

DEFINITION OF PLANT

NUMBER REACTOR (M-1)
VOLUME (M³) INFLUENT TREATMENT
V(1) INFLUENT TREATMENT
V(2) PARTICULATE
V(3) ALFA(3)
KLA VALUE D-1, CONTROLVALUE FOR O₂ G O₂ M-1
KLA(1) O₂CONTROL(1)
KLA(2) O₂CONTROL(2)
KLA(3) O₂CONTROL(3)
INFLUENT M-1 D-1
RECIPROCATING M-1 D-1
SRT (TOTAL) D
O

活性污泥数学模型

ACTIVATED SLUDGE MODELS ASM1, ASM2, ASM2D AND ASM3

INITIAL CONDITIONS ARE: SINGLE CSTR AERATION TANK

国际水协废水生物处理设计与运行数学模型课题组 著

X INERT FEED 888.89 G COD M-1

X HETEROTROP 1450.31 G COD M-1

X AUTOTROPHI 90.19 G COD M-1

X INE. DECAY 28.45 G COD M-1

X CODPARTICU 38.45 G COD M-1

X ORG N PART 18.3 G N M-1

S CODSOLUBLE 2.62 G COD M-1

S NH4-N 0.41 G N M-1

S NO3-N 37.31 G N M-1

S HCO3- 2.83 G N M-1

S CODINERT 40.00 G COD M-1

S ORG N SOL 0.93 G N M-1

X TOTAL 3196.12 G COD M-1

OBSERVED YIELD

REQUIRED KLA VALUE = 124.9 D-1

OXYGEN REQUIREMENT = 829.2 G O₂ M-1 D-1 TO MAINTAIN 2 G O₂ M-1

EXCESS SLUDGE PRODUCTION = 143.8 G COD M-1 INFLUENT

RESULT OF RELAXATION OVER 10.0 DAYS

EDITED BY

IWA TASK GROUP ON MATHEMATICAL MODELLING FOR DESIGN
AND OPERATION OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

张亚雷 李咏梅 译

TRANSLATED BY

YALEI ZHANG AND YONGMEI LI

COMPOUND	INPUT	REACTOR	1	2	3	
X INERT FEED	40.0	779.7	835.6	821.4	G COD M-3	
X HETEROTROP	96.0	1615.1	1363.3	1354.7	G COD M-3	
X AUTOTROPHI	0.0	100.7	85.0	85.0	G COD M-3	
X INE. DECAY	0.0	826.2	688.6	688.6	G COD M-3	
X CODPARTICU	160.0	82.7	60.9	36.4	G COD M-3	
X ORG N PART	18.3	7.2	5.4	3.0	G N M-3	
CODSOLUBLE	64.0	2.1	3.8	2.7	G COD M-3	
NH4-N	12.5	5.7	2.0	0.4	G N M-3	
NO3-N	1.0	7.8	14.3	18.0	G N M-3	
HCO3-	6.0	5.0	4.3	3.9	MOL HCO3 M-3	
CODINERT	40.0	40.0	40.0	40.0	G COD M-3	
ORG N SOL	10.1	0.7	1.2	0.9	G N M-3	
OXYGEN	0.0	0.0	2.0	3.0	G O2 M-3	

X TOTAL	3624.1	3031.1	2896.1	G COD M-1
O ₂ REQ HETEROTROPHIC	16.0	143.1	135.4	G O ₂ M-1 D-1
O ₂ REQ AUTOTROPHIC	23.5	74.1	76.4	G O ₂ M-1 D-1
O ₂ REQ TOTAL	39.5	1174.1	820.1	G O ₂ M-1 D-1
DENITRIFICATION RATE	119.0	19.6	10.3	G N M-1 D-1

同济大学出版社

活性污泥数学模型

ACTIVATED SLUDGE MODELS
ASM1, ASM2, ASM2D AND ASM3

国际水协废水生物处理设计与运行数学模型课题组 著

EDITED BY

IWA TASK GROUP ON MATHEMATICAL MODELLING FOR DESIGN
AND OPERATION OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

张亚雷 李咏梅 译

TRANSLATED BY

YALEI ZHANG AND YONGMEI LI

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

活性污泥数学模型/国际水协废水生物处理设计与运行数学模型
课题组著. 张亚雷, 李咏梅译. —上海: 同济大学出版社, 2002. 3
ISBN 7-5608-2373-4

