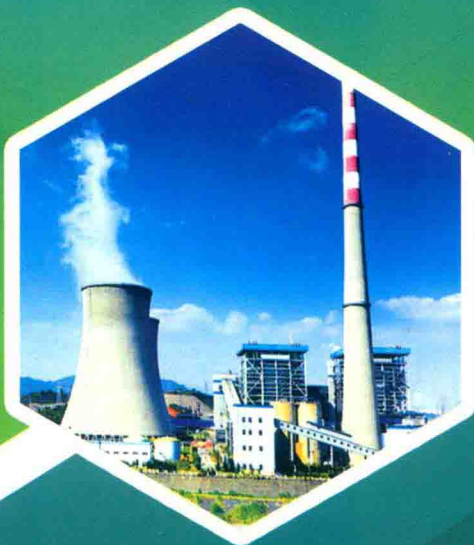


电网稳定性的 机组协调控制技术

● 马瑞 范辉 彭钢 陈二松 许云峰 编著

DIANWANG WENDINGXING DE
JIZU XIETIAO KONGZHI JISHU



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电网稳定性的 机组协调控制技术

● 马瑞 范辉 彭钢 陈二松 许云峰 编著

DIANWANG WENDINGXING DE
JIZU XIETIAO KONGZHI JISHU



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书全面介绍了提高大电网稳定性的机组协调控制技术及应用。以在线数据校验仿真建模理论为基础,以电网防冲击 RUNBACK 协调控制技术与评价体系和 AGC 快速响应协调控制优化技术为主线,还包括在线硬件闭环协调优化控制验证平台和外挂式控制器研制等内容,着重讲述了在线数据校验与建模仿真的原理、协调控制优化方法的研究与应用以及相关控制装备的研制与应用。全书共分 10 章,内容涉及在线数据工业智能校验方法、非正常停运事故 RUNBACK 生产试验优化控制技术、提高机组负荷快速响应能力的智能控制技术、机网协调云可视化数据分析方法、AGC 一体化技术生产服务平台。

本书可作为从事电力系统稳定性分析和火电机组仿真建模以及机网协调控制技术应用推广的同行和从业者的专业书籍,同时也可供从事火力发电、智能电网协调控制、石油化工、航空航天等行业仿真建模研究和自动控制技术工程应用的科技人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电网稳定性的机组协调控制技术 / 马瑞等编著. —北京: 中国电力出版社, 2017.5
ISBN 978-7-5198-0441-1

I. ①电… II. ①马… III. ①电网—发电机组—稳定性—研究 IV. ①TM31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 037654 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 孙建英 (jianying-sun@sgcc.com.cn) 马雪倩 贾丹丹

责任校对: 朱丽芳

装帧设计: 张俊霞 左 铭

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 汇鑫印务有限公司印刷

版 次: 2017 年 5 月第一版

印 次: 2017 年 5 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 11.75

字 数: 277 千字

定 价: 45.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

前言

随着电力市场化改革的深入,厂网行政分离的大格局下,机网协调运行和生产试验安全问题日益突出,非停事故频发,电网稳定性和运行质量遭遇严峻挑战,因此为保障华北电力系统安全、优质、经济运行,维护电力企业的合法权益,促进电网经营企业和并网发电厂协调发展,国家电力监管委员会制定了《华北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则》和《华北区域发电厂并网运行管理实施细则》(电监市场〔2006〕42号),对非停事故控制和机网协调运行自动发电控制(automatic generation control, AGC)控制水平提出更高要求。

“十一五”至“十二五”期间,河北南部电网累计投运 600MW 大容量高参数机组 16 座以及 300MW 热电联产机组 14 座,按照规划“十三五”期间特高压将接入河北南网,而且还将有大量热电联产机组投运。河北南网大容量高参数机组比重超过 60%,固有的强非线性、强耦合性、纯滞后和大惯性特性导致机组对于电网的能量需求响应速率受到严重限制。同时辅机设备引发的非停事故造成的电网冲击,使电网稳定性遭遇更严峻的挑战。2010~2015 年,河北南网火电机组三大主力设备引起的非停时间占到了总非停时间的 70.21%,而一次非停会造成电网平均高达 500 万元的直接经济损失,5 年累计造成经济损失 400 亿元。因此,降低机组非停率提升电网稳定性,进一步提高机网协调 AGC 控制水平刻不容缓。

影响电网稳定性的机组协调控制技术的深层次问题在于以下四个方面:

(1) 电网不稳定因素主要由于大容量机组和热电联产机组呈现很强的非线性、耦合性、大惯性和纯滞后特性,导致难以对实际生产试验对象建立可以工程化应用的准确系统模型,控制方法实施前缺乏有效建模分析手段,导致传统 PID 控制方法难以应对。

(2) 国内外大量非停事故表明,对象识别困难导致缺乏有效的故障诊断方法,机组设备局部故障无法主动防御加以有效控制,蔓延至整体,是机组非停的根本原因。

(3) 协调控制系统惯性大纯滞后特性强,严重影响机组 AGC 响应速度和品质。

(4) 分散控制系统(distributed control system, DCS)种类繁多不兼容,无法实现快速部署生产试验满足电网高速发展,急需机网协调标准化生产服务平台。

