

大型气候环境实验室上部运输系统的方案设计

张惠, 吴敬涛, 刘海燕, 李喜明

(中航工业飞机强度研究所, 西安 710065)

摘要: 目的 设计出满足气候环境实验室的上部运输系统。方法 根据国内外实验室上部运输系统的设计经验, 结合实际使用情况, 设计出满足实验室使用条件的上部运输系统方案。结果 设计出的上部运输系统直接参与各环境试验的运输、吊装工作, 满足气候实验室的环境条件, 且具有安全可靠、便于操作维护等特点。结论 设计出的上部运输系统满足气候环境实验室的使用要求。

关键词: 上部运输系统; 气候实验室; 电动葫芦; 转轨器

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.09.008

中图分类号: TJ089

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)09-0039-04

Schematic Design of Equipment Support System for Large Climatic Environmental Test Facility

ZHANG Hui, WU Jing-tao, LIU Hai-yan, LI Xi-ming
(Avic Aircraft Strength Research Institute, Xian 710065, China)

ABSTRACT: Objective To design a proper equipment support system meeting the usage condition in climatic environmental test facility. **Methods** According to the design experience on actual use at home and broad, a scheme for equipment support system in climatic environmental test facility was designed. **Results** The equipment support system designed was engaged directly with transportation, hoisting of environmental test. It met environmental conditions of the climatic environment test facility. It was safe, reliable and convenient for operation and maintenance. **Conclusion** The equipment support system designed can satisfy the utilization demands of climate environmental test laboratory.

KEY WORDS: equipment support system; climatic environmental test facility; hoist; transition device

气候环境实验室具备模拟高温、低温、温度/湿度、太阳辐射、淋雨、降雾、降雪、冻雨、吹雨、低速吹风等气候条件的能力, 二期可进行发动机开车及冻云/结冰试验^[1-2]。

由于考虑到实验室的保温, 气候环境实验室地面采用泡沫玻璃支撑混凝土的结构形式。在此结构形式下地面承载能力有限, 需要上部运输系统参与大部件的承载运输, 而且实验室环境模拟系统的运输、吊装工作也需要上部运输系统的参与。因此, 设计满足气候环境实验室的上部运输系统势在必行。

气候环境实验室的温度范围为 $-55 \sim +74$ °C, 相对湿度范围为10%~100%, 送风温度为 $-60 \sim +80$ °C。

上部运输系统需要耐受的环境温度为 $-60 \sim +80$ °C, 相对湿度为10%~100%。上部运输系统除了满足整体环境指标要求外, 应具有安全可靠、便于操作维护的特点。其性能好坏决定了相关试验安装的便捷性、有效性、省时性以及安全性。

1 国内外实验室

国内在建的气候实验室对标美国的麦金利实验室, 美国麦金利实验室的主室尺寸为 $77 \text{ m} \times 62 \text{ m} \times 21.3 \text{ m}$, 额外增加一个尺寸为 $18 \text{ m} \times 26 \text{ m} \times 23 \text{ m}$ 的小室区域, 来容纳 C-5 运输机机尾^[3-5]。国内实验室大室尺

收稿日期: 2017-04-25; 修订日期: 2017-05-17

作者简介: 张惠(1988—)女, 湖北天门人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为气候环境。

通讯作者: 刘海燕(1968—), 男, 陕西户县人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为气候环境。

寸为 72 m×60 m×22 m, 小室尺寸为 27 m×30 m×22 m^[1]。麦金利实验室大小室之间没有隔离门, 麦金利实验室上部运输系统的轨道直接连接大、小室区域, 如图 1 所示。国内实验室为了减少能耗, 节约成本, 在大小室之间设有隔离门。在大、小室单独使用时, 隔离门关闭, 使得两室断开。上部运输系统的轨道在大、小室隔离门处处于断开状态。大、小室联合使用时, 需要转轨器使得大、小室之间轨道连接成一体。俯视图如图 2 所示。

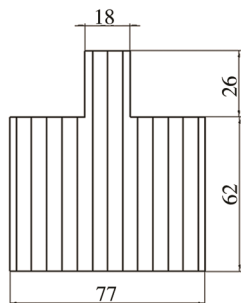


图 1 麦金利实验室俯视图布局

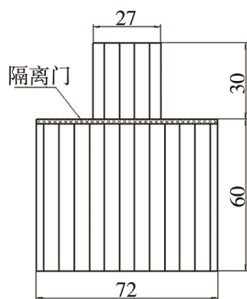


图 2 国内气候实验室俯视图布局

由于国内实验室的特殊性, 上部运输系统的设计没有成熟的经验可以参考。因此, 针对上部运输系统的工作环境及储存环境, 考虑其实际使用情况, 设计出了特殊的上部运输系统。

