

泵水力试验测控系统故障模式分析

陈 锦

(陕西动力机械设计研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 阐述了泵水力试验测控系统硬件在试验中可能出现的故障模式, 介绍了各种故障现象和相应的分析方法, 并提出了相应的解决方法, 为试验测控系统做好故障预想和过程控制提供了实践经验和依据。

关键词: 试验; 测控; 系统; 故障; 方法

中图分类号: V434

文献标识码: B

文章编号: (2006)02-0046-06

Analysis of malfunction mode of measure and control system for pump hydraulic test

Chen Jin

(Shaanxi Power Machine Design and Research Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Some possible malfunction modes of the measure and control systems for pump hydraulic tests were discussed in this paper. And the malfunction phenomena and corresponding ways to analyze and cope with were introduced. This paper can be helpful to the malfunction forecast and process control of measure and control systems.

Key words: test; measure and control; system malfunctions; method

1 引言

泵水力试验测控系统(以下简称测控系统)包括数据采集系统(以下简称数采系统)、试验员操作系统(以下简称控制系统)和网络系统,如图 1 所示。测控系统主要完成各种泵、阀及其它产品在试验过程中各参数的实时测量、采集、显

示、存储和试验后处理,以及完成与试验过程参数相关的各电动执行机构的手动或自动控制。测控系统是泵水力试验系统的重要组成部分,直接影响到产品性能参数的准确性和可靠性。因此针对测控系统进行故障模式分析,并针对这些故障模式提出解决措施,对加强质量管理、强化试验过程控制和保障产品水试质量都是大有裨益的。本文从影响测控系统的硬件环节进行分析,并在

