

区域土地质量 指标体系及应用研究

郭旭东 邱扬 连纲 何挺 著



区域土地质量指标体系 及应用研究

郭旭东 邱 扬 著
连 纲 何 挺

区域土地质量指标体系及应用研究\郭旭东等著. —北京: 科学出版社, 2008.

2008

ISBN 978-7-03-020497-4

I. 区… II. 郭… III. 土地评价—质量指标—体系—研究 IV. F301

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第 172823 号

责任编辑: 李海霞 版式设计: 李海霞 封面设计: 王 岩

责任印制: 陈明华 印刷: 北京印刷厂

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书对土地质量及土地质量评价的基本概念与理论框架进行了系统总结,重点论述了基于PSR框架的针对土地退化问题的土地质量指标的国内外最新研究进展和发展趋势,并以黄土丘陵典型生态脆弱区为例,通过大量的野外实测数据,详细阐述了包括指标体系建立、评价方法选择、土地质量属性要素空间分异等在内的基于PSR框架的土地质量评价研究。

本书可供从事土地质量及相关研究的大专院校、科研院所的研究人员及国家机关和企事业单位从事土地管理的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

区域土地质量指标体系及应用研究/郭旭东等著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-020497-4

I. 区… II. 郭… III. 土地评价-质量指标-体系-研究 IV. F301

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第172657号

责任编辑:朱海燕 赵 峰 / 责任校对:桂伟利

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年1月第一次印刷 印张:16 1/4 插页:2

印数:1—2 000 字数:385 000

定价:55.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

我国人多地少,土地资源匮乏。目前,土地资源已经成为国民经济和社会发展的瓶颈制约。随着经济、社会的进一步发展,土地资源面临的压力将越来越大。如何减缓压力,维持和提高土地质量,保障粮食安全,促进经济、社会协调发展已经成为我国科学家和国土资源管理面临的紧迫要求和重要课题。

针对具体的土地利用与退化问题,描述土地受到的压力,以及由此产生的土地质量状态和响应状况,提供土地合理利用的具体措施,是提高区域土地质量,减缓土地压力,促进土地集约节约利用的重要方面。当前,建立衡量土地质量变化的指标体系,并研究将其应用到区域土地质量的监测、评价以及土地可持续发展政策的制定中,已成为国际土地科学研究领域的重要内容与发展趋势。

我国土地质量评价的历史十分悠久,许多专家和学者做了大量卓有成效的工作。国际土地质量指标计划开始于20世纪90年代,1996年10月,由世界银行发起,在华盛顿召开的国际土地质量评价会议,明确了以“压力-状态-响应”(PSR)为基础的土地质量评价框架,并形成了正式的土地质量指标研究计划。近年来,基于PSR框架的土地质量评价在许多国家得到广泛应用,并取得了积极成果。基于PSR框架的土地质量指标的一个鲜明特点是和人工生态系统的管理紧密相连,它们能够反映出用地政策实施的效果,并对可能出现的不利情况做出预警;能够帮助决策者制定政策,并直接提供退化土地的恢复重建措施。如果说土地“可持续利用”更倾向于一种理念的话,那么,基于PSR框架的土地质量评价则提供了从理念走向实践的重要途径。

2003年和2004年,作者有幸得到国家自然科学基金和国土资源部百名优秀青年科技人才计划项目的资助,得以在我国较早开展基于PSR框架的土地质量指标体系研究实践工作,几年来,在区域土地质量评价的指标体系构建、技术方法、指标定量反演模型、指标要素空间表达与预测等方面取得了一定进展。通过对相关成果的系统整理,形成本书内容,期望能够对我国土地质量等相关研究和国土资源管理实践提供一点借鉴。

