



中华人民共和国国家标准

GB/T 32854.4—xxxx

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
Part4: Information exchange and usage

(征求意见稿)

xxxxx-xx-xx发布

xxxxx-xx-xx实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
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 信息交换服务的研究	2
6 信息模型的研究	2
7 非先进控制与优化系统接口的研究	5
8 系统间和系统内接口的研究	7
参考文献	15

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》拟分部分发布。目前已经或计划发布以下部分：

- 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 给出的规范起草。

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/TC159）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、浙江中智达科技有限公司、深圳职业技术学院、浙江大学宁波理工学院。

本部分主要起草人：

引 言

工业自动化涉及的范围广泛，过程控制是其中最重要的一个分支。它主要针对所有过程参数，即温度、压力、流量、液位（或物位）、成分和物性等参数的控制问题，几乎覆盖所有的工业领域，如石油、化工、电力、冶金、纺织、建材、轻工、核能、制药等。

随着现代工业的发展与被控对象的复杂化，如多参数时变、大滞后以及具有严重非线性和强耦合的多输入/多输出等控制难点与特点大量显现，常规的单回路控制策略已不能满足现代工业自动控制的要求。自1970年代以来，随着控制理论及技术的发展，提出了一系列基于模型的多回路控制策略、基于人工智能的控制策略和基于随机统计分析的监督控制策略等的先进控制方法，多变量模型预测控制、模糊控制、专家控制、随机统计过程控制等。

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。

过程制造领域中，不同的供应商或开发商提供了功能类似的软件，但由于历史背景的不同、开发环境的差异，以及对需求关注重点的偏差，导致各个供应商或开发商的软件之间相对封闭、孤立，使得用户可能重复购买功能类似的软件，造成资源浪费。依照本标准可以最大化地实现不同供应商开发的软件之间的集成与协同。

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。

本标准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，在本标准指导下设计、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

标准的本部分规范了制造系统先进控制与优化软件集成的信息交换问题。构建系统集成接口的通用信息模型，包括先进控制、优化、软测量、性能评估模块的类型定义、变量集、事件集等数据；并通过规范先进控制与优化事件类型和变量类型的属性，构建以上数据类型的信息模型。定义和规范先进控制与优化系统与第二层和第三层的交互接口，按照企业功能模型的层次，研究非先进控制与优化系统接口以及先进控制与优化系统间和系统内部的接口。

本标准的目标使用者包括：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 2900.56-2008 电工术语 控制技术

GB/T 16642-2008 企业集成 企业建模框架

GB/T 19769.1-2005 工业过程测量和控制系统用功能块 第1部分：结构

GB/T 20720.1 企业控制系统集成 第1部分：模型和术语

GB/T 20720.3 企业控制系统集成 第3部分：制造运行管理的活动模型

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，依赖于其它变量变化而变化的变量，控制器的调节目标是将被控变量稳定或者跟踪设定值。

3.4

操作变量 Manipulated variable

控制过程中，根据需要调节的变量，其不依赖与其它变量调节，作为控制器的调节手段用于控制被控变量达到控制目标要求。

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

下列缩率语适用于本文件。

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

5 信息交换服务的研究

5.1 概述

GB/T 20720提出了制造业功能层次描述了制造业的功能层次模型。本部分标准重点研究制造业的功能层次模型中第二层与第三层之间的接口。

5.2 第二层

本部分定义了全局资源定位器，确认非先进控制与优化系统资源的有效性和能力。例如：

- PID回路；
- 终端控制单元；
- 仪器仪表；
- 报警和事件信号。

本部分定义了非先进控制与优化系统数据的信息交换。例如：

- 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。

5.3 第三层

本部分定义了全局资源定位器，确认非先进控制与优化系统资源的有效性和能力。例如：

- 产品规格；
- 配置文件；
- 历史过程数据；
- 实验结果；
- 产品订单。

本部分定义了非先进控制与优化系统数据的信息交换。例如：

- 产品规格；
- 配置文件；
- 历史过程数据；
- 实验结果；
- 制造成本。

6 信息模型的研究

6.1 概述

本部分定义了先进控制与优化系统集成接口的通用信息模型，如图1所示。先进控制与优化系统通常由一个或多个先进控制与优化模块组成，如软测量模块、先进控制模块、优化模块和性能评估模块。先进控制与优化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属性。

先进控制与优化系统的信息模型包括先进控制、优化、软测量、性能评估模块的类型定义、变量集、事件集等数据。其中先进控制模块的变量集包括被控变量、操作变量、干扰变量3种类型。软测量和性能评估模块的变量集包括输入变量和输出变量2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3种类型。除此之外，研究先进控制与优化系统的信息模型软测量模块的实验室相关数据类型以及性能评估模块中的关键性能指标数据集。

