

## 第三届“ScienceWord 杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

#### 承 诺 书

我们仔细阅读了第三届“ScienceWord 杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站([www.madio.net](http://www.madio.net))公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛报名号为：1286

参赛队员（签名）：

队员 1：周浩

队员 2：仲维凯

队员 3：刘金凤

参赛队教练员（签名）：黄宜坤

参赛队伍组别：大学组

## 第三届“ScienceWord 杯”数学中国

### 数学建模网络挑战赛

### 编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛号码：（请各个参赛队提前填写好）：1286

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

# 2010 年第三届“ScienceWord 杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 高校图书馆的智能服务

关 键 词 线性回归 流通效用 泊松流 图书预约

## 摘 要：

本文针对图书馆图书预约对图书流通的影响问题进行了分析研究，主要运用一元线性回归模型，流通效用公式。通过对本题所给的数据整理分析，提出设想，进而验证。

首先，我们对所给的数据分三种图表形式表示：表格型，折线图，散点图。通过分析，我们认为图书类型是主要影响预约数量的因素，在此基础上利用线性回归模型分析预约到数量与预约总数的关系。通过数据计算，得出线性回归模型，拟合效果较好。进而分析讨论图书预约对图书流通的影响，研究了图书流通效用，以便于在提高流通率的同时流通效用也要高。

基于图书预约的研究和第一阶段的问题，我们设计了新的图书管理方案，涉及到图书的预约，续借等方面。我们运用经典的泊松流模型讨论了合理的续借图书时间，以便于其他学生，老师的利用，这样也有助于提高图书的流通效用，让大家更好的利用知识资源。在处理超期问题上，总结利用一些相关罚款制度，提出新的罚款方式，有利于图书的及时归还。

最后，我们进行了相关总结。文中对数据运算的精确度不高，导致结论不是很完善。另外，考虑的因素不全面，也影响着最终的结论。

参赛队号 1286

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

所选题目 C

## 一、问题的提出与重述

图书馆源于保存记事的习惯。图书馆是为读者在馆内使用文献而提供的专门场所。而高校的图书馆为教学和科研服务，具有服务性和学术性强的特点。

现在的高校图书馆存在着许多不良的现象，读者借阅图书资料时超过规定借阅期限后不归还就是一种普遍现象。处理超期罚款是流通服务中常遇到的事，超期罚款可以使读者尽快归还图书馆的图书资料，保证有需要的读者可以利用到它，实用资源共享和信息资源利用率的提高。由于借阅图书超期原因众多，考虑到高校的特点，超期原因大体上有以下三类：1、无意错过还书期限；2、由于教学科研需要，长期使用；3、由于罚款数目较少，所以故意拖延，因此特殊情况则需酌情处理。图书超期现象虽是小事，但处理不当会影响图书馆与读者之间的关系，从而影响图书馆的声誉，以及馆藏资源的利用率，最终影响图书馆功能的正常发挥。

图书是图书馆最基本的文献资源，其流通率的高低反映图书馆藏书质量和服务水平，高校图书馆要在实际工作中，针对影响图书流通率的各因素，不断采取行之有效的措施和方法，提高图书流通率，最大限度地满足高校师生对图书资源的需求，这样才能在教学和科研工作中发挥自己应有的作用。随着信息时代的到来，图书馆的发展也进入了一个新时期，各个图书馆都已先后完成了回溯建库工作，同时也开通了网上预约书的服务，图书的预约服务也逐渐普及，在国内高校中图书预约系统被普遍采用，书籍一旦被预约，就不能再续借。因此，建立合理的数学模型，来评价图书预约系统对提高图书流通率的作用是至关重要的。

通过总结利用第一阶段问题相关结论，针对图书的预约，续借，以及超期现象的处理等方面问题建立合理的管理方案，将图书超期现象的发生率降到最低，在此基础上提高图书利用率。

## 二、模型的假设与符号说明

### 2.1 模型的假设

1假设题目附件中所给的数据全部准确无误；

2假设某图书复本量足够

3同现实图书流通中一样，读者在任意时刻都可以通过网络查询是否有其他读者预约该书。

4图书馆有且只有一本某种众多读者爱好的图书，读者在 $t = 0$ 时刻向图书馆借了该书，持有期为 $T$ ，也就是最晚在时刻 $T$ 需将书归还。

5读者在借书期间有一次续借机会，可以在 $t \in [0, T]$ 的任意时刻加以使用，如果续借时没有人预约，则从续借之时开始他还能继续持有该书的时间长度为 $T$ ，也就是说该读者拥有该书的总时间长度将会是 $t + T$ 。当然，如果该读者在决定续借前已经有读者预约，则续借机会失效，该读者拥有该书的总时间长度为 $T$ 。

### 2.2 符号说明：

1  $P_u$ ：某类图书的利用率，指馆藏某类图书在一定时期内被借阅天数和总可借阅天数的

$$\text{比值 } P_u = \frac{D_u}{D_{total}} \times 100\%$$

2  $D_u$ ：为该类图书所有图书总流通时间（各册图书总借出天数之和）； $D_{total}$ 为该类图书

所有总可流通时间 (图书册数3 计划天数)

$P_s$  学科属性对图书流通效用的影响度

3  $P_i$  某类图书的周转率,  $S_i$  为该类游戏所有总周转次数 (各册图书总借出次数之和) ;

$S_{total}$  为该类游戏所有总可周转次数 (图书册数3 计划天数)

5  $D_i$  为第  $i$  类身份读者借阅某类各册图书总天数之和;  $W_i$  为第  $i$  类身份读者的流通效用权重;  $W_{av}$  为不同身份读者的流通效用平均权重, 一般取0.5。

6  $S_i$  为第  $i$  类身份读者借阅某类各册图书次数之和;

7 各种身份读者效用权值:

教学、科研人员: 高级(110)、副高级(019)、中级(017)、初级(015)、其他(013)

教辅人员: 高级(019)、副高级(018)、中级(016)、初级(014)、其他(012)

学生: 博士及博士后研究生(017)、硕士研究生(015)、本科生(013)、专科生(012)

