

工程塑料在电子设备中的应用

生建友 王明月 唐国建 李卫忠

(总参谋部第六十三研究所,南京 210007)

摘要 工程塑料以其独特的性能优势及易加工性而被大量应用于电子设备中。阐述了工程塑料的性能和成型方法,分析了工程塑料的选材问题,详细讨论了电子设备中塑料件结构设计和机箱设计应注意的问题,给出了设计实例。

关键词 电子设备 工程塑料 结构设计 机箱设计 应用

电子设备是当今世界发展最快的高新技术产品之一,它集电子、微电子、计算机、新材料、新工艺等多学科的科研成果于一身,充分体现了国际高新技术产业的发展。电子产品的迅速发展,除了其功能越来越多,性能越来越先进之外,其自重也越来越轻,体积越来越小,其外形越来越人性化,越来越精巧、雅,富有时代感。军用电子设备的小型化、轻量化,除了其经济效益外,更重要的是其军事效益,设备体积越小、自重越轻,其机动作战能力越强,战场生存能力也大为增强,而且极有利于设备的现场级、基层级维修,此时若采用传统的金属材料则很难满足要求。随着材料科学研究的不断深入,工程塑料以其优良的物理力学性能、化学性能、电性能和工艺性能而受到人们的高度重视,并迅速被应用到电子设备中。目前工程塑料用于民用电子设备的量大,用于军用电子设备的量少。

1 工程塑料的性能^[1,2]

全面了解工程塑料的性能是选用工程塑料进行零件设计的第一步。工程塑料是一种以合成树脂为主要成分配以各种适量的添加剂而组成的高分子材料,它的性能主要取决于树脂,而添加剂主要用以进一步改善工程塑料的性能。工程塑料分为热固性塑料和热塑性塑料两种,它具有可塑性好、密度小、比强度大、比刚度高、耐油、耐磨、耐腐蚀、隔音、绝缘、易成型等一系列优异性能。

(1) 力学性能 力学性能是决定工程塑料使用范围的重要标志之一。工程塑料具有较高的强度、良好的塑性、韧性和耐磨性,在许多场合可替代金属材料制造零件和构件。尤其是工程塑料的比刚度很高,远超过了金属材料,被广泛用于制造减轻自重的结构件。力学性能主要包括拉伸强度、剪切强度、冲击强度、疲劳强度、弯曲强度、硬度及蠕变性能等,在设计和使用塑料零件时,必须重视其热蠕变性能这

项重要的使用性能,否则将影响零件尺寸的稳定性,使其不能正常工作或损坏部件,导致设备故障。

(2) 物理性能 物理性能主要包括热性能、密度、吸水性、透气性、透明性等,其中热性能是最主要的指标,它包括耐热性、导热性、热膨胀性等,与金属相比工程塑料的物理性能相对较差。大多数电子设备的工作温度通常在 $-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$,许多种工程塑料都能适用。

(3) 化学性能 化学性能包括耐腐蚀性能和耐候性。大多数的工程塑料对酸、碱、盐等介质具有良好的耐腐蚀性,而金属材料不仅存在化学腐蚀且存在电化学腐蚀,但工程塑料的耐候性比金属材料差,因而需通过添加光稳定剂、紫外线吸收剂等助剂来改进塑料的耐候性。

(4) 电性能 电性能主要包括介电常数、电阻率、介电强度、耐电弧性等,介电常数愈小、电阻率越大、介电强度越高,其电绝缘性愈好。

(5) 工艺性能 工艺性能是指塑料的成型收缩率、流动性和比容积。成型收缩率和流动性与塑料的组成成分、采用的成型方法、零件的壁厚及有无金属嵌件等有关,因此工艺性能在选材、设计和制作时都必须予以高度重视。

2 工程塑料在电子设备中的应用^[2~4]

2.1 工程塑料的选材

用工程塑料替代金属材料作为电子设备的结构件材料是电子设备结构设计中的一大历史性突破。由于工程塑料自身的特点,在应用时有极强的选择性。正确地选用工程塑料必须从技术和经济两个角度进行综合考虑,所选用的塑料除了满足零件的使用性能要求外,还应有良好的工艺性和合理的经济性,这是选材的基本原则。