本书立足于国际前沿,理论联系实际,系统阐述了区域土地质量评价的基本原理、研究进展、指标体系构建和在黄土丘陵沟壑区的应用实践。全书共分两篇,上篇为“区域土地质量评价的理论与方法”,包括三章:第一章论述了土地质量与土地质量评价的核心概念、土地质量评价的基本原则与总体框架,总结了当前基于PSR框架的土地质量指标研究的最新进展和发展趋势;第二章借鉴文献计量法,通过检索文献数据库,分析与筛选指标,构建了土壤侵蚀、土地沙化等土地退化监测评价的常用指标体系;第三章论述了土地质量评价中的主要方法,详细介绍了综合评价法、高光谱数据分析法和社会调查法在土地质量评价中的应用实例。下篇为“黄土丘陵沟壑区基于PSR框架的土地质量评价”,包括两章:第四章以陕西省安塞县和大南沟小流域为例,系统介绍了不

同尺度基于 PSR 框架的土地质量评价指标体系的构建和应用实例,第五章以陕西省横山县和朱家沟小流域为例,论述了高度异质景观条件下土地(壤)质量要素空间分异与预测方法,开展了横山县土地质量评价的案例研究。

本书由郭旭东总体设计并拟定章节内容。具体分工为:第一章由郭旭东撰写;第二章由许宁和郭旭东撰写;第三章由何挺、郭旭东、连纲撰写;第四章由邱扬、郭旭东、赵鹏、张英撰写;第五章由连纲和郭旭东撰写。全书由郭旭东、邱扬统稿。

感谢中国土地勘测规划院、国土资源部国际合作与科技司和国土资源部土地利用重点实验室为作者开展“基金”和“百人”项目提供的良好环境并在本书编写过程中给予的大力支持,感谢一直关注、鼓励和支持作者开展土地质量等相关研究的领导、专家和同行们。

鉴于土地质量问题的复杂性和作者知识、能力与研究水平的局限,书中难免存在不妥、疏漏乃至错误之处,敬请读者不吝指正。

郭旭东

2007年7月

目 录

前言

上篇 区域土地质量评价的理论与方法

第一章 绪论	3
一、土地质量与土地质量评价	4
(一) 土地质量的基本概念	4
(二) 土地质量与土壤质量	5
(三) 土地质量评价的基本思路与框架	6
二、基于 PSR 框架的土地质量指标体系	9
(一) 基本概念与指标框架	9
(二) 研究进展	11
(三) 趋势与展望	15
三、国内外主要土地质量评价指标体系	19
(一) 国际土地质量指标计划	19
(二) FAO 土地评价的土地质量指标	22
(三) 针对土地退化问题的土地质量指标	24
(四) 农用地分等定级的土地质量指标	28
(五) 农业部耕地地力等级划分中的土地质量指标	32
第二章 基于文献分析的土地退化评价指标分析	35
一、文献资料来源及研究方法	35
(一) 数据来源	35
(二) 检索方式	36
二、土地退化文献概况	36
(一) 中文文献	36
(二) 英文文献	37
(三) 综合统计分析	37
三、土地退化综合评价指标统计分析	38
(一) 中文指标统计分析	38
(二) 英文指标统计分析	39
(三) 遥感监测的指标统计分析	40
四、土壤侵蚀评价指标统计分析	40
(一) 中文指标统计分析	40

