



中华人民共和国国家标准

GB/T 32854.4—2020

自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第4部分：信息交互和使用

Automation systems and integration—Integration of advanced process control
and optimization software for manufacturing systems—
Part 4: Information exchange and usage

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 信息交换服务 2

6 信息模型 2

 6.1 概述 2

 6.2 APC-O 事件类型的属性 3

 6.3 APC-O 变量类型的属性 4

7 非 APC-O 系统接口 5

 7.1 第 2 层数据和事件 5

 7.2 第 3 层数据和事件 7

8 系统间和系统内接口 8

 8.1 APC-O 系统数据和事件 8

 8.2 APC-O 模块定义 11

参考文献 13



前 言

GB/T 32854《自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成》分为4个部分：

——第1部分：总述、概念及术语；

——第2部分：架构和功能；

——第3部分：活动模型和工作流；

——第4部分：信息交互和使用。

本部分为GB/T 32854的第4部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本部分起草单位：浙江大学、北京机械工业自动化研究所有限公司、浙江中智达科技有限公司、浙江大学宁波理工学院、深圳职业技术学院、中海石油宁波大榭石化有限公司。

本部分主要起草人：苏宏业、黎晓东、李啸晨、邵寒山、张艳辉、谢磊、夏强斌、王海丹、孙洁香、贺胜如、王一钦、马龙华、卢山、侯卫锋、王建新、王彦。

引 言

先进控制与优化是制造系统的关键环节,是生产计划和调度指令的实际执行者,衔接制造运行管理和底层基础控制。与常规控制相比,先进控制与优化系统集成前馈、反馈与优化原理于一体,能在苛刻的装置多重约束下,使生产在最优约束的边界上可靠运行。通过实施先进控制与优化,可以改善过程动态控制的性能、减少过程变量的波动幅度,使之能更接近其优化目标值,从而实现生产装置的卡边控制,以便增强装置运行的稳定性和安全性,保证产品质量的均匀性,提高目标产品收率和增加装置处理量,以及降低运行成本和减少环境污染等。先进控制与优化软件需要供应商、开发商或咨询服务商根据实际工程进行设计、实施、调试和培训,需要统一的标准规范进行指导。

GB/T 32854 给出了先进控制与优化软件集成的通用架构、关键功能,以及其交互方式,在 GB/T 32854 指导下设计、开发和实施的软件,具有通用性、开放性和可扩展性。

自动化系统与集成

制造系统先进控制与优化软件集成

第4部分：信息交互和使用

1 范围

GB/T 32854 的本部分规定了制造系统先进控制与优化软件集成的信息交互和使用的信息交换服务、信息模型、非 APC-O 系统接口与系统间和系统内接口要求。

本部分适用于先进控制与优化软件的开发组织(软件开发商)、先进控制与优化软件的应用组织(工程解决方案供应商、过程生产部门、企业信息部门)、独立的软件测试机构、先进控制与优化软件实施及咨询服务机构以及软件行业协会、各地区信息产业主管部门等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 20720.1—2019 企业控制系统集成 第1部分:模型和术语

GB/T 34044.1—2019 自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标 第1部分:总述、概念和术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

先进控制与优化 advanced process control and optimization

先进控制策略与优化策略的集合。

3.2

终端控制单元 terminal control unit

控制系统中最基础的控制回路或者单元。

3.3

被控变量 controlled variable

控制过程中,依赖于其他变量变化而变化的变量。

注:控制器的调节目标是将被控变量稳定跟踪设定值。



3.4

操纵变量 manipulated variable

控制过程中,根据需要调节的变量,其不依赖于其他变量调节,而是作为控制器的调节手段用于控制被控变量达到期望设定值。

3.5

性能评估 performance evaluation

在先进控制与优化系统中,利用专用的评估方法,针对控制器、优化器或者装置生产运行情况的评估,协助使用者了解系统的运行状态。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APC-O:先进控制与优化(Advanced Process Control and Optimization)

PID:比例-积分-微分控制器(Proportional-Integral-Derivative controller)


5 信息交换服务

GB/T 20720.1—2019 中定义的制造业功能层次第 2 层和第 3 层中有活动与 APC-O 存在信息交换。定义 APC-O 系统应支持的系统外接口有:

a) 第 2 层

- 1) 全局资源定位器,以确定非 APC-O 资源的可用性和功能。包括:
 - PID 回路;
 - 终端控制单元;
 - 仪器仪表;
 - 报警和事件信号。
- 2) 非 APC-O 数据的信息交换。包括:
 - PID 回路参数;
 - 终端控制单元设置;
 - 过程测量值;
 - 通用控制系统标签值;
 - 报警和事件信号。

b) 第 3 层

- 1) 全局资源定位器,以确定非 APC-O 资源的可用性和功能。包括:
 - 产品规格;
 - ——配置文件;
 - 历史过程数据;
 - 实验结果;
 - 产品订单。
- 2) 非 APC-O 数据的信息交换。包括:
 - 产品规格;
 - 配置文件;
 - 历史过程数据;
 - 实验结果;
 - 制造成本。

6 信息模型

6.1 概述

APC-O 系统集成接口的通用信息模型如图 1 所示。APC-O 系统通常由一个或多个 APC-O 模块组成,如先进控制模块、软测量模块、优化模块和性能评估模块。APC-O 模块应根据名称和类型进行命名,并可能包含不同供应商定义的特定属性。