河北南网机网协调控制形势严峻,迫切需要突破影响电网稳定因素的在线数据校验建模仿真、非正常停运事故主动防御和安全评价、AGC快速响应控制方法以及AGC一体化生产试验部署技术四大关键技术,全面提升提高大电网稳定的机网协调控制技术水平。

针对以上问题,国网河北电科院成立了机网协调仿真控制实验室,在建模仿真、AGC协调控制技术开发方面做了大量的理论研究和实践探索,同时在河北科技大学云计算大数据分析团队许云峰老师的配合下,开展了云可视化数据分析的理论研究。依托该实验室,研发团队立足自主创新,历时8年,实现了在线数据校验建模仿真、非停事故抗冲击控制和安全评价、AGC快速响应控制方法以及AGC一体化生产试验部署技术四大关键技术的研究。首次提出并构建了大型机组AGC在线数据校验建模及仿真验证平台,实现了大型机组对象工程化建模。在此基础上成功研制了AGC一体化生产试验部署体系。将建模仿真、控制方法优化验证、投运部署应用等功能进行一体化集成,并开发了DCS智能校验装置、非停工况分析系统、AGC一体化试验验证平台等配套软硬件装备,解决了AGC协调控制、非停事故控制与评价等方面的难题,全面推动了机网协调AGC调试、试验领域的技术水平提升。

本书由彭钢编写第1章,马瑞编写第2章,彭钢、马瑞编写第3章和第4章,马瑞、彭钢、陈二松编写第5章,马瑞、彭钢编写第6章,马瑞、彭钢、陈二松编写第7章,马瑞、许云峰编写第8章,马瑞、彭钢、范辉编写第9章和第10章。

依托成果,主研单位完成河北南部电网内发电机组的多项生产服务合同和绿色改造工程项目。2011~2015年直接经济效益销售额达1000万元以上,为应用单位创造间接经济效益达1500万元;降低机组非停率21%,提高机组建设调试工程进度13%;确保RUNBACK成功率86%,对机组和电网冲击幅度降低了61%,强化“两个细则”同比增收效益30%。可保障大型火电机群送出系统安全高效运行,提升大电网运行的可控性和灵活性,显著提高电网抗风险能力,为“十三五”河北南网的安全稳定运行,及提高社会用电设备的使用寿命和安全提供坚强的技术支撑。

感谢华北电力大学仿真控制实验室马永光老师、马良玉老师、马进老师以及管志敏老师的大力配合和帮助,同时感谢高志存、袁晓磊、赵志军、包建东、侯倩、金飞、张洪涛、徐欣航、刘永红、任素龙、李剑锋、冯旭阳、杨春来、殷哲、李晓光各位同事提供的资料和技术支持。

作者

2017年2月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
第 2 章 数据采集系统	4
2.1 虚拟仪器技术	4
2.2 数据采集系统	6
第 3 章 在线数据工业智能校验方法	13
3.1 通用型机组在线数据综合智能校验平台系统	13
3.2 增强激励式仿真建模方法	22
第 4 章 仿人非线性 PID 控制方法	25
4.1 仿人智能控制	25
4.2 工业智能校验特征信息处理分析平台	26
4.3 基于 LabVIEW 的智能在线参数辨识方法	29
4.4 仿人非线性 PID 控制策略	32
第 5 章 增强激励生产试验仿真建模优化方法	35
5.1 增强激励生产试验仿真建模平台	35
5.2 遗传算法在锅炉汽水系统模型参数优化中的应用	53
5.3 在线仿真建模调试及性能效果	64
5.4 超超临界机组特性建模研究	69
第 6 章 发电机组非正常停运事故 RUNBACK 生产试验优化分析及控制策略	75
6.1 RUNBACK 工况下热力系统及主要参数的仿真动态过程分析	75
6.2 机组变负荷时的定压、变压运行方式	77
6.3 快速降负荷时机组动态特性分析	80
6.4 机组在阶跃扰动下的动态响应分析	81

6.5	锅炉的蓄热性能及锅炉特性对 RUNBACK 的影响	83
6.6	机网协调稳定运行 RUNBACK 控制策略	85
第 7 章	CFB 锅炉燃烧系统生产试验优化分析及快速响应控制策略	108
7.1	CFB 锅炉生产试验优化分析	109
7.2	无辨识自适应预估控制器技术	119
7.3	床温控制	123
第 8 章	机网协调云可视化数据分析方法	127
8.1	电力数据云可视化分析	127
8.2	机网协调控制响应特性主成分数据挖掘方法	141
第 9 章	机网协调自抗扰 ADRC 智能控制策略	144
9.1	自抗扰 ADRC 控制技术分析	144
9.2	自抗扰控制技术应用	159
第 10 章	机网协调控制生产服务平台	166
10.1	CCS 机网协调控制生产服务平台	166
10.2	CCS 协调控制算法库	167
10.3	在线硬件闭环 DCS 控制方法	168
10.4	在线闭环平台协调控制评价系统及实现方法	170
10.5	提高机组负荷快速响应能力的智能控制策略	171
	参考文献	178

