

文章编号:1001-893X(2011)09-0010-05

测控设备在线维护一体化的分析与设计*

彭森露,雷磊,刘伟,袁晓琳

(1.装备指挥技术学院,北京 101416;2.西安卫星测控中心 三亚站,海南 三亚 572427)

摘要:针对传统的测控设备维护方法提出了测控设备在线维护一体化的概念,通过故障在线监测、故障智能诊断和设备信息管理等多种方式来实现。该方法具有实时检测性强、处理故障及时、智能化程度高等优点,能在很大程度上提高设备监测的自动化水平和设备性能,对目前的装备维护方式是一个很好的改进。

关键词:测控设备;在线维护一体化;故障在线监测;故障智能诊断;实时检测

中图分类号:V11 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-893x.2011.09.003

Analysis and Design of TT&C Equipment Online Maintenance Integration

PENG Sen-lu, LEI Lei, LIU Wei, YUAN Xiao-lin

(1.The Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China;

2.Sanya Station, Xi'an Satellite Control Center, Sanya 572427, China)

Abstract: For traditional TT&C equipment maintenance the TT&C equipment online maintenance integration concept is presented and realized through such way as the fault online monitoring, intelligent trouble diagnosis and equipment fault information management. Featured by realtime detection, in-time fault treatment and high intellectualized level, this method can improve the automation level of equipment monitoring and the performance of equipment, and it is a great improvement for the current TT&C equipment online maintenance.

Key words: TT&C equipment; online maintenance integration; fault online monitoring; intelligent trouble diagnosis; realtime detection

1 引言

现阶段,我国航天器逐步由“试验型”向“应用型”转变,航天测控任务由“单线程串行”模式向“多任务并行”模式^[1]转变。随着试验任务的日益繁重,测控设备数量也在急剧增加,一站多点和一站多区并行执行任务已成为常态化,现有设备的维护管理模式已不能很好地适应当前形势,迫切需要一种新的装备维护方式来适应这种需求。

本文提出一种新型的装备维护管理方式,将单套测控设备的各个分系统通过统一的故障在线监

测、故障分析诊断、故障维护优化来实现测控设备一体化的在线维护,这种维护管理方式相对过去的装备维护管理方式具有不影响测控计划实施的优点,建立了快速、智能、科学、规范的维护检查模式,确保了装备的稳定性、可靠性和良好的技术状态。

2 当前测控设备在线维护检查的模式

在线维护是指在不影响测控计划实施的情况下,以主动检查确认和保持装备性能和技术状态为目的,对装备进行表格化检查和维护保养的技术保障和管理活动。某设备目前所做的在线维护就是对

* 收稿日期:2011-04-11;修回日期:2011-06-07

装备技术性能进行全面测试检查,对装备进行清洗、擦拭、润滑等必要的维护保养,调整各项参数、检查关键备附件,以确保装备稳定性、可靠性和良好技术状态。下面进行具体分析。

(1)多功能数字基带分系统在线维护

基带分系统要进行软件加载正确性检查,包括检查软件启动、板卡加载、链路连接是否正常,软件界面各类数据上报是否正常,这是判断软硬件通信和软件正常工作的必要检查。

其次,基带分系统要进行硬件单元检查,主要是对调制、接收、遥测、测距、测速、遥控和捕获单元等模块单元进行检查。每隔一段时间,要对备品备件进行测试检查,在实施任务前,还要对任务相关参数进行检查确认。

(2)监控分系统在线维护

监控分系统首先要对网络通道进行检查,保证监控网、数据网连接正常,各方向数据收发正常。其次,要对监控性能进行检查,保证对各个分系统的状态能够进行正常监视,参数能够进行正常设置。另外,对一些重要的流程控制,如自动校相和距离校零功能,要进行检查确认。

