

# 运载火箭测试厂房工艺布局设计

王秀芝 黄小春 肖冉

(天津航天长征火箭制造有限公司, 天津 300462)



**摘要:** 针对运载火箭测试厂房承担的任务, 分析了厂房主要工艺技术指标和总体工艺布局方案。考虑合理利用厂房空间和提高生产效率两个因素, 重点分析了前后端测试间和设备存储间等基本功能间的工艺布局, 并给出电源接口、气源接口、等电位端子及地下电缆通道的技术指标、工艺布局方法和注意事项。

**关键词:** 运载火箭; 测试厂房; 工艺布局

## Process Layout Design of Launch Vehicle Test Building

Wang Xiuzhi Huang Xiaochun Xiao Ran

(Tianjin Long March Launch Vehicle Manufacturing Co., Ltd., Tianjin 300462)

**Abstract:** Focus on the task of launch vehicle test building, this paper analyses the main process technical indicators and general layout plan of launch vehicles test building. Considering that space should be used reasonably and the test efficiency should be increased as much as possible, it analyses the basic function room, including test room and equipment storage. Finally, the process technical indicators, layout method and precautions of power interface, air source interface, ground terminal and under ground cable channel are given at the same time.

**Key words:** launch vehicle; test building; process layout

### 1 引言

运载火箭出厂测试是针对箭上电气系统和动力系统的大型综合试验, 目的是验证火箭各系统箭上及地面设备状态和功能 correctness、系统内部及系统间接口的匹配性, 以及测试软件功能实现的正确性, 是火箭出厂前的最后一道重大工序。出厂测试能否按既定周期圆满完成, 直接关系到发射任务的整体质量和进度。随着我国探月和空间站组建等空间工程的展开, 运载任务逐年增多, 火箭型号产品的出厂频次越来越快, 出厂测试任务也越来越繁重。

运载火箭的测试厂房主要承担全箭出厂测试任务, 一个合理设计的厂房可以切实提升测试工作效率, 减少非必要工作时间, 缩短测试周期, 本文为新建或扩建测试厂房给出具体的技术指标和设计方案。

在通用航天器厂房设计要求基础上, 考虑运载火箭的测试工艺要求, 测试厂房的工艺技术指标主要应考虑以下几个方面<sup>[1]</sup>:

a. 环境技术指标: 厂房应满足温度、湿度、噪声、防静电、防雷、防雨、防虫和防鼠等要求<sup>[2]</sup>。

b. 基建要求: 配备相应数量和吨位的吊车, 地面满足载荷和平整度要求。

c. 配电指标: 测试系统用电为 UPS 不间断供电, 用电容量和接口数量应覆盖测试间和测试现场所有用电设备, 包括测试间和测试现场各个系统配套的专用测试设备用电、配气试验台、测试现场使用的可移动摄像头以及语音终端, 都应使用 UPS 电源, 测试间内专用测试设备的 UPS 电源一般设计主份和备份两路, 为对应的主份设备和备份设备供电。

d. 气源指标: 规定气体种类(压缩空气、氮气或者氦气)、压力范围、供气路数、流量、露点、含油量、颗粒物含量等技术指标。

### 2 运载火箭测试厂房主要工艺技术指标

作者简介: 王秀芝(1988), 硕士, 导航制导与控制专业; 研究方向: 运载火箭总体测试。

收稿日期: 2020-08-03

e. 通信指挥和工业监控设备部署：配备一套通信调度设备，按总指挥、分系统指挥和各系统号手分三级设计通信拓扑结构，有通播、系统内通信和点对点通信三种方式。该设备不连接内网，不连接测试局域网，有单独的控制终端工作站。

同时，布置一套工业视频监控系统，含摄像头、屏幕、交换机及存储器，在终端可进行画面调节和视频自动存储，指挥人员在测试间通过相应的屏幕观察相关现象及数据，并使用通信终端对现场实时通信指挥。

f. 消防安全设备部署：为保证服务器和交换机运行的连续性和稳定性，一般会在火箭型号产品的测试周期内 24h 持续开机，所以在服务器机柜间配备自动感应式灭火系统。并安装两台大功率空调，用于满足设备工作温湿度。测试区和测试间安装单向逃逸门，确保人员在紧急情况下逃生。

