



中华人民共和国国家标准

GB/T ××××—××××

工业自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第1部分：总述、概念及术语

Industrial automation systems and integration-
Integration of advanced process control and optimization software for
manufacturing systems
Part1: overview, concepts and terminology

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言	II
引 言	III
工业自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第1部分：总述、概念及术语.....	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	7
5 概念和层次定位	8
6 基本功能概述	10
附 录 A（资料性附录） 先进控制与优化系统应用架构示例	12
附 录 B（资料性附录） 典型的先进控制技术	13
附 录 C（资料性附录） 典型的先进控制技术	14
附 录 D（资料性附录） 典型的优化技术	15
附 录 E（资料性附录） 典型的性能评估技术	16
参考文献	17

前 言

本标准的附录均为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国自动化系统与集成标准化技术委员会（SAC/TC159）归口。

本标准主要起草单位：浙江大学智能系统与控制研究所、浙江中控软件技术有限公司、北京机械工业自动化研究所、加拿大Alberta大学。

本标准主要起草人：

本标准为首次制定。

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。

过程制造领域中，不同的供应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。

本标准计划分为四个部分：

第 1 部分：总述、概念及术语（Overview, concepts and terminology）

第 2 部分：架构和功能（Framework and function）

第 3 部分：活动模型和工作流（Activity model and workflow）

第 4 部分：信息交互和使用（Information exchange and use）

工业自动化系统与集成

制造系统先进控制与优化软件集成

第1部分：总述、概念及术语

1 范围

本标准针对企业制造系统先进控制与优化领域的软件集成问题，给出了先进控制与优化软件的功能集成架构，以及信息交互方式。

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

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是标注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不标注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

IEC 62264-1 企业控制系统集成 第1部分：模型和术语 (Enterprise-control system integration -- Part 1: Models and terminology)

IEC 62264-3 企业控制系统集成 第3部分：制造运行管理的活动模型 (Enterprise-control system integration -- Part 3: Activity models of manufacturing operations management)

3 术语和定义

本标准采用以下的定义。

3.1

执行器 Actuator

自动化技术工具中接收控制信号并对被控对象施加控制作用的装置，是控制系统回路中正向通道的最终操作单元。

示例：气动、液动或电动等装置。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3.2

执行器组件 Actuator Components

组成执行器的所有零件和部件。

3.3

自适应控制 Adaptive Control

针对被控对象特性或外界环境变化，采用自动方法改变或影响控制结构与参数的控制策略。

3.4

先进控制与优化平台 Advanced Process Control and Optimization Platform

支撑先进控制与优化策略的计算机软件系统。

3.5

基准 Benchmark

衡量控制算法或控制策略性能的一种测试标准。

3.6

串级控制系统 Cascade Control System

一种经典的复杂控制系统，由两个或两个以上的控制器串联连接组成两个或两个以上的闭环控制回路，一个控制器的输出作为另一个控制器的设定值，每个控制器都有独立的测量输入，但只有主控制器具有独立的设定值。

3.7

闭环回路 Closed-Loop

一种控制系统的连接方式：有关被控变量的信息反馈给控制器，实现自动地控制被控变量。

3.8

控制性能评估 Control Performance Assessment

利用信号处理、时间序列建模、概率统计分析等技术对控制系统的可测信号进行分析并结合专家经验对控制系统的运行状态给出评价。

3.9

被控变量 Controlled Variable

控制系统中需要被控制的输出变量。

示例：温度控制系统中的温度、液位控制系统中的液位等。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3.10

控制器 Controller

一种由元器件组成的或者由计算机（数字系统）实现的，执行规定控制策略的功能单元。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3.11

解耦控制 Decoupling Control

在多变量控制系统中，消除或部分消除多个输入/输出变量之间耦合作用的控制方法，

示例：静态解耦控制，动态解耦控制。

3.12

集散控制系统 Distributed Control System

综合计算机、控制、通信、网络 and 图形显示等技术，形成以微处理器为核心的计算机控制系统。总体设计思想是采用控制分散和管理集中相结合的原则，保证系统具有高的可靠性、灵活性和可适用性。

3.13

扰动变量 Disturbance Variable

自外界作用于系统上的非期望、独立且通常难以测量的输入变量。

[GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998]

3.14

动态矩阵控制 Dynamic Matrix Control

一种用被控对象的阶跃响应特性来描述系统动态模型的预测控制算法，具有算法简单、计算量小、鲁棒性强的特点。

3.15

动态 Dynamic State

输出变量随时间而变化的不平衡状态。

3.16

专家控制 Expert Control

通过规则库和推理过程，利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来进行相关控制的策略。

3.17

故障检测 Fault Detection

确定制造过程中系统或设备有无异常的检查技术。

3.18

故障诊断 Fault Diagnosis

制造过程中对系统或设备异常状态原因的识别技术。

3.19

反馈控制 Feedback Control

将被控系统的输出信息返送到输入端，与输入信息进行比较，并利用二者的偏差进行控制的一种控制方法。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998，经修改。