(3)天馈馈分系统在线维护

天馈分系统的在线维护主要分为结构部分检查、驱动检查、ACU 检查和捕获、跟踪性能检查。结构部分是对传动链、润滑系统、驱动电机、滑环和充气系统进行检查,驱动检查是对驱动柜的状态进行检查,ACU 检查是对 ACU 软件的功能进行检查,跟踪性能检查是对天线的收敛特性、自跟踪性能、定向灵敏度及交叉耦合进行检查。

在所有的分系统检查到位后,全系统协同对塔射频闭环进行系统校相、校零等功能检查,进行全系统指标测试,保证整个系统工作正常。

3 在线维护一体化概述

在线维护一体化是指将单套测控设备的各个分系统通过统一的故障在线监测、故障分析诊断、故障维护优化来实现测控设备一体化的在线维护。

在线维护一体化的目的,一是增强设备在线监测手段,及时发现设备故障,提高设备监测的自动化水平;二是建立故障智能诊断系统,缩短故障排除时间,提高设备的可靠性^[2];三是对发现的故障进行实时动态维护,保证设备始终处于正常状态;四是对设备整体性能进行评估,判断设备是否具备执行长管及任务的能力。具体包括:人员的授权与检查、设备

信息库的管理(各分系统部件的工作状态、故障信息、技术状态参数等,对信息能够建立和更新)、设备在线监测(监视设备工作状态参数、命令执行情况、系统日志信息、与中心数据链路状态等,对发现的故障进行告警提示)、智能故障诊断(能够对故障进行分析、诊断,提出维护方法)、故障维护优化(对故障进行处理,优化设备运行和维护管理)、系统数据备份、数据恢复与数据接收。

依据现有的设备监控网络模式,系统设计采用客户机/服务器模式,服务器在网内以组内广播方式与本地客户机通信,接收本地客户机发来的前向信息,向本地客户机发送反向信息。

4 系统设计

4.1 系统总体设计

测控系统在线维护一体化系统是为了支持测控站测控设备不间断地安全运行,保证设备正常安全高效运转,对设备进行实时在线监测,根据用户录入的设备信息和故障信息,在设备未发生故障之前就通过设备的各种运行状态预测故障可能出现的情况和出现的时间,及时对设备采取必要的维护措施。在故障发生后能够依据故障现象由智能故障诊断模块诊断分析故障产生部位以及对故障的处理方法。在对设备状态监测及故障分析的基础上优化设备运行与维护管理,并将设备性能评估的信息反馈给设备维护管理者。其主要完成设备在线监测、智能故障诊断、故障维护优化、用户管理、数据记录管理、设备信息管理 6 个功能。根据这些功能设计出系统中的 6 个功能模块,系统中的各个功能模块划分如图 1 所示。

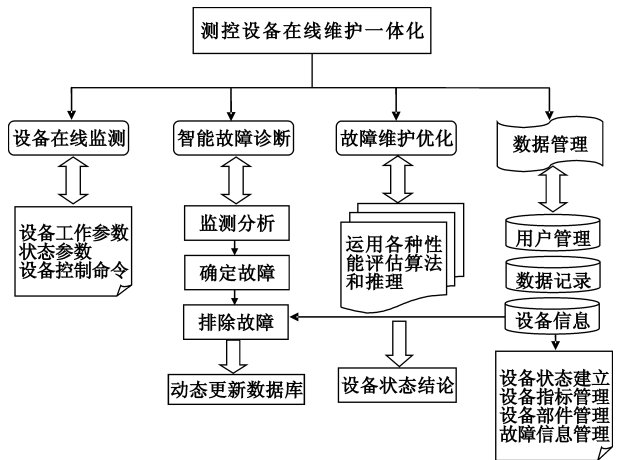


图 1 测控设备在线维护一体化系统
Fig.1 Online maintenance integration system for TT&C equipment

4.1.1 用户管理

为确保系统信息的完全可靠,系统的管理由具有相应权限用户操作,只有具有相应权限的用户才能访问相应内容,并完成相应的控制操作。用户管理用于维护系统中所有的公共信息,系统支持除系统管理员外的两类身份,分别是管理员和普通用户,系统管理员拥有全部权限,管理员拥有对系统数据资料的维护权限(系统资料的添加、修改和删除等),普通用户使用和浏览系统资料。