I. 活… II. ①国… ②张… ③李… III. 活性污泥-
数学模型 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 091371 号

活性污泥数学模型

作 者 国际水协废水生物处理设计与运行数学模型课题组

译 者 张亚雷 李咏梅

责任编辑 陶文文 **责任校对** 徐春莲 **装帧设计** 陈益平

**出 版
发 行**

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 苏州望电印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9

字 数 230000

印 数 1—2000

定 价 16.00 元

版 次 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2373-4/X·26

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

内 容 提 要

学术专著《活性污泥数学模型》是国际水协多年来研究成果的最新总结,在世界上具有广泛的影响力。它第一次将活性污泥模型 1~3 号(其中,ASM3 为 2000 年最新版本)综合在一起出版。三套模型各成体系,有助于读者在其演化发展中,在进行比较的基础上加深对模型体系的理解。

本书可供环境科学与工程、给水排水、市政工程等领域的科研、教学、设计、运行管理人员参考,亦可作为有关专业的硕士生、博士生的教材。

版权声明

本书为国际水协出版公司独家授权的中文译本。本书的中文专有出版权属同济大学出版社所有。在没有得到本书原版出版者和中文出版者的书面许可之前,任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部内容,不得以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

Copyright © 2000 IWA Publishing

This translation of Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2D and ASM3 is published by arrangement with IWA Publishing of Alliance House, 12 Caxton Street, London, SW1H 0QS, UK, www.iwapublishing.com.

课题组成员名单

IAWPR/IAWPRC Task Group 1982~1990

Mogens Henze(chairman), *Technical University of Denmark, Denmark*

C.P.Leslie Grady, *Clemson University, USA*

Willi Gujer, *Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology, Zürich, Switzerland*

Gerrit v.R. Marais, *University of Cape Town, South Africa*

Tomonori Matsuo, *University of Tokyo, Japan*

IAWPRC/IAWQ Task Group 1990~1996

Mogens Henze(chairman), *Technical University of Denmark, Denmark*

Willi Gujer, *Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology, Zürich, Switzerland*

Takashi Mino, *University of Tokyo, Japan*

Tomonori Matsuo, *University of Tokyo, Japan*

Mark C.Wentzel, *University of Cape Town, South Africa*

Gerrit V.R. Marais, *University of Cape Town, South Africa*

IAWQ/IWA Task Group since 1996

Mogens Henze (chairman), *Department of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark, 2800 Lyngby, Denmark (mh@imt.dtu.dk)*

Willi Gujer, *Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology, 8600 Dübendorf, Switzerland (gujer@eawag.ch)*

Mark van Loosdrecht, *Delft University of Technology, Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands (mark.vl@stm.tudelft.nl)*

Takashi Mino, *University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan (mino@env1st.t.u-tokyo.ac.jp)*

译本序

污水的活性污泥法生物处理,由于具有处理效果好、运行成本低等特点而成为控制环境污染的一项基本与主要的方法。到目前为止,几乎所有的城市污水厂都用活性污泥法处理,因而该法在环境工程中处于非常重要的地位。事实上,近十多年来,活性污泥法有了很大的发展,不仅能去除有机碳,还能同时去除营养物质氮和磷。但在生物处理理论深度的发展上,却还做得远远不够,对生物处理的数学模型研究得也不够。由于污水组分和活性污泥法过程的复杂性,必须开展数学模型的研究,从而更深刻地认识所研究的现象和规律。数学模型有助于描述和理解活性污泥系统的反应过程,对设计提供理论上的指导;模型有助于模拟活性污泥系统的动态变化和对各项水质指标的影响,可以指导实际的生产运行;将模型和控制理论及方法结合起来,就可按处理水质的要求,达到优化运行的目的。无疑,数学模型是一个具有重要理论意义和实用价值的重要工具。

