

附件二：

浙江大学_2015_年优秀博士学位论文推荐表

论文题目		PLS 隐变量空间模型预测控制算法研究			
论文英文题目		Model Predictive Control in the PLS Latent Variable Space			
作者学号 ^①	作者姓名	获得博士学位日期	论文涉及的研究方向		
11032024	池清华	2015 年 6 月 30 日	过程建模和控制		
一级学科或专业学位类别代码	一级学科或专业学位类别名称	二级学科或专业学位领域代码	二级学科名称或专业学位领域名称		
0811	控制科学与工程	081101	控制理论与控制工程		
指导教师（组）姓名 ^②		梁军 教授			
申请学位时论文评阅结果		优秀（4）人	良好（1）人	其他（0）人	
作者攻博期间获得与学位论文密切相关的代表性成果 ^③	序号	成果名称 ^④	成果出处 ^⑤	获得年月 ^⑥	查询信息 ^⑦
	1	Multi-Loop Nonlinear Internal Model Controller Design Based on a Dynamic Fuzzy Partial Least Squares Model IF: 2.348	Chemical Engineering Research and Design	2013.12	WOS:000329882400026
	2	A Model Predictive Control Approach with Relevant Identification in Dynamic PLS Framework IF:1.814	Control Engineering Practice	2014.01	WOS:000329385200017
	3	A Two-level Measurement-based Dynamic Optimization Strategy for a Bioreactor in Penicillin Fermentation Process IF:1.098	Chinese Journal of Chemical Engineering	2015.01	WOS:000349604400016
	4	A Multiple Model Predictive Control Strategy in the PLS Framework IF:2.653	Journal of Process Control	2015.01	WOS:000348962000013
	5	Latent-variable Nonlinear Model Predictive Control Strategy for a pH Neutralization Process IF:1.556	Asian Journal of Control	2015.03	WOS:000363796100034
论文主要创新点	(1) 基于动态 PLS 框架，提出了一种隐空间 GPC 控制策略。建模阶段，为了提高模型的多步向前预测能力，进而提高 GPC 的控制性能，采用了模型预测控制相关辨识（MRI）方法，并对隐空间 MRI 方法进行了频域分析。隐空间中多个 SISO 并行运行的特性，使得 GPC 控制律的求解时间比传统方法少得多，这对 GPC 的在线应用是很有意义的，而且这种隐空间方法的控制性能并不会比原始空间下降很多。 (2) 对于基本的隐空间 GPC 方法，进行了一些闭环理论分析，包括回路灵敏度分析、鲁棒性和稳定性分析。然后从抑制高频扰动和噪声，提高系统鲁棒性的角度出发，提出了两种改进算法。一种是在隐空间 GPC 中引入 C 滤波器，这种方法能在不改变系统标称性能的情况下，提高系统的鲁棒性，但是 C 滤波器参数的选择缺乏系统的理论指导方法，要选择最佳的 C 滤波器参数往往很困难。第二种方法				

	是借鉴内模控制思想，将 GPC 预测模型中的实际过程输出信号替换为模型预测输出信号，并引入误差校正，以减弱噪声和扰动对闭环回路的影响。理论上，这种方法也能在不改变系统标称性能的情况下，提高系统的鲁棒性。这种方法与 C 滤波器相比，可能更适用于实际过程。 (3) 对于动态非线性过程，传统的基于单个线性模型的 MPC 只能在较小的运行区域内得到满意的控制效果。对于这一问题，我们先后提出了两种改进方法。首先是提出一种 PLS 隐空间多模型切换 MPC 算法。在每一个工作点，先分别辨识一个 PLS 动态模型，并设计相应的预测控制器。然后提出了一种基于过程输出信号的 Hotelling T² 统计量的切换指标，它可以根据当前系统运行的区域自动选择最匹配的模型/控制器，从而保证了模型的正确性，使得系统能获得满意的控制品质。更重要的是，该算法延续了基本的 MPC 算法，仍然是用二次规划求解，适于工程实际应用。而且该方法无需在线辨识对象的动态特性，实时性好，算法简单，易于实现。 (4) 另外一种处理动态非线性特性的方法是直接采用非线性模型。主要是在 PLS 内模型中，采用 TS 模糊模型来刻画隐变量得分 t 和 u 之间的动态非线性关系，建立了一种 TS-PLS 模型。基于建立的模型，我们利用即时线性化的方法，提出了隐空间模糊 GPC 控制方法，并通过经典的 pH 中和滴定过程，验证了提出的建模方法和控制策略的有效性。在过程非线性特别强的时候，这种方法比隐空间切换 MPC 方法，会有一定的优势。 (5) 我们还分析了隐空间 MPC 方法作为降维控制技术时，可能出现的两个问题。首先，对于强行降维问题，我们从空间投影映射的角度分析了强行降维时出现稳态偏差的原因。然后，对于降维控制中设定值的选择问题，我们指出并不是所有的设定值都是可达的，设定值的选取必须符合建模数据集中存在的线性相关关系，并说明在存在非线性依赖关系时，设定值的选取必须和过程特性相容。
推荐人承诺及所在学院（系）形式审查意见	本推荐人是该学位论文作者□本人 □导师 □所在学院,愿意推荐该学位论文参评浙江大学优秀博士学位论文，并承诺：以上所填全部信息及“代表性成果”证明材料准确无误、真实可靠；本学位论文不涉密，可在互联网上公开评审并全文公示；该学位论文作者攻博至今无学术不端和学术失范行为。如信息不实，愿承担由此带来的一切后果和法律责任。 承诺人签名（或盖章） 池清华 2016 年 03 月 01 日 经学院（系）审查，以上承诺信息属实。 （公章） 年 月 日

学科 学位 评定 委员会 初 评 意 见	学科学位评定委员会主任签字： 年 月 日
学部 学位 评定 委员会 复 评 意 见	学部学位评定委员会主任签字： 年 月 日

填表要求：

- ①如为同等学力申请博士学位者，填写申请号。
- ②如填写“导师组”，应将主导师放在第一位。
- ③“代表性成果”限填作者攻博期间获得的与博士学位论文密切相关、并能反映学位论文水平的成果。可填学术论文、专著、专利、奖励等，但总数不得超过5项，且必须是在规定时间内公开发表（含网络在线发表）或审批的。学术论文请标注影响因子。在规定时间内已录用而未发表的学术论文、已受理而未审批的专利和已公示而无批文的奖励等成果，以及在规定时间内外获得的成果一律不计入。请准确填写各项成果的查询信息，确保按此查询信息能查询到该成果，以便于专家评议时核查。
- ④“成果名称”栏，可填写论文题目、专著名称、专利名称、奖励名称等。
- ⑤“成果出处”栏，可填写刊物名称、出版机构、奖励发放单位等。
- ⑥“获得年月”栏，可填写论文公开发表、专著公开出版、专利授予、奖励获批的具体年月。
- ⑦“成果查询信息”栏，应填写论文检索号、国际标准书号（ISBN）、专利号、获奖证书号等。填写“检索号”时，若论文被SCI、SSCI、EI、A&HCI等检索，则填写论文检索号；否则填写刊物的出版年期。
- ⑧推荐表中最多只能填写5项代表性成果，要求是在攻读博士学位期间获得并与博士学位论文内容密切。已录用而未发表的学术论文、已受理而未审批的专利和已公示而无批文的奖励等成果，以及在取得博士学位后获得的成果一律不计入。