基于灰色关联分析法的白城市洪水资源利用效益分析

王 倩[1], 丰 飞[2]

(1. 吉林省水利水电勘测设计研究院, 吉林 长春 130021; 2. 国家开发银行吉林省分行, 吉林 长春 130000)

摘 要: [目的] 对吉林省白城市洪水资源利用效益进行分析,为该地区洪水资源的合理配置提供科学依据。[方法] 采用灰色关联分析法,对 2008—2017 年白城市洪水资源利用效益衡量及其所依赖的经济收益、生态环境改善、社会发展等变化,分别从直接经济效益、生态环境效益和间接经济社会效益 3 个角度中确定指标参数和指标体系进行关联分析。[结果] 洪水资源利用对各效益指标的影响关联度均在 0.55 以上,目前洪水资源对生态环境效益影响最为明显,占全部效益的 43%。[结论] 灰色关联分析法为有效利用和管理洪水资源提供了新的思路与评价方法,白城市洪水资源更多以自然形式为环境及生态所利用,所带来的效益更多在生态资源本身,当地洪水资源具有很大的开发潜力。

关键词: 洪水资源; 灰色关联分析法; 效益分析; 综合影响

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2018)06-0293-05 **中图分类号**: TV21

文献参数: 王倩, 丰飞. 基于灰色关联分析法的白城市洪水资源利用效益分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 293-297. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.044. Wang Qian, Feng Fei. Benefits analysis of flood resources utilization in Baicheng City based on grey relational analysis[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 293-297.

Benefits Analysis of Flood Resources Utilization in Baicheng City Based on Grey Relational Analysis

WANG Qian[1], FENG Fei[2]

(1. *Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun, Jilin* 130021, *China*; 2. *National Development Bank Jilin Branch, Changchun, Jilin* 130000, *China*)

Abstract: [Objective] The benefit of flood resources utilization in Baicheng City of Jilin Province was analyzed to provide scientific basis for rational allocation of flood resources in this area. [Methods] By means of grey relational analysis method, the evaluation of the utilization efficiency of flood resources in Baicheng City from 2008 to 2017 and the changes of economic benefits, ecological environment improvement and social development on which it depends are correlated. The index parameters and index system are determined from three aspects: direct economic benefits, ecological environment benefits and indirect economic and social benefits. [Results] At present, the impact of flood resources on ecological and environmental benefits is the most obvious, accounting for 43% of the total benefits. [Conclusion] Grey relational analysis provides a new way of thinking and evaluation for the effective utilization and management of flood resources. The flood resources in Baicheng City are more likely to be used in its natural form by the environment and ecology, and the benefits are more predominant for the ecological resources themselves. The local flood resources have a great development potential.

Keywords: **flood resources; the grey correlation analysis; benefits analysis; integrated effect**

水资源是人类社会与经济发展过程中赖以生存的基础性资源之一,是维护人类生存、发展必不可少的支撑性因素[1]。随着人类社会经济的飞速发展和对生态环境保护的愈发重视,水资源需求相比以往也有了较大变化。因此,不同时期水资源面临的问题与认知定位直接影响着水资源的开发利用方式、功能发

收稿日期: 2018-08-10 **修回日期**: 2018-09-22

资助项目: 水利部公益行业科研专题项目"松花江流域粮食生态安全水供求若干关键技术"(201501013)

第一作者: 王倩(1982—),女(汉族),吉林省长春市人,硕士,高级工程师,主要从事水利水电设计方面的工作。E-mail: 54768640@qq.com。

挥、用水结构和用水效益等。洪水是一种常见且造成巨大损失的自然灾害,其威胁之大,严重影响着人类生命财产安全[2]。然而对于中、小洪水来说,我们可以采取及时有效的工程及非工程措施积蓄洪水,并在缺水时实现蓄存洪水分配、调度和高效利用,维持地区水资源可持续发展。

洪水资源是干旱缺水地区十分富贵的水资源。在生态环境建设被纳入我国"五位一体"总体布局,全国环境保护大会顺利召开和习近平总书记就环境保护发表重要讲话等诸多背景下,生态水利工程、地下超采等问题已倍受关注。洪水资源的合理利用不但会创造直接的经济、生态效益,更在社会效益的创造中扮演者重要的角色[3]。然而,由于洪水的非常规性、复杂性和不稳定性,使得洪水资源利用的效益和风险并存,洪水资源的利用并未大范围展开。如何评价洪水资源、界定洪水资源以及在不同产业合理配置洪水资源的也都存在着争议,故评价洪水资源利用效益需要建立一套完整的评价体系。

