

成套设备壳体结构设计的要素

张君义

许继变压器有限公司, 河南 许昌 461000

[摘要] 成套设备壳体结构设计在产品开发中扮演着至关重要的角色, 它不仅是产品外观的保护层, 更是承载和支撑产品内部组件的重要承载结构。一个合理的壳体结构设计可以有效地提升设备的性能和可靠性, 满足用户对产品的各种功能要求。文中从功能要求、强度和刚度要求、尺寸和外形要求、热管理要求以及电磁兼容要求等方面, 探讨了成套设备壳体结构设计的要素, 并提供了相关的分析和设计方法。通过合理的壳体结构设计, 可以满足设备的功能需求、强度和刚度要求、尺寸和外形要求、温湿度要求以及电磁兼容要求, 提升产品的品质和竞争力。

[关键词] 成套设备; 壳体结构设计; 功能要求; 强度和刚度要求

DOI: 10.33142/sca.v6i7.9607

中图分类号: TS941.562.2

文献标识码: A

Elements of Shell Structure Design for Complete Equipment

ZHANG Junyi

Xuji Transformer Co., Ltd., Xuchang, He'nan, 461000, China

Abstract: The structural design of the complete equipment shell plays a crucial role in product development. It is not only a protective layer for the appearance of the product, but also an important load-bearing structure that carries and supports the internal components of the product. A reasonable shell structure design can effectively improve the performance and reliability of the equipment, meeting the various functional requirements of users for the product. The article explores the elements of shell structure design for complete equipment from aspects such as functional requirements, strength and stiffness requirements, size and appearance requirements, thermal management requirements, and electromagnetic compatibility requirements, and provides relevant analysis and design methods. By designing a reasonable shell structure, the functional requirements, strength and stiffness requirements, size and appearance requirements, temperature and humidity requirements, and electromagnetic compatibility requirements of the equipment can be met, and the quality and competitiveness of the product can be improved.

Keywords: complete equipment; shell structure design; functional requirements; strength and stiffness requirements

引言

成套设备通常由多个功能模块组成, 这些模块需要合理的结构设计来保证设备的性能和可靠性, 满足相应的防护等级要求。其中, 设备壳体结构设计是一个关键的环节, 它不仅需要满足装置内所有内部连接线、母排、端子箱、绝缘子、绝缘固定件、隔板、高低压电缆固定支架、电缆卡、接地排、测温元件、温湿度控制、风机等装置功能要求, 还需要考虑强度和刚度要求、尺寸和外形要求、温湿度要求以及电磁兼容要求等多个方面。

1 成套设备壳体结构设计的重要性的目的

成套设备壳体结构设计是指在满足设备功能要求的基础上, 通过合理的结构设计和材料选择, 使得设备的外壳能够满足强度、刚度、尺寸、外形、热管理和电磁兼容等方面的要求。一个好的壳体结构设计可以有效保护设备内部的关键元件, 提高设备的可靠性和稳定性, 同时还能提升设备的外观美观性和用户体验, 成套设备壳体结构设计的目的在于:

保护设备内部元件: 壳体作为设备的外包装, 能够起到保护设备内部元件的作用, 防止其受到外部环境的侵害,

如灰尘、水汽、震动等。

提高设备的强度和刚度: 合理的壳体结构设计能够使设备具有足够的强度和刚度, 以抵抗外部负载和振动等因素对设备的影响, 从而确保设备在工作过程中的稳定性和安全性。

满足成套设备的尺寸和外形要求: 壳体结构设计应考虑到设备的尺寸和布局, 以及外形美观性的要求, 使得设备能够满足用户的使用需求和审美要求。

优化设备的热管理性能: 合理的壳体结构设计可以提高设备的热传导和散热性能, 有效控制设备的温度及内部湿度, 保护设备内部元件的正常工作。

保证设备的电磁兼容性: 壳体结构设计应考虑到电磁干扰分析和控制, 采取相应的屏蔽和接地措施, 以确保设备在电磁环境下的正常工作, 并满足相关的电磁兼容性测试和认证要求^[1]。

