

# 常规推进剂贮存远程测控系统设计

朱丹波, 左明聪, 单琳

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

**摘要:** 某推进剂库房为常规液体火箭发动机地面试验提供燃料和氧化剂, 燃料和氧化剂均为有毒有害物质, 燃料具有易燃易爆特性。为了提高推进剂贮存安全性和工艺系统操作过程安全性, 便于集中控制和管理, 提出了推进剂贮存库房远程测控系统设计方案。该系统符合 RMS 设计要求, 已成功应用于推进剂库房, 提高了系统安全性和自动化程度。

**关键词:** 远程测控系统; 安全监控; RMS 设计

**中图分类号:** V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2014) 04-0062-05

## Design of remote measurement and control system for conventional propellant bunker

ZHU Dan-bo, ZUO Ming-cong, SHAN Lin

(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technology Institute, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The propellant bunker provides fuel and oxidant for the rocket engine ground test. Both the fuel and oxidant are all poisonous. The fuel is flammable and explosive. A design scheme of remote measurement and control system for the propellant bunker is proposed to improve the security of propellant storage and convenience of the operation process. The system has been successfully used in the propellant bunker, and matches with the design requirements of RMS. It improved the security and the degree of automatization.

**Keywords:** remote measurement and control system; security monitoring; RMS design

## 0 引言

某推进剂库房为常规液体火箭发动机提供地面试验用燃料和氧化剂, 并对这两种推进剂进行长期贮存。这两种推进剂分别为四氧化二氮和偏二甲肼, 其中四氧化二氮为强氧化剂, 和胺类、肼类、糠醇等接触能自燃, 和碳、硫、磷等物质

接触容易着火, 和很多有机物蒸汽的混合物易发生爆炸。沸点为 21.15 °C, 常温下分解成为二氧化氮, 二氧化氮为三级中等毒物。偏二甲肼为还原剂, 可与许多强氧化物质接触立即自燃, 沸点为 63.1 °C, 挥发性、渗透性和吸附性均很强, 也属于三级中等毒物<sup>[1-2]</sup>。

因此, 针对推进剂库房设计的远程测控系

收稿日期: 2014-02-19; 修回日期: 2014-04-25

作者简介: 朱丹波 (1981—), 女, 高级工程师, 研究领域为液体火箭发动机地面试验控制技术

统, 需要以安全监控为基础, 以保证人员不受职业伤害和生产设备正常运行目的, 兼顾工艺系统远程测控功能, 符合库房的管理规范和工作人员的操作习惯, 提高系统的自动化程度、可操作性、监控覆盖面。

## 1 测控系统要求及功能

### 1.1 系统要求

测控系统需满足以下要求:

- 1) 实现容器内部推进剂液位、温度、压力的远程测量, 其中氧化剂容器 4 台、燃料容器 3 台;
- 2) 对工艺流程、工艺参数以及阀门、风机、屏蔽泵状态进行集中实时显示和远程控制, 完成数据的记录、统计, 实现参数报警;
- 3) 具备手动、自动测控功能, 手动、自动测控无需切换;
- 4) 需在库房区域实现视频监控和广播通讯;
- 5) 系统应操作简单、运行稳定可靠、易于维护, 并满足推进剂监控相关的可靠性、维修性、保障性要求。

### 1.2 系统功能

根据推进剂库房的建设要求、工艺原理和安全防护要求, 建立的远程测控系统主要功能有:

- 1) 对推进剂库房实现容器远程监测、工艺管路控制及监测;
- 2) 对工艺流程、工艺参数以及阀门、风机、屏蔽泵状态进行集中实时显示、远程控制, 并对加注等工艺过程的阀门动作进行记录, 对阀门动作次数进行自动统计;
- 3) 各子系统均可独立于其他系统单独运行, 系统结构简单、可操作性强、可靠性高, 手动/自动、本地/远端控制均无需切换, 关键测点测控方式功能冗余, 系统通道裕量不低于 30%;
- 4) 具备参数超限自动报警及故障自动停泵等保护手段, 过程数据自动存储;
- 5) 配置视频监控系统, 完成库房内、外重要通道监视点的控制、图像采集存储和回放功能;
- 6) 配置广播系统, 对库房进行统一指挥。