厂房总体工艺设计应全面考虑，结合火箭总体结构方案、箭体测试布局方法和综合测试工艺流程，同时还要兼顾厂房功能的通用性、建筑设计要求等。

### 3 运载火箭测试厂房工艺布局总体设计

与发射场不同，参加运载火箭出厂测试的系统包括控制系统、测量系统、动力系统和总控网系统，不包含地面支持系统，卫星系统仅参加电磁兼容试验。测试的主要流程包括地面设备展开、单项测试、分系

统测试、匹配测试和总检查。在型号任务多、时间紧的形式下，总测厂房工艺布局设计应重点围绕两个因素考虑：优化空间利用率和提高测试工作效率。

根据厂房的长度、宽度和高度，布置轨道、前后端测试间、设备存储间和会议室等房间。一般情况下，测试间沿大厅一侧或两侧布置，考虑工艺电缆的布置，前端设备可稍靠近芯级尾段。轨道间距应考虑箭体直径、停放工装、架梯及过道宽度。

#### 3.1 测试间

在发射场，前端测试间都处于脐带塔内部，而后端测试间都在距离发射塔较远的测试指挥大厅，前后端必然分开，而火箭总装厂前后端都在测试厂房内，测试间的设计也可以有两种方式。

##### 3.1.1 测试间的两种布局方式

第一种布局方式：各系统的前端测试间与后端测试间分开。这种布局方式又可分为两种。第 1 种是各系统的前端设备都放在一起，称前端测试间；所有系统后端设备都放在一起，称为后端测试间，中间设置服务器机柜间，放置散热多噪声大的总控网交换机和服务器、测量系统服务器，如图 1 所示。前后端测试设备通过总控网交换机进行通信和数据传输，构成分散式通信形式。第 2 种方式是各系统的前后端设备分别在不同房间，很多前期建造的测试间就是采用这种模式。其优点是房间功能明确，各系统工作不相互干扰，缺点是测试间数量多，总占地面积大，对于有限的厂房空间资源不太适宜。

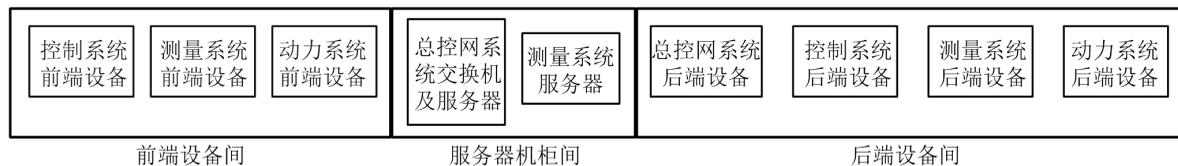


图 1 测试间布局图 1

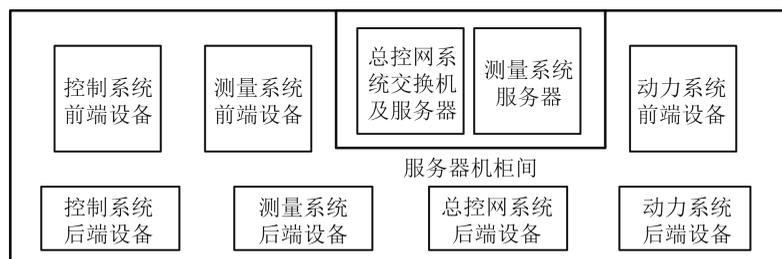


图 2 测试间布局图 2

第二种测试间工艺布局方式：所有前端设备与后端设备放在一起，大测试间内设一间服务器机柜间布置交换机和服务器设备，如图 2 所示。由于所有设备

在同一个空间内，首先极大方便前后端设备操作、指令传达和试验现象的观察；其次，在出现测试故障时，能有效降低故障排除困难程度，减少排故时间；第三，

在多系统参加测试项目,如系统间匹配测试和总检查中,各系统指挥员可以面对面指挥协同,减少无效沟通,提高工作效率。该布局方式的缺点是:房间内散热设备较多,应配备空调调节温湿度;另外,在布置测试间地下电缆时,由于系统多,应该充分考虑环境电磁兼容,避免信号干扰。

