地质矿产调查评价专项项目成果

国土资源综合监测指标体系研究

GUOTU ZIYUAN ZONGHE JIANCE ZHIBIAO TIXI YANJIU

邢丽霞　李采　郑跃军　等 著



地质出版社

地质矿产调查评价专项项目成果

国土资源综合监测指标体系研究

邢丽霞　李采　郑跃军　等著

仅供内部使用

地质出版社

·北　京·

内 容 提 要

《国土资源综合监测指标体系研究》瞄准我国国土空间综合规划及宏观决策的需求，从土地利用与地质环境监测成果有机融合的角度，研究提出了国土资源综合监测的主要对象和监测指标，探索性地构建了“状态-压力-响应-行动”及“社会-经济-环境”相耦合的多层混合指标体系模型，搭建了“适宜性-扰动力-影响程度-整治水平”4 类 3 级 121 个监测（统计）及评价指标，运用层次分析法、变异系数法等建立了不同层级指标权重的计算方法及评价标准，并进一步创建了“国土资源及地质环境健康指数”评价模型。该套指标体系在河北省唐山市、宁夏回族自治区石嘴山市和广东省江门市新会区进行了实证研究。

本书内容丰富，实用性强，可作为国土资源管理及监测部门开展综合规划、综合监测、综合评价工作的技术参考。

仅供内部使用

图书在版编目（CIP）数据

国土资源综合监测指标体系研究 / 邢丽霞等著.
—北京：地质出版社，2013.10
ISBN 978-7-116-08523-7

Ⅰ.①国… Ⅱ.①邢… Ⅲ.①国土资源-资源管理-监测-研究-中国 Ⅳ.①F129.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 227822 号

责任编辑：李 莉 王 超
责任校对：王 瑛
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京市海淀区学院路 31 号，100083
电 话：（010）82324508（邮购部）；（010）82324567（编辑室）
网 址：http://www.gph.com.cn
传 真：（010）82310759
印 刷：北京地大天成印务有限公司
开 本：889 mm×1194 mm $^{1}/_{16}$
印 张：8.5 插 页：6 页
字 数：280 千字
版 次：2013 年 10 月北京第 1 版
印 次：2013 年 10 月北京第 1 次印刷
审 图 号：GS（2013）2350 号
定 价：68.00 元
书 号：ISBN 978-7-116-08523-7

（如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换）

序

国土是民生之本、发展之基。在工业文明飞速发展的今天，地下水超采、地质灾害、水土污染、毁占耕地、荒漠化等问题日趋严重，大地在呼唤“人地和谐”的发展道路。

近日，党的十八大报告提出了具有崭新意义和丰富内涵的“美丽中国”，意味着在未来一个较长的时期，优化国土空间开发格局、全面促进资源节约、加大生态系统建设和环境保护力度将成为构建美丽中国的重要国策。

作者立足国土资源管理职责，从土地利用与地质环境监测成果有机融合的角度，研究提出了国土资源综合监测的主要对象和监测指标，探索性地构建了“状态-压力-响应-行动”及“社会-经济-环境”相结合的多层混合指标体系模型，梳理选取了“适宜性-扰动力-影响程度-整治水平”4 类 3 级 121 个监测（统计）及评价指标，并进行了分层次架构，创新性地提出了国土资源及地质环境健康指数（LRGE－HI）及立体玫瑰图示法，不仅系统、准确地刻画了国土资源及地质环境的变化的主要特征，更形象、直观地表征了国土资源及地质环境健康状况和可持续发展能力。

国土资源及地质环境健康指数（LRGE－HI）将一种抽象的理念变成人们“看得见、有感受”的具体数据，有助于国土资源领域生态文明建设工作更加具有目标性和可考核性，有助于引导“社会-经济-资源-环境”健康协调发展，有助于社会公众资源环境保护意识的提高。

本次运用层次分析法、变异系数法等建立了不同层级指标权重的计算方法及评价标准，并选择河北省唐山市、宁夏回族自治区石嘴山市和广东省新会市进行了实证研究，研究结果表明其具有实用性和可操作性。

“国土资源及地质环境健康指数（LRGE－HI）”，就像“美丽中国”的一张“体检表”，形象表征了国土资源及地质环境的健康程度和可持续发展能力，这不仅是推进国土资源综合监测、综合评价工作的重要体现，更是把脉国土发展态势，辅助国土整治，建设美丽中国的一项实际行动。

2012 年 11 月 23 日

前　言

我国地质和地理环境复杂多样，近30年及今后一定时期内，工业化、城镇化及农业现代化快速发展，对资源和环境的需求及依赖程度仍将处于持续增长态势。水电能源、石油化工、冶金矿山、原材料开发等资源密集型产业仍会继续发展，人类的工程经济活动也将处于非常活跃的状态，加之极端气候事件频繁出现，干旱、土地退化、水资源短缺、洪涝灾害、水土污染、滑坡、泥石流以及海岸带问题也将会进一步加剧。

我国以往开展了一系列地质环境调查、监测及防治工作，其中监测是起步较早的专业性地质工作之一。20世纪50～70年代，就开始了地下水动态监测和地面沉降监测。进入21世纪后，又陆续部署了土地利用动态监测、地质灾害监测预警、矿山地质环境监测以及水土地质环境监测工作，国土资源监测工作得到显著推进。取得的监测成果在国家实施耕地保护、地面沉降防治以及地质灾害防灾减灾等方面已发挥了显著作用，取得了一定的社会和经济效益。

但是，目前国土资源各专业监测成果的综合分析及辅助宏观决策功能尚未得到很好发挥，监测数据及成果较为分散。通过建立一套综合的监测评价指标体系，不仅可以引导国土资源综合监测网络的优化、整合的分散数据及成果，还可以实现对区域国土资源及地质环境状况的宏观形势研判，以供管理者参考。

国土资源综合监测与评价指标体系研究即是在这种背景下开展的一项研究工作。

各类国土资源及地质环境问题不是孤立或单一的，它们都是由于地球表面的“水－土－岩”失去平衡所致，有内在的联系和因果关系。

本次研究的核心是将地球的表层（人类工程经济活动涉及的深度）国土看成一个由“水－土－岩”组成的综合地质体，从该综合地质体适宜国土开发的基本条件（状态）、国土开发利用强度（压力）、引发的国土资源及地质环境问题程度（响应）以及国土整治与保护水平（行动）出发，逐级梳理构建了121个监测、统计和评价指标及算法。其中：一级指标（4个）满足对国土资源及地质环境宏观状况的判断，可以辅助国土规划决策；二级指标（21个）满足对不同监测对象某个方面的综合评价，可以辅助进行某个监测对象变化情况及趋势判断，辅助进行专业调查、监测工作部署等；三级指标（96个）可以指导现有监测网络的完善、优化和建设，可以指导监测规程及技术要求的编制以及监测基础数据库建设等。

在4个一级指标的基础上，进一步研究设计了国土资源及地质环境健康指数（LRGE－HI），该指数可以综合表示最终评价成果，还可以较为直观地宏观反映国土资源及地质环境的现势状况。实证研究表明，本套指标体系具有一定的实用性和可操作性。

本书由邢丽霞主编，具体编写分工如下：第1章由李采、袁富强、李春燕、冯大勇

编写；第 2 章由邢丽霞、李亚民编写；第 3 章由邢丽霞、李采、郑跃军、付晓娣编写；第 4 章由李采编写；第 5 章由李采、付晓娣、李春燕、李宝贵、谷明旭、易顺民等编写；第 6 章由李采、邢丽霞编写。全书由邢丽霞统稿。

由于本项研究具有一定的探索性和创新意义，工作难度较大，完成的成果难免存在疏漏和不足之处，在今后典型地区国土资源综合监测示范以及国土资源综合监测信息服务平台建设过程中会不断完善。

仅供内部使用

目　　录

序

前言

1　国内外相关指标研究现状 …… (1)

1.1　国外可持续发展指标建设与研究 …… (1)

1.1.1　“可持续发展”概念与认识 …… (1)

1.1.2　可持续发展评价实践原则（Bellagio 原则） …… (1)

1.1.3　国外可持续发展评价指标回顾 …… (3)

1.1.4　国外有关资源可持续利用的研究与实践 …… (10)

1.2　国内有关国土资源与环境可持续发展的研究与实践 …… (17)

1.2.1　国土资源可持续发展指标体系研究 …… (17)

1.2.2　地质环境质量评价指标体系研究 …… (22)

1.2.3　矿山环境地质问题综合评价研究 …… (26)

1.2.4　生态环境地质指标体系 …… (27)

1.2.5　城市水土地质环境监测指标体系 …… (27)

2　我国国土资源与地质环境监测指标现状 …… (29)

2.1　国土资源与地质环境背景 …… (29)

2.1.1　土地资源数量、质量及分布特征 …… (29)

2.1.2　地下水资源数量、质量及分布特征 …… (30)

2.1.3　矿产、能源数量及分布特征 …… (31)

2.2　国土资源开发利用特征 …… (32)

2.2.1　土地资源开发利用概况 …… (32)

2.2.2　地下水资源开发利用概况 …… (32)

2.2.3　矿产、能源开发利用概况 …… (33)

2.3　国土资源与地质环境问题 …… (33)

2.3.1　土地资源开发利用中的主要问题 …… (33)

2.3.2　地下水资源开发利用中的主要问题 …… (34)

2.3.3　矿产、能源开发利用中的主要问题 …… (35)

2.4　国土资源及地质环境监测指标现状 …… (36)

3　国土资源综合监测指标体系的构建 …… (39)

3.1　国土资源综合监测 …… (39)

3.1.1　国土资源综合监测概念的提出 …… (39)

3.1.2　国土资源综合监测的内涵 …… (39)

3.2　国土资源综合监测对象 …… (40)

3.3　综合监测指标框架的构建 …… (41)

3.3.1　构建的总体思路 …… (41)

3.3.2　国土资源监测的主要内容 …… (41)

3.3.3　技术路线 …… (42)