本文界定了洪水资源利用的直接经济效益、生态环境效益及间接经济社会效益,并将白城市近些年来主要产业模式、门类及领域的效益纳入其中,基于灰色关联分析法进行关联分析,确定洪水资源在不同类效益及各产业中所占比重,实现合理配置当地洪水资源,使得白城地区在对生态和社会干扰最小的基础上获取洪水资源的最大效益。

1 区域概况

白城市是"全国节水型井灌区建设试点城市"[4],位于吉林省西北部(121°38′—124°22′E,44°13′—46°18′N),嫩江平原以西,科尔沁草原以东地区。全市东西宽 211 km,南北长 230 km,总面积 25 685 km^2。地形多为平原,只在西北地区有低山丘陵,海拔 120～280 m,土质多为黑土、草甸土和沙壤土。白城是以粮食生产为主的农牧业地区,是国家级大型商品粮基地[5-7]。白城地处我国干旱的内陆过渡带和湿润东部季风区,气候属北温带大陆季风气候,年均降水分布不均,夏季降水占全年降水总量的 70%以上,然而大多农作物在春、秋季需水量多,降水与农作物需水时间不一致,加剧了农业缺水及干旱情况,形成了以地下水利用为主的用水现状。随着对地下水资源的严重依赖,白城市地下水位相对于 10 余年前下降了2 m以上,局部地区地下水位甚至达到了 7 m 以上,并且地下水污染日益剧烈,水资源浪费极其严重[6],故而白城市急需寻求其他有效的水利资源。白城境内有一江七河,汛期洪峰高,流量大,非汛期河道清水流量小,行洪期一般在每年的 8—10 月份,行洪期正值农作物生产发育的需水期,因此特殊的地理条件更有利于进行洪水资源利用,对洪水资源的优化配置也愈显重要,并且白城市现有水库亦可为白城提供了现成的蓄洪资源[7]。

2 灰色关联分析

2.1 灰色关联分析法

灰色关联分析法(GRA)是灰色系统理论的一个重要方法,它以评价中各个因素的样本数据为依据,利用关联度来描述各因素之间关系的强弱、大小和顺序。灰色关联分析法与传统评价方法相比,对数据的要求较低,计算量少,可同时对多个对象进行评价,并向被评价对象反馈有效的信息。灰色关联分析法亦可直观的建立分析模型,使关系量化、序化、显化,实现有参考,有测度的整体化比较[8]。

2.2 建立指标体系

洪水资源利用效益的衡量依赖于经济发展、社会进步和生态环境改善等变化,换言之合理利用洪水资源,不但可以增加第一、第二产业收入,更可以改善生态环境,发展第三产业。本文基于灰色关联分析法,结合白城市的实际情况,分别从洪水资源利用所带来的直接经济效益、生态环境效益和间接社会效益确定洪水资源效益,从农业、工业、生活及生态用水等多角度出发选定效益来源,建立效益指标体系,具体详见表 1。

表 1 洪水资源效益分类

效益分类	效益次类	效益来源
直接经济效益	种植业	粮食生产总值
		芦苇生产总值
		牧草生产总值
	牧渔业	渔业生产总值
	工业	优化工业结构
	家庭生活	生活用水量
生态环境效益	调节服务功能	大气调节效益
		水文调节效益
		生物栖息地效益
		净化水质效益
间接社会效益	娱乐服务功能	休闲旅游效益
	文化服务功能	文化科研效益
	促进就业	促进就业

2.3 研究方法

采用灰色关联分析法对白城市洪水资源区域综合效益进行分析,确定洪水资源在各因素经济增长效益的比重,进而对当地洪水资源配置提出有效方案。

2.3.1　*数据及整理*　根据所确定指标体系,从《白城市年鉴》《白城市水资源公报》及相关资料文献中获取相关数据。采用市场价值法[9-10]、生产函数法[11]、替代费用法[12]、旅行费用法[13]及固定参数法[14]等不同算法确定指标体系中各项效益值。设 $x_1,x_2,\cdots,x_n$ 分别为以上 n 个因素指标,反映各指标时间序列变化分别为 $\{z(t),x_1(t),x_2(t),\cdots,x_n(t)\}$,$t=1,2,\cdots,m$。其中 $z(t)$ 为参考序列,其他为比较序列。