变量集由不同类型的变量构成,其中先进控制模块的变量集包括:被控变量、操纵变量和扰动变量三种类型;软测量模块和性能评估模块的变量集包括:输入变量和输出变量两种类型;优化模块的变量集包括:独立变量、非独立变量和状态变量三种类型。性能评估模块的关键性能指标集包括:先进控制关键性能指标集、软测量关键性能指标集和优化关键性能指标集。这些关键性能指标按照 GB/T 34044.1—2019 中的规定进行定义。

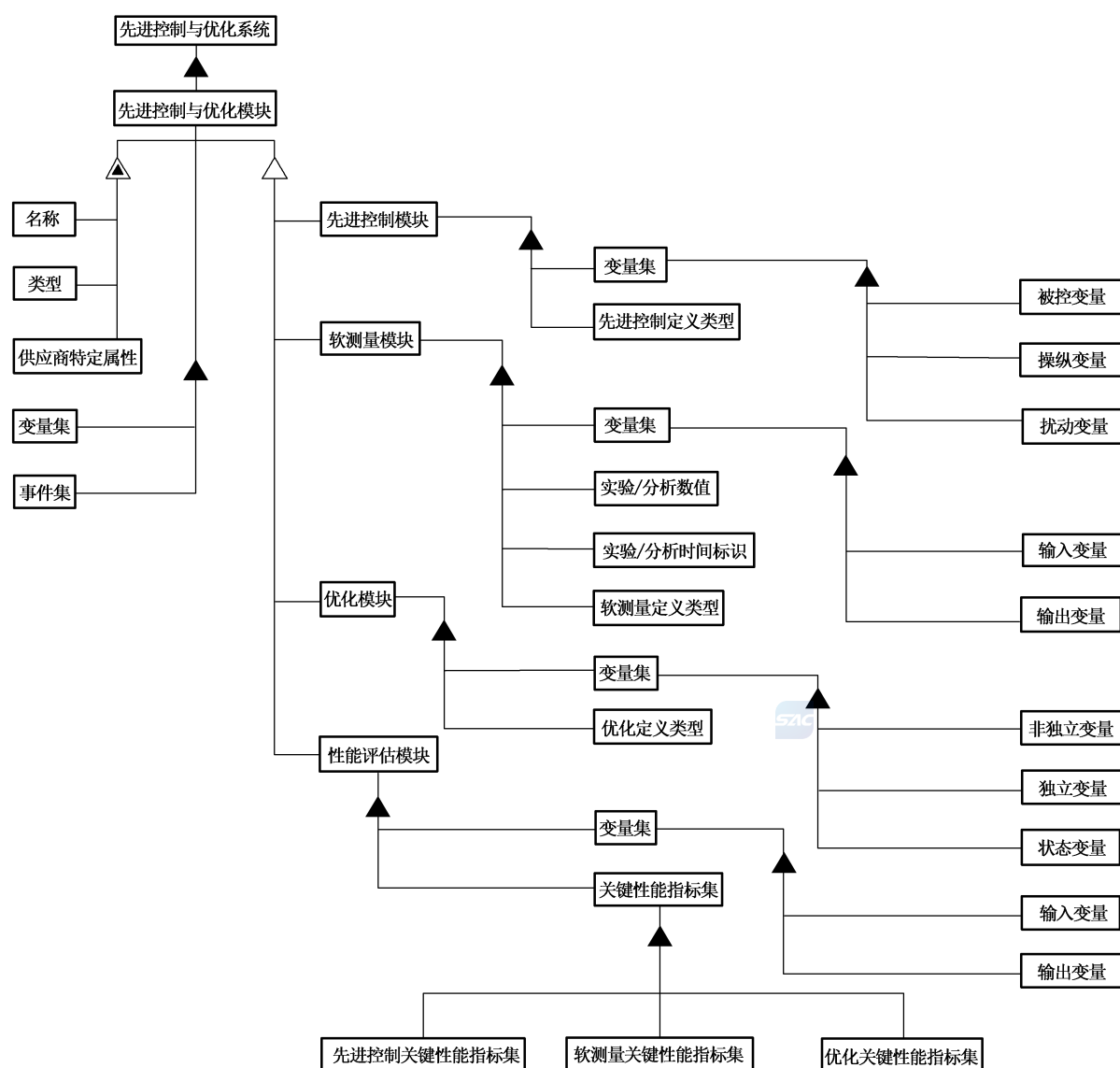


图 1 APC-O 系统的通用信息模型

6.2 APC-O 事件类型的属性

APC-O 模块的事件集,即该模块监控或产生的事件集合。事件不仅与模块的类型有关,而且也与应用该模块的制造过程类型有关。因此特定事件及其定义应由 APC-O 系统的服务接口给出。

APC-O 事件类型的信息模型如图 2 所示。APC-O 事件类型属性,主要包括:

- 来源:产生该事件的对象;
- 时间:事件发生的时间;

- 类型:事件的类型;
- 事件种类:给定的事件分组,例如过程事件或系统事件;
- 严重程度:事件的紧急程度;
- 供应商特定属性:APC-O 产品定义的特定属性;
- 定义了 APC-O 事件类型的一种子类型:条件事件,用于表示某些条件的变化,例如过程测量的报警状态,或系统通信线路的状态。条件事件包括以下属性:
 - 新状态:新的条件状态;
 - 条件名称:条件的名称;
- 定义了 APC-O 事件类型的另一种子类型:跟踪事件,用于初始化产品等级的转变或录入新的实验测量结果等。

