

载人航天发射场航天器加注扣罩厂房建设方案设计

周凤广¹ 张永华¹ 郑永煌² 雷向阳¹

(1 北京特种工程设计研究院 2 中国酒泉卫星发射中心)

摘要 阐述载人航天发射场航天器加注扣罩厂房主要功能、工艺流程、设计方案以及主要技术特点;对研究探讨目标飞行器在加注扣罩厂房进行整流罩装配、加注、扣罩工艺流程,编制系统间接口控制文件具有参考作用。

关键词 发射场 航天器 加注 扣罩

1 前言

根据载人航天工程相关任务目标,航天器加注扣罩厂房设计的总体思路是:改变加注厅与扣罩厅相互独立的传统模式,采用加注、扣罩合为一厅的设计方案,实现航天器加注工装和扣罩工装一体化设计,减少产品吊装次数,提高产品转运的安全性和可靠性。

2 航天器加注扣罩厂房主要功能

航天器加注扣罩厂房主要功能:一是进行整流罩各段对接、装配、仪器电缆安装及测试;二是完成目标飞行器或飞船的加注、扣罩;三是实施航天器整流罩组合体的吊装、转运。

3 工艺流程

为满足目标飞行器和载人运输飞船的加注、扣罩要求,减少操作工序,优化工艺流程,下面主要就目标飞行器在航天器加注扣罩厂房的运输、加注、扣罩工艺流程和整流罩装配工艺流程进行研究探讨。

3.1 目标飞行器操作工艺流程

目标飞行器在总装测试厂房完成总装、检漏、综合测试后,由室外牵引车和公路运输车将产品转运至航天器加注扣罩厂房外场坪,把室外牵引车换成室内防爆牵引车,将产品牵引至气闸间进行风淋洁净,而后运抵加注扣罩厅,用吊车直接将目标飞行器吊至加注扣罩工位,依次进行脱罩衣、加注准备、加注、充气、称重、扣罩等工序。具体流程见图 1 目标飞行器工艺流程图。

