

# 《非线性预测控制与工业应用》

## 书籍信息

版次：1

页数：

字数：

印刷时间：2012年06月01日

开本：16开

纸张：胶版纸

包装：平装

是否套装：否

国际标准书号ISBN：9787030346483

## 编辑推荐

《非线性预测控制与工业应用》以非线性系统为研究对象，针对工业过程先进控制问题，从非线性系统设计、智能控制等角度出发，阐述了非线性预测控制的基本思想与设计方法。针对工业过程建模和控制系统设计的角度重点阐述非线性预测控制设计方法与控制器性能分析；针对状态空间模型的角度重点介绍了非线性预测控制的设计思想和设计方法；\*后给出了一个实际工业应用例子，详细阐述了控制器的设计方法和应用效果。

## 内容简介

《非线性预测控制与工业应用》采取理论联系实际的方式，针对工业过程先进控制问题，从非线性系统设计、智能控制等角度出发，具体阐述了非线性预测控制的基本方法与设计思想。《非线性预测控制与工业应用》共9章，分四部分。第一部分结合工业过程控制的发展现状介绍了模型预测控制的研究概况以及相关基本算法的原理与方法，该部分包含第1、2章；第二部分从工业过程建模和控制系统设计的角度重点阐述非线性预测控制设计方法与控制器性能分析，该部分包含第3、4章；第三部分从状态空间模型的角度重点介绍了非线性预测控制的设计思想和设计方法，该部分包含第5、6、7章；第四部分给出了一个实际工业应用例子，详细阐述了控制器的设计方法和应用效果，同时给出了预测控制思想在网络控制中的思考，该部分含第8、9章。

《非线性预测控制与工业应用》可作为高等院校控制科学与工程、计算机控制、工业自动化等专业本科生和研究生的参考用书，也可供从事先进控制、工业自动化等研究的相关工程技术人员参考。

## 目录

### 前言

### 第1章 绪论

#### 1.1 工业过程控制概述

#### 1.2 工业过程控制的发展概况

#### 1.3 工业过程中的预测控制技术

#### 1.4 本书主要结构

### 参考文献

### 第2章 模型预测控制方法

- 2.1 模型预测控制的发展过程
- 2.2 模型预测控制基本原理
- 2.3 几种常见的模型预测控制算法
  - 2.3.1 模型算法控制
  - 2.3.2 动态矩阵控制
  - 2.3.3 广义预测控制
  - 2.3.4 预测函数控制
- 2.4 预测控制的主要研究方法概述

#### 参考文献

### 第3章 神经网络非线性预测控制

- 3.1 引言
- 3.2 基于神经网络的非线性系统预测控制
  - 3.2.1 问题的提出
  - 3.2.2 非线性系统的模型及表示
  - 3.2.3 预测控制器设计
  - 3.2.4 控制律的收敛性分析
  - 3.2.5 仿真实例
- 3.3 基于神经网络的非线性系统预测函数控制
  - 3.3.1 问题的提出
  - 3.3.2 系统建模与预测函数控制器设计
  - 3.3.3 控制律收敛性分析
  - 3.3.4 仿真实例
- 3.4 结论

#### 参考文献

### 第4章 支持向量机非线性预测控制

- 4.1 引言
- 4.2 基于支持向量机的非线性系统预测控制
  - 4.2.1 问题的提出
  - 4.2.2 基于最小二乘法与支持向量机建模
  - 4.2.3 实际工业过程的支持向量机建模
  - 4.2.4 预测控制器设计
  - 4.2.5 控制律的收敛性分析
  - 4.2.6 仿真实例
- 4.3 基于支持向量机的非线性系统预测函数控制
  - 4.3.1 问题的提出
  - 4.3.2 过程模型
  - 4.3.3 预测函数控制器设计
  - 4.3.4 预测函数控制器收敛性
- 4.4 结论

