

# 林业生态工程综合后评价指标体系与定量评价方法研究

## ——以三北防护林体系建设四期工程第一阶段为例

党普兴

(国家林业局 西北规划设计院,陕西 西安 710048)

**摘 要:**以三北防护林四期工程第一阶段为案例,从投资项目后评价的基本理论和方法出发,运用专家会议法和 Delphi 法经过多轮咨询。结果表明,首次构建和确定了由 5 个方面、18 个项目、44 项指标和 42 项分指标构成的 4 层递阶结构的林业生态工程综合后评价指标体系及其权重,在此基础上提出了一种新的林业生态工程定量综合后评价方法。研究结果延伸了林业生态工程后评价指标体系的层级架构,使评价指标与反映工程状况的具体评语或数据间有了较强的关联性,对形成林业生态工程后评价的结论性意见能提供一个简明直观的定量判断依据,充实和发展了林业生态工程后评价理论的实践应用,对三北工程及其他林业生态工程项目建设管理和后评价工作具有积极的促进作用。

**关键词:**林业生态工程;后评价;指标体系;定量评价

**中图分类号:**S718.557

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2014)01-0244-09

### Indicator System and the Quantitative Method of Post-evaluation for Comprehensive Effectiveness of Forestry Ecological Engineering

#### ——A Case Study on the First Stage of the Construction of Three North Shelterbelt System's Phase IV Project

DANG Pu-xing

(Northwest Institute of Forest Inventory, Planning and Design, State Forest Administration, Xian, Shaanxi 710048, China)

**Abstract:** Taking the first stage of the construction of Three North Shelterbelt System's phase IV project as the case, the author started from the basic theory and method of post project evaluation. Many rounds of expert conference method and Delphi method were conducted for consultation. An indicator system with a 4-level hierarchical structure of post-evaluation for comprehensive effectiveness of forestry ecological engineering was set up for the first time, which consisted of 5 aspects, 18 items, 44 indicators, 42 sub-indicators. With the weights of these indicators given, a new quantitative method of post-evaluation for comprehensive effectiveness of forestry ecological engineering was developed. The results extend the current hierarchical structure of the indicator system for the post-evaluation of forestry ecological engineering, and enhance the correlation between indicators and specific remarks or data reflecting projects' condition. The system can provide a holistic and intuitive judgment basis for a clear conclusion of the post-evaluation of forestry ecological engineering, and it may enrich and develop the practical application of the theories of the post-evaluation of forestry ecological engineering. The system can help the management of constructions and post-evaluations of both Three North Shelterbelt System and other forestry ecological projects.

**Key words:** forestry ecological engineering; post-evaluation; indicator system; quantitative evaluation

收稿日期:2013-05-16 修回日期:2013-07-12

基金项目:三北四期工程中期评估专项基金。

作者简介:党普兴,男,高级工程师,研究方向:林业调查规划设计。E-mail: dpx62@126.com

自1998年将17个林业生态工程整合为林业六大重点工程之后,我国林业生态工程建设的投资主体开始发生转变,由整合前的以非政府投资为主逐步转变为整合后的以政府投资为主<sup>[1]</sup>,我国的林业生态工程建设也随之进入了一个快速发展时期。但随着政府投资的不断加大,如何监管好工程的建设 and 运行,保证政府资金的合理利用,发挥其最佳效益,成为政府加大投资之后急需考虑的问题<sup>[2-7]</sup>。

投资项目后评价是20世纪30年代始于美国的一种进行投资监督、项目管理的得力手段和工具,70年代中期被许多经济发达国家和国际金融组织广泛使用,80年代中后期引入我国,改革开放后我国第一次大规模利用世行贷款造林,世界银行一整套的项目后评价理论与方法开始在我国林业生态工程中逐步展开使用。投资项目后评价作为一种出资人对投资活动进行全程监督管理的有效方法,也越来越受到我国政府的重视。2008年11月7日,国家发展和改革委员会印发《中央政府投资项目后评价管理办法(试行)》,于2009年1月1日起施行,标志着投资项目后评价已正式成为我国对政府投资项目进行监管的一项重要制度、措施和手段。

目前,国内外对林业生态工程后评价理论与应用进行系统性研究较少,多是单一或局部研究。国外发达国家的林业生态工程后评价工作虽然在法律制度、指标体系、评价方法等诸方面均已相对成熟和完善,但从目前各国林业生态工程后评价的案例来看,一方面由于国情不同,各国的林业生态工程后评价指标体系存在较大差异,不完全符合我国林业生态工程的实际情况;另一方面,各国林业生态工程后评价的方法也多以逻辑框架法等定性评价方法为主,而很少采用系统、直观的定量评价方法。国内林业生态工程后评价工作在1998年之前发展缓慢,当前虽然有了长足的进步和发展,但整体仍处于理论研究与实际应用的初级阶段,无论是从理论还是实践均缺乏一套比较完善的指标体系和测评方法。2001年中国工程咨询公司对三北防护林体系建设第一阶段(1978—2000年)开展的后评价,是林业重点工程开展后评价的最早案例,也是目前国内仅见的几个比较规范的林业生态工程后评价案例之一,但其评价方法主要以定性评价为主,缺乏量化评价,评价结果不够直观、精准和深入<sup>[8]</sup>。而在量化评价研究方面,当前多数研究者只是对林业生态工程后评价的某一个方面——工程效益后评价进行了研究<sup>[9-26]</sup>,对工程决策、工程实施过程、工程目标、工程持续性的后评价和综合后评价很少触及;仅有刘勇<sup>[27]</sup>等少数人对林业生态工程后评价及其应用实

践做了系统性的探索和研究,不仅构建了比较系统完整的林业生态工程后评价指标体系,并以三北防护林体系建设第一阶段(1978—2000年)为例,采用模糊综合评判方法,对各个方面的后评价和综合后评价进行了较为深入的量化研究,但其存在四个方面的不足,一是其遴选的部分决策后评价指标和部分实施过程后评价指标的针对性、代表性不强;二是其指标体系的层级只有两级,不能充分反映各单项指标内的细微情况;三是其各项指标权重和各项指标的基础数据(单因素指标隶属度)均源于专家打分,存在较大的主观随意性;四是其测评方法的可操作性和通用性不强。笔者以三北防护林体系建设四期工程(以下简称三北四期工程)第一阶段为案例,结合三北工程的自然、经济和社会属性特点,从项目后评价的基本理论和方法出发,本着客观、简捷、实用的原则,对林业生态工程后评价理论的应用实践做了较为系统深入的探索研究,提出了一套相对适合国情、林情又便于操作的林业生态工程综合后评价指标体系和定量评价方法。