早在1982年,国际水污染控制协会就成立了活性污泥法设计和操作数学模型攻关研究课题组,并于1987年推出活性污泥1号模型,引起了强烈的反响。随着对活性污泥法机理研究的深入、分析测试水平及计算能力的提高,这些年来,该模型也在不断地发展。国际水协相继于1995年推出了活性污泥2号模型,1998年推出了活性污泥3号模型,这些都极大地推动了活性污泥法数学模型的研究。

学术专著《活性污泥数学模型》(ASM1, ASM2, ASM2D, ASM3)是国际水协多年来研究成果的最新总结,在世界上具有广泛的影响力。它第一次将活性污泥模型1~3(其中,ASM3为2000年最新版本)综合在一起出版,三套模型各成体系,有助于读者在模型的演化发展中、在进行比较的基础上加深对模型体系的理解。

我相信,本书在中国的翻译出版,定将有助于我国在污水生物处理的数学模型方面的研究,并推动其在设计及运行管理中的应用。本书由张亚雷、李咏梅翻译,博士生王闯参与了ASM1的翻译工作,国家自然科学基金项目(50008011)提供了资助。在此,谨向国际水协废水生物处理设计与运行数学模型课题组的各位原著作者,以及国际水协出版公司的Michael Dunn先生、Melanie Shiplee女士的支持和帮助表示衷心的感谢!

顾国维

2001年8月

译本前言

我谨代表国际水协废水生物处理设计与运行数学模型课题组的各位成员,对本书中文本的出版表示祝贺,对译者表示衷心感谢!

本书将活性污泥模型 ASM1, ASM2, ASM2D, ASM3 综合在一起出版,是对国际水协活性污泥系列模型研究成果的总结,亦有助于读者理解掌握各套模型的原始体系。

在中国及世界范围内,对活性污泥工艺过程进行模拟,已成为污水处理厂设计和运行不可或缺的重要内容。如今,该模型被广泛应用于活性污泥工艺的设计、控制、教学和研究等各方面。

1982年,国际水污染研究与控制协会(IAWPRC)成立了活性污泥法设计和运行数学模型研究课题组,并于1987年推出活性污泥1号模型;随着对活性污泥模拟研究的深入,继而推出的活性污泥2号及2D号模型更为复杂;活性污泥3号模型则代表了新一代模型研究的开始。

根据我本人的经历,中国有许多高水平的研究人员在从事废水处理工艺模拟方面的研究,希望本书能够进一步推动活性污泥模型在中国的发展。

摩根·汉斯(Mogens Henze)

课题组组长、丹麦技术大学环境科学与工程系主任

2002年1月于丹麦技术大学

前 言

活性污泥模型已成为当今污水处理厂设计和操作运行中不可或缺的重要内容,被广泛应用于设计、控制、教学和研究等各方面。

1. 模型历史发展

1982年,国际水污染研究与控制协会(International Association on Water Pollution Research and Control, 简称IAWPRC, 国际水协以前的称谓)成立了活性污泥法设计和运行数学模型课题组。而在此之前的15年,对活性污泥法进行数学模拟已成为一个学科了,其中,处于研究最前列、最具影响力的是南非开普敦大学 G. v. R. Marais^[1]教授领导的课题组。在那时,各种模型应用较少,这一方面是因为人们对它缺乏认识和信任,另一方面是由于那时的计算机的计算能力不足,还有就是由于模型书面表述的复杂性。

2. 第一个目标

课题组的目的是创建具有脱氮功能、满足未来发展需要的活性污泥模型通用平台,同时,使模型的复杂性也尽可能降到最低。研究结果便是今天众所周知的、有多种称谓的活性污泥1号模型:国际水污染研究与控制协会模型,ASM1,国际水质协会模型……

1985年,在丹麦科勒科勒市(KOLLEKOLLE)国际水污染研究与控制协会的一个专题研讨会上,对模型的框架进行了讨论,并于1987年最终以国际水污染研究与控制协会系列科技研究报告(STR)1号的形式出版。这5年中,发展模型的工作主要包括:与众多专家、学者、专业技术人员探讨,以得到一个可靠的模型平台,概括那些经得起时间考验的详细资料。它推出的不仅仅是模型本身,而且提出了污水特性的描述方法,发展了计算机代码,并提供了一套参数缺省值。至此,仅对模型参数做微小的改动便可得到较准确的结果。