#### 参考文献

### 第5章 基于状态空间模型的非线性预测控制

- 5.1 引言

## 5.2 扩展状态空间非线性系统预测控制

### 5.2.1 问题的提出

### 5.2.2 模型的处理

### 5.2.3 预测控制算法

### 5.2.4 仿真实例

## 5.3 基于神经网络的扩展状态空间非线性系统预测控制

### 5.3.1 问题的提出

### 5.3.2 过程模型的处理

### 5.3.3 预测控制器设计

### 5.3.4 预测控制器收敛性分析

### 5.3.5 仿真实例

## 5.4 结论

## 参考文献

## 第6章 基于状态空间模型的非线性预测函数控制

### 6.1 引言

## 6.2 扩展状态空间预测函数控制

### 6.2.1 问题的提出

### 6.2.2 预测函数控制算法

### 6.2.3 仿真实例

## 6.3 自适应扩展状态空间非线性系统预测函数控制

### 6.3.1 问题的提出

### 6.3.2 模型的处理

### 6.3.3 预测函数控制算法

### 6.3.4 仿真实例

## 6.4 结论

## 参考文献

## 第7章 基于智能模型的离线辨识非线性预测控制

## 7.1 基于支持向量机的双线性系统预测控制

### 7.1.1 引言

### 7.1.2 系统的模型及其表示

### 7.1.3 基于SVM-ARX模型的预测控制

### 7.1.4 仿真实例

## 7.2 基于支持向量机的扩展状态空间非线性系统预测控制

### 7.2.1 引言

### 7.2.2 非线性系统的模型及其表示方法

### 7.2.3 预测控制器设计

### 7.2.4 仿真实例

## 7.3 结论

## 参考文献

## 第8章 工业延迟焦化装置的预测函数控制

### 8.1 引言

### 8.2 延迟焦化装置工艺简介

### 8.3 预测函数控制系统设计

### 8.4 预测函数控制性能的仿真实验

### 8.5 DCS组态及工业应用

### 8.6 工业应用效果

### 8.7 结论

### 参考文献

## 第9章 预测控制思想在网络控制中的进一步思考

### 9.1 引言

### 9.2 网络环境下的基本预测控制

#### 9.2.1 基本DMC算法在网络控制中的应用

#### 9.2.2 直接采用最优控制序列作为网络预测控制输入

### 9.3 基于网络实测时延的预测选择控制

#### 9.3.1 基于实测时延的优化序列网络预测控制算法

#### 9.3.2 基于预设时延的优化矩阵网络预测控制算法

### 9.4 结论

### 参考文献

## 在线试读部分章节

### 第1章 绪论

本章简单介绍工业过程控制的基本概念、工业过程控制研究的内容，以及工业过程控制研究的现状和工业过程中的预测控制技术，并对本书的内容安排进行相应的介绍。

#### 1.1 工业过程控制概述

一般认为工业过程控制最早是20世纪40年代后期应用在军事工程中的随动调节理论被借用到化工过程控制这一领域 [ 1 , 2 ] 。此后，随着电子技术、计算机技术以及测量技术的不断发展，工业过程控制也得到了空前发展。目前，工业过程控制已经应用到许多工业过程，如炼油、化工、发电、钢铁等 [ 3 ] 。

#### 1.工业过程与工业过程控制 [ 4 ]

通常把原材料转变成产品并具有一定生产规模的过程称为工业生产过程，如图1.1所示。按照产品生产过程的特性，工业生产过程可分连续（或批处理）生产过程，典型的如化工、炼油、石油化工、冶金、发电、造纸、生物化工、轻工、水处理等，以及离散制造过程，如机械加工、汽车制造等。本书着重讨论连续的工业生产过程。

工业生产过程控制的目标就是根据工业生产过程的特点，采用自动化仪表和计算机等控制工具，应用过程控制相关理论，设计出工业生产过程控制系统，进而实现工业生产过程自动化。从过程的操作来讲，就是生产过程的相关工艺参数必须严格控制一定范围内。工业生产过程控制与各学科的关系如图1.2所示。

工业过程操作运行中，干扰是不可避免的。产品的质量、产量和产率等都会随着各种干扰和生产过程工艺设备等特性的改变而发生波动。工业过程中的干扰比较多和复杂，如

原材料的组成变化、产品质量与规格的变化、生产过程设备的可使用性发生变化、装置与装置或工厂与工厂之间的关联改变、生产设备特性的漂移、控制系统的失灵等。另外，现代工业生产过程规模越来越大，设备关联越发严重，因此，整个生产装置对扰动十分敏感。从干扰的角度来说，过程控制的目标就是在使过程参数保持在一定范围内的同时，抑制干扰对过程的不利影响，从而保证产品的质量、产量和合格率等。