2 成套设备结构设计的要素

2.1 功能要求

2.1.1 设备功能需求分析

在进行设备壳体结构设计之前, 首先需要对该设备的功

能需求进行充分的分析。这包括对设备的主要功能、次要功能以及特殊功能的明确和理解。不同的设备功能需求会对壳体结构设计产生不同的影响,因此在设计过程中需要充分考虑这些功能需求。例如,对于电气柜来说,主要功能包括散热、防雨、耐腐蚀等。而对于变电柜来说,主要功能包括电压变频、连接外部设备等。在设计壳体结构时,需要确保这些主要功能能够得到有效地实现,并且能够提供良好的用户体验。

设备的次要功能是指与主要功能密切相关但并非核心功能的功能。这些功能对于用户的使用体验和设备的综合性能有一定的影响。例如,对于电气柜来说,次要功能包括颜色、美观等。

设备的特殊功能是指一些特殊的功能需求,通常是为了满足特定的用户需求或者应对特殊的使用环境。例如,特种电网集装箱式预制舱的特殊功能包括防水、防震、防火、防静电、高海拔等。带有保护外壳,采用优质冷轧钢板材质,应有可靠接地的端子。在设计壳体结构时,需要考虑这些特殊功能的实现方式和对壳体结构的影响。

2.1.2 壳体结构与设备功能的匹配

设备壳体结构的设计需要与设备的功能需求相匹配,以确保设备的功能能够得到有效地实现。在进行成套设备结构设计时,需要考虑以下几个方面:

壳体结构需要满足设备的外观要求,外观是设备的重要组成部分,对于用户的购买决策和使用体验有重要影响。因此,在进行壳体结构设计时,需要考虑设备的外观要求,并确保设计出的壳体结构能够满足这些要求^[2]。

壳体结构在设备设计中起着至关重要的作用,它需要满足设备的物理保护需求,物理保护是指通过壳体结构的设计来保护设备免受外部环境、物理力量或其他潜在威胁的影响。不同设备的物理保护需求各不相同,因此壳体结构设计必须根据具体设备的特点和使用环境来进行,以35 kV 接地兼站用变及小电阻接地成套装置为例来探讨壳体结构的物理保护需求。在这种情况下,该设备的防护等级为IP44。IP等级是一种国际标准,用于表示电气设备的防护等级。IP44表示设备具有一定的防尘和防水性能,能够在一定程度上防止固体物体直径大于1毫米的进入,并能够抵御来自各个方向的水的喷溅。

2.2 强度和刚度要求

2.2.1 负载分析和应力计算

在设备壳体结构设计过程中,负载分析和应力计算是非常重要的步骤,负载分析是指对设备所受到的各种负载进行分析和评估,以确定壳体结构所需的强度和刚度,常见的负载包括静态负载、动态负载、热负载等。

静态负载是指设备在静止状态下所受到的力和压力,例如设备自重、外部施加的力等。动态负载是指设备在运行过程中所受到的振动和冲击力,例如设备的工作振动、运输过程中的冲击等,热负载是指设备在工作过程中产生

的热量所引起的热应力和热膨胀。

在进行负载分析时,需要考虑到设备的工作环境、使用条件以及可能的异常情况。通过对负载进行分析和计算,可以得到设备所受到的最大应力和变形情况,从而确定壳体结构所需的强度和刚度。

应力计算是指根据负载分析的结果,对设备壳体结构进行应力计算,应力计算常用的方法包括有限元分析、弹性力学理论等。通过应力计算,可以评估设备壳体结构的强度是否满足要求,并对可能存在的应力集中区域进行优化设计。

2.2.2 材料选择和壳体结构设计

材料选择是设备壳体结构设计中的关键一步,合适的材料选择可以保证设备壳体具有足够的强度和刚度,同时考虑到成本和制造工艺等因素,在材料选择时,需要考虑到以下几个因素:

强度要求:根据负载分析和应力计算的结果,确定设备壳体所需的最小强度,常见的壳体材料包括金属材料(如钢、铝合金等)和非金属材料(如塑料、复合材料等),不同材料的强度特性不同,需要根据具体情况选择合适的材料^[3]。

刚度要求:除了强度要求外,设备壳体还需要具有一定的刚度,以保证设备的稳定性和工作精度。刚度可以通过壳体的几何形状和结构设计来实现,例如,在构造的设计中增加加强筋、加厚壳体等方式可以提高壳体的刚度。

耐腐蚀性:如果设备需要在腐蚀性环境下工作,需要选择具有良好耐腐蚀性的材料,以防止设备壳体受到腐蚀而影响其强度和使用寿命。

制造工艺:材料的选择还需要考虑到制造工艺的要求,不同材料在制造过程中可能存在的加工难度、成本和可用性等因素需要考虑。

在材料选择确定后,还需要进行壳体结构设计。壳体结构设计包括壳体的几何形状、连接方式、支撑结构等,合理的壳体结构设计提高壳体的强度和刚度,降低应力集中,并满足装配、维修和更换要求^[4]。

2.2.3 刚度要求与振动控制

在设备壳体结构设计中,刚度要求是一个重要的考虑因素,设备壳体的刚度决定了设备的稳定性、工作精度和抗震能力。设备壳体的刚度通过壳体的几何形状和结构设计来实现,常见的方式包括增加加强筋、加厚壳体、设计支撑结构等。合理的刚度设计降低设备在工作过程中的变形和振动,保证设备的工作精度和稳定性。振动是设备壳体结构设计中需要特别关注的问题,设备在工作过程中可能会产生振动,这会对设备的稳定性和工作精度产生负面影响,振动控制是通过设计合理的壳体结构来降低设备振动的方法。

在振动控制中,需要考虑到以下几个方面:

振动模态分析:通过对设备壳体进行振动模态分析,了解设备的振动特性,找出可能存在的振动源和振动模态,并进行相应的优化设计,常见的振动模态分析方法包括有限元分析、模态测试等^[5]。

振动吸收和隔振:通过在设备壳体中设置振动吸收材料和隔振结构,降低设备振动的传递和共振效应,常见的振动吸收和隔振材料包括橡胶、弹簧等。

振动控制设计:在设备壳体结构设计中,通过合理的结构设计来控制设备的振动,例如,在壳体的设计中增加加强筋、加厚壳体等方式可以提高壳体的刚度,降低振动的幅度和频率。

2.3 尺寸和外形要求

2.3.1 设备尺寸和布局分析

在设备壳体结构设计中,尺寸和布局是至关重要的要素,首先,设计师需要根据设备的功能和使用要求确定适当的尺寸,方便运输、吊装^[6]。例如,在设计电气柜的壳体时,需要确保壳体能够容纳所有必要的组件,保证电气绝缘距离。如高压室、控制室、线缆布置等,此外,还需要考虑设备的外部接口和连接器的位置和尺寸,以使用户方便地连接外部设备。除了尺寸,设备的检修也需要被仔细考虑,布局应该合理,使得各个组件之间的连接和操作更加方便。

2.3.2 外形设计和美观要求

设备壳体外形设计不仅仅是为了美观,还是为了满足用户的使用需求和提升产品的竞争力,外形设计应该符合产品定位和品牌形象,能够吸引用户的眼球并展现产品的特色。

此外,外形设计还需要考虑到用户的使用体验,设备壳体的曲线和边缘应该符合人体工学原理,使得用户握持和操作设备更加舒适,外形设计还需要考虑到设备的可持续发展。在设计过程中,应该尽量选择可回收材料和环保工艺,减少对环境的负面影响,例如,环网箱使用可降解的塑料材料,采用节能的生产工艺等^[7]。

