

银行风险早期预警系统的研究与实现^①

Research and Application of Early Warning System for Bank Risk

胡乐群 李 嘉 王凤朝 (中软融鑫计算机工程有限公司 北京 100081)

刘志清 单继进 (中国银行业监督管理委员会 北京 100021)

摘 要: 单体银行的风险预警在银行风险监管和银行自身风险发现中起着重要的作用,它标志着银行风险管理从事后处置转变为事前防范。本文通过指数模型方法,开展了银行风险早期风险的发现和预警,并在实际的计算机系统上建立了 B/S、C/S 混合结构的应用软件体系,实现了单体银行的早期风险预警,可以对当前运行中的法人银行实体,展开风险分析和报警工作,使监管单位和银行自身可以及早采取各种防范措施。

关键字: 风险管理 计算机系统 预警模型

1 概述

近十年,中国金融市场化改革始终是围绕着放松管制、培育市场化运行机制、消除金融抑制、提升金融效率展开的,并取得了显著进展。一个以市场为基础、多元化的现代金融体系正在逐步形成。与此同时,随着金融业市场化水平和对外开放程度的提高,金融机构间竞争加剧,银行的特许权价值正在不断降低,并在一定程度上带来了金融体系的不稳定性。新兴经济体金融改革的实践表明,“银行危机和货币危机都紧密地‘追随’金融管制的放松”。因此,在金融逐步放松管制的条件下,审慎而有效的进行银行风险的监管是非常必要的。

长期以来,中国银行业总体上一直处于不良贷款率高、盈利能力低和资本严重不足的运行状态。监管工作重点主要是面向高脆弱性银行,以不良贷款“双降”、资本充足率达标为代表的“整治”上面,相应的金融统计监测也主要集中在机构当前风险程度的度量方面。而随着国有银行改革的逐步完成、一大批商业银行在国内外上市、农村金融改革取得阶段性成果,以及其它各类银行业机构改革进程的深入,中国银行业总体整体经营水平和管理能力有了较大的提高,监管工作重心正逐步转移到面向“好”银行潜在问题的

预防上来,变事后救援为事前预防。因此,建立银行风险早期预警系统建设便相应提上了日程。尤其是银行监管非现场信息系统和风险评级系统地投入运行,为我们开展早期预警的研究和实践提供了重要数据基础的保障。

在国外银行早期风险预警的研究已有二、三十年的历史,美国和欧洲许多国家在传统静态风险评估(如 CAMELS 评级)的基础上,逐步引入了正规的早期预警工具,发展出独立的监管预警功能。主要有:(1)静态基准法;(2)动态趋势分析;(3)同质同类比较;(4)情景假设与压力测试;(5)统计模型等等。在风险早期预警系统的实现上,目前主要是依据美国的 CAMELS 评级体系,在 CAMELS 框架下展开的。风险预警功能建设还处在不断探索之中,尚没有形成标准的运行框架。

银行风险早期预警是指,银行监管当局依照相关金融监管法律法规与审慎经营原则,通过选定一系列反映银行风险迹象的指标,运用规范的统计分析方法实现对银行风险早期识别的过程。银行风险早期预警的一个前提是银行风险在一定程度上是可以预测的。虽然每一银行出现问题的原因都不完全相同,但最后都会表现在银行指标的变化上。通过观察这些外部因素或观察银行的变化,可以评估银行是否会发生问题

^① 基金项目:科技部“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAH02A34)
收稿时间:2008-09-16

或何时发生问题。根据银行业风险所引致的后果及影响程度与范围不同, 银行风险早期预警系统可分为两个层次。第一个层次是单体银行风险预警系统, 第二个层次是银行体系预警系统^[1]。本文所涉及的银行风险早期预警系统是专指对单体银行所做的风险识别过程。在软件系统实现上是对筛选的银行风险指标进行指数合成, 通过对临界值的判定来做出银行风险预警。