(二) 英文指标统计分析	41
(三) 遥感监测指标统计分析	42
五、土地沙化评价指标统计分析	43
(一) 中文指标统计分析	43
(二) 英文指标统计分析	44
(三) 遥感监测指标统计	44
六、主要结论	45
第三章 土地质量评价方法研究	46
一、土地质量评价主要方法与趋势	46
(一) 单因素与多因素评价方法	46
(二) 定量线性统计方法和非线性统计方法	46
(三) 人工智能评价方法	47
(四) 基于遥感技术的土地质量评价方法	47
(五) 主要趋势	48
二、综合指数法	49
(一) 方法简介	49
(二) 基于综合指数法的区域土地质量评价——以环北京地区为例	50
三、高光谱数据分析法	54
(一) 国内外研究现状	55
(二) 关键技术与方法	57
(三) 基于高光谱数据的土地质量评价技术流程	58
(四) 基于高光谱数据的土地质量评价——以氧化铁为例	60
四、社会调查方法	74
(一) 方法简介	74
(二) 基于社会调查的土地质量分析——以 PRA 为例	76
下篇 黄土丘陵沟壑区基于 PSR 框架的土地质量评价	
第四章 陕西省安塞县土地质量指标体系构建与评价	89
一、研究区概况	89
(一) 地理位置	89
(二) 气候	90
(三) 地貌与土壤	90
(四) 植被与土地利用	90
二、多重尺度土地质量评价指标体系构建与评价方法	91
(一) 土地质量评价的过程与方法	91
(二) 县域土地质量评价指标体系与方法	92
(三) 小流域土地质量评价指标体系与方法	108
三、县域土地质量时空评价	121

(一) 县域土地单元质量评价	121
(二) 县域整体土地质量评价	143
四、大南沟小流域土地质量时空评价	150
(一) 大南沟小流域 1998 年土地质量评价	151
(二) 大南沟小流域退耕格局下土地质量动态评价	169
(三) 大南沟小流域土地质量综合评价	189
第五章 陕西省横山县土壤属性空间变异与土地质量评价	191
一、研究区概况	191
二、朱家沟小流域土壤属性空间变异特征研究	192
(一) 研究方法	192
(二) 土壤物理性质空间变异及预测	194
(三) 土壤养分空间变异及预测	203
三、县域土壤属性空间变异特征研究	210
(一) 研究方法	210
(二) 县域土壤物理性质空间变异及预测	212
(三) 县域土壤养分空间变异及预测	221
(四) 土壤属性空间变异的尺度分析	228
四、县域土地质量评价	232
(一) 评价指标与方法	232
(二) 评价结果	234
参考文献	239
图版	

上 篇

区域土地质量评价的
理论与方法

第一章 绪 论

进入 20 世纪 90 年代以来,由于人口增加和经济发展对水、土壤和生物资源的压力越来越大,土地质量问题日益引起世界各国政府、国际组织和科学家们的普遍关注。建立衡量土地质量变化的指标体系,并研究将其应用到土地质量监测、评价和土地可持续发展政策的制定中,已成为当前和未来一段时期内土地科学研究领域的一个热点(冷疏影和李秀彬,1999)。

当前,我国土地面临巨大压力,土地资源已经成为国民经济健康发展的瓶颈因素,主要表现在以下三个方面。

首先,我国耕地资源匮乏,耕地质量低,后备资源严重不足,粮食安全保障能力先天不足。国土资源部最新公布的 2006 年度全国土地利用变更调查结果显示,截至 2006 年 10 月 31 日,全国耕地面积为 18.27 亿亩(1 亩=1/15hm²),人均耕地面积 1.4 亩,不到世界平均水平的 40%,约相当于美国的 1/8、印度的 1/2。在这些耕地中,高产田只占 28%,中产田占 40%,低产田占 32%。我国耕地后备资源严重不足,仅 1.13 亿亩,近 2/3 的未利用土地难以开发利用,且后备土地资源大部分分布在自然条件恶劣、生态环境极为脆弱、土地潜在退化威胁大的地区。

其次,工业化、城市化进程的快速发展使土地面临的压力进一步增大。未来 10~15 年是我国全面建设小康社会的关键时期,也是我国城镇化、工业化、市场化、国际化快速发展的时期,土地对国民经济和社会发展的制约将进一步凸显。据统计,过去 10 年是我国城镇化发展的快速时期,1997 年,我国城镇人口比例为 31.9%;到 2005 年底,城镇人口达 56225 多万人,城镇人口比重增长到 43%,8 年年均提高 1.39 个百分点,城镇人口年均增长 5%,每年新增城镇人口约 2094 万人。按照这个发展趋势,以目前城镇人均 110m² 计算,仅此一项,未来每年要新增建设用地 23 万多公顷,将大大超过规划指标。即使按照比较保守的估计(将人口城镇化水平控制在年均提高 0.9 个百分点),城镇人口平均每年也要增加 1500 万人以上,交通、居住、休闲、娱乐、自然保护等非农建设用地需求将持续增长,土地资源面临空前压力。

