生振动,这时物体作周期性往复运动。激振力来源于运载工具的发动机及电子电气设备内高速旋转体的质量心等。

振幅大小和振动频率高低,取决于运输工具和设备具体安装应用场合。振动可能是单一频率的,也可能是多种频率振动的叠加。

2. 冲击、碰撞冲击和碰撞是一种不规则的瞬间外力作用于设备的现象。如果这种外力随机出现,作用时间极短,加速度大,称为冲击。如这种外力具有重复性,作用时间较冲击长且加速度不大,称为碰撞。冲击和碰撞从本质上来看没有多大的区别,只是对设备

的影响有所不同。冲击持续时间越短,冲击加速度越大,其破坏作用越大。

3. 离心力(或离心加速度) 离心加速度是运载工具旋转或做曲线运动时所产生的加速度,离心加速度越大,设备所承受的离心力也越大,带来的后果也越严重。

上述三个机械因素作用于电子电气设备时,将产生不良的严重的后果,主要表现在以下几个方面:

(1) 机械性损坏。结构件破裂、变形、疲劳损坏;元器件引线、导线断裂、焊点脱焊,紧固失效,元器件损坏等等。

(2) 电性能变化、工作点变化。如可变电容片因谐振使电容量变化,电感回路因磁芯移动而造成回路失谐,高频电路的导线因位移使电容量发生变化;因振动或谐振而产生机械噪声,干扰设备正常工作等等。

(3) 电连接和电接触失效。如使电接触元器件接触不良或失效,插接件从插座中跳出,接触器、继电器接触簧片抖动或误动作等。

(4) 其他。腐蚀加重、涂覆层破坏、振动冲击使晶间腐蚀和应力腐蚀加重;金属件(特别是电镀金属中)的氢脆和内应力变化加剧,油漆涂覆层剥落等等。

实践证明,电子电气设备由于振动而引起的损坏大大超过冲击所引起的损坏,而离心力引起的损坏只有在特殊的情况下才产生。在上述机械因素的影响下,从电子电气设备的失效和损坏类型来看,统计资料表明:阻容元件损坏占50%以上,电真空件损坏占20%,紧固件松脱占11%,电连接失效占10%左右。为此,在结构设计和装配工艺上应采用有效的减振、缓冲措施,以提高电子电气设备工作的可靠性。

(三) 电磁干扰及其对电子电气设备的影响

在电子电气设备的外部 and 内部存在着由于各种原因产生的电磁波,这些电磁波如果不是电子电气设备需接收的信号,就构成了对电子电气设备的干扰,从而形成了噪声。

电磁干扰来源于:

1. 固有干扰源它是物理性的无规则波或所造成的干扰,如电接触不良产生的干扰信号,导线在磁场中振动等等。

2. 他为干扰源如其他设备发射出的电磁波;电晕、电火花、放电管所引起的放电干扰;电动机、接触器、继电器、开关等引起的电磁干扰;由于设计不合理引起设备内严重的寄生耦合干扰等等。

3. 自然界干扰源如宇宙射线、天电、雷电、太阳黑子的干扰等。

电磁干扰使电子电气设备输出噪声增大,工作不稳定,严重时设备完全不能工作。因此,对电磁干扰应采取各种电气上的和结构上的措施,以减弱或消除这种干扰。

二、对电子电气设备的使用要求

在设计电子电气设备时,不但要充分了解设备的工作环境条件与特点,还必须了解用

户（使用方面）对电子电气设备提出的各种要求。只有能充分满足使用要求的电子电气设备才能充分地发挥其效能。

（一）体积、重量要求

电子电气设备的体积和重量大小已成为表征设备技术性能的指标之一，减小电子电气设备的体积和重量本身不是目的，而只作为满足一些现代技术要求的手段，如扩大设备的应用范围、降低材料消耗和改善使用特性等。