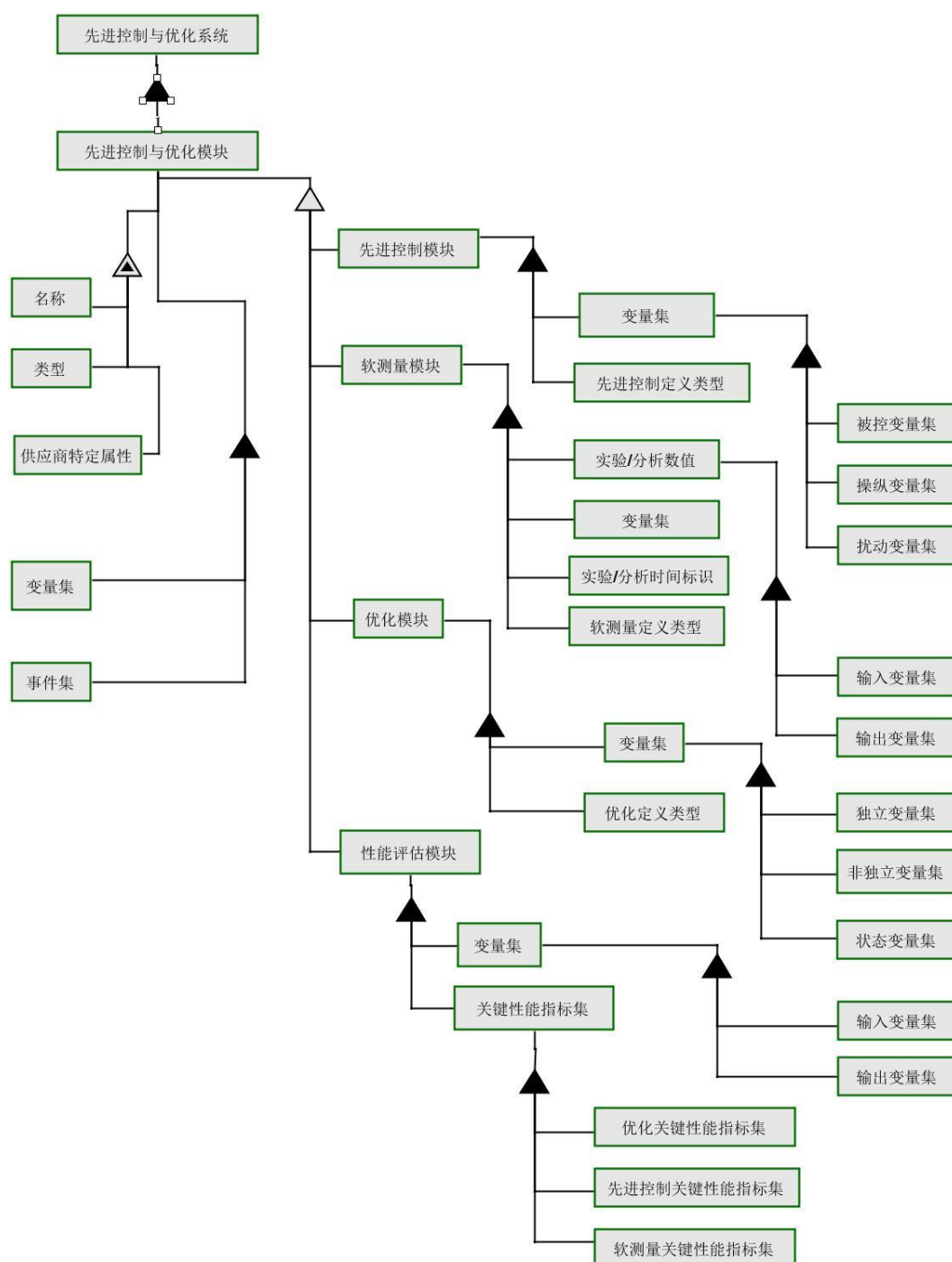


图1 先进控制与优化系统的信息模型

6.2 先进控制与优化事件类型的属性

先进控制与优化模块的事件集，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该由先进控制与优化系统的服务接口给出。

本部分定义了先进控制与优化事件类型的信息模型及相应的子类型，如图2所示。先进控制与优化事件类型的属性，重点包括：

- 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：先进控制与优化产品定义的特定属性；
- 研究先进控制与优化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。重点研究条件事件的以下属性：
 - 条件名称：条件的名称；
 - 新状态：新的条件状态；
- 研究先进控制与优化事件类型的另一种子类型：追踪事件，用于初始化产品等级的转变或录入新的实验测量结果等。重点研究追踪事件属性和事件类型属性的一致性。