第1章

概 述

伴着京津冀一体化的深入开展,河北南部经济飞速发展,本区域电力工业也在快速扩张。近年来,河北南部电力系统规模日趋庞大,电压等级进一步提高,装机容量和用电负荷不断增长,大容量机组在河北南部电网中的比例也不断增大,电力市场日趋完善,竞争日益激烈,同时由于经济的发展和人民生活水平的提高,电网峰谷差越来越大,大型机组频繁参与调峰,电网负荷峰谷差的逐步加大,以及风电、生物质发电等清洁能源的大规模接入,使得电网调峰调频调压变得越来越突出、稳定问题越来越复杂,因此提高电力系统的安全性和稳定性成为河北南部现阶段电网和电厂共同面对的重要问题。在厂网行政分离的大格局下,迫切需要开创架起沟通电网调控运行和机组之间的技术桥梁,通过细致、密切的专业技术沟通,增进河北南网火电机组与电网运行的理解合作,为电力系统安全稳定运行提供坚强支撑。在这种形式下,火电厂运行优化系统作为指导电厂优化运行的主要工具日益显示出其重要性。

随着河北南网发电机组不断向着大容量、高参数方向迈进,自动化程度越来越高,对机组自动化控制提出了更高的要求。由于机组特性复杂多样性,RUNBACK 试验和循环流化床的控制方案具有现场调试周期长、风险高、控制逻辑不易实现等特点,迫切需要应用新的控制理论和控制策略,希望在应用推广之前能够具备以下两方面条件:第一,进行仿真试验,目前仿真机均是按照一定工况运行静态数据对机组进行仿真设计,只能保证在设计工况具备一定的精度,与实际运行情况有较大的误差,需要将机组在线数据对仿真模型进行修正,提高模型的精确性和可用性;第二,能够有一个生产试验标准化平台,可实现生产试验性能效果的预估评价,实现各先进控制算法的验证性能分析等功能需求。

RUNBACK 试验和循环流化床的控制方案具有现场调试周期长、风险高、控制逻辑不易在 DCS 中实现,急需在应用推广之前能够进行仿真试验,但是目前仿真机均是按照一定工况运行静态数据对机组进行仿真设计,只能保证在仿真的设计工况具备一定的精度,而与实际运行情况往往有较大的误差,严重影响了仿真系统的实际可用性能。因此,控制策略的稳定性和性能对机组的影响也仍然在很长一段时间内影响电网的安全运行。大型机组的 RUNBACK 功能是机组的一项重要保护措施,而 RUNBACK 试验是一项成功几率不高的试验。以往机组的 RUNBACK 功能只能通过多次试验才能验证其可行性,如果可以通过对在线仿真系统热力系统的机理分析得出的计算方法,对 RUNBACK 的可行性进行测定和评估,以便从机组控制角度增加控制策略的针对性和有效性,那么就可提高 RUNBACK 的成功率,提高机组的安全运行水平。

CFB 循环流化床锅炉运行过程的一些主要热力控制对象(如主汽温、主汽压力系统)



常常不仅具有非线性、大迟延等因素，并且结构参数随时间而变化，其变化规律往往难以确定。经典的 PID 控制方法由于需要建立较准确的、有效的数学模型，这使得它在这些过程控制中难以实现理想的控制。然而对于工况复杂的工业过程，人工控制在这方面给了启示，因为一个经验丰富的操作人员，可凭借其对被控过程特性的了解，对被控过程施加适当的人工控制，依然可获得较为满意的控制效果。因此，根据仿人控制特点、寻求一种不依赖于过程数学模型的控制方法是很有意义的。

因此，在实际应用中，迫切需要一种能满足当前智能化电厂需求的数据校验平台，在此平台基础上建立一套能正确反映当地电网的发电机组运行趋势的仿真系统，该系统应当建立在电网内部实际运行发电机组的实际数据之上，可以提供与当前电网内部所有发电机组兼容的数据通信接口，建立全电网发电机组统一数据平台；在此平台提供的海量运行数据基础上，仿真复现在生产过程中遇到的实际问题，研发针对性的控制方案，优化机网协调性能，进而将方案应用于实际生产过程，验证实际控制效果，反复迭代推进，加速机网协调优化控制方案研发和应用推广进度。研制能适应于河北南部电网的仿真实验系统，对验证河北南部电网稳定运行下火电机组机网协调控制策略、并网和孤网运行时的安全性和供电可靠性，对保障电力系统安全都具有重大意义。

电厂此前一直将研究重点放在传统机组优化稳定运行方面，而对于新型数字化电厂、智能化电厂中的集约共享、敏捷协调等需求尚无可靠的解决办法。河北南网火电机组当前对大型 DCS 的综合校验工作还停留在手工阶段，DCS 校验工作耗时长、效率低；同时，随着火电仿真技术的发展，单纯的虚拟仿真培训已经不能满足电厂运行人员的需求，对仿真机更真实地反应现场实际运行趋势和控制精度提出了更高的要求。目前，国内对全过程仿真机的增强激励综合校验工作还基本处于空白阶段。

在历年科研成果基础之上，开展基于在线数据的网源协调源侧仿真试验中试化平台研发工作，开发基于 LabVIEW 的热力性能数据采集系统，动态识别校验技术，建立基于 LabVIEW 的通用型在线数据工业智能校验方法及平台，进一步展开源端机网协调数据主成分挖掘分析评价方法，将机组系统数据的价值体现的更淋漓尽致，架起智慧电厂通向智能电网的桥梁；结合大型火电机组 RUNBACK 优化控制技术和 CFB 循环流化床智能控制技术，进一步提高特高压运行下并网运行和孤网运行时的安全性和供电可靠性，保障电力系统安全可靠运行；开展基于 PXI 的在线硬件闭环源端机网协调控制生产服务平台，建立从进机组点火启动到发电并网全过程优化控制策略方案，对落实国家对节能、降耗、减排政策的要求和发电集团集约化、高效管理的需求，实现在智能电网发展新形势下的火力发电企业绿色环保发电，保证火力发电企业机组机网协调系统可靠运行具有重要意义。

