

# 我国森林健康评价研究进展

杨守志<sup>1,4,5</sup> 任毅华<sup>1,2,5,\*</sup> 黄 迪<sup>1,3</sup>

1. 西藏农牧学院高原生态研究所 西藏林芝 860000
2. 西藏高原森林生态教育部重点实验室 西藏林芝 860000
3. 西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站 西藏林芝 860000
4. 西藏高寒植被生态安全重点实验室 西藏林芝 860000
5. 林芝生态监测站 西藏林芝 860000

**摘 要:** 森林健康评价可以反应一定区域内森林的健康状况, 并能够指导森林向着健康的方向发展。森林健康评价是森林健康经营的重要依据和手段, 近年来备受学者和社会公众的关注。近年来, 森林资源的过度采伐和破坏逐渐受到人们的重视, 为了更好的保护和发展森林资源, 需要开展森林健康评价, 这对指导我国森林健康发展具有重要意义。本文结合我国的森林健康评价的相关研究, 从生态学的角度阐述森林健康的特征, 对森林健康的研究简史、评价指标的选取原则、评价方法的选取进行综述。以期对相关学者森林健康评价工作的进行提供一定的参考。

**关键词:** 森林健康; 评价指标; 评价方法; 森林健康评价

## Research progress of forest health assessment in China

Shouzhi Yang<sup>1,4,5</sup>, Yihua Ren<sup>1,2,5,\*</sup>, Di Huang<sup>1,3</sup>

1. Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingchi, Tibet 860000, China
2. Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau(Tibet Agriculture & Animal Husbandry University),Ministry of Education, Nyingchi, Tibet 860000, China
3. Linzhi National Forest Ecosystem Observation & Research Station of Tibet, Nyingchi, Tibet 860000, China
4. Key Laboratory of Alpine Vegetation Ecological Security in Tibet, Nyingchi, Tibet 860000, China
5. Nyingchi Ecological Monitoring Station, Nyingchi, Tibet 860000, China

**Abstract:** The forest health assessment can reflect the health status of forests in a certain area and guide their development towards a healthy direction. Forest health assessment is an important basis and means for forest health management, which has attracted much attention from scholars and the general public in recent years. With the increasing attention to the excessive logging and destruction of forest resources, it is necessary to carry out forest health assessments for better protection and development of forest resources, which has important significance for guiding the healthy development of forests in China. This paper combines the relevant research on forest health assessment in China, and from an ecological perspective, describes the characteristics of forest health. It summarizes the research history of forest health, the principles of selecting evaluation indicators, and the selection of evaluation methods, with the aim of providing some reference for scholars involved in forest health assessment work.

**Keywords:** Forest health; Evaluation index; Evaluation method; Forest health assessment

森林生态系统为人类的生存发展提供重要的物质基础和保障条件, 多年来, 森林生态系统的多种服务功能越来越受到削弱, 为此, 许多学者开始探究对森林健康的评价<sup>[1]</sup>。近年来, 人口增长与经济社会发展的矛盾尖锐对立, 人们对森林资源的利用超过了林分的自然更新速度, 森林

面积减少的同时, 生态环境也遭到严重破坏<sup>[2]</sup>。为了改善我国的森林生态环境, 保护和发展森林资源, 对森林开展健康评价, 并指导我国森林健康发展具有重要意义。

## 一、森林健康评价的相关概念

森林是重要的生态资源，在保护物种多样性和维持生态系统平衡方面起到了重要的作用。但由于森林不合理的经营方式，如移民垦荒、伐木毁林、伐林为耕等，对森林的生态稳定造成了影响，使得森林健康问题受到社会各界的广泛关注。

被誉为地球之肺的森林是林木、草本、动物和环境的综合体，对调节空气，涵养水源，保持土壤，维持动物群落等起到重要作用<sup>[3]</sup>。森林健康由生态系统健康演化而来，因此也叫做森林生态系统健康。虽然当前的森林健康概念还未规范化，但仍可概括为既能够实现森林生态系统的正向发展还能够满足人类的多种需求<sup>[4]</sup>。森林健康的研究最早开始于 19 世纪 60 年代，主要研究人们该如何应对森林中的病虫害、火灾、旱涝灾害等自然问题。20 世纪 70 年代，由于人类对森林的过度采伐和环境污染对森林生态系统的结构功能造成严重破坏，其服务功能严重降低，在这一背景下，相关学者创造性的提出了森林健康<sup>[5]</sup>。直至 1992 年的《森林生态系统健康和恢复法》，使学术界对森林生态健康理论有了新的理解，即森林健康是森林满足人类各种需要并维持自身复杂特性的一种状态<sup>[6]</sup>。