活性污泥1号模型得到了普遍的认同,并广泛作为模型进一步深化发展的基石。现在,虽然几乎没有直接用活性污泥1号模型进行模拟的情况,但对于其他添加了信息的大量模型,1号模型ASM1基本上都是其发展的核心内容。

尤其是随ASM1同时引入的矩阵符号,不但加强了各复杂模型之间的联系,而且使人们有可能将探讨的焦点集中于生物动力学模拟等方面。

3. 生物除磷

在ASM1付诸出版的时候,生物除磷已在一些(很少数)污水处理厂得到了应用。那时,课题组未将这一工艺的理论依据包括在模型中。但从20世纪80年代中期到90年代中期,生物除磷工艺得到了普遍的应用,同时,对工艺基本现象的理解亦更为深刻。于是,在1995年出版了《活性污泥2号模型》一书,它包含了脱氮和生物除磷处理过程。在1994年,活性污泥2号模型刚研究完成的时候,反硝化与生物除磷的内在关系尚不清楚,故此模型未包含这一因素。然而,研究水平发展很快,并且研究及实践结果表明反硝化聚磷菌PAOs是模拟所需要的。正因为如此,2号模型ASM2于1999年被拓展为ASM2D,这其中包括了反硝化聚磷菌。

尽管模型对于单纯脱氮过程并不是非常需要,但由于综合了脱氮和除磷过程的复杂性,模型对于设计和运行控制还是相当重要的。

4. 新的模型平台

经过多年的发展,模型已变得越发复杂,从包括脱氮过程的 ASM1,到包括除磷过程的 ASM2,以及包含反硝化聚磷菌的 ASM2D。1998 年,课题组决定开发一个新的模型平台——活性污泥 3 号模型 ASM3,以便为下一代模型的应用建立工具。活性污泥 3 号模型正是基于对活性污泥工艺的深入的理解。其中值得注意的是,胞内贮存物在生物的新陈代谢中起着极其重要的作用。

5. 模型的益处

活性污泥系列模型的重要影响表现在三个方面。

第一是各活性污泥模型开发人员使用统一的概念、术语和矩阵符号。如果人们都使用各自的概念、符号、平台,在过去的 15 年中活性污泥模型不可能取得如此迅速的发展。

第二是由于使用模型而产生的显著效果。它帮助研究人员进行更有效的试验设计,帮助污水处理厂操作管理人员更好地理解和利用厂里可得的信息——在很多情况下可以发现错误。

第三是模型可用于指导进一步的研究。通过指明研究方向,它将研究的重点集中于一些特定环节,如污水特性,由此派生出很多有趣的研究。

6. 模拟程序

如今,大多数的商业及非商业性相关模拟程序中,基本都包含了活性污泥 1 号、2 号模型或基于 ASM 的模型,这样就很容易根据不同的目标获得模型程序,并加以应用。

7. 模型的未来

本报告于 2000 年年初将活性污泥模型 1~3 综合在一起出版,使读者很容易使用各模型的原版本。课题组也希望藉此能够推广模型的应用,并促进其发展。

这些年来,课题组的成员发生了变化,这反映了在此期间研究的不断深入及进一步发展模型的愿望。ASM3 也并不是活性污泥的最终或“总模型”。同 ASM1 一样,它是一个可用于深化发展的框架结构和平台。许多模型研究应用人员期待得到活性污泥系统的“最终的总模型”。过去 15 年的经验表明,取得新进展的周期越来越短,获得“总模型”也为时不远了。如果本书读者和模型使用者愿意将自己在模拟应用中的心得体会与课题组分享,我们热忱欢迎收到有关活性污泥模型未来深化发展的建议、经验和观点讨论等。

摩根·汉斯(Mogens Henze)

维利·古格(Willi Gujer)

马克·范·洛斯德雷克特(Mark van Loosdrecht)

见野敬(Takashi Mino)

目 录

第一篇 活性污泥 1 号模型^[1]

