

# DCS 仿真平台操作员界面的设计

张 鹏 楚纪正

(北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029)

**摘 要:** 在基于层次型体系结构的通用 DCS 仿真平台项目开发中,为了模拟不同种 DCS 的操作风格,操作界面层必须将 DCS 操作风格的差别集中在本层内体现,并屏蔽掉仪表控制层的细微差别。通过分析设计,在该层定义了静态图、各种动态显示、子图和各种可触发的操作目标区对象,实现了操作员界面的基本功能。通过对子图中数据来源连接的重定向,解决了大多数预定义画面的实现问题。较复杂的功能可通过嵌入 ActiveX 控件来实现。

**关键词:** 仿真; DCS; 操作界面; 人机界面

**中图分类号:** TP 316.9

## 引 言

DCS(Distributed Control System)在我国石化和大型化工企业已得到大量的应用。由于 DCS 种类多,版本更新快,DCS 仿真系统的开发中,迫切需要提高系统通用性和软件开发的质量和效率,要求只需对代码做很少的修改即可开发出新种类 DCS 操作风格。为此,在本课题高层设计时选用了较合理的层次型体系结构<sup>[1]</sup>。简单地说,从上至下主要是:操作界面层、仪表控制层和工艺流程模拟层(可再划分为子层)。本文仅考虑面向工艺操作员的仿真培训系统如何定制不同的 DCS 操作员界面,主要要求工艺操作员操作方式和操作画面显示与真实的 DCS 相同。在此条件下,操作界面层的设计是很关键的,具有两个任务:(1) 将不同 DCS 间的差异集中在操作界面层体现出来,保持其它层的稳定。仿真不同的 DCS 时可以采用相同的仪表控制层。对于不同的 DCS 间仪表控制功能模块的细微差别,大多数都可以由操作界面层屏蔽掉。(2) 尽量提高操作界面层本身的通用性,在体现 DCS 的差异和特点时,通过组态设置来定制,而该层实现代码一般来说并不针对特定的某种 DCS。

## 1 操作界面中各功能实体的分析和辨认

通过对各种 DCS 操作/显示画面及操作方式<sup>[2]</sup>的分析,可以抽象出其中共性的东西,将代码与数据

分离。更重要的是,经过高度的抽象,可以提高现有系统功能的可扩充性<sup>[3]</sup>。尽管 DCS 操作画面种类繁多,但经过问题域的分析可以辨认出各种操作画面的基本对象有

**静态画面对象** 在绘制过程中决定其外观,运行中不改变,如背景图,设备轮廓等。

**动态显示对象** 在绘制过程中决定其外观、数据来源(通常为仪表功能模块的某个域)和动态行为方式。运行中根据数据值改变外观,例如动态数据显示、棒图、报警条等。

**操作目标区对象** 在绘制和组态过程中确定一个区域,运行中点击此区域触发相应的动作。操作目标区具有两方面的功能:首先,是操作目标区(热区)的显示。当鼠标指针位于操作目标区上时应有某种指示。其次,点击操作目标区时,触发相应的动作,一般还需提供此动作需要的参数。

**子图对象** 子图经过预先绘制组态,可以在画面设计时或系统运行中覆盖在父画面上。从本质上说,子图本身的功能与父图一样,也是显示和操作,也可以有自己的子图。子图是一个递归的概念,是实现预定义画面的重要手段。

**其它可嵌入图形组件** 在显示画面上定义一块区域,在此区域嵌入其它组件,实现较复杂的功能,如实时交互的二维或三维动画、嵌入视频窗口。趋势窗口也可以用这种方法实现。为了使用第三方提供的通用组件或增加自开发组件可复用性,在 WINDOWS 平台下可按微软的 COM/DCOM 组件规范来使用和集成。