8 A马列类 B哲学类 C社科总论 D政治法律 E军事 F经济 G文化、科学、教育、体育 H语言、文字 I文学 J艺术 K历史、地理 N自然科学总论 O数理科学和化学 P天文学、地球科学 Q生物科学 R医药、卫生 S农业科学 T工业技术 U交通运输 V航空、航天 X环境科学 安全科学 Z综合性图书

### 三、问题分析

基于假设的条件下, 讨论图书预约是否与图书类型相关。由于借阅超期影响着图书的预约, 并且不同的因素对借阅超期的影响也不同, 故图书的预约也因之而不同。因此解决图书预约系统对图书流通的作用, 要在假设的基础上, 根据第一阶段的问题, 设定变量, 得出一个局部模型——图书流通效用模型, 然后通过数据分析讨论该局部模型, 进而讨论图书流通与图书预约系统之间的相互关系。因此要综合多方面因素考虑, 使其达到理想的效果, 更好的满足读者的需求。

### 四、模型建立和求解

#### 4.1.1 数据整理

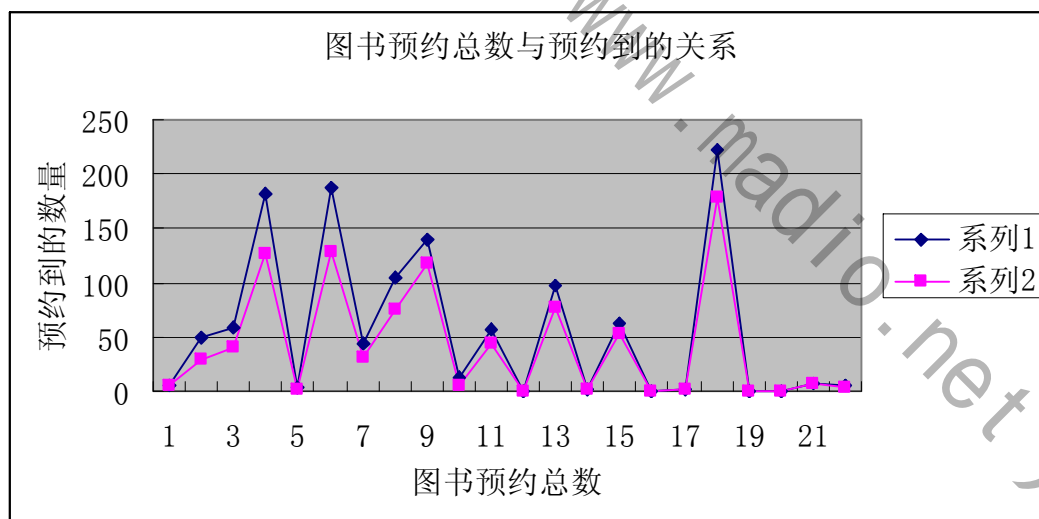
我们将附件中的数据进行简单整理, 选取比例高的图书类型作为研究对象, 使得其符合局部的模型。数据表示如下:

图书类型	预约到的比例			已外借的比例		
	2008 年	2009	2010	2008	2009	2010
数理科学和化学	51.02%	44.33%	41.67%	64.10%	61.43%	60.98%

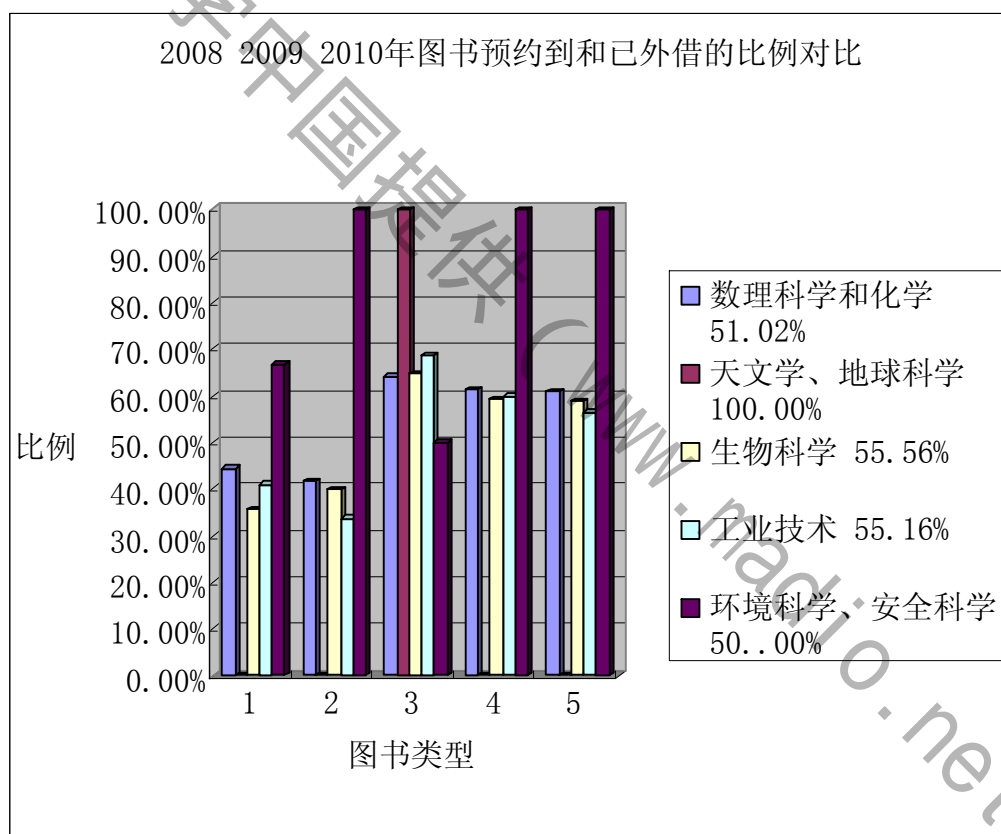
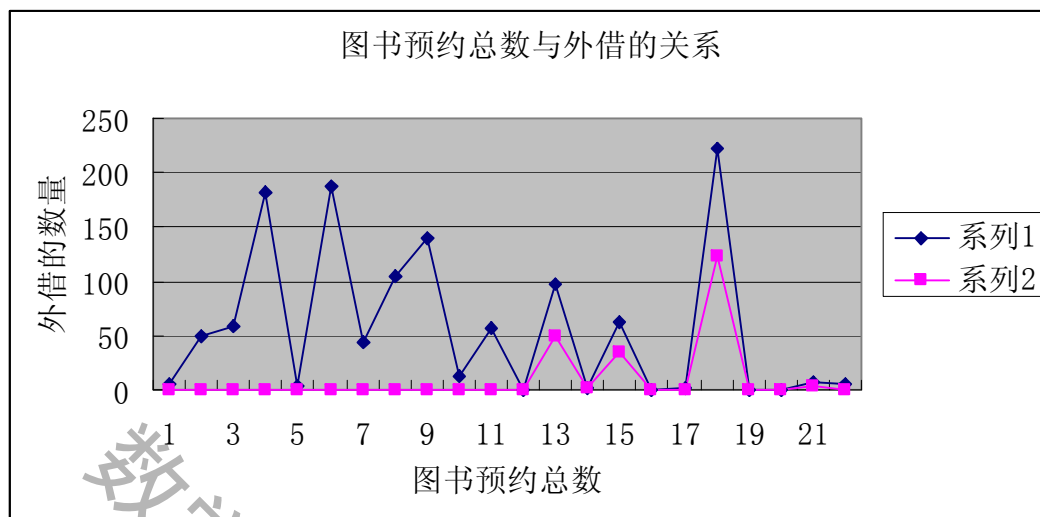
## 报名号#1286