本文选取指标体系的时间序列为 2008—2017 年,因本文是对白城市洪水资源进行综合效益分析,故以该区洪水资源总用量为参考序列,其他指标为比较序列建立指标体系,详见表 2。

表 2　白城市洪水资源利用效益指标体系构成

指 标	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
洪水资源总用量 $z/10^8$ m^3	117.23	129.61	80.86	70.97	88.43	85.9	90.51	71.93	66.21	60.50
粮食生产 $x_1/10^6$ 元	12.18	12.77	11.45	11.15	10.78	10.71	11.03	10.26	11.97	10.67
渔业生产 $x_2/10^6$ 元	57.65	63.87	49.56	40.33	43.10	43.30	44.30	36.35	33.22	30.09
芦苇生产 $x_3/10^6$ 元	12.19	34.80	6.97	2.90	12.00	13.70	15.56	10.15	9.19	13.22
牧草生产 $x_4/10^6$ 元	92.19	120.18	21.78	27.17	36.78	61.24	78.56	42.02	36.88	31.75
优化产业结构 x_5/%	69.18	66.12	69.15	78.45	72.01	68.12	75.16	75.00	76.65	78.37
大气调节效益 $x_6/10^4$ 元	3.14	3.31	4.25	4.01	3.71	3.30	2.79	3.27	3.21	3.16
水文调节效益 $x_7/10^4$ 元	147.25	157.43	13.02	10.99	28.39	55.73	79.42	34.39	70.40	83.58
生物栖息地效益 $x_8/10^4$ 元	112.82	134.99	39.65	47.52	55.79	70.13	84.66	49.64	42.57	45.50
净化水质效益 $x_9/10^4$ 元	10.98	11.18	11.08	13.08	10.32	10.39	10.95	10.79	10.71	10.62
休闲旅游效益 $x_{10}/10^4$ 元	74.04	138.06	30.22	23.32	27.45	30.75	71.87	24.54	26.55	18.55
文化科研效益 $x_{11}/10^4$ 元	0.71	0.82	0.8	0.87	0.86	0.65	0.69	0.72	0.71	0.70
生活用水 $x_{12}/10^8$ m^3	819.63	287.07	3 217.02	1 262.37	1 033.29	637.50	313.68	652.83	545.67	438.50
促进就业 $x_{13}/10^4$ 人	701.39	233.8	4 091.5	1 607.38	789.07	555.27	204.58	576.15	427.94	279.73

2.3.2　*数据无量纲化处理*　由于不同指标数据存在着数量级及极性的差异,所以需要对数据进行无量纲化处理后进行灰色关联分析。本次无量纲化方法采用均值化法。即:

$$X_i(t)=\frac{x_i(t)}{\overline{x_i}} \tag{1}$$

式中 $X_i(t)$——第 i 个指标的均质化数据列;$x_i(t)$——第 i 个指标的原始数据列;$\overline{x_i}$——第 i 个指标的数据平均值。对于参考数列来说也要进行无量刚化,即采用上述公式计算参考数列的无量纲数列 $Z(t)$。

2.3.3　*关联系数计算*　灰色关联分析法[15-22]中的关联性实际是指曲线间的几何形状差别,因此将以曲线的差值大小(即关联系数 $L_i(t)$)作为关联度的衡量尺度。即:

$$L_i(t)=\frac{\Delta\min+k\Delta\max}{\Delta\alpha(t)+k\Delta\max} \tag{2}$$

式中:$\Delta\alpha(t)$——比较数列与参考数列的绝对差,k——变异系数,一般选 $k=0.5$。即:

$$\Delta\alpha(t)=|Z(t)-X_i(t)| \tag{3}$$

$\Delta\min$——所有 $\Delta\alpha(t)$ 在各时刻的最小值,即:

$$\Delta\min=\min_i\min_i|Z(t)-X_i(t)| \tag{4}$$

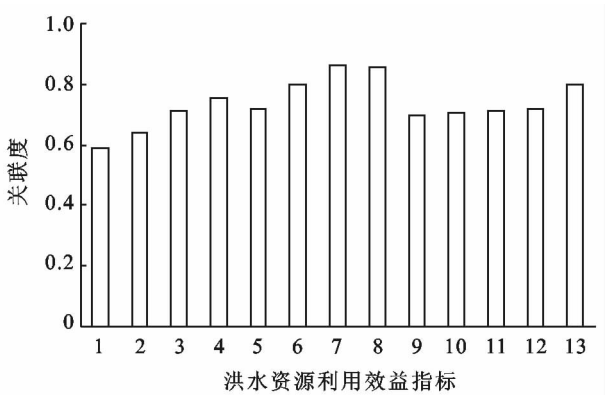
$\Delta\max$——所有 $\Delta\alpha(t)$ 在各时刻的最大值,即:

$$\Delta\max=\max_i\max_i|Z(t)-X_i(t)| \tag{5}$$

2.3.4　*关联度的计算及排序*　因为关联系数的数据较多,为了便于比较分析,需要把分散的信息规整,采用取平均值的方法对各指标中各时刻关联系数进行集中统一处理。这个平均值即为每个指标的关联度 ξ。即:

$$\xi_i=\frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}L_i(t) \tag{6}$$

将 n 个比较数列指标对同一参考数列的关联度依次排序,关联度大则表明其在白城地区洪水资源对该项指标的效益影响力大,结果如图 1 所示。



注:1 为促进就业;2 文化科研效益;3 提高人口承载力;4 休闲旅游效益;5 水文调节效益;6 生物栖息地效益;7 大气调节效益;8 净化水质效益;9 渔业生产;10 粮食生产;11 优化产业结构;12 芦苇生产;13 牧草生产

图 1　白城市洪水资源与效益指标关联度

3 结果分析

3.1 洪水资源对效益指标的影响

以白城市洪水资源总用量为参考序列，其他效益指标作为比较序列，从数值上看当地洪水资源利用对各效益指标均有一定程度的促进作用，效益的影响关联度均在 0.55 以上。从图 1 中可以看出，当地洪水资源利用在大气调节及净化水质上的效益较高，影响关联度在 0.85 以上，说明白城市目前的洪水资源利用效益以湿地、地下水库等自然蓄存形式产生的效益为主，洪水资源更多以自然形式为环境及生态所利用；而在促进就业、文化科研和渔业生产方面产生的效益相对较弱，影响关联度低于 0.70，这说明白城市在现有人工利用洪水资源的工程措施少，对促进就业、文化科研及渔业生产所带来的效益不明显。

3.2 洪水资源对效益的影响

对效益指标进行效益来源统计分析，确定白城市洪水资源分别对该地区直接经济效益、生态环境效益及间接经济社会效益的影响程度。评价系数取对应效益指标和的平均值，对效益的综合影响如图 2 所示。洪水资源的有效利用对直接经济效益是较为明显的，占全部效益的 32%，而且直接经济效益是可以以收益的形式进行反馈的，有效的利用洪水资源可从根本上解决当地水资源利用不合理，地下水超载等问题，反过来在很大程度上增加直接经济效益。对于社会经济效益来说，洪水资源的影响是不即时的，可能需要持续地长时间的洪水资源利用才能显现。目前来说对当地的洪水资源利用效益只占总效益的 25%。但通过多年数据结合采用灰色关联分析法，可以有效预测分析洪水资源对当地社会经济效益的影响。结合图 2 不难看出，洪水资源在当地休闲旅游业及人口承载力的提高上有一定的作用，有效开发利用当地洪水资源不仅解决了当地缺水问题，提高了人口承载力，更有效发展了旅游休闲产业和其它第三产业，增加了当地人民的经济收益。