3.20

反馈校正 Feedback Rectification

在预测控制器中，修正模型预测结果与系统实际输出之间偏差的策略。

3.21

前馈控制 Feedforward Control

考虑作用于系统的可测输入和主要扰动，分析它们对系统输出的影响关系，在这些可测输入和主要扰动的不利影响产生之前，通过采取纠正措施，消除它们不利影响的一种控制方法。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998，经修改。

3. 22

滤波 Filtering

为消除或削减原始信号中各种干扰和噪声的方法。

示例：低通滤波、一阶惯性滤波等。

3. 23

模糊控制 Fuzzy Control

以模糊数学为基础，用模糊语言表示知识，由模糊推理规则进行判断的控制方法。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3. 24

增益 Gain

给定系统在输入变量改变后引起稳态输出变量改变的比例。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3. 25

广义预测控制 Generalized Predictive Control

以受控自回归积分滑动平均模型（CARIMA）为基础，采用长时段的优化性能指标，并结合辨识和自校正机制的一类预测控制策略。

3. 26

滚动优化 Horizon Optimization

在预测控制器中，采用有限时域内反复在线优化的策略。

3. 27

脉冲响应 Impulse Response

对系统输入脉冲信号激励引起的时间响应输出序列。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3. 28

性能指标 Performance Indicators

一类可量化的、被事先认可的、用来反映目标实现程度的标准。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351)：1998，经修改。

3. 29

学习控制 Learning Control

靠自身的学习功能来认识被控对象和外界环境的特性，并相应地改变控制策略以改善性能的控制方法。

3. 30

逻辑控制 Logic Control

根据某些条件的逻辑关系决定控制行为的控制策略。

3. 31

操作变量 Manipulated Variable

控制系统中，用于调节被控变量的输入变量。

3.32

最小方差控制 Minimum Variance Control

使有随机噪声作用的系统输出量的方差保持为最小的控制方法。

3.33

模型算法控制 Model Algorithmic Control

一种用被控对象的脉冲响应特性来描述系统动态模型的预测控制算法

3.34

模型预测控制 Model Predictive Control

一种综合可预测过程未来行为的动态模型、在线反复优化计算并滚动实施控制作用、模型误差的反馈校正技术的闭环优化控制策略，简称预测控制。

示例：模型算法控制、动态矩阵控制和广义预测控制。

3.35

模型 Model

以任何方式（包括数学、物理、符号、图形或描述等方式）对现实事物某一方面进行的抽象描述。

[GB/T 16642:2008 / idt ISO 19439: 2006]

3.36

制造运行管理 Manufacturing Operations Management

第3层内部利用制造设施来协调制造过程中的人员、设备和物料的活动。

[ISO/IEC 62264-3: 2007]

3.37

神经网络控制 Neural Network Control

基于人工神经网络的基本思想和理论，对被控系统进行学习、训练和控制的控制策略。

3.38

非线性预测控制 Nonlinear Predictive Control

采用非线性预测模型的一种预测控制方法。

3.39

最优控制 Optimal Control

在规定的条件下使性能指标达到最佳的控制方法。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998，经修改。

3.40

参数优化 Parameter Optimization

按照预先设定标准，对系统参数进行优化的过程。

3.41

偏最小二乘 Partial Least Squares

一种多元统计分析计算方法。通过多元投影变换，分析两个不同矩阵中变量的相互关系，可用于直接分析过程变量和质量变量间的映射关系。

3. 42

预测模型 Predictive Model

预测控制器中，用于描述被控对象特性的模型。

3. 43

主元分析 Principal Component Analysis

将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要变量的多元统计分析计算方法。

3. 44

流程模拟 Process Simulation

通过科学计算和机理模型模仿制造过程的一种方法。

3. 45

PID控制 Proportional-Integral-Derivative Control

根据被控系统的被控变量与设定值的偏差，利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制的一种经典控制算法。

3. 46

实时数据库 Real Time DataBase

结合数据库技术和实时处理技术，实现制造过程数据的自动采集、存储和监视的软件系统。

3. 47

软测量 Soft Sensor

选择与被估计变量相关的一组可测变量，构造某种以可测变量为输入、被估计变量为输出的数学模型，实现由可测变量来估计不可测变量的一种测量方法。

3. 48

统计过程控制 Statistical Process Control

应用统计学方法，监视和控制制造过程，以改进与保证系统性能的策略。

3. 49

稳态 Steady State

输出变量不随时间而变化的平衡状态。

注：源于GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998，经修改。

3. 50

稳态优化 Steady State Optimization

用代数方程和相关约束条件来描述，使系统处于稳态状况下最优运行的优化方法。

3. 51

阶跃响应 Step Response

某个输入变量从一个常量瞬间变化到另一常量引起的系统时间响应。

[GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998]