## 2 操作界面中各功能实体的物理设计

具体实现中,操作界面中各功能实体包含在名为 CInterface 的容器类中,CInterface 的每一实例代表一幅画面。各功能实体对外的通讯必须由该类代理。类中的功能实体采用可动态分配的数据结构,如动态分配的数组或是 Visual C++ 中提供的集合类(如 COBList, CPtrList, CPtrArray 等)。

### 2.1 静态画面对象的物理设计

静态画面对象的实现有两种基本方式:位图和矢量图。在 WINDOWS 下最常见的位图是 BMP 图,它来源广泛,大多数图形工具软件都支持这种格式,可以通过扫描仪、数码相机、屏幕拷贝等方式获取图形存为 BMP 格式。较新的 DCS 系统中具有三维效果的二维图形,一般是用位图来表现的。位图也存在一些无法避免的缺点。除了占用存储空间多、刷新速度慢以外,由于在位图中只能辨认出各个像素,无法辨认出图上的设备区域和几何体,因而在编辑图形时对某一设备图形的修改会影响到与之重叠的其它设备图形和背景。更为重要的是,可辨认的静态对象附加动态行为后才能构成动态对象。动态显示对象必须以矢量图方式定义;当需要定义操作目标区(热区)时,也必须是以矢量图方式定义的。因此,对于静态画面对象,位图和矢量图都是需要的。对于位图对象我们直接采用了微软 Visual C++ 中提供的 MFC 类 CBitmap;而对矢量元素则定义为 CGraphElm 类,类中封装了基本图形属性如:几何形状类型、关键点个数和关键点引用指针、线型、线宽、前/背景颜色等,此外还提供沿 X/Y 轴缩放、命中判断和绘制图形的方法。

一些图形属性在某些情况下有些冗余。例如几何形状类型为直线、矩形、椭圆时,关键点必定为两个,此时关键点个数属性提供的信息就有些重复。但如果要消除这种冗余,就必须增加类的继承层次,这会增加代码的复杂性。相比较而言,保持冗余,浪费一个整形变量的空间以求得类继承层次的简化,还是比较恰当的。

### 2.2 动态显示对象的物理设计

动态显示对象以抽象类 CDynLink 为基类,该基类提供一个数据源与一个矢量图元素的关联。数据源是指某一仪表功能模块的某一域(字段)。关联到功能模块可采用两种方式:按功能模块类型和数组下标,或按全局唯一的仪表功能模块工号

(TAG)。按仪表功能模块工号时,需增加 HASH 查找功能,否则功能模块较多时查找效率会太低。目前,仪表控制层只能提供第一种查找方式,但实现按工号查找会大大增加动态显示对象图形组态与仪表功能模块组态之间的独立性。因为如果按数组下标查找,则每当添加或删除一个仪表功能模块,则必须调整图文件中数据源连接的下标,这就意味着离线重编译图文件,或在线动态地扫描每个数据源连接并按需更新。此外,该基类还提供一组对所有动态显示对象公共的方法。CDynLink 派生出以下类:

CDynDigit 动态数值显示,提供文本对象与数值型数据源的连接,还定义了显示格式;

CDynBar 棒图,提供矩形与数值型数据源的连接,此外,定义了棒图前景色;

CDynText 动态文本,根据数值型数据源的值改变文本,如根据开关量的数值显示“ON”或“OFF”,除提供文本对象与数值型数据源的连接外,提供一个比较表达式和一个条件为真时的应显示的文本。

CDynElm 动态图形,根据数据源的值改变图形对象的外观,如报警状态条,提供一个比较表达式、一个条件为真时的应显示的图形对象以及是否闪烁。

以上定义可能还需要扩充,例如:以矢量图为基础,实现几何图形的平移、旋转等处理。

### 2.3 操作目标区对象的物理设计

操作目标区对象以 COperTarget 为基类,它提供目标区指示功能。在此基础上派生出的目标区类有:用于常用的图形调度(切换图形或覆盖画面调用)的 CChgDisp 类、用于选择仪表功能模块的 CSelFbm 类和通用的触发器类 CTrigger。这些类中对 OnClick 函数进行了重载,调用了自己特定的动作,同时也提供了动作所需的参数。例如,在 CTrigger 目标区类中定义了要触发的子例程标识、以字符串方式提供的参数表(类型和值的列表)这两个属性。一旦触发,就可执行相应的动作。CTrigger 类提供了较好的可扩充性,因为要触发的子例程列表是可以扩充的。CChgDisp 类和 CSelFbm 类只是触发器的特例,只是由于常用,才被特化为新的类。