国外学者柯尔布瓦格纳等<sup>[7]</sup>认为，森林健康的定义基于研究者的不同视角，并认为经济、社会和生态三个方面是使用最频繁的角度。瓦根<sup>[8]</sup>等认为森林的健康数据是实现森林管理实践的生态基础。

2002 年，我国学者陈高等<sup>[9]</sup>提出“森林健康就是森林生态系统能够有效提供生态服务功能，并且满足人类的一定需求，同时具有有效维持自身持续健康发展的能力”。武高洁等<sup>[10]</sup>将森林资源质量定义为：在一定的区域内的作为自然资源的森林，在保证持续发展的前提下，森林不仅能够维持自身稳定性，又能给人类提供生产、生活和文化等社会性服务。杨礼旦<sup>[11]</sup>认为确保森林生态系统能够保持相对稳定性和保证社会的需求，森林在这种状态下才是健康的。赵良平<sup>[12]</sup>认为健康森林具有积极的生态、社会和经济功能，在面对一定的自然和人为灾害时要具有良好的自我调控能力，以促进森林的健康发展。毛淑娟等<sup>[13]</sup>提出，森林质量所具有的重要意义就是森林生态系统的多种效能够满足人类在生态、社会和精神层面的需求。以上学

者都认为森林健康具有生态、社会、经济三个方面的功能且能够满足人类一定的需求。结合我国森林背景，森林健康可概括为，由于恶劣的自然气候和人类对植被的报复性利用，从而使森林结构紊乱、效能失衡，逐步造成服务能力不足和效益的丧失。

## 二、森林健康评价指标选取原则

建立一套科学合理的评价指标体系是对森林进行健康评价的关键因素。为了能真实有效地反映森林的健康状态，依据以下原则进行指标筛选将会使得森林健康评价指标的选取更具可行性。

表 1 评价指标筛选原则及其含义

Table 1 Evaluation index screening principles and their

原则 Principles	含义 Meanings
科学性 Scientific	能客观、真实地反映生态系统的本质和规律，并利用相关的计算分析方法加以科学验证和规范
指示性 Indicative	能指示森林自身的生态、环境特征及其发展变化趋势
系统性 Systematic	能全面、系统地反映我国森林生态系统各层面的生态特征和外部环境特征
可操作性 Operability	选取的指标数据容易获取，实际操作简易便捷
适应性 Adaptability	充分结合所研究地区的自身特点和研究对象的自身特性

meanings

## 三、森林健康评价指标体系的建立

最早的关于森林健康综合评价的公式体系由 Costanza 等<sup>[14]</sup>创立，指标包含了生态系统的结构、活力和恢复能力，它们体现了森林的整体特征，作为森林健康科学的理论依据，但并未在实践中加以检验。20 世纪 90 年代，美国农业部林业局又提出了更为全面的评价指标体系，包含了物种多样性、年龄结构、生产力、林冠、土壤含氧量、病虫害发病率等指标，但是该体系以森林经济效益为目的，评

价不够全面<sup>[15]</sup>。近年来, 国外学者多以遥感影像为手段进行森林健康的研究。Pablo<sup>[16]</sup>证实了遥感在森林健康评价与监测中的作用, Blaga<sup>[17]</sup>, Ahmad<sup>[18]</sup>等分别借助遥感手段对森林健康开展了研究。