天文学、 地球科学	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
生物科学	55.56%	35.56%	40.00%	64.81%	59.26%	58.82%
工业技术	55.16%	41.06%	33.70%	68.72%	59.86%	56.36%
环境科学、安全 科学	50.00%	66.67%	100.00%	50.00%	100.00%	100.00%

从上面表格我们发现，在预约到图书里面只有环境科学，安全科学类的比例逐年增加，其余的都呈递减趋势，与此同时，外借的图书类型的比重也与此密切相关。不仅如此，图书预约的总数分别与预约到的和外借到的之间存在相关关系，为此我们根据附件中的预约者总数分别和预约到数量外借的数量三者之间两两之间存在的关系。



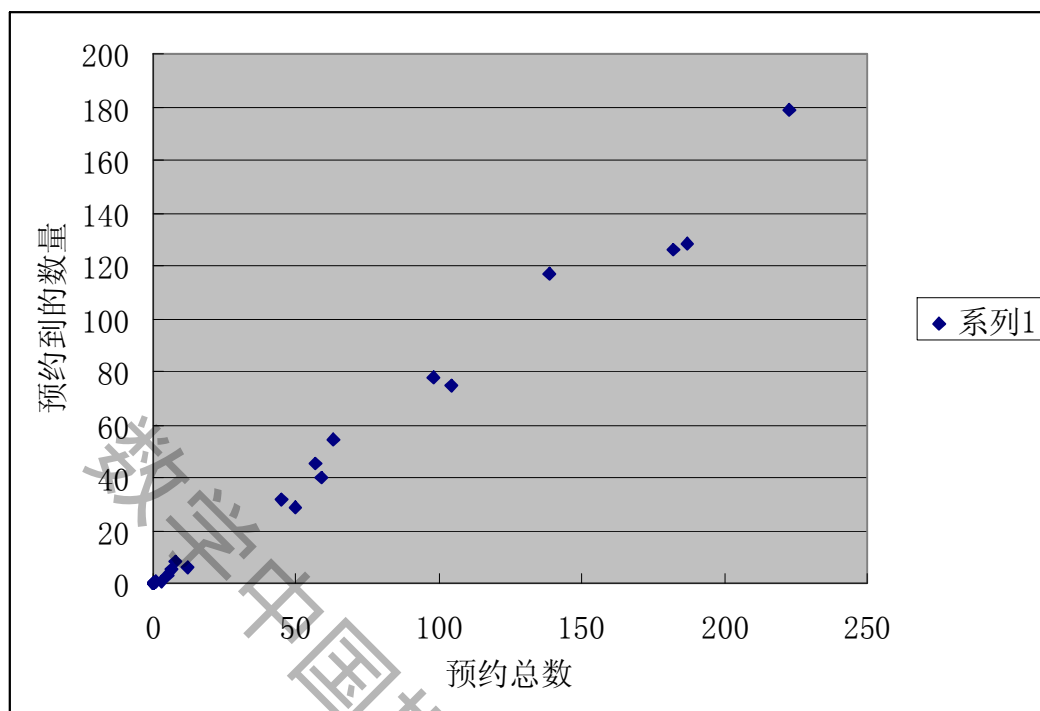
其中系列一为预约总数（下图也是）系列二分别为预约到的和外借的数量。



通过对以上图书之间存在的关系，我们发现图书的预约到数量与预约总数存在线性相关关系。

#### 4.1.2 图书预约模型初步准备

通过前面图形的表示我们再次只考虑预约图书总数及图书类型因素对图书预约的影响，根据分析呈线性相关关系，我们为此建立一元线性相关模型来处理该问题。数据的整理前面已经做好。



从图可以看出，我们可以看到图书的预约总数与预约到的数量呈正相关关系，因此进一步验证我们对的假设比较合理，但这不是最具有说服力的，我们要根据线性相关的知识解决它。因为我们研究的是图书预约到的与预约总数之间的关系，所以用只含有一个解释变量的线形回归模型（ $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \mu_i$ ）来解决。

#### 4.1.3 图书预约模型建立

下面只以2008年的数据作为研究对象，其他的用来验证。我们先介绍几个所用的概念及所用的公式：

1 SCP是相依变量Y和自变量X的乘积和  $SCP = \sum_{i=1}^n X_i Y_i = n \overline{XY}$

2 SSx是自变量X的平方和  $SS_x = \sum_{i=1}^n X_i^2 - n \overline{X}^2$

3 回归系数的估计量  $\hat{b}_1$  和  $\hat{b}_0$  表示  $\hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_i$

4 回归平方和  $SSR = \sum_{i=1}^n \left( \hat{Y}_i - \bar{Y} \right)^2 = \left( \hat{b}_1 \right)^2 SS_x$

残差平方和  $SSE = \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \hat{Y}_i \right)^2 = SSTO - \left( \hat{b}_1 \right)^2 SS_x$

决定系数  $R^2 = \frac{SSR}{SSTO} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \hat{Y}_i - \bar{Y} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left( Y_i - \bar{Y} \right)^2}$