电子电气设备系统的总体积和总重量取决于设备本身、冷却或加热装置、辅助设备、备件和电源（用等效功耗来计算）的体积（重量）之总和。由此，减小电子电气设备的体积和重量的措施应涉及设备的所有各个组成部分。

电子电气设备的外形尺寸首先取决于所用元件的特点及元器件的安装密度。元器件的安装密度受到工作特性的限制。例如，由于元器件过分密集，会使热状态变化，并使确保电磁兼容性、易维修性等问题变得更加复杂。在这种情况下，必须采用功率更大、更复杂、更昂贵的冷却方法，增加辅助屏蔽和元器件连接通路。因此，冷却装置、屏蔽体和连接器本身的体积（重量）在个别情况下可能比靠元器件的高安装密度所节省下来的体积（重量）还大。

从生产角度考虑，减小电子电气设备的体积重量，意味着原材料消耗降低，具有一定的经济意义。

为了表征电子电气设备的体积和重量，则须将其体积重量量化。表征电子电气设备体积重量的指标有：

1. 平均重量体积比

定义：设备的总重量与总体积之比为设备的平均重量体积比，用 D 表示： $D = \frac{M}{V}$ 。式中， D —平均重量体积比（ g/cm^3 、 kg/dm^3 、 t/m^3 ）； W —设备的重量（ g 、 kg 、 t ）； V —以设备外形尺寸计算的总体积（ cm^3 、 dm^3 、 m^3 ）。

2. 体积填充系数（组装密度系数）

$$K = \left(\frac{1}{V} \sum_{i=1}^n V_i \right) \times 100\%$$

定义：设备内部零部件、元器件的体积总和与机箱柜内部容积的比值称为体积填充系数，用 K 表示。式中： K —机箱（柜）内部容积（ cm^3 、 dm^3 、 m^3 ）； K —各零部件、元器件的体积（ cm^3 、 dm^3 、 m^3 ）。

3. D 和 K 值对结构设计的影响

电子电气设备的平均重量体积比对结构设计有直接影响。当 D 为 $5kg/dm^3$ 时，结构设计不会遇到困难，当 D 为 $1.5 - 1.7kg/dm^3$ 时，结构设计需要精心安排；当 D 为 $2 - 2.2kg/dm^3$ 时，结构设计需要应用特殊材料（如高强度金属合金）、高稳定度小型化元器件，并采用新结构；当 D 达到 $2.5kg/dm^3$ 时，结构设计将很困难。

随着 D 的增大, 设备的体积填充系数 X 也会提高。目前, 一般的电子电气设备其 K 值为 $10\% - 25\%$; 结构紧凑的电子设备 (如采用多层印制电路板和超小型元器件的设备) 其 K 值为 $25\% - 40\%$; 而采用灌封电路的电子设备其 K 值可达 60% 。

平均重量体积比 D 越高, 体积填充系数 K 越大, 标志着电子电气设备的组装密度越高。现代电子电气设备当使用和安装条件较苛刻时, 希望有较高的组装密度, 但组装密度高会产生一系列的矛盾, 给结构设计带来较大的困难。主要表现在以下几个方面:

(1) 设备温升限制是绝大多数设备 (特别是中、大功率设备) 提高组装密度时遇到的最大困难。设备组装密度高则单位体积发热量增大, 散热困难。为了确保设备温升不超过限度就需要采用强迫冷却系统, 冷却系统本身具有一定的体积重量, 反而提高了设备的总体积重量。因而不能过分地追求高组装密度。

一般说来, 在没有强迫冷却的情况下, 设备内的温度随着平均重量体积比增加而升高。当平均重量体积比为 $2 - 3\text{kg}/\text{dm}^3$ 时, 设备内温度可达 $150 - 200^\circ\text{C}$ 。显然, 这样的设备不进行强迫冷却是无法工作的。