选材时首先要全面了解设备的各项技术性能指标及零件的工作环境,找出其中几个起主要作用的因素,明确零件对材料的基本性能要求,然后有针对性地选择所需的塑料,选用时可根据每一种工程塑料的性能特征,找出其中一二项比较突出的特性作为优选的对象。如某种塑料以高强度著称,则优先考虑用作承受载荷的零件;某些塑料特别耐腐蚀,则优先考虑用于环境恶劣的电子设备中;某些塑料耐磨性好,则优先考虑用于经常操作、摩擦频繁的零件等。在具体的结构设计中,通常对那些受力较轻的零件如各类电子设备的仪器仪表的底座、盖板、支架等,以及电池盒、电话机、照相机、手机等中空凹型结构件,多选用ABS、尼龙66、聚碳酸酯及聚氯乙烯、聚丙烯等;对中型电子设备的壳体通常选用强度高、刚性好的工程塑料如ABS、聚碳酸酯、氟塑料等。其中民用电子设备的壳体材料用得最多的是ABS,而军用电子设备的壳体主要选用聚碳酸酯。

2.2 塑料件的结构设计

塑料件和金属件一样需要进行结构设计,选择合适的材料后,首先进行结构的优化设计,再经过适当的成型和各种后续加工才能使用。对于所设计的塑料件,其结构形式、复杂程度、尺寸大小、精度和表面粗糙度等不仅要满足设备的使用要求,而且还要满足零件的成型工艺及模具结构的适应性等要求,使其具有良好的结构工艺性。合理的结构设计对简化模具结构、保证零件质量、降低成本有重要意义。具体结构设计时应注意解决好以下几个关键问题:

(1) 壁厚的确定 壁厚太大,不仅浪费材料、增加成本,而且容易产生气泡、凹陷、缩孔、翘曲等缺陷;而壁厚太薄,成型困难,且零件尺寸不好控制。因此塑料件的壁厚应合理设计,通常根据塑料自身的性能及零件的使用要求,即强度、刚度、结构、件重、电气性能、尺寸稳定性及装配等各项要求综合考虑。

(2) 壁厚的均匀性 壁厚应尽可能均匀一致,并尽可能地用圆弧连接,防止在成型过程中由于不均匀的凝固与收缩而在壁厚处产生气泡、凹陷和收缩变形等缺陷,或在急剧过渡处因收缩应力而引起裂纹。

(3) 圆角过渡 对塑料件内、外表面拐角处应采用圆角过渡,否则,若为尖角,则会产生应力集中而影响到零件的强度和成型质量,而且不利于脱模,另外采用圆角过渡有利于后续处理加工。在零件结

构无特殊要求时,在两面折转处也应有圆角过渡,一般半径不小于0.5 mm。

(4) 孔的设计 零件上的孔应尽可能设计在不易削弱零件力学强度的部位,而且孔的形状应力求不增加模具和成型工艺的复杂性,最好是通孔。设计时相邻两孔之间及孔到边缘之间应保留适当的距离,以防止零件在连接固定时开裂,一般情况下所留距离不应小于孔径。另外应尽可能使有孔部位的壁厚大一些,以防止孔眼处因安装零件而破裂。值得注意的是,孔径大小与孔的深度有一定关系,且与零件材料也有关。

(5) 凸台设计 为了力学强度要求或美观要求,有时需在零件上设计凸台,凸台应尽量设计在拐角处,但凸台高度不易太高,并要有足够的倾斜角以便脱模。过高的凸出部分会关住气体,使这部分的强度和密度减小。

