

第 1 章 工控组态基础

1.1 工控组态概述

工控指的是工业自动化控制，主要利用电子电气、机械、软件组合来实现工业控制（Factory Control）或工厂自动化控制（Factory Automation Control）。工控技术主要是指使用计算机技术、微电子技术、电气手段，使工厂的生产和制造过程更加自动化、效率化、精确化，并具有可控性及可视性。

工控技术的出现和推广使工厂的生产速度和效率提高了 300% 以上。从 20 世纪 80 年代开始，比较广泛使用的工业控制产品有 PLC、变频器、触摸屏、伺服电机、工控机等。这些产品和技术大力推动了中国制造业的自动化进程，工控主要核心领域是在大型电站、航空航天、水坝建造、工业温控加热等行业。

例如，电站电网的实时监控要采集大量的数据，并进行综合处理，工控技术的介入方便了大量信息的处理。基于工控组态的电网调度如图 1-1 所示。

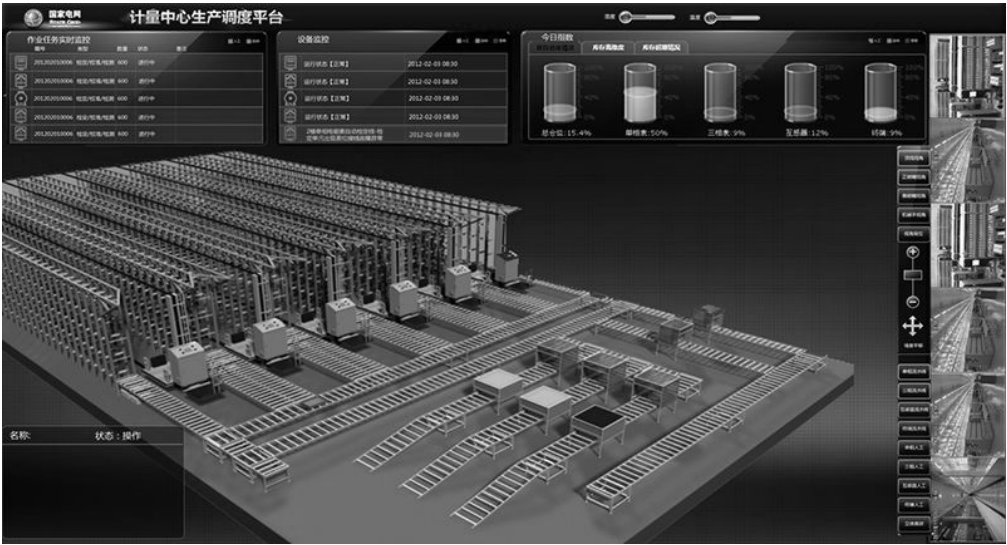


图 1-1 基于工控组态的电网调度

与硬件生产相对照，组态与组装类似。在使用工控软件中，我们经常提到组态一词，组态的英文是“Configuration”，它的意义就是用应用软件中提供的工具、方法，完成工程中某一具体任务的过程。

在组态概念出现之前，要实现某一任务，都是通过编写程序（如使用 BASIC、C、FORTRAN 等）来实现的。编写程序不但工作量大、周期长，而且容易犯错误，不能保证工

期。组态软件的出现解决了这个问题。对于过去需要几个月的工作，通过组态软件几天就可以完成。

当然在实施过程中，软件的组态要比硬件的组装有更大的发挥空间，因为它一般要比硬件中的“部件”更多，而且每个“部件”都很灵活，原因在于软件都有内部属性，通过改变属性可以改变其规格（如大小、形状、颜色等）。

虽然通过组态软件可以不用编写程序就能完成特定的应用，但是为了提供灵活性，大部分组态软件都提供了编程手段，一般都是内置编译系统，提供类 BASIC 语言，有的甚至支持 VB。

关于组态软件，它译自英文 SCADA，即 Supervisory Control and Data Acquisition（数据采集与监视控制），又称监控组态软件。它是指一些数据采集与过程控制的专用软件，是处在自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境，使用灵活的组态方式，为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能、通用层次的软件工具。组态软件的应用领域很广，可以应用于电力系统、给水系统、石油、化工等领域的数据采集与监视控制及过程控制等诸多领域。在电力系统及电气化铁路中，它又称远动系统（RTU System）。

组态软件具有专业性。一种组态软件只能适合某种领域的应用。组态的概念最早出现在工业计算机控制中，如 DCS（集散控制系统）组态、PLC 梯形图组态。人机界面生成软件又称工控组态软件，其实其他行业也有组态的概念，只是称呼不同，如 AutoCAD、Photoshop、办公软件（PowerPoint）都存在相似的操作，即用软件提供的工具来形成自己的作品，并以数据文件保存作品，而不是执行程序或其他。组态形成的数据只有用其制造工具或其他专用工具才能识别。但是不同之处在于，工业控制中形成的组态结果是用来实时监控的。组态工具的功能实现要根据这些组态结果实时运行。从表面上看，组态工具的运行程序就是执行自己特定的任务。

1.2 组态软件的现状及发展

1.2.1 组态软件的发展

“组态”的概念之所以被广大的生产过程自动化技术人员所熟知，是由于集散型控制系统（Distributed Control System, DCS）的出现。

在控制系统使用的各种仪表中，早期的控制仪表是气动 PID 调节器，后来发展为气动单元组合仪表，20 世纪 50 年代后出现电动单元组合仪表。20 世纪 70 年代中期随着微处理器的出现，诞生了第一代 DCS。到目前，DCS 和其他控制设备在全球范围内得到了广泛应用。计算机控制系统的每次大发展的背后都有着以下几个共同的推动力：

- （1）微处理器技术有了质的飞跃，促成硬件费用的大幅下降和控制设备体积的缩小。
- （2）计算机网络技术的大发展。
- （3）计算机软件技术的飞跃。

由于每一套 DCS 都是比较通用的控制系统，可以应用到很多的领域中，为了使用户不用编代码程序便可生成适合自己需求的应用系统，每个 DCS 厂商在 DCS 中都预装了系统软件和应用软件，而其中的应用软件，实际上就是组态软件，但一直没有人给出明确定义，只是将这种应用软件设计生成目标应用于系统的过程称为“组态”或“做组态”。