(2) 随着组装密度提高, 元器件间距离减小, 会导致设备性能稳定性和可靠性下降。尤其是超高频和高压设备, 由于分布电容增大, 易产生自激和脉冲波形变坏, 在高压下还易产生飞弧、短路和击穿。

(3) 随着组装密度提高, 装配和维护修理将增加困难, 也会降低产品的可靠性。此外, 组装密度高的产品, 生产成本往往较高, 维护费用增大, 其经济性也较差。

(二) 各种防护要求

电子电气设备工作于各种各样的工作环境中, 为了确保设备可靠地工作, 在电子电气设备结构设计时, 必须采取各种防护措施, 以增强电子电气设备适应各种工作环境的能力。具体应考虑以下问题:

1. 通过热设计提高电子电气设备的散热能力, 从而把设备的温升控制在允许范围之内; 根据设备使用环境的特点, 保证设备内的各零部件、元器件和结构件能够承受温度骤变的热冲击。

2. 通过各种防护、防腐设计提高电子电气设备抗恶劣环境的能力, 保持设备在各种恶劣气候条件下能可靠地工作。

3. 通过减振缓冲设计和加强机械结构强度、刚度, 使电子电气设备能适应外界机械因素的作用。

4. 利用各种防干扰措施, 保证电子电气设备性能稳定, 以达到技术指标。

三、电子电气设备的生产要求

在设计电子电气设备时, 必须考虑生产上的各种要求, 如结构工艺性、经济性、标准化等。符合生产要求的电子电气设备, 才能高效率、低成本地制造出来, 产品质量也能得

到保证。

(一) 结构工艺性

产品的工艺性是指产品无需作重大变化且在一定数量下以最低成本适于工业制造的程度。工艺性与工艺过程不同,它是在设计和研制产品时所赋予产品的一些质量指标,这些指标规定有可能以最少的人力与物力制造产品、降低成本、缩短设计和掌握制造产品的时间。

结构工艺性包括:零件加工工艺性,装配工艺性(机械装配和电气装配)。

结构的工艺性是指结构是否适合于所规定的生产批量材料的和工时的消耗、制造新结构所需的时间以及生产资金的相对耗费等结构性能的总和。因此,影响结构工艺性的因素是多方面的。决定电子电气设备工艺性的主要因素有:结构的继承性,零件的重复性,结构的标准化,毛坯选择及工艺过程的合理性,材料品种是否适当以及工时和材料的消耗和装配工艺性等。

工艺性是按下列主要工艺性质来进行评价的:标准化的零部件的适用范围;早期研制出的产品的继承性;在所研制的产品零、部件的重复性;材料和品种的同类型;材料的利用率;模压件、冲压件、铸造件与零件总数的比例关系等。为了定量地表征结构的工艺性,常常用到下列几个量化的参数:

1. 标准化系数

定义:表征机械结构中标准化或规格化零件的使用程度,用 K_{st} 表示: $K_{st} = \frac{N_{st}}{N}$ 。

式中: K_{st} —设备中规格化和标准化零件的数量; N —设备中结构零件的总数量。

2. 继承性系数

定义:表征结构的继承性程度,用 K_s 表示: $K_s = \frac{N_s}{N}$ 。式中 N_s —结构中采用本厂已经掌握的、从其他产品中移用的,或其他工厂能提供的、以及标准化的结构零件数。

3. 重复性系数

定义:表征机械结构中零件规格的统一程度,用 K_e 表示: $K_e = \frac{N_e}{N}$ 。式中 K_r —同一规格的零件名称数。

4. 材料利用系数

定义:表征材料的合理使用程度,用 K_m 表示: $K_m = \frac{N_G}{N_{GM}}$ 。式中 N_G —设备中某类材料制成的零件净重总和; N_{GM} —设备中某类材料制成的零件之毛坯重量的总和。

5. 总工艺性系数

定义:为上述各个系数之和的算术平均值,用 K_M 表示: $K_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i$ 。式中 $K_i = K_m$