## 1 林业生态工程综合后评价指标体系的构建

### 1.1 指标体系构建原则

1)客观性:即能够真实地反映出工程从立项到运营一段时间后整个状况的现实特征。

2)完备性:即从整体出发,多角度、全方位地反映工程状况,包括空间完备性和时间完备性。空间完备性是指评价指标体系要成系统,应包括工程从立项到运营一段时间后整个状况的主要方面;时间完备性是指评价指标体系作为一个有机整体,不仅要各个不同角度反映出工程从立项到运营一段时间后整个状况,更要反映出工程实施后的运行态势。

3)代表性:即具有清晰的层次结构,由局部到整体,由复杂到简明,既具有明显的差异性,又具有一定的普遍性,能够真实反映工程从立项到运营一段时间后的整个状况。

4)可比性:即对不同时空的同类事物应具有比较一致的基础。

5)可测性:即可用数据衡量和表示,能够进行实际评价计算,反映工程从立项到运营一段时间后整个状况的客观实际。

6)相对独立性:即同一层次的各项指标能各自说明工程的某一方面,尽可能不互相重叠或成为相互包含的因果关系。

### 1.2 指标选择与体系的构建

按照指标体系的构建原则,结合林业生态工程

后评价的定义和特点,林业生态工程综合后评价应包括工程决策评价、工程过程评价、工程目标评价、工程效益评价和工程持续性评价 5 个方面的指标体

系(表 1),以此 5 个方面构成综合后评价体系的一级指标,将能够说明和反映这 5 个方面(类目)构成综合后评价体系的二级指标,再在二级指标下构建

表 1 三北四期工程第一阶段综合后评价指标体系及其指标权重(标准分值)

Table 1 Indicator system of post-evaluation for comprehensive effectiveness of the first stage of Three North Shelterbelt System's phase IV project (standard score)

类目	权重/%	项目	权重/%	指标	权重/%	分指标	权重/%
工程决策评价 (A)	10	必要性(A <sub>1</sub> )	5.00	国家生态安全体系建设的需要(A <sub>11</sub> )	1.75	改善国家生态安全体系的认同度(A <sub>111</sub> )	1.75
				改善人居及生产条件的需要(A <sub>12</sub> )	1.50	改善人居及生产条件的认同度(A <sub>121</sub> )	1.50
				促进当地群众脱贫致富的需要(A <sub>13</sub> )	0.75	促进当地群众脱贫致富的认同度(A <sub>131</sub> )	0.75
				解决当地薪柴利用的需要(A <sub>14</sub> )	0.50	解决当地木材薪柴利用的认同度(A <sub>141</sub> )	0.50
				改善当地社会就业的需要(A <sub>15</sub> )	0.50	改善当地社会就业的认同度(A <sub>151</sub> )	0.50
		可行性(A <sub>2</sub> )	5.00	地方政府支持程度(A <sub>21</sub> )	1.00	规划配套资金到位率(A <sub>211</sub> )	0.30
						计划配套资金到位率(A <sub>212</sub> )	0.70
				当地群众投劳意愿(A <sub>22</sub> )	1.00	群众投劳意愿率(A <sub>221</sub> )	1.00
				规划科学合理性(A <sub>23</sub> )	0.75	规划合理认可率(A <sub>231</sub> )	0.75
				国家投资保证程度(A <sub>24</sub> )	2.25	规划投资到位率(A <sub>241</sub> )	0.67
工程过程评价 (B)	15	组织管理(B <sub>1</sub> )	3.00	管理机构情况(B <sub>11</sub> )	1.20	管理机构设置率(B <sub>111</sub> )	1.20
				管理制度情况(B <sub>12</sub> )	0.90	管理制度健全认可率(B <sub>121</sub> )	0.90
				责任制落实情况(B <sub>13</sub> )	0.90	责任制制定落实率(B <sub>131</sub> )	0.90
		计划管理(B <sub>2</sub> )	3.00	实施方案编制情况(B <sub>21</sub> )	1.80	实施方案编制率(B <sub>211</sub> )	1.80
				年度计划制定情况(B <sub>22</sub> )	1.20	年度计划制定率(B <sub>221</sub> )	1.20
		作业设计(B <sub>3</sub> )	3.00	作业设计情况(B <sub>31</sub> )	3.00	作业设计率(B <sub>311</sub> )	3.00
		建设管理(B <sub>4</sub> )	6.00	按设计施工情况(B <sub>41</sub> )	1.20	按设计施工率(B <sub>411</sub> )	1.20
				检查验收情况(B <sub>42</sub> )	1.50	检查验收率(B <sub>421</sub> )	1.50
				规范建档情况(B <sub>43</sub> )	0.90	规范建档率(B <sub>431</sub> )	0.90
				造林抚育情况(B <sub>44</sub> )	0.90	造林抚育率(B <sub>441</sub> )	0.90
				造林管护情况(B <sub>45</sub> )	0.90	造林管护率(B <sub>451</sub> )	0.90
				资金管理情况(B <sub>46</sub> )	0.60	资金管理规范认可率(B <sub>461</sub> )	0.60
工程目标评价 (C)	38	营造林实绩(C <sub>1</sub> )	15.20	人工造林情况(C <sub>11</sub> )	9.12	规划完成率(C <sub>111</sub> )	2.74
						计划完成率(C <sub>112</sub> )	6.38
				封山(沙)育林情况(C <sub>12</sub> )	4.56	规划完成率(C <sub>121</sub> )	1.37
						计划完成率(C <sub>122</sub> )	3.19
				飞播造林情况(C <sub>13</sub> )	1.52	规划完成率(C <sub>131</sub> )	0.46
						计划完成率(C <sub>132</sub> )	1.06
				森林覆盖率(C <sub>2</sub> )	11.40	规划增量完成率(C <sub>211</sub> )	3.42
						计划增量完成率(C <sub>221</sub> )	7.98
		沙化治理(C <sub>3</sub> )	3.80	沙化治理规划完成情况(C <sub>31</sub> )	3.80	沙化治理规划完成率(C <sub>311</sub> )	3.80
		森林资源管护(C <sub>4</sub> )	3.80	规划管护面积落实情况(C <sub>41</sub> )	3.80	规划管护面积落实率(C <sub>411</sub> )	3.80
		其他项目建设(C <sub>5</sub> )	3.80	重点项目建设情况(C <sub>51</sub> )	1.33	重点项目营造林规划完成率(C <sub>511</sub> )	1.33
				示范区建设情况(C <sub>52</sub> )	1.33	示范区营造林规划完成率(C <sub>521</sub> )	1.33
				科技成果推广应用情况(C <sub>53</sub> )	0.57	科技推广应用规划完成率(C <sub>531</sub> )	0.57
				技术培训开展情况(C <sub>54</sub> )	0.57	技术培训规划完成率(C <sub>541</sub> )	0.57
工程效益评价 (D)	27	生态效益(D <sub>1</sub> )	16.20	年均生态效益与年均投资比率(D <sub>11</sub> )	16.20	年均生态效益 / 年均投资(D <sub>111</sub> )	16.20
		社会效益(D <sub>2</sub> )	5.40	改善农村基础设施情况(D <sub>21</sub> )	1.08	对改善农村基础设施的认同度(D <sub>211</sub> )	1.08
				改善民族与干群关系情况(D <sub>22</sub> )	0.81	对改善民族与干群关系的认同度(D <sub>221</sub> )	0.81
				增加农村就业机会情况(D <sub>23</sub> )	0.81	对增加农村就业机会的贡献度(D <sub>231</sub> )	0.81
				促进农民增收致富情况(D <sub>24</sub> )	1.35	对促进农民增收致富的贡献度(D <sub>241</sub> )	1.35
				促进农村产业结构调整情况(D <sub>25</sub> )	1.35	对促进产业结构调整的贡献度(D <sub>251</sub> )	1.35
		经济效益(D <sub>3</sub> )	5.40	年均经济效益与年均投资比率(D <sub>31</sub> )	5.40	年均经济效益 / 年均投资(D <sub>311</sub> )	5.40
工程持续性评价 (E)	10	生态需求(E <sub>1</sub> )	3.00	生态对工程持续性的需求度(E <sub>11</sub> )	3.00	森林复造率现实值 / 规划值(E <sub>111</sub> )	3.00
		政策支持(E <sub>2</sub> )	3.50	国家宏观政策对工程支持度(E <sub>21</sub> )	1.40	有利问卷数 / 总问卷数(E <sub>211</sub> )	1.40
				国家投资政策对工程支持度(E <sub>22</sub> )	2.10	单位面积投资补助 / 造林成本(E <sub>221</sub> )	2.10
		社会认同(E <sub>3</sub> )	2.50	群众对工程持续性认同度(E <sub>31</sub> )	2.50	必要问卷数 / 总问卷数(E <sub>311</sub> )	2.50
		自身发展能力(E <sub>4</sub> )	1.00	工程效益费用比(E <sub>41</sub> )	1.00	林产品收入 / 总投资(E <sub>411</sub> )	1.00