3.52

系统辨识 System Identification

在输入和输出观测的基础上，从指定的一类模型中确定一个与系统等价模型的方法。其三要素包括模型类、观测信息和目标函数。

3.53

时滞 Time Delay

从输入变量产生变化的瞬间起到输出变量开始变化的瞬间为止经历的时间。

[GB/T 2900.56-2002 / idt IEC 60050(351): 1998]

3.54

方差 Variance

用来度量随机变量和其数学期望之间的偏离程度。

4 缩略语

ACF: 自相关函数 (Auto-Correlation Function)

AIC: 赤池信息准则 (Akaike's Information Criterion)

ANN: 人工神经网络 (Artificial Neural Network)

APC: 先进控制 (Advanced Process Control)

ARMA: 自回归滑动平均 (Autoregressive Moving Average)

ARX: 带输入的自回归模型结构 (AutoRegressive with exogenous input)

BJ: 博克斯-詹金斯模型结构 (Box-Jenkins model)

CIMS: 计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System)

CPA: 控制性能评估 (Control Performance Assessment)

CPM: 控制性能监控 (Control Performance Monitoring)

DCS: 集散控制系统 (Distributed Control Systems)

DMC: 动态矩阵控制 (Dynamic Matrix Control)

EHPI: 拓展时域性能指标 (Extended Horizon Performance Index)

EKF: 拓展卡尔曼滤波 (Extended Kalman Filter)

FCOR: 滤波与互相关分析 (Filtering and Correlation analysis)

FFT: 快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform)

FIR: 有限脉冲响应模型 (Finite Impulse Response model)

GMV: 广义最小方差 (Generalized Minimum Variance)

GPC: 广义预测控制 (Generalized Predictive Control)

HOS: 高阶统计 (High-Order Statistics)

ICA: 独立成分分析 (Independent Component Analysis)

IID: 独立一致分布 (Independently Identically Distributed)

IMC: 内模控制 (Internal Model Control)

ISE: 积分平方误差 (Integrated Square Error)

KPI: 关键性能指标 (Key Performance Indicators)
 LMI: 线性矩阵不等式 (Linear Matrix Inequality)
 LPV: 线性参数时变 (Linear Parameter Varying)
 LQG: 线性二次高斯 (Linear Quadratic Gaussian)
 LQR: 线性二次调节 (Linear Quadratic Regulator)
 LTV: 线性时变 (Linear Time Variant)
 MAC: 模型算法控制 (Model Algorithmic Control)
 MIMO: 多输入多输出 (Multi-Input Multi-Output)
 ML: 极大似然 (Maximum Likelihood)
 MOM: 制造运行管理 (Manufacturing Operations Management)
 MPC: 模型预测控制 (Model Predictive Control)
 MSE: 均方误差 (Mean Square Error)
 MSPC: 多变量统计过程控制 (Multivariable Statistical Process Control)
 MVC: 最小方差控制 (Minimum Variance Control)
 NGI: 非高斯指数 (Non-Gaussianity Index)
 NLD: 非线性检测 (Nonlinear Detection)
 NLI: 非线性指数 (Nonlinear Index)
 OD: 振荡检测 (Oscillation Detection)
 ODE: 常微分方程 (Ordinary Differential Equation)
 OEM: 输出误差方法 (Output Error Method)
 PCA: 主元分析 (Principal Component Analysis)
 PCR: 主元回归 (Principal Component Regression)
 PCS: 过程控制系统 (Process Control System)
 PDE: 偏微分方程 (Partial Differential Equation)
 PDF: 概率密度函数 (Probability Density Function)
 PEM: 预报误差方法 (Prediction Error Method)
 PID: 比例-积分-微分控制器 (Proportional-Integral-Derivative controller)
 PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logical Controllers)
 PLS: 偏最小二乘 (Partial Least Squares)
 PRBS: 伪随机二进制信号 (Pseudo-Random Binary Sequence)
 RBS: 随机二进制信号 (Random Binary Sequence)
 RGA: 相对增益阵列 (Relative Gain Array)
 RTDB: 实时数据库 (Real Time DataBase)
 RTO: 实时优化 (Real Time Optimization)
 SISO: 单输入单输出 (Single-Input Single-Output)
 SPA: 谱分析 (Spectrum Analysis)
 SPC: 统计过程控制 (Statistical Process Control)
 SQC: 统计质量控制 (Statistical Quality Control)
 SSE: 平方误差和 (Sum of Square Error)
 SVD: 奇异值分解 (Singular Value Decomposition)

5 概念和层次定位

5.1 先进控制与优化背景及特点

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，覆盖几乎所有的工业领域，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，示例多参数时变、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。示例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，最终达到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、增加装置处理量、降低运行成本、减少环境污染等目的。