仅供内部使用

3.4 构建原则 …… (43)
3.5 构建方法 …… (43)
3.5.1 指标体系框架 …… (45)
3.5.2 指标释义、计算方法 …… (47)
3.5.3 评价结果的表达 …… (93)
4 国土资源综合监测指标体系的服务功能 …… (95)
4.1 满足宏观了解国土开发适宜性的需求 …… (95)
4.2 满足宏观了解国土资源和地质环境现势状况的需求 …… (95)
4.3 满足宏观了解国土修复与整治情况的需求 …… (95)
4.4 满足调整和编制国土开发利用规划的需求 …… (96)
4.5 满足国土资源部门履行职能的需求 …… (96)
5 典型区实证研究及结果分析 …… (98)
5.1 石嘴山市实证研究 …… (98)
5.1.1 石嘴山市概况 …… (98)
5.1.2 评价与结果分析 …… (99)
5.1.3 评价结果与实际情况比较 …… (101)
5.2 唐山市实证研究 …… (102)
5.2.1 唐山市概况 …… (102)
5.2.2 评价与结果分析 …… (103)
5.2.3 评价结果与实际情况比较 …… (103)
5.3 新会区实证研究 …… (105)
5.3.1 新会区概况 …… (105)
5.3.2 评价与结果分析 …… (107)
5.3.3 评价结果与实际情况比较 …… (109)
5.4 指标体系的实用性分析 …… (109)
6 结论与建议 …… (111)
6.1 结论 …… (111)
6.2 建议 …… (111)
参考文献 …… (112)
附 表 …… (113)

仅供内部使用

1 国内外相关指标研究现状

本次研究系统收集了发达国家国土资源及地质环境各专业相关监测指标及评价指标体系的文献资料，全面总结了指标体系建设的原则、方法及指标确定的过程。

1.1 国外可持续发展指标建设与研究

1.1.1 “可持续发展”概念与认识

20 世纪 80 年代西方发达国家提出的“可持续发展”（Sustainable development）概念，并不是一个“固定不变的和谐状态”（a fixed state of harmony），实际上其核心是一个不断演化的过程，在这个过程中，人们所进行的活动在满足当代人口发展所需的同时，不能以损害甚至剥夺后代的发展能力为代价。

所以，一个可持续发展的社会是人们选择某些特定条件，并认同这些条件必须保持可持续的结果，这些特定条件的选择依赖于社会的价值取向，并且随时间、地点的变化而变化。可持续发展要求我们从“长远”来考虑问题，清楚地认识到人类自身在生态系统中的位置，并不断地反思人类活动带来的影响。而当前所面临的形势迫使我们认为可持续的发展模式势在必行。

目前在众多关于可持续发展进程评价方法的研究案例中，研究者都强调两点：①选择适当的衡量指标；②以逻辑关系组织这些指标。而一个有效的评价框架要实现两个目标任务：①有助于确定指标选择的特征；②有助于辨认那些对未来有更重要意义的指标。

任何一个评价框架的形成或选择都是一个体现现实世界的概念模型，在已有的研究案例中，这种概念模型可以分成 5 类：①以经济学为基础的模型；②压力和压力-响应模型；③多重资本模型；④以“社会-经济-环境”为主体的形式各异的模型；⑤人类-生态福祉联动模型。前两类被认为是局部系统模型，后 3 类被认为是完整系统模型。不论用哪种模型，评价的关键并不一定要知道发展到了哪个具体的状态，但评价结果一定要反映发展的方向或趋势，明确所评价的对象是向好的方向还是向坏的方向发展，是否有利于可持续发展目标的实现。

1.1.2 可持续发展评价实践原则（Bellagio 原则）

1987 年世界环境与发展委员会（World Commission on Environment and Development）呼吁以新的方式或方法来衡量和评估走向可持续发展之路的进程，这个呼吁不仅在随后召开的 1992 年地球峰会上得到了 21 世纪议程的响应，而且也得到了从当地到全球等不同层次的人类活动的响应。

1996 年 11 月，在洛克菲勒基金会（Rocker feller foundation）的资助与国际可持续发展研究院（IISD）的组织下，来自世界五大洲的学者和研究人员齐聚意大利 Bellagio，回顾世界发展进程，研究众多实践案例，总结出 10 条可供各国参考学习的可持续发展评价实践原则，即 Bellagio 原则（HardiandZdan，1997）。

（1）原则 1：愿景与目标

评价一个进程是否向可持续发展应当对所要实现的“可持续发展”有一个非常清晰的愿景（vision），以及能够定义这个愿景的目标。“愿景”就是希望看到的景象或状况，“目标”是体现这个景象的具体内容。可持续发展的概念将人类与环境紧紧联系在一起，所以愿景与目标都反映了人与环境应当呈现的关系与状态，这也意味着评价工作需要收集与人所处的与环境有关的信息。

（2）原则 2：整体的视角

1）对各个组成部分和整个系统都要进行考查或评述；

2）考虑社会、生态、经济是否都处于良好状态，包括各个组成部分的状态、发展方向与速度，以及各个组成部分之间的相互作用；

3）考虑人类活动带来的正面及负面效应，以货币和非货币的方式反映人类与生态环境因此类活动而获得的效益与付出的代价。

（3）原则 3：必要元素

1）考虑当代人口与将来人口在发展的各个方面的平等与差别，如资源利用、过度消费、人权、获得服务便利性等；

2）考虑生命赖以存在的生态环境；

3）考虑对人类/社会福祉有贡献的经济发展和其他非市场化活动。

（4）原则 4：足够的广度

1）采用可以包括人类和生态时间尺度的时间跨度，在应对当前短期决策需要的同时也确保子孙后代在未来的需要得到保证；

2）研究的空间足够大，既能考虑到对当地人口和生态系统的影响，也能涵盖距离相对较远的人口和生态系统的影响；

3）建立历史的和当前的环境以展望未来环境——我们想去哪里和我们能去哪里。

原则 4 要求评价有足够的广度，但实际操作中，要在评价中囊括所有因素是不可能的，所以需要认识到当前环境的边界，并且寻找一些数目有限的因素清楚地反映人类活动与其收益、对生态系统的压力及因果关系。

（5）原则 5：注重实用

1）有一个明确的分类或组织关系框架，能够将愿景、目标与评价的指标和标准联系起来；

2）定量的需要分析的关键问题；

3）定量的、能够清晰反映发展过程的指标或指标组合；

4）标准化的测量方法，使任何地方的测量结果都具有可比性；

5）在合适的条件下将指标测量与目标、参考值、范围、阈值或趋势方向进行对比。

（6）原则 6：开放性

1）评价所用的方法和数据应向所有人公开；

2）在数据和叙述中明确所有判断、假设和不确定性。

（7）原则 7：方便交流

1）评价是为特定的用户而设计的；

2）提出的指标和其他方法能够有助于并服务于政策制定者；

3）评价目标从外行人来看结构简单，语言清晰明了。

（8）原则 8：广泛参与

1）评价应有广泛的参与人群，以确保多样的且变化的价值得到充分的体现；

2）确保政策制定者的参与，使评价与所采取的政策和相应的措施有稳固的关联关系。

（9）原则 9：可持续性

1）评价应建立能重复测量的能力，以确定趋势；

2）由于系统的复杂和经常变化，评价应对这些变化和不确定性有所适应并作出反应。

3）当有新的认识或理论获得时，评价能相应地调整原有目标、框架和指标；

4）评价应促进政策制定者们的共同学习与反馈。

（10）原则 10：制度化

可持续发展评价应在以下 3 个方面获得保证：

1）评价制度化，具有明确的责任并为决策者们提供持续的支持；

仅供内部使用

2）从数据收集、维护到存档的制度化；

3）地方评价能力发展的支持。

1.1.3 国外可持续发展评价指标回顾

1992 年联合国环境与发展大会通过的《21 世纪议程》号召“各国在国家一级，国际组织与非政府组织在国际一级，应探讨制定可持续发展指标的概念，以便建立可持续发展指标。”

环境指标的研究按照指标浓缩信息的程度可分为：个体指标系列、专题指标系列与系统性指标三大类。其中，在个体指标系列中，经济合作与发展组织（OECD）基于“压力－状态－响应”（PSR）模型框架展开了环境指标核心系列的开发（大约有 40 个核心指标），覆盖了范围广泛的环境问题。个体指标系列中，比较具代表意义的有：由可持续发展委员会（CSD）初期提出的包含 142 个指标的指标体系；由英国开发的初级指标系列（UKDOE，1996）共计 118 个指标项。欧洲联盟的统计局（Eurostat）希望能够系统地把环境压力方面的趋势与不同经济部门的活动水平关联起来，以便把预期的 50～100 个指标集合成一个压力指数。

1.1.3.1 选择标准

根据 Bellagio 原则（HardiandZdan，1997）和 Hass，J. L. 与 BrunvollandH. Hoie（2002）提出的指标选择标准，选择的指标应有 3 个方面的特征：其一，要与政策相关并且便于使用；其二，要有可靠性分析；其三，是具有可量测性。

关于环境指标，提出的选择标准如下：

（1）与政策相关并且使用方便

1）能够反映环境状况，体现环境压力和社会对它的反应；

2）简单易懂，能够反映变化趋势；

3）能够响应环境和人类活动的变化；

4）能够为国家之间的对比提供基础；

5）具有国家尺度或在具有国家意义的地区环境问题上具有适用性；

6）具有可与之对比的阈值或参考值，使指标使用者能评价相关值的作用。

（2）具有良好的可靠性分析

1）有坚实的理论依据，并且在技术上和科学中有相应的表达形式；

2）以国际标准为基础，其有效性获得国际认同；

3）经济模型、预报和信息系统中有借用和关联。

（3）可以量测性

1）支持指标的数据应该是可以测量的，并且容易获取或者可以用合适的价格获取；

2）具有高质量的、丰富的历史数据；

3）以可靠的手段定期更新。

一般来说，制订政策过程中的不同阶段——政策酝酿、政策形成、政策执行和政策评估，需要不同类型的指标。在政策酝酿阶段，需要状态指标来认识问题；在政策形成阶段，需要用能力（性能）指标来关注驱动力和压力的变化；在政策执行阶段，需要政策效率指标即大家对于政策执行的认同与接受程度；而在政策评估阶段，状态和脱钩（decoupling）指标则显得非常重要，以监测环境状态的变化与结果（EFA2001a）。