组态 (Configuration) 的英文含义是使用软件工具对计算机及软件的各种资源进行配置, 达到让计算机或软件按照预先设置, 自动执行特定任务, 满足使用者要求的目的。监控组态软件是面向监控与数据采集 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) 的软件平台工具, 具有丰富的设置项目, 使用方式灵活, 功能强大。监控组态软件最早出现时, 人机界面 (Human Machine Interface, HMI) 或 (Man Machine Interface, MMI) 是其主要内涵, 即主要解决人机图形界面问题。随着它的快速发展, 实时数据库、实时控制、SCADA、通信及联网、开放数据接口、对 I/O 设备的广泛支持已经成为它的主要内容, 随着技术的发展, 监控组态软件将会不断被赋予新的内容。

直到现在, 每个 DCS 厂家的组态软件仍是专用的 (即与硬件相关的), 不可相互替代。从 20 世纪 80 年代末开始, 随着个人计算机的普及, 国内开始有人研究如何利用 PC 做工业监控, 同时开始出现基于 PC 总线的 A/D、D/A、计数器、DIO 等各类 I/O 板卡。应该说, 国内组态软件的研究起步是不晚的。当时有工程师在 MS-DOS 的基础上用汇编或 C 语言编制带后台处理能力的监控组态软件, 有实力的研究机构则在实时多任务操作系统 iRMX86 或 VRTX 上研究, 均未形成有竞争力的产品。随着 MS-DOS 和 iRMX86 用户数量的萎缩和微软公司 Windows 操作系统的普及, 基于 PC 的监控组态软件才迎来了发展机遇, 以力控软件为代表的国内组态软件也经历了这一复杂的过程。世界上第一个把组态软件作为商品进行开发、销售的专业软件公司是美国的 Wonderware 公司, 它于 20 世纪 80 年代末率先推出第一个商品化监控组态软件 Intouch。此后, 监控组态软件在全球得到了蓬勃发展, 目前世界上的组态软件有几十种之多, 总装机量有几十万套。伴随着信息化社会的到来, 监控组态软件在社会信息化进程中将扮演越来越重要的角色, 每年的市场份额都会有较大增长, 未来的发展前景十分看好。

1.2.2 组态软件成长的历史背景

组态软件是伴随着计算机技术的突飞猛进发展起来的。20 世纪 60 年代, 虽然计算机开始涉足工业过程控制, 但由于计算机技术人员缺乏工厂仪表和工业过程的知识, 导致计算机工业过程系统在各行业的推广速度比较缓慢。20 世纪 70 年代初期, 微处理器的出现促进了计算机控制走向成熟。首先, 微处理器在提高计算能力的基础上, 大大降低了计算机的硬件成本, 缩小了计算机体积, 很多从事控制仪表和原来一直就从事工业控制计算机的公司先后推出了新型控制系统, 这一历史时期较有代表性的就是在 1975 年由美国 Honeywell 公司推出的世界上第一套 DCS TDC-2000, 而随后的 20 年间, DCS 及其计算机控制技术日趋成熟, 得到了广泛应用, 此时的 DCS 已具有较丰富的软件, 包括计算机系统软件 (操作系统)、组态软件、控制软件、操作站软件、其他辅助软件 (如通信软件) 等。

在这一阶段, 虽然 DCS 技术市场发展迅速, 但软件仍是专用和封闭的, 除在功能上不断加强外, 软件成本一直居高不下, 造成 DCS 在中、小型项目上的单位成本过高, 使一些中、小型应用项目不得不放弃使用 DCS。20 世纪 80 年代中后期, 随着个人计算机的普及和开放系统 (Open System) 概念的推广, 基于个人计算机的监控系统开始进入市场, 并发展壮大。组态软件作为个人计算机监控系统的重要组成部分, 比 PC 监控的硬件系统具有更为广阔的发展空间。这是因为:

第一, 很多 DCS 和 PLC 厂家主动公开通信协议, 加入 “PC 监控” 的阵营。目前, 几乎所有的 PLC 和一半以上的 DCS 都使用 PC 作为操作站。

第二，由于 PC 监控大大降低了系统成本，使得市场空间得到扩大，从无人值守的远程监视（如防盗报警、江河汛情监视、环境监测、电信线路监控、交通管制与监控、矿井报警等）、数据采集与计量（如居民水电气表的自动抄表、铁道信号采集与记录等）、数据分析（如汽车/机车自动测试、机组/设备参数测试、医疗化验仪器设备实时数据采集、虚拟仪器、生产线产品质量抽检等）到过程控制，几乎无处不用。

第三，各类智能仪表、调节器和 PC-Based 设备可与组态软件构筑完整的低成本自动化系统，具有广阔的市场空间。

第四，各类嵌入式系统和现场总线的异军突起把组态软件推到了自动化系统主力军的位置，组态软件越来越成为工业自动化系统中的灵魂。

组态软件之所以同时得到用户和 DCS 厂商的认可有以下几个原因：

（1）个人计算机操作系统日趋稳定可靠，实时处理能力增强且价格便宜。

（2）个人计算机的软件及开发工具丰富，使组态软件的功能强大，开发周期相应缩短，软件升级和维护也较方便。

目前，多数组态软件都是在 Windows 3.1 或 Windows 3.2 操作系统下逐渐成熟起来的，国外少数组态软件可以在 OS/2 或 UNIX 环境下运行，绝大多数组态软件都运行在 Windows 7/8 环境下。

组态软件的开发工具以 C++为主，也有少数开发商使用 Delphi 或 C++ Builder。一般来讲，使用 C++开发的产品运行效率更高，程序代码较短，运行速度更快，但开发周期要长一些，其他开发工具则相反。