收稿日期: 2005-01-24; 修回日期: 2005-08-02。

作者简介: 陈锦(1973—),女,工程师,研究领域为计算机测量与控制。

万方数据

最后针对影响泵主要性能参数的测控系统的故障原因提出分析和解决方法。

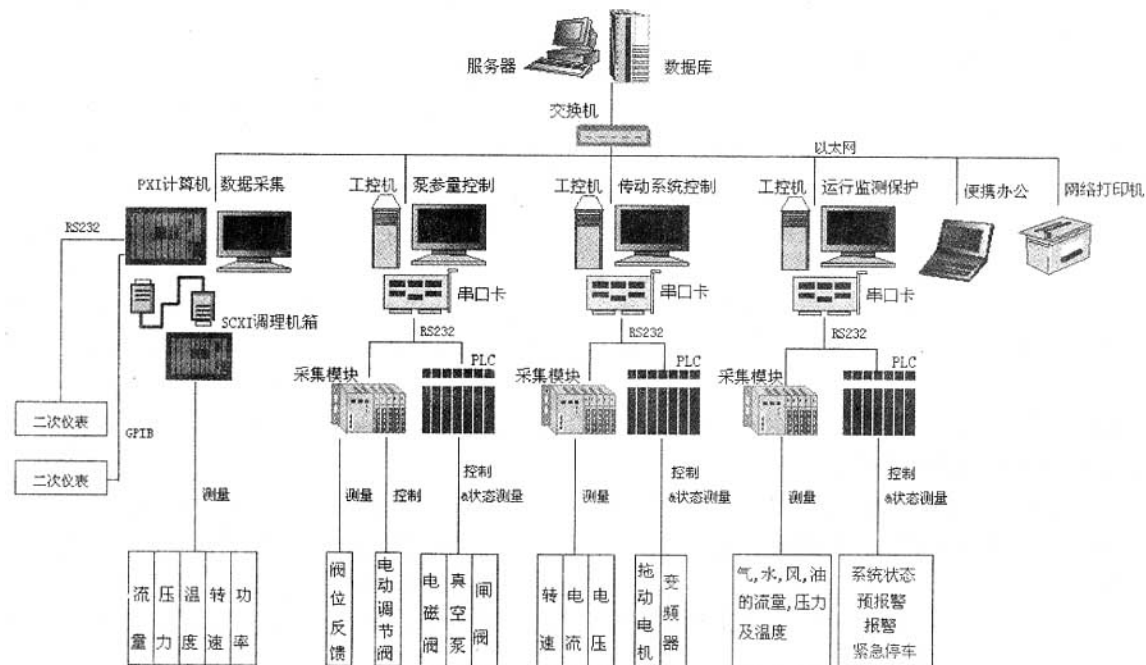


图 1 泵水力试验测试与监控系统框图

Fig.1 A measure and control system of pump hydraulic test system

2 系统组成和功能

测控系统的硬件环节包括：传感器（变送器及流量计）、二次仪表、采集前端、I/O 板卡、PLC、数采和控制计算机、网络设备、电动执行机构、信号传输电缆等设备。

传感器就像人的神经末梢，它将测量到的压力、温度、流量、转速等信号经信号传输电缆传递给采集前端，经信号调理后通过 I/O 板卡由数采系统计算机这一“大脑”来采集、显示、存储和处理，或通过通讯接口直接读取二次仪表数据，并经网络与其它有权用户交换试验参数和数据，通过试验员操作系统计算机输出 4~20mA 或节点控制信号给各电动执行机构，完成多路流量、压力控制。因此在这一系列的环节中，如果任一环节出现故障，则测控功能都将无法顺利准确地完成。

3 基本规则与假设

3.1 分析方法

分析方法采用硬件法,即根据产品的功能对每个故障进行评价,列出各个产品,并对可能发生的故障模式及其影响进行分析。产品的故障影响与分系统及系统功能相关。

3.2 分析的约定层次

约定层次定义如下:

- (1) 泵水力试验系统(系统级);
- (2) 测控系统(分系统级);
- (3) 传感器、仪器仪表、采集前端、I/O 板卡、数采和控制计算机组(单元级)。

初始约定层次定义为泵水力试验系统, 分析的约定层次定义为测控系统各组件。

3.3 分析的假设条件

在进行故障分析工作时，确定假设条件如下：
泵、阀产品和其它系统是完好的。

4 故障分析和解决措施

4.1 故障模式

4.1.1 传感器

传感器故障主要是在校验期内出现超差,导致测量数据失真,从而使技术人员无法正确评估水试产品的性能;其它故障包括无信号输出、输出信号不随系统调节变化、测量参量显示错误或跳动等。

(1) 零点超差:传感器接入测控系统后,系统在非加水和增压、放气状态下,计算机显示其模拟量测量零点超差。

(2) 无信号输出:传感器接入测控系统后,计算机显示其模拟量测量无信号。

(3) 测量信号不伴随调节信号变化:试验时,计算机显示传感器测量物理量测量不伴随调节信号变化。

(4) 测量参量显示错误:试验时,计算机显示传感器测量物理量错误。

(5) 测量参量显示跳动:试验时,计算机显示传感器测量物理量跳动、不稳定。

4.1.2 二次仪表

测控系统在泵试验过程中使用的二次仪表主要用于试验转速、扭矩信号测量、转换,并通过 GPIB 口或 RS232 口与计算机实时通讯。其主要故障现象为:

(1) 试验前,仪表上电无转速或扭矩显示;

(2) 试验前,未安装产品时,仪表显示扭矩零点超差;

(3) 试验过程中仪表有显示,但计算机却无转速或扭矩显示;

(4) 试验过程中,仪表信号和计算机显示的转速扭矩参量波动大。

4.1.3 采集前端

4.1.3.1 数采系统采集前端

数采系统采集前端包括连接端子、配电器、信号调理模块。连接端子通过信号电缆将传感器和采集设备连接,配电器是给传感器供电并将传感器输出的 4~20mA 信号转变为电压信号的设备,信号调理模块对配电器输出信号进行隔离、滤波和放大。

数采系统安装调试完毕后,只要正确连接外部信号,提供正常工作电源,采集前端故障率很低,通常故障表现为:

(1) 试验前,传感器上电指示不为零点;

(2) 试验前,计算机相关参量模拟量测量无显示或显示错误。

4.1.3.2 控制系统采集前端

控制系统采集前端包括采集模块、通讯转换模块、电源模块、通讯转换卡。采集模块用于电动执行机构反馈信号采集并转换为数字信号,通讯转换模块将数字信号通过 RS485 电缆传递给计算机,通讯转换卡将长线传输信号传递给计算机 RS232 通讯口采集,电源模块为采集、转换模块提供工作电源。

控制系统安装调试完毕后,只要正确连接外部信号,提供正常工作电源,采集前端故障率很低,通常故障表现为:试验前,计算机上相关电动执行机构反馈信号测量无显示或显示错误。