根据附件中的数据，计算得出

$$SCP = \sum_{i=1}^n X_i Y_i = n \overline{XY} = 129895$$

$$SS_x = \sum_{i=1}^n X_i^2 - n \overline{X}^2 = 102838 \quad \overline{Y} = 928/22 = 42.1818 \quad \hat{b}_1 = SCP/SS_x = 1.2631$$

$$\hat{b}_0 = \overline{Y} - \hat{b}_1 \overline{X} = -29.1835 \quad SSR = \sum_{i=1}^n \left( \hat{Y}_i - \overline{Y} \right)^2 = \left( \hat{b}_1 \right)^2 SS_x = 163264.815$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \hat{Y}_i \right)^2 = SSTO - \left( \hat{b}_1 \right)^2 SS_x = 23076.94$$

$$SSTO = \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \overline{Y} \right)^2 + \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \hat{Y}_i \right)^2 = SSR + SSE = 186341.75$$

$$R^2 = \frac{SSR}{SSTO} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \hat{Y}_i - \overline{Y} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left( Y_i - \hat{Y}_i \right)^2} = 0.87615 \quad (0 \leq R^2 \leq 1) \quad \text{一个线性回归模型如果充分利用了 } X$$

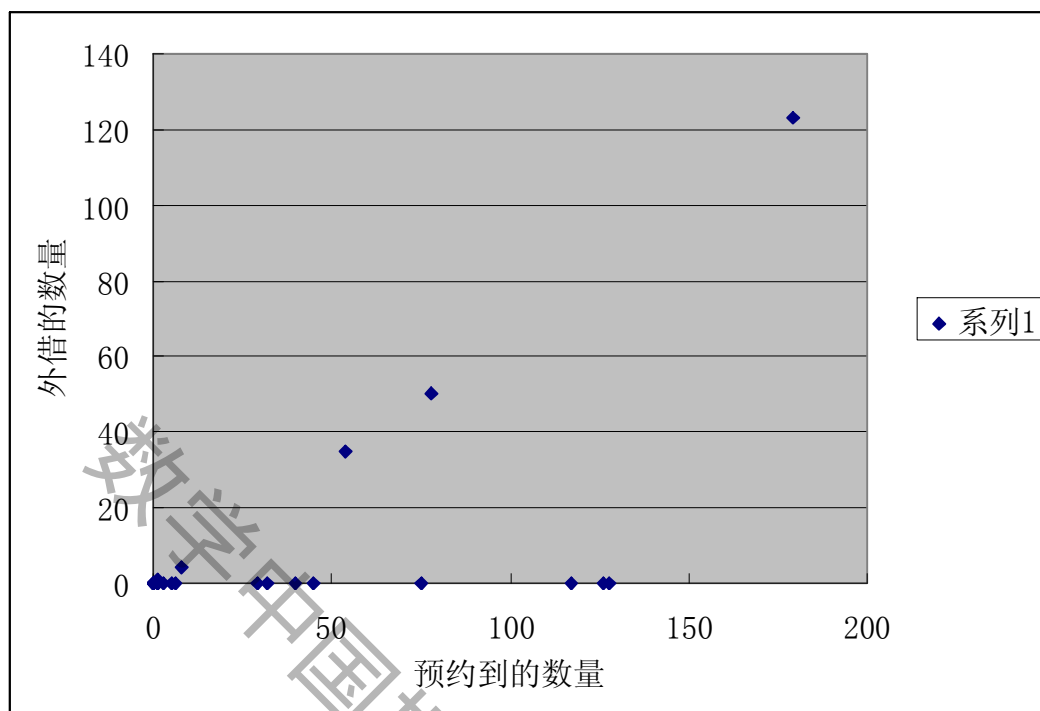
的信息，则  $R^2$  越大，拟合优度就越好；反之，如  $R^2$  不大，说明模型中给出的  $X$  对  $Y$  的信息还不够充分

通过以上数据，我们得出，线性回归模型预测借阅量的回归方程：

$$\hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_i = -29.1835 + 1.2631 X_i$$

#### 4.1.4 模型检验

根据我们得出的公式，我们对附件中 2009 年，2010 年的预约总数与预约到数量进行检验，该模型在 2009 年中的拟合程度  $R^2 = 0.88532$ ，2010 年的拟合程度  $R^2 = 0.89643$ ，由此可以看出该结论在很大程度上是成立的。



通过散点图我们可以清晰的看到图书预约到的数量与外借的数量之间相关程度几乎为零但不是很绝对。故，我们考虑的只是影响大的因素

#### 4.1.5 模型分析

根据  $R^2$  的结果知道，假设的结论比较合适。因为我们考虑的因素只是影响较大（图书类型）的，所以运用线性方程拟合效果较好。通过统计分析我们的运算结果，我们在图书预约问题上得出结论：流通率高的图书类型导致图书的预约量也增加，而且图书继续外借的比重也随之增大，这正好印证我们前面的推断：在局部区域上（限定特定的条件）图书的预约与图书的外借具有正相关关系，从而验证图书的预约与流通也呈正相关关系。因此在图书预约量增大后，图书的流通率也自然的提高，这更有助于老师，同学学习更多的东西。当然不能一味的只追求流通率，还要考虑图书的流通效用，下面研究图书流通效用。

##### 4.2.1 简单定义

根据馆藏文献利用率=借书(册)/馆藏文献总数(册)  $\times 100\%$ ，保留两位小数[2]。按此公式计算，馆藏文献利用率应保持逐年增长，图书馆的借阅工作才到位，相反就要寻找原因。根据多个数据综合分析，如读者的到馆人次、接待读者人次等计算，我们发现，借书量的高低与文献利用率的高低不一定成正比，这种现象与很多因素有关，包含图书的复本数量是否足够，借阅人数的数量，读者的身份长短等等。我国高校图书馆大多已实现藏、借、阅、检一体化的自动化管理，当读者在图书馆阅读某册图书时，该书是以“在馆阅读”的形式实现其利用的价值，但借阅率并不增加。所以根据假设，我们先只考虑图书的类型对其影响，构建流通效用模型。