我国学者肖智慧和叶金盛<sup>[19]</sup>对广东省森林健康进行多尺度的评价, 主要从森林生态系统活力、森林内部组织结构、稳定性和生产功能 4 个方面, 建立系统活力、物种的现存数目和相对多度、植被恢复调节能力和森林的直接与间接价值等指标建立指标体系。张国帧和甘敬<sup>[20]</sup>对北京山区森林健康评估的研究, 通过分析结构与格局之间的关系以及功能与过程之间的关系, 建立涵盖了景观优势度和景观均匀度, 病虫害程度在内的景观要素评价体系。谢春华<sup>[21]</sup>认为良性的景观生态系统要有完备的结构与格局、效率较高的生态过程以及必备的生态服务能力, 基于以上三部分对北京密云水库集水区的森林景观进行探讨研究, 建构了景观生态系统的指标体系, 主要指标涵盖了活力、组织能力和调节能力等, 具体的细分指标包括光合速率、呼吸速率、郁闭度、死亡率、大气组分和污染灾害等等多个指标。

与森林健康有关的评价指标体系是以多个与森林健康相互影响、相互补充的指标组成的体系。森林健康评价指标体系的建立既要符合评价指标建立的基本准则, 又要符合森林健康的内涵, 并且将森林的健康和持续发展作为最终要求。评价指标体系是衡量森林健康程度的关键标准, 只有建立全面、科学的评价指标体系, 才能对森林健康的评价做出科学的评估和准确的结果。

评估森林健康的指标包括一级指标和二级指标。一级指标也称之为指标类别, 它由多个具体指标组成。一级指标主要包括活力、结构、抗干扰能力、自然要素、社会要素、经济要素等<sup>[22]</sup>。二级指标也叫具体指标, 它可以从某一具体方面直接反映森林的健康状况。由于不同作者的分观点类和角度不一致, 从而使指标类别和具体指标的选取存在很大差异。通过现场调查、文献查阅等, 进一步了解相关指标的筛选方法, 根据确定的评价指标, 通过相关的权重计算方法得到指标所占权重, 完成指标体系的建构。

### 3.1 森林健康评价权重的确定

指标权重是森林健康综合得分的关键性因素, 评价指

标权重的确定是进行森林健康评价的关键。目前主流的方法有: 层次分析法、德尔菲法、熵值法、主成分分析法等。

#### 3.1.1 层次分析法

该方法由 T.L.Saaty 提出, 将定量分析与定性分析充分结合起来的一种系统分析方法<sup>[23]</sup>。层次分析法将评价对象划分为目标层、中间层及备选方案层, 再将各方案之间进行两两比较得出各层次各指标的最终权重。优点: 主客观相结合, 具有一定科学性。缺点: 客观性数据少, 定性成分多, 难以令人信服。

#### 3.1.2 德尔菲法

德尔菲法是将专家的意见作为权重分析的条件, 本质是匿名问询专家的方法<sup>[24]</sup>。在使用德尔菲法时, 需经过多次征求专家的意见, 使最终的打分较为科学。在问询专家时, 应选择与专业相关性较强的专家进行科学打分与评价, 确定指标权重。优点: 广泛吸收专家意见, 可行性较高。缺点: 但权重过度偏向于相关专家的主观意见。

#### 3.1.3 熵值法

熵值法是利用各个指标的信息熵来确定其权重大小, 它是一种比较客观且精度较高的权重确定方法<sup>[25]</sup>。利用该方法确定权重主要包括指标标准化、信息熵计算和权重计算 3 部分。熵值法优点: 该方法须依据具体数据, 权重确定结果较为客观。缺点: 在遇到特定问题时无法灵活对待。

#### 3.1.4 主成分分析法

主成分分析法是通过降维方式将多个指标转化为具有代表性的综合指标的统计分析方法<sup>[26]</sup>。这些综合因子能够囊括原始多个因子的信息并且使得综合指标因子不重叠, 从而达到指标因子由繁至简、简化分析计算冗杂性的目的<sup>[27]</sup>。优点: 有效消除指标间重复性带来的计算偏差, 降低计算难度, 简化指标选择, 并且能够消除人为确定指标的主观性误差, 使评价结果更为客观<sup>[28]</sup>。缺点: 综合指标因子对分析对象的影响往往难以清晰界定。