1.2.3 常见的组态软件

1. InTouch 组态软件

Wonderware 公司的 InTouch 组态软件是最早进入我国的组态软件。Wonderware 公司是在世界工业自动化软件行业中居领先地位的独资公司。在 20 世纪 80 年代末 90 年代初，Wonderware 公司第一个面向对象的人机界面（HMI）软件包面世，率先把 Microsoft Windows 操作系统用于制造业，基于 Windows 3.1 的 InTouch 组态软件让世界耳目一新，并提供了丰富的图库。最新的 InTouch HMI 第 10 版继承了 Wonderware 公司在人机界面软件领域的传统市场领先地位，并对前面几个版本的功能进行了改善。其中包括：

（1）提供统一、直观的开发环境，让非编程人员与软件工程师都能够轻而易举地快速构建应用程序。

（2）提供一套集中化管理工具，用于在单个节点或复杂的多节点环境中管理 InTouch 应用程序。

（3）将 ArchestrA 技术与 InTouch 组态软件相集成，以创建一种可伸缩的运行环境，并从简单的单节点 HMI，一直涵盖到使用 Wonderware System Platform 的企业级解决方案。

（4）包含内容丰富的图形符号库，这些预先构建的符号都自带各种属性，以实现统一处理应用程序数据的可视化。

（5）提供一套强大的图形工具，可使用集成的脚本程序与动画轻松地创建符号，这些符号可以作为标准化对象在许多应用程序中使用。

（6）融入了全面的后向兼容性，可以在 Microsoft Windows Vista 操作系统下运行。Wonderware 公司关于 InTouch 组态软件的介绍界面如图 1-2 所示。



图 1-2 Wonderware 公司关于 InTouch 组态软件的介绍界面

2. iFIX 组态软件

Intellution 公司以 FIX 组态软件起家, 1995 年被爱默生集团收购, 成为爱默生集团的全资子公司, FIX6.x 软件提供工控人员熟悉的概念和操作界面, 并提供完备的驱动程序 (单独购买)。Intellution 公司将自己最新的产品系列命名为 iFIX, 在 iFIX 中, Intellution 公司提供了强大的组态功能, 它是 Proficy 系列软件自动化产品中一个基于 Windows 的 HMI/SCADA 组件。它是基于开放的和组件技术的产品, 专为在工厂级和商业系统之间提供易于集成和协同工作的设计环境。它的功能结构特性可以减少开发自动化项目的时间, 缩短系统升级和维护的时间, 与第三方应用程序无缝集成, 增强生产力。iFIX 的 SCADA 部分提供了监视管理、报警和控制功能。它能够实现数据的绝对集成和实现真正的分布式网络结构。iFIX 的 HMI 部分是监视控制生产过程的窗口。它提供了开发操作员熟悉的画面所需要的所有工具。iFIX 组态软件界面如图 1-3 所示。



图 1-3 iFIX 组态软件界面

3. Citech 组态软件

Citech 公司的 Citech 组态软件也是较早进入中国市场的产品。Citech 组态软件具有简捷的操作方式，但其操作方式更多的是面向程序员，而不是工控用户。Citech 组态软件提供了类似 C 语言的脚本语言并进行二次开发，但与 iFIX 不同的是，Citech 组态软件的脚本语言并非是面向对象的，而是类似于 C 语言，这无疑增加了用户进行二次开发的难度，这使它很难成为市场的主流。Citech 组态软件界面如图 1-4 所示。



图 1-4 Citech 组态软件界面

4. WinCC 组态软件

SIEMENS 公司的 WinCC 组态软件也是一套完备的组态开发环境，SIEMENS 公司提供类似 C 语言的脚本语言，包括一个调试环境。WinCC 组态软件内嵌 OPC 支持，并可对分布式系统进行组态。WinCC 组态软件运行于个人计算机环境，可以与多种自动化设备及控制软件集成，具有丰富的设置项目、可视窗口和菜单选项，使用方式灵活，功能齐全。用户在其友好的界面下进行组态、编程和数据管理，可形成所需的操作画面、监视画面、控制画面、报警画面、实时趋势曲线、历史趋势曲线和打印报表等。它为操作者提供了图文并茂、形象直观的操作环境，不仅缩短了软件设计周期，而且提高了工作效率。WinCC 组态软件已发展成为欧洲市场中的领导者，乃至业界遵循的标准。但 WinCC 组态软件的结构较复杂，软件也偏大，用户最好经过 SIEMENS 公司的培训以掌握 WinCC 组态软件的应用。依托 SIEMENS 公司的 WinCC 组态软件的安装界面如图 1-5 所示。

5. 组态王

组态王 (Kingview) 是国内第一家较有影响的组态软件开发公司——亚控公司开发的 (更早的品牌多数已经湮灭)。组态王提供了资源管理器式的操作主界面，并且提供了以汉字作为关键字的脚本语言支持。组态王也提供多种硬件驱动程序。



图 1-5 依托 SIEMENS 公司的 WinCC 组态软件的安装界面

组态王是运行于 Microsoft Windows 中文平台的全中文界面的组态软件，采用了多线程、COM 组件等新技术，实现了实时多任务，软件运行稳定可靠。组态王具有一个集成开发环境——工程浏览器，在工程浏览器中可以查看工程的各个组成部分，也可以完成构造数据库、定义外部设备等工作。画面的开发和运行由工程浏览器调用画面制作系统（TouchMak）和画面运行系统（Touchview）来完成。TouchMak 具有先进完善的图形生成功能；数据库中有多种数据类型，能合理地抽象控制对象的特性；对变量报警、趋势曲线、过程记录、安全防范等重要功能都有简单的操作办法。Touchview 从工业控制对象中采集数据并记录在实时数据库中，负责把数据的变化用动画的方式形象地表示出来，同时完成变量报警、操作记录、趋势曲线等监视功能，并生成历史数据文件。

6. Controx（开物）组态软件

Controx 组态软件由北京华富远科技有限公司开发，其 Controx 2000 是全 32 位的组态开发平台，为工控用户提供了强大的实时曲线、历史曲线、报警、数据报表及报告功能。该公司是国内最早加入 OPC 组织的软件开发商，它在 Controx 组态软件内建 OPC 支持，并提供数十种高性能驱动程序及面向对象的脚本语言编译器，支持 ActiveX 组件和插件的即插即用功能，并支持通过 ODBC 连接外部数据库。Controx 组态软件同时提供网络支持和 WebServer 功能。