图书流通效用分析既是建立理想馆藏结构的基础。从图书满足读者需要角度出发，流通效用的基础指标主要有图书拒借率、图书周转率、图书利用率，在实际应用分析中，这些指标又主要分为以全馆图书为对象和以某类图书为对象。

某类图书的利用率，指馆藏某类图书在一定时期内被借阅天数和总可借阅天数的

比值，其数学表达式为  $P_u = \frac{D_u}{D_{total}} \times 100\%$

某类图书的周转率，指馆藏某类图书在一定时期内被周转次数和可周转次数的比值，其数学表达式为  $P_t = \frac{S_t}{S_{total}} \times 100\%$

不同的学科属性，对不同的图书馆而言，它的影响度是大不相同的把学科属性对图书流通效用的影响度定义为  $P_s$ ， $P_s$  的取值应由图书馆成立专门的学术委员会根据学校的学科发展规划、重点学科等因数，最后归一化处理得到最终的值。

#### 4.2.2 流通效用初步模型

据假设的条件，忽略读者身份对图书流通效用的影响，设定某类图书的流通效用模型为：

$$U(n) = \alpha P_s + \beta P_u + \gamma P_t \quad (\alpha、\beta、\gamma \text{ 为各指标权重系数, } \alpha + \beta + \gamma = 1)$$

#### 4.2.3 考虑读者身份的变化对图书流通效用的影响分析及模型修正

就图书使用效用的价值来讲，其影响因素是多种多样的，根据假设我们只以读者的不同身份来区别同一文献在相同的借阅时间内产生的不同效用。

相对于不同身份的读者，图书流通效用的权值是不一样的。一般而言，教职工读者借阅图书效用的权值大，学生读者借阅图书效用的权值小，教学、科研人员身份读者借阅图书效用的权值大，教辅人员身份读者借阅图书效用的权值小，高学历读者借阅图书效用的权值大，低学历读者借阅图书效用的权值小。

#### 4.2.4 图书流通效用模型

考虑到读者身份不同对图书流通效用的影响后，我们就需要对图书流通效用中两个影响因素利用率、周转率进行修正

$$\text{利用率 } P'_u = \frac{P_u \sum_{i=1}^{15} \frac{D_i}{D_u} W_i}{W_{av}} \quad \text{周转率 } P_t = \frac{S_t}{S_{total}} \times 100\%$$

考虑读者身份不同对图书流通效用的影响，某类图书在一定时间内的流通效用为：

$$U'(n) = \alpha P_s + \beta P'_u + \gamma P_t$$

#### 4.2.5 分析

图书效用模型的分析所建立的模型还有很多因素不是很完善，如  $P_s$  的取值，怎样才能避免出现凭经验取值，如何指定一个相对客观、准确的参考标准；另外，没考虑价格因素的影响。一本图书的价格当然也会对实际产生的流通效用产生影响，如100 元一本的书和10 元一本，即使有同样的利用率、周转率、学科属性，由于价格的差异，实际产生的流通经济效益是不一样的。

通过上面对图书预约，图书流通等方面研究，针对提高图书流通率的问题，我们认为图书预约可以提高图书流通率，使得大部分图书能够让更多同学借阅，但并不一定提高图书流通效用，因为单纯追求流通率的提高而不注重效用是不行的，毕竟我们现在处于接受知识的阶段，因此在提高图书利用率的同时，也要把图书效用提高。

## 五、图书管理方案

通过对前面的问题的分析研究，要求设计一个新的图书管理方案，我们觉得应该从

以下三个方面做起: 图书的预约、图书的合理续借、图书超期罚款。

### 5.1.1 图书预约服务

预约图书, 读者首先要了解什么类别的书可以预约, 什么类的不可以预约, 每个人可以预约几本都要清楚。读者要自觉维护图书馆的阅览秩序, 只有双方配合好才能使图书预约这项工作顺利进行。其次, 读者预约成功之后要注意预约的保留天数。

图书预约服务对于图书馆提高借阅率和流通率, 降低拒借率, 满足读者需要是一种极为有用的服务方式, 同时也涉及到读者对图书馆服务工作的满意程度。图书预约服务完善了图书续借服务, 它能更好地满足读者的个性化需要。另外, 图书预约服务为图书馆采购提供了有力的依据, 是馆藏资源合理化的需要。

### 5.1.2 图书预约规则

预约书的管理流程包括: ①在读者还书时把系统中提示有预约的书挑出来, 按照预约显示把预约者的名字、学号和预约期限写在通知单上, 夹在此书中。②根据书的类别分别送到第一、二、三和第四借阅处的预约书架上, 由各个借阅处借书的工作人员管理。③预约书的保留期限是7天(包括周六、周日)。④到第八天如果预约者没有借走, 系统会自动取消该预约, 若没有下一位读者预约此书, 则此书归架; 若还有读者预约此书, 系统就会自动转到下一个排队预约的读者的帐户上, 此时, 需要工作人员给有下一位预约者的图书夹上带有预约者的姓名、学号和预约期限的通知单。⑤在法定节假日和寒暑假时, 暂时停止网上预约并适当调整预约期限, 以保证在校读者的使用。

### 5.1.3 图书预约的优化

1 重视新生入馆教育 2 完善图书馆管理系统 3 利用网络资源, 及时通知图书到馆信息  
4 加强图书馆工作人员的责任心 5 预约图书的有偿性, 建议一次一元  
6 对预约图书的超期罚款应适当加重, 罚款可随超期天数、预约人次而呈动态递增  
8 提高馆员的职业素养, 强化图书预约的个性 9 完善系统管理软件功能, 优化图书预约个性化服务化服务

### 5.2.1 图书续借模型

在图书续借模型中, 可以采用经典的泊松流, 即两个读者来借阅(预约)的时间间隔服从参数为 $\lambda$ 的负指数分布, 则下个读者预约时间的累积分布函数为:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (1)$$

其密度函数为:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2)$$

其中 $\lambda$ 为读者的达到率, 即单位时间内出现感兴趣读者的期望个数,  $1/\lambda$ 为两个读者到达的时间间隔期望

通过公式①、②现在可以考虑读者的最优决策, 在 $t$ 时刻 ( $0 < t < T$ ), 如果查询发现已有人预约, 则续借没有意义; 通过查询读者发现没有人预约, 那么这个时候是否应该立即办理续借手续? 对读者来说, 关键在于是否等待。如果等待到 $t + \Delta t$  ( $\Delta t > 0$ ), 续借可以获得更长的期望时间长度, 就应该等待; 否则, 就应该续借。具体来说, 如果续借则得到的总时间长度为 $t + T$ , 记为 $E_s$ , 如果等到 $t + \Delta t$ 续借, 则有两种可能, 一种是( $t, t + \Delta t$ )之间没有人预约, 另一种是有人预约。