(6) 加强筋设计 在不增加零件厚度的情况下,设计合理的加强筋可提高零件的强度和刚度,防止翘曲,合理地采用加强筋可减小壁厚、节省材料。设计加强筋时应注意的问题是:①加强筋的厚度不应大于零件的壁厚,以免产生瘪陷;②加强筋的高度不易过大,否则会使筋部受力破损,一般不大于零件壁厚的3倍;③加强筋的方向应与模内料流方向一致;④多条加强筋要相互错开排列,避免交叉,以杜绝收缩不均引起的裂纹。总之,加强筋的设计应有利于零件的成型工艺,并保证零件的质量。

(7) 螺纹设计 民用电子设备中的零件上压制螺纹较多,设计时应注意以下几点:①内螺纹直径不能小于2 mm,外螺纹直径不能小于4 mm,螺距不小于0.5 mm;②螺纹的拧合长度不能超过螺纹直径的1.5倍;③在同一轴线上压制两段或几段螺纹时,其螺距和旋向必须一致,否则不能脱模;④外螺纹必须要有退刀尺寸,但不能有退刀槽。

(8) 金属嵌件 根据实际使用要求,尤其是军用电子设备上有许多塑料零件常常需要镶嵌不同形状的金属嵌件。塑料零件内设置金属嵌件不仅可以提高零件的力学强度、磨损寿命、尺寸稳定性和精度,而且可以在零件内部构成导电通路,保证电气性能。设计带金属嵌件的塑料件时,通常先设计好嵌件,再进行塑料件的设计。设计金属嵌件应遵循的原则为:①嵌入部分的周围应有倒角,以减小周围塑料冷却时产生的应力;②嵌入深度应大于凸出部分的高度,以保证塑料件的力学强度;③外螺纹嵌件的

无螺纹部分与模具应配合好,以免熔料渗入螺纹部分;④内螺纹嵌件的高度应低于型腔成型高度 0.05 mm,以免压坏嵌件和模腔;⑤嵌件表面应加工出沟槽、开孔、压扁或滚花等形状,以加强嵌件在塑料件中的牢固度,对于板状材料制成的嵌件,可以采用各种形式的凹槽,使其与塑料件之间紧固。设计时应尽可能地选用标准紧固件作嵌件。

设计塑料件应注意的问题是:①嵌件不能离塑料件边缘或表面太近;②嵌件截面积(包括嵌件中间的孔)要小于塑料件的截面积;③避免在单边设置嵌件,这样容易使塑料件翘曲或产生裂纹;④嵌件应离加强筋有一段距离,以防止塑料件变形,从而影响嵌件的位置;⑤带细长杆状嵌件的塑料件,应设计支撑型心的工艺孔。

(9) 脱模斜度 设计塑料件必须考虑脱模斜度,脱模斜度与塑料种类、成型收缩率、摩擦系数,以及零件的壁厚、几何形状有很大关系。脱模斜度过小,则脱模困难,易造成零件表面损伤甚至破裂;脱模斜度过大,则影响零件的尺寸精度。一般情况下脱模斜度取 $30' \sim 1^\circ 30'$ 为宜。

2.3 机箱设计

塑料机箱以其加工成型方便、成本低、丰富多采的颜色、极富人性化和时代特色的造型而深受人们的喜爱。塑料机箱的设计除了要解决上述问题外,为适应电子设备工作的特点,还应解决好机箱的散热问题和电磁兼容性问题,尤其是军用电子设备对这方面的要求更高。为此,要加强工程塑料的改性研究,开发导热、导电性能好的塑料,以满足电子设备机箱的使用要求,同时还要在设计中采取相应措施如开设通风孔或采用传导冷却、自然冷却、强迫冷却等技术来提高设备机箱的散热能力;采用薄膜屏蔽技术来提高设备机箱的电磁屏蔽效果。此种薄膜屏蔽技术就是采用喷涂、电镀、真空沉积和粘贴等技术在塑料机箱上包覆一层导电薄膜;对于形状简单的机箱,常采用粘贴技术将导电纸或导电布粘贴在机箱内表面;对于形状复杂的机箱,大多采用在机箱内喷涂导电薄膜层的办法来达到电磁屏蔽效果。

