

# 模糊网络层次分析法在水利工程招标风险评价中的应用

陈思宇,方国华,黄显峰

(河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

**摘要:**以模糊数学为基础,建立基于模糊网络层次分析法的招标风险评价模型。首先通过网络层次分析法确定各项因素的权重,再结合模糊综合评价法进行分析比较,最终确定最优决策方案。将该模型应用于某水库工程的招标风险评价及决策中,以投标方为主动变量,其他因素为被动变量,确定各因素的权重。分别对 3 个方案进行风险评估,再比较选出最优方案。结果表明:该模型可对水利工程招标风险因素进行识别和排序,进而做出风险评价,为业主控制招标风险提供合理的决策方案,减少不必要的损失。

**关键词:**水利工程;招标;风险评价;网络层次分析法;模糊综合评价

**中图分类号:**TV512

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-9511(2018)02-0015-05

水利工程规模大、投资大、影响范围广、技术难度高、工期长。其中,招标作为最基础的工作,有许多人为因素掺杂其中。而业主对整个项目有很大的主动权,项目中也存在一些容易被忽略的问题,若未及时发现对这些问题进行风险辨识、评估和控制,就容易引发风险。因此,招标阶段的风险评估与控制是招标过程中需要解决的最基本问题。有关专家学者对招标阶段的风险评估进行了研究:Motawa 等<sup>[1]</sup>提出了基于模糊数学在建设项目中的风险评价系统;汪洋等<sup>[2]</sup>实现了模糊层次分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, F-AHP)在水利工程招标评价中的应用;叶锋华等<sup>[3]</sup>对工程项目招标进行了基于 F-AHP 的风险评价研究。但上述决策模型往往忽略了各个指标体系之间的内在联系与相互之间的影响,从而使得最终的决策模型与实际之间存在一定的误差,甚至影响决策模型的准确性。据此,张勋等<sup>[4]</sup>将基于熵权的网络层次分析法应用于水利工程项目投标风险决策,更准确地分析了各指标的权重。

本文从外部环境、招标过程及职业道德 3 个方面建立风险因素评价指标体系,应用模糊网络层次分析法(Fuzzy Analytic Network Process, F-ANP)进行评价。该方法根据网络层次分析法(ANP)原理,利用 Super Decisions 软件计算指标权重,再结合模糊

综合评价法,利用 MATLAB 进行模糊运算,得到的评价结果可为招标风险控制与决策提供一种新的思路。

## 1 招标风险评价指标体系

招标风险产生的原因有很多,主要来源于三方面:①由与项目相关的外部环境条件引起;②由招标过程中缺乏有效的风险防范机制引起;③由相关经济人的利益引起。水利工程招标过程中,在了解项目外部环境的基础上,除了由于种种原因引发的招标过程中的采购、文件编制等风险,利益也经常驱使着合同双方走向道德风险的边缘。

本文以风险来源为依据,结合方德斌等<sup>[5]</sup>的研究成果及国内外实际情况,将招标的风险因素分为三类:外部环境风险、招标过程风险以及职业道德风险,建立水利工程招标风险指标体系,见图 1。