由于泊松流具有无后效性, 因此在( $t, t + \Delta t$ )上有人预约的概率为 $1 - e^{-\lambda \Delta t}$ , 这样等待获得的期望总持有时间 $E$ 由公式③获得, 最优决策取决于 $E_s$ 和 $E$ 的比较。

$$E = e^{-\lambda \Delta t} (t + \Delta t + T) + (1 - e^{-\lambda \Delta t}) T = T + (t + \Delta t) e^{-\lambda \Delta t} \quad (3)$$

注意, 当 $\Delta t = 0$ 时,  $E_s$ 和 $E$ 相等。因此, 现在需要讨论的就是 $(t + \Delta t) e^{-\lambda \Delta t}$ 在 $\Delta t > 0$

时是增函数还是减函数。为此可查看它对 $\Delta t$  的导数, 结果是 $e^{-\lambda \Delta t} (1 - \lambda t - \lambda \Delta t)$ 。显然,

当 $\lambda t = 1$ , 也就是 $t = 1/\lambda$  时(以及 $t > 1/\lambda$  时),  $(t + \Delta t)^{e^{-\lambda \Delta t}}$  在 $\Delta t > 0$  时是减函数,  $E$  会小于 $E_s$ , 应该立刻续借。如果 $\lambda t < 1$  时, 则总可以找到足够小的 $\Delta t > 0$  使得 $(t, t + \Delta t)$  范围上该函数是增函数, 此时继续等待会获得更高的期望时间长度。图书续借模型的结论很简明: 在 $1/\lambda$  时间之前不续借, 当 $t \geq 1/\lambda$  时如果没有人预约则续借。需要说明的是, 在 $t < 1/\lambda$  时, 并不需要查询是否有人预约, 原因是即便没人预约根据最优决策规则此时也不应该续借。 $1/\lambda$  正好是两个读者到达的时间间隔的期望, 但这并不是最优续借时间的本质特征, 因此可以通过将模型向一般分布扩展来体现这一点。考察图书续借的一般分布模型, 即假设两个读者借阅(预约) 的时间间隔服从累积分布 $F(\cdot)$ , 其密度函数为 $f(\cdot)$ 。在这种情况下, 同样考虑在 $t$  时刻无读者预约则是否等待的问题。如果当即续借, 则得到的期望总持有时间长度仍然是:  $E^s = t + T$  ④

如果等待到 $t + \Delta t$  再续借, 则关键在于 $(t, t + \Delta t)$  之间有人预约的概率, 由于一般分布没有无后效性, 因此对于 $t$  时刻之后读者到达的概率分布需要进行贝叶斯修正, 原因是现在已经知道 $t$  时刻之前没有预约, 此时函数将会是 $\frac{f(\cdot)}{1 - F(t)}$  因此, 对于微小的 $\Delta t > 0$ ,  $(t, t + \Delta t)$  之间有人预约的概率(实际上是此概率的一阶近似) 将会是

$\frac{F(t)\Delta t}{1 - F(t)}$  从而可得到:

$$E = \left(1 - \frac{f(t)\Delta t}{1 - F(t)}\right)(t + \Delta t + T) + \left(\frac{f(t)\Delta t}{1 - F(t)}\right)T = T + \left(1 - \frac{f(t)\Delta t}{1 - F(t)}\right)(t + \Delta t) \\ = T + t + \left(1 - \frac{f(t)t}{1 - F(t)}\right)\Delta t - \frac{f(t)(\Delta t)^2}{1 - F(t)} \quad ⑤$$

$$\text{所以 } E - E_s = \left(1 - \frac{f(t)t}{1 - F(t)}\right)\Delta t - \frac{f(t)(\Delta t)^2}{1 - F(t)} \quad ⑥$$

是否应该等待就要看这一项是否大于 0。显然, 当 $1 - \frac{f(t)t}{1 - F(t)} \leq 0$ ,  $\Delta t > 0$  会导致期望

持有时间长度的下降, 而 $1 - \frac{f(t)t}{1 - F(t)} > 0$  时, 足够小的 $\Delta t > 0$  会导致等待的期望时间长度

度更高。因此, 读者得到的决策准则是, 在 $t^*$  之前不续借; 在 $t^*$  时(及之后) 如果无人预

约则续借, 其中 $t^*$  由下式决定:  $\frac{f(t^*)t^*}{1 - F(t^*)} = 1$  ⑦

其中的分式实际上是概率分布的风险率函数, 也就是  $h(t^*) = \frac{f(t^*)}{1-F(t^*)}$ , 在生存分析中是

普遍使用的一个分析工具, 表示在  $t^*$  时仍然存在(这里表示无读者预约) 的条件下在此后的单位时间区间内死亡(这里表示有人预约) 的概率。因此, 最优续借时间满足:

$$t^*h(t^*)=1, \text{ 或 } t^*h(t^*)=1 \quad (8)$$

值得说明的是, 如果这样求出的  $t^* > T$ , 则说明在  $T$  之前继续等待总是有利的, 读者最

后会在期限  $T$  到达时续借。对于泊松流, 最优的  $t^* = 1/\lambda$  实际上是因为负指数分布的风险率函数为常数这一特殊性质。公式⑧说明, 决定当前时刻是否续借的关键是在于该时刻所面临的危险, 其中风险率函数表示的是瞬间风险, 也就是未来时间内发生其他人预约(从而导致无人预约状态结束) 的概率大小。对概率分布来说, 风险率越高, 导致最优续借时间越小, 读者就会越早实施。

### 5.2.2 最佳续借时间

图书馆的借书期限一般为60 天, 在其他读者没有预约的情况下, 读者可以续借30 天; 换句话说, 读者拥有某图书时间的最大期限为90 天。为进一步探讨实践中图书馆最佳续借图书时机获取了本校图书馆108 位读者续借时间的数据, 以期能为图书馆最佳续借时机提供实践上的依据。(数据见表格)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均时间间隔	32	15.5	32.2	32.5	44.9	26.4	50.3	57	21.4	37.2	39.6	25.3