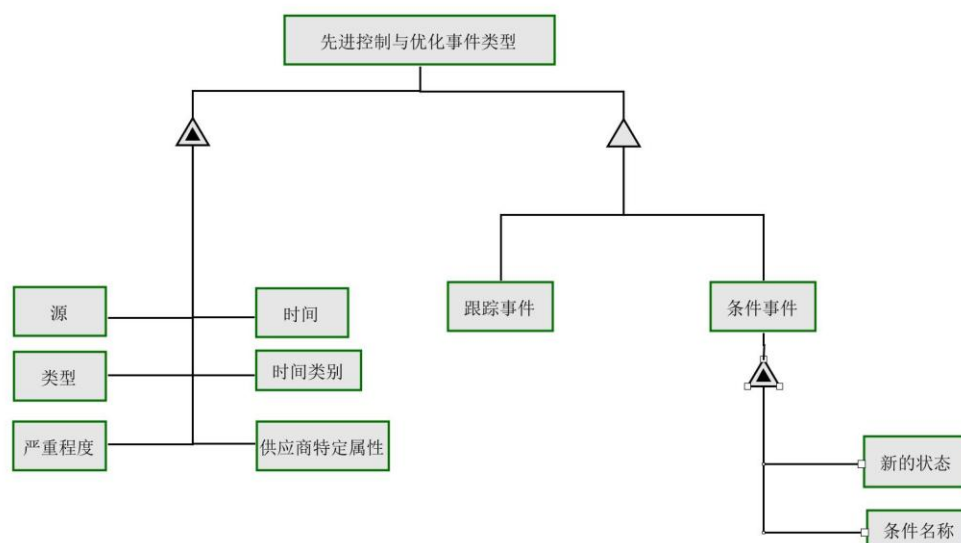


图2 先进控制与优化事件类型信息模型

6.3 先进控制与优化变量类型的属性

先进控制与优化变量类型是先进控制与优化中用于定义所有变量共同属性的目标类型。本部分定义了先进控制与优化变量的基本类型及子类型，如图3所示。描述了先进控制与优化变量类型的属性：

- 变量值的集，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；
 - 时间标记：与过程值相关的时间和日期。

变量属性集，包括：

- 名称：变量的描述性名称；
- 变量标示：用于唯一确定一个变量的标示，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；
- 模块类型：与变量相关的先进控制与优化模块的类型，例如先进控制模块和软测量模块；
- 原始资料：数据的外部参考资料；
- 工程单位：定义数值的测量单位；
- 变量有效标记：用于表示变量是否包括在组分计算中的标记；
- 变量状态事件：用于标志先进控制与优化变量状态变化的事件；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性；
- 特殊行为：先进控制与优化变量的子类型，用于表示其他特殊行为。

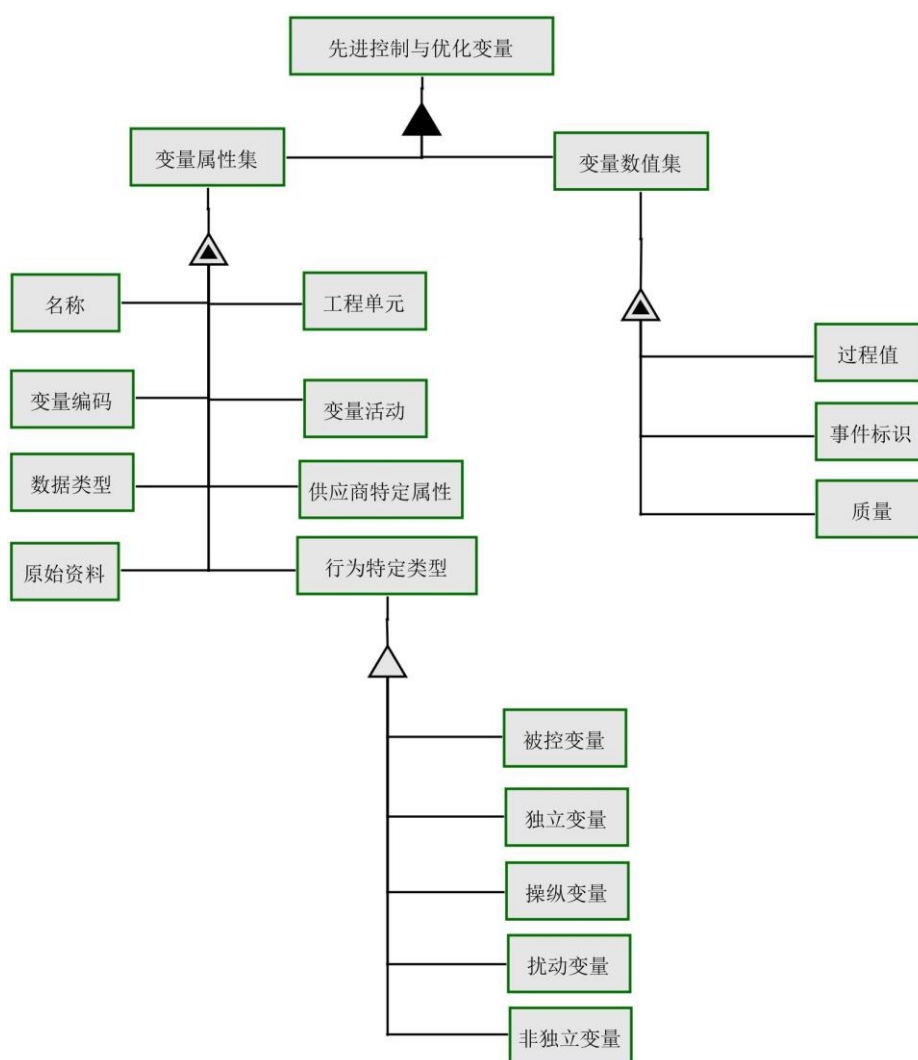


图3 先进控制与优化变量类型的信息模型

7 非先进控制与优化系统接口的研究

7.1 第二层数据和事件

先进控制与优化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，定义了两种变量源类型，包括 PID 回路和最终控制元件。

7.1.1 PID 回路

PID 回路是在第二层控制系统中 PID 控制器的表现形式。本部分定义了 PID 回路的信息模型，如图 4 所示。描述了 PID 回路的属性：

- 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；
- 设定点：PID 控制器的控制目标值；
- 远程设定点：由更高层控制器提供的设定点；
- 输出：PID 控制器向终端控制单元（如阀门）发送的输出信号；
- 远程输出：由更高层控制器（如先进控制与优化系统）提供的输出；
- 输出界限：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；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