4.1.2 设备在线监测

在线监测是系统信息库的基础,主要完成对设备工作参数、状态参数、网络数据、设备控制命令等信息的监测、特征提取、状态识别和记录,为设备智能故障诊断和维护与性能评估系统提供各类数据信息,及时发现设备工作中出现的设备故障情况以及通信链路畅通情况。

如图 2 所示,测控站测控设备已组成站内局域网,已具备相对完整的设备监控信息。站内数据与中心数据交换采用 UDP 网络通信协议、网络组地址广播方式。设备工作参数、状态参数、遥测数据、设备控制命令等特征信息可直接从局域网内获取。根据数据传输方式分析,可以将服务器和客户机部署在站局域网内通过以太网卡连接到交换机上,采用 socket 网络编程技术,截取局域网组播数据。

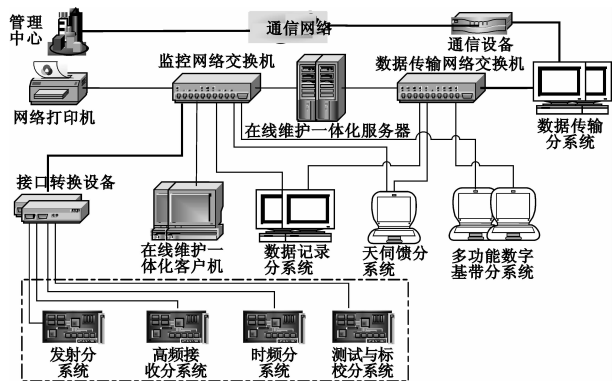


图 2 在线监测设备连接结构图

Fig.2 Online monitoring device connected structure

对获取的信息进行处理后分类存储到数据库并送相应的模块进行处理。对从中心发出的设备控制命令进行跟踪,并获取执行情况,对未执行指令或执行指令后设备状态不正确的情况以及监测到的设备故障现象、链路通信状态错误等问题以语音告警方式提醒设备维护管理人员。

4.1.3 智能故障诊断

智能故障诊断是对设备监测所取得的有用信息进行分析、诊断和推理,判断设备的状态是否处于异常状态或故障状态,当出现故障或异常时,实现故障的快速定位,提出维护方法,便于维护人员及时排除故障;同时提供设备故障离线分析处理,在人为预置故障现象之后,可分析该故障现象的可能位置点以及故障排除方法。

首先用户针对被诊断对象建立故障诊断模型,运行过程中智能故障诊断在计算机采集到被诊断对象的信息后,综合运用各种规则(用户所设置的专家知识和被测设备的测试数据),进行一系列的推理,必要时向用户索取必要的信息后,进行分析、诊断和推理,实现故障快速定位。

4.1.4 故障维护优化

设备维护专家目的是提高设备运行的安全性、可靠性,降低维护成本,实现设备的优化运行和依据设备状态安排检验与维护,进一步改进维护决策与管理的科学性,实现设备的全寿命过程优化管理。在对设备状态监测及故障分析的基础上优化设备运行与维护管理。通过对设备使用状态、老化状态和寿命损耗的有效、连续监测,综合运用各种设备性能评估算法和一系列推理后,对设备系统及各部件进行综合性能评估,及时准确地将设备状态和寿命评估的信息反馈给设备维护管理者^[3]。