7. ForceControl（力控）组态软件

大庆三维公司的力控组态软件从时间概念上来说是国内较早就已经出现的组态软件之一。只是因为早期力控组态软件一直没有作为正式商品广泛推广，所以并不为大多数人所知。大约在 1993 年，力控组态软件就已形成了第一个版本，只是那时还是一个基于 DOS 和 VMS 的版本。后来随着 Windows 3.1 的流行，又开发出了 16 位 Windows 版的力控组态软件。但直至 Windows 95 版本的力控组态软件诞生之前，它主要用于公司内部的一些项目。32 位下的 1.0 版的力控组态软件，在体系结构上就已经具备了较为明显的先进性，其最大的特征之一就是其基于真正意义的分布式实时数据库的三层结构，而且其实时数据库结构可为可组态的活结构。在 1999—2000 年期间，力控组态软件得到了长足的发展，最新推出的 2.0 版在功能的丰富特性、易用性、开放性和 I/O 驱动数量等方面都得到了很大

的提高。在很多环节的设计上，力控组态软件都能从国内用户的角度出发，既注重实用性，又不失大软件的规范。

力控组态软件是对现场生产数据进行采集与过程控制的专用软件，最大的特点是能以灵活多样的“组态”方式而不是编程方式来进行系统集成，它提供了良好的用户开发界面和简捷的工程实现方法，只要将其预设置的各种软件模块进行简单的“组态”，便可以非常容易地实现和完成监控层的各项功能。例如，在分布式网络应用中，所有应用（如趋势曲线、报警等）对远程数据的引用方法与引用本地数据完全相同，通过“组态”方式可以大大缩短自动化工程师的系统集成时间，提高集成效率。

力控组态软件能同时和国内外各种工业控制厂家的设备进行网络通信，它可以与高可靠的工控计算机和网络系统结合，达到集中管理和监控的目的，同时还可以方便地向控制层和管理层提供软、硬件的全部接口，实现与“第三方”的软、硬件系统进行集成。Force Control（力控）组态软件界面如图 1-6 所示。



图 1-6 ForceControl（力控）组态软件界面

8. Cimplicity 组态软件

GE Fanuc 公司是美国通用电气 GE（公司）和日本 Fanuc 公司合资的高新技术企业，总部设在美国弗吉尼亚州的夏洛茨维尔，其产品可用于自动化、过程自动化、国防、汽车制造、通信、医疗和航空航天等各种工业领域。Cimplicity 组态软件是面向对象的分布式 C/S 体系结构的 HMI/SCADA 监控软件，提供过程可视化、数据采集和生产环境监控等功能，为数字化生产管理奠定了坚实而可靠的数据基础。与 GE 公司的 PLC 紧密搭配的 Cimplicity 组态软件界面如图 1-7 所示。

9. RSView SE 组态软件

RSView SE（RSView Supervisory Edition）组态软件是由罗克韦尔公司的罗克韦尔自动化部门发布的，该公司是一家享誉全球的生产电子控制产品和通信产品的跨国公司。罗克韦尔自动化部门是其下最大的业务部门，也是北美最大的工业自动化产品、系统和软件供应商。罗克韦尔自动化部门汇集了工业自动化领域的名牌产品：A-B 和罗克韦尔软件。

RSView SE 组态软件是基于 Windows 2000 系统的人机界面软件，它用于监视、控制并获得全企业内所有生产操作数据。



图 1-7 与 GE 公司的 PLC 紧密搭配的 Cimplicity 组态软件界面

10. Lookout 组态软件

NI 公司的 Lookout 组态软件是市场上较易用的工控组态软件。运用 Lookout 组态软件，可以很方便地实现对工业过程的监控和数据采集。Lookout 组态软件支持数十种 PLC 的通信协议，如 ModBus、AB 和 SIEMENS 等。Lookout 组态软件同样支持 OPC 通信。Lookout 组态软件还可以同 NI 公司的硬件产品 FieldPoint 无缝集成。NI 公司的 Lookout 组态软件界面如图 1-8 所示。



图 1-8 NI 公司的 Lookout 组态软件界面

11. Wizcon 组态软件

Wizcon 组态软件是一个先进的 SCADA 应用开发工具，系统集成商运用它可以建立各

种工业领域的高级应用。Wizcon 组态软件的十分便捷的图形用户接口、出众的 HMI 功能、Internet 访问、由浅入深的开发过程及全厂范围的集成能力等特点使它成为工厂自动化通用的 SCADA 系统。Wizcon 组态软件使得企业内部底层和其他部门建立联系，操作人员的工厂管理者都可以看到各种数据。管理人员可以在办公室用熟悉的操作环境和查询工具获取实时数据。实际上，作为一个开放的系统，Wizcon 组态软件允许用户将不同的硬件和软件结合在一起，构成完整的自动化解决方案，以提高生产率和产品质量。

12. MCGS 组态软件

通用监控系统（Monitor and Control Generated System，MCGS）组态软件是由北京昆仑通态自动化软件科技有限公司开发的，是一套基于 Windows 平台、用于快速构造和生成上位机监控系统的组态软件系统，主要完成现场数据的采集与监测、前端数据的处理与控制，可运行于 Microsoft Windows XP/NT/2000 等操作系统。MCGS 组态软件具有功能完善、操作简便、可视性好、可维护性强的突出特点。通过与其他相关的硬件设备结合，可以快速、方便地开发各种用于现场采集、数据处理和控制的设备。用户只要通过简单的模块化组态就可构造自己的应用系统，如可以灵活组态各种智能仪表、数据采集模块、无纸记录仪、无人值守的现场采集站、人机界面等专用设备。MCGS 组态软件界面如图 1-9 所示。



