

测发控系统方舱结构研究

袁企乡, 徐 昕

(上海航天计算机技术研究所, 上海 201109)

摘要: 把航天装备送入空间的快速发射, 对测发控系统提出了便捷、移动要求; 目前现役运载火箭测发控系统状态是系统复杂、难以移动, 已不适应当前航天装备快速送入空间的发展, 为此提出一种新型移动式测发控系统方舱结构模式; 该模式采取了遵循设备集成原则, 通过使用方舱、线缆铺设、人机工程优化等先进设计理念与方法来实现测发控系统快速、可移动的要求, 同时解决了该系统原先存在多方面存在的问题; 通过长期对系统方舱结构的研究工作, 研发出通过采用“设备集成、线缆集中铺设、人机工程优化、方舱结构为平台”等先进技术的新型移动快速测发控系统方舱结构系统, 为实现系统快速、可移动要求提供了技术基础; 该系统经过工程使用, 实现了新一代运载火箭快速简易测发控的目标。

关键词: 地测发控系统快速发射; 设备集成; 线缆集中铺设; 人机工程优化; 方舱结构平台

New Type of Measuring Control System Application Structure Research

Yuan Qixiang, Xu Xin

(Shanghai Institute of Aerospace Computer Technology, Shanghai 201109, China)

Abstract: The space and equipment into the rapid launch of the space, the thickness control system proposed is convenient, mobile requirements. Currently active carrier rocket measuring control system state is complex, difficult to move, has not adapt to the development of the current space equipments quickly into the space. Therefore put forward a new type of portable measuring control system application structure mode. The pattern to follow the principle of equipment integration, by using the square cabinet, cable laying, advanced man-machine engineering optimization design idea and method for measuring the requirement of control system is rapid, portable, and solve the problems existing in the system is original. Through long-term research on the structure of the system application work, developed by adopting "equipment integration, cable laying, man-machine engineering optimization, the square as a platform" advanced technology, such as new mobile rapid measuring control system application structure system, for the realization of the system requirements for rapid, portable provides technical basis. After engineering using the system, which can realize the fast simple new generation carrier rocket test control target.

Keywords: fast launch of ground test launch and control system; equipment integration; centralized cable laying; man-machine engineering optimization; shelter structure platform.

0 引言

随着航天技术的发展, 移动快速发射运载火箭是未来快速进入空间的重要途径。国防、经济、防灾抗灾、通讯等对快速进入空间能力提出了迫切要求, 地面测试发射控制系统(以下简称测发控系统)是运载火箭的重要部分, 用以实现运载火箭在分系统、全箭综合试验及发射场飞行整体测试, 最终实施点火发射功能, 为此实现该系统设备集成、流程优化、缩短周期具有重要意义^[1]。近年来要求运载火箭发射周期日趋缩短, 测发控系统相关工作周期从目前 25 天左右要压缩到 7 天左右, 原来使用的测发控系统已无法实现快速、可移动发射要求, 形成了技术上障碍。

为解决障碍, 满足快速、可移动发射要求, 需要在原有的测发控系统上做出突破。我们经过对国内、国外测发控系统现状和当今集成技术、控制技术、移动结构方式进行多年分析和研究, 经过精心设计, 现已研制出新型测发控系统, 达到当前我国航天运载火箭的快速、可移动发射要求。该系统经过模拟