5.2 层次定位

GB/T 20720提出的制造业功能层次（如图1所示）描述了制造业的功能层次模型：

第0层：定义了实际物理流程。

第1层：定义了感知和操控物理流程的活动。第1层运行的时限是秒，甚至更快。

第2层：定义了监测和控制物理流程的活动。第2层运行的时限是小时、分钟和毫秒。

第3层：定义了制造期望产品的工作流的活动。包括记录维护和流程协调的活动。第3层运行的时限是日、班组、小时、分钟和秒。

第4层：定义了制造组织管理所需的业务相关活动。制造相关活动包括建立基础车间调度（比如物料的使用、传送和运输），确定库存水平以及确保物料按时传送给合适的地点以进行生产。第3层的信息是第4层活动的关键。第4层运行的时限是月、周和日。

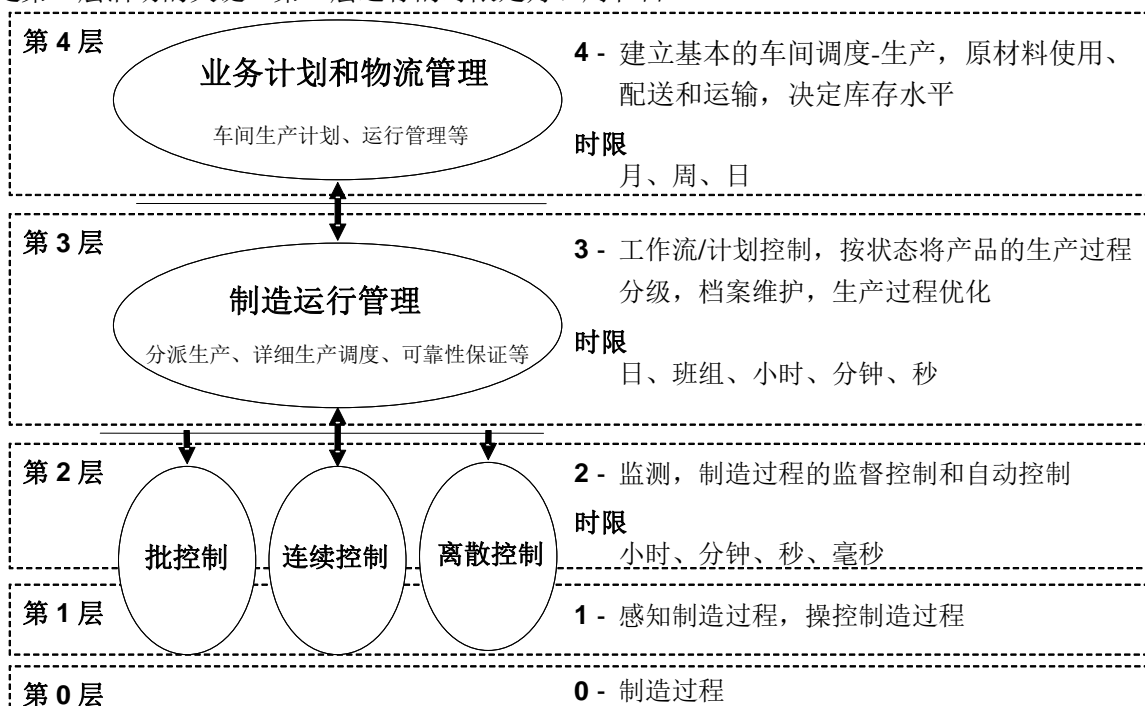


图1 制造业功能层次

本标准关注工业控制领域的控制与优化软件的集成，主要服务于图1中第2层的控制活动。

先进控制与优化系统向上需要与第3层的制造运行管理系统交互，向制造运行管理系统提供生产过程的实时信息，并接收、执行制造运行管理系统的生产指令。向下采集过程装备的测量信号，根据装置运行状态和制造运行管理系统的生产指令，实现对执行系统相关行为的监督与控制。

5.3 先进控制与优化概念

先进控制与优化是一类控制与优化策略的统称，用于处理工业制造过程中复杂的多变量过程的优化运行问题，可以有效解决如大时滞、多变量耦合、被控变量与控制变量存在各种约束等问题。先进控制与优化是建立在常规单回路控制之上的动态协调约束控制与优化策略，可使控制系统适应实际工业生产过程动态特性和操作要求，以及生产过程满足局部或整体的最优化。先进控制与优化主要关注平稳性和经济性两个指标，从功能层次上可分为：软测量、优化、先进控制、性能评估等，其功能体系的逻辑结构图如图2所示。