2 上部运输系统总体方案

气候环境实验室 (Climatic Environmental Test Facility, CETF) 能满足飞机在室内完成气候环境试验的需求^[6]。环境实验室上部运输系统是环境实验室的主要组成部分之一, 该系统直接参与各环境试验设备的运输、吊装工作。可满足太阳辐照、淋雨、结冰/冻雨、降雾等环境模拟系统的运输、吊装需求。上部运输系统设计主要考虑吊装试验单元的升降、运输、拼接、换装等功能^[7-8], 其侧视图如图 3 所示。环境实验室上部运输系统采用共用设计原则, 上部运输系统在满足整体环境指标要求的基础上, 应具有安全可靠、便于操作维护的特点。

气候环境实验室分为大环境室和小环境室, 大、小环境室中间设有隔离门。大、小环境室既可单独运行, 也可联合运行。在单独使用大环境室时, 大、小室之间的轨道断开, 隔离门关闭, 双梁电动葫芦将起升段分系统起升到与大环境室悬挂运输梁相同的高度, 升降轨道与悬挂运输梁通过转轨器连接, 驱动小车和吊具小车将试验模块运输到指定的试验区域后, 驱动小车和吊具小车脱开并实现吊具小车在轨道上制动、驱动小车退回并进行下一模块的起吊。拆装模块时逆序进行。

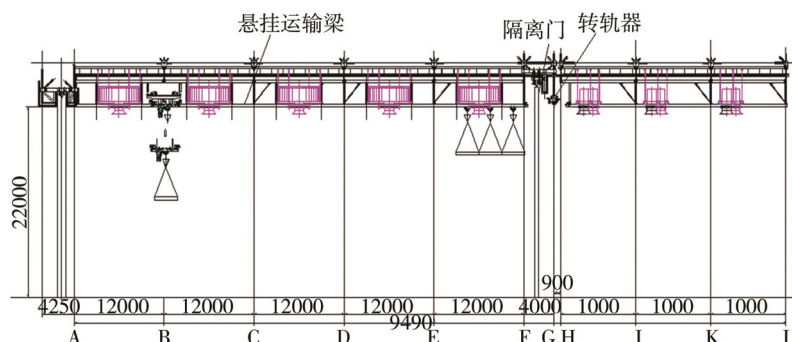


图 3 上部运输系统侧视图

3 上部运输系统的分系统设计

上部运输系统主要包括吊车分系统、起升段分系统、悬挂分系统和其他辅助设备等, 如图 4 所示。其中吊车系统包括吊车轨道、起重机; 起升段系统包括升降轨道、驱动小车、吊具小车等; 悬挂系统包括悬挂运输梁和转轨器。

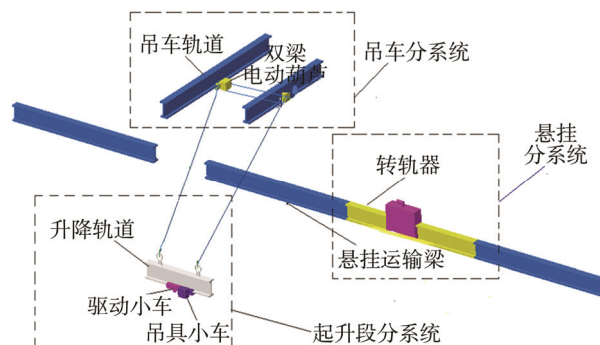


图 4 上部运输系统的分系统

3.1 上部运输系统工作原理

实验准备前，地面运输系统如叉车等先将实验设备从设备间运输至实验室的轨道下方，然后上部运输系统开始工作。上部运输系统起吊、安装试验模块的过程分为三步。

1) 起吊试验模块：将升降轨道降至地面，在地面将驱动小车、吊具小车及试验模块悬挂好，检查安全无误后，轨道升降段方可起升，起吊过程如图 5 所示。

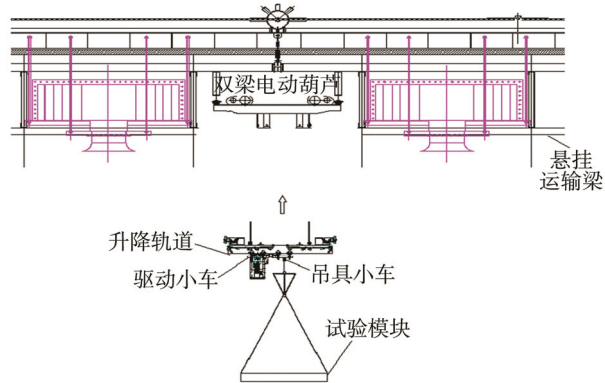


图 5 起吊升降段系统

2) 轨道对接：轨道起升到与要对接的悬挂运输梁相同高度时，升降轨道定位销此时刚好插销完毕，接收开关反馈信号，起升驱动停止工作，制动，完成对轨。轨道对接到位如图 6 所示。

