

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1680

QJ 20678.5—2018

空间环境模拟器研制要求 第5部分：控制与监测系统

Development requirements for space environment simulator —
Part 5: Control and monitoring system

2018—01—18 发布

2018—05—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

QJ 20678《空间环境模拟器研制要求》分为六个部分：

- 第 1 部分：真空系统；
- 第 2 部分：低温系统；
- 第 3 部分：外热流模拟系统；
- 第 4 部分：太阳模拟器；
- 第 5 部分：控制与监测系统；
- 第 6 部分：系统联试。

本部分为 QJ 20678 的第 5 部分。

本部分由中国航天科技集团有限公司提出。

本部分由中国航天标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国航天科技集团有限公司第五研究院总装与环境工程部、中国航天标准化研究所。

本部分主要起草人：詹海洋、顾志飞、王 宇、刘高同、孙 宇、邵静怡、张立明、泉浩芳。

空间环境模拟器研制要求 第5部分：控制与监测系统

1 范围

本部分规定了空间环境模拟器控制与监测系统研制中的系统组成、研制目标、系统配置、技术要求、设计要求、制作工艺要求及安装测试要求。

本部分适用于空间环境模拟器控制与监测系统的研制。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本部分。然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 7353—1999 工业自动化仪表盘、柜、台、箱

GB/T 20818.1 工业过程测量和控制 过程设备目录中的数据结构和元素 第1部分：带模拟量和数字量输出的测量设备

JB/T 9268—1999 分散型控制系统 术语

3 术语和定义

GB/T 20818.1、JB/T 9268—1999 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

空间环境模拟器控制与监测系统 control and monitoring system in space environmental simulator

为保证空间环境模拟器内真空/冷黑环境建立所必须的真空获得及冷黑环境模拟设备的控制与监测系统总称。

3.2

真空控制与监测子系统 vacuum control and monitoring subsystem

用于使真空系统设备（粗抽泵、分子泵、低温泵、真空阀门、真空测量设备等）满足试验环境压力要求运行的控制与监测子系统。

3.3

低温控制与监测子系统 cryogenic control and monitoring subsystem

用于使低温系统设备（液氮泵、制冷机、电加热器、低温阀门、氦压机等）满足试验环境温度要求运行的控制与监测子系统。

4 控制与监测系统组成及研制目标

4.1 系统组成

控制与监测系统包括真空控制与监测子系统、低温控制与监测子系统、辅助控制与监测子系统。

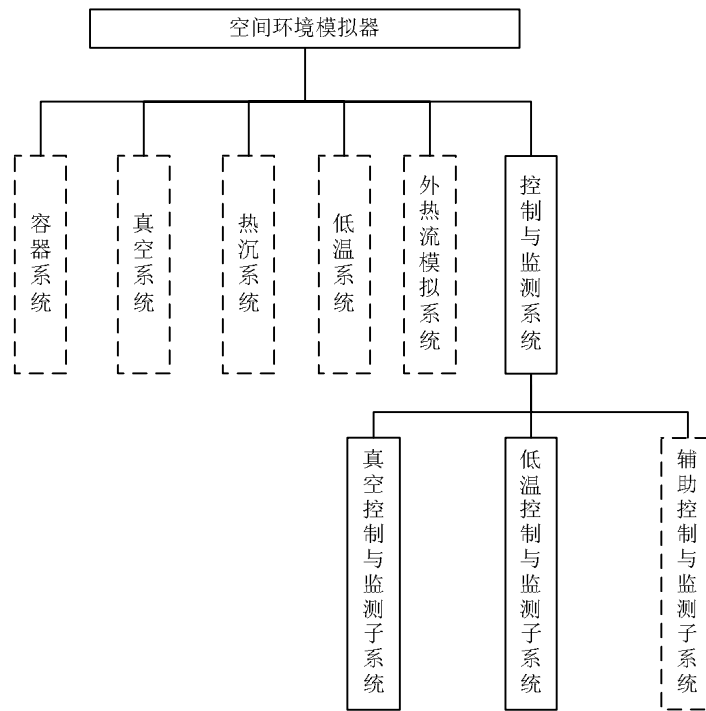


图 1 空间环境模拟器控制与监测系统组成框图

4.2 研制目标

控制与监测系统应用于航天器空间环境模拟器真空系统和低温系统组成设备的运行控制和状态监测。研制目标如下：

- a) 控制要求如下：
 - 1) 空间热环境试验设备一般具有远程与本地控制功能；
 - 2) 控制系统对大电流设备具有过流、过载保护功能；
 - 3) 控制系统对设备具有操作和工作状态监控、故障报警、数据采集、处理和存储、操作过程记录、绘制曲线和安全保护等功能。
- b) 控制与监测系统应能够保证航天器空间环境模拟器真空系统和低温系统组成设备的连续、可靠、稳定运行的测量和控制要求。
- c) 控制与监测系统应具有良好的可操作性。
- d) 控制与监测系统应充分考虑系统的安全性、可靠性、可扩展性、可维修性。
- e) 除非另有规定，控制与监测系统应尽量采用成熟技术，所采购的器材应符合有关国家标准、国家军用标准和行业标准的规定。