图 1-9 MCGS 组态软件界面

13. ECHMI 组态软件

ECHMI（Easy Control Human-Machine Interaction）组态软件是一个通用的工控人机界面组态软件。ECHMI 组态软件从 HMI 入手，从 2001 年的 1.0 版开始，通过不断应用、改进，逐渐完善为一个全功能的工控组态软件，和国内外的同类软件相比有着独有的特点，如动态模板、子图同步更新。ECHMI 组态软件包含 EcMake 开发环境、EcView 运行系统、实时库、历史库、WEB 系统 5 部分。

1.2.4 组态软件的发展趋势

1. 组态软件作为单独行业的出现是历史的必然

市场竞争的加剧使行业分工越来越细,“大而全”的企业将越来越少(企业集团除外),每个 DCS 厂商必须把主要精力用于自身所擅长的技术领域,巩固已有优势,如果还是软、硬件一起做,就很难在竞争中取胜。今后,社会分工会更加细化。从表面上来看,组态软件的功能较单一,其市场才刚被挖掘出一点点,今后的成长空间还相当广阔。

组态软件的发展、成长与网络技术的发展、普及密不可分,曾有一时期,各 DCS 厂商的底层网络都是专用的,现在则使用国际标准协议,这在很大程度上促进了组态软件的应用。例如,在大庆油田,各种油气处理装置都分布在油田现场,总面积约为 3000km^2 ,要想把这些装置的实时数据进行联网共享,在几年前是不可想象的,而目前通过公众电话网,用 Modem 或 ISDN 将各 DCS 装置连起来,通过 TCP/IP 协议完成实时数据采集和远程监控就是一种可行方案,力控组态软件已经在该项目中应用成功,成为国内规模最大的 HMI/SCADA 应用范例。

2. 现场总线技术的成熟更加促进了组态软件的应用

应该说,现场总线是一种特殊的网络技术,其核心内容:一是工业应用;二是完成从模拟方式到数字方式的转变,使信息和供电同在一根双线电缆上传输,还要满足许多技术指标。同其他网络一样,现场总线的网络系统也具备 OSI 的 7 层协议,在这个意义上讲,现场总线与普通的网络系统具有相同的属性,但现场总线设备的种类多,同类总线的产品也分现场设备、耦合器等多种类型。目前,现场总线设备正在大量替代现有设备,给组态软件带来更多机遇。

3. 能够同时兼容多种操作系统平台是组态软件的发展方向之一

可以预言,微软公司在操作系统市场上的垄断迟早要被打破,未来的组态软件也要求跨操作系统平台,至少要同时兼容 Windows NT 系统和 Linux/UNIX 系统。

UNIX 系统是计算机软件最早的程序开发环境,整个 UNIX 系统可以粗略地分为 3 层:底层是一个与具体硬件相联系的多进程操作系统内核;中间层是可编程的 Shell 命令解释程序,它是用户与系统内核的接口,是整个 UNIX 系统环境中灵活使用与扩展各种软件的工具;顶层是用户的实用工具,有多种程序语言数据库管理系统及一系列进行应用开发的实用工具。

UNIX 系统主要有以下几个方面特点:

- (1) 具有一组丰富的实用软件开发工具。
- (2) 具有方便装卸的分级结构树形文件系统。
- (3) 具有功能完备、使用简便灵活、同时可编程的命令解释语言 Shell。
- (4) 支撑整个环境的系统具有内核紧凑、功能强、效率高的特点。
- (5) 整个系统不限定在某一特定硬件上,可移植性好。
- (6) 仍在发展中,不断完善实时控制功能。

UNIX 系统是唯一可以在微、超微、小、超小型工作站,以及中大、小巨、巨型机上“全谱系通用”的系统。由于 UNIX 的特殊背景及强有力的功能,特别是它的可移植性及目前硬件突飞猛进的发展形势,吸引了越来越多的厂家和用户。

UNIX 系统在多任务、实时性、联网方面的处理能力优于 Windows NT 系统,但在图形

界面、即插即用、I/O 设备驱动程序数量方面逊于 Windows NT 系统。自 20 世纪 90 年代以来, UNIX 系统的这些缺点已得到改进, 现在的 UNIX 系统图形界面 X Window 和 UNIX 系统的变种——Linux 系统已经具备了较好的图形环境。

4. 组态软件在嵌入式整体方案中将发挥更大作用

前面已讲过, 微处理器技术的发展会带动控制技术 & 监控组态软件的发展, 目前嵌入式系统的发展速度极为迅猛, 但相应的软件尤其是组态软件滞后较严重, 制约着嵌入式系统的发展。我们从使用方式上把嵌入式系统分为两种: 带显示器/键盘的嵌入式系统和不带显示器/键盘的嵌入式系统。

(1) 带显示器/键盘的嵌入式系统又可分为带机械式硬盘的嵌入式系统和不带机械式硬盘的嵌入式系统两种。

带机械式硬盘(如 PC/104 可外接硬盘)的嵌入式系统可装 Windows NT 等大型操作系统, 对组态软件没有更多的要求。

不带机械式硬盘的嵌入式系统由于受限于性价比, 因此此类应用大部分安装 Windows 3.2、Windows CE、DOS 或 Linux 操作系统, 应用规模都不大, 但数量却有很大提升潜力。

(2) 不带显示器/键盘的嵌入式系统: 这种嵌入式系统一般都使用电子盘, 只能安装 Windows 3.2、Windows CE、DOS 或 Linux 操作系统, 对于此类应用, 有的会带外部数据接口(如以太网、RS232/485 等), 目前面向此类应用的组态软件市场潜力巨大。

5. 组态软件在 CIMS 应用中将起到重要作用

美国 Harrington 博士于 1973 年提出了计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的概念, 其主要内容有: 企业内部生产各环节密不可分, 要统筹协调; 工厂的生产过程实质就是对信息的收集、传递、加工和处理的过程。CIMS 所追求的目标是使工厂的管理、生产、经营、服务全自动化、科学化、受控化, 最大限度地发挥企业中人、资源、信息的作用, 提高企业运转效率和市场应变能力, 降低成本。CIMS 的概念不仅适用于离散型生产流程的企业, 同样适用于连续型生产流程的企业, CIMS 在流程企业又称 CIPS(Computer Integrated Process System)。