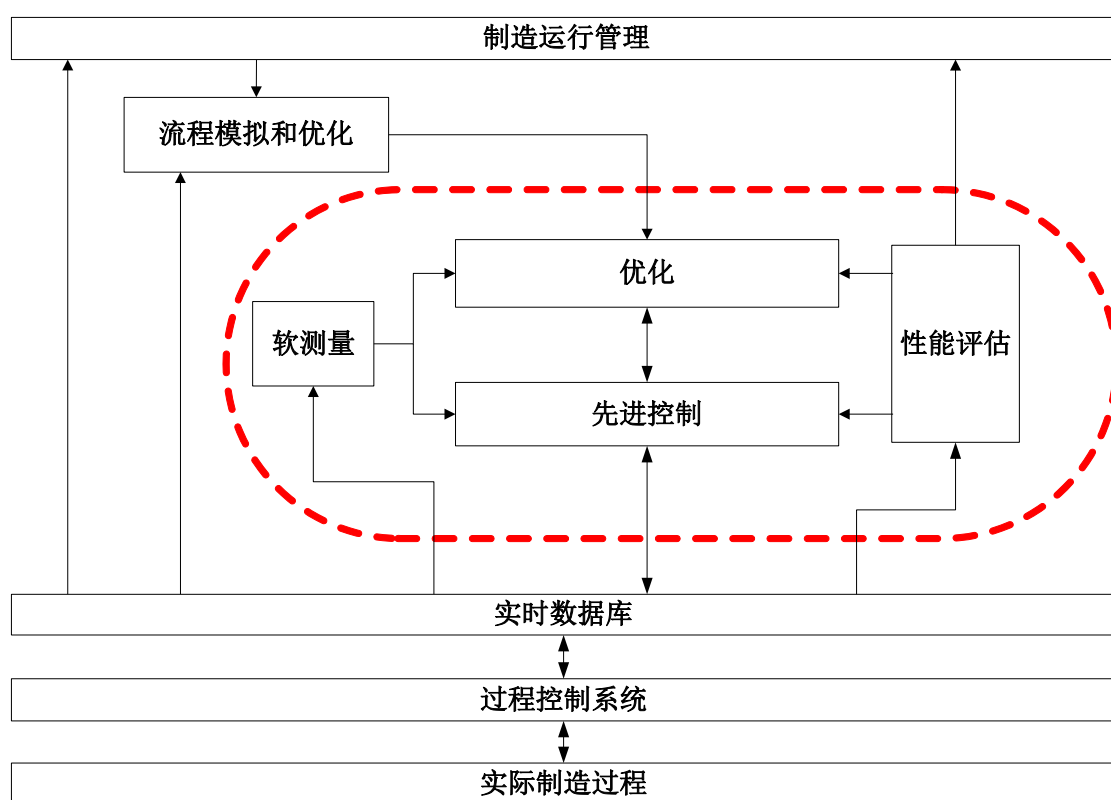


图2 先进控制与优化功能体系逻辑结构图

软测量：通过采集制造过程中容易测量的变量（也称二次变量或辅助变量），构造一个以辅助变量为输入，关注的难测变量为输出的基于数据驱动或机理的数学模型来估计难测变量（或称主导变量）。

优化：基于过程的稳态模型与约束条件，使用解析、数值、规划或推理的方法，寻找最优的经济目标，指导过程控制。

先进控制：不同于常规单回路控制、具有比常规单回路控制更好的控制效果的控制策略的统称，主要包括针对多变量、有约束被控对象的复杂控制策略，如模型预测控制、模糊控制等。

性能评估：基于控制理论、系统辨识、概率统计和信号处理等方法，检测与诊断过程的运行状况，保证其满足给定的性能指标。

6 基本功能概述

先进控制与优化可通过以下功能模块来实现，包括：软测量、优化、先进控制和性能评估。

6.1 软测量

软测量模块主要用于解决制造过程无法直接测量或直接测量困难的变量的估计问题。先进控制与优化中的软测量根据数据驱动技术和机理模型技术分为两类。

基于数据驱动的软测量根据过程中可测量的变量，利用数据驱动模型来估计难以测量的主导变量的技术与方法。它围绕如何构造一个高精度的估计器这一核心内容展开的。实现基于数据驱动的软测量主要有两类，即多变量统计和人工智能，示例神经网络、模糊逻辑、支持向量机。

基于机理模型的软测量是运用化学反应动力学、物料平衡、能量平衡等原理，通过对系统和过程的机理分析，寻求不可测主导变量与可测辅助变量之间的关系，建立机理模型，估计主导变量的技术与方法。作为基于数据驱动模型估计主导变量的软测量技术的补充，基于机理模型的软测量技术具有正确度高、鲁棒性强和可扩展性等特点。

6.2 优化

优化主要是寻找最佳的工艺操作参数的设定值，是从生产过程中获得最大经济效益的关键点，也称之为过程优化。优化采用静态（或稳态）模型，在各种约束条件下，进行离线或在线的优化计算，寻找目标函数最优值时生产过程变量的设定值（或操作点）。由于生产过程的复杂性，通常生产过程的优化解并不一定是全局最优解，但应是在约束条件下的满意解。先进控制与优化中，实现优化的求解方法通常有线性规划、二次规划、单纯形、SQP、内点法、Active-Set法等。