5 控制与监测系统配置

5.1 概述

根据真空系统和低温系统被控设备的类型、数量及安装位置选用控制与监测系统配置。

5.2 小型控制与监测系统配置

符合下列情况时，宜选用小型控制与监测系统配置：

- a) 所有被控设备的控制点数量（数字量输入/输出、模拟量输入/输出信号）不大于 100 点，通讯

接口数量小于 5 路，闭环控制回路数量小于 10 路；

- b) 真空系统和低温系统的被控设备类型较为简单，如真空系统只配备粗抽泵，不配备高真空泵；低温系统采用机械制冷方式，不采用液氮制冷等；
- c) 真空系统和低温系统的被控设备安装位置集中。

5.3 中/大型控制与监测系统配置

符合下列情况时，宜选用中/大型控制与监测系统配置：

- a) 所有被控设备的控制点数量（数字量输入/输出、模拟量输入/输出信号）最大可至数千点，通讯接口类型多且可扩展数量不小于 5 路，闭环控制回路数量最高可达上百路的控制系统；
- b) 真空系统和低温系统的被控设备较为复杂，如真空系统配备粗抽泵、分子泵、低温泵等；低温系统采用液氮制冷、气氮加热等；
- c) 真空系统和低温系统的被控设备安装位置分散或分布在不同地区。

6 技术要求

6.1 小型控制与监测系统要求

小型控制与监测系统的一般要求如下：

- a) 应采用集中式控制与监测系统配置，以小型控制器为核心，由单个控制单元对系统进行控制；
- b) 本地配置 1 台控制柜，控制柜内安装小型控制器、仪器仪表、人机交互设备（指示灯、按钮、显示屏、触摸屏、平板电脑等）及低压电气元件等；
- c) 控制柜应提供符合被控设备供电要求的供电接口；
- d) 如无特殊要求应将所有控制功能集成在 1 台控制柜中，如器件较多，可采用多台控制柜并柜放置；
- e) 小型控制与监测系统可连续运行不少于 30 天。

6.2 中/大型控制与监测系统要求

中/大型控制与监测系统的一般要求如下：

- a) 应采用分布式控制与监测系统配置，由多台控制柜（箱）组成，分布于被控设备旁；
- b) 控制柜（箱）内应安装被控设备所需的 PLC 模块、仪器仪表、人机交互设备及低压电气元件等；
- c) 控制柜（箱）之间应采用标准通讯接口、标准通讯协议进行通讯（PROFIBUS、PROFINET、MODBUS 等）；
- d) 应设置不少于 2 台工业计算机作为远程终端，这 2 台计算机均可对真空系统和低温系统内的所有设备进行监控、数据采集、记录、显示及导出功能，并互为备份；
- e) 中/大型控制与监测系统可连续运行不少于 30 天。