自动化技术是 CIMS 的基础, 目前多数企业对生产自动化都比较重视, 会采用 DCS(含 PLC)或以 PC 总线为基础的工控机构成简易的分散型测控系统。但现实当中的自动化系统都是分散在各装置上的, 企业内部的各自动化装置之间缺乏互联手段, 不能实现信息的实时共享, 这从根本上阻碍了 CIMS 的实施。

组态软件在 CIMS 发展过程中能够发挥以下几方面的作用:

(1) 充当 DCS(含 PLC)的操作站软件, 尤其是 PC-based 监控系统。

(2) 以往各企业只在关键装置上舍得投资, 引进自动化控制设备, 而对公用工程(如能源监测、原材料管理、产成品管理、产品质量监控、自动化验分析、生产设备状态监视等)生产环节的重视程度不够, 这种企业内部各部门间自动化程度的不协调情况也将影响 CIMS 的进程, 受到损失的将是企业本身, 组态软件在这方面, 即技术改造方面也会发挥更大的作用, 促进企业低成本、高效率地实现全厂的信息化建设。

(3) 由于组态软件具有丰富的 I/O 设备接口, 能与绝大多数控制装置相连, 具有分布式实时数据库, 可以解决分散的“自动化孤岛”互联问题, 大幅节省 CIMS 建设所需的投资。伴随着 CIMS 技术的推广与应用, 组态软件将逐渐发展成为大型平台软件, 以原有的图形用户接口、I/O 驱动、分布式实时数据库、软逻辑等为基础, 派生出大量的实用软件组件, 如

先进控制软件包、数据分析工具等。

6. 信息化社会的到来为组态软件拓展了更多的应用领域

组态软件的应用不仅仅局限在工业企业，在农业、环保、邮政、电信、实验室、医院、金融、交通、航空等各行各业均能找到使用组态软件的实例。

随着我国社会进步和信息化速度的加快，组态软件将赢得巨大的市场空间，这将极大地促进国产优秀组态软件的应用，为国产优秀组态软件创造良好的成长环境，促进国有软件品牌的成长并参与国际竞争。

组态软件事业的发展也增加了对从事组态软件开发与研制的人才需求。国内的组态软件经历了从无到有的曲折过程，而目前则面临着如何在未来的竞争中取胜、如何制定未来的发展战略、如何开拓国际市场等一系列新的课题。组态软件涉及自动控制理论及技术、计算机理论及技术、通信及网络技术、人机界面技术等多个学科，对开发人员的软件设计、理论及实践经验都有很高的要求。广大在校的相关专业大学生、研究生面临着从事该项事业的难得机遇，盼望更多的人才加入组态软件的开发队伍中，为我国的国民经济信息化建设做出重大贡献。

1.3 组态软件的特点、设计思想及要求

1.3.1 组态软件的特点

组态软件最突出的特点是实时多任务。例如，数据采集与输出、数据处理与算法实现、图形显示及人机对话、实时数据的存储、检索管理、实时通信等多个任务要在同一台计算机上同时运行。

组态软件的使用者是自动化工程设计人员，组态软件的主要目的是使使用者在生成适合自己需要的应用系统时不用修改软件程序的源代码，因此在设计组态软件时应充分了解自动化工程设计人员的基本需求，并加以总结提炼，重点、集中解决共性问题。下面是组态软件主要解决的问题：

- (1) 如何在采集与控制设备之间进行数据交换。
- (2) 使来自设备的数据与计算机图形画面上的各元素关联起来。
- (3) 处理数据报警及系统报警。
- (4) 存储历史数据并支持历史数据的查询。
- (5) 各类报表的生成和打印输出。
- (6) 为用户提供灵活、多变的组态工具，可以适应不同应用领域的需求。
- (7) 最终生成的应用系统运行稳定可靠。
- (8) 具有与第三方程序的接口，方便数据共享。

自动化工程设计技术人员在组态软件中只要填写一些事先设计的表格，再利用图形功能把被控对象（如反应罐、温度计、锅炉、趋势曲线、报表等）形象地画出来，通过内部数据连接把被控对象的属性与 I/O 设备的实时数据进行逻辑连接。当由组态软件生成的应用系统投入运行后，与被控对象相连的 I/O 设备数据发生变化后直接会带动被控对象的属性发生变化。若要对应用系统进行修改，也十分方便，这就是组态软件的方便性。

从以上内容可以看出，组态软件具有实时多任务、接口开放、使用灵活、功能多样、运

行可靠的特点。

1.3.2 组态软件的设计思想

在单任务操作系统环境（如 MS-DOS）下，要想让组态软件具有很强的实时性，就必须利用中断技术。这种环境下的开发工具较简单，软件编制难度大。目前运行于 MS-DOS 环境下的组态软件基本上已退出市场。

在多任务环境下，由于操作系统直接支持多任务，组态软件的性能得到了全面加强。因此组态软件一般都由若干组件构成，而且组件的数量在不断增长，功能不断加强。各组态软件普遍使用了“面向对象”（Object Oriental）的编程和设计方法，使软件更加易于学习和掌握，功能也更强大。

一般的组态软件都由下列组件组成：图形界面系统、实时数据库系统、第三方程序接口组件、控制功能组件。下面将分别讨论每一类组件的设计思想。

在图形画面生成方面，构成现场各过程图形的画面被划分成几类简单的对象：线、填充形状和文本。每个简单的对象均有影响其外观的属性。对象的基本属性包括线的颜色、填充颜色、高度、宽度、取向、位置移动等。这些属性可以是静态的，也可以是动态的。静态属性在系统投入运行后保持不变，与原来组态时一致。而动态属性则与表达式的值有关，表达式可以是来自 I/O 设备的变量，也可以是由变量和运算符组成的数学表达式。这种对象的动态属性随表达式值的变化而实时改变。例如，用一个矩形填充体模拟现场的液位，在组态这个矩形的填充属性时，指定代表液位的工位号名称，液位的上、下限及对应的填充高度，就完成了液位的图形组态。这个组态过程通常称为动画连接。