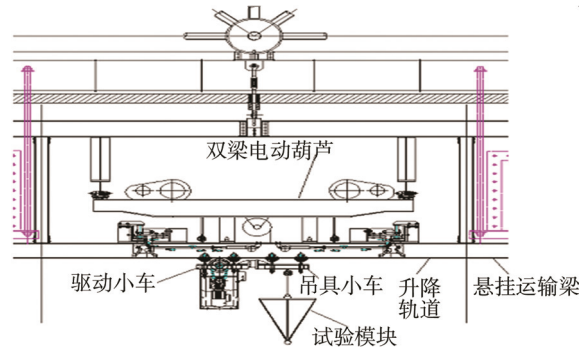


图 6 升降轨道与悬挂运输梁对接

3) 试验模块运输：转轨器接轨成功后，驱动小车方可驱动吊具小车驶向目标位置，试验模块在悬挂运输梁上的行走示意图见图 7。

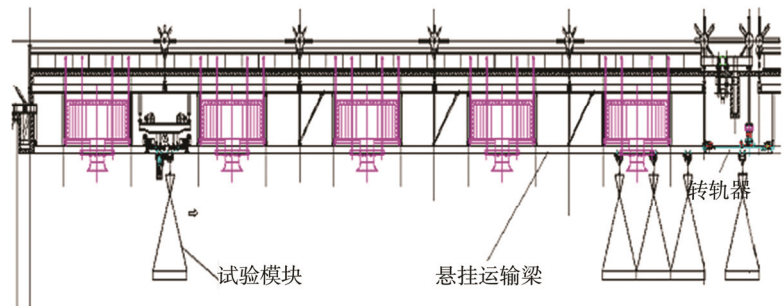


图 7 试验模块的行走

3.2 上部运输系统关键部件设计

美国麦金利实验室建设年代久远，其总体布局决定了其不需要使用转轨器来连接大、小室之间的轨道。其起重机采用最为简单的卷扬机结构，此上部运输系统在恶劣的环境条件下，使用年限短。

为了提高上部运输系统的可靠性、安全性，国内设计的上部运输系统的关键部件采用非标设计的电动葫芦^[9]、驱动小车以及转轨器。这些部件方案设计的合理性将会影响上部运输系统的功能及特点。

3.2.1 电动葫芦设计方案

电动葫芦需要耐受的储存环境温度为 $-60 \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，工作环境温度为 $-20 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度环境为 $10\% \sim 100\%$ 。标准的电动葫芦可以耐受的环境温度为 $-20 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所以需要电动葫芦进行非标改进^[9]。

实验室有水或水汽，需要提高电动葫芦的防护能力，所以电动葫芦的起升电机的防护等级设计到 IP55 等级。为了提高电机耐湿热能力，选择绝缘等级 F 级。

电动葫芦的起升卷筒以及卷筒支座选用耐低温冲击的钢材料 Q345E^[10-13]。

采用起升电机、减速器、制动器三合一驱动单元。起升结构、电控柜、工业空调内置机和机舱加热器放置在隔热框内，起重机运行部分及工业空调外置机放置在隔热框外。低温情况下，电动葫芦的钢丝绳弯曲应力变化较大，同时钢丝绳中润滑油受影响程度较大^[14-16]。因此，钢丝绳必须选用耐低温材质，同时在编织钢丝绳时将耐低温油质喷淋于钢丝绳内部。通过对电动葫芦进行非标改进，设计出的电动葫芦参数见表 1。

表 1 电动葫芦参数

起升高度	葫芦提升级别	小车工作级别	主起升速度	小车运行速度
22 m	A5	M5	5/0.8 m·min ⁻¹	20 m/min
供电电压	控制电压	控制方式	小车功率	额定功率
380 V	48 V	遥控器	0.64 kW	10.1 kW

3.2.2 驱动小车设计方案

驱动小车主要是为吊具小车提供动力,驱动小车的工作环境温度 $-20 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$,环境相对湿度为 $10\% \sim 100\%$ 。驱动小车能够实现与吊具小车的自动对接和脱离,并且能够给出连接反馈信号。为保证驱动小车能够在轨道上安全流畅地运行,避免“啃轨”现象发生,驱动小车两侧设有导向轮,导向轮可以根据下翼缘板调整行走轨迹,保证承重轮始终位于下翼缘板中间位置。驱动小车的内部结构如图8所示。