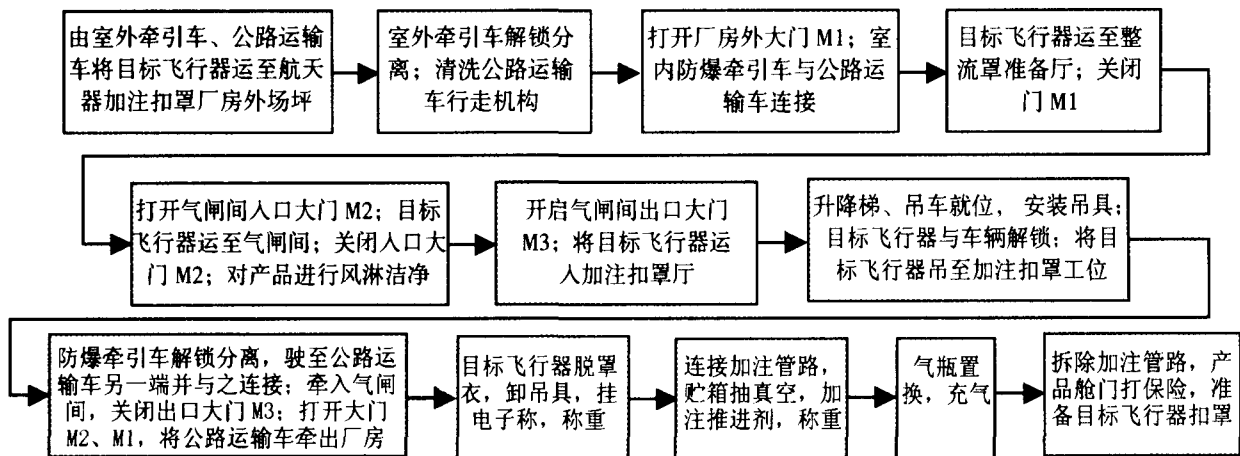


图 1 目标飞行器操作工艺流程图

3.2 整流罩装配工艺流程

由铁路将目标飞行器整流罩各部段运输到发射场技术区，在航天器加注扣罩厂房整流罩准备厅分解包装，分别组成两个半罩，半罩安装仪器、电缆并

进行测试后待命；分别把两个半罩运至加注扣罩厅，当目标飞行器加注后进行扣罩。具体流程见图 2 整流罩装配工艺流程图。

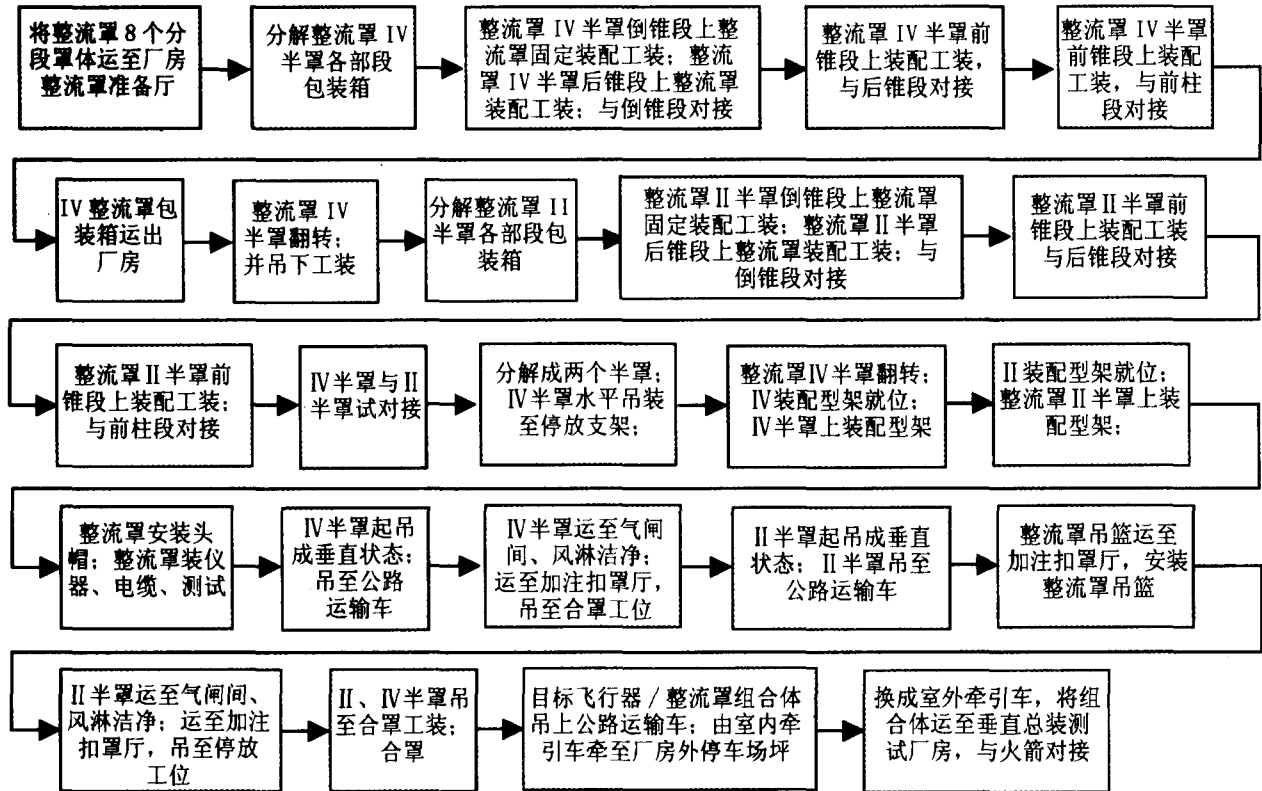


图 2 整流罩装配工艺流程图

4 总体方案及主要技术特点

4.1 总体方案

4.1.1 思路

航天器扣罩厂房设计思路“利用统一的加注扣罩工装完成航天器的加注、扣罩和利用产品公路运输车完成产品在厂房内的吊装转运工作”为前提，优化航天器加注扣罩工序，减少产品吊装次数，提高操作安全可靠。

厂房设计为“整流罩准备厅”和“加注扣罩厅”两厅结构。整流罩准备厅完成整流罩半罩装配、测试的各项工作，该厅不采取空调洁净措施，只考虑冬季采暖；为保证飞船整流罩装配时，高空逃逸发动机等危险品安装的安全，该厅采取电气防爆措施。加注扣罩厅是航天器进行推进剂加注、充气、扣罩等工作场所，该厅具备空调洁净、电气防爆、地面

防静电和防腐、应急排风等功能。气闸间连接整流罩准备厅和加注扣罩厅的通道，主要用于对航天器进行风淋洁净，以确保航天器进入加注扣罩厅后满足洁净度要求。

4.1.2 规模

厂房为主体一层，局部二层，建筑高度 30.65m，总建筑面积为 4316m²。一层设有整流罩准备厅（34.8m×27m）、气闸间（17m×8m）、加注扣罩厅（27.3m×27m）、各系统附属工作用房（主要包括：无水肼、甲基肼、四氧化二氮等加注设备间；加注控制间、加注指挥间、真空泵间、推进配气间；遥测系统检测间、故检系统检测间、灭火系统测试间、整流罩设备存放间、包带测试间、系统检测间；空调控制间、非标设备控制间、供配气间、消防设备间、消防值班室、配电间、更衣室等配套工作间），二层为空调机房。厂房平面见图 3 航天器加注扣罩厂房平面图。