1.1.3.2 方法与数据要求

目前有 3 种途径来实现可持续发展指标的建立：

第一种是单指标方法。制定一个单独而综合的指标来反映可持续发展，即选择一些不同的组成部分，然后将它们综合成一个单独的指标。例如联合国（UN）的“人类发展指标”（HDI）、世界保育

仅供内部使用

联盟（IUCN）的“幸福指标”（Well-being Index）、世界经济论坛（WEF）的“环境可持续指标”（Environmental Sustainability Index）、世界自然基金会（WWF）的“生命行星指标”（Living Planet Index）、重新定义进程组织（Redefining Progress）的“生态足迹”（Ecological Footprint）和“真实发展指标”（Genuine Progress Index，GPI）等。这种方法的一个明显优点在于直观地反映指标从一个时期到下一个时期是变好还是变坏；另外指标中包含的不同方面（如环境、社会与经济）之间的权衡与取舍可以在计算指标时获得清晰的评价。但是，这种方法又可能存在使一个复杂系统过于简化的风险，而发出可能误导的信号。因此，没有任何一个国家正式提出以单指标方法来评价其可持续发展。

第二种是由多种指标构成指标体系的方法。这种方法目前受到了广泛的认同与试验。所有开展可持续发展评价的国家都着力构建一个由多个指标组成的可持续发展指标体系。在许多国家还有两种独立的指标系列，一种是相对简练的“概览”（Headline）指标系列，通常用于与公众交流；另一种是详细全面的指标系列，通常供专家使用。使用指标体系的好处是可以单独分析不同方面的变化，但其缺点在于很难简单地描述各种变化的发展方向，因为不同的指标可能向不同的方向发展。

第三种是借助传统经济学中的“资本”（capital stock）概念来建立可持续发展指标的方法。这种方法的根基源于经济学和环境经济学，经常被用来讨论可持续能力的强弱，特别是在将可持续能力与某些资本形式挂钩时。正如这种方法所倡导的那样，这种方法强调资本，使人们在对指标的关注方面从对当前经济活动的传统测量方法转移到对后代的福祉有决定作用的不同形式的资本使用与投资的趋势上来（NRTEE2001）。这种方法还没有完全成熟，加拿大曾应用过此方法，但在实践中发现要在不同类别的资本中确认和联合需要纳入的不同组分是相当困难的。

但是不管用哪种方法，都需要可靠和高质量的数据来定量化这些指标，同时这些数据还要具有时间连续性。

1.1.3.3　可持续发展的概念模型

在可持续发展的概念模型中，影响最广的当属以“社会-经济-环境”三大领域来建立的可持续发展指标模型，其次是“压力-状态-响应”（PSR）模型（图 1.1）。以“社会-经济-环境”三大领域模型为基础来建立指标体系的国家数量是最多的。而一些国家或组织在三大领域模型基础上，又进一步提出以“压力-状态-响应”作为指标的二级组织方式，比如联合国可持续发展委员会、芬兰、丹麦、韩国、葡萄牙和比利时。

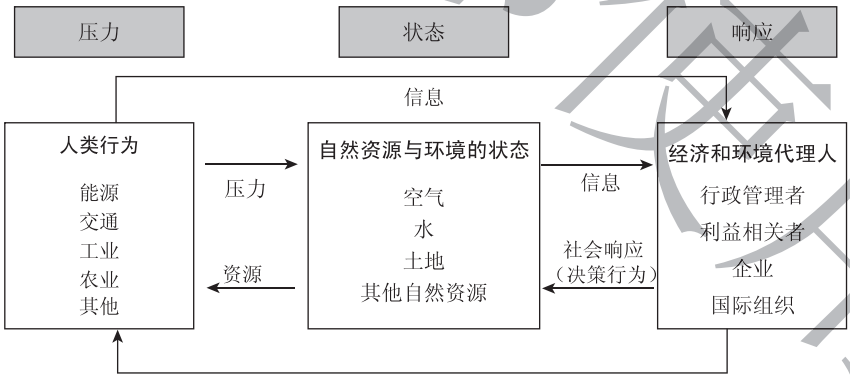


图 1.1　“压力-状态-响应”模型（PSR）框架

另外一些国家采用与三大领域模型部分或完全不同的方式来建立指标体系。

瑞典和澳大利亚都以“过程”的思想来建立其指标体系。瑞典将其分成 4 类：①效率；②贡献与均等性；③灵活性或适应性；④留给子孙后代的资源与价值。这种分类有利于更好地观察向可持续发展的转变过程，而不是在特定时刻的可持续性。

法国的做法则是部分借鉴三大领域模型，同时纳入资本模型，并考虑当代及后代的需求。其指标体系分成了5个主要核心——经济增长、关键资本、地区/全球关联、当前需求、未来需求。

荷兰则利用了一个3×3的矩阵来确立和表达其指标，矩阵的行与三大领域有关，分别是社会-文化、金融-经济、生态-环境；而矩阵的列则与时间和地点有关，分别是“本地此时”、“本地未来”、“其他地方，现在与未来”。这种方法不仅能清楚地显示本国的可持续发展状况，同时也能反映每个国家对全球和其他地方现在及将来可持续性的影响。

美国的评价框架则按3个大类来组织：①长期资产与负债（long-term endowment and liabilities）；②进程（processes）；③当前结果（current results），这3个大类又进一步分成经济、环境、社会3个子类。“当前状况”指标强调在提高当前环境和人类福祉时的过程与缺点。“长期资产/负债”指标让人们洞察将来可能的挑战：评价留给后代的资源状况、储量及债务。“进程”指标则关注那些影响长期资产与债务或当前状况的驱动力：包括自然活动与人类活动。

德国则采用具有内外两层（圈）概念的蛋形模型来建立指标。模型内层（圈）代表人类圈，包括诸如社会事务、政治、文化和经济等的人类活动；而模型外层（圈）则代表生态圈。采用了“需求-活动-压力-状态-影响-响应”（NAPSIR，needs-activities-pressure-state-impact-response）的结构，来选择和组织指标，使其成为一个整体。

瑞士建立可持续发展指标的方法则是一个阶段性的过程。首先，他们把可持续发展看成是“一种基于义务与道德的管理思想，表达了对存在于社会和各代人之间的公平正义的根本理解”。然后他们提出“社会稳固性、经济效率、环境责任”3个目标领域，以及关于这3个目标领域的假设。最后由这些假设，提出具体的指标。他们用MONET（德语意为“监测可持续发展”）存量-流量模型来对指标进行分类，如图1.2所示。“水平指标”涵盖了个人及社会的需求，“资本指标”表示社会、经济和环境资源的现状与潜力，“输入-输出指标”则是衡量引起资本升值（增加）或贬值（减少）的系数，“判别指标”用来评价体现社会责任和经济及环境效率的方式对资本的利用程度，“响应指标”则关注影响发展的社会和政治措施。

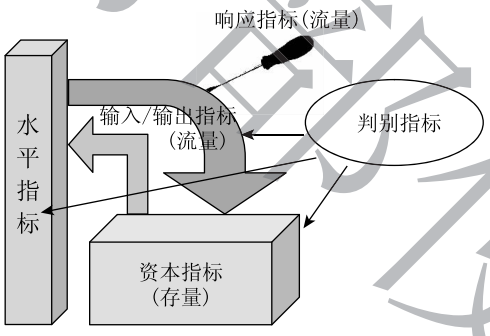


图1.2　瑞士MONET存量-流量模型

以资本模型为主体建立指标体系的国家中，加拿大作出了很大努力。他们将资本分成3类：产品资本、自然资本和人力资本。产品资本是指为产品主人提供持续效益或好处的所用生产品。自然资本分成3种类型：自然资源、土地和生态环境。人力资本则表示为处于工作年龄的人口利用其他资本维持经济生产或产品制造的能力。设立这些指标的目标是监测当前的经济活动是否威胁到子孙后代创造其自身财富的经济能力。

英国的可持续发展评价模型与瑞典的模型相似，但其指标组织结构以“生活质量”为中心，被用来评价生活质量的社会因子比加拿大的要多。英国提出了两套“生活质量”指标，第一套是“概览”指标，第二套则是更全面的全国、地区和地方指标。

每个国家的指标体系是互不相同的，要评价究竟哪个国家的指标更好是不太实际也是不可能完成的工作。但是，我们必须清楚地认识到，每个国家所选择的指标体系无一不是其国家文化、自然、经

仅供试读使用

济和政策特征的反映，无一不是在努力地适应各国自身的发展条件与变化。

1.1.3.4 各国可持续发展指标的对比分析

以联合国可持续发展委员会（UNCSD）提出的指标类别，将前述各国或组织的指标与之对比（表1.1）。对比只涉及大类，所以表1.1中的“√”表示该国的指标中至少有一个具体指标与某一大类相关。

表1.1 各国可持续发展指标对比

UNCSD分类与专题		澳大利亚	丹麦	芬兰	韩国	荷兰	葡萄牙	瑞典	瑞士	英国	法国	美国	欧盟
社会													
平等使用资源	贫穷	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	
	性别平等	√		√	√	√		√	√	√			√
健康	营养状况				√						√		
	死亡率	√	√	√	√	√	√			√	√	√	
	卫生防疫				√		√		√				
	饮用水		√	√	√		√			√			
	医疗（保健）服务				√		√			√	√		
	教育												
	教育水平	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	非文盲率						√		√	√	√		
	住房												
	居住条件		√		√	√			√	√	√	√	
	治安												
	犯罪			√	√	√	√	√	√	√		√	
	人口												
	人口变化	√		√	√			√		√		√	
环境													
大气	气候变化	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	臭氧层消耗		√	√	√		√			√		√	
	空气质量	√		√	√		√		√	√	√	√	√
陆地	农业	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	森林	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	沙漠化						√						
	城市化	√	√	√	√				√	√			
海洋与海岸	海岸带	√		√	√	√	√			√			
	渔业	√	√	√	√		√	√		√		√	
	淡水												
	水质	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	
	水量	√	√	√	√	√	√		√	√		√	
生物多样性	生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	物种	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		

