

一种器线分离型电梯控制柜的结构设计

张建坤

(日立楼宇技术(广州)有限公司 广东 广州 510670)

摘要: 电梯控制柜技术经过不断革新与沉淀, 各级市场已有成熟稳定的产品。随着市场竞争的日益激烈以及需求的多样化和个性化转变, 传统电梯控制柜产品已不能满足需求。本文从控制柜产品所面临的挑战出发, 提出器线分离型电梯控制柜设计思路, 并介绍了器线分离型电梯控制柜的设计方法、步骤及其结构特点。通过器线分离的设计实现电梯控制柜产品小型化、规范化、模块化, 进而达到生产自动化的目的。

关键词: 器线分离; 器件端子; 柜体端子; 生产自动化

1 电梯控制柜产品所面临的挑战

目前, 电梯控制柜产品面临诸多挑战, 主要体现在以下几个方面:

(1) 控制柜小型化需求。因为小控制柜占用空间少, 材料成本低, 运输成本低, 生产搬运、施工安装相对传统控制柜更加灵活和便利。

(2) 控制柜规范化、精品化需求。市场现有控制柜百花齐放, 形态各异, 控制柜柜内器件拥挤, 走线凌乱, 线缆与器件交错叠加, 不利于工程维护和柜体散热, 有些控制柜内部采用了线槽规范线缆走向, 一定程度上解决线缆杂乱问题, 但占用控制柜内紧张的空间, 也增加了成本, 不是最优解决方案。

(3) 产品自动化生产需求。随着我国“工业4.0”的推进, 人工成本在不断增加, 自动化生产技术日益成熟, 投产无人化自动生产线已是各公司迫在眉睫的需求, 但现有控制柜生产装配和配线工艺复杂, 除了部分零部件实现有限自动化生产外, 产品整体上很难适应自动化生产线要求, 这极大地限制了生产效率的提高。

2 器线分离型电梯控制柜的设计思路

电梯控制柜产品的发展方向, 即控制柜产品提升竞争力的瓶颈问题主要体现在以下几个方面: 柜体小型化、部件规范化、结构模块化、生产自动化。本文尝试从器线分离的设计思路去解决上述问题。器线分离是否是一种有效解决思路或方法, 能否解决控制柜产品生产上的瓶颈问题, 需要深入研究并在生产中长期实践, 逐渐改进和完善控制柜产品及产业链, 逐步实现产品的迭代升级。下面将展开论述器线分离的定义、柜体小型化、部件规范化、结构模块化和生产自动化。

2.1 器线分离的定义

器线分离是指在电气装置中, 将器件和线缆分分布

置在不同空间区域的设计或制作方法。

2.2 柜体小型化

柜体小型化的优点有安装灵活、节约材料及方便搬运等。目前, 柜体小型化设计主要从器件尺寸、电器安装间隙和布线空间这三个方面来考虑。

(1) 器件尺寸的小型化: 在保证器件功能、可靠性、稳定性前提下, 由于器件尺寸受制于芯片技术、电路板制作工艺、器件内部散热条件和成本等因素的影响, 在现有条件下减小器件尺寸的难度比较大, 性价比会比较低, 短时间内难有大的突破, 因此器件尺寸小型化是一个长期规划问题和发展方向。

(2) 减小电器安装间隙: 受制于器件形状不规则和维护需要, 电器安装间隙存在可优化空间, 通过器件外形规则化可以使器件排布更整齐紧凑, 进而提升控制柜内空间的利用率。

(3) 布线工艺改进: 传统控制柜线缆直接或间接连接各功能器件, 与器件混杂在一起, 线缆较多再加上分布不均, 不可避免地占用较多的柜内空间, 因此, 布线工艺有很大的改进空间。