## 2.工业过程的特点

一般来讲，工业过程或多或少有下列特点：

**滞后特性** 由于在管道中的传递或取样化验分析等原因，实际工业生产过程中存在着纯滞后或叫时滞。这对于控制系统来说是不利的。因为纯滞后导致了过程的动态响应不及时，而控制系统的输出作用是希望能尽快在被控变量中反映出来。

**时间常数长短不一样** 这是因为工业生产过程形状、尺寸大小等不一样，如流量过程的时间常数通常很小，而工业加热炉的时间常数就很大。第1章 绪论

本章简单介绍工业过程控制的基本概念、工业过程控制研究的内容，以及工业过程控制研究的现状和工业过程中的预测控制技术，并对本书的内容安排进行相应的介绍。1.1

### 工业过程控制概述

一般认为工业过程控制最早是20世纪40年代后期应用在军事工程中的随动调节理论被借用到化工过程控制这一领域 [ 1 , 2 ] 。此后，随着电子技术、计算机技术以及测量技术的不断发展，工业过程控制也得到了空前发展。目前，工业过程控制已经应用到许多工业过程，如炼油、化工、发电、钢铁等 [ 3 ] 。1.工业过程与工业过程控制 [ 4 ]

通常把原材料转变成产品并具有一定生产规模的过程称为工业生产过程，如图1.1所示。按照产品生产过程的特性，工业生产过程可分连续（或批处理）生产过程，典型的如化工、炼油、石油化工、冶金、发电、造纸、生物化工、轻工、水处理等，以及离散制造过程，如机械加工、汽车制造等。本书着重讨论连续的工业生产过程。

工业生产过程控制的目标就是根据工业生产过程的特点，采用自动化仪表和计算机等控制工具，应用过程控制相关理论，设计出工业生产过程控制系统，进而实现工业生产过程自动化。从过程的操作来讲，就是生产过程的相关工艺参数必须严格控制一定范围内。工业生产过程控制与各学科的关系如图1.2所示。

工业过程操作运行中，干扰是不可避免的。产品的质量、产量和产率等都会随着各种干扰和生产过程工艺设备等特性的改变而发生波动。工业过程中的干扰比较多和复杂，如原材料的组成变化、产品质量与规格的变化、生产过程设备的可使用性发生变化、装置与装置或工厂与工厂之间的关联改变、生产设备特性的漂移、控制系统的失灵等。另外，现代工业生产过程规模越来越大，设备关联越发严重，因此，整个生产装置对扰动十分敏感。从干扰的角度来说，过程控制的目标就是在使过程参数保持在一定范围内的同时，抑制干扰对过程的不利影响，从而保证产品的质量、产量和合格率等。

**2.工业过程的特点**一般来讲，工业过程或多或少有下列特点：**滞后特性** 由于在管道中的传递或取样化验分析等原因，实际工业生产过程中存在着纯滞后或叫时滞。这对于控制系统来说是不利的。因为纯滞后导致了过程的动态响应不及时，而控制系统的输出作用是希望能尽快在被控变量中反映出来。**时间常数长短不一样** 这是因为工业生产过程形状、尺寸大小等不一样，如流量过程的时间常数通常很小，而工业加热炉的时间常数就很大。**非线性特性** 工业生产过程一般都具有非线性的特性，另外，操作点的改变也使工业过程的特性发生改变。**时变性**

工业生产过程的某些过程变量和参数是随着时间发生变化的，并不是一成不变的。

不稳定性 有些工业生产过程从控制理论上讲，是不稳定过程，如化学反应过程，其过程变量的变化可能会以指数形式增加。耦合特性 工业生产过程中一个输入可能会同时改变几个输出，反过来，一个输出可能会受到多个输入的影响。1.2

## 工业过程控制的发展概况 [ 4 ]

工业过程控制的发展与工业自动化仪表和计算机控制技术应用两个方面关系比较密切。在工业生产过程中，测量原理变化不是很明显，但信号转换、显示和控制装置的变化十分迅速。随着电子技术、计算机技术和测量技术的迅速发展，工业自动化仪表已经从六十年前的气动仪表变化到电动仪表，从现场就地控制变化到中央控制室控制，从在仪表屏上操作到利用计算机操作站操作，信号转换已经从模拟信号转变到数字信号等。

20世纪60年代，计算机只是代替常规的PID控制器进行显示、记录和报警，即所谓的直接数字控制。到了70年代，出现了基于微处理器的集散型计算机控制系统。到了80年代，真正实现了计算机控制工业生产过程，为先进控制和优化控制奠定了物质基础。进入90年代后，现场总线控制系统走向实用化，出现了过程自动化、工厂自动化、计算机集成过程控制、计算机集成制造系统和企业资源总综合规划等，形成如图1.3所示的工厂计算机综合优化控制系统。1.3 工业过程中的预测控制技术