## 2 系统组成及原理

推进剂库房测控系统主要包括集中控制子系统、工艺参数检测子系统、视频监控子系统和广

播子系统。

### 2.1 集中控制子系统

集中控制子系统可实现阀门、风机和泵的远程控制, 并对控制状态进行显示。系统有两种建设方案: 一种是全部采用计算机远程测控; 另一种是采用手动操作台的方式。采用计算机实现远程测控的方案结构紧凑, 但操作较复杂, 环节多, 可靠性较低。由于库房远程控制要求简单直接、系统独立、结构简单, 因此, 采用手动操作台的方式。手动操作台配置开关、信号灯和数显仪表, 只要操作台供电即可使用。

#### 2.1.1 阀门、风机控制

指令状态由面板信号灯显示。集中控制子系统中阀门、风机的控制原理如图 1 所示。

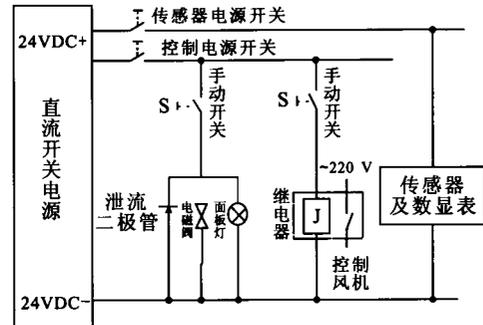


图 1 阀门、风机控制原理图

Fig. 1 Principle diagram of valve and fanner control

#### 2.1.2 泵控制

推进剂屏蔽泵功率较大且不支持变频控制, 因此采用在回路中串接软启动器的控制方式。屏蔽泵运行电流、电压由操作台仪表显示。系统控制原理如图 2 所示。

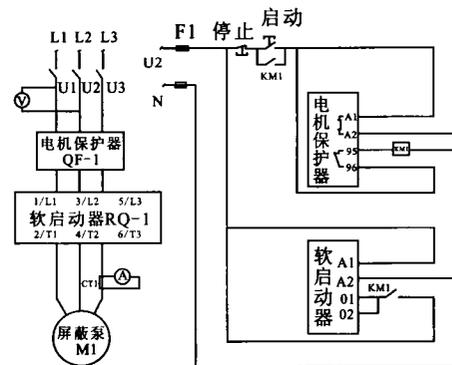


图 2 泵控制原理图

Fig. 2 Principle diagram of pump control

### 2.2 工艺参数检测子系统

工艺参数检测子系统实时显示工艺流程，显示阀门、风机及屏蔽泵状态，采集并显示容器压力、温度、液位等参数，记录阀门动作，实现关键工艺参数的超限报警，记录监控数据。

#### 2.2.1 系统组成

系统包括传感器、信号调理电路板、数据采集卡以及工控机数据存储分析和软件等，其原理框图见图3所示。

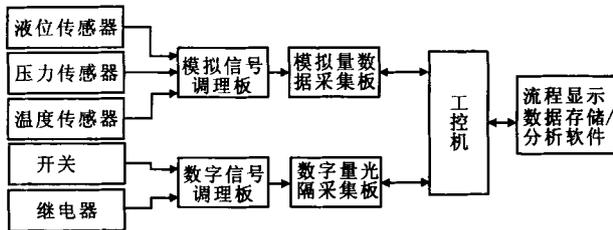


图3 工艺参数检测子系统原理框图

Fig. 3 Principle diagram of detection subsystem for technical parameters

#### 2.2.2 软件设计

推进剂库房测控软件要求界面简洁友好、操作简单、功能完备，具备数据实时采集、显示、报警、记录的功能，同时具备采集数据修正的功能。程序流程图见图4所示。

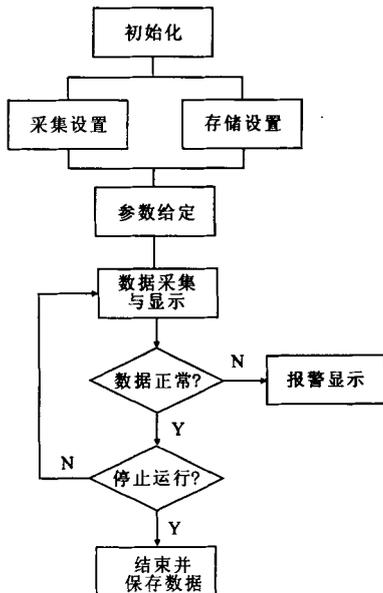


图4 工艺参数检测子系统程序流程图

Fig. 4 Flow chart of detection subsystem for technical parameters

### 2.3 视频监视子系统

视频监视子系统对推进剂容器间和泵房进行过程监控和记录，满足《国防科工易燃易爆危险点视频监控系统通用技术规程》的规定和要求。视频监视子系统原理框图见图5所示。

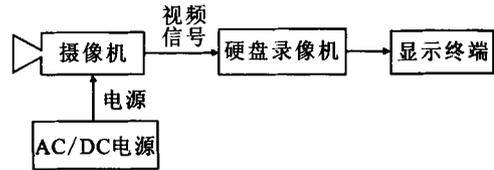


图5 视频监视子系统原理框图

Fig. 5 Principle block diagram of video monitoring subsystem

### 2.4 广播子系统

广播子系统主要由麦克风、功率放大器和扬声器组成。其功能主要为在主控室通过麦克风和功放与容器间实现单向广播通讯。