在图形界面上还具备报警通知及确认、报表组态及打印、历史数据查询与显示等功能，各种报警、报表、趋势都是动画连接的对象，其数据源都可以通过组态来指定。这样，每个画面的内容就可以根据实际情况由工程技术人员灵活设计，每幅画面中的对象数量均不受限制。

在图形界面中，各类组态软件普遍提供了一种类似 Basic 语言的编程工具——脚本语言来扩充其功能。用脚本语言编写的程序段可由事件驱动或被周期性地执行，是与对象密切相关的。例如，当按下某个按钮时，可指定执行一段脚本程序，完成特定的控制功能，也可以指定当某一变量的值变化到关键值以下时，马上启动一段脚本程序完成特定的控制功能。

控制功能组件以基于 PC 的策略编辑/生成组件（也称为软逻辑或软 PLC）为代表，是组态软件的主要组成部分，虽然脚本语言程序可以完成一些控制功能，但还是不够直观，对于用惯了梯形图或其他标准编程语言的自动化工程师来说简直是太不方便了。因此，目前的多数组态软件都提供了基于 IEC1131-3 标准的策略编辑/生成组件，它也是面向对象的，但不唯一地由事件触发，它如同 PLC 中的梯形图一样按照顺序周期地执行。策略编辑/生成组件在基于 PC 和现场总线的控制系统中是大有可为的，可以大幅度地降低成本。

实时数据库是更为重要的一个组件，因为 PC 的处理能力太强了，因此实时数据库更加充分地表现出了组态软件的长处。实时数据库可以存储每个工艺点的多年数据，用户既可浏览工厂当前的生产情况，也可回顾过去的生产情况，可以说，实时数据库对于工厂来说就如同飞机上的“黑匣子”。工厂的历史数据是很有价值的，实时数据库具备数据档案管理功能，工厂的实践告诉我们：现在很难知道将来进行分析时哪些数据是必需的，因此，保存所有的数据是防止丢失信息的最好方法。

通信及第三方程序接口组件是开放系统的标志，是组态软件与第三方程序交互及实现远程序数据访问的重要手段之一，它有几个主要作用：

- (1) 用于双机冗余系统中主机与从机间的通信。
- (2) 用于构建分布式 HMI/SCADA 系统时多机间的通信。
- (3) 在基于 Internet 或 Browser/Server (B/S) 的应用中，实现通信功能。

通信组件中有的功能是一个独立的程序，可单独使用，有的被“绑定”在其他程序当中，不被“显示”地使用。

1.3.3 组态软件的要求

1. 实时多任务

实时性是指工业控制计算机系统应该具有的能够在限定时间内对外来事件做出反应的特性。这里所说的“在限定时间内”主要考虑两个要素：

其一，根据工业生产过程出现的事件能够保持多长的时间。

其二，该事件要求计算机在多长时间以内必须做出反应，否则将对生产过程造成影响甚至损害。

工业控制计算机及监控组态软件具有时间驱动能力和事件驱动能力，即在按一定的周期时间对所有事件进行巡检扫描的同时，可以随时响应事件的中断请求。

实时性一般都要求计算机具有多任务处理能力，以便将测控任务分解成若干并行执行的多个任务，加快程序执行速度。

可以把那些变化并不显著，即使不立即做出反应也不至于造成影响或损害的事件，作为顺序执行的任务，按照一定的巡检周期有规律地执行，而把那些保持时间很短且计算机要立即做出反应的事件，作为中断请求源或事件触发信号，为其专门编写程序，以便在该类事件一旦出现时计算机能够立即响应。如果由于测控范围庞大、变量繁多，这样分配仍然不能保证所要求的实时性时，则表明计算机的资源已经不够使用，只得对结构进行重新设计，或者提高计算机的档次。

现在举一个实例，以便能够对实时性有具体而形象的了解。在铁路车站信号微机连锁控制系统中，利用轨道电路检测该段轨道区段内是否有列车运行或者停留有车辆。轨道电路是利用两条钢轨作为导体，在轨道电路区段的两端与相邻轨道电路区段相连接的轨缝处装设绝缘装置，然后利用本区段的钢轨构成闭合电路。装设轨道电路后，通过检测两条钢轨的轨面之间是否存在电压而得知该轨道电路区段是否有列车运行或停留有车辆。在实际运用中，最短的轨道电路长度为 25m，而最短的列车为单个机车，它的长度为 20m（确切地讲，这是机车的两个最外方的轮对之间的距离）。当机车分别按照准高速（160km/h）运行和按照高速（250km/h）运行时，通过最短的轨道电路区段所需要的时间分别计算如下：

$$t_1 = (25 + 20) / (160 \times 1000) \times 3600 = 1.01s$$

$$t_2 = (25 + 20) / (250 \times 1000) \times 3600 = 0.648s$$

如果计算机控制系统使用周期巡检的方法读取轨道电路的状态信息，则上面计算出的两个时间值就是巡检周期 T 的限制值。如果巡检周期大于这两个时间值而又不采取其他措施，则有可能遗漏掉机车以允许的最高速度通过最短的轨道区段这个事件，从而造成在计算

机系统看来，好像机车跳过了该段短轨道电路区段。

2. 高可靠性

在计算机、数据采集控制设备及正常工作的情况下，如果供电系统正常，当监控组态软件的目标应用系统所占的系统资源不超负荷时，则要求软件系统的平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 大于一年。

如果对系统可靠性的要求更高，就要利用冗余技术构成双机乃至多机备用系统。冗余技术是利用冗余资源来克服故障影响，从而增加系统可靠性的技术。冗余资源是指在系统完成正常工作所需资源以外的附加资源。说得通俗和直接一些，冗余技术就是用更多的经济投入和技术投入来获取系统可能具有的更高的可靠性指标。

以双机热备功能为例，可以指定一台机器作为主机，另一台作为从机，从机内容与主机内容实时同步，主、从机可同时操作。从机实时监视主机状态，一旦发现主机停止响应，便接管控制，从而提高系统可靠性。