### 2.4 子图的实现和数据源连接的重定向

子图是一个自引用结构,即父图包含子图的指针,子图跟父图为同一种类型,即 CInterface 类型,

子图跟父图可以是同一幅图。如果出现循环的包含,就会出现无穷递归,故对子图嵌套层数加以限制。一个父图可以有 0 个或多个子图,这些子图的指针存放在一个指针链表中,可以动态添加或删除子图(树枝),也可以很快地遍历各个子图。用子图可以实现预定义画面,与自定义画面不同的是,在预定义画面中,画面中的对象与数据源的连接是在调图时,甚至是在动态运行中才决定的。这种数据源连接的改变可称为数据源连接的重定向,是定制预定义画面的重要手段。

### 2.5 对可嵌入对象的集成

编写高效、健壮的 COM 服务器和客户有一定的难度,但对于基于 MFC 的操作员界面程序而言,用 MFC 和 Wizard 来编制 ActiveX 控件还是比较容易的,使用也方便。用嵌入 ActiveX 控件的方式实现某些较复杂的功能实体是一个很好的选择。

## 3 结束语

通过上述各对象的实现,不需编写代码,仅通过组态设置,就可较好地实现大部分 DCS 操作员界面。系统的通用性大大提高,并保持了良好的可扩充性和可复用性,具有较大的工程意义。尚需进一步做的工作有:

完全的组件化 按微软的 COM/DCOM 规范,

及其在过程控制行业的应用和衍生——OPC(OLE for Process Control)规范,可大大提高软件的组件化程度,提高软件开发的效率。层次型的体系结构提供了进一步实现组件化的良好开端。以高层构件为容器组件,各高层构件内包含各功能实体组件,这是一种很好的集成模式,也是下一步的努力方向。

趋势显示对象 对趋势显示对象必须提供实时趋势和历史趋势数据的支持。趋势数据服务器与趋势显示对象必须分开,这样有利于以后改用 OPC 历史数据服务器。

专用输入设备接口 目前输入设备采用通用鼠标和键盘,其他专用输入设备与现有系统应通过 RS-232 口接通,这样就可使用现成的串口通讯控件。CInterface 类中还需增加对 RS-232 通讯事件的处理。

### 参 考 文 献

- [1] 张 鹏. 提高 DCS 仿真培训系统的通用性. 见: 2000 系统仿真技术及其应用学术会议论文集(第二卷). 陈宗海. 合肥:中国科技大学出版社,2000. 223~226
- [2] 俞金寿. 何衍庆. 集散控制系统原理及应用. 北京:化学工业出版社,1995
- [3] Ronald J N. Object oriented system analysis and design. 北京:清华大学出版社,1998

## Operator interface design of general purpose DCS simulator

ZHANG Peng CHU Ji-zheng

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** When developing general purpose DCS simulator which is based on a layered architecture, the operator interface layer must address most of DCS type-specific features and shroud minor differences between emulated DA & C (data acquisition and control) layer and diverse DCS products' DA & C functions. Through implementation of static graph objects (both bitmap and vectorgraph), dynamic graph element objects, child graph and triggerable target region objects, most operator interface functions are fulfilled. Redirecting data source links in child graphs can produce most of pre-defined displays (templates) in DCS. Functions with more complexity can be provided through support of ActiveX controls.

**Key words:** simulation; DCS; operator interface; HMI