### 1.1 外部环境风险

a. 社会风险,指因政局不稳定、非正常的团体或个人行为及水利工程建设所在地传统习俗差异等引发的风险。

b. 市场风险,指因市场价格的不稳定导致招标失败的风险。

c. 法律风险,指因法律变更或相关法律本身存

**作者简介:**陈思宇(1994—),女,硕士研究生,主要从事水资源规划及利用与工程经济研究。E-mail:123333470@qq.com

**通信作者:**方国华(1964—),女,教授,博士,主要从事水资源规划及利用、水利水电系统规划与优化调度、水利经济、工程管理等研究。E-mail:hhughfang@163.com。

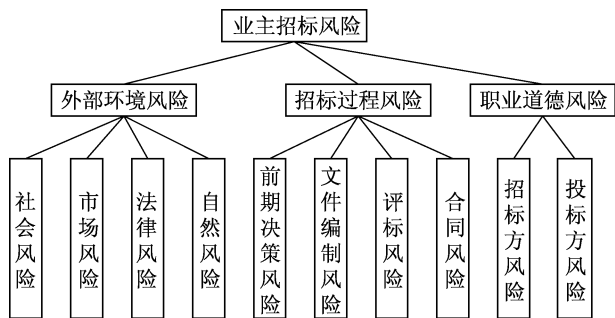


图1 招标风险指标层次结构

在的缺陷引发的招标风险。

d. 自然风险:指因自然环境的不可预测变化而导致财产损失和人员伤亡的风险。

## 1.2 招标过程风险

a. 前期决策风险。主要包括:①合同类型风险。不同类型的合同适用的项目类型不同,所以不同的合同类型会给业主和承包商带来风险分配不均等问题。②招标方式风险。采用不同的方式招标会造成不同的风险,根据董燕语等<sup>[6]</sup>基于水利工程项目招标中业主风险的应对策略,公开招标虽然承包商的选择范围较大,但是评标阶段工作量太大,而邀请招标则会导致业主的选择范围有限,可能错过更加优质的承包商。③发包方式风险。发包方式的不同会造成风险的差别,如建设全过程承包降低了业主协调的难度,压缩了投标时间,并转移了部分风险,但这也降低业主的控制能力,增加索赔的风险,并增加投标单位故意在设计过程中设置陷阱或缺陷的可能性;分包对专业单位发挥自身专长有利,但会使业主组织、协调和控制的难度增大。

b. 文件编制风险。主要包括:①投标文件编制风险。若中标者的投标文件中存在编制偏差,在评标过程中又未被识别的情况下,会使业主在施工阶段处于风险之中。②招标文件编制风险。由于时间紧、预测偏差或员工的能力和和经验不足,招标文件容易出现漏洞,这些漏洞很可能在建设阶段给业主造成严重损失。

c. 评标风险。主要包括:①评标组织风险。指由于部分专家缺乏一定的法律知识及评价常识,不能对投标文件做出正确的评估,或者由于时间紧、标书过厚等原因影响评估工作的质量和科学性。②评标方式风险。每种评标方法都有自身的独特性,所以对不同的工程类型需选择不同的评标方式。为了实现公平合理的竞争并公正地选出中标者,评标方式必须具备较高的科学性。

d. 合同风险。主要包括:①合同不完善风险。指承包商利用合同中可能会出现合同条款不完整、表达不准确或有漏洞等缺陷,从中投机,给业主

造成巨大损失。②分配风险不合理。由于业主在合同谈判中占据主导权,会将风险转移给承包商,在这种情况下,承包商通过降低质量等手段来减少损失风险,最终发生无法施工或因承受不了压力造成业务失败,给业主造成重大的经济和时间损失。

## 1.3 职业道德风险

a. 招标方风险。主要包括:①屈从领导意见风险。出于对领导权威的畏惧,员工不能够进行准确的判断选择,导致招标结果的公平性和科学性受到影响。②责任心不强风险。指参加招标的单位或单位个别员工没有严格遵守有关法律,在招标过程中徇私舞弊,造成招标过程和结果的不公平,损害业主利益的风险。

b. 投标方风险。主要包括:①恶性投标风险。承包商通过低质量低报价或低报价高索赔的手段进行投标,以取得中标与牟利的双重利益。面对这样的承包商,业主也同时面临索赔或潜在的质量风险。②虚假信息风险。投标人在投标文件编制时提供虚假资料,招标方没有仔细核实,甚至直至施工阶段才发现,造成严重后果。

## 2 基于 F-ANP 的招标风险评价模型

为了帮助业主在水利工程招标过程中进行风险控制、决策合适的投标人,本文以模糊数学为基础,结合网络层次分析法,建立基于模糊网络层次分析法(F-ANP)的水利工程招标风险评价模型。首先利用 Super Decisions 软件对招标风险的评价指标体系进行权重计算,再将计算得到的指标权重带入模糊综合计算中,根据专家划分的等级对结果进行评价;若存在变量,可将变量带入计算中进行多次评价,比较评价结果,选择最优的决策方案。