6.3 先进控制

先进控制是处理多变量、有约束的复杂对象的控制策略，以实现过程的平稳控制、降低操作成本、提高效益为目标，为过程优化提供基础条件与支撑。先进控制策略主要包括有预测控制、模糊控制等。

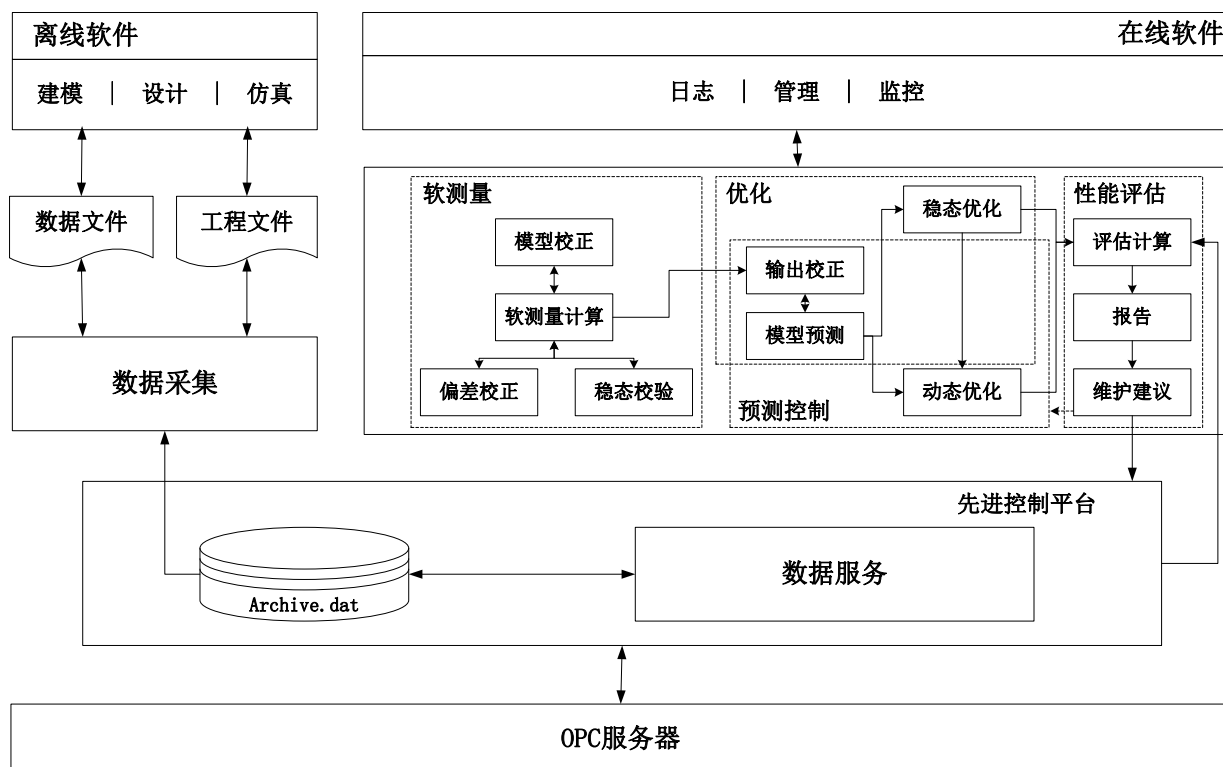
预测控制的主要特征是以预测模型为基础，采用在线滚动优化性能指标和反馈校正的策略，来克服被控对象建模误差和结构、参数与环境不确定性因素的影响，有效地弥补控制理论对复杂被控对象模型精度高依赖性所无法避免的不足之处。通常包括以下软件模块：在线测试、模型辨识、控制器设计与仿真等。

模糊控制是以模糊控制理论为基础，采用计算机控制技术构成的一种具有反馈通道闭环结构的数字控制系统，是一种语言型控制器，通常由输入量模糊化接口、数据库、规则库、推理机和输出解模糊接口等五部分组成。

6.4 性能评估

为了保证过程控制系统运行状况满足给定的性能指标，需要利用性能评估技术对过程中可能发生的性能下降或故障进行实时检测、诊断。在先进控制系统中，性能评估的主要目标是评估控制器性能，协助操作人员分析装置运行状态，维护与整定控制系统。其中，PID性能评估、MPC性能评估、过程数据统计等功能模块已经取得广泛应用。