在很多情况下需要对机箱进行电镀。对于民用电子设备来说,主要是为了提高设备的装饰效果,使塑料机壳具有金属的外观,如电话机、手机等;对于军用电子设备来说,主要是为了改善塑料的耐老化性能,提高设备机箱在恶劣环境下的适应能力,包括耐腐蚀性、电磁兼容性等。机箱电镀不仅具有以上

优点,而且可以提高机箱的硬度和耐磨性。

2.4 工程塑料的成型方法

在进行选材、结构设计、箱体设计的同时,还要探讨工程塑料的成型加工方法。

工程塑料的成型就是将粉状、粒状、溶液状等各种物态的聚合物材料转变成为所需形状的制品。工程塑料的成型方法很多,电子设备中的塑料件主要采用注射、挤出、压制、浇铸等成型方法加工。有时因零件数量较少、品种较多,而且尺寸精度要求较高,也可先制备板材再进行机加工来制作。不同的成型方法有其不同的特点,具体的成型方法可查阅有关文献。设计时要根据零件的数量、结构形式及复杂程度、使用条件、尺寸大小及精度等因素综合考虑其成型方法。

3 设计实例

某小型电子设备要求体积小、质量轻、外型美观、便于随身携带,而且要求能承受振动、冲击和跌落。

根据设备的技术指标要求,依据上述选材原则,经充分论证,确定选用被誉为“透明金属”的聚碳酸酯作为本设备的结构件材料,同时选用聚氯乙烯制作薄膜键盘。薄膜键盘是一个集装饰与功能(开关功能、键盘功能、显示功能等)及常用面板标注的文字、符号内容于一体的完整的操作控制部件。与传统的操作键盘相比,它具有结构简单、体积小、外观新颖、美观、装联方便简化、易设计、成本低等优点而受到诸多设计者的青睐,而且容易达到军用电子设备的三防要求,其应用领域也由民品延伸到军品。有关薄膜键盘的具体结构设计参见文献[5],现主要介绍设备壳体的结构设计。

该设备壳体由盒体、下盖和端盖三部分组成,下盖和端盖与盒体之间的装拆非常方便,不需要任何工具,使用时取下端盖,接上连接电缆即可。壳体的壁厚为 2 mm,脱模斜度为 $30'$,内外表面各拐角处均采用圆弧过渡。壳体的上下表面设计成梯形外凸式,两面连接处采用曲面过渡。壳体的左右两侧和端盖的上下两面均设计了小圆弧过渡的装饰棱,它既起到加强筋的作用,又起到了装饰美观的效果,而且增加了手与壳体之间的摩擦力,使用时既能防止设备脱落,又能快速地拔掉端盖,使设备迅速投入工作。为满足设备体积小的要求,设计中突破了用螺钉紧固这一传统紧固方式,省去了盒体上要设计螺纹和金属嵌件这两个制作工艺要求较复杂的工序,

而是在盒体内左右两侧前端设计导轨,后端设计凸肩和弹性卡钩,只要将电路单元插入导轨,在电路单元的后端施以向下的压力,弹性卡钩即可自动卡住电路单元,从而一次性完成定位和紧固动作,端盖和下盖与盒体之间的紧固则利用其上面设计的凸肩和卡钩来实现,从而实现了整机装配中不用一颗螺钉的创新之举。为进一步提高设备的可靠性和防振动、抗冲击能力,在下盖后端内侧设计了两个小凸台,当下盖装入盒体后,盖内的两个凸台正好嵌在盒体卡钩后侧面与盒体内表面之间的间隙内,这样凸台从卡钩背后给予其一个推力,随时抵消由振动、冲击引起的促使卡钩后退变形的力,满足了设备防振动、抗冲击及自由跌落的要求。

4 结语

工程塑料与金属材料相比,具有许多得天独厚的优势。随着材料科学研究的不断深入,工程塑料

的力学性能、物理性能、化学性能、电性能等已得到了进一步提高,有一些材料已在强度、刚度方面接近甚至超过金属,用工程塑料替代金属材料作为电子设备结构件材料是电子设备发展的必然趋势。从事电子设备结构设计的设计人员应转变设计观念,大胆创新,在结构设计中充分利用物美价廉、货源充足的工程塑料。