在城市化、工业化快速发展的背景下,建设占用耕地严重。“十五”期间,我国耕地面积净减少 9240 万亩,年均净减少耕地 1848 万亩,每年建设占用耕地约 300 万亩,占用的相当一部分耕地都是有灌溉设施的优质农田。经济发达地区和粮食主产区非农建设占用耕地尤为突出。按照中央要求,到 2010 年,乃至 2020 年“一定要守住全国耕地不少于 18 亿亩这条红线”,形势十分严峻。

最后,土地退化严重,生态安全面临严峻形势。我国是世界上水土流失最严重的国家之一,目前全国水土流失面积 356 万 km² (新华社北京 2005 年 12 月 26 日电),占国土总面积的 37.1%;需治理的面积有 200 多万平方千米。国家林业局 2005 年 6 月 14 日

公布的第三次全国土地沙化监测结果表明,截至2004年,全国荒漠化土地为263.62万 km^2 ,占国土面积的27.46%。与1999年相比,5年间全国荒漠化土地面积净减少37924 km^2 ,年均减少7585 km^2 。我国土地沙化面积由20世纪末年均扩展3436 km^2 转变为现在年均缩减1283 km^2 ,土地沙化扩展的趋势已得到初步遏制。尽管如此,防沙治沙形势依然严峻,全国30个省(自治区、直辖市)的889个县、旗、区分布有沙化土地。全国沙化土地面积为173.97万 km^2 ,占国土面积的18.12%,影响着近4亿人的生产和生活,每年造成的直接经济损失达500多亿元。据国家环境保护总局和国土资源部公布的数据,目前全国受污染的耕地约有1.5亿亩,污水灌溉污染耕地3250万亩,固体废弃物堆存占地和毁田200万亩,合计约占耕地总面积的1/10以上,其中多数集中在经济较发达地区。全国每年因重金属污染的粮食达1200万t,造成的直接经济损失超过200亿元。

综上所述,未来10~15年,我国土地资源将面临前所未有的压力,在这样一种压力下,必然会引起土地资源和生态环境恶化,然而,这种压力到底有多大,又在多大程度上改变着土地资源和生态环境?人类是否可以预见这种变化并加以控制?这些问题已成为政府、科学家以及公众普遍关心和亟待解决的问题。为此,急需从理论上建立一整套用于监测、描述和评价这种压力及其造成影响的指标体系。这种情况下,开展区域土地质量监测与评价研究显得尤为迫切。无论从科学研究,还是土地管理实践的角度,针对具体的土地利用与退化问题,采取合理的恢复措施并通过指标的形式加以监测和反映是决策者、管理者和科学家追求的共同目标。基于“压力-状态-响应(PSR)”模式的土地质量评价指标体系正是为了达到上述目的而建立的用于描述土地资源所受到的压力指标、资源与生态环境现状的状态指标和描述人类对土地采取措施的响应指标。自世界经济合作与发展组织提出PSR框架以来,目前,PSR的框架理念已经深入人心,并且在土地利用规划、生态安全评价、土地恢复与复垦、城市规划等各方面得到了广泛应用。基于PSR框架的土地质量评价也从针对某种土地利用方式的评价,进一步发展为针对土地利用与退化问题的区域土地质量评价。当前形势下,进一步开展区域土地质量评价,明确区域土地质量变化的因果关系,寻找、制订维持和提高区域土地质量的措施和政策,对于发挥区域主体功能、保持区域经济、社会协调发展无疑具有重要的理论和实践意义。