附录 A
(资料性附录)
先进控制与优化系统应用架构示例



图A.1 先进控制与优化系统应用架构示例

图 A.1 给出了先进控制与优化系统的一种典型应用架构示例：

- a) 该先进控制与优化系统支持 OPC 通讯服务标准，基于 OPC 数据服务器运行。
- b) 先进控制平台承担了先进控制系统实时数据通讯功能，同时保存历史数据到磁盘。
- c) 数据采集将在线的数据转换为数据文件提供离线软件使用。
- d) 系统的离线软件功能根据不同系列软件功能需求而不同，但主要分为：
 - 1) 数据分析与建模，重点分析处理历史数据，通过辨识或参数估计的方法建模；
 - 2) 设计软件提供了用户配置系统策略、约束、通讯等相关的信息；
 - 3) 通过仿真软件，用户可以检查运行效果，调试参数直至满足设计需要。
- e) 后台服务承担了先进控制与优化系统执行运行的功能，实例中，软测量采用 PLS 技术；优化采用基于模型增益的稳态优化；先进控制采用多变量预测控制，先进控制与优化采用软件耦合设计；性能评估则提供了 PID 性能评估、预测控制性能评估、优化性能评估工具。
- f) 在线控制台为用户在线操作界面，承担了管理、监控功能，同时保存操作日志。

附录 B

(资料性附录)

典型的先进控制技术

B.1 偏最小二乘法

偏最小二乘法是一种新型的多元统计数据分析方法。偏最小二乘法巧妙的把模型式的方法和认识性的方法有机的结合起来，在一个算法下，可以同时实现回归建模(多元线性回归)、数据结构简化(主成分分析)以及两组变量之间的相关性分析(典型相关分析)。

偏最小二乘法在统计应用中的重要性体现在以下几个方面：偏最小二乘法是一种多因变量对多自变量的回归建模方法；偏最小二乘法可以较好的解决许多以往用普通多元回归无法解决的问题；偏最小二乘法之所以被称为第二代回归方法，还由于它可以实现多种数据分析方法的综合应用。

主元回归的主要目的是要提取隐藏在输入变量中的相关信息，然后用于预测输出变量。这种做法可以保证让我们只使用那些独立变量，噪音将被消除，从而达到改善预测模型质量的目的。但是，主成分回归仍然有一定的缺陷，当一些有用变量的相关性很小时，在选取主成分时就很容易把它们漏掉，使得最终的预测模型可靠性下降。偏最小二乘回归与主元回归的不同之处在于主元的提取方法不同。偏最小二乘回归采用对输入变量和输出变量同时进行分解的方法，只需要建立一个模型，选择几个因子参与建模。

作为一个多元线性回归方法，偏最小二乘回归的主要目的是要建立一个线性模型： $Y=XB+E$ ，其中Y是具有m个变量、n个样本点的响应矩阵，X是具有p个变量、n个样本点的预测矩阵，B是回归系数矩阵，E为噪音校正模型，与Y具有相同的维数。

B.2 反向传播网络

反向传播网络是一种按误差逆传播算法训练的多层前馈网络，它能学习和存贮大量的输入-输出模式映射关系，而无需事前揭示描述这种映射关系的数学方程。它的学习规则是使用最速下降法，通过反向传播来不断调整网络的权值和阈值，使网络的误差平方和最小。BP神经网络模型拓扑结构包括输入层、隐层和输出层。

反向传播网络，即误差反传误差反向传播算法的学习过程，由信息的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。输入层各神经元负责接收来自外界的输出信息，并传递给中间层各神经元；中间层是内部信息处理层，负责信息变换，根据信息变化能力的需求，中间层可以设计为单隐层或者多隐层结构；最后一个隐层传递到输出层各神经元的的信息，经进一步处理后，完成一次学习的正向传播处理过程，由输出层向外界输出信息处理结果。当实际输出与期望输出不符时，进入误差的反向传播阶段。误差通过输出层，按误差梯度下降的方式修正各层权值，向隐层、输入层逐层反传。周而复始的信息正向传播和误差反向传播过程，是各层权值不断调整的过程，也是神经网络学习训练的过程，此过程一直进行到网络输出的误差减少到可以接受的程度，或者预先设定的学习次数为止。

附 录 C
(资料性附录)
典型的先进控制技术

C.1 预测控制

预测控制是一类新型的计算机控制算法，采用多步预测、滚动优化和反馈校正等控制策略。因而其控制效果好，适用于控制不易建立精确数字模型且比较复杂的工业生产过程，已在石油、化工、电力、冶金、机械等工业部门的控制系统得到了成功的应用。

预测控制控制主要包括内部模型、反馈校正、滚动优化和参数输入轨迹等几个部分。它采用基于脉冲相应的非参数模型作为内部模型，用过去和未来的输入输出状态，根据内部模型，预测系统未来的输出状态。经过用模型输出误差进行反馈校正以后，再与参考轨迹进行比较，应用二次型性能指标进行滚动、优化，然后再计算当前时刻加于系统的控制，完成整个动作循环。

预测控制的基本特征，包括有建立预测模型方便；采用滚动优化策略；采用模型误差反馈校正。这几个特征反映了预测控制的本质，也正是这个控制算法和其他算法的不同之处。

从预测控制理论和实践的飞速发展来看，预测控制已经存在大量成功的工业应用案例，一些线性预测和非线性预测工程软件包已经推出和应用。传统预测控制理论研究日臻成熟，预测控制与其他先进控制策略的结合也强益紧密。预测控制已成为一种极具工业应用前景的控制策略。

