

本专著获得《长沙理工大学学术专著出版基金》资助

自耦PID 控制理论及其应用

曾喆昭 著

图书在版编目—建议数据

自耦 PID 控制原理及其应用 / 曾喆昭 主编. —澳门:

澳门科学出版社, 2026.7

ISBN 978-99996-49-66-7

I. ①自… II. ①曾… III. ①动化技术、计算机技术 - 自动化装置与设备

IV. ① Q-49

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

自耦 PID 控制原理及其应用

曾喆昭 著

ISBN 978-99996-49-66-7

责任编辑: 彭 俊

责任校对: 黄日成

装帧设计: 陈斯若

出版发行: 澳门科学出版社

地 址: 澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网 址: <https://www.mospbs.com>, <https://moaj.mospbs.com>

总 机: +853-62961666

印装公司: 澳门翰林出版集团有限公司

开 本: 787mm×1092mm1/16 印 张: 35.75

字 数: 652 千字 印 数: 1~3000

版 次: 2026 年 07 月第 1 版

印 次: 2026 年 07 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题, 请联系本社销售中心。

版权所有, 违者必究

作者介绍



曾喆昭(1963.9), 湖南蓝山人, 博士、二级教授, 自耦PID控制理论创始人, 中国精品科技期刊F5000 顶尖学术论文作者。

主要研究方向: 超级PID控制技术与应用

Email: 508984293@qq.com; zengzhzh@csust.edu.cn。

1987.6、1989.12、2008.12 先后毕业于湘潭大学、清华大学、湖南大学, 分别获物理学理学学士、固体物理学理学硕士、电路与系统学科工学博士。

作者从2008年开始从事PID优化控制, 2012年开始先后从事滑模优化控制与自抗扰优化控制。2017年初使用三类优化控制方法对同一系统进行优化控制, 根据控制结果的比较分析, 发现了传统PID控制方法存在参数鲁棒性差的突出问题: 在外部扰动期间, PID控制器参数一直在实时变化, 而滑模控制器与自抗扰控制器的参数都具有良好的鲁棒性。该发现让好奇的我开始对传统PID控制理论萌发了质疑的动机, 同时也激励自己要深入探索传统PID控制理论存在的缺陷问题, 并梦想发明一类控制系统结构简单且参数鲁棒性良好的先进PID控制器。

经过近一年的日夜研究, 于2017底年发现了引起PID参数鲁棒性差的根本原因: 一是视比例增益为无量纲参数; 二是视比例、积分、微分增益为相互独立参数。发现问题的目的在于科学解决问题: 一是科学定义比例增益的量纲; 二是建立比例、积分、

微分增益之间的内在关系。根据这两个思想观点,2018年首次提出了基于速度因子的PID参数镇定方法,发明了原创性的PID参数镇定模型,初步建立了基于速度因子的自耦PID (SCPID或ACPID)控制理论体系。研究成果先后发表在自动化学报、控制理论与应用等权威与重要期刊,并获中国发明专利授权。

近5年来,带领研究生团队使用自耦PID控制理论获得了不少应用研究成果,在CSCD期刊发表学术论文40余篇,被引400余次。通过应用研究,发现了系统快速性与系统超调之间的矛盾。为了解决该矛盾,专著第3章与第4章分别提出了增量式自耦PID控制方法,基于指令滤波的超级PID控制方法,完善了自耦PID控制理论体系,开创了基于系统时间常数(牛鼻子)的控制科学发展方向,颠覆了各类复杂抽象控制理论在黑暗中摸索的艰难局面。

目录

第 1 章 PID 控制理论及其局限性分析

1.1 被控系统的物理属性分析	14
1.2 PID 控制器的物理属性分析	16
1.3 传统 PID 控制系统存在量纲冲突问题	17
1.4 PID 控制系统存在不协调控制机理	18
1.5 纠错 PID 控制理论概念的科学设想	18

第 2 章 自耦 PID 控制理论

2.0 几个新的物理概念	24
2.1 自耦 PI 控制系统	30
2.2 自耦 PD 控制系统	50
2.3 自耦 PID 控制系统	64
2.4 本章总结	88