### 3.2 森林健康评价方法

森林健康评价的方法是多种的, 在对森林健康进行评价时, 可依据学者的偏好和森林的具体情况选择不同的评价方法。不同森林健康评价方法的评价依据及优缺点见表 2。

表 2 森林健康评价方法的比较

Table 2 Comparison of forest health evaluation methods

评价方法 Evaluation Methods	依据 According to	优点 Advantages	缺点 Disadvantages
主成分分析法 Principal components analysis	根据指标间的相关性,利用降维的思想,提取主成分。	消除主观因素影响,使评价结果更为客观,简化评价指标体系。	综合指标难以清晰定义和分类,在最后讨论影响森林健康的具体指标时难以具体表述。
生物指示物评价法 Bioindicator evaluation method	通过某一类或数类生物群,对某区域森林开展健康评价。	应用较为简单,适用性强。	指示物种标准难以统一,且容易受到外界因素的干扰。
健康距离法 Healthy Distance Method	受干扰生态系统的健康程度,偏离原始生态系统的程度。	操作简单,无量纲限制。	无法克服主观因素,收集数据时间较长。
综合指数评价法 Comprehensive index evaluation method	汇集相关指标,通过科学分析,对森林健康展开评价。	方法简单,评价更具有系统性与全面性。	计算复杂,对指标中定性指标的确定具有主观性。

#### 四、我国森林健康评价存在的不足

##### 4.1 森林健康评价尺度的不同

当前我国森林健康评价尺度主要有单木尺度、林分尺度、小班尺度、森林生态系统尺度、景观尺度。对于不同的评价尺度应选择差异性的评价指标,如单木尺度是针对

于树林内的同种树木选取评价指标;林分尺度则应依据林内的林木选择指标;森林生态系统尺度则是最大的尺度,评价指标的选取也是最全面的。以较小尺度来进行健康评价时,往往难以全面的评价森林健康状况;以较大的尺度进行森林健康评价时则对小尺度上存在的问题缺乏敏感性。

##### 4.2 评价指标的不规范

我国关于森林健康的起步较晚,而近年来与森林健康评价方面的研究较多,评价指标也出现了交叉重叠的现象,评价指标的使用还没有规范化。相关学者在对评价指标进行选取时对评价指标的理解容易产生混淆,在应用时出现重复使用或未使用某一评价指标。

##### 4.3 森林健康评价方法各有利弊

森林健康评价的方式方法较为多样,学者们在对于森林健康进行评价方法的选择时,往往依据自身经验及偏好进行,对于单一评价方法的评价结果还需进一步验证。在实际进行森林健康评价时如何可靠且客观的评价森林健康状况,将会成为相关研究的难点。

#### 五、讨论与结论

在进行森林健康评价的过程中,定量评价的方法日益的成熟、高效。针对不同的评价项目有合理的指标筛选体系和指标权重计算体系,并且为相似项目建立统一、可行的标准,使各项目之间可以提供参考依据,促进该领域的共同发展和交流。

根据评估方法的不同,评价的可能性、优缺点也不相同。我国森林健康评价已有多年历史,评价森林健康的方法种类也比较多。在保证评价时间和地区同一的情况下,使用不同的评价方法,其评价结果将产生一定的分歧,将不利于不同地区或不同时间评价结果的比较。

对森林生态系统健康状况进行评价要在客观、科学性以及可操作性的前提下,要根据调查数据和研究对象选择最佳的评价方法。同时,前人的评价方法普遍只关注森林当下的健康现状,评价较少涉及森林未来的发展趋势。因此,我们需要针对森林的未来发展做出更深入的研究。探索与森林健康评价相关的具体评价指标,最终形成系统化规范化的森林生态系统健康评价方案。