过程控制系统的稳定优化运行离不开控制策略，常规PID控制及其改进方法是应用较为成功的控制策略，工业上80%左右的控制均采用该策略，另外其控制方式简单，容易操作，受到了理论界和工业界的高度重视 [ 5 ]。但随着生产向大型、连续和强化等方向发展，控制回路之间相互关联现象严重起来，原来单独考虑控制回路的方法行不通了，加上过程变得复杂，对产品和过程被控变量波动范围要求越来越严格，尤其是与企业经济效益密切相关的过程，简单PID控制已经远远不能适应复杂工业过程的要求，难以实现卡边控制。另外，对于生产装置向复杂化发展所引起的生产过程多变量、大时滞、非线性等特性，这些特性已经涉及所谓的大系统工程问题，PID这种简单方法很难得到理想的控制效果。

自从20世纪60年代的现代控制理论在航空航天领域得到较好的应用之后，学者们经过努力，也为复杂的工业生产过程找到了一系列先进控制方法。所谓的先进控制是指不同于常规单回路PID控制，并具有比常规PID更好控制效果的控制策略的统称，而非专指某种计算机控制算法 [ 6 , 7 ]。其中最具有代表性的莫过于模型预测控制 ( model predictive control , MPC ) 技术了。以石油化工行业为例，一个先进控制项目的年经济效益在百万元以上，其投资回收期一般在一年以内 [ 8 , 9 ]。先进控制与常规 ( PID ) 控制的关系如图1.4所示，先进控制的效益的体现如图1.5所示 [ 4 ]。

通常来说主要有三大类设计模型预测控制的方法。早期的模型预测控制基于有限脉冲响应模型 ( 或阶跃响应模型 ) ，典型方法是动态矩阵控制 ( dynamic matrix control , DMC ) [ 10 ] 以及相应的改进方法。这种方法的局限性在于它受限于开环稳定的被控过程并且该设计方法的模型阶次通常很高。第二类预测控制方法采用过程输入输出传递函数作为模型，最具有代表性的方法是自整定预测控制 ( predictor-based self-tuning control ) [ 11 ] 和广义预测控制 ( generalized predictive control , GPC ) [ 12 ]。这种预测控制器设计的方法可以应用于开环稳定过程，也可以应用于开环不稳定过程。但这类方法对多变量过程不是很有效，并且实际工业应用效果不明显。第三类预测控制方法采用状态空间模型，基于过程内部状态的信息进行过程输出预测和相应的控制器设计。正因为如此，这类方法得到了大量研究，涌现了很多研究成果 [ 13 ~ 20 ]。

目前，针对非线性系统的预测控制研究也出现了大量的成果，由于成果繁多并限于篇幅

，难以一一加以介绍，这里仅列出一些作者在研究过程中曾经着重了解过的一些基本的非线性建模与相应预测控制器设计的文献。如Grosman提出一种基于遗传算法优化的非线性预测方法 [ 21 ] 。Karar等提出一种基于模糊逻辑的非线性预测控制方法 [ 22 ] 。Shafiee等提出一种线性化维纳模型的非线性预测控制方法 [ 23 ] 。Yuzgec等提出一种基于遗传算法的非线性预测控制方法 [ 24 ] 。AlSeyab等提出神经网络非线性预测控制方法 [ 25 , 26 ] 。Balaji等提出递推非线性预测控制方法 [ 27 ] 。Causa等提出一种混合模糊逻辑非线性预测控制方法 [ 28 ] 。DeHaan等提出一种自适应输入参考轨迹参数的非线性预测控制方法 [ 29 ] 。Raffo等给出一种基于拉格朗日-欧拉方程与Hoo鲁棒结合的非线性预测控制方法 [ 30 ] 。

#### 1.4 本书主要结构

本书以非线性系统为研究对象，针对工业过程先进控制问题，从非线性系统设计、智能控制等角度出发，阐述了非线性预测控制的基本思想与设计方法。针对工业过程建模和控制系统设计的角度重点阐述非线性预测控制设计方法与控制器性能分析；针对状态空间模型的角度重点介绍了非线性预测控制的设计思想和设计方法；最后给出了一个实际工业应用例子，详细阐述了控制器的设计方法和应用效果。本书的结构安排如下：