1.1 总论	(3)
1.2 模型提出的方法	(4)
1.2.1 格式和符号	(4)
1.2.2 质量守恒的使用	(5)
1.2.3 连续性检查	(6)
1.3 结合碳氧化、硝化和反硝化的模型	(6)
1.3.1 模型概念	(7)
1.3.2 数学模型的组分	(9)
1.3.3 模型中的反应过程	(12)
1.4 废水特性和参数值的估计	(15)
1.4.1 废水特性和化学计量系数的估计	(15)
1.4.2 动力学参数的估计	(18)
1.5 典型参数范围、默认值和环境因素的影响	(22)
1.5.1 典型参数值	(22)
1.5.2 默认值	(24)
1.5.3 环境因素的影响	(25)
1.6 假设、限定和局限	(26)
1.6.1 与模型有关的假设和限定	(26)
1.6.2 模型使用的局限	(26)
1.7 活性污泥模型的使用	(27)
1.7.1 复杂流程的模拟	(27)
1.7.2 初始条件的定义	(29)
1.7.3 考虑不同的负荷条件	(29)
1.7.4 数值积分过程中支配步宽的因素	(30)
1.7.5 简化的积分路线	(31)
1.7.6 可行的程序结构	(31)
1.7.7 单个 CSTR 的稳态解	(32)

1.7.8 输出示例.....	(36)
1.8 结论.....	(37)
参考文献	(39)

第二篇 活性污泥 2 号模型^[2]

2.1 总论.....	(43)
2.1.1 背景.....	(43)
2.1.2 概念性方法.....	(43)
2.1.3 限制.....	(44)
2.1.4 符号和定义.....	(44)
2.1.5 声明.....	(44)
2.2 关于活性污泥 2 号模型.....	(44)
2.2.1 模型中的组分.....	(45)
2.2.2 引入 ASM2 的基础	(47)
2.2.3 生物过程、化学计量学和动力学	(49)
2.2.4 磷酸盐的化学沉淀.....	(54)
2.3 活性污泥 2 号模型中典型的污水性质、动力学和化学计量常数	(56)
2.4 活性污泥工艺中污水的水质特性.....	(62)
2.4.1 污水组成的变化.....	(62)
2.4.2 污水的水质特性.....	(63)
2.4.3 模型组分的常规分析.....	(67)
2.4.4 在污水水质特性描述中的溶解性分析工具.....	(69)
2.4.5 没有标准分析方法的模型组分.....	(70)
2.4.6 疑难组分测定/估计的现状	(70)
2.5 活性污泥 2 号模型的验证.....	(72)
2.5.1 验证水平.....	(74)
2.5.2 用非动态数据进行验证(水平 1)	(75)
2.5.3 用动态数据验证(水平 2)	(76)
2.5.4 与温度有关的验证.....	(77)
2.6 模型限制.....	(77)
2.6.1 关于聚磷菌(PAOs)的假设	(78)
2.6.2 与模型结构有关的限制.....	(79)
2.6.3 有效拟合的约束条件.....	(80)
2.6.4 需进一步研究的重要问题.....	(80)

2.7 结论	(81)
--------	------

第三篇 活性污泥 2D 号模型^[3]

3.1 概述	(85)
3.2 概念性方法	(85)
3.3 关于活性污泥 2D 号模型	(86)
3.3.1 模型中的组分	(86)
3.3.2 引入 ASM2 的基础	(89)
3.3.3 生物过程、化学计量学和动力学	(91)
3.3.4 磷酸盐的化学沉淀	(96)
3.4 典型的污水性质、动力学和化学计量学常数	(99)
3.5 模型限制	(105)
3.6 结论	(105)
参考文献	(106)

第四篇 活性污泥 3 号模型^[4]