白城市的洪水资源目前对生态环境效益影响最为明显，占全部效益的 43%。这是因为洪水资源能够针对当地干旱半干旱的气候特点，有效的缓解决当地的现状缺水问题，从而提高生态环境上的效益产出，也在很大程度上增加了动、植物的效益产出。然而，上述分析仍然反映出，白城市目前的洪水资源没有得到更加有效的利用，加之当地缺乏大型区域外引水和调水工程，效益大多局限在自然生态环境方面。所以，必须重视当地内部用水的转化，增加针对性的工程及非工程措施将会在很大程度上增加洪水资源利用所带来的社会效益及经济效益，影响当地国民经济的发展。

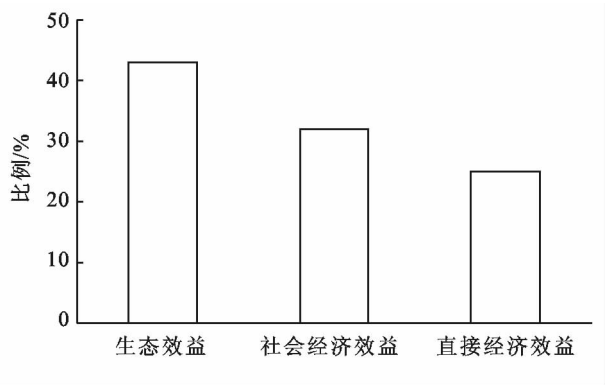


图 2 白城市洪水资源对效益的影响

3.3 洪水资源对产业及环境的影响

为进一步确定洪水资源对当地三次产业及生态环境的影响，把效益指标细化对应到相应的产业，计算效益指标关联度和所占百分比，进而得到洪水对白城不同产业的影响程度。需要指出的是，一个效益指标往往关联不止一个产业，如促进就业就可以关联到农业、工业及第三产业（如图 3 所示）。目前来说，白城市的洪水资源利用所带来的效益更多是集中于生态环境本身，洪水资源对生态环境的影响是最为直接简单的。相对来说，洪水资源利用为工业所带来的效益就并不那么显著了。白城洪水资源利用为三次产业及生态环境所带来的效益比重，侧面反映出当地洪水资源仍然具有很大程度的开发潜力，通过行之有效的工程及非工程措施积蓄洪水，逐步提高洪水资源利用效率是很有必要的。

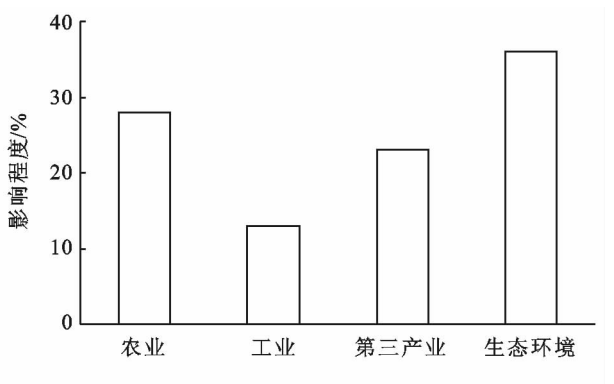


图 3 白城市洪水资源对各产业及环境的影响程度

4 讨 论

白城市境内的嫩江、洮儿河等江河近 10 a 来水量流失严重，这些流失的水量绝大部分来源于汛期暴雨洪水。通过本文分析可以看出，白城市对洪水资源的

开发难度并不大,利用水保工程、水库拦河闸坝、自然洼地、人工湖泊和地下水库等蓄水工程蓄拦洪水,减少洪水资源的流失,不但有效缓解白城市水资源短缺,更可以恢复河流、湖泊、洼地的水面景观,改善居住环境,发展第三产业。在不成灾的前提下,合理利用洪水资源是白城市未来经济发展的一个新途径。白城地区有大中型水库 8 座、小型水库 19 座,对现有水库的工作调度运用方式进行调整,进一步开发水库潜力,对现有水库进行加固改造建设,提高工程标准,对有条件的水库库容进行扩大,减少溢洪,科学调度,使白城境内水库充分发挥多年调节作用。白城境内有自然湖泡百余个,可以利用天然湖泡的蓄水能力,将江河洪水引入,既节省投入,又能增加水资源,同时改善了白城市的生态环境。增加白城市的水利工程,沿河建设拦河闸,层层拦截,形成多道人工湖面,既美化环境,又补充了地下水,增加白城市的水资源总量。