由于预测控制具有适应复杂生产过程控制的特点，所以预测控制具有强大的生命力。可以预言，随着预测控制在理论和应用两方面的不断发展和完善，它必将在工业生产过程中发挥出越来越大的作用，展现出广阔的应用的前景。

附录 D

(资料性附录)

典型的优化技术

D.1 基于模型增益的优化

基于模型增益的优化策略是预测控制软件发展的一个功能拓展。伴随着预测控制的广泛应用，平稳控制已经不能满足工程需求，区域的卡边优化和约束处理成为新的要求。基于模型增益的优化是伴随着预测控制软件的推广应用而逐渐发展成熟的。

基于模型增益的优化可以有效的处理装置过程中约束过多的条件下，按照等级处理不同约束，使控制器按照装置对“安、稳、长、满、优”不同的要求特点处理不同的约束，并在约束满足要求的情况下进行卡边优化。基于模型增益的优化与预测控制软件配合运行，使得先进控制与优化系统能够增强装置生产的抗干扰能力和约束处理能力，降低生产的波动，充分挖掘装置的工艺和设备能力。基于以上前提下，优化可以进而实现卡边操作，得到可观的经济效益回报。

基于模型增益的优化是预测控制实现卡边控制的模块，同样基于预测模型，可以实现操作变量最大化、最小化或者理想驻留值，从而获取最大经济效益。

附录 E

(资料性附录)

典型的性能评估技术

E.1 PID 性能评估

随着DCS和各类总线技术的成熟和广泛应用,大量的现场历史数据为工程师们维护和调整控制系统提供了有利条件,随着竞争的加剧和要求提高,使得许多企业将注意力更多的集中到了系统每天乃至每个操作的性能保持和提高上。首先,PID控制器优越的性能是保证控制系统日常高效操作、应对系统典型波动和异常的重要手段;其次,PID控制系统的优良性能保障了先进控制技术充分靠近优化边界运行,紧密跟踪系统优化轨迹,为维持高品质的运行和实现计划的操作目标创造了条件。因此,PID控制系统给工厂日常操作和上层先进控制系统性能带来了最直接和重大的影响。

PID控制器最初是按照一定的性能要求设计和整定,随着时间的推移,大部分工业现场工况发生变化,这使得实际运行的控制器性能很难达到原设计要求,甚至出现故障。因此针对PID系统中的时变问题,PID性能评估提供了基于生产数据的监测与评估优化方法,以模型检测技术为手段,针对系统时变而引起的控制器性能下降问题,利用最小方差评估技术或者LQG评估技术对系统进行优化和评估。

E.2 自定义关键性能指标

关键性能指标(KPI: Key Performance Indicator)是通过对组织内部流程的输入端、输出端的关键参数进行设置、取样、计算、分析,衡量流程绩效的一种目标式量化管理指标,是把目标分解为可操作的工作目标的工具,是绩效管理的基础。KPI可以使部门主管明确部门的主要责任,并以此为基础,明确部门人员的业绩衡量指标。建立明确的切实可行的KPI体系,是做好绩效管理的关键。关键绩效指标是用于衡量工作人员工作绩效表现的量化指标,是绩效计划的重要组成部分。

KPI法符合一个重要的管理原理——“八二原理”。在一个企业的价值创造过程中,存在着“80/20”的规律,即20%的骨干人员创造企业80%的价值;而且在每一位员工身上“八二原理”同样适用,即80%的工作任务是由20%的关键行为完成的。因此,必须抓住20%的关键行为,对之进行分析和衡量,这样就能抓住业绩评价的重心。

先进控制与优化的KPI是企业目标分解到装置具体的生产目标。装置工程人员根据企业目标转化为实际生产装置的效益的衡量方法,即自定义KPI,可以有效的关注关键点,提高效率。

参考文献

- [1] 王树青等. 先进控制技术的应用. 北京: 化学工业出版社, 2001.
 - [2] 金以慧. 过程控制. 北京: 清华大学出版社, 1993.
 - [3] 诸静等. 智能预测控制及其应用. 杭州: 浙江大学出版社, 2002.
 - [4] 王树青等. 工业过程控制工程. 北京: 化学工业出版社, 2003.
 - [5] J. Richalet, A. Rault, J.L. Testud, and J. Papon. Model predictive heuristic control: Application to industrial processes. *Automatica*, 14(2): 413-428, 1978
 - [6] J. Richalet. *Pratique de la commande predictive*. Hermes, 1992.
 - [7] Eduardo F. Camacho and Carlos Bordons. *Model predictive control*. Springer-Verlag, 1999.
 - [8] S. Joe Qin, Thomas A. Badgwell. An overview of nonlinear model predictive control applications. *Nonlinear model predictive control* 26 (2000): 369-392.
 - [9] S. Joe Qin, Thomas A. Badgwell. A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice* 11 (2003): 733-764
-