## 3 安全性设计及监控技术

### 3.1 远程测控技术

推进剂库房为一级危险点，其远程控制不仅能够实现对工作人员的保护，而且需要具备较高的可靠性。

#### 3.1.1 子系统相互独立

由于推进剂库房部分工作无需操作人员全部上岗，因此，各子系统设计相互之间独立，尤其是集中控制子系统和工艺参数检测子系统为可独立运行的两个子系统。其中，集中控制子系统无需开启计算机、仅需供电即可完成对电磁阀、泵和风机的远程开关操作，操作台配有二次仪表、开关和指示灯，使操作简便，显示直观，适应工作需要。

工艺参数检测子系统主要为流程显示、参数测量、显示和记录，也可独立运行。

#### 3.1.2 信号集中显示

为了提高系统可操作性，对过程参数和关键设备状态进行集中显示，温度、液位、压力等参数和阀门控制状态均在工艺流程中集中显示，同时也可在操作台面板集中显示。

在工艺流程中,对部分参数实现间接测量,即根据已测得的参数应用一定的计算方法进行计算,得出所需的参数值,如容器内推进剂的容积和质量。

### 3.1.3 冗余设计

对关键参数和关键设备采用功能冗余设计,提高系统可靠性,从而提高系统安全性能,防止由于测控设备单点失效导致事故发生。

由于系统要求结构简单、维护方便,因此在工艺参数检测子系统中,冗余设计方案选择既可以远程传输又提供现场直显的传感器设备,同时满足了指挥员和现场操作人员查看参数的需求。在设计关键工艺对象的远程控制功能时,为提高可靠性和安全性,采用远程/就地控制无需进行手动切换的方式,简化操作,提高可操作性。屏蔽泵、通风机均采用这种控制方式,便于在事故发生时第一时间响应,降低不良影响。

### 3.1.4 过程记录

对工艺参数进行实时采集和记录,使过程数据得到有效保存。

应用视频监视技术实现环境安全多媒体记录,使工作过程可追溯。

### 3.1.5 选型及施工

1) 选用防爆或本安型、密封性好、耐腐蚀的元器件及设备,并进行合理接地;2) 所有在容器间、泵房间的测控装置均选用低压直流装置,并在接口处进行密封处理;3) 对容器间、泵房间所有线路进行穿管保护,提高线路耐腐蚀能力;4) 所有设计及施工符合有关标准。

## 3.2 安全监控技术

### 3.2.1 过程参数报警

推进剂长期贮存或加注时,容器内推进剂液位、温度、压力为关键参数,直接影响贮存或加注安全,因此,应用软件实现对容器内压力、液位、温度的超限自动报警,报警方式为界面闪烁,可及时提示操作人员对警报进行处理。

### 3.2.2 浓度探测报警

配置手持式浓度探测器,在进入推进剂库房前,使用浓度探测器进行探测,如发现泄露则根据应急预案进行相应处理,确保作业人员安全。

### 3.2.3 视频监视报警

氧化剂泄露后为红棕色气体,可通过视频监视系统远程监控是否发生泄露,如果有泄露则通过应急预案进行处理。

视频监视系统可对作业过程进行记录,为事后分析提供数据。

## 4 运行结果及 RMS 分析

### 4.1 运行结果分析

系统投入运行后,满足了各项设计指标,不仅可以完成加注等过程数据记录,而且可以对推进剂贮存温度进行长时间的横向比对,为后续研究累积储存数据,提供依据。某次推进剂加注过程曲线见图6所示。1#容器推进剂平均温度见图7所示。