三级、四级指标,并初步拟定各级指标的的内涵和量测方法。在此基础上,邀请国内林业调查规划设计、高等农林院校、中国林科院以及三北防护林建设局等相关单位的专家学者 18 人组成专家工作组,采用专家会议法和 Delphi 法<sup>[28]</sup>,对初步构建的综合后评价指标体系进行反复讨论、增删和改进,最后确立了由 5 个方面、18 个项目、44 项指标和 42 项分指标构成的 4 层递阶结构的林业生态工程综合后评价指标体系。

表 2 三北四期工程第一阶段综合后评价评定等级划分标准

Table 2 The standards of rating for the synthetic quantified post-evaluation on the first period of the fourth phase of the Three—North Shelter Forest Project

评价指标	好	较好	一般	较差	差
综合评价	100.00~85.00	84.99~70.00	69.99~50.00	49.99~35.01	≤35.00
工程决策评价	10.00~8.50	8.49~7.00	6.99~5.00	4.99~3.51	≤3.50
工程过程评价	15.00~12.80	12.79~10.50	10.49~7.50	7.49~5.31	≤5.30
工程目标评价	38.00~32.30	32.29~26.60	26.59~19.00	18.99~13.31	≤13.30
工程效益评价	27.00~22.95	22.94~18.90	18.89~13.50	13.49~9.46	≤9.45
工程持续性评价	10.00~8.50	8.49~7.00	6.99~5.00	4.99~3.51	≤3.50

2 评价指标的测算方法

2.1 数据来源

各指标类群最末一级指标的基础数据(分指标的估计值)主要来源于评价区域的相关规划数据<sup>[29]</sup>、三北四期工程“十五”期间年度计划文件及工程建设统计资料、国家林业局 2001—2005 年全国营造林综合核查三北工程年度核查成果、专项社会调查数据和相关推算定额,这些基础数据均为经过处理后的无量纲相对数据,一般数据取值≤1,对于>1 的,均按 1 处理,再由末级指标值(分指标估计值)与各权重推算出分指标、指标、项目、类目的取值。

2.2 指标测算

2.2.1 工程决策评价指标(A) 从必要性(A<sub>1</sub>)和可行性(A<sub>2</sub>)2 个方面选择指标,反映工程决策情况。必要性(A<sub>1</sub>)包括 5 个指标(每指标均 1 个分指标): 1)国家生态安全体系建设的需要(A<sub>11</sub>),A<sub>111</sub>=工程可改善国家生态安全体系的认同度=选填改善的问卷数量/调查问卷总数量;2)改善人居及生产条件的需要(A<sub>12</sub>),A<sub>121</sub>=工程可改善人居及生产条件的认同度=选填改善的问卷数量/调查问卷总数量(3)促进当地群众脱贫致富的需要(A<sub>13</sub>),A<sub>131</sub>=工程可促进当地群众脱贫致富的认同度=选填促进的问卷数量/调查问卷总数量;4)解决当地木材薪利用的需要(A<sub>14</sub>),A<sub>141</sub>=工程可解决当地木材薪柴利用的认同度=选填改善的问卷数量/调查问卷总数量;5)改善当地社会就业的需要(A<sub>15</sub>),A<sub>151</sub>=工程可改善当地社会就业的认同度=选填改善的问卷数量/调查问

1.3 指标权重的确定

按照确立的综合后评价指标体系,由前述 18 位专家分别对各层级的每项指标赋予权重,剔除赋值差异太大的权重后,取算术平均值作为各级指标的标准权重,并作标准化处理(表 1)。

1.4 评语等级的确定

按照专家意见和通常等级划分的分值标准,确定综合后评价结果和 5 项分目标的评语等级划分标准(表 2)。

卷总数量。

可行性(A<sub>2</sub>)包括 4 个指标:1)地方政府支持程度(A<sub>21</sub>),A<sub>21</sub>又分为 2 个指标 A<sub>211</sub>和 A<sub>212</sub>,A<sub>211</sub>=规划配套资金到位率=配套资金到位金额/“十五”期间的规划配套资金额,A<sub>212</sub>=计划配套资金到位率=配套资金到位金额/“十五”期间的计划配套资金额;2)当地群众投劳意愿(A<sub>22</sub>),A<sub>221</sub>=群众投劳意愿率=选填愿意的问卷数量/调查问卷总数量;3)规划科学合理性(A<sub>23</sub>),A<sub>231</sub>=规划合理认可率=选填合理的问卷数量/调查问卷总数量;4)国家投资保证程度(A<sub>24</sub>),又分为 2 个指标 A<sub>241</sub>和 A<sub>242</sub>,A<sub>241</sub>=规划投资到位率=国家投资实际到位金额/“十五”期间的规划国家投资金额,A<sub>242</sub>=计划投资到位率=国家投资实际到位金额/“十五”期间的计划国家投资金额。