实现双机冗余可以根据具体设备情况选择如下几种形式：

(1) 如果采集、控制设备与操作站间使用总线型通信介质，如 RS485、以太网、CAN 总线等，两台互为冗余设备的操作站均要单独配备 I/O 适配器，直接连入设备网即可。

(2) 如果采集、控制设备与操作站间通信使用非总线型通信介质，如 RS232，一方面可以用 RS232/RS485 转换器使设备网变成总线型网，前提是设备的通信协议与设备的地址、型号有关，否则当向一台设备发出数据请求时会引起多台设备同时响应，容易引起混乱，在这种情况下软件结构依旧使用上面的方式；另一方面也可以在 I/O 设备中编制控制程序，如果发现主机通信出现故障，马上将通信线路切换到从机。

3. 标准化

尽管目前尚没有一个明确的国际、国内标准用来规范组态软件，但国际电工委员会 IEC1131-3 开放型国际编程标准已在组态软件中起着越来越重要的作用，IEC1131-3 用于规范 DCS 和 PLC 中提供的控制用编程语言，它规定了 4 种编程语言标准（梯形图、结构化高级语言、方框图、指令助记符）。

此外，OLE（目标的连接与嵌入）、OPC（过程控制用 OLE）是微软公司的编程技术标准，目前也被广泛地使用。

TCP/IP 是网络通信的标准协议，被广泛地应用于现场测控设备之间、测控设备与操作站之间的通信。

每种操作系统的图形界面都有其标准，如 UNIX 和微软的 Windows 系统都有本身的图形标准。

组态软件本身的标准尚难统一，其本身就是创新的产物，处于不断的发展变化之中，由于使用习惯的原因，早一些进入市场的软件在用户意识中已形成一些不成文的标准，成为某些用户判断另一种产品的“标准”。

1.4 组态软件的数据流

组态软件通过 I/O 驱动程序从现场 I/O 设备获得实时数据，对数据进行必要的加工后，一方面以图形方式直观地显示在计算机屏幕上；另一方面按照组态要求和操作人员的指令将控制数据送给 I/O 设备，对执行机构实施控制或调整控制参数。

对于已经组态历史趋势的变量要存储其历史数据，对于历史数据检索请求要给予响应。当发生报警时，及时将报警信号以声音、图像的方式通知操作人员，并记录报警的历史信息，以备检索。如图 1-10 所示，组态软件的数据流直观地表示出组态软件的数据处理流程。

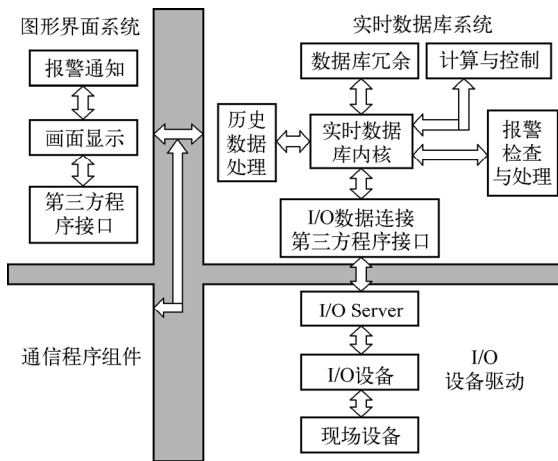


图 1-10 组态软件的数据流

从图 1-10 中可以看出，实时数据库是组态软件的核心和引擎，历史数据的存储与检索、报警处理与存储、数据的运算处理、数据库冗余控制、I/O 数据连接都是由实时数据库系统完成的。图形界面系统、I/O 驱动程序等组件以实时数据库为核心，通过高效的内部协议相互通信，共享数据。

1.5 使用组态软件的一般步骤

根据数据处理流程，要对具体的工程应用在组态软件中进行完整、严密的组态，组态软件才能够正常工作，下面列出了典型的组态步骤：

- (1) 将所有 I/O 点的参数收集齐全，并填写表格，以备在监控组态软件和 PLC 上组态时使用，如工程常用的开关量信号和模拟量信号。
- (2) 搞清楚所使用的 I/O 设备的生产商、种类、型号，以及使用的通信接口类型、采用的通信协议，以便在定义 I/O 设备时做出准确选择。
- (3) 将所有 I/O 点的 I/O 标识收集齐全，并填写表格，I/O 标识是唯一确定一个 I/O 点的关键字，组态软件通过向 I/O 设备发出 I/O 标识来请求其对应的数据。在多数情况下，I/O 标识是 I/O 点的地址或位号名称。
- (4) 根据工艺图，绘制设计画面结构和画面草图。
- (5) 按照 (1) 统计出的表格，建立实时数据库，正确组态各种变量参数。
- (6) 根据 (1) 和 (3) 的统计结果，在实时数据库中建立实时数据库变量与 I/O 点的一一对应关系，即定义数据连接。
- (7) 根据设计的画面结构和画面草图，组态每一幅静态的操作画面（主要是组图）。
- (8) 将操作画面中的图形对象与实时数据库变量建立动画连接关系，规定动画属性。
- (9) 对组态内容进行局部和总体调试。

(10) 系统投入运行。

1.6 组态软件在自动监控系统中所处的地位

在一个自动监控和生产系统中，投入运行的组态软件是系统的数据收集处理中心、远程监视中心和数据转发中心，处于运行状态的监控组态软件与各种控制、检测设备（如 PLC、智能仪表、DCS 等）共同构成快速响应/控制中心。控制方案和算法一般在设备上组态并执行，也可以在 PC 上组态，然后下载到设备中执行，根据设备的具体要求而定。

监控组态软件投入运行后，操作人员可以在它的支持下完成以下各项任务：

- (1) 查看生产现场的实时数据及流程画面。
- (2) 自动打印各种实时/历史生产报表。
- (3) 自由浏览各个实时/历史趋势画面。
- (4) 及时得到并处理各种过程报警和系统报警。
- (5) 在需要时，人为干预生产过程，修改生产过程参数和状态。
- (6) 与管理部門的计算机联网，为管理部门提供生产实时数据。