($i=1$), $K_2 = K_n$ ($i=2$), 余类推。

从以上工艺指标可以看出:

- (1) 标准化系数越大, 即表示设备标准化、规格化的程度越高, 结构工艺性越好。
- (2) 继承性系数越大, 只要其采用的结构零件本身工艺性好, 则设备的结构工艺性越好。
- (3) 重复性系数越小, 表示设备中采用的零件种类少, 其结构工艺性越好。
- (4) 材料利用系数越大, 表示材料利用率越高, 其材料消耗、工时消耗低, 经济性好, 其结构工艺性好。
- (5) 总工艺性系数越大, 表示其整体结构工艺性越好。

然而, 需要指出的是, 上述工艺性指标系数不能包括结构工艺的全部因素 (如装配工艺性、零件加工工艺性等), 所以也难以建立一个评定结构工艺性的客观标准, 其结构工艺性的评定只能是相对的。

(二) 经济性

电子电气设备的经济性包括两方面内容: 使用经济性和生产经济性。

1. 使用经济性包括设备在使用、储存、运输过程中所消耗的费用。其中设备维修费所占比例最大, 电源费次之。使用经济性与设备的可靠性有密切的关系。因为设备维修费与设备可靠性成反比, 随着设备可靠性的提高其使用费用逐步下降。如果在设计电子电气设备时提高设备的维护修理性能, 降低设备的电路和结构复杂性, 以及减少电能消耗等, 对于提高设备的使用经济性是很有利的。

2. 生产经济性生产经济性实际上就是生产成本, 它包括生产设备费用、原材料和辅助材料费用、工资、管理费用及其他附加费用等。

3. 设备经济性的提高要提高设备的经济性, 就必须在设计阶段时充分考虑以下几方面:

(1) 充分研究产品技术条件, 深入了解产品设计参数、性能和使用条件, 正确制定设计方案和确定产品复杂程度, 这是决定产品经济性的必要环节。

(2) 根据产量确定产品的结构形式和生产类型。因为产量的大小决定了生产批量, 不同的生产批量对产品的结构有很大影响, 生产的批量不同其生产方法 (类型) 也不同, 因而其经济性也不同。

(3) 根据生产厂的生产条件, 按照最经济的生产方法设计零部件, 从而降低产品的生产成本。

(4) 根据产品性能, 在满足技术要求的条件下, 选用最经济合理的原材料和元器件。

(5) 周密地进行产品结构的设计, 使产品具有良好的操纵维修性能和使用性能, 以降低设备的维修费用和使用费用。

第三节 人机工程学在电子电气设备结构设计中的应用

一、概述

(一) 基本问题

产品是否被用户接受及其被接受的程度不但取决于传统的市场因素,如技术特征、价格和服务,而且越来越多地取决于用户界面的组织及其人机工程设计。产品用户界面设计不好,用户使用时感到困难和麻烦,这样就可能造成产品效益难以发挥,甚至可能造成用户弃之不用。产品界面越是复杂,也就越需要应用人机工程学的理论与方法去解决新技术应用中的各种新问题。人机界面友好和可接受性必然成为产品开发的不可或缺的方面。

人的需要和感觉确定了人机工程中运用美学的可能性。美学的四个观念必须有人机工程学中予以考虑:美学价值接受的个体差异,美学需要,美学冲击现象和美感的情绪色彩。社会学的因素,如文化、现代化和心理学中人的关系问题将意味着更深入的人机研究。人机工程设计要考虑社会、政治、经济的因素等新的研究途径,以及动态环境中人机相互协同的合作方法。

尽管人机工程学研究有着飞速的发展,而只包含在产品系统开发的评价阶段的人机工程设计,导致产品的人机效果的实现很差。因此将人机工程活动及早地并连续地加入到产品系统设计周期中的人机工程设计方法,是成功地得到最优化的产品的一条实用和有效的途径。本章将要介绍人机工程学的基本概念以及人机工程学在电子电气设备结构设计中的应用。