仅供内部使用

续表

UNCSD 分类与专题		澳大利亚	丹麦	芬兰	韩国	荷兰	葡萄牙	瑞典	瑞士	英国	法国	美国	欧盟
经济													
经济结构	经济运行状况	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	贸易		√		√	√	√		√	√			
	财政状况	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	消费与生产模式												
	物质消耗		√	√	√	√		√		√		√	
	能源消耗	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	废物的产生与管理		√	√	√		√	√	√	√	√		√
	交通		√	√	√		√	√	√	√	√		√
体制													
体制构成	可持续发展的政策实施		√		√					√	√		
	国际合作		√				√		√	√			
	体制的能力												
	信息获取			√	√		√		√				√
	通信与基础设施			√	√								
	科技			√	√	√	√	√	√				√
	应对灾害的准备与措施				√				√				

表 1.1 中有 7 个专题的指标是每个国家都有的，他们是与环境相关的气候变化指标、农业指标、森林指标、生态系统指标，以及与经济相关的经济运行状况指标、财政状况指标、能源消耗指标。被大多数国家考虑的环境与经济专题还包括空气质量、城市化、渔业、水质与水量、物种、物质消耗、废物产生与管理、交通等指标。

1.1.3.5 各国（组织）可持续发展指标体系汇总（表 1.2）

表 1.2 各国（组织）可持续发展具体指标汇总

国家（组织）	指标体系名称与指标个数	制定机构	指标主体结构
澳大利亚	澳大利亚可持续概览指标（HSI）（24 +4 个）	英联邦政府和澳新环境与保护委员会，澳大利亚统计局	国家战略核心目标： 1）个人、社区及后代的健康与福利； 2）各代人都能平等地使用资源； 3）保护生物多样性、保持生态系统稳定性和生物赖以生存的环境
	澳大利亚可持续进程评测指标（14 个）	澳大利亚统计局	经济： 1）国民收入； 2）国民财富
			环境： 3）空气质量； 4）温室气体； 5）土地； 6）水； 7）野生生物
			社会： 8）犯罪； 9）教育； 10）健康； 11）收入； 12）社会性依附； 13）就业

仅供学习使用

续表

国家（组织）	指标体系名称与指标个数	制定机构	指标主体结构
奥地利	UNCSD-测试指标		
比利时	UNCSD-测试指标		
加拿大	与 UNCSD-指标测试过程密切相关		
	环境与经济国家圆桌会议（NRTEE）	NRTEE，加拿大环保部，加拿大统计局	产品资本： 机器、建筑物、交通网络等已经由人类制造或生产出来的，为人类生活提供便利或服务
			自然资本： 原材料、生存空间与环境
			人力资本： 知识与技术
			社会资本： 规范各种人类行为以使社会保持健康的法律或传统
捷克共和国	UNCSD-测试指标		
丹麦	a）核心指标（15 个）； b）详细指标（102 个）	丹麦政府	a）SD 战略的 8 个目标与原则； b）SD 战略的 15 个特征领域
芬兰	UNCSD-测试指标		
	芬兰国家可持续发展指标（83 个）	芬兰环境部，芬兰环境院及指标工作组	生态 经济 社会-文化
法国	法国可持续发展指标（307 个）	法国空间规划与环境部，法国环境研究院	5 大轴心及 9 个模块： 1）平衡的“经济增长-就业机会”与“产值更多但外部效应更少”（模块 1）； 2）对关键资本（包括人力与体制资本）的维护与重建（模块 2 与 3）； 3）地方层次与全局层次分明（模块 4 与 5）； 4）公平合理地使当代需求能得到满足（模块 6 与 7）； 5）通过在资源管理中应用预警原则和对不可见事件的适应来考虑子孙后代的需求（模块 8 与 9）
德国	UNCSD-测试指标		
	德国可持续发展指标体系	德国联邦环境署，德国环境核安全与自然保护部领导下的部门间合作组	可持续蛋形模型； N－A－P－S－I－R（需求-活动-压力-状态-影响-响应）
韩国	韩国可持续发展指标（53 个 + 12 个子指标）	韩国环境部，韩国环境研究院，Eco 先驱者集团	同 UNCSD 三领域结构
卢森堡	国家可持续战略指标体系	卢森堡环境部及其他相关组织	以 UNCSD 结构为基础，根据国情有所调整
墨西哥	UNCSD-测试指标		
荷兰	荷兰可持续发展指标	荷兰相关政府及规划机构	二维指标： 1）社会-经济-环境； 2）时间与地点

仅供内部使用

国家（组织）	指标体系名称与指标	机
葡萄牙	可持续发发展指标提议	境部
瑞典	瑞典可持续发展指标	典环境部， ，瑞典环境保
瑞士	与 UNCSD-指标测试	
	MONET（可持续发	瑞士联邦统计办 士空间发展局， 环境、森林与景
	UNCSD-测试指标	
	英国可持续发展指 （118 个）	英国环境部与 作组
英国	英国可持续发展概览指标（	

续表

国家（组织）	指标体系名称与指标个数	制定机构	指标主体结构
联合国环境规划署地中海行动计划（UNEP-MAP，MCSD，Plan-Blue）	地中海地区可持续发展指标（130个）		1）人口与社会； 2）土地与地区； 3）经济活动与可持续性； 4）环境； 5）可持续发展：参与者与政策； 6）地中海地区的交流与合作
联合国（UN）	可持续发展指标-框架与方法（132个）		1）社会； 2）经济； 3）环境； 4）体制。 各类中又按D-S-R（驱动力-状态-响应）来组织指标，指标与21世纪议程中各章节相关
	CSD-核心指标（58个）		社会： 1）平等； 2）健康； 3）教育； 4）住房； 5）治安； 6）人口
			环境： 7）大气； 8）土地； 9）海洋与海岸； 10）淡水； 11）生物多样性
			经济： 12）经济结构； 13）消费与生产模式
			体制： 14）体制框架； 15）体制能力

1.1.4 国外有关资源可持续利用的研究与实践

在国家或地区总体可持续发展评价的原则及实践基础上，专门针对资源可持续性利用评价的研究和实践也在不同组织或国家开展或试验，这些试验或研究基本上遵循三大领域分类与PSR模型方法。

1.1.4.1 土地可持续利用指标

国外的土地可持续利用指标可分成3个体系。其一，是联合国粮农组织于1976年提出的《土地评价大纲》，随着后来可持续发展观点的出现与发展，粮农组织以粮食生产为核心建立了其可持续土地管理（SLM）框架原则，以微观层次农业土地可持续利用为目标，建立了一套侧重土地质量和环境因素的指标体系，在非洲进行了广泛的实践。其二，是我们前面已总结的可持续发展评价中，将土地作为可持续发展指标体系的一部分（表1.3）。第三个体系是以欧洲空间发展战略提出的欧洲土地利用压力指标，也按经济、生态及社会因素三大领域来考虑（表1.4）。

仅供内部使用

表 1.3　有关土地质量的属性指标

（1）与作物生长相关（耕地利用系统）的质量属性 ①作物产量（是下面许多质量属性的结果）；②有效水分供给；③有效养分供给；④根区有效氧供给；⑤扎根条件；⑥育芽条件；⑦土壤可耕性；⑧土壤可溶盐；⑨土壤毒性；⑩土地侵蚀性；⑪与土地相关的病虫害；⑫洪水危害（包括频率、淹没期长度）；⑬温度状况；⑭辐射能与光照期；⑮影响植物生长的气候危害；⑯影响作物生长的空气湿度；⑰供作物成熟的干燥期
（2）与驯养动物生产相关（草地生产系统）的土地质量属性 ①牧草地生产力（主要是气候质量属性的结果）；②影响动物的恶劣气候；③流行性病虫害；④牧草地的营养价值；⑤牧草地的毒性；⑥植被抗退化能力；⑦放牧条件下土壤抗侵蚀能力；⑧饮用水供给
（3）与林地生产性相关（林地生产系统）的土地质量属性 ①林木品种年均递增额（主要是气候质量属性的结果）；②原生林木品种数量与类型；③影响幼树生长的土地条件；④病虫害；⑤火灾危害
（4）与利用或投入相关的土地质量属性 ①影响机械化生产的地形因子；②影响道路修建与维护的地形因子；③潜在利用单元大小（如林区、农场、田块）；④与投入供给及产品市场相关的区位
（5）气候质量属性 ①水分供给：降雨、生长季长度、蒸发强度、露凝程度；②能量：温度、日长、光照条件；③供作物成熟、收获与整地的气候条件：干燥期的发生情况
（6）土地覆盖质量属性 ①作为作物的植被价值：如林木；②作为基因载体的植被价值：生物多样性价值；③作为防止土壤侵蚀和集水的植被价值；④作为局部或区域气候条件调节器的植被价值；⑤植被完全清除后的再生能力；⑥作为保护动植物不受恶劣气候条件影响屏障的植被价值；⑦新作物或牧草品种引进时的植被排斥性：土地开发成本；⑧地表虫害与携病菌生物体发生率：人类与动物的健康风险
（7）地表与地貌质量属性 ①作为苗床的地表承受力：耕作条件；②地表可治理性：牲畜、机械所要求的承载力；③对农具使用的地表限制（硬度、黏性等）：可耕性④土壤和地形空间规整性：决定了田块的形状与大小；⑤土地的可达性：偏远程度；⑥地表储水能力：水塘、水坝、堤坝等；⑦产生径流的倾向：局部集水或下游供水；⑧土地中的累积情况：肥力更新或作物破坏
（8）土壤质量属性 ①耕作区的水分存储能力；②耕作区出现积水或存在积水危害；③植物养分的供给；④矿化度或盐化危害，过量的自由钠；⑤土壤生物的固氮能力，土壤有机物周转速度；⑥土壤生物毒性，出现土载病虫害或存在此类危险；⑦作为建筑材料源的下层土壤地基状况；⑧作为矿物源下层土壤地基状况；⑨底土或地下水质量属性；⑩地下水位与水质；⑪底土储水层与导水能力；⑫存在非封闭流动水蓄水层；⑬底土作为地基的适宜性