与合练整个试验过程运行, 性能稳定, 其功能和指标达到设计要求。

1 系统结构要求

系统组成如图 1 所示。

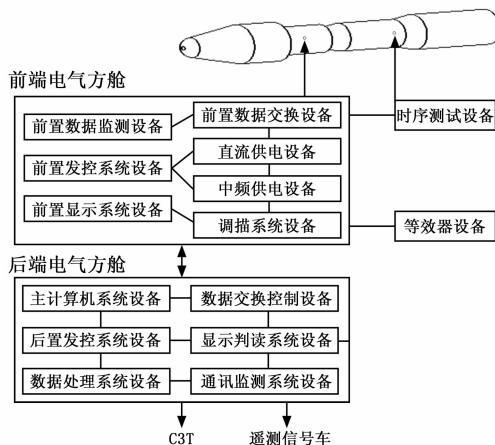


图 1 系统组成图

工作流程: 即要求设备撤收时间 ≤ 4 h、技术和发射场区二地转运时间 ≤ 4 h。测发控系统整体硬件设备要求在常规公路、场坪上便捷转运。即要求整体设备具备装、卸方便, 运

收稿日期: 2015-10-29; 修回日期: 2015-12-01。

作者简介: 袁企乡(1958-), 男, 大学, 工程师, 副主任设计师, 主要从事机电结构集成。

徐 昕(1980-), 男, 上海人, 工学硕士, 某型号副主任设计师, 主要从事测量与控制技术。

输快捷。测发控系统整个硬件设备要求快速展开、恢复、撤收。即要求系统之间连接简便，接口集中、方便连接快速操作。

系统在环境温度： $-45\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相对湿度为 $(95\pm 3)\%$ 下，设备操作环境： $15\sim+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。系统环境电磁屏蔽：衰减 $\geq 40\text{ dB}$ ，即在 $150\text{ K}\sim 10\text{ GHz}$ 频段下，衰减 $\geq 40\text{ dB}$ 。

2 结构设计与技术问题

1) 硬件设备总计：61 余台（个）、线缆：140 余根，无法达到设备撤收时间 $\leq 4\text{ h}$ 、技术和发射场区二地转运时间 ≤ 4 小时要求。

2) 以往系统不具备整体硬件设备便捷转运，更不具有装、卸方便能力，受制于当时设计与制造集成能力的限制。

3) 以往系统是由众多机柜、大量电缆连接而成，在系统合成中没有充分考虑连接简便\方便上的操作性。

4) 以往系统是安放在固定建筑室内，工作环境依靠建筑体内温度调节机组来提供、保证；使用移动小环境方舱尚没有工程的先例。

5) 设备安装体含连接器孔口板、门窗孔口、空调孔口等，所有孔口的连接区域都使外界电磁源对内产生影响，以致通常无法达到 $\geq 40\text{ dB}$ 的要求，达不到系统工作环境条件。

3 方案实现和关键技术解决

1) 使用设备集成设计原理，解决硬件设备和线缆多，满足系统移动、快速、简易要求，满足系统设备撤收时间 $\leq 4\text{ h}$ 、技术和发射场区二地转运时间 $\leq 4\text{ h}$ 要求，经过研究和制造技术上反复论证，做出以方舱作为集成平台^[2]的设计方案，系统设备高度集成在两个方舱内，以实现系统撤收时间 $\leq 4\text{ h}$ 、场区转运时间 $\leq 4\text{ h}$ 要求^[3]。如图 2、图 3 所示。

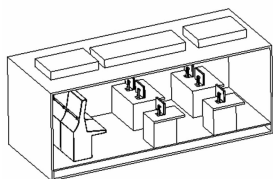


图 2 后端电气集成方舱

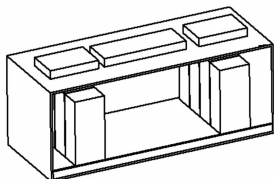


图 3 前端电气集成方舱

2) 由于受空间区域制约，81 余台硬件设备是无法置于二个舱内空间，带来困难。为此采取了优选专用体积小、功能强设备，并使用了集成优化设计；在地面电源设计中，采取了小型化设计技术，做到两组直流电源的主、副机结构体放置在一个机柜；针对中频电源，研制设计出了数字化中频逆变电源，其结构体形比传统减小 $2/3$ 体积，做到低噪音、效率高。