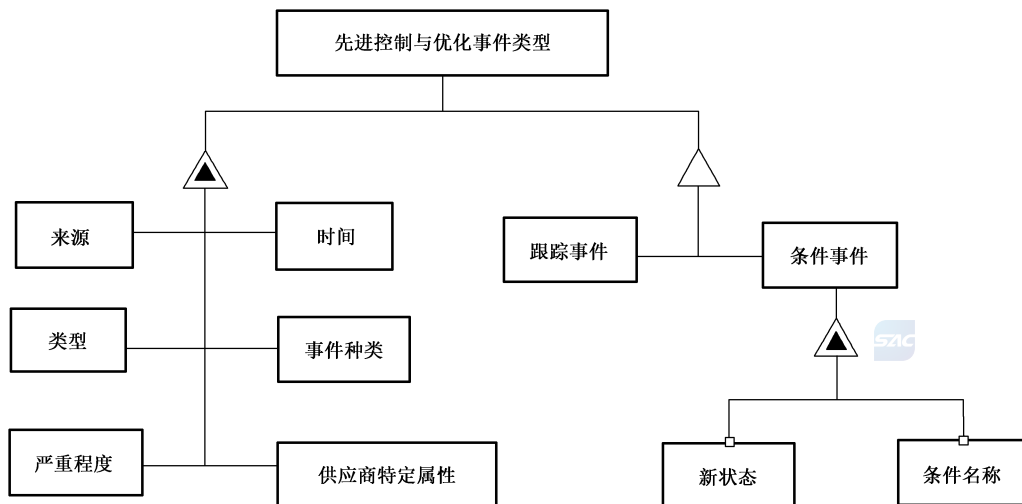


图 2 APC-O 事件类型的信息模型

6.3 APC-O 变量类型的属性

APC-O 变量类型是 APC-O 中用于定义所有变量共同属性的目标类型。APC-O 变量类型的信息模型如图 3 所示,描述了 APC-O 变量类型的属性。

变量数值集包括:

- 过程值:从原始资料中读取的当前过程值;
- 质量:过程值的数据质量;
- 时间标识:与过程相关的时间和日期。

变量属性集包括:

- 名称:变量的描述性名称;
- 变量标识:用于唯一确定一个变量的标识,格式由供应商特定;
- 数据类型:过程值的数据类型,如 REAL, INT, BOOL 等;
- 原始资料:数据的外部参考资料;
- 工程单元:定义数值的测量单位;
- 变量活动:用于标志 APC-O 变量状态变化的事件;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性;
- 特定行为类型:APC-O 变量的子类型,用于表示其他特殊行为,包括:扰动变量、被控变量、操纵变量、非独立变量和独立变量。