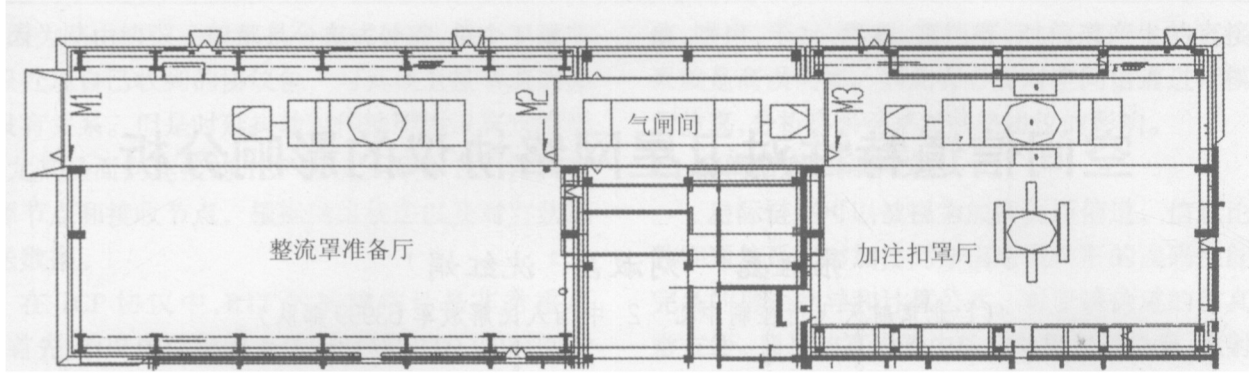


图 3 航天器加注扣罩厂房平面图

4.1.3 主要分系统方案

航天器加注扣罩厂房有非标系统、空调系统、供配电及接地系统、消防系统、通信系统、供气系统等分系统组成,其主要方案如下:

(1) 非标系统

厂房内设防爆桥式吊车 2 台, 防爆等级为 d II BT4, 轨顶标高 21.5m。整流罩准备厅吊车: 吊高 20m, 吊重 10/3.2t, 跨度 25.5m; 加注扣罩厅吊车: 吊高 20m, 吊重 25/12.5t, 跨度 23.5m。吊车起升速度 0.2m/min~5m/min (连续可调), 大、小车运行速度 0.3m/min~7m/min (连续可调), 空钩速度不小于 10m/min。

厂房设置电动推拉大门 (共三扇) 尺寸为 8m×16.5m(H)。

(2) 空调系统

加注扣罩厅及加注设备间环境温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ (加注期间: 加注扣罩厅和燃烧剂加注设备间温度为 $17\pm 2^{\circ}\text{C}$, 氧化剂加注设备间温度为 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$); 整流罩准备厅: 冬季采暖温度为 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$; 夏季设柜式空调机, 最高环境温度不大于 28°C 。

加注扣罩厅为空调洁净场所, 室内洁净度 8 级, 洁净空间高度为 16m; 气闸间设置风淋净化装置, 出口洁净度 8 级。

(3) 供配电及接地系统

厂房采用联合接地, 设四组独立的接地系统(A、B、C、D), 分别引至接地网, 接地电阻不大于 1Ω ; 整流罩准备厅、气闸间、加注扣罩厅、加注设备间、环控配气间等场所的入口设导除静电接地棒。

(4) 供气系统

加注扣罩厅、整流罩准备厅、加注设备间、气闸间、推进剂配气间、环控配气间等场所配置相应的压缩空气、氮气、高纯氧气等气体。

4.1.4 安全性设计

航天器加注扣罩厂房属于重要安全场所, 为了保证厂房内人员及设备的安全, 主要采取以下安全措施:

(1) 加注扣罩厅、整流罩准备厅、加注设备间、环控配气间及推进剂中和清洗间的电气、照明等系统设计考虑安全措施;

(2) 在加注扣罩厅、加注设备间与两侧工作间之间设置防护墙, 并根据需要设置防护门和防护玻璃窗, 以保证人员和设备的安全, 并满足加注及测试过程中的观察通视需要;

(3) 在加注扣罩厅、加注设备间等处设置胍类及氮氧化物等有害气体监测报警系统;

(4) 加注扣罩厅、气闸间、整流罩准备厅及加注设备间等场所的地面采用防静电处理地面。

4.2 主要技术特点

新建航天器加注扣罩厂房与同类厂房相比具有如下主要技术特点:

(1) 加注厅与扣罩厅合建, 采用加工作业和扣罩工装一体化设计, 减小了设计规模, 节省了投资。

(2) 采用加注、扣罩一厅方案优化工艺流程, 减少航天器在厂房内吊装次数, 实现航天器一次吊装到加注扣罩工位, 减少操作风险。

(3) 整流罩组装测试安排在整流罩准备厅, 使整流罩组装测试与加注扣罩厅的准备工作具备并行工作的条件, 缩短了流程时间。

(4) 厂房内产品运输采用室内专用防爆电瓶车牵引元宝车方案, 替代原气垫运输方式, 产品室内转运简便、可靠。

(5) 在整流罩准备厅与加注扣罩厅之间设计气

(下转第 55 页)

4.3 按方法的理论基础进行诊断

按方法的理论基础进行诊断, 一般有以下三种诊断方法。

(1) 基于模型的诊断方法。核心思想是用解析冗余取代硬件冗余, 通过构造观测器估计出系统的输出值, 将其同输出测量值相比较, 从中获取故障信息。基于模型的诊断方法一般可分为基于参数估计的诊断方法和基于状态估计的诊断方法两种。

基于参数估计的故障诊断方法的思路是: 由机理分析确定系统的模型参数和物理元器件参数之间的关系方程 $u=f(v)$, 由实时辨识求得系统的实际模型参数 u' , 由 $u=f(v)$ 和 u' 求解实际的物理元器件参数 p' , 将 p 和 p' 的标称值比较从而得知系统是否有故障及故障的程度。

基于状态估计的故障诊断方法最早是由贝尔德(Beard)于 1971 年首先提出的, 这种诊断方法发展至今已形成三种基本方法: ①贝尔德提出的故障检测滤波器的方法; ②梅恩乐(Menra)和培松(Peshon)提出的基于卡尔曼滤波器的方法、德拉克(Dlark)提出的构造卡尔曼滤波器阵列; ③德克特(Deckert)提出的一致性空间的方法。一致性空间法实现故障诊断可分为两步: 一是形成残差, 即真实系统的输出与状态观测器或卡尔曼滤波器输出的差值; 二是从残差中提出故障特征进而实现故障诊断。

多年以来, 基于模型的诊断方法获得了深入的研究, 但在工程实践中, 由于获得系统精确模型的困难性, 限制了其使用范围和效果。

(2) 基于信号的诊断方法。核心思想是利用信号模型, 如相关函数、频谱等, 提取诸如方差、幅值、频

(上接第 35 页)

率等特征值, 检测出故障。例如, 旋转机械中的滚动轴承在出现疲劳脱落、压痕或局部腐蚀等故障时, 其振动信号的功率谱就会出现相应的特征, 利用这种特征就可对系统或设备的故障进行诊断。基于信号的诊断方法一般可分为以下四种: 直接测量系统输入输出方法、小波变换方法、主元分析方法和基于信号融合的方法。

(3) 基于知识的诊断方法。基于知识的诊断方法不需要对象的精确数学模型, 诊断对象作为一个有机整体被研究, 以知识处理技术为基础, 诊断问题的求解致力于通过模拟领域专家在推理过程中控制和运用各种诊断知识的行为而获得解决, 目前研究工作发展迅速、成果迭出。基于知识的诊断方法一般可分为以下五种: 专家系统诊断法、模糊故障诊断法、基于故障树的故障诊断法、基于神经网络的故障诊断法和基于智能体的故障诊断法。

5 结束语

航天发射故障具有诱因复杂、诊断要求快速和准确的特点, 本文所阐述的诊断程序、分析方法和诊断方法在实际工作中具有较好的指导作用, 但随着航天技术的不断发展, 还需要不断地积累、总结和研究, 才能探索出真正适应航天发射故障诊断需要的实用技术。

参考文献

- [1] 徐克俊. 发射工程学概论. 北京: 国防工业出版社, 2003
- [2] 穆山. 运载火箭控制系统. 北京: 国防工业出版社, 2003
- [3] 管理系统工程教程. 北京: 经济科学出版社, 1987
- [4] 虞和济. 设备故障诊断工程. 北京: 冶金工业出版社, 2001

罩装配、扣罩要求, 为进一步提升载人航天发射场测试发射的综合能力发挥重要作用。

参考文献

- [1] 921-520 工程航天器加注扣罩厂房初步设计说明. 总装备部工程设计研究所. 2007.11
- [2] TG-1 载人航天二期工程对发射场要求. 航天科技集团公司五院. 2006.04
- [3] CZ-2F 对发射场整流罩厂房技术要求. 航天科技集团公司一院. 2007.04
- [4] 921 工程第二步第一阶段发射场系统总体方案设计. 总装备部工程设计研究所, 总装二十基地. 2007.12

5 结束语

航天器加注扣罩厂房采用加注、扣罩一厅方案, 简化了航天器在厂房内的工艺流程, 减小了设计规模, 能够较好的满足目标飞行器、飞船的加注和整流