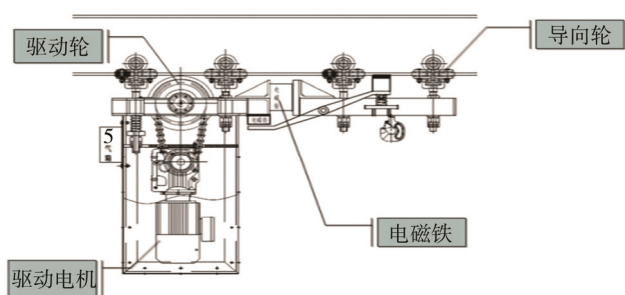


图8 驱动小车

3.2.3 转轨器设计

转轨器的主要作用是实现大小室轨道之间的对接,使得驱动小车和吊具小车通行无影响,收回后保证隔离门可以正常关闭无干涉,并且能够耐受 $-60 \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度和 $10\% \sim 100\%$ 的环境湿度。

转轨器是由回转支承轴承带动可以转动的轨道,需要两端联通时可以通过控制转动转轨器将隔离门两侧轨道联通,以保证驱动小车及吊具小车安全通过,实现大、小室驱动小车及吊具小车的共用。转轨器两端设有机械止挡机构,保证驱动小车和吊具小车安全通过。电控箱外侧附有保温板,内置加热与温度控制系统,以控制电控箱内部的环境温度不低于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

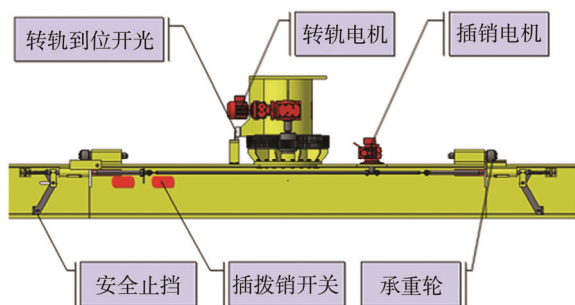


图6 转轨器

转轨器接轨工作原理:操作转轨开关,转轨电机启动,通过主齿轮带支承轴承转动,轨道随之转动;转轨到位,触发行程开关,转轨电机停止工作;插销电机启动,执行插销动作;插销到位触发插销开关,插销电机停止工作。

4 结语

上部运输系统是气候环境实验室的关键设备,是气候环境实验室多项环境试验的共用系统,其性能决定了相关实验安装的便捷性、有效性、省时性以及安全性。对电动葫芦的防护等级和材料进行改进,设计耐受环境的驱动小车以及自动转轨器,提高上部运输系统中关键部件的性能,以满足上部运输系统的功能特点以及关键技术指标。

参考文献:

- [1] 唐虎,刘海燕.气候环境实验室总体技术要求[M].西安:中国飞机强度研究所,2013.
- [2] 唐虎,李喜明.飞机气候试验[J].装备环境工程,2012,9(1):60-65.
- [3] 李喜明.美国麦金利气候实验室资料汇编[M].西安:中国飞机强度研究所,2012.
- [4] 郝伯雅,埃格林空军基地的麦金利气候实验室简介[J].导弹与航天运载技术,1983(2):78-82.
- [5] 杜莺,陈晶霞.麦金利气候实验室结冰试验[C]//航空试验测试技术学术交流会议.北京:测控技术杂志社,2007.
- [6] 李喜明,唐虎.极端气候条件下试飞前的地面全机气候试验[M].西安:中国飞机强度研究所,2013.
- [7] GB/T 3811—2008,起重机设计规范[S].
- [8] GB 50278—2010,起重设备安装工程施工及验收规范[S].
- [9] 苏万斌,朱建新.电动葫芦质量安全性能分析与研究[J].起重运输机械,2010(8):44-48.
- [10] 刘小正.超低温环境下门式起重机的设计思路[J].建筑机械,2016(12):53-58.
- [11] 潘朝辉.低温环境用电动葫芦的设计[J].起重运输机械,2004(5):17.
- [12] 金星池.国内起重机设计展望[J].科技创业家,2012(16):96.
- [13] 臧小惠,赵希军.起重机啃轨的分析与探讨[J].中国科技信息,2010(24):141.
- [14] 叶振良.试析电动葫芦的安装、使用和改进[J].科学之友,2011(12):77-78.
- [15] 鲁淑梅.浅析型钢滑触线与安全滑触线的性价比[J].电气工程应用,2013(2):20-23.
- [16] 张红霞.桥式起重机安全滑触线使用及改进[J].设备管理与维修,2003(5):51.