### 3.1.2 测试间技术指标

测试间用于布置专用测试设备,根据设备的布置考虑其长宽,一般宽度不低于8m,地面使用防静电地板和防回音墙壁,测试间的地下悬空0.4m左右高度,使用线槽在地下布置工艺电缆和网线。

### 3.2 功能间工艺布局

#### a. 设备储存间

测试设备间一般分为控制系统设备间、测量系统设备间、动力系统设备间和总控网设备间,用于存储各系统备用设备及包装箱、摄像装置、语音调度终端及测试工装等。设备存储间的布局应充分考虑使用便捷性,在测试现场四周就近布局。在设备较多,空间不足时,可引入多层自动仓储系统。

#### b. 协同办公室

主要用于收发技术文件、签署技术单据,加快现场不协调问题的处理,在出现故障时可以提供技术资料支持,缩短排故时间。

c. 现场会议室:主要进行任务安排和技术讨论。一般与测试间临近设置,墙体设置为透明玻璃,有利于会议快速组织,提高效率。

d. 饮水区:由于总装测试现场的多余物要求<sup>[3]</sup>,不得带水进入测试区,为解决参试人员的饮水问题,可考虑在饮水间放置不需要杯子就能喝到水的公共饮水台,公共饮水台出水口斜向上,可直接饮用,接水池下端为下水管路,从根本上避免喝水产生多余物的问题。

### 3.3 电路、气路和接地端子的布局

综合考虑运载火箭型号接口特点和兼容性,将测试的配电箱电、气源接口和接地端子均匀布置到最近的使用地点,可以减少敷设电缆管路工作量。

厂房的电路接口应根据电流、电压、功率、容量和路数设置。应重点关注的是,一般各系统配电的电源设备是以接端子的形式直接连接到配电箱中,还是使用通用插座的形式连接;测试间及测试厂房四周墙壁设置常用的220V/10A和220V/16A等电源接口。

气源管路接口一般沿厂房四周布置,每处均配有各种气源接口,明显标识出每种气源的种类和压力。

管路出口附近应无其他厂房结构物,避免连接时产生干涉。

等电位接地端子一般沿厂房内壁下沿均匀分布,同时应在地面每组轨道的中部设一定接地端子,供箭体接地线的就近连接。

为了在测试区现场中央也能就近使用电、气、地这三类接口,可在测试厂房轨道之间均匀建立6至10个可升降地井装置,该装置带有常用配电接口、气源接口和接地端子,在不使用时降至与地面平齐,升起后可直接连接使用。应注意可升降地井接口形式应与用电器、配气管路和接地端子的接口一致,使用统一标准,避免转接。升降地井的强电电缆在布设时不允许工艺电缆通道并行铺设,避免电磁干扰。

### 3.4 地下电缆通道

地下电缆通道是布置从测试间到测试现场工艺电缆的专用通道,设计指标主要应考虑电缆使用环境和方便人员操作。主要技术指标有如下几个方面:

a. 地下电缆通道宽度在1.5m左右,高度2m左右,整个电缆通道应布满测试现场,并与测试间地下空间相通。

b. 均匀设置电缆出口,应尽量靠近火箭产品的尾段和箱间段等需要连接工艺电缆的地点。

c. 电缆通道内设电缆支撑排架、电缆出口设固定架,同时安装通风系统、排水系统和照明装置,进行温湿度和氧含量监控。

d. 任何建筑用强电电缆不应在电缆通道内布设,避免电磁干扰。

## 4 结束语

运载火箭测试厂房承担火箭出厂前测试这一重要工序,面对时间紧任务重的严峻形式,应优化设计厂房工艺布局,充分提高空间利用率和降低时间成本。本文给出了工艺设计指标和空间布局的具体注意事项,分析对比了不同的工艺布局方式,供运载火箭总装厂和发射场测试厂房设计人员参考。

### 参考文献

- 1 GJB 2581—1996, 战略导弹与运载火箭装配测试厂房设计规范[S]
- 2 GJB 1696—1993, 航天系统地面设施电磁兼容性和接地要求[S]
- 3 HB 7128—1994, 多余物控制要求[S]