7 设计要求

7.1 设计流程

控制与监测系统设计程序流程见图2。

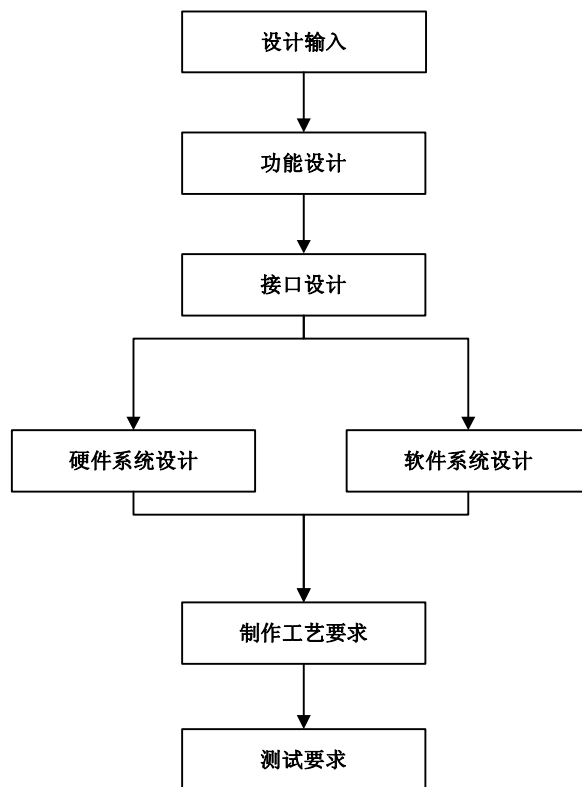


图 2 设计程序流程图

7.2 设计输入

空间环境模拟器控制与监视系统的设计输入要求如下：

- a) 应明确真空系统中真空抽气泵组（粗抽泵组、分子泵组及低温泵组等）、真空阀门（挡板阀、插板阀等）、传感器（真空规、温度传感器、压力传感器、流量传感器等）的布局位置；
- b) 应明确低温系统中设备（液氮泵组、制冷机组、电加热器、气氮压缩机、液氮储槽、过冷器等）、阀门（开关阀、调节阀、常开阀门、常闭阀门）、传感器（温度传感器、压力传感器、流量传感器、液位传感器等）的布局位置；
- c) 应明确真空系统和低温系统中设备供电要求及控制接口方式（通讯接口、数字量输入/输出、模拟量输入/输出等）；
- d) 应明确真空系统和低温系统中传感器数量、信号类型等接口；
- e) 应明确真空系统和低温系统中真空阀门和低温阀门的驱动方式（气动、电动）；
- f) 应明确真空系统和低温系统中所需采集的运行状态参数（真空度、温度、压力、流量、液位等）；
- g) 应明确真空系统和低温系统中所需记录数据的名称、数量、时间间隔；
- h) 应明确真空系统和低温系统中所存储数据的存储及导出格式。

7.3 功能设计

7.3.1 设备控制功能

各设备应具备的控制功能如下：

- a) 泵组：应能实现泵组的远程手/自动启停控制功能，并具有泵组的启停、运行状态及故障报警等状态监测功能；
- b) 液氮储槽：应能实现液氮储槽内部的压力、液位等参数监测功能，并具有液氮储槽的增压、泄

压、自动恒压等控制功能；

- c) 过冷器：应能实现过冷器内部的压力、液位等参数监测功能，并具有过冷器内部液位的闭环控制功能；
- d) 调节阀门：应能实现调节阀门的开度状态、故障等参数监测功能，并具有阀门的开度控制功能；
- e) 开关阀门：应能实现开关阀门的开关状态、故障等参数监测功能，并具有阀门的开关控制功能；
- f) 系统参数：应能实现系统内的各种压力、温度、液位、流量等参数监测功能。

7.3.2 自动功能

应具备如下自动功能：

- a) 真空系统：按照真空系统工艺流程，应能完成从粗真空→高真空→系统复压的抽气流程自动控制；
- b) 低温系统：按照低温系统工艺流程，应能完成从热沉预冷→低温系统停机→系统回温的制冷流程自动控制；
- c) 设备在自动功能运行前，应具有自诊断功能，对设备状态进行检测并给出结果；
- d) 设备在自动功能运行时，应具有运行中的状态显示；
- e) 设备退出自动功能运行时，应保持当前状态不变。

7.3.3 连锁保护功能

应具备如下连锁保护功能：

- a) 应根据真空系统和低温系统的工艺流程，设置设备之间的连锁保护功能；
- b) 在异常情况下，连锁保护功能应包括禁止泵组启动、禁止阀门打开、启动连锁停机等；
- c) 连锁保护功能应具有启动或取消的设置选项；
- d) 连锁保护应具有触发后记录功能。

7.3.4 数据存储功能

应具备如下的数据存储功能：

- a) 应对采集信号进行存储，存储间隔可设定；
- b) 存储数据应具有实时和回放显示功能，一般采用报表或曲线方式显示；
- c) 数据应按指定格式导出，文件名称可定义；
- d) 当数据量较大或可靠性要求较高时，应配置独立的数据库软件。

7.4 接口设计

7.4.1 通讯设备

通讯设备应满足如下接口要求：

- a) 应采用标准通讯接口及通讯协议；
- b) 系统中具备较多不同类型的通讯设备时，一般应考虑进行协议转换，转换为现场总线协议。

7.4.2 开关量设备

开关量设备应满足如下要求：

- a) 应采用低电压直流数字量接口（24 V DC 等）；
- b) 应尽量为设备、阀门、传感器等配置独立的控制电源；
- c) 应尽量在开关量输入端配置保险（熔断器）、安全栅等电气隔离保护装置；

d) 应尽量在开关量输出端配置保险（熔断器）、继电器等电气隔离保护装置。

7.4.3 模拟量设备

模拟量设备应满足如下要求：

- a) 应采用标准模拟量接口（0 V~10 V、0 V~5 V、4 mA~20 mA、标准电阻等）；
- b) 应配置独立的屏蔽接地端；
- c) 应尽量在模拟量输入/输出回路中配置保险（熔断器）、安全栅等电气隔离保护装置。