2.3 部件规范化

部件规范化包括统一规划器件设计、标准化接口、统一安装方式, 以此使器件排布更整齐紧凑, 不仅提升控制柜内空间利用率, 也方便零部件的安装和维护。部件规范化需要对部件研发进行长期布局规划, 从源头统一设计, 对部件的型号、结构特征和接口插接等进行标准化设计, 至少在企业内部实现零部件的标准化, 以便于生产运输、安装与维护更换。

2.4 结构模块化

将器件按一定规则集成化并分成若干模块, 每个模块进行独立生产, 各模块通过标准化接口安装在柜体上, 实现各模块之间的电路连接。模块化的划分具有灵活性, 根据具体需要划分即可。通常的划分方法包括:

①按功能划分;②按器件特点划分;③根据强弱电进行划分;④根据维护需求进行划分。

2.5 生产自动化

控制柜生产的自动化是提高生产效率的一个重要手段。控制柜生产虽在一定程度上实现了结构零件的自动化生产,但还难以实现整个制程的自动化,特别是装配和配线制程,是控制柜产品实现全程自动化生产的主要瓶颈问题。器线分离的结构不仅使器件和线缆分开,同时将器件安装和线缆布置两道工序也彻底分开来进行,各自独立完成后组合在一起,以此简化装配和配线工艺,更适合自动化生产作业。小型化便于搬运和存放;规范化便于批量重复生产;模块化将控制柜化整为零,分拆成多个部件同步生产,降低作业难度,综合以上因素来共同实现控制柜全制程的自动化生产。

3 器线分离型电梯控制柜的设计方法及步骤

器线分离型电梯控制柜在设计上采用自顶向下的设计方法,应用 Creo、FloTHERM 和 AutoCAD 等 CAD/CAE 软件进行方案设计、3D 结构设计、热分析及 2D 工程图设计。

3.1 方案设计

首先进行设计输入,根据市场调研、定位、需求等基本信息进行初步结构分析,确定外观尺寸范围、外观形状、结构框架;使用 3D 软件进行设计输出:根据功能需求、制作工艺、装配要求进行基本结构拆分,输出布局草图;根据外观需求进行创意造型和颜色搭配设计,输出渲染效果图。

3.2 结构设计

主要使用 CAD 软件进行 3D 建模,使用 CAE 软件进行仿真分析。

3.2.1 3D 建模

包括零部件设计、装配设计和布线模拟,主要使用 Creo 软件完成此部分的设计工作。

(1) 零部件设计:包括零部件详细结构设计和工艺设计,首先对整体方案进行拆分,保证外形不变的情况下将整个柜体分解成若干个零部件;对每个零部件进行结构详细设计,以保证能够其功能性;然后再进行工艺设计,以适合大批量生产需求,用较低成本制作出来。

(2) 装配设计:包括柜体装配和器件装配两个部分。因侧重点不同,柜体装配一般对装配公差和可靠度要求比较高,需要充分考虑配合精度和装配工艺合理性,提高钣金生产线的生产效率,降低成本;器件装配重点考虑安装效率和维护便利性,兼顾产线装配效率和现场的可维护性。

(3) 布线模拟:安装设计原理图,将器件用线缆连接起来,在模型上模拟线缆走线路径,以比较直观的

方式评估电气布局的合理性,并可持续调整优化,直至得到更优方案。

3.2.2 热仿真分析

控制柜的热分析主要采用 FloTHERM 软件对控制柜内部进行流体热仿真分析。其主要流程如下:建立或导入仿真项目模型,设置初始条件和边界条件,进行网格划分,建立离散守恒控制方程,设定离散初始条件和边界条件,运行求解计算,对收敛的结果进行后处理并输出热仿真分析报告。当然,鉴于计算资源和实际影响因素的复杂性,想得到准确的计算结果比较困难,计算机仿真更多的在于对比不同方案的优劣和异同点,为设计人员进行方案优化时提供方向,用较短的时间找到最优方案,提高研发效率,缩短研发周期。