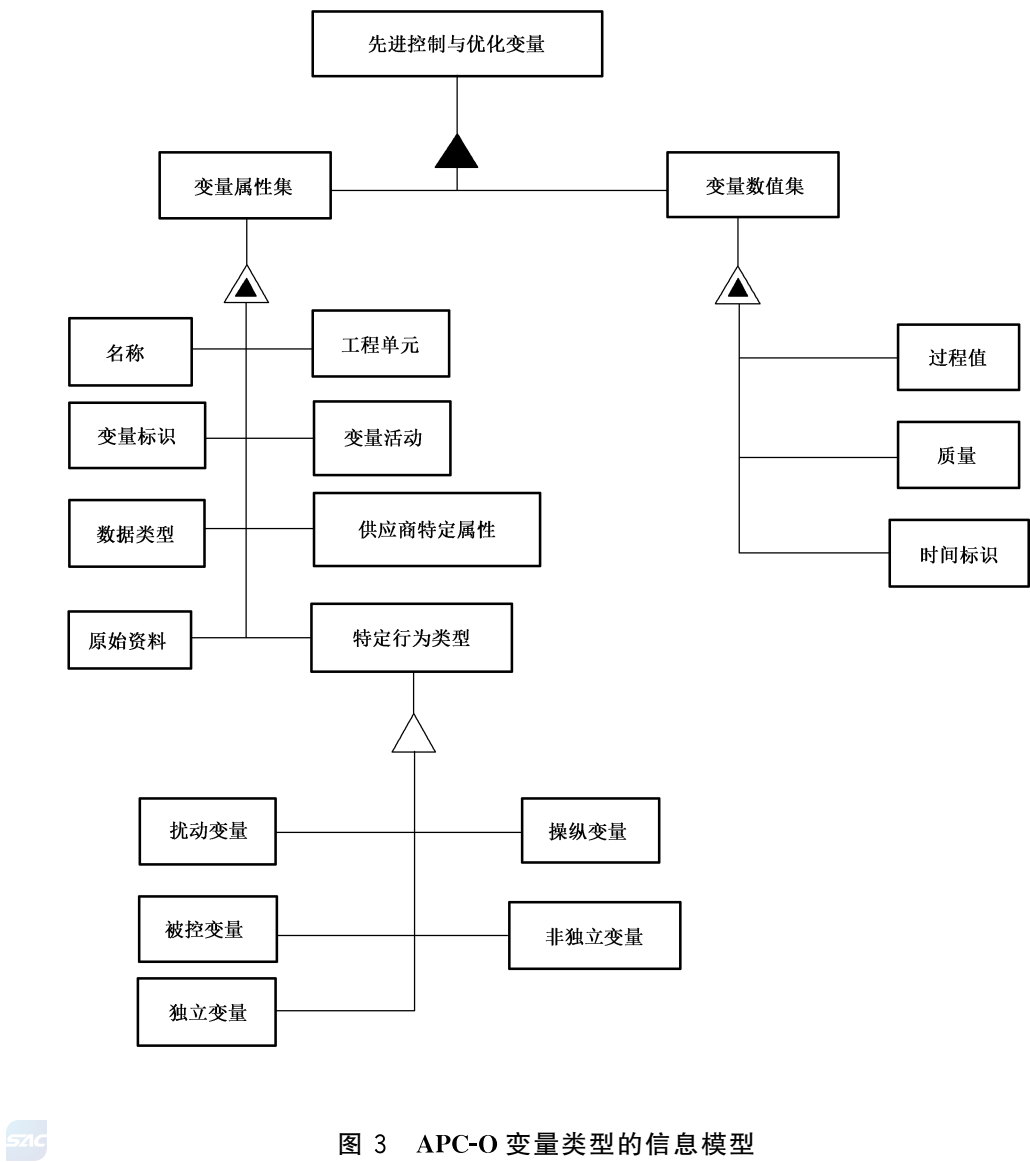


图 3 APC-O 变量类型的信息模型

7 非 APC-O 系统接口

7.1 第 2 层数据和事件

7.1.1 概述

APC-O 系统中的所有变量通过它们的原始资料与外部系统交换数据和事件,定义了两种变量类型,包括 PID 回路和终端控制单元。

7.1.2 PID 回路

PID 回路是在第 2 层控制系统中 PID 控制器的表现形式。PID 回路的信息模型如图 4 所示。描述了 PID 回路的属性:

- PID 警报:与 OPC-UA 等标准一致的对象类型,允许 APC-O 系统注册,如警报和故障类的事件;
- 名称:变量的描述性名称;

- 过程值:从仪器中读取的值,由 PID 控制器进行控制;
- 模式:PID 回路的操纵模式,包括手动操纵、自动操纵和远程操纵;
- 设定点:PID 控制器的控制目标值;
- 远程输出:由更高层控制器(如 APC-O 系统)提供的输出;
- 设定值范围:定义了 PID 回路设定值的界限,包括最小值,最大值和变化率;
- 输出:PID 控制器向终端控制单元(如阀门)发送的输出信号;
- 跟踪标识:用于管理 PID 回路功能的属性,其确切定义由 APC-O 供应商确定;
- 远程设定点:由更高层控制器提供的设定值;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性;
- 输出范围:一种参数的分组方式,定义了 PID 控制输出的界限,包括最小值,最大值和变化率。

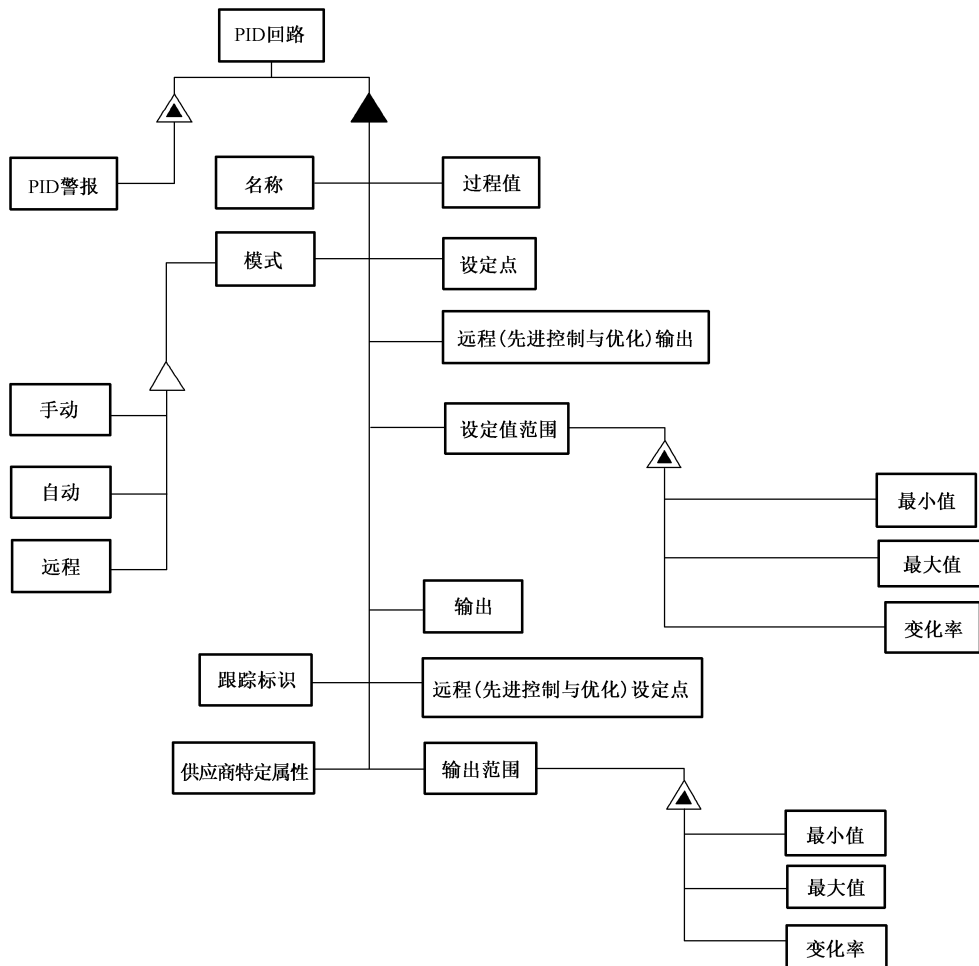


图 4 PID 回路的信息模型

7.1.3 终端控制单元

终端控制单元的信息模型如图 5 所示。描述了终端控制单元的属性:

- 终端控制警报:与 OPC-UA 等标准一致的对象类型,允许 APC-O 系统注册,如警报和故障类的事件;
- 名称:变量的描述性名称;
- 第 2 层输出:由第 2 层系统发送给终端控制单元的设定值,可以是 PID 控制器的输出;