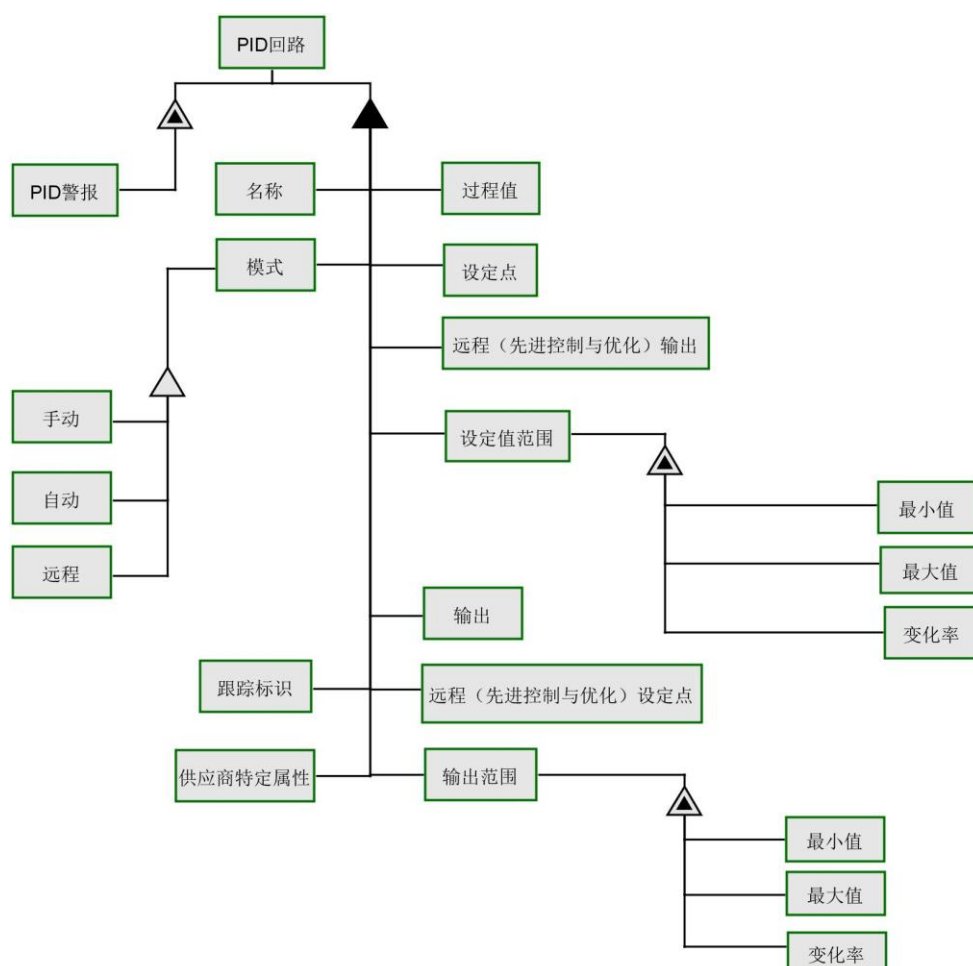


图4 PID回路信息模型

7.1.2 终端控制单元

本部分定义了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：

- 名字：变量的描述性名称；

- 第二层输出：由第二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；
- 远程输出：由更高层的控制器提供的输出，例如 APC-O 系统；
- 输出限制：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；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