表 1.4　欧洲太空局土地利用压力指标

（1）选定的地方性土地利用指标 Ⅰ　农业发展指标：农业集约化和农业弃用（agriculture abandon）指标 Ⅰa　农业集约化指标 1）　>50 hm^2 的农场的比重； 2）农作物、永久作物、可耕地占总面积的比重； 3）葡萄园和橄榄种植园占总面积的比重。 Ⅰb　农业弃用指标

仅供内部使用

1）1989～1996 年农业产值下降率；

2）非农用地面积（NUTS3）；

3）人口密度下降率。

在农业区外为城市居住提供的 50 km 的过渡区。

Ⅱ 起因于城市扩张的土地利用压力指标

所建议的指标中综合了对城市化相关指标的评估，评估中采用的变量用来表达各个地区经济扩张的动态变化。居住区系统的结构还应包括空间形式以及相邻非城市区的类型，这些非城市区往往会受到城市居住区扩散和蔓延的负面影响。

1）1989～1996 年国内生产总值（GDP）的变化率；

2）CORINE 坐标方格：这种分辨率为 250 m×250 m 的方格能充分展示城市地区和居住区的空间布局，并把道路交通网以同一比例集成在相应的城市区域上；

3）非城市空间分类：以 21 个欧洲景观分类为基础，该分类可以综合反映乡村各项生产活动的构成。

由城市化引起的这个反映土地利用压力的综合指标，采用一个权重系数清晰地说明了城市对生态和经济敏感地区的潜在压力。为了明确说明空间的相互作用，采用了相邻地区潜力。对不集中的居住区附近的赋值还要高，这种地区具有更高的 GDP 和更稠密的交通网。拥有稠密交通网的扩散型居住区将表现为较之高密度孤立城市空间高得多的人类活动扩散率。

（2）备选的土地利用压力指标

Ⅲ 污染指标：土地利用压力和饮用水质量

除了土地利用类型之间转换对土地造成压力之外，土地利用方式对土地质量的影响也是一个重要指标，比如，集约农业区的地下水污染。

该指标体系借用一个基于单图层 GIS 的抽水和水污染专家模型来评估土地利用方式对地下水水质的影响，通过计算地表水、地下水和沿岸海域中的氮、磷的浓度和含量实现。

Ⅳ 土地价格指标

土地价格不仅可以反映市场的运行状况，而且也可以反映近期和目前的政策。

NUTS，区域统计单元术语（The Nomenclature of Territorial Units for Statistics），仅用于欧盟成员国。NUTS 是一个三级分类体系：NUTS1，NUTS2 和 NUTS3，适用于不同尺度的区域，其中 NUTS3 最微观。

CORINE，环境信息合作项目（Coordination of information on the enviroment），建有土地覆盖数据库。

1.1.4.2 矿产和能源可持续利用指标

研究对象侧重于能源矿产和金属矿产，研究内容侧重于能源和大宗金属矿产对经济社会可持续发展贡献的评价。研究方法主要有压力-状态-响应（PSR）模型分析法、驱动力-压力-状态-影响-响应（DPSIR）模型分析法、生命周期分析法（LCA）、问题解析法（PAM）等。经过近 20 多年的研究，国外（主要是美国、加拿大、欧洲、澳大利亚）矿产资源可持续发展指标的应用已十分广泛，有的是作为国家可持续发展指标体系的一个组成部分，有的则是自成体系独立应用于相关领域或相关部门。

美国可持续矿产圆桌会议根据美国总统可持续发展委员会（克林顿执政期）的建议，考虑关系可持续发展的社会、经济、环境、体制等领域，2002 年提出从维持矿产品的生产能力，维持环境质量，提高社会经济效益及满足社会需求，支持可持续发展的法律和经济体系等 4 个方面构建美国能源与矿产可持续发展评价的基本框架，见表 1.5。

英国有色金属联盟 2002 年提交了英国有色金属行业可持续发展指标体系的设计成果，该体系采用了问题解析法，在经济可持续性、社会可持续性、环境可持续性的框架下，按企业、行业（勘查、采选、冶炼、加工制造）、国家 3 个层次，分 9 个关键问题，用 35 项指标，对有色金属行业可持续发展进程进行监测与评价，见图 1.3。

表 1.5　美国能源与矿产可持续发展评价

指标分类	指标构成与个数
矿产品生产能力	资源储量（5 个）
	勘查能力（4 个）
	生产能力（4 个）
	加工能力（5 个）
	利用能力（4 个）
对环境影响	废物排放（2 个）
	采掘点复垦（4 个）
	周围环境指标（3 个）
	采掘和加工管理（6 个）
对经济的贡献及对社会需求的满足	对地方经济的贡献（9 个）
	对国家经济的贡献（18 个）
	娱乐和旅游（1 个）
	文化、社会和精神需求（7 个）
	公平利用资源（2 个）
体制	法律体系（7 个）
	机构建设（2 个）
	税收与投入（2 个）
	进程监测（1 个）
	科学研究（1 个）

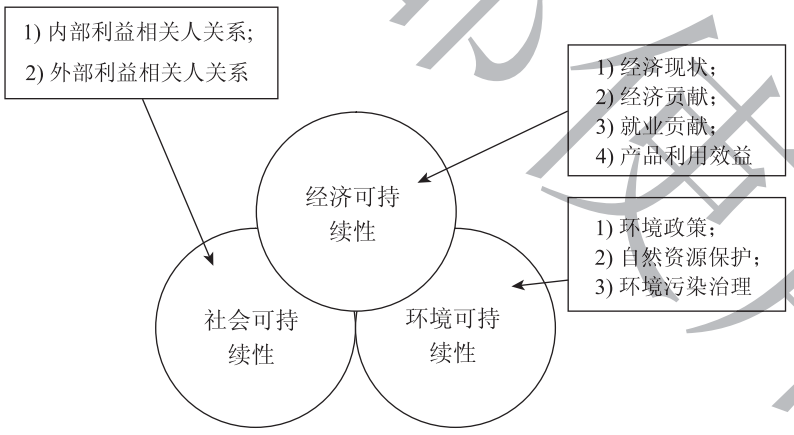


图 1.3　英国有色金属行业可持续发展评价基本框架

加拿大自然资源部（NRCan）为了支持可持续发展战略的实施，1999 年提出了矿产与金属管理部门的可持续发展管理目标：制定出相关指标——加拿大矿产与金属指标提案（MMI），以度量矿产和金属对可持续发展的贡献，促进矿产和金属的有效利用，最终实现矿产和金属利用效益的公平分配，见表 1.6。

仅供内部使用

表 1.6　加拿大矿产和金属可持续发展评价框架

评价方面	主要指标
社会满意度	1）环境满意度和总体满意度； 2）运营公司的数量； 3）与媒体和公众的沟通程度； 4）抗议和抱怨程度
勘探	1）不能或不宜进行勘探的土地面积； 2）勘探许可证数与申请数之比； 3）单位勘探投入的资源发现率； 4）国内勘探投入与加拿大公司在国外的勘探投入之比
矿产资源	1）年开采消耗量与勘查增加量之比； 2）由于土地保护、采矿活动以及基础设施压覆的资源量
采矿	1）申请数以及审批周期； 2）公司的运营成本
非矿产资源因素	1）总产量或产值，以及单位产值的水耗、能耗； 2）循环水所占比例
管理	EMS、EMAS（生态管理和审核法案）认证、ISO 证书和其他审计结果
	1）环境和职业安全卫生（OH&S）事件发生程度； 2）罚款和违规的次数； 3）科研成果转化； 4）公司/职工的环境意识和社会敏感性； 5）环境和社会意识培训，每年培训的人次
基础设施	目前和闭坑后非采矿用途基础设施的价值
投资风险	1）资本的税后回报率； 2）生产单位的资本费用； 3）采矿项目的资本风险率
劳务	1）部门的就业率； 2）平均工资和总工资； 3）事故发生率，每百万工时的受伤人数； 4）劳动力的不稳定性，每 1000 名职员的歇业天数； 5）就业中性别和种族的平等性，占国家总人口的比例
税费	1）税费占工业（公司）收入的百分数； 2）矿区使用费、所有税收和费用
生产与产品	1）生产收入水平、出口贸易收入以及对 GNP 的贡献率； 2）产品（商品）寿命、再循环利用率；
	3）产品的毒性和影响
环境影响	1）废气排放量，特别是温室气体排放量； 2）废水排放量； 3）固体废物排放量； 4）得到恢复的土地与被扰动的土地面积之比； 5）水效率系数，用于对生态系统恢复、重建进行评价； 6）恢复区原始物种的比例； 7）有害物种的侵入与消除； 8）在矿山和运输线附近荒地价值的变化； 9）对水位的影响，钻孔水位或天然水位下降； 10）放射性污染

仅供内部使用

续表

社会影响	1）对社会财富的贡献； 2）家庭平均收入的变化； 3）提供的职位，职业； 4）矿山关闭以后继续开展的非矿业经济活动； 5）社区设施、健康和教育水平的变化； 6）人口增加（由于劳动力、经济倍增和吸引效应）； 7）资源和电力的分配（资产净值）； 8）与矿业项目和地方组织的协调与合作； 9）犯罪、离婚、暴力（总计和人均）； 10）绿色空间、清洁空气和水、运输、社区设施（总计和人均）