2 理论与方法

银行风险早期预警系统是一个独立的风险分析系统。从各国监管实践来, 传统的风险评估技术已经发展的比较成熟, 具有确定的程序和方法, 许多国家的风评估都是在 CAMEELS 评级系统下展开的, 对于银行风险的预测具有一定的前瞻性作用。银行风险早期预警系统不是监管评级、风险评估等监管方法的一部分, 而是一个独立的进行银行风险预警和风险分析的工作平台。该系统使用规范的定量分析技术, 在方法和时间周期上突出风险预警的特征, 是对我国银行风险监控技术的新发展。它在实现步骤上分为以下几个部分:

2.1 银行风险预警目标的设定

银行风险预警的是一个层次复杂、目标多样、技术含量非常高的监管工作。它有助于改善监管人员对银行风险未来走向的判断, 并提供出前瞻性的信息。对于不同的监管目标使用的方法技术是不同的。结合国外实践经验, 系统设定了五大预警目标: (1) 银行脆弱性的方向转变; (2) 监管评级的降级识别; (3) 银行的未来破产概率; (4) 面对外部压力的承受力; (5) 银行清偿性危机^[2]。针对不同的预警目标可以选择不同的预警方法甚至不同的风险指标体系。

2.2 预警风险指标设计

预警指标是根据预警目标而设计的, 并考虑预警方法的选择。预警指标分为两类, 一类是先行指标, 另一类是脆弱指标。先行指标反映风险早期预警信号性信息, 但这些指标预报银行问题时并非同步发出警报, 发出信号的指标数量往往逐步增多, 即表现为扩散特征; 同时, 先行指标的预警时间水平较长, 预报的准确性往往较低, 需要对大量先行指标的趋势观察, 而且只需要对指标进行简单的二值判断(是否超过临界值^[3])。脆弱性指标反映银行短期风险状况, 从时间上讲属于同步指标。脆弱性指标以监管评级降级为预

警目标, 反映银行的短期风险状况。

2.3 确定预警风险指标的临界值

临界值的选定对于预警信号的准确发出具有关键作用, 关系到预警信号是否发出, 以及发出预警信号的多少。临界值的设定, 主要参照国内外的法律法规, 以及行业内的经验数据, 同时利用数理统计技术, 使信号噪音比达到最小。

2.4 选择预警方法

预警方法的选择主要考虑预警的目标和预警指标, 以及技术上的可行性、实践效果的好坏, 本系统主要采用扩散指数、合成指数、降级距离和百分位排序四种工具。

2.4.1 扩散指数方法

扩散指数(Diffusion Index, DI): 运用在银行风险预警中是指, 发出预警信号的指标个数占所有预警指标个数的比例。

示性函数: 是指当指标触及临界值时取 1, 未触及临界值时取 0。设 i, j 分别为银行机构序数和预警指标序数, $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, k, x_{ij}$ 为第 i 家银行第 j 个指标值, S_j 是第 j 个指标的临界值, 示性函数可表示为 $I[x_{ij}, S_j]$, 正向、逆向、区间指标计算分别如下:

$$\begin{aligned} \text{正向指标: } I[x_{ij}, S_j] &= \begin{cases} 1 & \text{当 } x_{ij} \leq S_j \\ 0 & \text{当 } x_{ij} > S_j \end{cases} \\ \text{逆向指标: } I[x_{ij}, S_j] &= \begin{cases} 1 & \text{当 } x_{ij} \geq S_j \\ 0 & \text{当 } x_{ij} < S_j \end{cases} \\ \text{区间指标: } I[x_{ij}, S_j] &= \begin{cases} 1 & \text{当 } x_{ij} \notin S_j \\ 0 & \text{当 } x_{ij} \in S_j \end{cases} \end{aligned}$$

S_j 为第 j 个指标的触发区间。

扩散指数^[4]:

$$DI_i = \sum_{j=1}^k w_j I[x_{ij}, S_j] \times 100$$

其中, w_j 是表示指标重要性的权重, $\sum_{j=1}^k w_j = 1$ 。

2.4.2 合成指数方法

合成指数(composite index), 简称 CI, 是根据脆弱性指标中各序列循环波动程度, 并考虑各序列在总体经济活动中的重要性加权(有时不加权)综合编制而成, 以反映总体经济循环波动程度的指标。合成指数要先计算各预警指标的单体指数, 再对各单体指数加权求和得到合成指数。

单体指数计算:

设 i, j 分别为银行机构序数和预警指标序数, $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, k, x_{ij}$ 为第 i 家银行第 j 个指标值, S_j 为第 j 个指标的临界值, 正向指标、负向指标、区间指标计算公式分别如下:

正向指标的计算:

对于“愈大愈好”型指标, 其公式为:

$$C_{ij} = \frac{S_j - x_{ij}}{|S_j|} \times 100$$

负向指标的计算:

对于“愈小愈好”型指标, 其单体指数公式为:

$$C_{ij} = \frac{x_{ij} - S_j}{|S_j|} \times 100$$

区间指标的计算:

对于区间型指标, 设定触发区间 (S_j, S'_j) , 最优区间 (D_j, D'_j) , 则计算公式为:

$$C_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - S_j}{|S_j|}, & \text{若 } x_{ij} < D_j \\ \frac{S_j - D_j}{|S_j|} + \left(\frac{D'_j - S'_j}{|S'_j|} - \frac{S_j - D_j}{|S_j|} \right) \times \frac{x_{ij} - D_j}{D'_j - D_j}, & \text{若 } D_j < x_{ij} < D'_j \\ \frac{S'_j - x_{ij}}{|S'_j|}, & \text{若 } x_{ij} > D'_j \end{cases}$$

如果 $D_j = D'_j = 0$ (如利率敏感性指标), 实际计算中通常简化处理, 将最优区间和触发区间合并。则简化为:

$$C_{ij} = \frac{|x_{ij}| - |S_j|}{|S_j|} \times 100$$

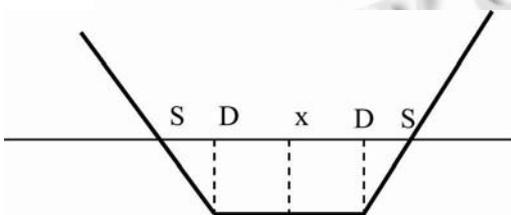


图 1 区间型指标指

合成指数计算^[5]:

合成指数计算公式为各单体预警指数与其权重乘积的总和, 用公式表示为:

$$CI_i = \sum_{j=1}^k w_j C_{ij} = w_1 C_{i1} + w_2 C_{i2} + \dots + w_k C_{ik}$$

其中, w 为权重, $\sum_{j=1}^k w_j = 1, k$ 为指标总个数。

如各指标权重相同, 则(9.5)式简化为:

$$CI_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k C_{ij}$$

2.4.3 百分位排序方法

百分位排序(percentile ranking)预警分析模型, 是通过计算出预警对象各项指标值在同组群(peer group)中之百分位排序及综合百分位排序, 以筛选出应特别关注的金融机构名单。

单项指标百分位排序计算:

设 i, j 分别为银行机构序数和预警指标序数, $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, k, x_{ij}$ 为第 i 家银行第 j 个指标值, 则正向、逆向、区间指标百分位排序分别计算如下:

正向指标的计算:

$$PR_{ij} = \frac{Rank(x_{ij}, x_{1j}, \dots, x_{nj}, 0)}{n} \times 100$$

上式中 Rank(number, ref, order)为排序函数, 返回一个数字在数列中的排位, Order 取 0 为降序排列, 取 1 为升序排列, 以下计算公式中表述相同。

逆向指标的计算:

$$PR_{ij} = \frac{Rank(x_{ij}, x_{1j}, \dots, x_{nj}, 1)}{n} \times 100$$

区间指标的计算:

设指标区间为最适区间为 (r_1, r_2) , 将指标 x_{ij} 转化为 x'_{ij} :

$$x'_{ij} = \begin{cases} 0 & r_1 < x_{ij} < r_2 \\ \left| x_{ij} - \frac{r_1 + r_2}{2} \right| & x_{ij} < r_1 \text{ 或 } x_{ij} > r_2 \end{cases}$$

可看出 x'_{ij} 等同于逆向指标, 计算 PR_{ij} 如下:

$$PR_{ij} = \frac{Rank(x'_{ij}, x'_{1j}, \dots, x'_{nj}, 1)}{n} \times 100$$

全部指标综合百分位排序计算^[6]:

设考察银行各预警指标百分位排序加权求和为 S_i , 即 $S_i = \sum_{j=1}^k w_j PR_{ij}, w_j$ 各指标权重为, $\sum_{j=1}^k w_j = 1$, 则全部指标综合百分位排序计算如下:

$$PR_i = \frac{Rank(S_i, S_1, \dots, S_n, 1)}{n} \times 100$$

在运用百分位排序法时, 如果同质银行指标序列的顺序统计量中存在“结”(重复数)应采用平均“结序”修正上述单项及综合计算公式。

2.4.4 降级距离方法

降级距离预警法，是通过多维空间中两点间距离的度量，进行降级预警。具体就是分别计算银行指标点到最优状态点的距离和最差状态点到最优秀状态点的距离，再把两个距离相比求得降级距离指数，然后根据指数是否超过预警触发值来进行预警。

当各变量的测量值相差悬殊时，常需要先对数据标准化，然后用标准化后的数据计算距离。设 $i、j$ 分别为银行机构序数和预警指标序数， $i=1、2\cdots n、j=1、2\cdots k$ ， x_{ij} 为第 i 家银行第 j 个指标值，则正向、逆向、区间指标标准化分别如下：

正向指标的标准化

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$$

逆向指标的标准化

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$$

区间指标的标准化

设指标的最适区间为 (r_1, r_2)

$$x'_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - r_2}{\max(x_{ij}) - r_2} & x_{ij} \geq r_2 \\ 1 & r_2 \geq x_{ij} \geq r_1 \\ \frac{r_1 - x_{ij}}{\min(x_{ij}) - r_1} & x_{ij} \leq r_1 \end{cases}$$

降级距离^[7]：

指标向量 x_i 与向量的欧氏距离定义为：

$$d_{ii} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_{ij}^*)^2}$$

最差状态点 P_* 与最优状态点 P^* 欧氏距离为：

$$d_* = \sqrt{\sum_{j=1}^k (p_j^* - p_{j*})^2}$$

银行指标点 X_i 与最优状态点 P^* 欧氏距离为：

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - p_j^*)^2}$$

降级距离指数为： $V_i = d_i / d_*$

2.5 产生预警信号

由于预警方法的多样性，产生的预警信号将组成预警组合，通过标准的输出方式，对银行机构的潜在风险状况做出标识，供监管人员使用。

银行风险早期预警工作流程如下图所示：

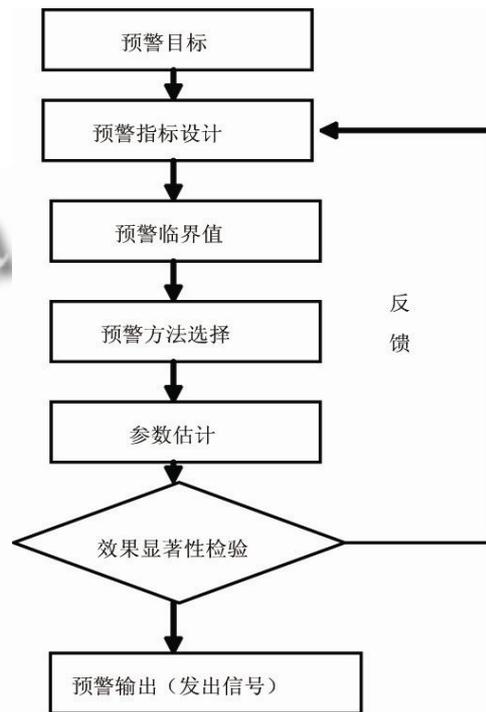


图 2 工作流程图

3 银行风险早期预警系统架构与功能

银行风险早期预警系统采用 B/S、C/S 混合架构。其中 B/S 以 J2EE 为基础开发平台，实现了数据持久层、数据访问层、业务逻辑层、页面表示层的分离，使系统具有良好的扩展性和可维护性。在以 J2EE 作为基础开发组件，WebWork + Spring + Ibatis 作为基础开发框架，Spring 提供 bean 的集中配置化管理和 Ibatis 提供对数据访问组件的 SQL 配置化管理的基础上，采用基于 WebWork 的 MVC 机制和 Eclipse 作为集成开发环境，B/S 系统实现了 ETL 及 WEB 预警分析展示功能。在 /CS 系统上则以 Microsoft Visual Studio 的 .net 作为基础开发组件实现了客户端元数据管理，指标和模型库建立及模型计算引擎等功能。