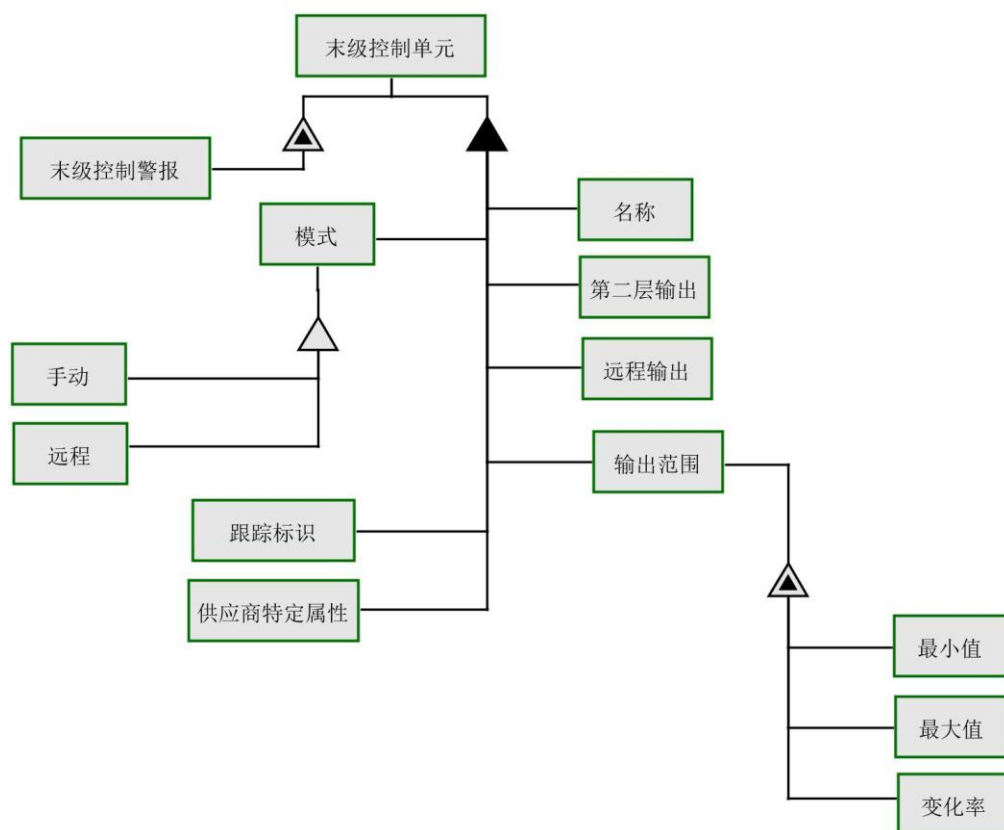


图5 终端控制单元信息模型

7.2 第三层数据和事件

7.2.1 实验室系统

实验室分析的结果用于软测量的反馈，也可作为计算的输入或先进控制与优化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，描述了先进控制与优化系统的数据来源于配置系统，包括：

- 操作变量的约束；
- 操作变量的目标；
- 被控变量的目标。

8 系统间和系统内接口的研究

本部分定义了先进控制与优化系统模块间的接口，这些接口将应用于先进控制与优化系统不同模块间的信息交互。

8.1 先进控制与优化系统数据和事件

8.1.1 被控变量的属性

本部分定义了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：维持被控变量在目标值；
- 最小软限制：被控变量的最小限定值；
- 最大软限制：被控变量的最大限定值；
- 价格：与被控变量有关的价值；
- 优化规模：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：一个或多个性能统计变量；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

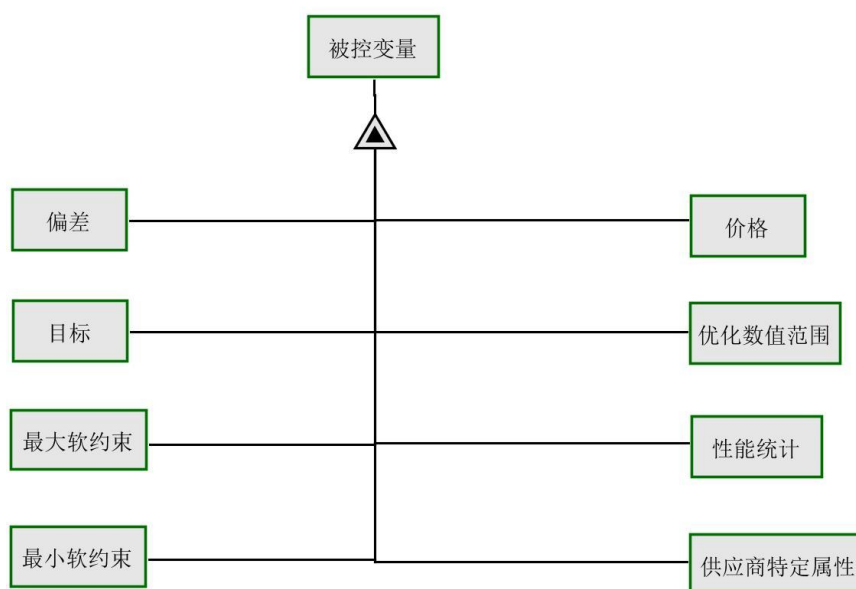


图 6 被控变量的信息模型

8.1.2 操作变量的属性

本部分定义了操作变量的信息模型，如图 7 所示，包括：

- 设定值：原始资料的设定值；
- 远程标志：远程模式中表示源的标志；
- 最小硬限制：操作变量的最小限定值；
- 最大硬限制：操作变量的最大限定值；
- 改变率的限制：允许设定值改变的最大限度；
- 移动抑制：移动操作变量的惩罚值；
- 优化规模：用于确定相对的惩罚的缩放比例；
- 价格：与操作变量有关的价值；
- 性能统计：一个或多个性能统计变量；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