一、土地质量与土地质量评价

(一) 土地质量的基本概念

土地是地球表面的一部分,包括影响土地利用的物理与生物环境的所有因素。因此,土地不仅包括土壤,还包括地形、气候、水文(地表与地下)、植被(森林、动物栖息地)、动物区系以及人类干预(如土地改良等)。显然,土地的概念是一个综合的概念,不仅涉及土地的自然特性,还包含了人类的干预。实际上,“土地”的含义与“景观”非常接近,在许多文献中两者可互相替用。

土地质量是指以生产、保护及环境管理为目的的土地的条件与能力,它包括与人类需求有关的土壤、水及生物等特性 (Pieri *et al.*, 1995)。简单地讲,土地质量是指土地维持或发挥其功能的能力。土地质量概念把土地条件与土地生产能力、自然保护和环境管理功能联系在一起,土地质量评价需要针对土地利用的具体功能和类型进行。

联合国粮农组织 (FAO) 和环境规划署 (UNEP) 提出了土地的十大功能: 存储个人、群体或社会财富; 生产人类所需的粮食、纤维、燃料或其他生物物质; 植物、动物和微生物的栖息场所; 全球能量平衡和水循环主要影响因子; 提供资源和固定温室气体并影响地表水和地下水的存储和流动; 提供人类所需的矿物和原料; 化学污染物的缓冲、过滤或调节功能; 提供聚集、工业生产和娱乐空间; 保存历史或史前记录 (化石、过去的气候证据、人类遗迹等); 提供或制约动物、植物和人类的迁移。目前大多土地质量研究涉及的功能主要包括土地的生产和环境保护与管理功能。生产功能主要指的是粮食、牧草产量及木材生长量。环境保护与管理功能包括促进营养循环、污染物过滤、水的净化、温室气体的“源—汇”功能以及动植物基因和生物多样性保护等。

在 FAO 的土地评价方法体系中,针对土地利用系统,把土地质量定义为“以一种特定方式影响特定土地利用方式持续性的一个综合土地特性” (FAO, 1976; 1993a),提出了“土地质量属性”概念,按不同土地利用类型划分的土地质量属性包括与作物生长相关 (耕地利用系统) 的质量属性、与驯养动物生产相关 (草地生态系统) 的质量属性、与林地生产相关 (林地生态系统) 的质量属性和与利用或投入相关的质量属性四个方面; 按土地单元垂直方向划分的土地质量属性包括气候质量属性、土地覆盖质量属性、地表与地貌质量属性和土壤质量属性四个方面。并且认为土地质量属性“不是某个绝对值,而是基于特定土地功能和特定土地用途的某种限制因素”,因此又可称为“土地质量限制”。可见,FAO 的土地质量概念主要是针对土地利用系统的土地本身的状态属性提出的。

(二) 土地质量与土壤质量

简单地说,土壤质量是指“土壤维持其功能的能力”。随着社会经济发展对土地压力的增加和土壤科学自身的发展,土壤的功能已经从传统的提供作物生长的介质拓展到维持人类和动物健康以及保护环境等方面。比如: 美国土壤协会将土壤质量定义为,“在一定的自然和管理生态系统边界内,同土壤特定功能相联系的能力,它维持植物和动物生产,保持并提高水和空气质量,维持人类健康和生境安全” (Soil Science Society of America, 1995)。与此类似, Doran 等 (1996) 将土壤质量定义为,“在生态系统和土地利用的边界内,维持生物生产力,保持环境质量,提高植物、动物和人类健康等维持土壤功能的能力”。

土地不仅包括土壤,还包括水文、气候、地形、生物和人类利用方式。从这个角度讲,土地质量包括土壤质量。从概念上看,二者都是针对各自功能而言的,在维持生产力、保护自然资源和环境管理的功能上,土地和土壤基本上是一致的; 即使土地功能的外延可能会广泛一些,但土地主要功能都可以通过土壤功能的发挥来实现。因此,土壤