国际原子能机构于2001年向联合国可持续发展委员会第9次会议汇报了“可持续能源利用评价指标”项目成果。这既是一个评价能源行业的可持续发展状况和能源利用可持续性的指标体系，也是一个关于能源矿产开发利用与可持续发展的指标体系，因为世界能源消费的绝大部分是由石油、天然气、煤、煤层气、铀等能源矿产供应的。该方案采用了驱动力-压力-状态-影响-响应（DPSIR）模型分析法，在经济、社会和环境可持续性的框架下，共设计了16个关键问题，用了41项指标，在国家层次上对能源部门的可持续发展过程进行监测与评价（图1.4）。

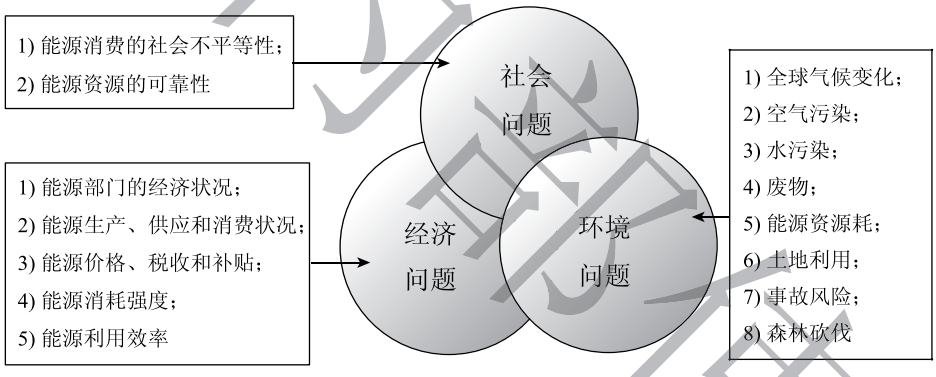


图1.4　可持续能源利用评价基本框架（交叉的圆圈表示存在领域交叉的客观情况）

1.1.4.3　森林与水资源可持续利用指标

1992年联合国环境与发展大会之后，国际热带木材组织（ITTO）便制定了世界上第一个关于森林可持续经营的标准和指标体系。此后，对森林可持续经营的标准及指标体系的研究在全世界范围内广泛展开。目前已有150多个国家参加了8个代表性“进程”或行动纲领。在内容、目标和方法上这些“进程”或行动纲领所确定的森林资源可持续经营指标都比较相似，只是侧重点有所不同。一般都包括森林资源和全球碳循环、森林生态系统的健康和活力、森林生态系统的生物多样性、森林的生产功能、森林的保护功能、社会经济功能和条件、机构、政策和法律框架。

近几十年来越来越突出的水资源危机问题成为联合国、国际水资源协会、国际水文科学学会等组织近十几年来的研究重点，尤其是对地区水资源管理的相关研究，已成为地区政府的水资源管理活动的有益指导和必要的技术支持，例如帮助组织研究信息化、数据化和模型化的现代水资源管理模式和方法，协助制定可持续发展条件下国家水资源管理指标体系。从内容看，这些水资源管理指标体系，

一般以流域水资源统一管理为基础，对防止土地退化、保护淡水资源、保护生物多样性、实现水资源可持续利用等目标的实现程度进行了描述、评价和预警。

1.1.4.4 地质环境状况评价指标

1992 年，国际地质科学联合会为了满足社会－经济－环境的可持续发展需要，成立了一个国际地质指标工作组（IWGEOIN），负责研究和编制用于环境公报或生态系统管理的地质指标。该工作组规定：用于环境公报和生态系统管理的地质指标，应是在环境与地质监测中可以测量和评价的，并且可以反映环境的快速变化，这种变化在 100 年之内可以观测和监测。1996 年该工作组提出并确定了能反映地貌景观和地质环境快速变化（ <100 年）的 27 个地质指标（表 1.7）。

表 1.7 国际地质指标工作组公布和推荐的地质环境指标清单

序号	地质指标	反映的生态环境变化
1	珊瑚化学与生长模式	水体表面温度、盐度
2	沙丘表壳与裂隙	干燥度
3	沙丘的形式与活化	风速和风向，干燥度，沉积物量
4	尘暴强度、延续时间和频率	尘土迁移，干燥过程，土地利用
5	冻土活动特征	水文学，下坡运动
6	冰川进退	降雨，日照，溶化径流
7	地下水质	沿途风化，土地利用，酸雨，工农业污染
8	不饱和带地下水化学	风化，土地利用
9	地下水位	地表生态，抽水与补给
10	岩溶活动	地下水化学与流动，植被
11	湖水位与盐度	土地利用，河流，地下水补排状况
12	相对海平面	海岸隆起，沉积与压实
13	沉积层序和成分	土地利用，侵蚀与堆积
14	风蚀	气候，风速，干燥度
15	地震活动	地球应力的天然与人为释放
16	海岸线位置	海岸侵蚀，土地利用，搬运堆积
17	边坡坍塌破坏	边坡稳定性，土地利用，生态稳定性
18	土壤和沉积物侵蚀	地表径流，风，土地利用
19	土壤质量	土地利用，土壤化学，生物物理作用
20	河流形态	沉积物荷载，流速，气候，土地利用
21	河流流量	降雨量，流域排泄量，土地利用
22	河流蓄泥沙能力与输泥沙量	沉积物搬运，流速，土地利用
23	地下温度状况	热流，土地利用，植被
24	地面变形	地面沉降，地裂缝，流体抽取
25	地表水质	土地利用，水－土－岩相互作用，流速
26	火山活动	热流，近地表岩浆运动
27	湿地范围、结构与水文	土地利用，生物生产率，河流

交流内部使用

1.2 国内有关国土资源与环境可持续发展的研究与实践

1.2.1 国土资源可持续发展指标体系研究

吴初国等（2006）从我国国土资源管理的实际情况出发，以联合国的“经济-社会-环境”可持续发展三大领域思想为基础，以土地资源、固体矿产资源、能源资源为研究重点，分析了国土资源可持续发展的基本内涵和现阶段的基本矛盾，提出了我国国土资源可持续发展指标体系的总体框架（图1.5），以及土地资源可持续利用（表1.8）、矿产资源可持续发展（表1.9）、能源安全评价的三级指标评价框架（表1.10），建立了我国耕地粮食生产能力指标、城市土地集约利用指数、矿产品价格指数、矿产资源国际竞争力指数、石油安全度和国土资源管理绩效指数等6个综合性指数（指标）。