4.1.4 I/O 板卡

数采系统 I/O 板卡主要用于采集信号调理模块输出信号,以实现数据采集。数采系统安装调试完毕后,只要正确连接外部信号,提供正常工作电源,I/O 板卡故障率很低,通常故障表现为:测量信号无显示或错误。

控制系统 I/O 板卡主要用于输出各电动调节阀的控制信号,并通过隔离模块连接电动调节阀。控制系统安装调试完毕后,只要正确连接输出信号,提供正常工作电源,I/O 板卡和隔离模块故障率很低,通常故障表现为:电动调节阀不伴随调节信号动作。

4.1.5 PLC

PLC 是控制系统的重要组成部分,主要用于采集控制系统各设备运行、控制状态,输出节点信号控制与试验参数相关的各设备启动、停止或开关动作。

控制系统安装调试完毕后,只要正确连接输出信号,提供正常工作电源,PLC 故障率很低,通常故障表现为:设备不伴随调节信号动作或运行、控制状态不改变。

4.1.6 数采和控制计算机

计算机是测控的大脑,它执行测控程序以完

成数据的采集、显示、记录、控制和表格图形的输出。

其主要故障现象为:

(1) 试验前,计算机无法启动,或启动后显示器黑屏;

(2) 试验过程中,计算机显示器抖动厉害或计算机突然死机或键盘操作失灵。

4.1.7 网络设备

网络是数采系统和控制系统计算实现数据共享的物质基础,网络设施包括网络交换机、网线、网卡等。其主要故障现象为:试验时数采系统和控制系统数据无法共享。

4.1.8 电动执行机构

电动执行机构指用于试验性能参数调节的电动调节阀、电磁阀、真空泵等。其主要故障现象为:试验过程中,试验人员控制电动执行机构,但计算机显示相应的流量或压力测量参量不伴随调节信号而改变。

4.2 故障解决措施

4.2.1 传感器

(1) 零点超差

首先检查测量传感器型号、编号是否与试验操作参数表要求一致,排除安装错误;然后检查传感器的信号电缆、采集前端的接连端子是否与使用要求一致,排除连接错误;其次用标准信号源检查信号采集通道是否在精度范围内,排除采集通道超差;最后将传感器与管路系统和测控系统脱开,为传感器提供正确的工作电压,使用高精度仪表测量其输出信号,与其校验证证书比对,在其精度允许的误差范围外,视为超差。按以上方法依次排除故障,如果没有问题则修改试验操作参数表,更换传感器,将故障传感器按照程序文件规定送相关部门重新校验。

(2) 无信号输出

首先检查系统供电是否正常,排除误操作;然后检查传感器电源电缆、信号电缆、采集前端的接连端子是否与要求一致,排除连接错误和线缆开路;最后用标准信号源检查信号采集通道是否有信号输出,排除信号调理、采集板卡损坏。按以上方法依次排除故障,如仍没有信号输出,则修改试验操作参数表,更换传感器,将故障传

感器按程序文件规定送相关部门重新校验。

(3) 测量信号不伴随调节信号变化

停止试验,首先在降速过程中检查物理量是否变化,排除传感器超量程使用;然后在停速后,检查传感器引压管是否安装正确,排除管路系统连接错误。按以上方法依次排除故障,如果测量信号仍不伴随调节信号变化,则修改试验操作参数表,更换传感器,将故障传感器按照程序文件规定送相关部门重新校验。

(4) 测量参量显示错误

停止试验。停速后,先检查传感器引压管安装是否正确,排除管路系统错误连接;然后检查系统供电是否正常,排除误操作;再次检查传感器电源电缆、信号电缆、采集前端的接连端子是否与要求一致,排除连接错误;最后参照试验操作参数表,用标准信号源检查试验软件相应测量参量显示,排除试验操作参数表编辑或输入错误。如按上述方法依次排除故障,测量参量仍显示错误,则修改试验操作参数表,更换传感器,将故障传感器按程序文件送相关部门,重新校验。