5　结论及建议

灰色关联分析法为有效利用和管理洪水资源,协调经济发展、社会进步和生态环境合理利用洪水资源提供了新的思路与评价方法。采用灰色关联分析法,从经济条件、社会状况、生态环境和水资源状况等方面识别适用于区域的效益指标并构成影响评估指标体系,使研究区域在更大范围上可定量估算洪水资源利用情况,能够为未来的洪水资源利用配置提出相应的规划及理论依据。

吉林省西部白城地区洪水资源利用实践表明,洪水资源利用在干旱半干旱地区市可行的,由于当地水资源短缺的日益加重,合理利用洪水资源对于当地产业发展、社会进步及生态环境改善很有必要,效益极为可观。目前白城市洪水资源对当地生态环境产生的效益较为显著,而在产业发展上影响不够,如能合理评估洪水资源现状、规划洪水资源利用和分配,合理安排洪水资源利用工程及非工程措施,可使洪水资源带来更大的经济效益,在最大程度解决当地水资源短缺的问题。

[参 考 文 献]

[1] 徐中群.保障水资源安全促进城镇化建设[J].吉林农业,2015(21):114.

[2] 付强,谢永刚,王立权.湿地水土资源利用的可持续性研究[M].北京:中国水利水电出版社,2007.

[3] 程殿龙,尚全民,万海斌,等.以科学精神和积极态度对待洪水资源化[J].中国水利,2004(15):25-27.

[4] 许斌.白城市地下水资源保护研究[D].吉林 长春:吉林大学,2010.

[5] 毛子龙.1890—2029 年白城市土地利用/覆被变化与土壤碳库研究[D].吉林 长春:吉林大学,2010.

[6] 范亚梅,孟德成.白城市地下水资源利用现状及对策研究[J].黑龙江科技信息,2015(32):174.

[7] 吕素冰.水资源利用的效益分析及结构演化研究[D].辽宁 大连:大连理工大学,2012.

[8] 谢明勇,何玉春,黄娅婷.浅析基于灰色关联分析的水利工程评标方法[J].黑龙江水专学报,2009,36(3):40-42.

[9] 辛琨,生态系统服务功能价值估算[D].辽宁 沈阳:中国科学院沈阳应用生态研究所,2001.

[10] 何德炬,方金武.市场价值法在环境经济效益分析中的应用[J].安徽工程科技学院学报:自然科学版,2008,23(1):68-70.

[11] 赵宝璋,王晓妍.水利工程供水经济效益计算方法研究[J].水利经济,2000(6):31-38.

[12] Jiang Ming, Lu Xianguo, Xu Linshu, et al. Flood mitigation benefit of wetland soil: A case study in momoge national nature reserve in china [J]. Ecological Economics, 2007,61(2/3):217-223.

[13] 薛达元.生物多样性价值评估[M].北京:中国环境科学出版社,1994.

[14] 王丽萍,水利工程经济[M].湖北 武汉:武汉大学出版社,2002.

[15] 嵇正龙.江苏省消费结构与产业结构的灰色关联分析[J].商业经济研究,2015(31):23-25.

[16] 徐飒,李正辉.我国能源消费与经济增长的实证分析:基于面板数据模型的研究[J].求索,2015(10):95-99.

[17] 刘思峰,蔡华,杨英杰,等.灰色关联分析模型研究进展[J].系统工程理论与实践,2013,33(8):2041-2046.

[18] 罗毅,周创立,刘向杰.多层次灰色关联分析法在火电机组运行评价中的应用[J].中国电机工程学报,2012,32(17):97-103,150.

[19] 张云宁,崔祥,杨帆.基于灰色关联度的施工企业投标战略决策[J].土木工程与管理学报,2015,32(4):32-39.

[20] 张磊,杨远.基于隶属度—信息熵的灰色关联理论模型在评标决策中的应用[J].黑龙江科技信息,2015(32):121-122.

[21] 曹明霞.灰色关联分析模型及其应用的研究[D].江苏南京:南京航空航天大学,2007.

[22] 秦晋,刘树峰.吉林省水资源短缺风险等级评价及预测[J].人民长江,2016,47(21):39-42,76.

[23] 刘建卫,许士国,张世博.白城市河流洪水资源优化配置研究[J].水电能源科学,2007,25(6):7-10.