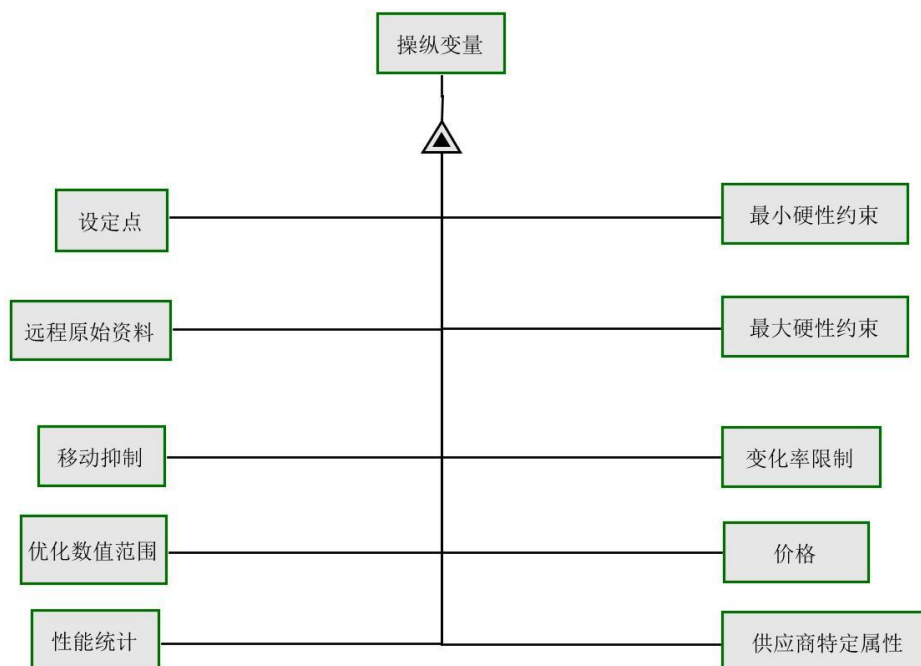


图 7 操作变量的信息模型

8.1.3 扰动变量的属性

本部分定义了扰动变量的信息模型，如图 8 所示，包括：

- 性能统计：一个或多个性能统计变量；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

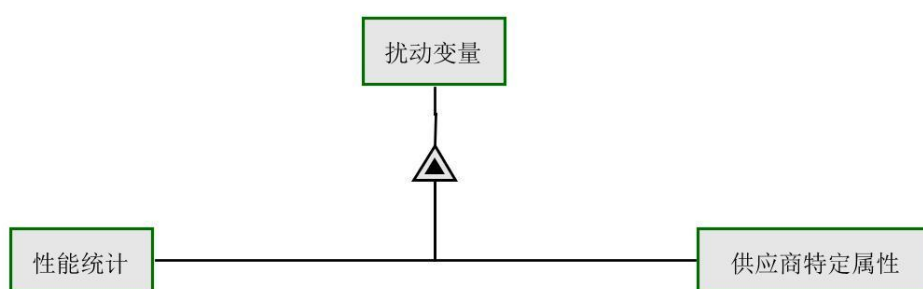


图 8 扰动变量的信息模型

8.1.4 非独立变量属性

本部分定义了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：维持被控变量在目标值；
- 最小限制：变量的最小限定值；
- 最大限制：变量的最大限定值；
- 价格：与变量有关的价值；

- 优化规模：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：一个或多个性能统计变量；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

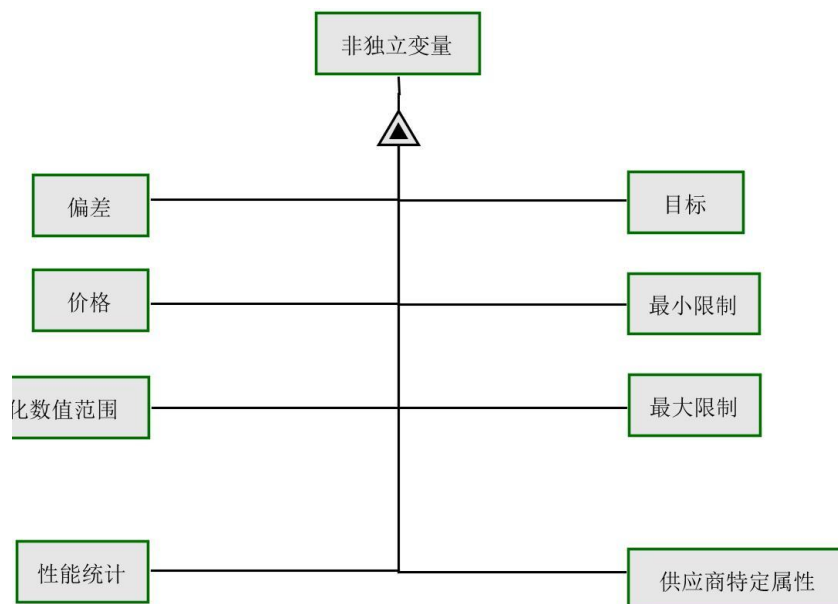


图 9 非独立变量的信息模型

8.1.5 独立变量的属性

本部分定义了独立变量的信息模型，如图 10 所示，包括：

- 设定点：原始资料的设定点；
- 最低限度：不允许超出的最低限度；
- 最高限度：不允许超出的最高限度；
- 价格：与变量相关的价值；
- 性能指标：一个或多个性能指标变量；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性。