### 2.1 指标权重计算

根据孙铭忆<sup>[7]</sup>对层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)与网络层次分析法(ANP)的比较,AHP是一种旨在通过数学方法模拟人类处理复杂决策问题时的判断思维方式来量化解决多目标问题的决策方法。当使用AHP解决问题时,第一步将与问题相关的因素简要地划分为目标层、准则层和方案层;第二步判断各层级之间的关系,通过专家打分等方式对各个因素的重要程度进行比较,在不同准则层和总准则层下,计算出各个方案的相对重要程度;最后对方案的优劣进行排序,得到最适合的选择。AHP体现了人类的决策思维且明显提高了决策效率。

ANP是一种由AHP逐步发展而成的适用于更加复杂结构的决策方法。ANP有效减弱了AHP

的主观作用,因其网络结构更加复杂,并巧妙地结合了递阶式、内部依赖和反馈性的层次结构。各因素之间相互关联、影响,形成了典型的 ANP 结构,见图 2。

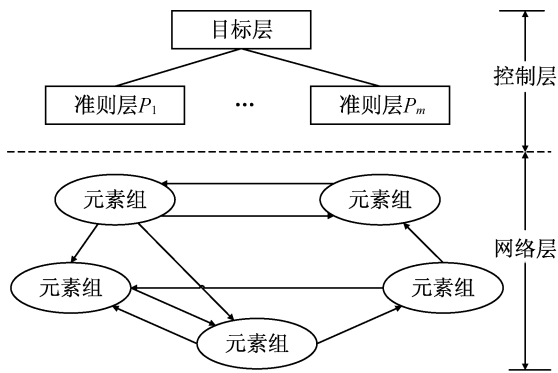


图 2 典型的 ANP 结构

对于指标权重的计算,本文采用 Super Decisions 软件。首先在该软件中按照逻辑层次关系建立评价指标因素间的网络关系,见图 3(图中“准则层→次准则层”表示后者指标因素影响前者指标因素,而弧形箭头则表示内部节点之间相互的依存和影响)。ANP 采用 1-9 标度法对各项因素指标进行两两重要程度的判断(1-9 标度含义见表 1)。为了保证各项指标因素的准确性,可以选择将若干位专家意见汇总后重新反馈,对于其中分歧较大的进行修改,如此循环往复直到达成最终的共识,并使得构建的判断矩阵测试检验满足一致性。由于 ANP 考虑指标因素之间的相互影响,因此应当进行间接优势度(在给定标准的两个要素下对第 3 个要素的重要程度进行判断)打分,综合考虑各项影响因素,分别在不同次准则层打分,从而使最终的权重更加符合实际。最后,构建所有次准则层中指标元素的局部权重无权超矩阵  $\bar{W}$ ,再构建根据准则层之间的权重确定的加权矩阵  $\bar{A}$ ,求出加权超矩阵  $\bar{W}$ 。根据  $\bar{W}$  求出特征值为 1 的向量,即为各项指标因素的最终权重。

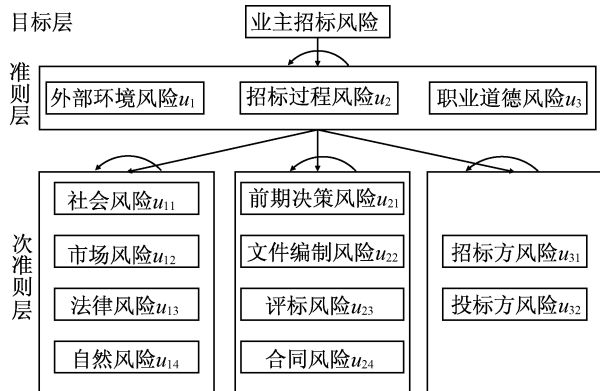


图 3 Super Decisions 软件中 ANP 结构

表 1 1-9 标度的含义

标度	含义(表示两个元素相比)
1	具有同样重要性
3	前者比后者稍重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者强烈重要
9	前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值