2.2.2 工程过程评价指标(B) 从组织管理(B<sub>1</sub>)、计划管理(B<sub>2</sub>)、作业设计(B<sub>3</sub>)、建设管理(B<sub>4</sub>)4 个方面选择指标。

组织管理(B<sub>1</sub>)又分为管理机构(B<sub>11</sub>)、管理制度(B<sub>12</sub>)、责任制落实(B<sub>13</sub>)3 个方面(指标),且每指标均一个分指标,1)B<sub>111</sub>=管理机构设置率=选填有独立管理机构的问卷数量/调查问卷总数量;2)B<sub>121</sub>=管理制度健全认可率=选填管理制度健全的问卷数量/调查问卷总数量;3)B<sub>131</sub>=责任制制定落实率=选填有责任协议书的问卷数量/调查问卷总数量。

计划管理(B<sub>2</sub>)又分为实施方案编制(B<sub>21</sub>)和年度计划制定(B<sub>22</sub>)2 个方面,每指标仅 1 个分指标,1)B<sub>211</sub>=实施方案编制率=工程区内编制实施方案

的县(区)数/工程区内总县(区)数;2)  $B_{221}$  = 年度计划制定率 = 工程区内制定年度计划的县(区)数/工程区内总县(区)数。

作业设计( $B_3$ ), 仅有 1 个末级指标  $B_{311}$  测算采用 2001—2005 年营造林综合核查三北工程年度核查成果之作业设计率。

建设管理( $B_4$ )又分为设计施工率( $B_{41}$ )、检查验收率( $B_{42}$ )、规范建档率( $B_{43}$ )、造林抚育率( $B_{44}$ )、造林管护率( $B_{45}$ )和资金管理规范认可率( $B_{46}$ )6 个指标, 末级指标前 5 项数据源于 2001—2005 年全国营造林综合核查三北工程年度核查成果, 最后 1 项采用社会问卷调查统计结果,  $B_{461}$  = 选填规范、基本规范的问卷数量/调查问卷总数量。

2.2.3 工程目标评价指标( $C$ ) 从营造林实绩( $C_1$ )、森林覆盖率( $C_2$ )、沙化治理( $C_3$ )、森林资源管护( $C_4$ )、其他项目建设( $C_5$ )5 个方面反映工程目标实现情况。

营造林实绩( $C_1$ )又分为: 人工造林( $C_{11}$ )、封山(沙)育林( $C_{12}$ )、飞播造林( $C_{13}$ )3 个方面。1)  $C_{11}$  选择:  $C_{111}$  = 人工造林规划完成率 = 经核查核实合格的人工造林面积/规划人工造林面积和  $C_{112}$  = 人工造林计划完成率 = 经核查核实合格的人工造林面积/计划人工造林面积; 2)  $C_{12}$  选择:  $C_{121}$  = 封山(沙)育林规划完成率 = 经核查核实合格的封山(沙)育林面积/规划封山(沙)育林面积和  $C_{122}$  = 封山(沙)育林计划完成率 = 经核查核实合格的封山(沙)育林面积/计划封山(沙)育林面积; 3)  $C_{13}$  选择:  $C_{131}$  = 飞播造林规划完成率 = 经核查核实合格的飞播造林面积/规划飞播造林面积和  $C_{132}$  = 飞播造林计划完成率 = 经核查核实合格的飞播造林面积/计划飞播造林面积。

森林覆盖率( $C_2$ )又分为  $C_{21}$  与  $C_{22}$ , 末级指标测算: 1)  $C_{211}$  = 规划增量完成率 = 经核查核实已完成的森林覆盖率增量/规划的森林覆盖率增量; 2)  $C_{221}$  = 计划增量完成率 = 经核查核实已完成的覆盖率增量/计划的覆盖率增量。

沙化治理  $C_3$  的末级指标测算  $C_{311}$  = 沙化治理规划完成率 = 沙化治理完成面积/规划的沙化治理面积。

森林资源管护  $C_4$  的末级指标测算  $C_{411}$  = 规划管护资金落实率 = 管护资金实际投入额/管护资金规划投入额。

其他项目建设( $C_5$ )又分为: 重点项目建设( $C_{51}$ )、示范区建设( $C_{52}$ )、科技成果及新技术推广应用( $C_{53}$ )、技术培训( $C_{54}$ )4 个方面。其末级指标测算: 1)  $C_{511}$  = 重点项目营造林规划完成率 = 经核查

核实合格的重点项目营造林面积/重点项目规划营造林面积; 2)  $C_{521}$  = 示范区营造林规划完成率 = 经核查已完成的示范区营造林面积/示范区规划营造林面积; 3)  $C_{531}$  = 科技成果及新技术推广应用规划完成率 = 科技成果及新技术推广应用面积/工程区内营造林总面积; 4)  $C_{541}$  = 技术培训规划完成率 = 技术培训实际次数(或人次)/技术培训规划次数(或人次)。

2.2.4 工程效益评价指标( $D$ ) 从生态效益( $D_1$ )、社会效益( $D_2$ )、经济效益( $D_3$ )3 个方面反映工程效益情况。其相应末级指标估计值如下。

生态效益仅一个末级指标:  $D_{111}$  = 年均产生的生态效益总值与年均投资总值的比率 = 实际完成的营造林面积年均产生的生态效益总值/“十五”期间工程年均投资总值。

社会效益( $D_2$ )包括 5 个末组指标: 1)  $D_{211}$  = 工程可改善农村基础设施的认同度 = 选填明显改善和有改善问卷数量/调查问卷总数量; 2)  $D_{221}$  = 改善民族关系与干群关系认同度 = 选填明显改善和有改善问卷数量/调查问卷总数量; 3)  $D_{231}$  = 工程对增加农村就业机会的贡献度 = “十五”期间工程上报造林面积折合就业岗位数量/三北地区农村人口总数量; 4)  $D_{241}$  = 工程对促进农民增收致富的贡献度 = “十五”期间区内农民年人均林产品收入/区内农民年人均纯收入; 5)  $D_{251}$  = 工程对农村产业结构调整的贡献度 = “十五”期间区内工程年均总产值/年均工农业总产值。