**参考文献:**

- [1] 王懿祥, 陆元昌, 张守攻, 等. 森林生态系统健康评价现状及展望[J]. 林业科学, 2010, 46(02): 134-140.
- [2] 于贵瑞, 张雪梅, 赵东升, 等. 区域资源环境承载力科学概念及其生态学基础的讨论[J]. 应用生态学报, 2022, 33(3).
- [3] 莫荣利, 李勇, 于翠, 等. 桑树生态系统服务功能研究进展[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(23): 6023-6028.
- [4] 于浩然. 沁河源头区油松林生态系统健康评价[D]. 山西大学, 2019.
- [5] 管立娟, 赵鹏武, 周梅, 等. 大兴安岭南段次生林区倒木对森林更新的影响[J]. 林业科学研究, 2022, 35(1): 97-103.
- [6] 吴庭天, 杨众养, 陈宗铸, 等. 红树林生态系统健康评价指标体系的建立与应用[J]. 热带林业, 2020, 48(01): 67-70+74.
- [7] Kolb T E, Wagner M R, Covington W W. Forest health from different perspectives[J]. United States Department of Agriculture Forest Service general technical report RM, 1995: 5-13.
- [8] Zirlwagen D, Raben G, Weise M. Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 248(1-2): 43-55.
- [9] 陈高, 代力民, 范竹华, 等. 森林生态系统健康及其评估监测[J]. 应用生态学报, 2002, (05): 605-610.
- [10] 武高洁. 县级森林资源质量评价指标体系及评价方法的研究[D]. 北京林业大学, 2010.
- [11] 杨礼旦. 森林可持续经营的研究进展与展望[J]. 温带林业研究, 2021, 4(3): 11-17.
- [12] 赵良平. 森林生态系统健康理论的形成与实践[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, (3): 1-7.
- [13] 毛淑娟, 胡月明. 森林质量评价研究探讨[J]. 林业与环境科学, 2007, 23(2): 67-71.
- [14] Costanza R, d'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [15] Rapport D J, Costanza R, McMichael A J. Assessing ecosystem health[J]. Trends in ecology & evolution, 1998, 13(10): 397-402.
- [16] Pablo T, Marina R B, Alba V S, et al. The Role of Remote Sensing for the Assessment and Monitoring of Forest Health: A Systematic Evidence Synthesis[J]. Forests, 2021, 12(8), 1134.
- [17] Blaga L, Josan I, Herman G V, et al. Assessment of the Forest Health Through Remote Sensing Techniques in Valea Roşie Natura 2000 Site, Bihor County, Romania[J]. Journal of Applied Engineering Sciences, 2019, 9(2), 207-215.
- [18] Ahmad F, Uddin M M, Goparaju L. Analysis of forest health and socioeconomic dimension in climate change scenario and its future impacts: remote sensing and GIS approach[J]. Spatial Information Research, 2019, 27(4): 385-397.
- [19] 肖智慧, 叶金盛. 广东省森林健康评估研究[J]. 中南林业调查规划, 2010, 29(03): 11-15.
- [20] 张国祯, 甘敬, 朱建刚. 北京山区森林健康的多尺度评价[J]. 林业科学, 2011, 47(06): 143-151.
- [21] 谢春华. 北京密云水库集水区森林景观生态健康研究[D]. 北京林业大学, 2005.
- [22] 沈剑波, 雷相东, 舒清态, 等. 国内外森林健康评价指标体系综述[J]. 科技导报, 2011, 29(33): 72-79.
- [23] Tian Y, Xu C, Chen J. Regional risk assessment of earthquake-triggered landslides[J]. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2015, 5(4).
- [24] 姜杰, 杨超裕, 陈传国, 等. 森林生态承载力评价指标体系构建\*——以广东省为例[J]. 林业与环境科学, 2021 (4): 146-153.
- [25] 蒋钰峰, 吴光, 赵志明, 何刘. 基于地形地貌参数的山区铁路通道选线法[J]. 工程地质学报, 2019, 27(04): 903-913.
- [26] 赵青, 王惠文, 王珊珊. 基于中心-对数半长的区间数据主成分分析[J]. 北京航空航天大学学报, 2021, 47(7): 1414-1421.
- [27] 任志涛, 党斐艳. 基于熵值-主成分分析的环境治理公众参与水平评价研究[J]. 环境保护科学, 2020, 46(01): 1-6.
- [28] 叶少萍, 李铤, 张俊涛, 等. 基于主成分分析的古树土壤肥力综合评价[J]. 生态科学, 2022, 41(1): 196.
- 中图分类号: S 718.55+7 文献标识码: A  
基金项目: 中央引导地方项目(XZ202101YD0016C); 西藏高寒植被生态安全重点实验室开放课题(STAQ-2021T-2)。  
作者简介: 杨守志(1997.9-), 男, 山东烟台人, 在读硕士研究生。主要从事森林生态学研究。  
通信作者: 任毅华(1980.11-), 男, 副教授, 博士。主要从事森林生态学的研究与教学工作。