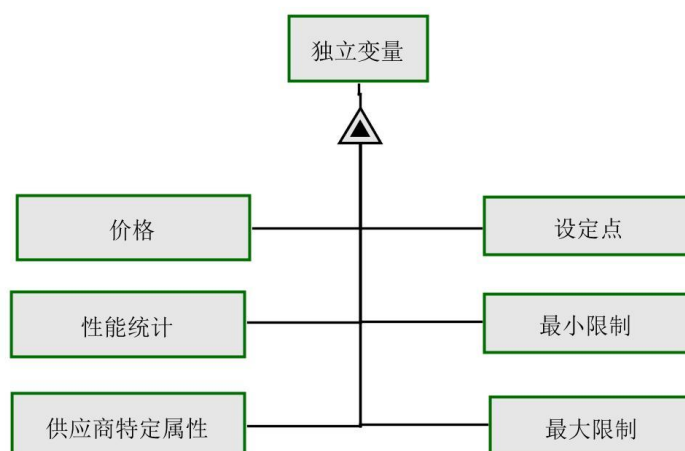


图 10 独立变量信息模型

8.1.6 性能统计量属性

性能统计量是先进控制与优化模块用于评估相关变量的统计测量行为。本部分定义了性能统计量的信息模型，如图 11 所示，包括：

- 数值：统计量的值；
- 基准时间：进行统计量计算的时间周期，例如：小时；
- 供应商特定属性：先进控制与优化产品提供的额外属性；

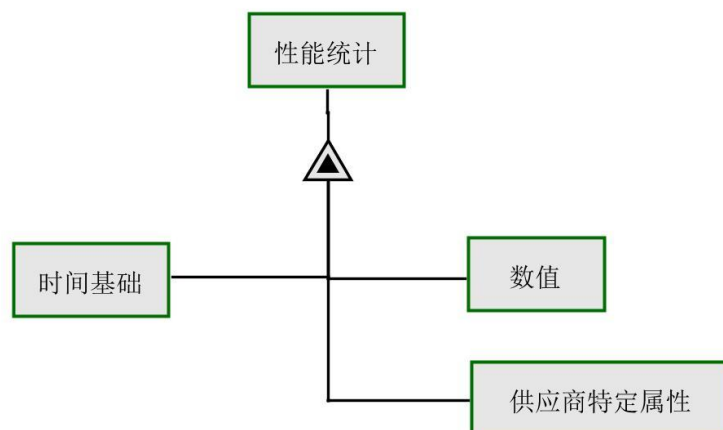


图 11 性能统计量的信息模型

8.2 先进控制与优化模块定义

先进控制与优化模块是一个对象类型，定义了其子类型，包含：先进控制模块，软测量模块，优化模块和性能评估模块。

8.2.1 先进控制定义类型

本部分定义了先进控制定义类型，如图 12 所示，包含了三个先进控制定义类型，同时给出了先进控制模块特定实例的可能外部特征。

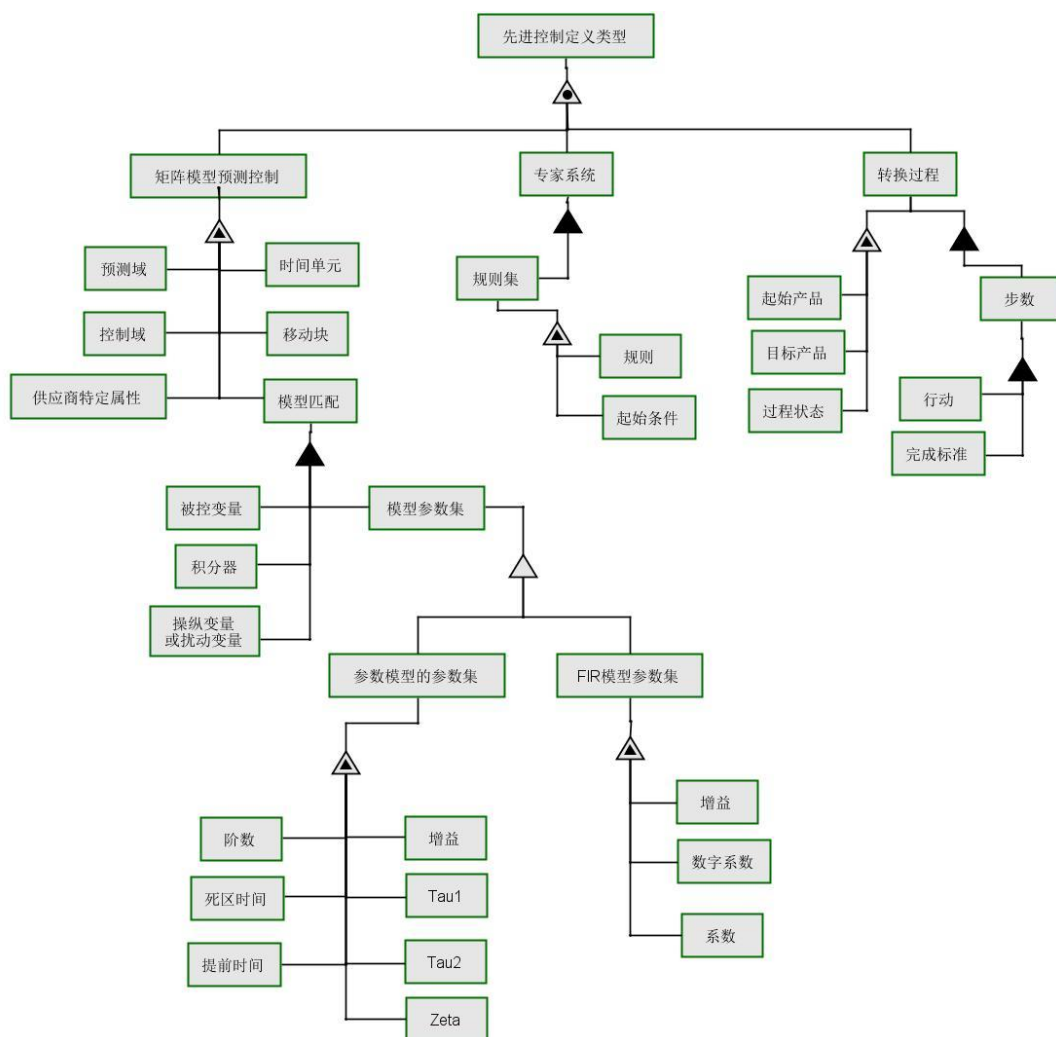


图 12 先进过程控制定义类型的示例

8.2.2 软测量定义类型