银行风险早期预警系统是一个典型的三层(展现层、业务逻辑层、数据层)架构布局，细分起来又可以

分为分析展现层、功能服务层、知识管理层、基础服务层和数据存储层，其结构如下图所示：

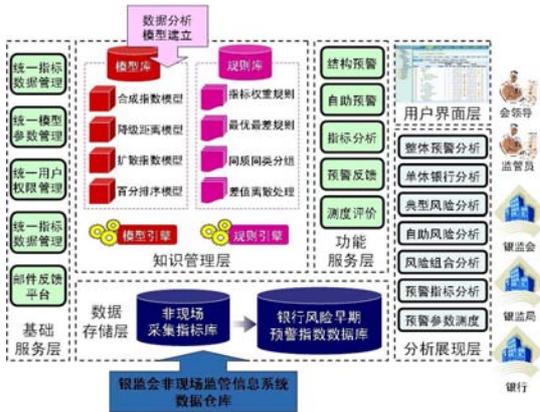


图 3 系统架构图

在银行风险早期预警系统的业务功能上，设计了结构化预警、风险源分析、风险指标分析、预警行动反馈管理、系统参数管理、模型管理、指标管理、报表管理、数据抽取等九大功能，具体的软件功能结构如下图所示：

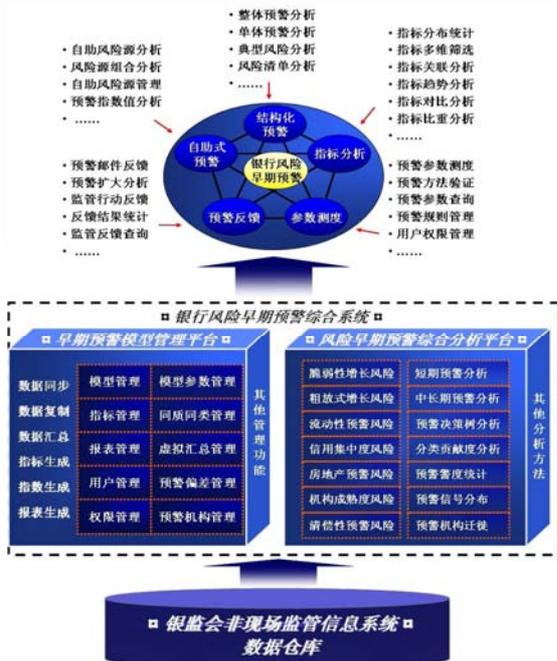


图 4 功能结构图

4 应用范例

根据国内外单体银行风险预警的研究理论和具体实践，分别选择 24 个先行指标和 23 个脆弱性指标作为银行各个方面风险的分别度量，并根据国际通行标

准和以往银行监管的经验确定出了这些风险指标的临界值。通常先行指标的权重是等同的，即他们的权重都是 1，而脆弱性指标的权重是根据商业银行监管评级指标中的权重，并通过相关显著性检验来确定最优值。它们分别是 24 个先行指标：

表 1 先行性指标表

指标	权重	临界值(%)
贷款组合的变化比例	1	15.00
贷款余额增长率	1	30.00
贷款权益比	1	1250.00
人均资产增长率	1	30.00
正常贷款迁徙率	1	3.70
住房按揭贷款占比	1	15.00
新发放贷款不良率	1	1.20
贷款集中度	1	200.00
全部关联度	1	35.00
存款增长率	1	40.00
表外风险资产增长率	1	90.00
外汇贷款占比	1	20.00
非核心负债依存度	1	55.00
一年内流动性缺口比例	1	-15.00
最大十家同业拆入	1	15.00
余额占负债比	1	2-5.5
存贷利差	1	50.00
成本收入比	1	15.00
利率风险敏感度	1	20.00
关注类贷款占比	1	7.00
现有流动性与总负债比率	1	75.00
存贷比	1	3.00
新形成不良贷款率	1	15.00
同业存款占总负债比率	1	15.00
并表前后资本充足率差异	1	15.00