第一部分结合工业过程控制的发展现状介绍了模型预测控制的研究概况以及相关基本算法的原理与方法。本部分包括第1章的绪论和第2章的模型预测控制方法。

第二部分介绍基于智能工具的工业过程建模与非线性预测控制系统的设计。针对工业过程的非线性系统，提出了神经网络、支持向量机建模方法，基于该神经网络、支持向量机模型，提出了相应的非线性预测控制与预测函数控制方法，并给出了算法的收敛性分析。本部分包括第3章的基于神经网络的非线性系统多步预测控制与预测函数控制，第4章的基于支持向量机的非线性系统预测控制与预测函数控制。

第三部分为状态空间模型的非线性预测控制方法。主要研究一类状态空间模型的非线性系统预测控制方法，提出了基于参考轨迹线性化、等效自适应机制、智能模型离线辨识的相关控制方法。本部分包括第5章的基于状态空间模型的非线性预测控制，第6章的基于状态空间模型的非线性预测函数控制，第7章的基于智能模型的离线辨识非线性预测控制。

第四部分为实际工业应用，通过实际工业延迟焦化装置的预测函数控制，验证相关方法的可行性与有效性，同时给出预测控制在网络控制中的思考。本部分包括第8章和第9章。

- 参考文献 [ 1 ] 王骥程，祝和云.化工过程控制工程.北京：化学工业出版社，1991。  
[ 2 ] 金以慧.过程控制.北京：清华大学出版社，1993。  
[ 3 ] BequetteBW.ProcessControl：ModelingDesignandSimulation.London：PrenticeHall，2008。  
[ 4 ] 王树青，等.工业过程控制工程.北京：化学工业出版社，2003。  
[ 5 ] 欣斯基（ShinskyFG）.过程控制系统.萧德云，吕伯明译.北京：清华大学出版社，2004。  
[ 6 ] 邵惠鹤.工业过程高级控制.上海：上海交通大学出版社，1997。  
[ 7 ] 王树青，等.先进控制技术及应用.北京：化学工业出版社，2001。  
[ 8 ] BauerM，CraigIK.Economicassessmentofadvancedprocesscontrol A surveyandframework . JournalofProcessControl，2008，18（1）：2-18。  
[ 9 ] JelaliM.Anoverviewofcontrolperformanceassessmenttechnologyandindustrialapplications . ControlEngineeringPractice，2006，14（5）：441-466。  
[ 10 ] CutlerCR，RamakerBL.Dynamicmatrixcontrol Acomputercontrolalgorithm.Presentedat theMeetingoftheAmericanInstituteofChemicalEngineers，Houston，Texas，1979。



- [ 11 ] PeterkaV.Predictor-basedtuningcontrol . Automatica , 1984 , 20 : 39-50.
- [ 12 ] ClarkeDW , MohtadiC , TuffsPS.Generalizedpredictivecontrol.Part1 : Thebasicalgorithm.Part2 : Extensionsandinterpretations . Automatica , 1987 , 23 : 137-160.
- [ 13 ] BalchenJG , LjungguistD , StrandS.State-spacepredictivecontrol . ChemicalEngineeringScience , 1992 , 47 ( 4 ) : 787-807.
- [ 14 ] MuskeK , RawlingsJB.Linearmodelpredictivecontrolofunstableprocesses . JournalofProcessControl , 1993 , 3 : 85-96.
- [ 15 ] MuskeK , RawlingsJB.Modelpredictivecontrolwithlinearmodels . AIChEJournal , 1993 , 39 : 262-287.
- [ 16 ] ScokaertPO , RawlingsJB.Constrainedlinearquadraticregulation . IEEETransactionsonAutomaticControl , 1998 , 43 : 1163-1169.
- [ 17 ] 袁璞 , 左信 , 郑海涛.状态反馈预估控制.自动化学报 , 1993 , 19 ( 5 ) : 569-577.
- [ 18 ] RickerNL . Modelpredictivecontrolwithstateestimation . IndustrialEngineeringChemistryResearch , 1990 , 29 ( 3 ) : 569-577. [ 19 ] RickerNL.Model-predictivecontrol : Stateoftheart . ProceedingsofFourthInternationalConferenceonChemicalProcessControl , PadreIsland , Texas , 1991 : 271-296.
- [ 20 ] BitmeadRR , GeversM , WertzV.AdaptiveOptimalControltheThinkingMan ' sGPC . NewYork : PrenticeHall , 1990.

[显示全部信息](#)

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

[更多资源请访问www.tushupdf.com](http://www.tushupdf.com)