提高大电网稳定性的机网协调控制技术与应用方案架构图如图 1-1 所示。

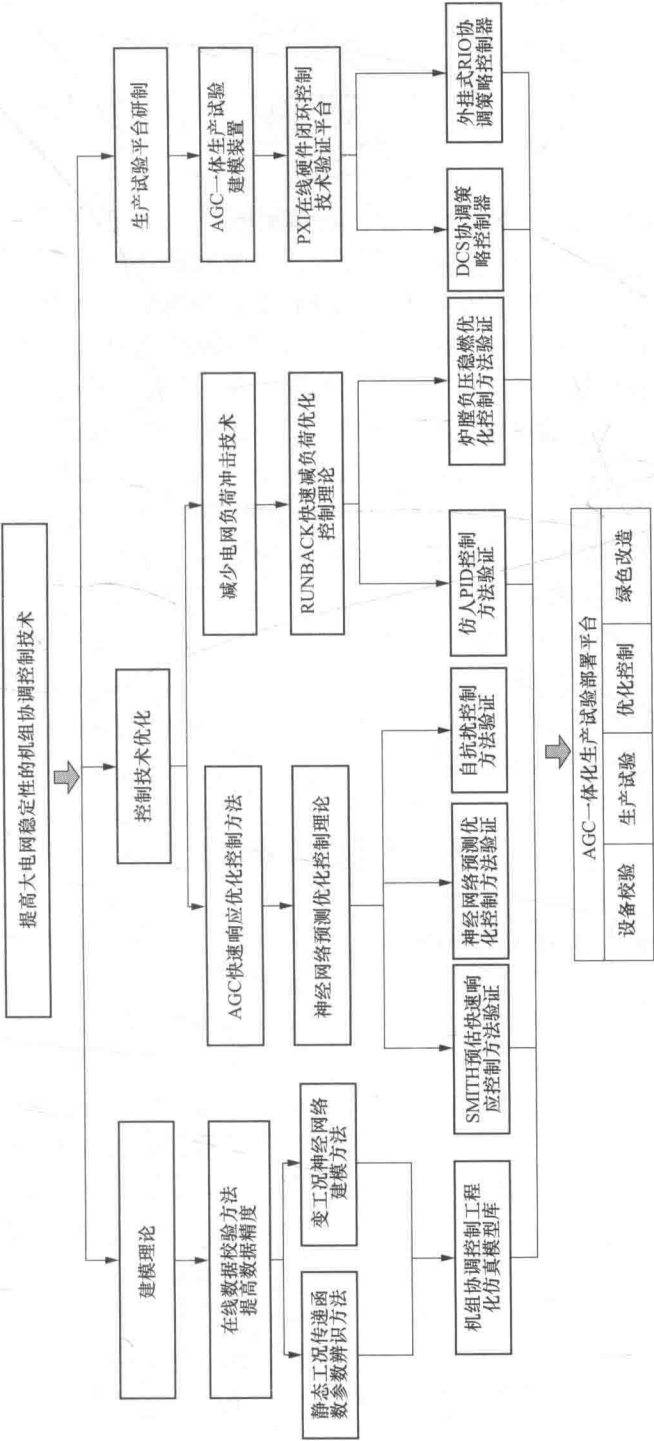


图 1-1 提高大电网稳定性的机组协调控制技术与应用方案架构图

第2章

数据采集系统

LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering) 是一种图形化编程语言, 又称为“G”语言, 是由美国国家仪器公司 (NI) 发明设计的一套软件开发环境。由于其面向最终用户的特点, 使其广泛地被工业界和研究实验室所接受。传统文本编程语言根据语句和指令的先后顺序决定程序执行顺序, 而 LabVIEW 则采用数据流编程方式, 程序框图中节点之间的数据流向决定了程序的执行顺序。它用图标表示函数, 用连线表示数据流向。LabVIEW 包括了大量的应用函数和相关控件工具, 特别适用于数据采集、处理、分析、显示与存储等。通过 LabVIEW 软件可以很容易的编写出界面友好、功能强大的应用程序, 使用 LabVIEW 所编制的程序称为虚拟仪器程序, 简称 VI。VI 具有层次化和结构化的特征, 一个 VI 可以作为子程序 (subVI) 被其他 VI 调用, 而这种调用的层次是没有限制的, 因此可以实现大型复杂程序的灵活编制和创建 LabVIEW 作为一种虚拟仪器开发工具, 可提供强大的开发功能, 方便用户搭建数据采集和测量应用程序。LabVIEW 是一种图形化的编程语言, 由于其图形化的编程环境, 通过可视化技术建立人机界面, 使数据处理分析更加直观生动。除此之外, LabVIEW 内置程序编译器, 使运行速度更快, 用户可以通过灵活的程序调试手段, 在源代码中设置断点, 单步运行, 在数据流上设置探针, 加亮执行等操作。