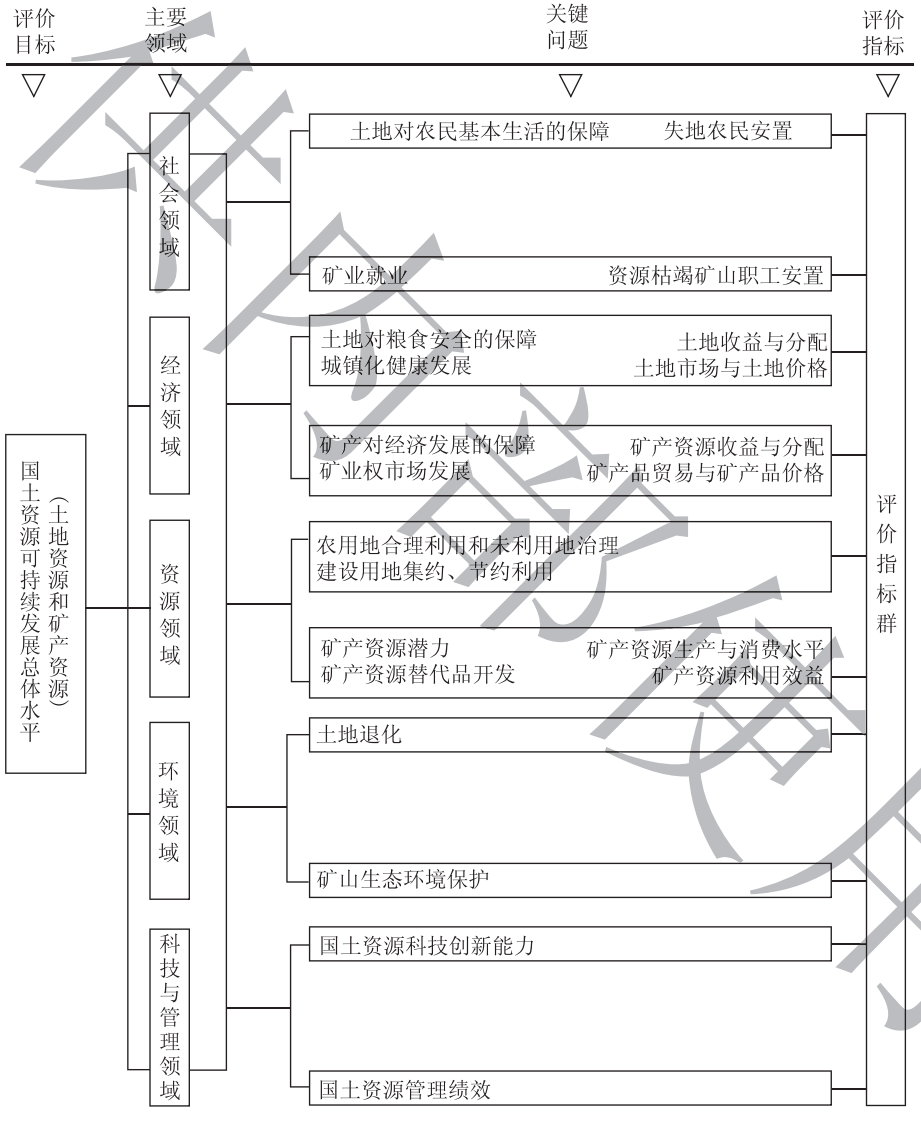


图1.5 国土资源可持续发展指标体系总体框架

（据吴初国等，2006）

仅供试读使用

表 1.8　土地可持续利用评价框架

一级指标	二级指标	三级指标
土地供给与保障	耕地粮食生产能力	耕地面积
		单产水平
	建设用地供给	建设用地面积
		人均建设用地增长率
		第二、三产业 GDP 总值与建设用地增长弹性系数
		城镇人口与建设用地增长弹性系数
		新增建设用地/规划用地
土地集约节约利用	城市土地集约利用程度	人口负荷
		容积率
		城市各主要用地类型所占比重
		人均居住用地面积
		单位面积固定资产投入
		单位面积基础设施工程量
		地均 GDP
		地价
		城市人口与建设用地增长弹性系数
	农业用地集约利用程度	垦殖系数
		复种系数
		农作物总播种面积
		有效灌溉面积
		单位面积化肥施用量
		粮食（谷物）单位面积产量
		畜产品产量
土地市场	收益与贡献	土地出让价款
		土地出让价款对 GDP 的贡献
		房地产业对于经济的贡献
	土地市场运行	招拍挂比例
		单位面积招拍挂价款
		招拍挂面积
		地价与 GDP 弹性系数
	房产市场运行	地价与居民消费价格总水平弹性系数
		待开发面积与本年完成土地开发面积
		购置土地面积
		商品房空置率
		房价与 GDP 弹性系数
		房价与居民消费价格总水平弹性系数
土地生态	土地退化	土地荒漠化面积
		水土流失面积
		土地污染面积
		土地盐渍化面积
	土地受害程度	风、水、旱等灾害受灾面积和受灾程度
		地面沉降、地面塌陷受灾面积和受灾程度
		崩滑流等灾害受灾面积和受灾程度
	土地保护	自然保护区面积
		森林覆盖率、植被覆盖率
		土地整理复垦面积
		基本农田面积
	生态建设	土地荒漠化治理面积
		水土流失治理面积
		土地污染治理面积
		盐渍化治理面积

（吴初国等，2006）

仅供内部使用

表 1.9　矿产资源可持续发展评价

总体层	问题层	基础指标层	评价指标层
矿产资源可持续发展总体能力	矿产资源对社会发展保障能力	矿产资源潜在价值	单位面积矿产资源潜在价值
			人均矿产资源潜在价值
		矿业投入与产出效益	矿业投资占工业投资比重
			矿业产值占工业产值比重
			矿业税收占工业税收比重
			矿业利润占工业利润比重
		矿产品价格波动风险	矿产品价格变化
		两权市场对经济的贡献	探矿权、采矿权数量、面积
			探矿权、采矿权出让招拍挂比例、金额
		职业安全	死亡人数占从业人员的比例
			从业人员医疗支出水平
			职工失业率
			职业病发病率
		矿业城市规模	矿业城市人口
			矿业城市的数量变化
			矿业城市的规模变化
		生活质量	矿区人均住宅面积
			矿区职工人均工资
			矿区职工平均寿命
	矿产资源的开发与利用能力	资源禀赋支撑能力	资源数量（储量占世界总储量的比重）
			资源质量（品位）
			储采比（静态保证年限）
			资源潜力
			资源储量探明程度（已查明资源/资源总量）
			储量替代率（当年新增/当年消耗）
			地质研究程度（大中比例尺地质工作完成情况）
		矿产勘查投入水平	勘查投资年增长率
			机械岩心钻探工作量
			坑采工作量
			年末职工人数
		矿产生产与消费水平	国内矿产品产量占世界总产量的比重
			国内矿产品生产能力
			矿产品生产增长速度
			矿产品消费弹性系数
			矿产品消费增长速度
			矿产品消耗强度
		矿产品贸易能力	进口量
			出口量
			贸易结构变化
		节约利用能力	边界品位
			矿石贫化率
			矿产资源回收率
			尾矿利用能力
			矿产资源耗竭率

仅供内部使用

续表

总体层	问题层	基础指标层	评价指标层
矿产资源可持续发展总体能力	矿产资源环境保护能力	综合利用能力	共伴生综合利用率
			共伴生有益组分综合利用技术
			综合回收的税收优惠政策
		循环利用能力	再生回收能力
			再生率（再生产量占产量的比重）
			政策支持与技术创新
		环境污染情况	矿区 SO_2 及烟尘排放量
			矿区污水排放量
			矿区固体废物排放量
			塌陷土地面积
		环境治理能力	矿区塌陷区土地复垦率
			环保投资占矿区总投资比率
			矿山"三废"处理率

（据吴初国等，2006）

表 1.10　能源安全指标体系基本框架

一级指标	二级指标	三级指标
能源安全	国内资源禀赋	资源储量（煤炭、石油、天然气、铀等）
		煤炭静态保证年限
		油气储采比
		资源质量
		资源储量探明程度
		储量替代率
		储量分布集中度
	国内资源生产保障能力	能源生产构成
		国内能源产量占世界总量的比例
		国内能源生产集中度
		能源消费结构
		能源消费对外依存度或能源自给率
		能源生产增长速度与消费需求增长速度之比
	国内资源节约与利用	煤炭回采率
		油气采收率
		能源消费弹性系数
		单位 GDP 能耗
		能源利用效率
	国际市场可得性	世界资源保证年限
		国际能源价格
		能源进口份额（包括煤炭、石油和天然气）
		海外份额产量占进口总量的比例
		资源进口集中度
		与进口来源国的政治经济关系
		进口能源的运输安全
	制度和技术保障	储备水平
		新能源开发能力
		科技创新能力
		国际公约的履行情况
		国家安全政策的完整性
		政治影响力
		经济实力
		对资源供应地的军事控制和干预能力

（据吴初国等，2006）

仅供内部使用

王静等（2006）按照主导因素、区域分带、易获取性和多因子综合评价的原则构建了土地退化（包括风蚀、水蚀造成的土壤流失，以及土壤的物理、化学和生物特性或经济特性退化及自然植被长期丧失，土地退化的后期就是土地荒漠化）监测与评价指标体系。提出了通过高光谱遥感技术直接提取土壤退化指标和植被退化指标，再以基础地理信息为基础、辅以地面调查、农户访谈、社会统计等手段，汇总形成土地退化监测信息。然后对上述监测信息综合，建立了基于土壤退化度、植被退化度、自然和人为影响因素的土地退化指数（LDI）综合评价概念模型（LDI = SD + CD + IHD + AP），进而提出了经过遥感监测 3 ~ 5 年为一期，获得 3 ~ 4 个周期的监测数据后的土地退化速率评价模型。土地退化监测与评价单元的选取是以全国生态分区为基础，同时考虑区域经济活动和土地开发利用方式，以不同生态区进行土地退化监测评价。在不同生态区所选取的土地退化监测与评价指标体系与评价标准和权重有所不同。

张丽君（2006）针对我国国土资源和国民经济与社会的发展特点，对国际上可持续发展指标进行了调研，提出了基于系统学方向原则的我国土地资源可持续利用的主题评价指标体系（图 1.6）。主题层反映土地资源支撑力、土地生态系统健康力、经济与社会贡献力和制度与管理力。核心指数

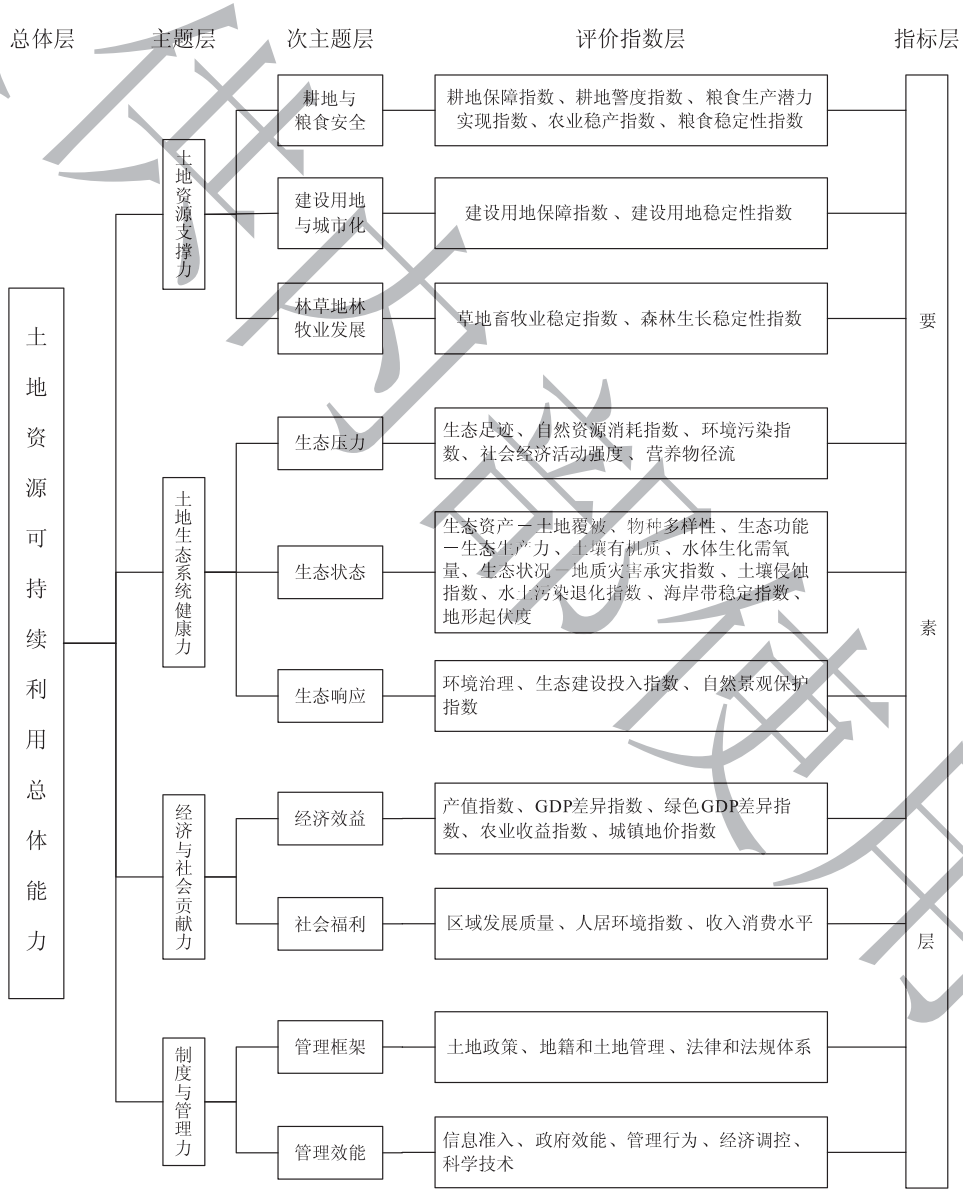


图 1.6　土地资源可持续利用主题评价指标框架图

（据张丽君，2006）

文件内部使用

（次主题层）反映资源、生态、经济、社会各子系统的典型特征。评价指数（评价层）反映每个核心指标的作用与影响。元指标（统计指标）是指标体系的最小组成单位，是评价土地可持续利用水平的具体量度。采用可测的、可比的、可获得的指标或指标群，以数量、强度、速率等予以直接表述。主要目的是通过关键指标监测我国国土资源可持续发展的状态，对国土资源可持续发展水平进行全面评述，有效地进行国土资源的宏观调控，提出实现国土资源可持续发展的道路选择和对策建议。该指标体系的作用一是可以表征土地系统的运行状况及其变化趋势；二是可为国土规划起到指导指南作用，作为一种政策导向，体现了以土地为载体的诸多方面（资源、生态、经济、社会）的协调发展的主导思想；三是可以用于国土规划实施效果的评价。