## 2.2 招标风险评价模型步骤

基于 F-ANP 的水利工程招标风险评价模型是一种以模糊集合表示评估结果为特点的非常有效的多因素决策方法,通过多种因素的影响对事物进行综合评估。如卢飞等<sup>[8]</sup>进行了基于网络层次分析法的跑道侵入风险模糊评价。将该方法应用于水利工程招标风险评价体系中,综合考虑影响系统的众多指标因素,建立模糊矩阵,将 ANP 计算出的权重结果带入模糊运算,最终得到综合评价结果。根据方国华等<sup>[9]</sup>多目标决策理论、方法及其应用,建立模型,步骤如下:

- 确定因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ,其中  $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$  表示影响事物评价值的第  $i$  个因素。
- 确定因素评价集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ ,其中  $v_j (j = 1, 2, \dots, m)$  表示影响事物评价值的第  $j$  个等级。
- 单因素判断,确定各因素对于各评价等级的隶属度。

由于水利工程招标风险因素均为定性指标,所以采用定性指标隶属度的确定方法(如专家评分法、实地调研法等)对水利工程招标风险的准则层和次准则层进行给定。

通过上述步骤及方法,求出定性指标的隶属度  $r_{ij}$ ,进而得到评价矩阵  $R$ :

$$R = (R_1, R_2, \dots, R_n)^T = (r_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

- 各因素的权重  $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$  通过网络层次分析法确定。权重  $W$  表示因素  $u_i$  在事物评价中所占的重要程度。通常,  $0 < \omega_i < 1$  且  $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。

e. 综合评价。首先选择合成算子,其次将  $W$  和  $R$  代入,进行模糊运算,通过进一步分析获得的结果,可对被评价的对象做出最终判定。具体流程见图 4。

## 3 实例分析

2016 年 8 月,根据江苏省 A 市水利局工作计划

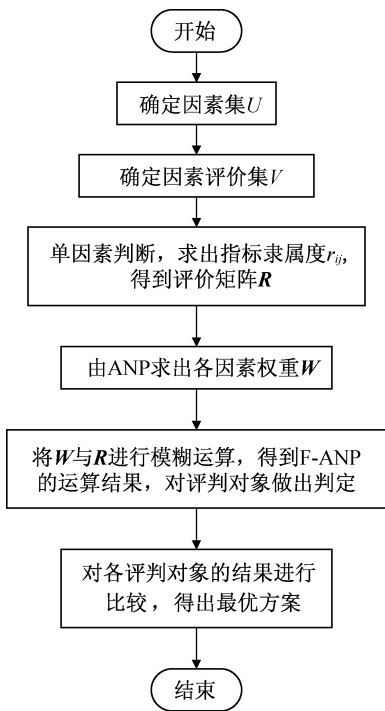


图4 F-ANP模型流程

安排,拟开展A市U水库工程的招标工作。项目法人为A市水利局,招标代理机构为多次被评为优秀代理机构的江苏省Q记招标代理有限公司,现对该项目的施工进行分段公开招标。拟有3个投标人,分别为省级优秀施工单位甲公司,A市某新成立的建设集团有限公司乙公司以及安徽省某水利建设工程有限公司丙公司。为了进行择优选择,A市水利局邀请行业内的10位专家连同局内10位经验丰富的领导组成专家组,分别对该项目的风险指标因素进行打分,对各指标赋予相应分值,并对指标体系中的定性指标因素进行等级评价。

### 3.1 利用ANP确定指标权重

利用Super Decisions软件,按照实际逻辑关系建立网络层次分析图,见图5。对每组元素集中进行两两优势度比较,再收集处理专家打分结果建立判断矩阵,并对其进行一致性检验,根据检验结果决定判断矩阵是否被接受。以该项目招标风险指标体系中的准则层为例,指标判断矩阵的一致性检验结果为 $0.00355 < 0.1$ ,因此接受该判断矩阵,且同时给出各指标的权重。次准则层同理,即可生成各次准则层的权重,最后点击Super Decisions软件菜单栏Computations下拉菜单中的Priorities选项即可生成最终的加权重,进而得到加权超矩阵 $\bar{W}$ ,见表2。