(5) 测量参量显示跳动

保持转速、系统阀门开度不变,观察测量参量是否跳动,排除系统控制干扰;停止试验,在停速后,空调电动调节阀,检查调节阀运行是否平稳,排除调节阀调节故障;然后检查管路系统连接,排除滴漏现象;其次检查传感器信号电缆、采集前端的接连端子是否连接可靠;其次检查信号电缆的屏蔽层是否与系统测试地连接可靠;如果不是所有测量信号都跳动,则证明测试地正常。按以上方法依次排除故障,如果在确认测试地正常情况下,测量参量仍然跳动,则修改试验操作参数表,更换传感器,将故障传感器按照程序文件规定送相关部门重新校验。

4.2.2 二次仪表

(1) 试验前,仪表上电无转速或扭矩显示。解决措施:检查并确认传感器和仪表之间的电源、信号线缆连接正确。

(2) 试验前,未安装产品时,仪表显示扭矩零点超差。解决措施:检查仪表测量参数设置是否与检定时一致,考虑传感器零点。

(3) 试验过程中仪表有显示,但计算机却无转

速或扭矩显示。解决措施：检查并确认仪表与计算机之间通讯线缆连接正确。

(4) 试验过程中, 仪表信号和计算机显示的转速扭矩参量波动大。解决措施：首先检查并确认仪表的地线和测试地接好；其次检查并确认仪表的相关测量参数设置正确。

如按以上方法依次排除故障, 确认是传感器超差或仪表测量参数设定改变, 则需要停止试验。申请重新校验传感器和配套仪表, 检定合格后, 修改试验操作参数表, 重新试验。

4.2.3 采集前端

4.2.3.1 数采系统采集前端

(1) 试验前, 计算机无法启动, 或启动后显示器黑屏：首先检查并确认连接端子连接正确、可靠；其次检查并确认配电器工作电源正常；然后检查并确认配电器为传感器供电电压正常。

(2) 试验前, 计算机相关参量模拟量测量无显示或显示错误：首先检查并确认连接端子连接正确、可靠, 排除连接端子故障；其次检查并确认配电器输出信号正常, 排除配电器故障。

按以上方法依次排除故障, 如果确认是调理模块故障, 则需要将故障模块返厂维修, 并在重新检定后才能用于试验。因此在系统设计初期, 应考虑重要测量参量的通道冗余备份。

4.2.3.2 控制系统采集前端

首先检查并确认采集模块端子连接正确、可靠；然后检查电源模块供电正常；其次检查并确认转换模块通讯配置正确；最后检查并确认转换卡和软件通讯参数配置正确。按以上方法依次排除故障, 如果确认是采集、转换模块或转换卡故障, 则需要将故障模块、卡返厂维修, 并在重新检定后才能用于试验；如果确认是电源模块故障或电源容量不足, 需要更换故障电源或增加电源容量。因此, 在系统设计初期, 应考虑重要测量参量的通道冗余备份和电源供电能力。

4.2.4 I/O 板卡

检查并确认：首先是连接正确、可靠；然后是电动调节阀供电正常；其次是 I/O 板卡输出正确；最后为隔离模块输出正确。如按以上方法依次排除故障, 确认是 I/O 板卡或隔离模块故障, 则需要将故障板卡、模块返厂维修, 重新调试后才

能用于试验。因此在系统设计初期, 应考虑重要输出参量的通道冗余备份。

4.2.5 PLC

首先检查并确认连接正确、可靠；然后检查并确认设备供电正常；其次检查并确认 PLC 程序与控制软件通讯正确；最后检查并确认 PLC 输入、输出节点动作正常。按以上方法依次排除故障, 如果确认是 PLC 模块故障, 则需要将故障模块返厂维修, 并在重新调试后才能用于试验。因此在系统设计初期, 应考虑重要输入、输出通道的冗余备份。

4.2.6 数采和控制计算机

首先检查计算机主机和显示器的电源线及信号线；然后检查主机插槽上插卡的紧固性；其次检查计算机是否感染病毒；最后检查操作步骤的正确性。如按以上方法依次排除故障, 确认是计算机损坏, 则检修或更换计算机。在系统设计初期, 应充分考虑到试验现场的恶劣环境, 采用工业控制计算机, 并应考虑到软硬件的兼容性和软硬件升级后是否匹配的影响。此外, 应在批次试验后做好数据备份, 并配备计算机杀毒软件, 做到定期检查维护计算机。