2.1 虚拟仪器技术

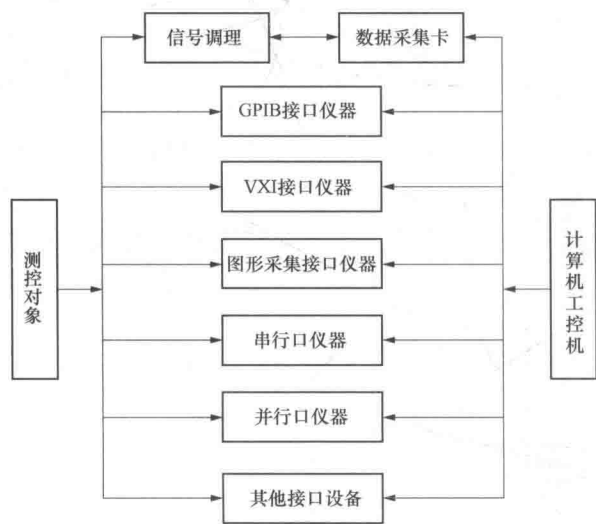


图 2-1 虚拟仪器系统结构图

虚拟仪器技术是现代计算机技术和仪器技术深层次结合的产物, 属于计算机辅助测试领域的一项重要技术。虚拟仪器是基于计算机的仪器, 计算机和仪器的结合通常有两种方式: 一种是将计算机装入仪器, 典型实例包括智能化仪器, 随着计算机功能的日益强大以及其体积的日趋缩小, 这类仪器功能也越来越强大, 目前已经出现含嵌入式系统的仪器; 另一种方式是将仪器装入计算机, 以通用的计算机硬件及操作系统为依托, 实现各种仪器功能, 典型实例是虚拟仪器的应用, 常见的虚拟仪器结构图如图 2-1 所示。



2.1.1 虚拟仪器的硬件

随着测试测量应用的日益复杂,目前所提供的模块化硬件产品包括总线类型支持 PCI、PXI、PCMCIA、USB 和 1394 总线等,产品种类从数据采集、信号调理、声音和振动测量、视觉、运动、仪器控制、分布式 I/O 到 CAN 接口等工业通信等。按照硬件接口的不同,虚拟仪器可分为基于 PC 总线、GPIB 总线、VXI 总线和 PXI 总线的 4 种标准体系结构。

1. 基于 PC 总线的虚拟仪器

由于个人计算机的用户量大、通用性强,基于 PC 总线的虚拟仪器应用较为广泛,一般采用基于 PC 总线的通用 DAQ (data acquisition, 数据采集卡),主要的 PC 总线有 ISA、PCI、PC/104 等。这类虚拟仪器充分利用了计算机硬件资源,大大增加了测试系统的灵活性和扩展性。利用通用型 DAQ 可以很方便的组建基于计算机的仪器,易于实现一机多型和一机多用。随着 A/D 转换技术、精密放大技术、滤波技术与数字信号调制技术的迅速发展,DAQ 的采样速率已达到 2Gbit/s,精度高达 24 位,通道数高达 64 个,并能任意组合数字 I/O、模拟 I/O、计数器/定时器等通道,大大扩展了仪器的功能。

2. 基于 GPIB 通用接口的虚拟仪器

基于通用接口总线 (general purpose interface bus, GPIB) 的虚拟仪器充分利用了现有条件来实现测量、检测等功能。但其数据传输速度一般低于 500kbit/s,不适合对系统速度要求较高的应用。

3. 基于 VXI 总线的虚拟仪器

VXI 系统最多可包含 256 个装置,主要由主机箱、控制器、具有多种功能的模块仪器 and 驱动软件、系统应用软件等组成,具有即插即用的特性。基于 VXI 总线的虚拟仪器具有模块化、系列化、通用化以及 VXI 仪器的互换性和互操作性等特征,适用于尖端的测试领域。

4. 基于 PXI 总线的虚拟仪器

PXI 总线整合了台式计算机的高速 PCI 总线的优势,借鉴星形触发总线、板载时钟等特性,兼容 CompactPCI 机械规范,并增加了主动冷却、环境测试 (温度、湿度、振动和冲击试验) 等要求。

2.1.2 虚拟仪器的软件

虚拟仪器软件框架从底层到顶层,由 VISA 库、仪器驱动程序、应用软件三部分构成。

1. VISA 库

VISA 库即虚拟仪器软件体系结构库,是标准 I/O 函数库及其相关规范的总称,VISA 库驻留与计算机系统中,起着连接计算机与仪器的作用,并执行仪器总线的特殊功能,以实现了对仪器的程序控制。

2. 仪器驱动程序

仪器驱动程序时应用程序实现仪器控制的桥梁,广泛使用驱动器规范有 VPP 规范和 IVI 规范两种类型。

3. 应用软件

应用软件是直接面向操作用户的程序,且建立在仪器驱动程序上,通过提供的测控操作界面、丰富的数据分析与处理功能完成自动测试任务。



2.1.3 虚拟仪器的特点和优势

虚拟仪器技术利用高性能的模块化硬件,结合高效灵活的软件完成各种测试、测量和自动化的应用。灵活高效的软硬件能创建完全自定义的用户界面,模块化的硬件能方便地提供全方位系统集成,标准的软硬件平台能满足对实时同步和定时应用的需求。

与传统仪器相比,虚拟仪器具有以下四个优势:

(1) 性能高。虚拟仪器技术是在 PC 技术的基础上发展起来的,包括功能卓越的处理器和文件 I/O,同时结合互联网信息技术使得虚拟仪器可以展现出强大的数据处理功能。

(2) 扩展性强。由于虚拟仪器应用软件的灵活性,因此只需要更新计算机或测量硬件,就能以最少的硬件投资和极少的甚至无需软件上的升级即可改进系统。

(3) 开发周期短。在驱动和应用两个层面上,通过高效的软件架构能与计算机、仪器仪表和通信方面的最新技术结合在一起,可以方便快捷的配置、创建、分布、维护和修改高性能、低成本的测试测量方案。

(4) 无缝集成。虚拟仪器本质上是一个集成的软硬件概念,可以满足多个测量设备的集成以满足完整的测试需求。通过将多个测量任务集成在单个系统,减少了任务的复杂性,也便于维护和管理。

2.2 数据采集系统

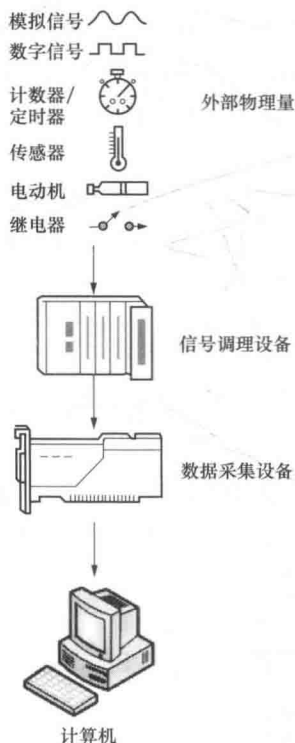


图 2-2 数据采集系统的硬件结构

通过建立灵活的可扩展式测试测量与控制应用系统,并开发通用的火电机组热力参数采集计算分析软件,实现对机组热经济性指标及其相关参量的采集、存储、计算和分析,完成河北南网接入特高压后机组调峰过程中的能耗分布状况实时同步有效分析与评估,以提高机组运行的经济性和节能优化调度,而其中首先需要解决的问题是调峰运行工况下机组参数的采集与存储。

2.2.1 数据采集系统的硬件

不同的数据采集系统根据高低端需求,具有各种各样的配置,但其各个组成单元的构成基本上是一致的,一个数据采集系统的硬件结构主要由传感器或变换器、信号调理设备、数据采集设备和计算机四部分组成,如图 2-2 所示。

1. cRIO+9208 数据采集技术方案

该方案数据采集核心硬件设备采用以太网组网连接方式,基于 NIcRIO+9208 数据采集机箱和板卡组件接入采集网络,支持并联及串联结合的树形网络拓扑结构,如图 2-3 所示。

cRIO+9208 硬件设备参数见表 2-1。

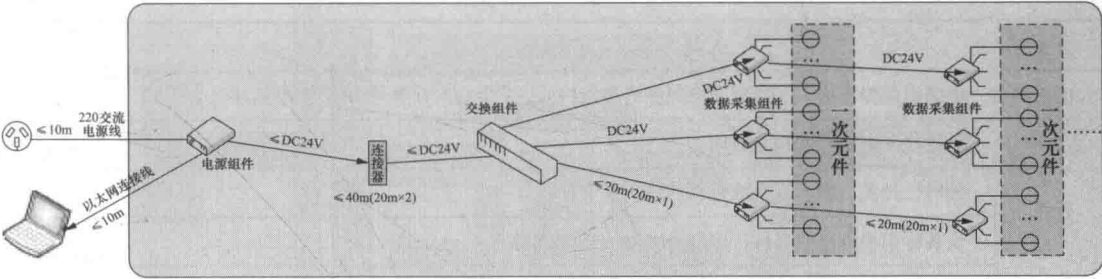


图 2-3 数据采集硬件组网结构

表 2-1 cRIO+9208 硬件设备参数

规格型号	数量	说 明
NI 9208+DSUB 接线端子	4	无
NI cRIO-9063 机箱	4	卡槽底板，工作温度-20~55℃
NI PS-17 电源	4	功率为 480W，转换率为 93.9%，宽×高为 7.2cm×12.7mm

cRIO+9208 数据采集系统电源组件结构示意图如图 2-4 所示，设备参数见表 2-2。

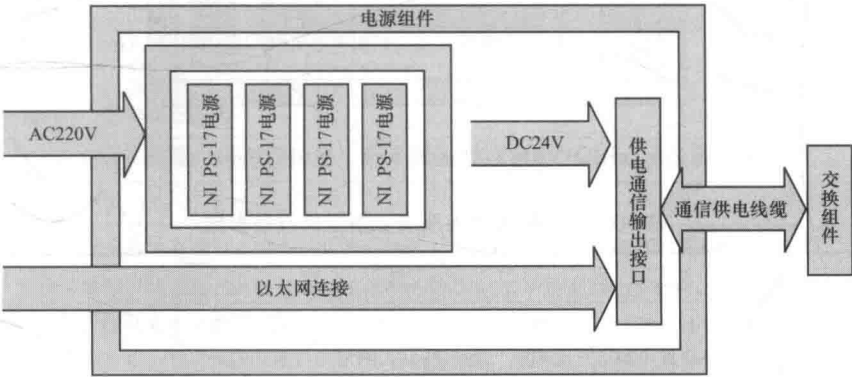


图 2-4 cRIO+9208 数据采集系统电源组件结构示意图

表 2-2 cRIO+9208 数据采集系统电源组件设备参数

分类	内 容
功能	4 块 NI PS-17 电源并联，具备 220V 交流电压输入，可转换为供“交换组件”输入的“24V 直流电压”，电源额定功率为 480W×4
	具备通过以太网连接线连接上位机，进行采集数据传输能力
	具备电源控制开关，控制整个采集系统供电开启与关闭能力
	具备电源指示灯，显示电源组件通电状态
	具备过电流、过电压、漏电保护能力
接口	220V 交流电源接口：1 个三导线插座
	上位机接口：1 个 RJ45 水晶头插座