### 3.2 基于F-ANP评价模型计算结果

首先根据专家组对指标的等级评价构建模糊评价矩阵,见表3,其中该项目招标风险的指标评价集

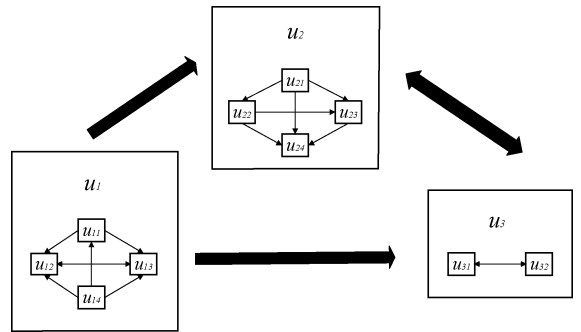


图5 U水库招标风险ANP结构模型(网络层)

表2 各公司最终指标权重

准则层	指标层	权重		
		甲公司	乙公司	丙公司
外部环境 风险 $u_1$	社会风险 $u_{11}$	0.012	0.009	0.008
	市场风险 $u_{12}$	0.046	0.035	0.032
	法律风险 $u_{13}$	0.065	0.050	0.045
	自然风险 $u_{14}$	0.020	0.015	0.014
招标过程 风险 $u_2$	前期决策风险 $u_{21}$	0.059	0.060	0.038
	文件编制风险 $u_{22}$	0.143	0.146	0.091
	评标风险 $u_{23}$	0.090	0.092	0.057
	合同风险 $u_{24}$	0.279	0.284	0.178
职业道德 风险 $u_3$	投标方风险 $u_{31}$	0.114	0.103	0.134
	招标方风险 $u_{32}$	0.172	0.206	0.403

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\} = \{ \text{很低, 较低, 中等, 较高, 很高} \}$ 。

再将各指标的权重和模糊矩阵代入,利用MATLAB进行计算:

表3 模糊评价矩阵

模糊评价矩阵	很低	较低	中等	较高	很高
$R_1$	0.90	0.10	0	0	0
	0.15	0.40	0.45	0	0
	0.20	0.25	0.55	0	0
	0.30	0.50	0.20	0	0
	0.40	0.50	0.10	0	0
	0.20	0.55	0.20	0.05	0
	0.30	0.30	0.35	0.05	0
	0.50	0.30	0.20	0	0
	0.75	0.15	0.10	0	0
	0.90	0.10	0	0	0
$R_2$	0.90	0.10	0	0	0
	0.15	0.20	0.45	0.20	0
	0.10	0.15	0.55	0.15	0.05
	0.30	0.50	0.20	0	0
	0.40	0.50	0.10	0	0
	0.20	0.55	0.20	0.05	0
	0.30	0.30	0.35	0.05	0
	0	0.30	0.55	0.10	0.05
	0.75	0.15	0.10	0	0
	0.40	0.35	0.25	0	0
$R_3$	0.90	0.10	0	0	0
	0.05	0.20	0.45	0.30	0
	0	0.15	0.65	0.15	0.05
	0.30	0.50	0.20	0	0
	0.40	0.50	0.10	0	0
	0.20	0.55	0.20	0.05	0
	0.30	0.30	0.35	0.05	0
	0	0.10	0.65	0.15	0.10
	0.75	0.15	0.10	0	0
	0.05	0.30	0.55	0	0

$$B_i = \overline{W}_i \delta R_i = (\omega_{i0}, \omega_{i1}, \dots, \omega_{i9}) \delta \begin{pmatrix} r_{i00} & r_{i01} & \dots & r_{i04} \\ r_{i10} & r_{i11} & \dots & r_{i14} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{i90} & r_{i91} & \dots & r_{i94} \end{pmatrix} = (b_{i0}, b_{i1}, \dots, b_{i4}) \quad (1 \leq i \leq 3) \quad (2)$$

式中  $\delta$  为模糊合成算子,表示模糊矩阵的合成运算,此处采用加权平均型模糊合成算子,其计算公式为

$$b_m = \sum_{j=0}^9 \omega_j r_{jm} \quad (m = 0, 1, 2, 3, 4)$$

得到模糊综合评价结果如下:

$$B_1 = \overline{W}_1 \delta R_1 = (0.4957 \quad 0.2990 \quad 0.1937 \quad 0.0117 \quad 0)$$

$$B_2 = \overline{W}_2 \delta R_2 = (0.2633 \quad 0.3336 \quad 0.3317 \quad 0.0548 \quad 0.0166)$$

$$B_3 = \overline{W}_3 \delta R_3 = (0.1842 \quad 0.2659 \quad 0.4392 \quad 0.0504 \quad 0.0200)$$