经济效益仅一个末级指标:  $D_{311}$  = 年均产生的经济效益总值与年均投资总值的比率 = 实际完成的经济林面积年均产生的产品效益值/“十五”期间工程年均投资总值。

2.2.5 工程持续性评价指标( $E$ ) 从生态需求( $E_1$ )、政策支持( $E_2$ )、社会认同( $E_3$ )、自身发展能力( $E_4$ )4 个方面反映工程持续性情况。末级指标测算如下。

生态需求:  $E_{111}$  = 生态对工程持续性的需求度 = 工程区内森林覆盖率现实值/工程区内森林覆盖率规划值。

政策支持( $E_2$ )又分为: 1)  $E_{211}$  = 国家宏观政策对工程持续性支持度 = 选填非常有利和有利的问卷数量/调查问卷总数量; 2)  $E_{221}$  = 国家投资政策对工程持续性支持度 = 工程区单位面积国家投资补助额/工程区平均单位面积造林成本。

社会认同:  $E_{311}$  = 群众对工程持续性的认同度 = 选填十分必要和必要的问卷数量/调查问卷总数量。

自身发展能力:  $E_{411}$  = 工程效益费用比 = “十

五”期间工程经济林产品的直接经济效益/“十五”期间工程总投资。

2.3 综合后评价指标评分值的计算方法

综合后评价的总得分值采用加法综合集成法求算,即各指标类群的得分值采用自下而上逐级累加的方法取得:某一类目某一项目下的末级指标得分值 $s_{ijk} = w_{ijk}x_{ijk}$ ,其中: $w_{ijk}$ 为某一类目某一项目下的末级指标权重(标准分值), $x_{ijk}$ 为某一类目某一项目下的末级指标测算数据;某一类目某一项目下的末级指标得分值之和 $\sum_k s_{ijk}$ ,即为某一类目某一项目的得分值;某一类目的各个项目得分值之和 $\sum_j \sum_k s_{ijk}$ ,即为某一类目的得分值;5个方面的得分值之和 $\sum_t \sum_i \sum_j \sum_k s_{ijk}$ ,即为林业生态工程综合后评价的总得分值。

3 应用实例——三北防护林四期工程第一阶段综合后评价结果

3.1 工程概况

三北防护林工程是我国最先开展的林业生态工程,也是迄今为止世界上建设范围最广、期限最长、任务最大的林业工程,被国际上誉为“中国的绿色长城”、“世界生态工程之最”。三北四期工程建设期限为2001—2010年,按照《全国生态环境建设规划》的总体布局和国务院批准的国家林业局六大重点工程整合的思路,国家林业局三北防护林建设局对三北工程范围进行了适时调整,将原三北工程86个县(市、

区、旗)划出列入京津风沙源治理等工程(其中京津风沙源治理工程67个,沿海防护林工程15个,太行山绿化工程4个);新纳入105个县(市、区、旗)(其中东北地区原属松嫩辽流域工程的98个县和黄土高原等地区7个县被纳入四期建设范围);由于行政区划变动增加30个县;调整后的三北四期工程建设范围为600个县(市、区、旗),其中原有三北工程县465个。

三北四期工程建设任务和重点项目逐步向西部生态极度脆弱地区转移,通过有效的保护森林资源,大力植树种草扩大资源总量,提高森林覆被率;通过在风沙危害严重地区布局重点建设项目,使重点治理区的生态环境建设实现重点突破;通过对松嫩辽流域的扩展与综合治理,将黑龙江、辽宁、吉林3省建设成比较完备的省级防护林体系;通过在不同类型区设立示范区,探索不同类型区的防护林体系建设优化模式和管理经验,示范带动提高三北防护林体系建设的质量、效益和整体水平。在保护好现有植被的基础上进行植被恢复和建设,是三北四期工程建设的基本宗旨,森林资源管护和造林是工程的两大基本建设内容,三北四期工程第一阶段(即“十五”期间)规划的 $2\,787.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 森林资源管护任务在国家未安排落实管护资金的情况下得到基本管护;规划的造林任务 $518.60 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,实际完成 $170.20 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占规划的32.82%,占下达计划的108.87%(表3)。

表 3 三北四期工程第一阶段造林任务完成情况

Table 3 Afforestation ask fulfillment for the first period of the fourth phase of the Three North Shelter Forest Project

造林方式	规划任务/( $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )	计划任务/( $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )	实际完成任务/( $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )	完成占规划/%	完成占计划/%
合计	518.60	156.34	170.20	32.82	108.87
人工造林	348.60	153.49	107.01	30.70	69.72
封山育林	104.60	2.86	62.42	59.67	62.42
飞播造林	65.40	0.00	0.77	1.18	0.00

3.2 研究材料的收集整理

对三北四期工程第一阶段的全方位评价,既是对三北四期工程的中期评价,也是对三北四期工程第一阶段的后评价。根据评估工作实施方案,基于前后对比的基本方法,通过查阅文献、问卷调查、座谈及实地考察等多渠道、多形式的调查、采集和整理,形成了比较完整的三北四期工程中期评估数据体系,依照前述的综合后评价指标体系,从中筛选、甄别、分析和整理出能够满足三北四期工程第一阶段定量综合后评价的基础测算数据(表4)。

3.3 综合后评价结果

根据整理的基础测算数据,按照前述定量综合后评价方法,对三北四期工程第一阶段进行多层次、全方位和全过程的定量综合评价。评价结果(表4)

表明:

1)三北四期工程第一阶段综合评价得分71.02分,评语等级为“较好”;其中工程决策、工程过程和工程效益3个方面的评语等级为“较好”,工程目标和工程持续性2个方面的评语等级为“一般”;说明三北四期工程第一阶段总体上是基本成功的,具体到每一个方面,工程决策、工程实施过程和工程效益3个方面是基本成功的,而工程目标和工程持续性2个方面只是部分成功。

2)各项指标得分值的高低,基本反映了工程建设的实际情况。如生态效益很好,社会效益一般,经济效益较差,真实反映了三北工程是一项功在当代、利在千秋,投资虽少但生态效益巨大的宏伟工程。而导致工程目标只取得部分成功的主要原因,是因

表 4 三北四期工程第一阶段定量综合后评价指标测算及评价结果

Table 4 Indicators' measurement and evaluation results of the synthetic quantified post-evaluation on the first period of the fourth phase of the Three North Shelter Forest Project