表1 月平均时间间隔天数

全年图书馆图书最佳续借时间:  $T1 = (32 + 15.5 + 32.2 + 32.5 + 44.9 + 26.4 + 50.3 + 57 + 21.4 + 37.2 + 39.6 + 25.3) / 12 = 34.5$  (天)

类别	K	I	G	E	O	S	X	J	C	Q	A	U
次数	7	5	16	13	11	8	19	1	6	7	1	7
平均时间间隔	26.2	28.4	33.4	39.4	32.1	37	30.5	44	38.6	35.1	34	39.1

表2 类平均时间间隔天数

图书馆各类图书最佳续借时间:  $T2 = (26.2 + 28.4 + 33.4 + 39.4 + 32.1 + 37 + 30.5 + 44 + 38.6 + 35.1 + 34 + 39.1) / 12 = 34.8$  (天)

通过对这两个时间进行比较分析, 从而获得实践上的最佳续借图书时间。通过对全年图书馆图书最佳续借时间和图书馆各类图书最佳续借时间这两类时间的比较, 可以得出图书馆最佳续借图书时间为读者借阅图书后的第34 天, 超过这个时间, 那被其他读者预约的可能性增大。

在坚持以“全心全意为读者对图书借阅期限采用“借阅递减、归还递增”的规定方

法（分两种情况）：其一：假设规定每位读者的最大借阅册数为5册，每册书的最高借阅期限为50天，每册书最多续借一次，续借期限为10天。按图书借阅的先后顺序分别规定其借阅期限为50天、40天、30天、20天、10天；当读者每归还一本书，其余剩下的书其借阅期限就自动增加10天，再归还一本书，其余剩下的书其借阅期限就自动再增加10天（在原有基础上），以此类推；但需要说明的是，无论增加几次，单册书的最高借阅期限都不能超过50天（即规定的最大借阅期限）。其二：假设规定每位读者的最大借阅册数为5册，最高借阅期限为60天。若按原规定，则读者对这5册图书的最高拥有期限都为60天，不论读者是否已阅读完，读者都可以选择到期再归还，亦即这5册图书在60天时间里分别只能被一位读者所利用，这样就容易造成图书的流通周转频率降低→图书的利用率降低→图书的利用价值贬低，其中隐藏的弊端如前所述；若按现规定，即按图书的借阅先后顺序分别规定其最大借阅期限：读者所借的第一本书为60天，接下来分别是50天、40天、25天、10天（即所谓的借阅递减）；同时规定每册书最多只能续借一次，续借期限为10天。当读者选择归还其中的一本或几本书之后，其剩余图书的排序将依次发生改变，与之对应的最大借阅期限也相应变大（即所谓的归还递增）。比如读者归还掉第1本所借的书，那么剩下的第2, 3, 4, 5本书的排序将依次变为第1, 2, 3, 4本书，其最大借阅期限将自动地由原来的50天、40天、25天、10天改变为60天、50天、40天、25天；对于其他归还情况依此类推。这样，读者对每册图书的最高拥有借阅期限并没有降低，仍然是60天。采用这种方法，一方面可以提高图书的流通周转速度，从而提高图书的利用率和利用价值，为促进高校的学科科研水平做出贡献；另一方面可以有效弥补“统一借阅期限”规定措施中存在的漏洞，培养读者良好的阅读习惯和阅读修养。

### 5.3.1 超期罚款

图书管理员以  $\bar{x} = \frac{1}{t(1+\alpha)}$  的概率检查借阅图书的大学生，则借阅图书的大学生最佳

策略为纯策略，即不损坏或偷窃图书的策略。因为  $y=1$ ，此时，图书馆的期望损失

$E_1 = (\bar{x}, \bar{y}) = 0$ ，借阅图书的大学生的期望收益  $E = (x, y) = 0$ ，可见图书管理员以

$\bar{x} = \frac{1}{t(1+\alpha)}$  的概率抽样检查就能达到全面检查的效果。可得： $\alpha = \frac{1}{tx} - 1$  为图书流失博弈

模型推导出图书罚款系数的计算公式。由此可以看出图书罚款系数不仅与图书管理员对检查借阅图书的大学生的概率有关，而且与查出比例  $t$  有关。上式为图书流失博弈模型推导出图书罚款系数的计算公式。由此可以看出图书罚款系数不仅与图书管理员对检查借阅图书的大学生的概率有关，而且与查出比例  $t$  有关。因为  $\alpha$  与检查的概率  $x$  及查出比例  $t$  成反比，所以一般不宜把  $x$  定得过小，否则罚款系数  $\alpha$  过大，超过借阅图书的大学生的经济承受能力，那么罚款制度就不可能落到实处。另外图书馆应加强自身队伍建设，提高图书馆管理员的业务素质，从而提高查出比例  $t$  值。

### 5.3.2 逾期罚款

借鉴大多数学校图书馆处理超期问题，同时为保证大多数读者的权益，对未能在规定日期之前归还图书馆资源的读者，将按以下标准罚款。

图书馆资源	宽限期(天)	第一罚款期金额	第二罚款期金额
图书	3	逾期1-14天内, 2.00 元/天	逾期14天后, 5.00元 /天
过期期刊	1	逾期1-14天内, 2.00 元/天	逾期14天后, 5.00元 /天

只依靠建立罚款制度来降低超期现象是远远不够的,因此,图书馆要制定切实可行的规章制度,严格外借制度和损失赔偿制度;图书馆自身队伍建设不容忽视,图书馆管理员要爱岗敬业,诚实守信,多做贡献,热情服务于大学生;除了对违章大学生实行经济处罚以外,图书馆还要充分重视爱护图书的思想教育,可以采用宣传栏、黑板报等生动活泼的形式,用正反两方面典型事例加强大学生思想教育。

## 六、 小结

我们通过前面问题的解决,在提高图书利用率上有如下见解:

现代科学发展迅猛,文献老化周期缩短。由于知识更新速度的加快,根据各馆服务任务和服务对象的变化,应及时调整藏书整体的质量,剔除污损、过时的图书,提高藏书质量和藏书利用率。把增补新书与淘汰老化图书有机地结合起来,使藏书永远充满活力,才能达到藏书建设的动态平衡,剔除相当数量的图书不仅不会削弱流通,事实上能够促进流通。剔除的目的,在于降低维护费用、节约书库空间、提高藏书质量和利用率,最大限度地满足用户需求,用户才能充分利用馆藏文献。现在的图书馆已由传统的“以藏为主”转变为“以用为主”,各类图书的时效性极强,无限增长的图书与有限的阅读时间之间的矛盾日趋尖锐,我们不能空守这个知识文化的宝库,所以如何让读者了解馆藏图书的情况,是图书馆提高图书利用率的关键环节。

提高服务意识,提高业务水平。坚持“读者第一,服务第一”的工作原则,变被动服务为主动服务,开展形式多样的读书活动,调动读者读书学习积极性。馆员要加强业务学习,不仅要具备图书馆学知识、计算机操作能力,还要具备一定的外语和古汉语水平,不断提升自己的综合水平,提高自身素质,主动与读者常沟通,积极热心的帮助读者查找各种资料及推荐相关资料,让读者感受到读书是快乐的,乐意来图书馆学习。图书馆举办形式多样、内容丰富的读书月活动,激发大学生的读书积极性,充分利用图书馆资源,确把图书馆办成大学生读书的乐园。图书馆间联盟的建立,可通过联合目录使任何一个读者都可以查询并利用其他各馆资料,因此对于馆藏中利用率低的那些图书就可以通过加入联合目录,实现联盟内的馆际共享。其次,也可联系一部分与学校专业相近的校外科研单位,目的就是充分利用图书,提高图书的利用率。剔除那些陈旧过时、失去了现实意义、无参考价值的图书,把空间留给新到的文献资料,才能进一步提高文献利用率。提倡短期借阅的原则,设立“新书、热门书”借阅处,缩短借阅期限,这样不仅可以提高新书和热门书的利用率,也更加方便读者获取最新的文献信息。在新书热门书借阅处,应提供相应的书评,这样可以给读者一定的参考意见,拓展读者的眼界和思维,培养高校学生多视角、全方位地了解文献内容,提高学生独立阅读优秀文献的能力。完善流通部的开架式借阅管理,在一定程度上,可以提高文献利用率。

1 检索室保证正常开放,并且保证检索机的正常运行。我馆检索室相对于其他高校的机器数量较少,应该适当地增加检索机,方便读者查找,以减少架上翻阅的次数。开展导借工作。在借阅处贴上大幅的图片,指示图书分类和借阅流程,以及在借阅过程中需要注意的问题,为读者提供咨询服务,说明查找资料的方法,提供借阅内容辅导。

2 加大宣传力度。由调查情况看出,读者对在希望图书馆开展的服务项目中,“最



新文献通报”这项服务占到被调查总数的61.4%，由此看出读者对“新书通报”这项服务的需求是很高的，也是提高图书利用率的重要措施之一。

3 延长开放时间图书馆尽其所能延长开馆时间，通过延长开放时间，为读者获取信息资源提供了时间上的保证。目前，滨州学院图书馆5个图书借阅室的开放时间为周一至周日全天开放，通过读者调查发现对书库开放时间满意的读者占读者总数的49.2%，基本满意的占41%。

4 进一步改善服务态度，提高服务水平馆员各方面的服务满意度调查：其中工作责任心满意度为81.1%，业务能力满意度为72.5%，服务态度满意度为74.4%，由此可见，我们的服务水平还有待于进一步的提高。

图书馆拥有丰富的藏书，是人类的精神财富，要提高图书的利用率，馆领导、馆员、读者要相互配合，才能充分发挥图书馆的作用，其目的是最大限度的满足读者的要求，提高图书的利用率。文献利用率是衡量和评价图书馆工作的具体标准之一，分析研究文献利用率，对于加强图书馆自身建设具有不可忽视的作用，我们要采取一些列措施提高图书馆的文献利用率，并在实际工作中坚持，使图书馆能够更好地为广大师生提供文献资源的最优质服务。

## 七、参考文献

- [1] 罗凤莉, 基于关联规则挖掘的图书流通信息分析[J], 晋图学刊, (1): 1 - 2, 2007.
- [2] 余红梅, 徐景波, 高校图书馆流通统计分析 & 最佳藏书结构的研究[J], 图书馆建设, (5): 26 - 29, 2003.
- [3] Elisa T. Lee, John Wenyu Wang, Statistical Methods for Survival Data Analysis, 3rd Edition, New York: J. Wiley & Sons, 2003.
- [4] 黄涛, 龚锡挺, 续借问题的模型与求解[J], 系统工程理论与实践, (1): 107 - 112, 2007.
- [5] 朱军, 线性模型分析原理[M], 北京: 科学出版社, 1999.
- [6] 王建华, 对策论, 北京: 清华大学出版社, 1986.
- [7] 刘德铭, 黄振高, 对策论及其应用, 北京: 国防科学技术大学出版社, 1995.
- [8] 周霜菊, 孙济庆, 图书预约的实时通知系统的设计与实现, 图书馆工作与研究, (2), 2006.
- [9] 刘明, 兰孝慈, 论高校图书馆个性化服务模式的创新- 图书预约服务[J], 农业图书情报学刊, (2): 1781, 2008.
- [10] 王淑萍, 分析读者需求提高文献利用率[J], 工会论坛, (4), 2006.
- [11] 吴丹, 论在高校评估形势下如何持续提高馆藏利用率[J], 农业图书情报学刊, 4, 2009.
- [12] 闫学进, 试论如何提高高校图书馆的利用率, 内蒙古科技与经济部门, (12), 2008.
- [13] 李伟基, 网络环境下高校图书馆的预约借书服务[J], 图书馆理论与实践, (3): 93, 2006.
- [14] 杨慧漪, 我国图书馆藏书低利用率的原因分析[J], 图书馆界, (2), 1996.
- [15] McMillan J, Rothschild M. Search / R. J. Aumann and S. Hart, eds., A Handbook of Game Theory with Economic Applications, (2), 1994.
- [16] 王晟, Visual C++.NET 数据库开发经典案例解析[M], 北京: 清华大学出版社, 2006.