3.3 2D 工程图设计

2D 工程图主要用来指导生产,主要使用 AutoCAD 软件完成。2D 工程图对产品结构、尺寸公差、装配工艺、表面处理和执行标准等技术参数和要求进行详细、明确的规定,以指导制作商生产出符合要求的产品,同时对后面的验收、运输、施工和维保等环节进行指导和说明。

4 器线分离型电梯控制柜的结构介绍

4.1 器线分离型电梯控制柜的主体结构

主体结构是一个可以多向开门的箱体结构,箱体内部使用隔板分出不同区域,包括前门、器件区、线缆区及后门;器件安装在器件区,线缆布置在线缆区;分隔器件区和线缆区的隔板(也称安装板)上面设有柜体端子,用于连接器件和线缆;器件设有器件端子,器件通过器件端子对插柜体端子安装在器件区实现器件的整齐排列,线缆布置于布线区并有序排布。通过设定隔板,器件区和线缆区可以灵活分成不同的功能区域以满足多样化需求,如器件区增加隔板可以分为高温器件区和普通器件区;同时柜体内部为满足散热需求,设有进风孔、散热孔、风道、排气孔和排气扇等元素;为了提高器件安装的便利性和高效率,设有安装导轨等部件。器线分离型电梯控制柜的主体结构如图所示。

器线分离的布局结构,加上多向开门的特点实现对不同区域的分区操作,进一步将器件安装和线缆安装作业分成不同作业模块,从而减少装配过程中插接、布线等难以规范化的作业步骤,将生产线作业简化为器件安装和线缆连接这两个主要步骤。简化了器件装配和布线安装作业的操作难度,提高产线作业的自动化程度,进而提高生产效率,在提高品质和产能的同时降低成本,提升竞争力。综上所述,器线分离的结构特点使控制柜生产实现自动化成为可能。