3) 针对电缆连接走向、布置进行了研究分析，以设备体来走电缆、电缆连接器孔口壁板远离大部分电缆出口为设计原则，优化出方舱二侧孔口壁板位置的要求。并使孔口壁板方便连接器操作，该板结构设计改变了常规形状，设计出新型折弯壁板见图 4 所示。

4) 受到铁路、公路运输、车辆等制约，使用顶置薄形空调来做环境应用设备，由于设备使用地环境温度大，加上空调冷风出口的风叶形状，当冷风出口与舱内温度差 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，风口周边就产生凝水下滴，在凝结大于蒸发下，凝结水滴会掉进机柜，会造成系统故障甚至毁坏设备。为此专门设计了冷凝水

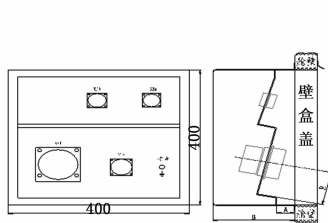


图 4 折弯壁板形状示意

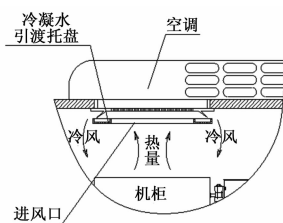


图 5 冷凝水下滴集水盘

引流托盘，使水滴在盘中自然平衡、蒸发掉，如图 5 所示。

舱体因有孔口板、门窗孔口、空调孔口等，这均外界电磁场源最容易辐射至舱内薄弱环节，电磁屏蔽无法做到 $\geq 40\text{ dB}$ 要求，为此经过研究、分析，采取了多种电磁屏蔽设计技术：使用嵌口结构设计，并使嵌口表面周围进行导通和金属丝充填物处理，使之同电位，如图 6 所示。

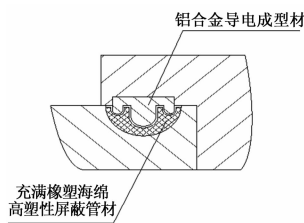


图 6 嵌口结构图

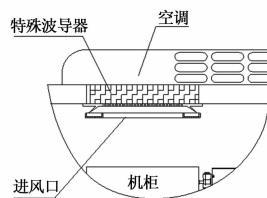


图 7 波导器示意图

对顶置空调大口径区域采取了波导器进行处理，最大限度对连接口区域进行电磁场抑制，其结构成型如图 7 所示。

EMC 工程实际检测为 45 dB ，达到系统电磁屏蔽要求指标。

5) 方舱设备集成，在通过对设备操控性、舱体空间特征、要素研究分析，依据人机工程原理来实施各项设计工作，以求得到最优设备操控性和视觉广度，确定前、后舱体总布局，做到设备操作、安装、维护的便捷、方便；如图 8、9 所示。

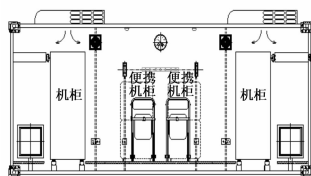


图 8 前端电气舱

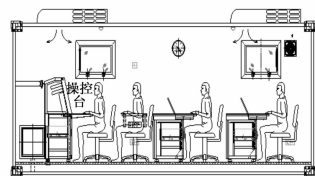


图 9 后端电气舱

6) 降低设备工作场坪环境中电磁场影响，在线缆布置上采取了强电电缆、弱电电缆分开且分别走入电缆金属线槽内进行固定，在线槽上方加盖金属槽盖，做到良好屏蔽与固定作用，舱内地板使用防静电地板，线缆布置如图 10 所示。

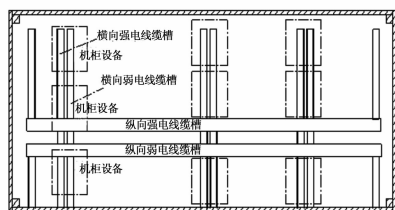


图 10 强、弱电电缆槽布置图