设备维护专家主要由维护信息数据库、决策系统、人机交互界面 3 部分构成(如图 3 所示),完成对设备维护具有智能判断、决策和维护方法提供的维护系统。

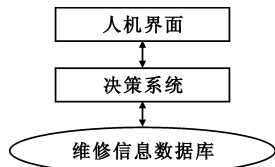


图 3 设备维护专家组成结构图

Fig.3 Structure of equipment maintenance experts

人机界面解决设计人员、维护和修理人员之间的信息交流问题,包括各种数据的管理、更新等;维护信息数据库主要提供维护必要的各种数据,主要包括被维护设备的参数,面对不同技术状态需要提供的解决方案;决策系统通过建立必要的知识模型,对非正确状态产生的各种原因进行分析,推断出产生故障的原因,包括原理性的概念和工程技术人员

的经验,其中技术人员的经验要占主要部分。

4.1.5 设备信息管理

管理设备及其分系统的技术状态和技术状态变化,完成对设备的基本信息和使用过程中所产生的相关技术信息的录入、更新、删除和查询,并将其存入数据库,具体包括以下 6 个方面。

(1)设备状态建立

录入设备名称、设备标识、设备概况、主要功能、设备技战术指标、设备构成、接口关系、各分系统主要功能、设备技术状态和指定设备负责人等信息。

(2)设备指标管理

用于记录管理设备各类技术指标的定义、测试方法以及装备维护过程中各项技术指标测试值等信息。

(3)设备部件管理

用于记录设备各组成部件以及备品备件的基本信息、技术状态、数量等信息。

(4)故障信息管理

用于记录设备在故障处理过程中产生的各种信息,包括故障产生的时间、发生的位置、故障的现象、故障的机理分析、故障的解决措施,主要以设备各个分系统的故障归零报告为主。

(5)查询功能

用户通过选择一定的查询条件,如分系统的名称等信息,系统显示相应的结果。

(6)数据记录管理

该模块用于记录和查询用户对整个系统的操作记录、各分系统上报工作状态参数、收到中心指令、设备维护管理内容以及出现的设备故障等功能。

4.1.6 系统架构设计

本系统采用多层应用系统架构模式:数据库—数据库访问层—业务逻辑层—页面表示层^[4],如图 4 所示。

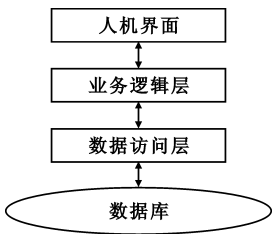


图 4 系统架构设计图
Fig.4 System structure design

(1)数据库

数据库是应用软件系统的基础,它用于存储系统中需要的所有数据,由各种数据信息表组成。

(2)数据访问层

数据访问层用于封装对数据库的操作,如创建数据库连接、打开数据库连接、执行存储过程、视图访问和关闭数据库连接等。

(3)业务逻辑层

与应用系统的上层业务逻辑相关联,它调用数据访问层,同时也为上层页面表示层服务。业务逻辑层通过数据访问层实现对数据库的操作,如选择、查询、添加、修改和删除操作等,同时为应用系统的页面表示层提供访问数据库的接口和函数等。

(4)人机界面

实现应用系统的具体页面,由人机界面和控件组成,是人机交互的窗口。

4.2 系统数据库设计

秉承数据和程序分离的原则,所有的数据信息都要保存在数据库中。由于测控系统在线维护一体化系统是一个大型的分布式系统,各个分系统之间又有着大量错综复杂的各种属性,因此数据库的设计是本系统中最为重要的部分,其性能好坏直接决定了整个系统的性能。

测控系统在线维护一体化系统需要存储大量的数据信息,包括用户数据、权限数据、设备故障分析处理过程产生的各类信息、用于故障分析诊断的各类信息数据、设备的各类技战术指标测量数据、设备及其分系统信息数据、监控设备工作的状态信息、收到和发往中心的各类数据、设备及其部件维护管理内容数据、日志数据等。为了维护数据的安全性和完备性考虑,综合采用了表、视图和存储过程等来完成整个数据库的实现^[5]。

5 结束语

本文在研究测控站测控设备维护现状的基础上,提出建立测控系统在线维护一体化设计方案,并从用户管理、设备状态在线监测、智能故障诊断、设备信息管理、故障信息管理、设备维护与性能评估以及数据记录管理等 6 个方面进行了设计分析。将该系统应用于测控设备的维护管理中,能在很大程度上提高设备监测的自动化水平,增强人员对设备的维护保障能力和试验任务的能力。

参考文献:

[1] 谷学敏. 航天无线电测控技术[M]. 长沙:国防科技大

学出版社,1984:105 – 108.