类目	项目	指标得分值		末级指标估算值 $x_{ijk}$	末级指标权重 $w_{ijk} / \%$		
		指标	分指标				
$\sum X = 71.02$							
A = 8.48	A <sub>1</sub> = 4.45	A <sub>11</sub> = 1.75	A <sub>111</sub> = 1.75	a <sub>111</sub> = 1.00	w <sub>a111</sub> = 1.75		
		A <sub>12</sub> = 1.35	A <sub>121</sub> = 1.35	a <sub>121</sub> = 0.90	w <sub>a121</sub> = 1.50		
		A <sub>13</sub> = 0.60	A <sub>131</sub> = 0.60	a <sub>131</sub> = 0.80	w <sub>a131</sub> = 0.75		
		A <sub>14</sub> = 0.39	A <sub>141</sub> = 0.39	a <sub>141</sub> = 0.78	w <sub>a141</sub> = 0.50		
		A <sub>15</sub> = 0.36	A <sub>151</sub> = 0.36	a <sub>151</sub> = 0.72	w <sub>a151</sub> = 0.50		
		A <sub>2</sub> = 4.03	A <sub>21</sub> = 0.74	A <sub>211</sub> = 0.04	a <sub>211</sub> = 0.14	w <sub>a211</sub> = 0.30	
				A <sub>212</sub> = 0.70	a <sub>212</sub> = 1.00	w <sub>a212</sub> = 0.70	
			A <sub>22</sub> = 0.89	A <sub>221</sub> = 0.89	a <sub>221</sub> = 0.89	w <sub>a221</sub> = 1.00	
			A <sub>23</sub> = 0.70	A <sub>231</sub> = 0.70	a <sub>231</sub> = 0.93	w <sub>a231</sub> = 0.75	
			A <sub>24</sub> = 1.70	A <sub>241</sub> = 0.12	a <sub>241</sub> = 0.17	w <sub>a241</sub> = 0.67	
				A <sub>242</sub> = 1.58	a <sub>242</sub> = 1.00	w <sub>a242</sub> = 1.58	
	B = 12.77	B <sub>1</sub> = 2.86	B <sub>11</sub> = 1.06	B <sub>111</sub> = 1.06	b <sub>111</sub> = 0.88	w <sub>b111</sub> = 1.20	
			B <sub>12</sub> = 0.90	B <sub>121</sub> = 0.90	B <sub>121</sub> = 1.00	w <sub>b121</sub> = 0.90	
			B <sub>13</sub> = 0.90	B <sub>131</sub> = 0.90	b <sub>131</sub> = 1.00	w <sub>b131</sub> = 0.90	
		B <sub>2</sub> = 1.95	B <sub>21</sub> = 1.28	B <sub>211</sub> = 1.28	b <sub>211</sub> = 0.71	w <sub>b211</sub> = 1.80	
			B <sub>22</sub> = 0.67	B <sub>221</sub> = 0.67	b <sub>221</sub> = 0.56	w <sub>b221</sub> = 1.20	
		B <sub>3</sub> = 2.79	B <sub>31</sub> = 2.79	B <sub>311</sub> = 2.79	b <sub>311</sub> = 0.93	w <sub>b311</sub> = 3.00	
		B <sub>4</sub> = 5.17	B <sub>41</sub> = 1.09	B <sub>411</sub> = 1.09	b <sub>411</sub> = 0.91	w <sub>b411</sub> = 1.20	
			B <sub>42</sub> = 1.32	B <sub>421</sub> = 1.32	b <sub>421</sub> = 0.88	w <sub>b421</sub> = 1.50	
			B <sub>43</sub> = 0.84	B <sub>431</sub> = 0.84	b <sub>431</sub> = 0.93	w <sub>b431</sub> = 0.90	
			B <sub>44</sub> = 0.65	B <sub>441</sub> = 0.65	b <sub>441</sub> = 0.72	w <sub>b441</sub> = 0.90	
			B <sub>45</sub> = 0.86	B <sub>451</sub> = 0.86	b <sub>451</sub> = 0.96	w <sub>b451</sub> = 0.90	
			B <sub>46</sub> = 0.41	B <sub>461</sub> = 0.41	b <sub>461</sub> = 0.68	w <sub>b461</sub> = 0.60	
C = 23.70	C <sub>1</sub> = 10.40	C <sub>11</sub> = 5.32	C <sub>111</sub> = 0.85	c <sub>111</sub> = 0.31	w <sub>c111</sub> = 2.74		
				C <sub>112</sub> = 4.47	c <sub>112</sub> = 0.70	w <sub>c112</sub> = 6.38	
				C <sub>12</sub> = 4.01	c <sub>121</sub> = 0.60	w <sub>c121</sub> = 1.37	
		C <sub>13</sub> = 1.07		C <sub>122</sub> = 3.19	c <sub>122</sub> = 1.00	w <sub>c122</sub> = 3.19	
				C <sub>131</sub> = 0.01	c <sub>131</sub> = 0.01	w <sub>c131</sub> = 0.46	
				C <sub>132</sub> = 1.06	c <sub>132</sub> = 1.00	w <sub>c132</sub> = 1.06	
		C <sub>2</sub> = 9.45	C <sub>21</sub> = 1.47	C <sub>211</sub> = 1.47	c <sub>211</sub> = 0.43	w <sub>c211</sub> = 3.42	
				C <sub>22</sub> = 7.98	C <sub>221</sub> = 7.98	c <sub>221</sub> = 1.00	w <sub>c221</sub> = 7.98
		C <sub>3</sub> = 1.90	C <sub>31</sub> = 1.90	C <sub>311</sub> = 1.90	c <sub>311</sub> = 0.50	w <sub>c311</sub> = 3.80	
		C <sub>4</sub> = 0.19	C <sub>41</sub> = 0.19	C <sub>411</sub> = 0.19	c <sub>411</sub> = 0.05	w <sub>c411</sub> = 3.80	
	C <sub>5</sub> = 1.76	C <sub>51</sub> = 0.37	C <sub>511</sub> = 0.37	c <sub>511</sub> = 0.28	w <sub>c511</sub> = 1.33		
		C <sub>52</sub> = 0.31	C <sub>521</sub> = 0.31	C <sub>521</sub> = 0.23	w <sub>c521</sub> = 1.33		
		C <sub>53</sub> = 0.51	C <sub>531</sub> = 0.51	C <sub>531</sub> = 0.90	w <sub>c531</sub> = 0.57		
		C <sub>54</sub> = 0.57	C <sub>541</sub> = 0.57	C <sub>541</sub> = 1.00	w <sub>c541</sub> = 0.57		
D = 20.27	D <sub>1</sub> = 16.20	D <sub>11</sub> = 16.20	D <sub>111</sub> = 16.20	d <sub>111</sub> = 1.00	w <sub>d111</sub> = 16.20		
		D <sub>2</sub> = 2.23	D <sub>21</sub> = 1.03	D <sub>211</sub> = 1.03	d <sub>211</sub> = 0.95	w <sub>d211</sub> = 1.08	
			D <sub>22</sub> = 0.79	D <sub>221</sub> = 0.79	d <sub>221</sub> = 0.97	w <sub>d221</sub> = 0.81	
			D <sub>23</sub> = 0.01	D <sub>231</sub> = 0.01	d <sub>231</sub> = 0.01	w <sub>d231</sub> = 0.81	
			D <sub>24</sub> = 0.35	D <sub>241</sub> = 0.35	d <sub>241</sub> = 0.26	w <sub>d241</sub> = 1.35	
			D <sub>25</sub> = 0.05	D <sub>251</sub> = 0.05	d <sub>251</sub> = 0.04	w <sub>d251</sub> = 1.35	
	D <sub>3</sub> = 1.84	D <sub>31</sub> = 1.84	D <sub>311</sub> = 1.84	d <sub>311</sub> = 0.34	w <sub>d311</sub> = 5.40		
	E = 5.80	E <sub>1</sub> = 1.20	E <sub>11</sub> = 1.20	E <sub>111</sub> = 1.20	e <sub>111</sub> = 0.40	w <sub>e111</sub> = 3.00	
		E <sub>2</sub> = 2.05	E <sub>21</sub> = 1.40	E <sub>211</sub> = 1.40	e <sub>211</sub> = 1.00	w <sub>e211</sub> = 1.40	
E <sub>22</sub> = 0.65			E <sub>221</sub> = 0.65	e <sub>221</sub> = 0.31	w <sub>e221</sub> = 2.10		
E <sub>3</sub> = 2.48		E <sub>31</sub> = 2.48	E <sub>311</sub> = 2.48	e <sub>311</sub> = 0.99	w <sub>e311</sub> = 2.50		
E <sub>4</sub> = 0.07	E <sub>41</sub> = 0.07	E <sub>411</sub> = 0.07	e <sub>411</sub> = 0.07	w <sub>e411</sub> = 1.00			