质量既是土地质量的核心内容,也是土地质量的重要表现形式。

近年来土壤质量指标研究的趋势表明,在生态系统和景观水平上已经建立了土壤质量指标体系,并且包括了一些社会、经济因子,这时的土壤质量和土地质量已经没有什么差别(郭旭东和王静,2002)。

(三) 土地质量评价的基本思路与框架

1. 土地质量评价的基本概念

既然土地质量是维持和发挥土地功能的能力,那么土地质量评价就是要评判土地现状用途或土地功能持久维系的能力(FAO,1976)。

土地质量评价是一个相对的概念。这种相对性主要表现在三个方面:①由于土地功能的多样性,我们在评价土地质量时,往往针对土地的某一种或几种功能的发挥程度,客观地讲,土地在某一方面功能加强时,有可能会削弱或减少其他功能的发挥。换句话说,某种土地质量的“高”与“低”等同于土地某种特定功能的发挥“好”与“坏”。尽管目前在土地可持续利用评价中,强调了土地(利用)的生产性、安全性、经济性、保护性和社会可接受性,但这更倾向于一种理念,实质上评价结果是土地各个功效发挥的妥协。②土地质量的“高低”、“好坏”,也是基于人类的利用目的而言的,人们根据土地的功能,按照自己的利用需求,人为地将土地划成了若干等级。土地本身是没有质量之分的,按照自然界成土规律发生和演替着的土壤是最“健康的”。比如一些自古就形成的沙漠、戈壁质量是不能说“差的”,只是那些原来肥沃的粮田,由于人类不合理的利用而导致肥力下降、生产力降低、甚至发生风蚀、水蚀,才可以说质量“差”。③土地质量评价的相对性也表现在评价标准的相对性上。在实际的土地质量评价中,除了那些能够在国家、地方、行业等相关的法规、标准、规程中找到评价标准的明确值或范围的指标外,大部分指标还缺乏统一的标准确定方法。实际研究中,同样的指标,可能有的会根据地方的情况确定标准,有的会根据县、市情况确定标准,有的则会参考区域、全国甚至全球情况确定标准。从时间来看,同样的指标,有的可能会依据目前的状况确定标准,有的则可能根据经济社会发展状况,按照指标5年、10年、15年、20年后的情况来确定标准。应该说,评价标准的不确定性大大限制了土地质量评价成果的应用性。

从土地利用对象角度,土地质量评价可以分为两大类:一类是城镇土地质量评价,一类是农用地质量评价。

我们国家城镇土地质量评价的主要依据是《城镇土地分等定级规程》(GB/T 18507—2001)和《城镇土地估价规程》(GB/T 18508—2001)。规程以国家标准的形式,规定了城镇土地分等定级和估价工作应遵循的基本准则、技术途径、方法、程序和成果形式。并从城镇繁华程度、交通条件、基本设施、环境设施和人口密度等方面制订了一系列的指标,作为城镇土地质量评价的依据。当然,根据这种质量评价的指标得出的质量等级和估价,是城镇的一种“基准”地价,实际价格将受市场供求关系等多方面因素影响。

与城镇土地质量评价相比,农用地质量评价的情况要复杂得多。目前我国实际应用的农用地质量评价主要有两大体系(高尚军和马仁会,2002):一是国土资源部制定颁布的《农用地分等规程》(TD/T1004—2003)、《农用地定级规程》(TD/T1005—2003)和《农用地估价规程》(TD/T1006—2003),根据规程,农用地分等定级就是根据农用地的自然、经济属性对其质量优劣进行评定;二是农业部制定的《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》(NY/T 309—1996),根据耕地地力要素的立地条件、土壤条件和农田基础设施条件及培肥水平,以全国7个耕地类型区为基础,划分了10个耕地地力等级,并进一步提出了全国中低产田类型划分与改良技术规范(NY/T310—1996)。