续表

分类	内 容
接口	电源组件输出接口（数据交换组件连接接口）：1 个 GX20 型号 10 芯航空插座（公头）
外壳	全铝仪器机箱，机箱全封闭
	接口、开关、指示灯摆放合理，具备中文标识
	设备标识甲方单位名称、单位 LOGO 及设备名称
	机箱把手前置与接口同侧

cRIO+9208 数据采集系统交换组件结构示意图如图 2-5 所示，设备参数见表 2-3。

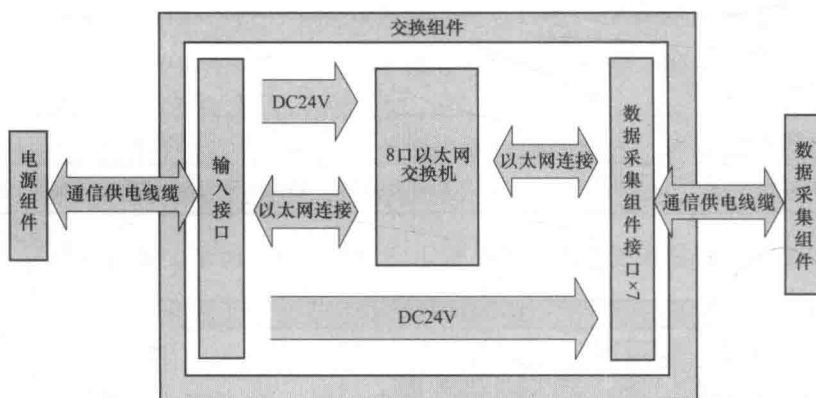


图 2-5 cRIO+9208 数据采集系统交换组件结构示意图

表 2-3

cRIO+9208 数据采集系统交换组件设备参数

分类	内 容
功能	具备通过混合线缆连接电源组件能力,连接距离不大于 40m(线缆最多串接数量 2 根,每根线缆 20m),连接电缆同时具备“24V 直流电压”输入及以太网信号传输能力
	核心部件采用 8 口以太网交换机,具备可同时连接 7 组数据采集组件能力,当采集网络供电电压低于 15V 时,用户手动减少数据采集组件连接数量,维持采集网络供电电压
接口	交换组件输入接口（电源组件连接接口）：1 个外置 GX20 型号 10 芯航空插座（母头），加防水固定接头
	交换组件输出接口（数据采集组件连接接口）：7 个外置 GX20 型号 10 芯航空插座（母头），加防水固定接头
外壳	全铝仪器机箱，机箱全封闭
	接口、开关摆放合理，具备中文标识
	设备标识甲方单位名称、单位 LOGO 及设备名称
	机箱把手前置与接口同侧