根据最大隶属度原则,由  $B_{1\max} = 0.4957$ ,  $B_{2\max} = 0.3336$ ,  $B_{3\max} = 0.4392$ ,可判定甲公司中标则业主招标风险很低,乙公司中标则业主招标风险较低,丙公司中标则业主招标风险中等,故选择甲公司,则业主招标风险最低。

### 3.3 风险控制方案

宏观上,比较3个投标人,由于若甲公司中标,招标方承担的风险最低,所以选择甲公司为中标人。

微观上,应在选择甲公司作为中标人的基础上对其他存在的风险加以控制,使得业主的招标风险在宏观最低的基础上微观也降到最低。根据表2可以发现,在甲公司的风险指标体系中所占权重较大的是招标过程中的文件编制风险和合同风险以及投标方的职业道德风险,因此在该项目的招标过程中,业主应主要在这三方面加强风险控制。

a. 在招标文件编制过程中,招标文件要清晰完整地描述招标的内容及要求,防止投标者有机可乘、有空可钻。

b. 在合同管理中,应不断修改完善合同条款,若有表意不清或有待商榷的地方,应在合同谈判时达成共识并且及时予以修正。

c. 在评标过程中,必须要加强对投标单位的审查力度,对投标单位提出合理明确的资质要求,并可适当附以一些必要的经济处罚,借此来约束投标单位可能的不良行为。

结合以上3点,并对其他次要风险进行正常防范控制,减少不必要的损失,将业主招标风险降到

最低。

## 4 结论

基于模糊数学理论,结合网络层次分析法,建立基于F-ANP的水利工程招标风险评价模型,并将该模型应用于某水库工程的招标风险评价及决策中,所获得的结论与实际相符并与专家组评估意见吻合,表明该方法具有一定的可行性与科学性,加之该评价方法较为新颖,思路简单清晰,具有一定的推广性,所以该方法在建筑、电力、物流等行业的风险评价中已得到应用与一定程度的普及,但水利行业应用较少,因此该方法具有应用潜力。

但由于招标风险涉及的因素较多,按照不同的分类标准会有不同的风险识别及风险评估方案,本文无法将其一一分类并纳入评价指标体系进行综合比较,加之虽然由AHP进化到ANP来量化定性分析,但主观作用依然较强,因此该指标体系仍有待于进一步完善。

### 参考文献:

- [1] MOTAWA I A, ANUMBA C J, HAMALAWI A EL. A fuzzy system for evaluating the risk of change in construction projects [J]. Advances in Engineering Software, 2006, 37:583-591.
- [2] 汪洋,何建新,蒋健俊.模糊层次分析法在水利工程代建单位招标评价中的应用研究[J].探索与交流,2012(4):39-40.
- [3] 叶锋华,蒋翠清.基于FAHP的工程项目招标风险评价研究[J].工程价值,2008(3):122-124.
- [4] 张勋,刘永强,肖俊龙.基于熵权的网络层次分析法在水利工程项目投标风险决策中的应用[J].水电能源科学,2016,35(2):161-164.
- [5] 方德斌,刘雯.工程项目业主招标风险综合评价研究[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2011,64(3):56-62.
- [6] 董蕙语,王俊,张泽宇.基于水利工程项目招标中业主风险的应对策略[J].黑龙江水利科技,2011,39(1):149-150.
- [7] 孙铭忆.层次分析法(AHP)与网络层次分析法(ANP)的比较[J].管理世界,2014(4):67-68.
- [8] 卢飞,张宗路,张兆宁.基于网络层次分析法的跑道侵入风险模糊评价[J].中国民航大学学报,2014,32(1):10-14.
- [9] 方国华,黄显峰.多目标决策理论、方法及其应用[M].北京:科学出版社,2011:150-156.

(收稿日期:2017-09-08 编辑:胡新宇)