2. 土地质量评价的基本原则

(1) 综合性与主导性相结合原则

要善于从社会、经济和自然等多方面影响土地质量的因素进行综合分析,并注意综合多学科知识进行评价;要重点分析影响土地主要功能发挥的因素,特别是对某些限制因素的分析。

(2) 动态与静态相结合原则

土地质量是一个可变化的过程,要在考虑土地利用现状和质量状况基础上,在土地利用的发展过程和趋势基础上判断其质量的发展方向。

(3) 定性与定量相结合原则

土地质量评价以定量分析为主,定性分析为辅,避免人为随意性因素影响。同时,对评价的中间过程和评价结果要充分运用人工智能和专家经验,保证评价结果切合实际。

(4) 科学性与可操作性相结合原则

评价指标是土地质量评价的重要因素,指标体系的建立、评价过程必须以科学理论为依据。同时,应注重评价指标数据的可获取性和评价的可操作性。

3. 基本思路与框架

FAO的土地质量评价是针对土地利用系统而言的(FAO,1976),即主要针对某种土地利用方式作用于某种土地单元的效果评价,区域土地质量的好坏可以通过区域多种土地利用方式是否合理加以评价,但就区域整体而言,其评价的基本思路可以概括如下(图1.1):

(1) 确定区域土地利用的主要问题

正如前面所讲的,土地质量评价是相对的,土地质量不是泛泛而言的,开展土地质量评价必须要有针对性,即针对区域土地的主要利用问题和具体的土地退化问题。

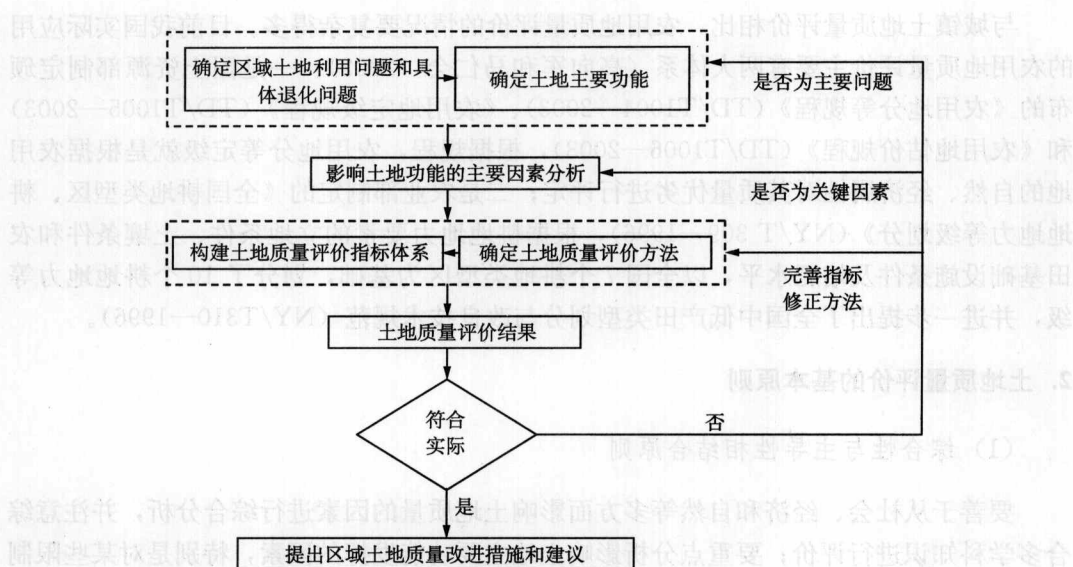


图 1.1 区域土地质量评价的理论框架

(2) 确定影响土地功能发挥的主要因素

既然土地存在着某些问题，必然是土地的功能没有得到有效发挥，那么哪些因素影响了土地功能的有效发挥呢？确定了存在问题的土地主要功能后，需要再从自然、经济和社会等诸多方面寻找影响功能发挥的可能因素，必要时，还要通过追溯历史发现引起土地问题的原因和关键因素。