注:表中末级指标估算值用小写字母表示,即为分指标的估计值,乘以相应权重即为分指标值。

为森林资源管护方面缺乏资金保障,造成管护力度不够所致。工程持续性评语等级“一般”是因为森林覆盖率的规划目标值较低,国家扶持力度不够和工程自身发展能力差等多因素所致。

3)评价结果与三北四期工程中期评估的定性结论相吻合,但在整体上更直观、更明确<sup>[30]</sup>。

## 4 结论与讨论

### 4.1 讨论

本研究不足之处有二:一因三北地域广阔,且相关基础研究较少,估算生态效益时参数选择未能体现地域差异性,估算结果与实际有一定偏差,随着区域内基础研究工作的不断深入,这一问题即可随之解决;二是部分定性化评价指标与测算数据间的有关设定,存在较大的主观随意性,作为一种将定性指标转化为定量指标的方法,今后尚需做更深入分析和论证。

本方法作为对定性评价等传统方法的补充、佐证和说明,与定性评价等传统方法结合使用,具有交相辉映、相互衬托的互证效果,但不能完全替代定性评价等传统方法。

### 4.2 结论

首次延伸了林业生态工程后评价指标体系目前的层级架构,提出了一种新的简明直观的林业生态工程定量综合后评价方法,使评价指标与反映工程状况的具体评语或数据间有了较强的关联性,对形成林业生态工程后评价的结论性意见可提供一个整体、直观和明确的定量判断依据。研究结果充实和发展了林业生态工程后评价理论的实践应用,不仅对三北工程今后的决策、建设和管理具有现实的促进作用,也对其他林业生态工程的建设管理和后评价工作具有积极的借鉴价值。

定量综合后评价方法从体系架构到指标测算,有较强的科学性、合理性;评价结果也比传统的定性方法更明确、更直观,整体性强。

以三北工程为案例构建的整个指标体系不仅全面、完备,而且简洁、概括,在操作上有较强的灵活性、交互性、通用性和可推广性,只要找出某类型林业生态工程与三北工程在建设重点和目标上的主要不同之处,并选择合适的指标替换本文指标体系中的相关指标,就可构建适合某类型林业生态工程的后评价体系。

### 参考文献:

[1] 吴卫红. 政府投资营造林项目全过程监管体系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.

[2] 米锋, 吴卫红, 陈健. 引入后评价机制加强政府投资林业生态工程的监管[J]. 北京林业大学学报: 社会科学版, 2009, 8(1): 80-84.  
MI F, WU W H, CHEN J. Introducing post-evaluation mechanism to strengthen regulation on forestry ecological projects invested by government[J]. Journal of Beijing Forestry University: Social Sciences Edition, 2009, 8(1): 80-84. (in Chinese)

[3] 董晖. 我国政府投资林业生态工程项目管理模式研究[J]. 林业资源管理, 2006(3): 9-14.  
DONG H. Study on project management model of the forestry ecological engineering with government investment in China[J]. Forest Resources Management, 2006(3): 9-14. (in Chinese)

[4] 董晖. 中国林业生态工程管理问题探讨[J]. 绿色中国, 2004(4): 36-40.

[5] 崔海兴, 王立群. 投资项目社会评价存在的主要问题及对策[J]. 中国工程咨询, 2007, 77(1): 22-24.

[6] 李立中. 三北防护林四期工程“十五”投资执行及管理问题初探[J]. 林业经济, 2008, (1): 37-43.

[7] 郑云峰. 我国林业重点工程项目后评价存在的问题及对策[J]. 华东森林经理, 2011, 25(4): 1-4.

[8] 中国国际工程咨询公司. 三北防护林体系建设工程第一阶段后评估报告[R]. 银川: 国家林业局三北防护林建设局, 2001.

[9] 汪和木, 张东北, 周成敏, 等. 清凉峰自然保护区公益林生态效益评价指标体系研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(19): 11565-11566.

[10] 张永洁. 林业生态工程投资项目后评价研究——以德惠市三北防护林工程为例[D]. 昆明: 西南林学院, 2008.