4.1 概述	(109)
4.2 活性污泥 1 号模型与 3 号模型的比较	(110)
4.3 ASM3 之组分的定义	(111)
4.3.1 溶解性组分 S_i 的定义	(112)
4.3.2 颗粒性组分 X_i 的定义	(113)
4.4 ASM3 之反应过程的定义	(114)
4.5 ASM3 之化学计量学	(115)
4.6 ASM3 之动力学	(117)
4.6.1 易生物降解底物 S_s 估算	(119)
4.7 ASM3 的局限	(120)
4.8 ASM3 的应用	(120)
4.9 ASM3C:一种基于碳元素的模型	(122)
4.9.1 有机碳的定义和度量	(122)
4.9.2 ASM3 到 ASM3C 的转换	(123)
4.9.3 ASM3C 调整的动力学和化学计量参数	(123)
4.9.4 ASM3C 的典型动力学与化学计量参数值	(124)
4.9.5 用 ASM3C 模拟 pH 值	(128)

4.9.6 ASM3C 的局限	(128)
4.10 结论	(128)
参考文献	(129)

-
- [1] 此前出版物: Henze, M., Grady, C. P. L. Jr, Gujer, W., Marais, G. v. R. and Matsuo, T. Activated Sludge Model No. 1 (IAWPRC Scientific and Technical Report No. 1). London: IAWPRC, 1987
- [2] 此前出版物: Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, M. C. and Marais, G. v. R. Activated Sludge Model No. 2 (IAWPRC Scientific and Technical Report No. 3). London: IAWQ, 1995
- [3] 此前出版物: Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, M. C., Marais, G. v. R. and van Loosdrecht, M. C. M. Activated Sludge Model No. 2D. Wat. Sci. Technol., 1999, 39(1), 165~182
- [4] 2000 年最新版本, 不同于此前出版物: Gujer, W., Henze, M., Mino, T. and van Loosdrecht, M. C. M. Activated Sludge Model No. 3, Wat. Sci. Technol., 1999, 39(1), 183~193

第一篇

活性污泥 1 号模型

1.1 总 论

不论采取何种方法,模拟是废水处理系统设计不可或缺的一个步骤。最基础的设计模拟也许仅仅是一个概念,通过这个概念,工程师将一个复杂的系统简化成一种景象来表示系统如何工作,再由这个景象来决定所采用的设计方法。然而,工程师经常认识到,概念模型不能为设计提供足够的信息,于是他们构建物理模型,比如小试反应器或中试处理厂,这样可以测试不同的设计方法。如有足够的时间,这样可以得到完全满意的结果。然而,工程师们发现,时间和资金的限制让他们不能对各种可行的方案进行试验。这样,他们经常转而使用数学模型来进一步确定可行的设计。他们也许通过统计方法模拟物理模型实验获得的结果来创建经验模型,或者当他们对概念的理解足够详细时,会试图以模型为基础,列出机理方程,试图解释发生在系统内部的各主要活动。这些机理模型的功能更强大,因为它可以外推出在物理模型实验条件之外的环境下的设计。通过这个方法,可以迅速估计许多可行的方案,由此,可以选择一个最可靠的方案进行物理模拟实验。

对废水生物处理系统的模拟已多次经历以上各步骤。首先,是仅仅对有机物质的去除;然后,对硝化过程的模拟;第三,对生物反硝化除氮的模拟。废水处理实践已经发展到可以将这些过程在单个污泥系统中完成。由于系统内的相互联系,描述他们的数学模型相当复杂,增加了其应用的难度。然而,只有在对复杂系统进行描述的数学模型中,工程师们才能获得最大的益处。

认识到数学模型带来的好处,同时考虑到使用得不多,国际水污染研究和控制协会(IAWPRC)于1982年成立了一个课题组,其任务是促进模型的发展,推动模型的利用,将模型应用于污水生物处理系统的设计和运行。其首要目标是回顾业已存在的模型,其次是开发一个公认的最简化的模型,能对同时进行碳氧化、硝化和反硝化的单个活性污泥系统的运行作出预测。模型的报告中,清楚地列出包含的反应过程及模型使用的程序。这份报告便是课题组努力的结果。课题组参考了许多研究论文,但由于篇幅限制无法一一列出。因此,课题组只选择列出了那些早先作过翔实调查工作的研究论文,或提出重要新概念的论文。对这些选择,只提出了基本依据与大概内容而没有详细的说明,读者可以通过参考文献来了解其详细内容。课题组讨论的目的也是引导其成员对一些现有的模型进行改进,以提高它们的预测能力。