参考文献

- 1 彭福泉.机械工程材料手册:非金属材料.北京:机械工业出版社,1990.
- 2 王爱珍.工程材料及成型技术.北京:机械工业出版社,2003.
- 3 董杰.机械设计工艺性手册.上海:上海交通大学出版社,1991.
- 4 王健石,胡克全,吴传志.电子设备结构设计手册.北京:电子工业出版社,1993.
- 5 生建友.薄膜面板在军用通信设备中的应用.电子工艺技术,2003,24(1):27.
- 6 生建友.机械创新设计在军用电子设备结构设计中的应用.电讯技术,2003,43(3):104.

APPLICATION OF ENGINEERING PLASTICS IN ELECTRONIC EQUIPMENT

Sheng Jianyou, Wang Mingyue, Tang Guojian, Li Weizhong

(The 63rd Research Institute of the General Staff Headquarters, Nanjing 210007, China)

ABSTRACT The engineering plastics is largely used in electronic equipment because of its special superiority and easy processing. The properties and molding methods of engineering plastics are presented, and the selection of engineering plastics is analysed. The considerations of machine case design and plastic part construction design in electronic equipment are discussed in detail, and a design example is given.

KEYWORDS electronic equipment, engineering plastics, construction design, machine case design, application

新型塑木挤出机无须预干燥原料

日本 CTE 公司在 K2004 展会上展出了塑木复合材料配混用 HTM 型双螺杆连续捏合挤出机,提出了配混塑木复合材料的新理念,即制备塑木复合材料时不需预干燥木粉,也无须预干燥塑料,配混木粉含量可高达 70%~75%。

据 CTE 公司介绍,该挤出机也适用于制备汽车工业用高填充配混料和无卤阻燃配混料,如 $Mg(OH)_2$ 含量为 50%~70% 的电线电缆用阻燃级 PE 或阻燃级 PP。

HTM 型双螺杆连续捏合挤出机的特点是能耗低,真空脱气区后串联着双螺杆捏合机和异向双螺杆挤出机,物料熔融温度比一般双螺杆挤出机加工时低 10~20℃,而产量却更高。该设备克服了传统设备进料不均匀的弊病,并能适应不同熔体粘度和熔融温度的原料配混要求。

CTE 公司指出,HTM 型双螺杆挤出机既有 Banbury 捏合机的捏合功效,又有双螺杆挤出机配混灵活的优点。

(毅佳)

德推出抗菌食品包装材料

为防止细菌在食品及其包装接触点上繁殖,德国科学家最近利用医药专业技术开发出一种抗菌食品包装材料。

这种包装材料是利用涂层技术在塑料包装膜上附加一

层防腐抗菌材料,以替代在食品中添加的防腐剂,这种涂层可通过树脂复合和特殊技术来实现。这是食品包装的一项重要变革,它可以不用食品防腐剂就能起到阻止食品霉变的作用。

(冯新)

日本三井公司研发高强度 HDPE

日本三井化学公司最近宣布,该公司采用新型催化剂成功开发出一种高密度聚乙烯(HDPE)新品,并计划在 2007 年前新建一套采用该催化剂的商业化生产装置。

据称,这种 HDPE 的强度高,生产的管材和薄膜比普通 HDPE 管材和薄膜薄 30%,大幅度节省了原料成本。该公司希望该产品成为下一代 HDPE 的核心产品。尽管该公司还没有最后确定新建装置的生产能力,但从成本优势角度考虑,预计生产能力可能超过 20 万 t/a。工艺技术则很可能采用茂金属 LLDPE 气相法,因为三井化学公司在这方面已积累了丰富的经验。

这种新一代聚烯烃催化剂的催化效果是茂金属催化剂的 300 倍,不仅可以生产出超高分子量聚乙烯,而且还可获得特殊性能的分子设计。该催化剂与 HDPE 表现出更好的亲和性,三井化学公司决定在适当时候尽早将这种新产品推向市场。

(钟欣)