2.3.3 安装和维修便捷性考虑

设备壳体结构的设计还需要考虑到安装和维修的便捷性,设备的壳体应该能够方便地打开和关闭,以使用户轻松地安装或更换组件。此外,设备内部的布局 and 连接设计也应该使得维修更加方便,例如,在设计控制柜的壳体时,应该考虑到易损部件的位置和更换方式,使得用户方便地对其进行维修或更换。

在一些大型设备中,还需要考虑到设备的维修和维护人员的安全,例如,在设计工业设备的壳体时,应该考虑到设备的高温、高压等危险因素,在设计高压电气壳体时需要设铰链门并可联锁(即加电磁锁)和玻璃观察窗。并采取相应的安全措施,以保障维修人员的安全。

除了安装和维修的便捷性,设备壳体结构的设计还应考虑到维护和保养的便捷性,设备壳体应该能够方便地清洁和保养,以保证设备的正常运行和寿命,例如,在设计箱变时应该考虑到易污染部位的清洁方式,使得用户方便地清洁壳体和内部组件^[8]。

2.4 热管理要求

在设备壳体结构设计中,热管理是一个重要的考虑因

素,热管理的目标是确保设备的温度湿度在可接受范围内,并且不会对设备的性能和寿命产生负面影响。保护外壳柜体内设有足够的自然通风口和隔热措施,柜体内装设有温湿度控制装置,防止凝露的产生。

为了实现有效的热管理,需要进行散热分析和热设计,散热分析的目的是确定设备在工作过程中产生的热量,并确定热量的分布情况,通过散热分析,确定热量最集中的区域,从而确定散热的重点和策略。

热设计是基于散热分析的结果,进行设备壳体结构的设计和优化,热设计需要考虑壳体的散热性能,包括散热面积、散热通道和散热材料的选择,通过优化壳体的散热设计,提高设备的散热效率,降低设备的工作温度^[9]。

3 结语

成套设备壳体结构设计是一项复杂的任务,需要综合考虑包括装置内所有内部连接线、母排、绝缘固定件、隔板、高低压电缆固定、测温元件、温湿度控制、风机等装置多个方面的要求。本文从功能要求、强度和刚度要求、尺寸和外形要求以及热管理要求等多个方面介绍了成套设备壳体结构设计的要素。通过深入分析每个要素的特点和设计原则,可以实现一个具有高可靠性和高性能的设备壳体结构设计。在实际应用中,设计人员应根据具体的项目要求,灵活运用各个要素,以满足设备的功能和使用需求。

[参考文献]

- [1]张智臣.煤矿自动监测电气设备的防爆壳体结构设计[J].内蒙古煤炭经济,2022(11):13-15.
- [2]李伟,侯扬.一种光电设备薄壁壳体结构碳纤维复合材料应用[J].光电技术应用,2018,33(3):79-84.
- [3]张海燕.煤矿自动监测电气设备的防爆壳体结构设计[J].煤矿现代化,2016(6):118-120.
- [4]李西锋,李智.机载设备结构疲劳寿命分析及隔振设计研究[J].航空精密制造技术,2021,57(5):38-42.
- [5]闫晓婷.煤矿井下电气设备防爆壳体结构探讨[J].工程技术研究,2020,5(4):133-134.
- [6]王喜梦,经慧祥,李治涛,等.薄壁圆柱壳体结构在非对称周向载荷下响应分析[J].舰船科学技术,2022,44(14):21-25.
- [7]杨凯,刘汉良,胡兴平,等.薄壁壳体结构狭小空间组合加工技术[J].制造技术与机床,2022(7):34-39.
- [8]王燕玲,张发洋,黄海涛.电子组合壳体结构热力综合优化设计[J].制导与引信,2021,42(2):10-13.
- [9]王鹏飞,江亚彬,宋江,等.深海用复合材料耐压壳体结构设计方法研究[J].复合材料科学与工程,2020(11):49-53.

作者简介:张君义(1980.10—),毕业院校:河南工业大学,所学专业:机械工程及自动化,当前就职单位:许继变压器有限公司,职务:技术人员,职称级别:工程师。