cRIO+9208 数据采集系统采集组件结构示意图如图 2-6 所示，设备参数见表 2-4。

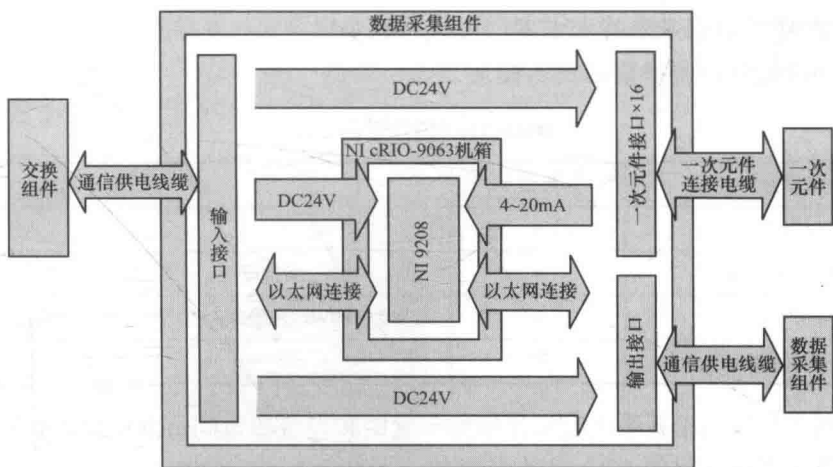


图 2-6 cRIO+9208 数据采集系统采集组件结构示意图

表 2-4 cRIO+9208 数据采集系统采集组件设备参数

分类	内 容
功能	具备输入接口通过混合线缆连接交换组件能力，连接距离不大于 40m（单设备线缆最多串接数量 2 根，每根线缆 20m），连接电缆同时具备直流电压输入及以太网信号传输能力
	具备输出接口通过混合线缆连接数据采集组件能力，连接距离不大于 40m（单设备线缆最多串接 2 根，每根线缆 20m），连接电缆同时具备直流电压输入及以太网信号传输能力
	具备可同时连接 16 路一次原件（压力、温度变送器），一次原接口同时具备直流电压供电及“4~20mA 直流电流”信号采集能力
	核心部件为 1 套 NI 采集组件，含 1 台 NI cRIO-9063 机箱、1 块 NI 9208 采集卡
	具备过电流、稳压、过压保护能力
接口	数据采集组件输入接口（交换组件连接接口）：1 个 GX20 型号 10 芯航空插座（公头）
	数据采集组件输出接口（数据采集组件连接接口）：1 个外置 GX20 型号 10 芯航空插座（母头），加防水固定接头
	一次原件接口：16 个外置 GX16 型号 2 芯航空插座（母头），加防水固定接头
外壳	全铝仪器机箱，机箱全封闭
	接口、开关、指示灯摆放合理，具备中文标识
	设备标识甲方单位名称、单位 LOGO 及设备名称
	机箱把手前置与接口同侧

2. cDAQ+9208 数据采集技术方案

cDAQ+9208 硬件设备参数同 cRIO+9208 硬件设备参数（见表 2-1）。

cDAQ+9208 数据采集系统电源组件结构示意图和设备参数同 cRIO+9208 数据采集系统电源组件结构示意图（见图 2-4）和设备参数（见表 2-2）。

cDAQ+9208 数据采集系统交换组件结构示意图和设备参数同 cRIO+9208 数据采集系统交换组件结构示意图（见图 2-5）和设备参数（见表 2-3）。

cDAQ+9208 数据采集系统采集组件结构示意图和设备参数同 cRIO+9208 数据采集系统采集组件结构示意图（见图 2-6）和设备参数（见表 2-4）。



3. cRIO+9203 数据采集技术方案

cRIO+9203 硬件设备参数见表 2-5。

表 2-5 cRIO+9203 硬件设备参数

规格型号	数量	说 明
NI 9203	8	无
NI cRIO-9063 机箱	4	卡槽底板, 工作温度-20~55℃
NI PS-17 电源	4	功率为 480W, 转换率为 93.9%, 宽×高为 7.2cm×12.7mm
4~20mA 有源隔离配电器	32	无

cRIO+9203 数据采集系统电源组件结构示意图和设备参数同 cRIO+92088 数据采集系统电源组件结构示意图 (见图 2-4) 和设备参数 (见表 2-2)。

cRIO+9203 数据采集系统交换组件结构示意图和设备参数同 cRIO+92088 数据采集系统交换组件结构示意图 (见图 2-5) 和设备参数 (见表 2-3)。

cRIO+9203 数据采集系统采集组件结构示意图如图 2-7 所示, 设备参数同 cRIO+92088 数据采集系统采集组件设备参数 (见表 2-4)。

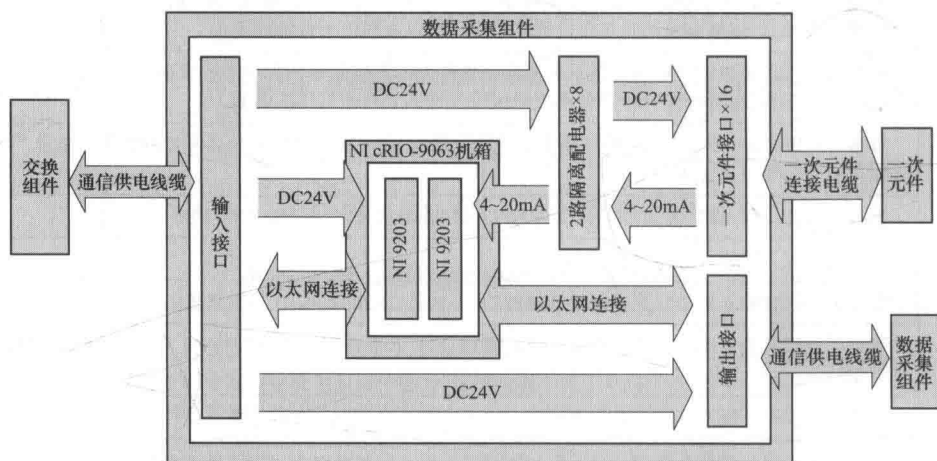


图 2-7 cRIO+9203 数据采集系统采集组件结构示意图

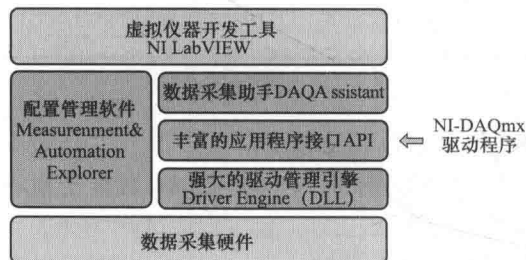


图 2-8 数据采集系统软件架构

2.2.2 数据采集系统的软件

虚拟仪器采集系统软件可以实现对硬件设备的驱动以及对数据的采集和分析功能。

根据应用层次的不同, 基于虚拟仪器的数据采集系统的软件部分一般由驱动程序、应用程序接口和虚拟仪器开发工具等组成, 如图 2-8 所示。

1. LabVIEW 前面板

前面板 (Front Panel) 是 VI 的交互式用户界面, 可以将数据处理、计算和分析结果以