第 3 章 增量式自耦 PID 控制原理

3.1 自耦 PID 控制理论及其应用概况	90
3.2 IACPI 控制原理与仿真实验	92

3.3	IACPID 控制原理与仿真实验·····	107
3.4	本章总结·····	119

第 4 章 超级 PID 控制原理

4.1	控制系统的性能指标·····	128
4.2	ACPID 控制理论的局限性分析·····	130
4.3	超级 PID 控制理论的设想与实现·····	131
4.4	超级 PI 控制理论·····	134
4.5	超级 PD 控制理论·····	149
4.6	超级 PID 控制理论·····	161
4.7	本章总结·····	174

第 5 章 永磁同步电机控制方法

5.1	国内外研究现状·····	175
5.2	PMSM 模型及其等效映射·····	176
5.3	PMSM 转速控制系统设计与分析·····	178
5.4	PMSM 位置控制系统设计与分析·····	198
5.5	直线电机控制系统设计与分析·····	218
5.6	本章总结与展望·····	230

第 6 章 永磁同步直线电机控制方法

6.1	国内外研究现状·····	238
6.2	PMSLM 模型及其等效映射·····	240

6.3	PMSLM 位置控制系统设计与分析·····	242
6.4	本章总结·····	268
第 7 章 双向 DC/DC 变换器控制方法		
7.1	国内外研究现状·····	273
7.2	直流微电网系统·····	274
7.3	IACPI 双环控制系统设计·····	278
7.4	超级 PI 双环控制系统设计·····	279
7.5	单环控制系统设计·····	292
7.6	本章总结·····	314
第 8 章 大时滞系统控制方法		
8.1	国内外研究现状·····	319
8.2	一阶时滞系统的 ACPI 控制方法·····	321
8.3	一阶时滞系统仿真实验与分析·····	324
8.4	一阶时滞系统的 SPID 控制方法·····	344
8.5	二阶时滞系统的 ACPID 控制方法·····	349
8.6	本章总结·····	357
第 9 章 TORA 与倒立摆的 ACPID 控制		
9.1	国内外研究现状·····	361
9.2	TORA 系统控制原理·····	362
9.3	TORA 系统控制的进一步讨论·····	377

9.4 倒立摆控制原理·····	383
9.5 本章总结·····	396
第 10 章 三类无人机的 ACPID 控制方法	
10.1 国内外研究现状·····	399
10.2 固定翼无人机控制原理·····	400
10.3 垂直起降 (VTOL) 无人机控制原理·····	418
10.4 四旋翼无人机控制原理·····	434
10.5 本章总结·····	447
第 11 章 无人船的 ACPID 控制方法	
11.1 国内外研究现状·····	452
11.2 问题描述·····	453
11.3 欠驱动船舶的 ACPD 控制系统·····	457
11.4 仿真实验与分析·····	459
11.5 本章总结·····	466
第 12 章 五类二维自耦 PID 末制导方法	
12.1 国内外研究现状·····	469
12.2 问题描述·····	470
12.3 强追踪打击的增量式 ACPI 末制导方法·····	474
12.4 超前追踪打击的增量式 ACPI 末制导方法·····	487
12.5 跟踪期望 LOS 角的超级 PID 末制导方法·····	490

12.6	准平行接近法的增量式 ACPI 末制导方法·····	496
12.7	平行接近法的增量式 ACPI 末制导方法·····	501
12.8	本章总结·····	507

前 言

比例-积分-微分(Proportional-Integral-Differential, PID)控制理论问世近百年来,已在电力、交通、机械、石油、化工、冶金、航空航天、武器装备等广泛工业控制领域发挥了巨大作用。迄今为止,约95%的工业控制器都是PID控制器。然而, PID参数鲁棒性差导致PID参数镇定困难的突出问题,一直困扰着从事控制理论与控制工程领域的专家学者和工程技术人员。近30余年来,随着微电子技术 with 计算机技术的高速发展,国内外学者在PID参数优化方面做了大量研究工作,并获得了有效的研究成果。