本部分定义了软测量定义类型，如图 13 所示，包含了两个软测量定义类型。

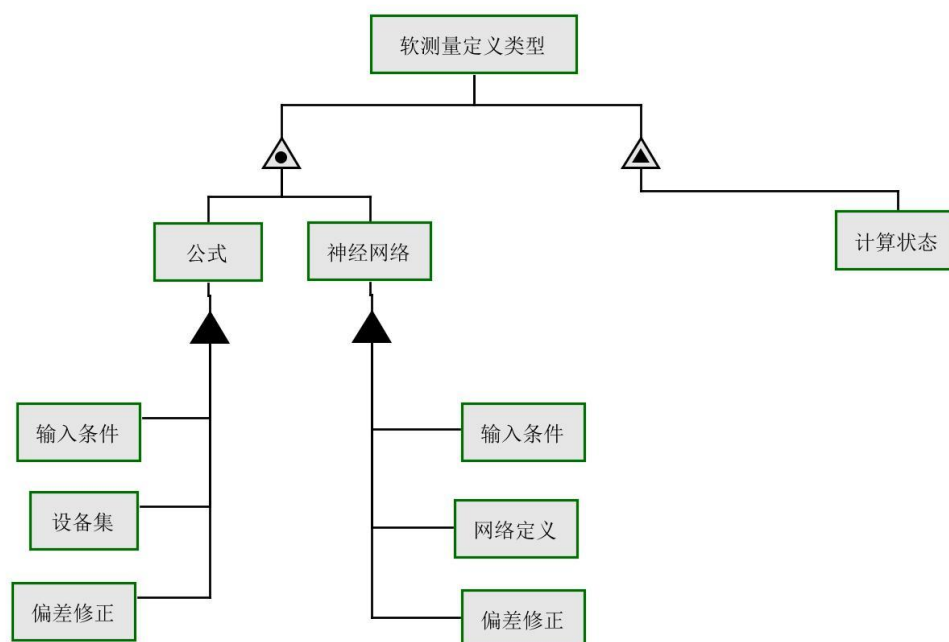


图 13 软测量定义类型示例

8.2.3 优化定义类型

本部分定义了优化定义类型，如图 14 所示，包含了三种优化定义类型。

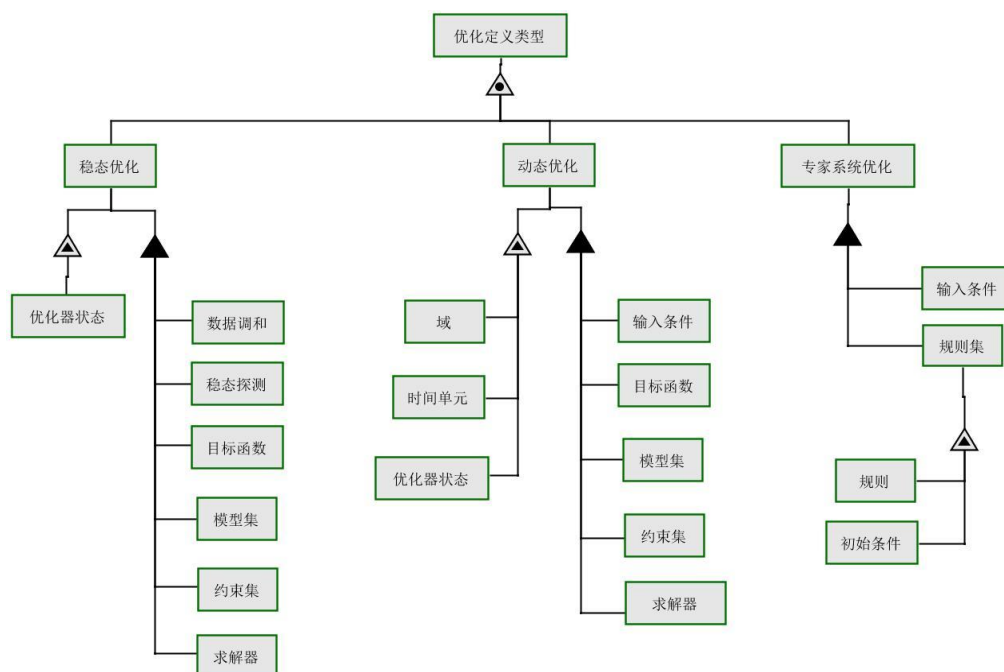


图 14 优化定义类型示例

8.2.4 性能评估模块

本部分定义了性能评估定义类型，包含一系列输入输出变量和关键性能指标，遵照 ISO 22400-1 的规范，包括如下关键性能指标：

- 先进控制与优化投运率；
- 先进控制与优化综合投运率；
- 先进控制与优化利用有效性；
- 操作变量约束时间；
- 自设定点的控制变量误差；
- 操作变量方差；
- 被控变量方差；
- 装置总体或单位的能耗、物耗。

参考文献

- [1] 王树青等. 先进控制技术的应用[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.
-