- 跟踪标识:用于管理终端控制单元功能的属性;
- 远程输出:由更高层的控制器提供的输出,例如 APC-O 系统;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性;
- 输出范围:一种参数的分组方式,定义了 PID 控制输出的界限,包括最小值,最大值和变化率。

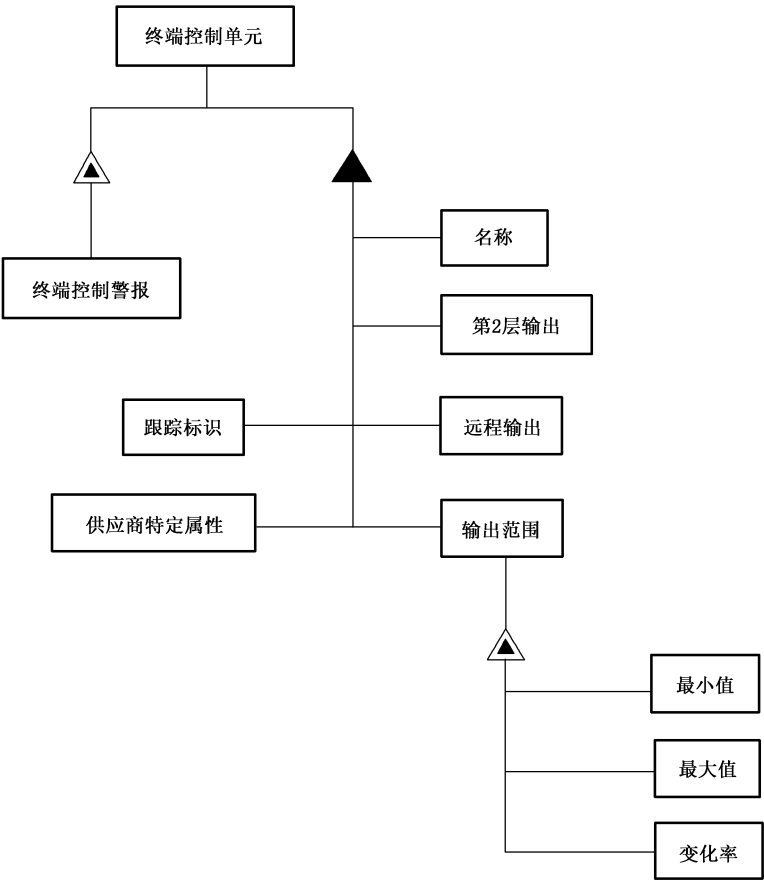


图 5 终端控制单元的信息模型

7.2 第 3 层数据和事件

7.2.1 实验室系统

实验室系统的分析结果用于软测量的反馈,也可作为计算的输入或 APC-O 系统模型中的扰动变量。定义了实验室分析的事件元素:

- 结果:实验室汇报的结果;
- 事件标记:来自过程的采样数据和时间。

7.2.2 配置系统

配置系统管理厂级的产品规范和过程的设定,APC-O 系统的数据来源于配置系统,包括:

- 操纵变量的约束;
- 操纵变量的目标;
- 被控变量的目标。

8 系统间和系统内接口

8.1 APC-O 系统数据和事件

8.1.1 被控变量的属性

- 被控变量的信息模型如图 6 所示,包括:
- 偏差:基于工厂反馈调整模型;
 - 目标:将被控变量维持在目标值;
 - 最小软约束:被控变量的最小限定值;
 - 最大软约束:被控变量的最大限定值;
 - 价格:与被控变量有关的价值;
 - 优化数值范围:用于确定与目标或限制偏差相对重要性的缩放比例;
 - 性能统计:一个或多个性能指标变量;
 - 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性。

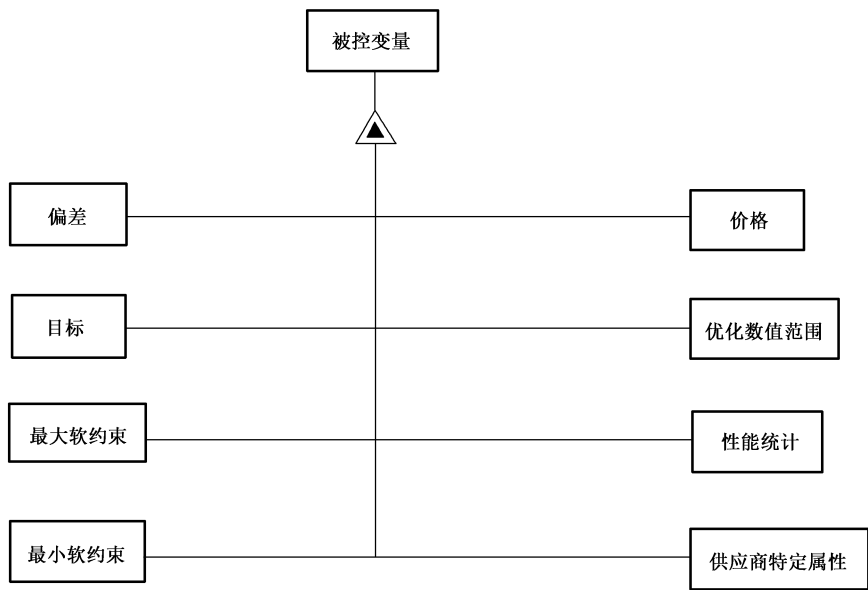


图 6 被控变量的信息模型

8.1.2 操纵变量的属性

- 操纵变量的信息模型如图 7 所示,包括:
- 设定点:原始资料的设定值;
 - 远程原始资料:远程模式中标识源的标记;
 - 最小硬性约束:操纵变量的最小限定值;
 - 最大硬性约束:操纵变量的最大限定值;
 - 移动抑制:移动操作变量的惩罚值;
 - 变化率限制:允许设定值改变的最大限度;
 - 优化数值范围:用于确定相对惩罚的缩放比例;
 - 价格:与操纵变量有关的价值;