作者于2008年开始由智能计算改行从事PID优化控制,先后提出了基于PID神经元和非线性PID神经元的优化镇定控制策略,并先后获得国家自然科学基金主任基金项目、湖南省自然科学基金项目、长沙市科技计划重点项目的资助。2012年开始先后从事自抗扰控制(Active Disturbance Rejection Control, ADRC)与滑模控制(Sliding Mode Control, SMC)的参数优化镇定研究,先后获湖南省科技计划项目与湖南省教育厅重点项目资助,系列研究成果发表在控制理论与应用、控制与决策、控制工程等期刊上。

上述三类控制方法都属于控制论范畴,都是基于误差来消除误差的控制论方法。其中,传统PID控制属于线性PID控制,ADRC与SMC都属于非线性PD控制,都有各自突出的优点与明显的缺点,具体如下:

2019

历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

· 粤港澳大湾区 · 发展规划纲要

解读2019年新发布《粤港澳大湾区发展规划纲要》

★★★★

大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。**

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.



全球发行 · Publishing worldwide



由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.



- 呼吸系統基本基礎與臨床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 臨床腫瘤護理學 Clinical oncology nursing
- 感染性皮膚病學 Infectious dermatology
- 內分泌系統疾病 Endocrine system disease



- 實用小兒內科學 Practical pediatric internal medicine
- 消化系統疾病診療學 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 現代中醫診斷學 Modern diagnostics of traditional Chinese medicine
- 皮膚修復與再生 Skin repair and regeneration

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售纸质印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.



填写信息
Information Filling



签订合同
Contract Signing



支付费用
Payment



提交书稿
Submitting



内容校对
Proofreading
内容排版
Content Layout
封面设计
Cover Design



申请书号
ISBN Apply



印刷出版
Printing



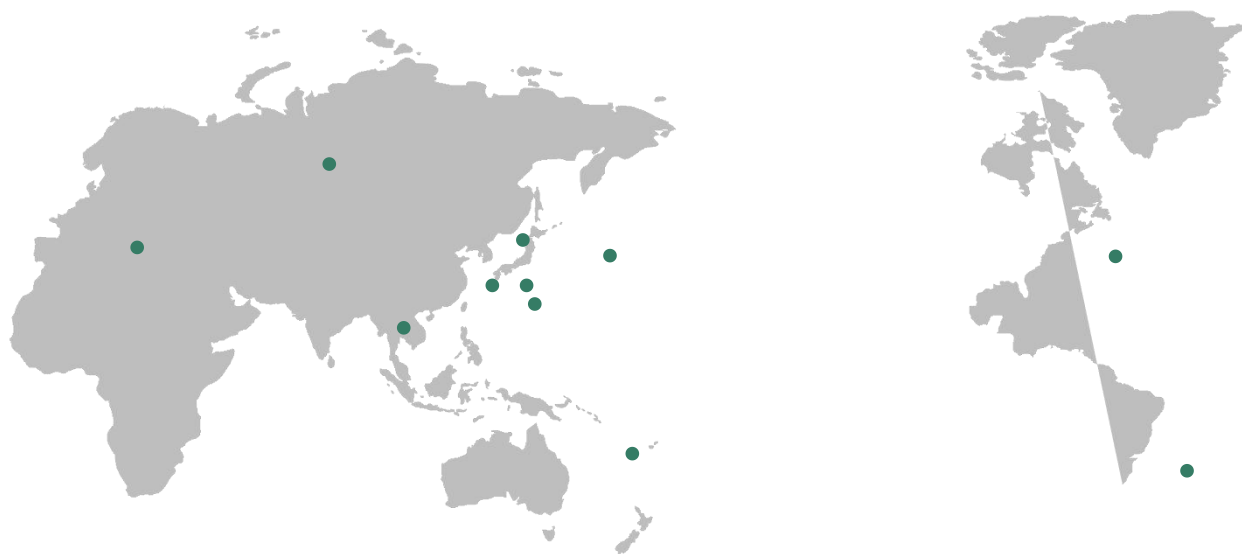
馆藏存档
Archives



上架发行
Publication

澳门科学出版社 MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”



正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 - 优质
- 中华“强国文化”输出战略 - 翻译后国际出版
- 数字教材 - 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部

电话：0853-62961666（澳门）

邮件：book@mospbs.com

地址：中国澳门南湾大马路恒昌大厦F座11楼

网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，
若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。