GU Xue – min. Space Tracking, Radio, Telemetry and Command System[M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 1984:105 – 108. (in Chinese)

[2] 卢明银,徐人平.系统可靠性[M].北京:机械工业出版社,2008:56 – 67.

LU Ming – yin, XU Ren – ping. System Reliability[M]. Beijing: China Machine Press, 2008: 56 – 67. (in Chinese)

[3] 花兴来,刘庆华.装备管理工程[M].北京:国防工业出版社,2002:87 – 98.

HUA Xing – lai, LIU Qing – hua. Equipment Management Engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2002: 87 – 98. (in Chinese)

[4] Ryan K Stephens, Ronald R Plew. 数据库设计[M].何玉洁,武欣,邓一凡,译.北京:机械工业出版社,2001:105 – 108.

Ryan K Stephens, Ronald R Plew. Database Design[M]. Translated by HE Yu-jie, WU Xin, DENG Yi-fan. Beijing: China Machine Press, 2001:105 – 108. (in Chinese)

[5] 陈志泊,王春玲.数据库原理及应用教程[M].北京:人民邮电出版社,2008:66 – 68.

CHEN Zhi – bo, WANG Chun – ling. Database Theory and Application of Tutorial [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2008:66 – 68. (in Chinese)

作者简介:

彭森露(1986—),女,河南南阳人,2009年获硕士学位,现为助教,主要研究方向为管理科学与工程;

PENG Sen – lu was born in Nanyang, Henan Province, in 1986. She received the M.S. degree in 2009. She is now a teaching assistant. Her research direction is management science and engineering.

Email: nudtll@126.com

雷磊(1984—),男,陕西合阳人,2006年获双学士学位,现为工程师,主要研究方向为航天测控技术;

LEI Lei was born in Heyang, Shaanxi Province, in 1984. He received the dual B.S. degrees in 2006. He is now an engineer. His research direction is space TT&C technology.

刘伟(1987—),男,湖南娄底人,2009年获学士学位,现为助理工程师,主要研究方向为航天测控技术;

LIU Wei was born in Loudi, Hunan Province, in 1987. She received the B.S. degree in 2009. He is now an assistant engineer. His research direction is space TT&C technology.

袁晓琳(1989—),女,河南太康人,2009年获学士学位,现为助理工程师,主要研究方向为航天测控技术。

YUAN Xiao – lin was born in Taikang, Henan Province, in 1989. She received the B.S. degree in 2009. She is now assistant engineer. Her research direction is space TT&C technology.

《电讯技术》征稿的新要求

为了促进本刊的国际化进程,进一步扩大影响力,为广大科技人员搭建更高层次的学术研究和学术交流平台,现对来稿作如下几点新的要求:

- (1)来稿中的图题、表题应给出对应的英文翻译;
- (2)中文参考文献采用双语著录;
- (3)属于基金项目的来稿应给出项目的英文翻译;
- (4)提供作者简介的英文翻译,其中应包括作者的出生年、籍贯、何时获得已有学位、研究方向等内容,可参见 IEEE 系列刊物作者简介的翻译;
- (5)欢迎作者将具有原创性的研究成果直接以全英文论文投稿,应注意语言流畅,专业术语准确,符合科技英语表达习惯,并附上中文标题、单位、摘要和关键词,以及中文作者简介;
- (6)为了保证出版的及时性,作者不得在校阶段对稿件作大幅修改,否则,将按新投稿件处理,编辑部保留追究由此造成的一切损失的权利。

更多信息请浏览本刊网站:www.teleonline.cn。

《电讯技术》编辑部