分别采用合成指数模型、扩散指数模型、降级距离指数模型和百分位排序模型四种方法对相应的指标进行计算，按照不同的风险预警目标得到了不同方向上的银行风险状态，对于那些超过预警值的银行做出了不同风险方向下的预警。

下表为 23 个脆弱性指标：

表2 脆弱性指标表

指标	权重 (%)	临界值(%)
资本充足率	20.00	8.80
核心资本充足率	16.00	4.80
不良贷款率	8.00	8.00
不良资产率	6.00	6.00
正常贷款迁徙率	2.00	3.70
次级类贷款迁徙率	2.00	23.00
可疑类贷款迁徙率	2.00	8.70
单一集团客户授信集中度	2.00	13.00
授信集中度	2.00	200.00
全部关联度	4.00	35.00
贷款损失准备充足率	6.00	100.00
资产损失准备充足率	6.00	100.00
资产利润率	6.00	0.60
资本利润率	3.00	11.00
成本收入比	3.00	50.00
风险资产利润率	1.00	0.90
流动性比例	3.00	28.00
核心负债依存度	2.00	45.00
流动性缺口率	1.50	-15.00
人民币超额备付金率	1.00	2.00
本外币合计存贷款比例	1.50	69.00
利率风险敏感度	2.00	15.00
累计外汇敞口头寸比例	2.00	20.00

5 评价与展望

上述实现的银行风险早期预警系统可以有效地针对风险监管的不同要求,从不同角度描述银行面临的风险状态,这不仅对于银行监管部门有的放矢地进行银行运行约束,提出合理有效的整改措施有着重要的作用,也对银行自身发现可能潜伏的风险有着积极的意义。预警系统为监管当局快速识别潜在的高风险银行群体提供了实用的工具。通过对众多银行进行全景式的“扫描”,预警系统能够在短时间内将潜在高风险银行与低风险银行区分开来。监管实践表明,预警系统对于判别众多中小银行的风险状况更为有效,而大银行由于其风险的复杂性,需要更多地加入监管人员的定性判断。但无论如何,银行风险早期预警系统提

供了前瞻性风险信息,应被视为监管循环中不可或缺的环节,是监管部门银行风险监测的重要工作平台。

目前系统装载的基于指数方法的预警模型,对于全面分析单体银行风险和以后需要分析的银行体系风险都还有所不足,需要进一步发展各种统计分析模型、人工神经网络模型以及各种情景模拟和评估技术。这对长于流程或交易管理的中国软件业,无疑是一种挑战。这种 B/S、C/S 混合结构的软件体系是解决这类问题的有效工具,但其对数据仓库、数据挖掘的新需求,使得我们需要一个与过去不同的角度来看待所谓的商业智能问题的解决方案。

基于关联模型、优化模型、模拟方法和评估方法的分析软件平台,在风险管理中发挥着重要的作用。这类软件随着我国软件行业的发展和企业管理水平的提高,将成为未来一个十分活跃的分支,在软件市场上占有的份额也将逐步扩大,同时也给我们在其功能实现上也提出了更多新的问题,需要我们引入新的技术和方法。可以预见,早年倡导系统工程年代所提出决策支持系统,将会被重新认识,在风险管理中发挥重要的作用。

参考文献

- 1 Gaytán A, Johnson CA. A Review Of the Literature On Early Warning Systems For Banking Crises. Central Bank Of Chile Working Papers, 2002,183:2-5.
- 2 Financial Services Authority. The FSA's Risk Assessment Framework, 2006:5-10.
- 3 Official of the Comptroller of Currency, Early Warning System Proceture, 2000.
- 4 Sahajwala R, Bergh PVD. Supervisory Risk Assessment and Early Warning Systems. Basel Committee on Banking Supervision Working Papers, 2000, 4:3-20.
- 5 Johnson RA, Wichern DW. 陆璇译.实用多元统计分析.北京:清华大学出版社, 2001.
- 6 托马斯.信用评分及其应用.北京:中国金融出版社, 2001:103.
- 7 吴静鸣.我国商业银行风险的早期预警模型研究[博士学位论文].厦门:厦门大学, 2003:48-50.