(3) 构建土地质量评价指标体系

确定了影响土地功能发挥的主要因素后，需要用一系列尽可能量化的“指标”来表征这些“因素”，从而进行土地质量评价的实际操作，这就是构建土地质量评价指标体系的过程。指标(indicator)与因素(factor)不同，简单而言，指标是因素的具体表现形式和表达方式，因素只有通过指标的分解才能够达到实际操作和应用的目的。土地质量指标体系的构建是土地质量评价的最重要的环节，直接关系到土地质量评价结果的准确性。在构建指标体系时应注意把握以下原则：

- 1) 针对性。所有指标的选择都是针对区域主要的土地利用问题和具体的土地退化问题。
- 2) 直接性。选择可以直接反映土地质量的影响因素，选择直接反映这些因素的指标。
- 3) 动态性。所选择的指标，可以反映土地利用的动态变化效应，反映土地质量的时间变化。
- 4) 空间异质性。所选择指标要尽可能反映土地利用的空间分布规律和土地质量的空间变化。

5) 可行性。为了评价的方便与可行性, 指标都要求简单易得。

6) 可扩充性。所构建的指标体系, 按照一定的评价过程, 构建一个通用框架。可以在该框架下, 根据评价地区、评价目标、评价条件的不同增减指标, 修改评价标准。

确定指标的标准值和范围也是指标体系构建的重要工作, 通常而言, 指标标准的确定方法主要包括以下几种(陈百明, 2003):

1) 国家、地方、行业标准或区域的各种规划指标。如国家规定的基本农田保护目标、水土流失控制目标、农田灌溉水质标准、保护农作物大气污染物最高允许浓度等, 又如区域绿化的森林覆盖率规划目标、人口增长数量控制目标等。

2) 区域性本底背景。如以自然条件相似的未受人类干扰的土地利用系统背景作为标准。

3) 科学研究的判定标准。对于一些限制性指标, 则采用通过综合研究和科学试验所测得的底线值或警戒值作为评价标准。如区域人口承载力和理论载畜量、作物的理论最高单产等。

4) 根据获取的指标数据进行统计分析确定相对标准。如利用平均值、极值、序列值、中位值等确定标准, 或者利用排序、聚类、模糊数学等方法加以分析确定。

(4) 确定土地质量评价方法

建立了土地质量评价指标体系后, 需要决定采用什么方法开展土地质量评价, 方法的选择是基于土地利用问题和评价目标的, 问题不同、目标不同、方法也有可能不同。一般而言, 实际操作时需要综合运用多种数理统计方法解决指标的关联性与独立性、指标的归一化等问题。

(5) 检验评价结果, 完善指标体系

将评价结果与实际情况进行对比和检验, 如果能够反映区域实际情况, 说明评价过程合理、科学, 可进一步根据评价结果, 提出区域土地质量改善的措施和建议。如果和实际情况不符或结果相差较大, 则说明评价过程有差错, 需要从头进行检查。比如要进一步分析是否抓住区域的主要土地问题? 是否抓住影响土地功能发挥的关键因素? 评价指标是否正确完善? 评价方法是否合适? 通过不断修正和反馈, 最终建立起比较完善的土地质量评价指标体系。

二、基于 PSR 框架的土地质量指标体系

(一) 基本概念与指标框架

1. 土地质量指标的基本概念

土地质量指标(land quality indicators, LQIs)是用来描述土地质量及其相关的人类活动, 描述土地满足人类需求的条件、这些条件的变化以及相关的人类行为。按照压力-状态-响应(pressure-state-response, PSR)框架, 土地质量指标(LQIs)可分成如