4.2 散热系统

散热系统包括进风孔、风道、排气孔和排气扇;其

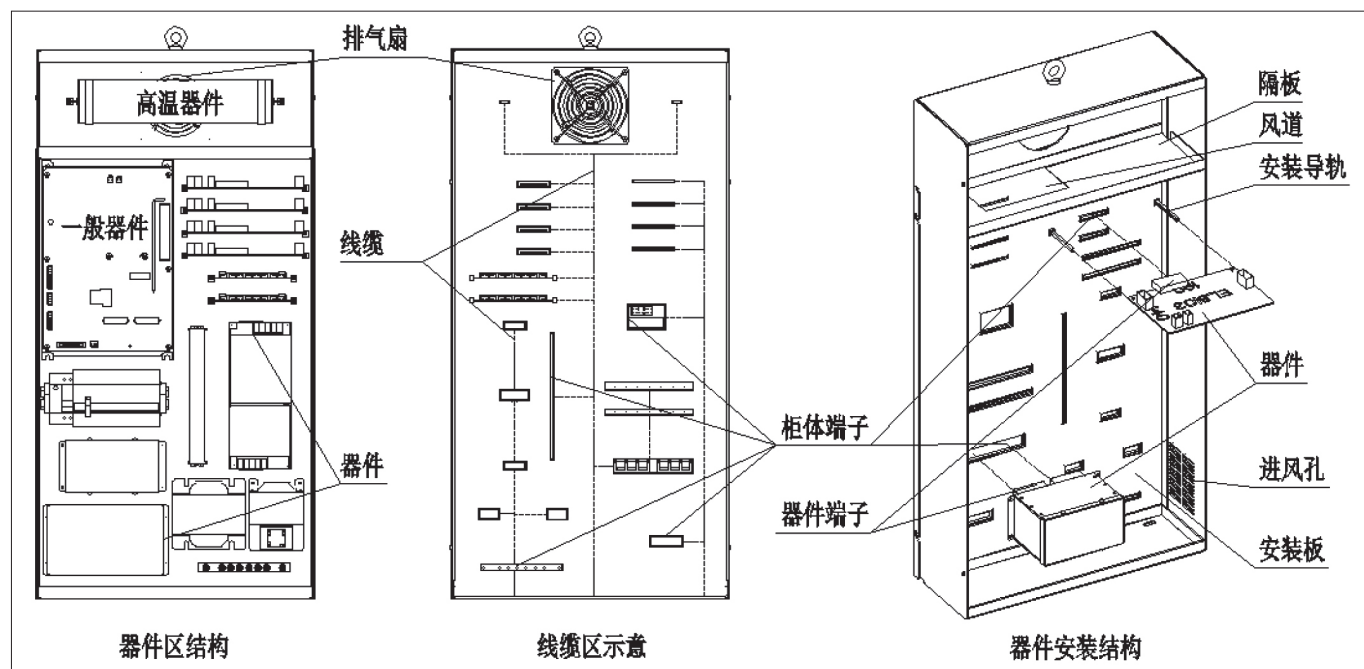


图 器线分离型电梯控制柜的主体结构图

与前门、隔板在柜体内形成一套简单、高效的柜体散热系统。气流从右下侧散热孔进入柜体内部，低温气流流经器件区并将器件工作所释放的热量带走，经风道通过高温区，然后由排气扇将高温气体经排气孔排出柜外。其中高温器件区与普通器件区之间设有隔板，隔板用隔热材料制作，能阻止高温器件区热量传导至普通器件区，保护普通器件区不受高温器件热量影响。散热系统方案经热分析软件仿真模拟和计算得出，进风孔合适的位置，合理的进风面积，气流的最佳流动路径，风道、高温器件、排气孔合适的位置，以及合适的排气扇规格，以此来保证散热系统的合理、高效性。

4.3 器件端子和柜体端子

器件上的端子称为器件端子，柜体上的转接端子称为柜体端子。器件上皆设置器件端子，安装时器件安装在安装板或安装导轨上，器件端子同时接入相应的柜体端子；柜体端子固定在安装板上，一端对接器件端子，另一端通向布线区与线缆连接。

5 结语

本文介绍了一种器线分离型电梯控制柜的结构设计。通过分析电梯控制柜产品所面临的挑战，深入探讨了器件分离型电梯控制柜的设计思路，通过介绍器线分离的定义，逐步引申出柜体小型化、部件规范化、结构模块化及生产自动化的设计路径；接着介绍了器线分离型电梯控制柜的设计方法，包括方案设计、结构

设计和 2D 工程图设计；然后进行了器线分离型电梯控制的结构介绍，以图文并茂的方式详述器线分离型电梯控制柜的主体结构、散热系统、器件端子和柜体端子，希望能为电梯行业的同行提供参考。

参考文献：

- [1] 李波. FloTHERM 软件基础与应用实例：第 2 版 [M]. 北京：中国水利水电出版社，2016.
- [2] 陈超祥，胡其登. SOLIDWORKS Flow Simulation 教程：2018 版 [M]. 北京：机械工业出版社，2021.
- [3] 刘鸿文. 材料力学 I：第 5 版 [M]. 北京：高等教育出版社，2013.
- [4] 刘鸿文. 材料力学 II：第 5 版 [M]. 北京：高等教育出版社，2015.
- [5] 机械工程师手册编委会. 机械工程师手册：第 3 版 [M]. 北京：机械工业出版社，2021.
- [6] 成大先. 机械设计手册 [M]. 北京：化学工业出版社，2016.
- [7] 邓惠军. 电梯控制柜模块化设计 [J]. 中国电梯，2019(18):29-33.
- [8] 吕哲，张清鹏. 电梯控制柜电磁屏蔽特性仿真研究 [J]. 南开大学学报（自然科学版），2022(03):35-38+96.
- [9] 高治理. 模块化设计在控制柜机械设计中的应用 [J]. 现代制造技术与装配，2018(11):23-24.