7.5 硬件系统设计

7.5.1 硬件

硬件设备应满足如下要求：

- a) 根据控制与监测系统配置及功能设计选择适合的控制器，控制器应选用具有编程功能的标准产品（计算机、可编程控制器 PLC、可编程自动控制器 PAC 等）；
- b) 对于可靠性要求较高的系统，应配置多台控制器实现冗余控制功能；
- c) 冗余系统中主控制器出现故障时，应能够实现备用控制器的自动无扰动切换功能；
- d) 控制系统硬件设计中应包含电气图纸设计及电气元器件布局设计；
- e) 应选用工业级元器件；
- f) 应选用开放式体系结构和模块化、通用性强、备品备件易取得的硬件；
- g) 在满足安全性、可靠性的前提下，硬件选型应考虑系统的经济性。

7.5.2 控制柜

控制柜应符合 GB/T 7353—1999 的要求。

7.5.3 控制线路

控制线路应满足如下要求：

- a) 模拟量信号电缆应采用屏蔽双绞电缆；
- b) 数据通信信号电缆应采用屏蔽对绞电缆；
- c) 容器内电缆应采用 AF200 以上标号线缆。

7.6 软件系统设计

软件系统的设计应满足如下要求：

- a) 软件设计应严格遵循软件工程化的要求；
- b) 在空间环境模拟器的整个运行过程中，软件应能正确无误、安全可靠的运行；
- c) 软件应满足空间环境模拟器提出的全部功能、性能及技术指标要求；
- d) 在硬件设备发生故障、输入的数据无效或发生操作错误等意外情况下，软件应能自动保护有用信息不受破坏，并显示错误部位。当上述意外情况消除后，程序应能继续运行；
- e) 应能保证在输入无效数据或未按预定顺序操作时，不对设备造成损害；
- f) 应当具有防止未经授权使用软件或读取数据的措施；
- g) 应具备正确性、容错性、安全性、可读性、可维护性、可测试性和可移植性。

8 制作工艺要求

8.1 焊接工艺

应符合电子电气产品手工焊接相关标准的要求。

8.2 压接工艺

应符合坑压式压接连接相关标准的要求。

9 安装测试要求

9.1 安装要求

控制与监测系统的安装要求如下：

- a) 设备（控制柜/箱、控制台等）应固定牢靠，安装需预留操作、维护空间，一般柜前操作空间不小于 1.2 m，后侧维护空间不小于 1 m；
- b) 线路长度大于 1.5 m 的线缆，应在金属线槽（管）或线缆沟内敷设，长度小于 1.5 m 的线缆可用软管或护套保护；
- c) 控制电缆与动力线缆应分开敷设，避免平行走线，不可避免时应采取良好的屏蔽和隔离措施。

9.2 测试要求

控制与监测系统的测试要求如下：

- a) 设备出厂应进行单点测试验收，主要验收内容包括控制点与接线对应关系测试，开关量信号需通断测试，模拟量信号需量程测试，测试表格参见表 1；
- b) 控制与监测系统加工及安装完成后应进行设备单机控制测试，合格后才能进行系统联合调试，调试验收主要项目参见表 2。

表 1 控制与监测系统设备出厂验收表格式

控制柜名称：		检测时间：		年	月	日
序号	测试项目	接线位置	软件地址	测试方法	测试结果	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
测试人员：						
验收意见：				验收人：		

表2 控制与监测系统测试主要项目表格式

序号	测试项目	测试方法及指标	实际结果
1	设备启停控制功能测试	在各个控制界面，单独对系统内的每台设备进行启停控制，检验控制功能是否实现	
2	调节阀控制功能测试	在各个控制界面，单独对系统内的每个调节阀进行控制，开度设定为0、30%、50%、70%、100%，观察阀门是否到位	
3	参数测量功能测试	系统开机，观察各个参数测点数值是否正常	
4	温度、压力、液位控制功能测试	开启相应功能，检查实际值是否与设定值一致	
5	联合调试	检查各个自动控制功能及连锁瓮中捉鳖功能是否正常，检验各个控制精度指标是否达到	
6	数据管理测试	联合调试完成后，对数据存储、查询、曲线绘制等功能进行测试，检查是否符合要求	

中华人民共和国航天行业标准
空间环境模拟器研制要求
第 5 部分：控制与监测系统

QJ 20678.5—2018

*

中国航天标准化研究所出版
北京市丰台区小屯路 89 号
邮政编码：100071
中国航天标准化研究所
印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2018 年 5 月出版
定价：22 元