4.2.7 网络设备

首先检查网络交换机是否正常供电；然后检查网络线是否连接正确；其次检查计算机网卡插槽的紧固性；检查网络地址、访问权限是否正确。按以上方法依次排除故障。确认是网卡、交换机损坏后, 检修或更换。在系统设计初期, 应考虑到网络口的备用冗余, 采用工业网络交换机提高抗干扰能力, 并应注意试验网络与办公网络隔离以防病毒感染和加强数据导入导出控制。

4.2.8 电动执行机构

停止试验, 首先检查并确认电动执行机构电源线、信号线连线正确；然后检查并确认相关控制器完好且接线无误；最后空调阀, 观察阀随调节而动作的情况。按以上方法依次排除故障。确认是电动执行机构损坏, 则申请检修或更换, 检修或更换后应充分调试再用于试验。

5 泵水力试验主要性能参数故障分析

泵的性能主要通过扬程 (P)、功率 (NI)、气

蚀裕量 (*NPSH*) 来反映, 下面通过表 1 列出了测控过程中的系统故障对这些性能参数的影响, 为操作人员在分析解决具体问题时提供相应的参考意见做以借鉴。

表 1 泵水力试验主要性能参数故障分析

Tab.1 Malfunctions shooting of main parameters of in pump hydraulic tests

故障现象	故障分析 (原因)	故障解决
扬程 <i>P</i> 偏高或偏低	1. 实际流量测量偏小或偏大: 差压传感器超差; 差压传感器校验参数错误; 流量计超差; 流量计系数错误; 2. 水温测量值偏小或偏大: 水温传感器故障。	1. 检查差压传感器校验参数设置; 2. 检查流量计系数设置; 3. 重新校验差压传感器和流量计; 4. 水温的影响一般可忽略, 但实际水温超过 32℃ 时将导致扬程偏高, 需重新校验温度传感器。
功率 <i>NI</i> 偏高或偏低	1. 扭矩仪工作电压偏高或偏低; 2. 扭矩仪的零点和标定随温度漂移 3. 扭矩仪校验参数设置错误; 4. 扭矩仪二次仪表转向设置错误; 5. 水温测量值偏小或偏大: 水温传感器故障。	1. 检查测功轴工作电压; 2. 检查扭矩仪二次仪表参数设置; 3. 检查测功轴和扭矩仪校验参数设置; 4. 水温的影响一般可忽略, 但实际水温超过 32℃ 时将导致功率偏高, 需重新校验温度传感器; 5. 重新校验测功轴和扭矩仪。
汽蚀裕量 <i>NPSH</i> 偏高或偏低	1. 流量波动大: 差压传感器过于灵敏; 流量计系数错误; 流量调节范围不合适; 电动调节阀控制不灵敏、失灵; 电动调节阀不匹配; 转速波动大。 2. 入口压力波动大: 入口压力传感器过于灵敏、调节范围不合适; 增压、放气、抽真空电磁阀控制不灵敏、失灵; 真空泵控制不灵敏、失灵。 3. 出口压力波动大: 出口压力传感器过于灵敏、调节范围不合适。 4. 入口压力测量值偏小或偏大: 入口压力传感器故障、校验参数错误。 5. 大气压测量值偏小或偏大: 大气压传感器故障、校验参数错误。 6. 水温测量值偏小或偏大: 水温传感器故障。	1. 检查传感器的安装和紧固; 2. 检查传感器、阀和真空泵的接线; 3. 检查电动阀、电磁阀、真空泵控制单元; 4. 检查测试地线; 5. 检查流量计系数设置; 6. 调整相关参量调节范围; 7. 检查入口、出口、大气压传感器参数设置; 8. 水温的影响一般可忽略, 但实际水温超过 32℃ 时将导致 <i>NPSH</i> 偏高, 需重新校验温度传感器; 9. 请专业人员到现场观察过于灵敏的传感器工作状态, 视实际情况调整传感器阻尼系数; 10. 重新校验入口、出口、差压、大气压传感器; 11. 重新校验流量计; 12. 更换电动阀、电磁阀; 13. 检修真空泵。

6 结束语

以上列举了测控系统硬件在泵水力试验中已经出现和可能出现的多种故障, 并针对每种故障做了较详细的分析, 提出了一些解决方法。但

应清醒地认识到, 试验中的故障并不是完全可预知的, 因此应不断在工作中积累和总结经验, 完善规章制度, 做好试验前状态检查和试验过程控制。

(编辑: 侯 早)