- 性能统计:一个或多个性能指标变量;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性。

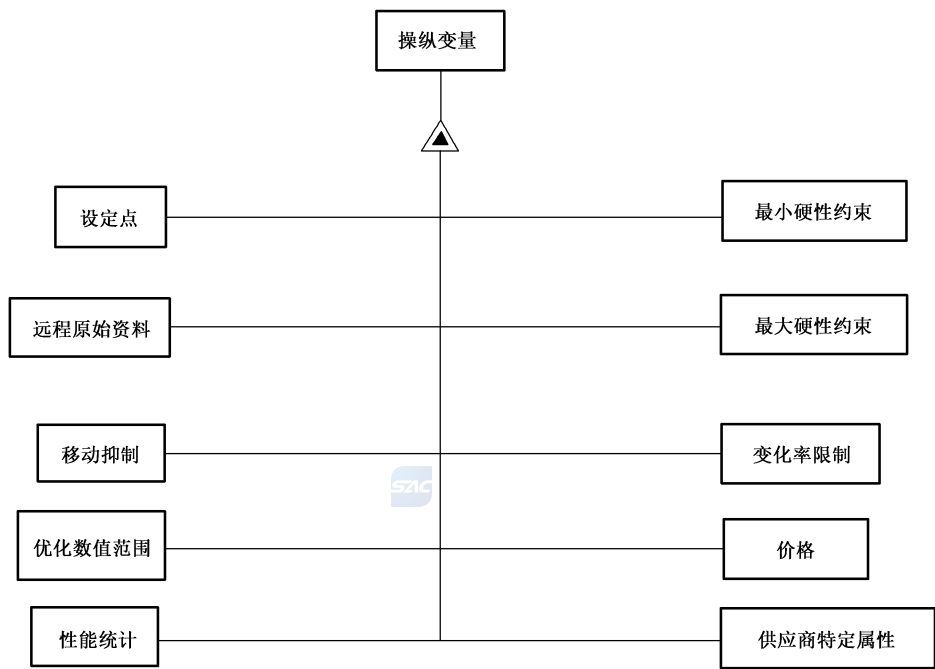


图 7 操纵变量的信息模型

8.1.3 扰动变量的属性

- 扰动变量的信息模型如图 8 所示,包括:
- 性能统计:一个或多个性能指标变量;
 - 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性。

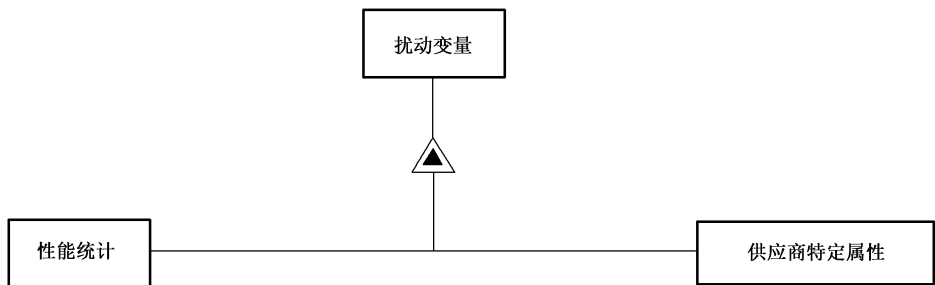


图 8 扰动变量的信息模型

8.1.4 非独立变量属性

- 非独立变量的信息模型如图 9 所示,包括:
- 偏差:基于工厂反馈调整模型;
 - 目标:将变量维持在目标值;
 - 价格:与变量有关的价值;
 - 最小限制:变量的最小限定值;
 - 最大限制:变量的最大限定值;

- 优化数值范围:用于确定与目标或限制偏差相对重要性的缩放比例;
- 性能统计:一个或多个性能指标变量;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性。

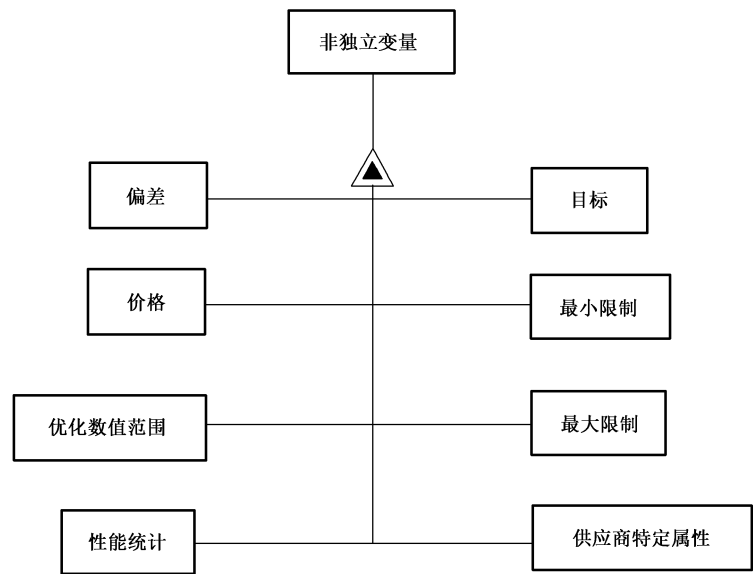


图 9 非独立变量的信息模型

8.1.5 独立变量的属性

独立变量的信息模型如图 10 所示,包括:

- 价格:与变量有关的价值;
- 设定点:原始资料的设定值;
- 性能统计:一个或多个性能指标变量;
- 最小限制:变量的最小限定值;
- 最大限制:变量的最大限定值;
- 供应商特定属性:APC-O 产品提供的额外属性。

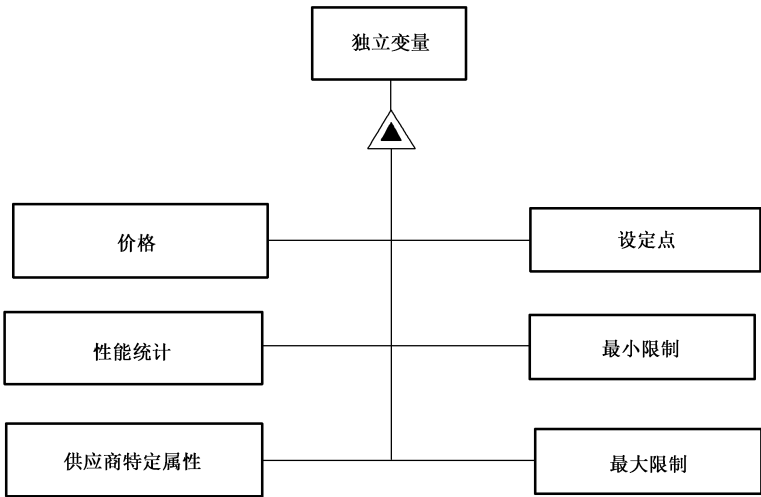


图 10 独立变量的信息模型

8.2 APC-O 模块定义

8.2.1 先进控制定义类型

先进控制定义类型示例如图 11 所示,包含了矩阵模型预测控制、专家系统和转换过程三种先进控制类型示例,同时给出了先进控制模块特定实例的外部特征。

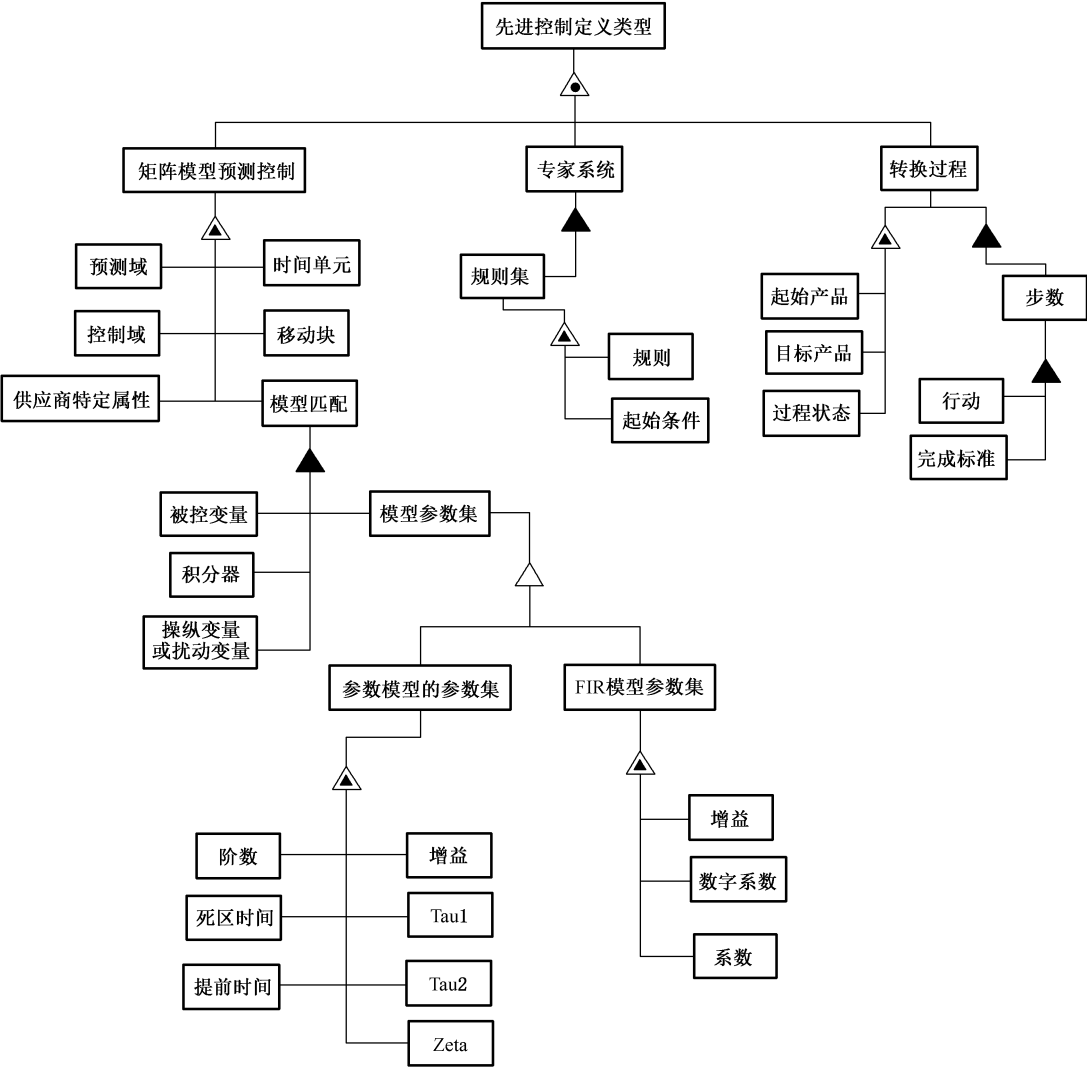


图 11 先进控制定义类型示例

8.2.2 软测量定义类型

软测量定义类型示例如图 12 所示,包含了公式、神经网络和计算状态三种软测量类型示例。

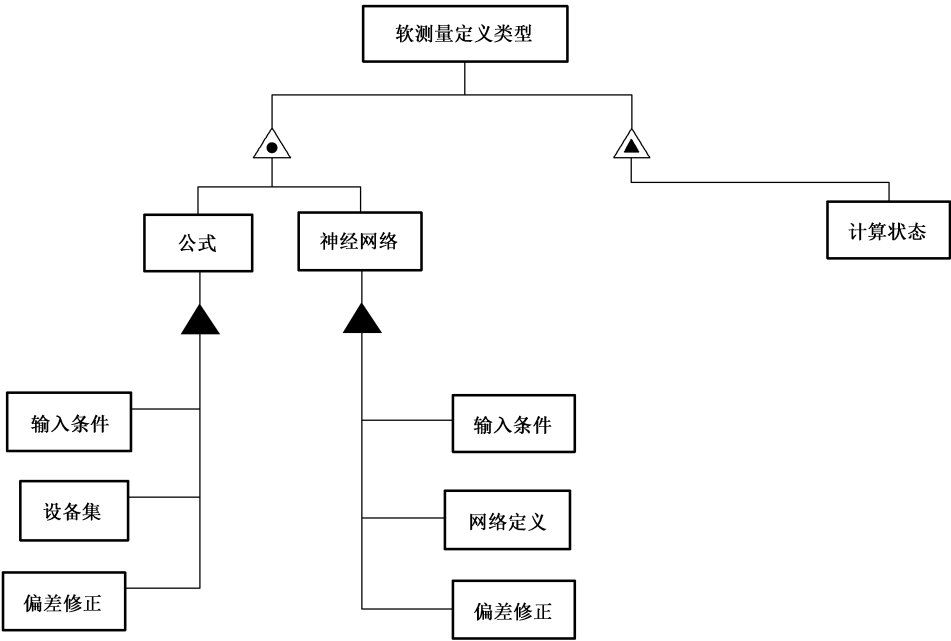


图 12 软测量定义类型示例

8.2.3 优化定义类型

优化定义类型示例如图 13 所示,包含了稳态优化、动态优化和专家系统优化三种优化类型示例。

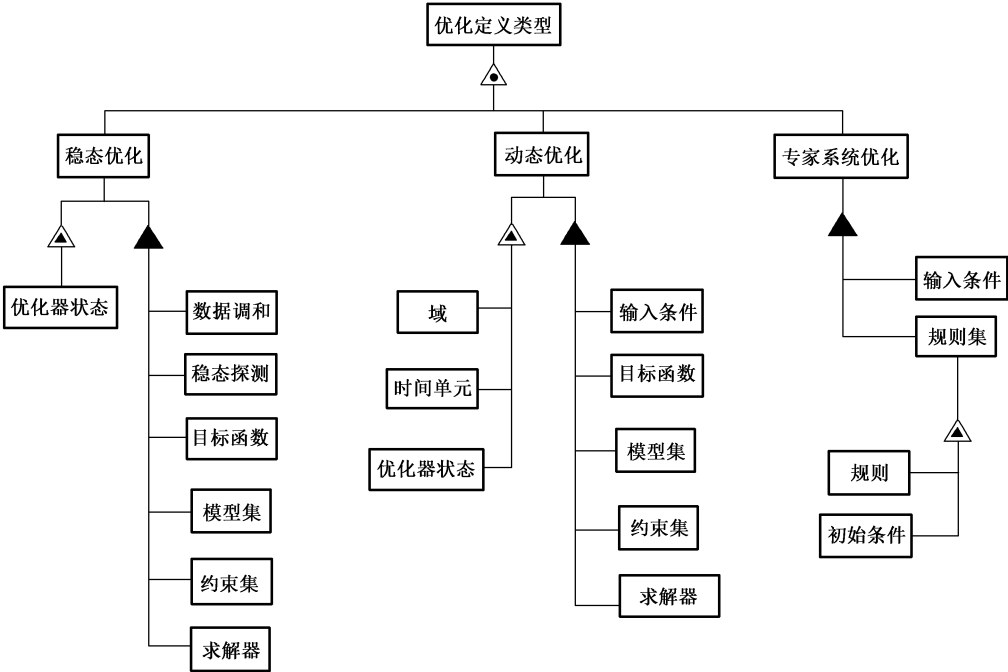


图 13 优化定义类型示例

参 考 文 献

- [1] 王树青,等.先进控制技术及应用[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 金以慧.过程控制[M].北京:清华大学出版社,1993.
- [3] 诸静,等.智能预测控制及其应用[M].杭州:浙江大学出版社,2002.
- [4] 王树青,等.工业过程控制工程[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] Richalet J, Rault A, Testud J L, et al. Model predictive heuristic control: Applications to industrial processes[J]. Automatica, 1978, 14(5):413-428.
- [6] Camacho E F, Alba C B. Model predictive control[M]. Springer, 2013.
- [7] Qin S J, Badgwell T A. An overview of nonlinear model predictive control applications[M]. Nonlinear model predictive control. Birkhäuser Basel, 2000:369-392.
- [8] Qin S J, Badgwell T A. A survey of industrial model predictive control technology[J]. Control engineering practice, 2003, 11(7):733-764.