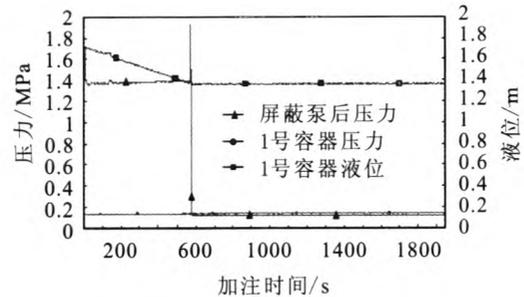


图6 某次推进剂加注过程曲线

Fig. 6 Curves from a certain process of propellant refueling

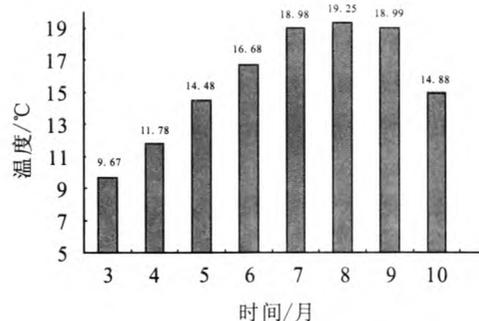


图7 1#容器推进剂平均温度

Fig. 7 Average temperature of 1# propellant tank

### 4.2 RMS 分析

在系统设计过程中,严格按照 RMS (可靠

性、维修性、保障性)要求设计,落实情况参见 表1。

表1 RMS设计要求落实情况

Tab. 1 Implementation situation of RMS design requirements

RMS	设计要求	落实情况
可靠性	1)成熟设计,多采用成熟技术、设备和元器件 2)简化设计,对系统组成进行优化和精简 3)余度设计,控制通道设计裕量不低于30% 4)环境防护设计	1)系统结构简单,技术成熟度高 2)通道裕量30% 3)设计裕量和环境防护符合相关规范
维修性	1)提高标准化和互换性程度,减少非标设计 2)保证维修安全	1)元件通用性好,提高维护效率 2)多级开关确保维修安全
保障性	1)减少专用工具和设备,提高维护通用性和便捷性 2)同时设计有自动检测和手动监测两种功能,使系统能够通过两种独立的手段完成任务 3)完善过程记录	1)维护方便 2)手动、自动检测手段齐全 3)数据自动记录,系统自动化程度较高 4)视频监控系统完善

## 5 结论

该常规推进剂贮存远程测控系统的设计立足于工艺需求,紧密结合安全防护要求,兼顾人性化设计,满足设计技术指标和要求。该系统结构简洁,功能实用,便于操作维护,极大地提高了效率和安全性,降低了操作人员的工作强度和压力。在安全防护技术方面的设计思路及应用措施具有一定的参考价值。

### 参考文献:

- [1] 胡文祥,孙联众.火箭推进剂损伤应急救援工程[M].北京:解放军出版社,2003(1):106-107.
- [2] 郭霄峰.液体火箭发动机试验[M].北京:宇航出版社,1990.
- [3] 董文庚.安全检测与监控[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2011.
- [4] 杨岑凯.水电站建设中的数字化监控体系构建研究[J].电子技术与软件工程,2013(20):198
- [5] 刘京丹,陈飞.3RW22软启动器在矿用索道上的应用[J].煤矿机械,2010,31(12):180-182.
- [6] 孙志平.电动机软启动技术综述[J].吉林化工学院学报,2009,26(3):70-75.
- [7] 中国航天科技集团公司科技质量部.航天科技工业通用作业风险分析与安全操作[M].北京:中国宇航出版社,2006.
- [8] 崔政彬,石跃武.防火防爆技术[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [9] 中国航天工业总公司.QJ3005-98可贮存液体推进剂使用安全要求[S].北京:中国标准出版社,1998.
- [10] 中国航天工业总公司.QJ2043-91电子设备安全技术要求[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [11] 中国航天工业总公司.GB3836爆炸性气体环境用电气设备[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [12] 连德胜.试论化工防爆电气设备的维护[J].科技创业家,2012(14):94.
- [13] 李清.燃气锅炉房电气防爆设计的安全措施讨论[J].科技与企业,2012(22):368.

(编辑:王建喜)