(二) 人机系统

在一个由人操作的现代化生产过程中,生产设备的动作总是由操作者决定的,把操纵设备(机器)的人和设备(机器)联系起来并看作统一的整体,这样的整体就称为人机系统。

在人机系统中,当输入信息出现在设备的显示器上时,操作者的感官(眼、耳等)受到信息(光、声等)的刺激,传给大脑的中枢神经系统,信息被理解、权衡、比较,作出判断和决定,并命令肌肉反应给肢体(手、足等)去操纵设备的控制器,结果经设备传输和处理成为输出,使设备按人的意图进行工作。这一过程就是人机系统和工作流程。

在人机系统中,人与设备间的作用总是相互配合、相互制约的,而起主导作用的是人。国外有统计资料表明,约有58%~70%的生产事故都是由于没有充分考虑人的因素而造成的。因此,在设备的设计、工作地点的布置、控制机构的选择方面,除了满足机械强度、美学要求的造型设计外,还必须满足人的生理、心理特点要求。只有这样,才能使操

作者在对设备进行操纵时,能得心应手,发挥出系统最大的可靠性和效率。

(三) 人机工程学及研究对象

人机工程学是建立在数学、物理学、力学、生理学、解剖学、卫生学、心理学、技术科学、人类逻辑学、生物物理学、生物力学、人类学、环境学、自动控制、信息论、社会学等一系列科学基础上的一门新兴学科。

人机工程学主要研究在技术工程设计中,人机之间的相互联系,即研究人和机器(设备)及其所处的工作环境之间的关系,以便在设计机器(设备)时,更好地在人机之间合理地分配功能,使人和机器(设备)有机地配合。另一方面,根据人一机一环境系统的任务来选择合适的操作者和对操作者进行科学的训练,制定高效率的控制程序和操作程序,从人的动态特点出发,解决一系列的操作问题。

人机工程学的实质,就是在任务一定的情况下,研究分析和计算机器(设备)和操作者在一个统一完整的系统中,如何提高工作效率的问题。这就出现了怎样解决人在操纵机器(设备)时,达到舒适和改善劳动条件的要求,这些要求的解决就构成了设备的组合、操作控制机构的布置、信息显示装置的面板设计、作业顺序等基本问题。此外,人机工程学还研究周围的各种物理条件(空气的组成、气候条件、负荷量、噪声、亮度等),并且分析影响人的工作能力和功能状态的各种因素,以便制定普遍的、合理的以及能在有害环境中保护操作者身体的有效方法,保证操作者能在最佳环境中高效率、高可靠性地操纵复杂的生产设备或机器。

(四) 人机工程学的作用和设计原则

1. 人机工程学在现代生产中的作用

人机工程学在现代生产中的作用可概括为:

(1) 扩大了自动化和机械化的综合应用范围由于人机工程学把人和设备统一考虑,使人能很好地与生产设备相配合,无疑使系统控制越来越复杂,这就要求自动化和机械化的综合应用范围不断扩大,从而不断提高效率。

(2) 扩大了控制范围人机系统中,要求操作者能快速、准确地判断信息,以采取正确的操作。这就要求操作者能在极短的时间内,尽可能多地获得信息,这些信息,将不受时间和空间的限制,因而使操作者的控制范围不断扩大。

(3) 加快了现代化的生产过程的实现在现代化的生产过程中,由于自动化设备和计算技术的应用,在许多场合,操作者不用直接操纵和控制目标,而是根据目标的各种信息反映和统计特性来判断目标的状态,并决定采取什么样的措施,然后发布命令,由生产设备自动控制目标的状态。特别是随着计算机控制技术的应用,操作者所从事的劳动将愈来愈被自动化设备所取代。

2. 人机工程学确定设备的结构时应完成的任务

根据人机工程学的观点,一台(套)好的设备应该具有安全、维护方便、操作舒适等