[11] 沈烈英, 汪求来, 卢学鹤. 上海公益林生态效益评价指标体系的分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32(4): 151-153.  
SHEN L Y, WANG Q L, LU X H. Study on assessment index system for the ecological benefit of public welfare forest in Shanghai[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2008, 32(4): 151-153. (in Chinese)

[12] 何婧娜, 李卫忠, 于丽政. 陕西省三北防护林体系工程建设现状、问题及展望[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 85-89.  
HE J N, LI W Z, YU L Z. The status, problems and prospects of Three-North Shelterbelt Project in Shaanxi Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(3): 85-89. (in Chinese)

[13] 李洪泽, 朱孔来. 生态农业综合效益评价指标体系及评价方法[J]. 中国林业经济, 2007, 86(5): 19-38.  
LI H Z, ZHU K L. Ecological agriculture comprehensive efficiency evaluation index system and assessment method[J]. China Forestry Economy, 2007, 86(5): 19-38. (in Chinese)

[14] 许文强, 支玲. 三北防护林体系建设工程管理和评价研究评述[J]. 林业经济, 2006(4): 69-72.  
XU W Q, ZHI L. Summary of management and evaluation of Three-north Shelterbelt Project[J]. Forestry Economics, 2006(4): 69-72. (in Chinese)

[15] 褚卫东. 三北防护林体系建设工程生态经济效益探讨[J]. 林业资源管理, 2005(3): 80-87.  
CHU W D. Discussion on ecological and economic benefits of the "Three North" Shelterbelt System construction[J]. For-



- est Resources Management, 2005(3):80-87. (in Chinese)
- [16] 王晓光,王珠娜,余雪标,等. 退耕还林生态效益评价指标体系研究[J]. 防护林科技, 2006, 75(6):51-53.
- [17] 杨旭东. 退耕还林工程效益评价案例分析——以湖北省秭归县中坝村为案例[J]. 绿色中国, 2005(2):27-29.
- [18] 李卫忠. 公益林效益评价指标体系与评价方法的研究[D]北京:北京林业大学, 2003.
- [19] 叶永钢. 建立林业重点工程投资绩效管理评价体系思考[J]. 林业财务与会计, 2005(2):16-17.
- [20] 钟石强. 广西退耕还林工程实施效果评价指标体系探讨[J]. 林业调查规划, 2004(Supp.):119-120.
- [21] 古丽努尔·沙布尔哈孜,尹林克,热合木都拉·阿地拉. 塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价研究[J]. 水土保持学报, 2004, 28(5):80-83.
- GULNUR S, YIN L K, RAHMUTULLA A. Approach on ecological benefit of withdrawing from farming to afforesting and grass planting in middle and lower reaches of Tarim River [J]. Journal of Soil Water Conservation, 2004, 28(5):80-83. (in Chinese)
- [22] 慕长龙,龚固堂,陈秀明,等. 长江中上游防护林体系综合效益评价指标体系研究[J]. 四川林业科技, 2001, 22(4):50-54.
- [23] 沈慧,姜凤岐. 水土保持林土壤改良效益评价指标体系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5):96-99.
- SHEN H, JIANG F Q. Evaluation index system on soil improvement benefit of water and soil conservation forests [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2000, 22(5):96-99. (in Chinese)
- [24] 雷孝章,王金锡,彭沛好,等. 中国生态林业工程效益评价指标体系[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2):80-87.
- LEI X Z, WANG J X, PENG P H, *et al.* The benefit evaluation index of ecological forest engineering of China [J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(2):80-87. (in Chinese)
- [25] 洪涛,刘发明. 防护林区域生态效益评价指标体系[J]. 甘肃林业科技, 1997, (2):59-61.
- [26] 鞠洪波. 国家重大林业生态工程监测与评价技术研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1):56-58.
- JU H B. Monitoring and assessment techniques for state key forestry ecological projects[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(1):56-58. (in Chinese)
- [27] 刘勇. 中国林业生态工程后评价理论与应用研究[D]. 北京:北京林业大学, 2006.
- [28] 《现代咨询方法与实务》编委会. 现代咨询方法与实务[M]. 北京:中国计划出版社, 2003:61-66.
- [29] 国家林业局三北防护林建设局. 三北防护林体系建设四期工程规划(2001~2010年)[EB/OL]. 国家林业局三北防护林建设局网站 (<http://www.forestry.gov.cn/portal/sbj/>), 2003.
- [30] 国家林业局三北防护林建设局, 国家林业局西北林业调查规划设计院. 三北防护林体系建设四期工程中期评估报告[M]. 西安:西安地图出版社, 2008.

(上接第 187 页)

#### 参考文献:

- [1] 戴士杰,侯建英. 基于 PRO/E 的活塞机构运动仿真及应用[J]. 微计算机信息, 2008, 24(11):273-275.
- DAI S J, HOU J Y, GUAN X T, *et al.* An application of simulation of piston mechanism's motion based on PRO/E[J]. Microcomputer Information, 2008, 24(11):273-275. (in Chinese)
- [2] 江宏译. Pro/Engineer Wildfire 机械设计教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2005:225.
- [3] 祝凌云,李斌. Pro/ENGINEER(野火版)3.0 自学手册——机构/动画/有限元篇[M]. 北京:人民邮电出版社, 2008:197-230.
- [4] 潘俊平. 回转产品极坐标数控专用机床[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2011:32-35.
- [5] 何邦贵,杨朝霞. 滚动轴承参数对主轴动力特性影响规律的研究[J]. 昆明理工大学学报, 1996, 24(3):59-63.
- HE B G, YANG Z X. Investigation on the effect of teball bearing parameters on the spindle-bearing system[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology, 1996, 24(3):59-63. (in Chinese)
- [6] HARRIS T A, MCCOOL J I. 滚动轴承疲劳寿命预测的准确性[J]. 中国摩擦学学报, 1996, 4(118):43-46.
- HARRIS T A, MCCOOL J I. On the accuracy of rolling bearing fatigue life prediction[J]. Journal of Tribology, 1996, 4(118):43-46.
- [7] 姬晋廷,陈国强,涂玉平. 叶片轴流式水轮机的模型和刚度有限元分析[J]. 华中电力, 2005, (1):3.
- [8] 林士龙,李景奎,张锴锋. 基于 ANSYS 的机床主轴有限元分析[J]. 机械设计与制造, 2007(5):91-92.
- [9] 裴大明,冯平法,郁鼎文. 基于有限元方法的主轴轴承跨距优化[J]. 机械设计与制造, 2005(10):44-46. (in Chinese)
- LIN S L, LI J K, ZHANG K F. The fea of machine tool's shaft based on ANSYS[J]. Machinery Design & Manufacture, 2007(5):91-92. (in Chinese)
- [10] 宋春明,赵宁,张士勇. 基于 ANSYS 的电主轴结构优化[J]. 机床与液压, 2007, 35(9):104-106.
- [11] 张明华,刘强,袁松梅. 主轴单元参数化建模、分析与优化设计[J]. 机械科学与技术, 2008, 27(2):228-229.
- [12] 吴化勇. 机床主轴部件有限元分析及优化设计[J]. 机床与液压, 2008, 36(11):157-159.
- [13] 史安娜,刘春时. 数控机床主轴部件变形的有限元分析[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2005(4):26-27.
- [14] 白钊,马平,胡爱玲,等. 应用有限元方法对高速电主轴的优化设计[J]. 机床与液压, 2004, 32(10):126-128.