1.2.2 地质环境质量评价指标体系研究

吴初国等2006年的研究以资源为研究重点，开展了国土资源可持续利用方面详细而丰富的评价指标，但在地质环境问题方面的研究相对不足。国内一些关注地质环境问题的专家为此提出了地质环

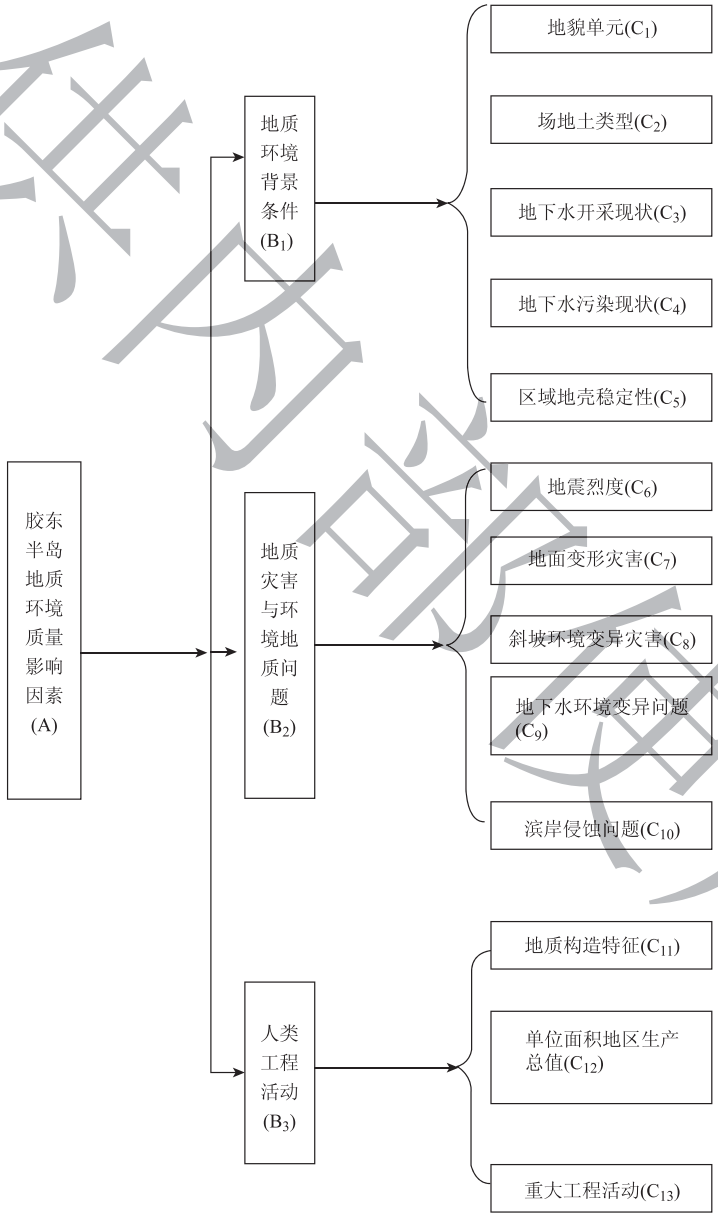


图1.7 胶东半岛地质环境质量定量评价指标结构

（据杜康康，2008）

仅供内部使用

境质量及相关环境问题的综合评价指标。

杜康康（2008）以胶东半岛为例对该区地质环境质量评价和土地资源的可持续利用进行了全面、系统的研究，提出了由3个一级指标，13个二级指标组成的胶东半岛地质环境质量定量评价指标体系（图1.7）。同时基于《山东省统计年鉴》数据，以烟台、威海、青岛三城市为研究单元，又确定了由5个一级指标，18个二级指标组成的胶东半岛城市地质环境质量评价指标体系（表1.11）。

表1.11　胶东半岛城市地质环境质量评价指标体系

一级指标	二级指标
区域地壳稳定性	地质环境背景
	地壳稳定性
水资源与水环境	水资源总量（年均值）/亿 m^3
	地下水资源量/亿 m^3
	用水总量/亿 m^3
	废水排放量/万 t
土地资源环境	年末耕地总资源/万 hm^2
	年内减少耕地/hm^2
	城市建设用地面积/km^2
	居民点及工矿用地/10^3 hm^2
	湿地面积/10^3 hm^2
	土地资源环境质量
矿产资源、能源环境	矿产资源潜在价值/亿元
	一次能源生产总量/万吨标煤
	采矿业工业总产值/亿元
	矿产资源开发环境问题
地质灾害	地质灾害发育程度
	地质灾害风险大小

（据杜康康，2008）

王学等（2011）主要利用层次分析法确定指标权重，建立适合山东省的地质环境评价指标体系（表1.12），并用综合指数法对该省17个地市的地质环境质量进行了评价。

表1.12　山东省17个地市地质环境质量评价指标体系

目标层	一级指标层	二级指标层	指标来源	趋向
山东省地质环境质量评价指标体系	地质条件（0.389）	构造稳定性（0.648）	专家赋值	正
		地层岩性（0.122）	专家赋值	正
		地貌（0.230）	统计数据	逆
	地质灾害（0.389）	多年平均侵蚀模数（0.272）	专家赋值	逆
		土壤盐渍化（0.158）	专家赋值	正
		地质灾害密度（0.482）	专家赋值	逆
		土壤质量（0.088）	统计数据	正
	人类活动（0.153）	人口密度（0.333）	统计数据	逆
		“三废”排放总量（0.167）	统计数据	逆
		城市绿化率（0.167）	统计数据	正
		人类工程强度（0.333）	统计数据	逆
	资源（0.069）	地表水资源量（0.272）	统计数据	正
		地下水资源量（0.158）	统计数据	正
		土地资源量（0.088）	统计数据	正
		旅游资源量（0.482）	统计数据	正

（据王学等，2011）

仅供内部使用

李树文和康敏娟（2010）以地球系统科学、生态学为理论依据，在环境承载力研究的基础上讨论了生态-地质环境承载力的概念、内涵，分析了生态-地质环境承载力的影响因素。以城市为研究背景，建立了以地质环境、生态环境及社会环境为三大子系统的生态-地质环境承载力综合评价指标体系，见表1.13。

表1.13　生态-地质环境承载力综合评价指标体系

准则层	指标层	分指标层
地质环境子系统	地理位置	公路交通、铁路交通、水运条件、航空条件
	气象水文	年降雨量、年蒸发量、气温、相对湿度、风速、径流量、径流模数
	地形地貌	地貌类型、地形坡度、斜坡高度、地面高程
	地质构造与地壳稳定性	地质构造复杂性、断裂带密度、地表破碎度、地震灾害频率、地震烈度
	工程地质	地层组合类型、基岩埋深、地基承载力、地基土均匀性、特殊性岩土厚度
	水文地质	地下水类型、地下水埋深、地下水对钢筋混凝土的腐蚀性
	地质灾害	地质灾害治理率、河流湖泊的侵蚀度、水土流失率、土壤盐渍化率、荒漠化率、地面塌陷（最大深度、面积）、地裂缝（最大宽度、总长度）、台风等
	土地资源	人均国土面积、耕地占城市国土比例、人均耕地面积
	淡水资源	人均淡水占有量、亿元GDP耗水量
	森林资源	森林资源覆盖率、人均森林面积
	矿产资源	本地矿产资源保有量、资源回收率、矿产资源综合利用率、矿业开发占用和损坏的土地面积占城市国土的比例
	能源资源	煤、石油、天然气、产量占实际消耗量的比例、单位产值能耗
	地热资源	可开发利用的地热资源总量
生态环境子系统	植被	植被覆盖率、森林覆盖率、绿地面积、果园面积、苗圃面积、自然湿地植被面积、物种多样性指数、植被总生物量、>10℃积温
	土壤	土壤侵蚀率、生活垃圾消纳能力、工业垃圾消纳能力
	自然景观	公园面积、恢复治理矿山环境面积
	水体	水资源总量、地表水量、地下水量、径流调节量、可开采水量、工业用水量、农业用水量、生态用水量、人均生活用水量、污水排放量、COD排放量
	大气	SO_2排放量、TSP排放量、PM10排放量、NO_Y排放量
社会环境子系统	人口因素	人口密度、人口自然增长率
	经济因素	GDP年均增长率、人均GDP、恩格尔系数、环保投入占GDP的比例、科研投入占国民经济的比例、第三产业对GDP的贡献率
	科技因素	高新科技产业产值占GDP的比例、专利申报数量、科技教育占GDP的比重、科技进步增长贡献率、每千人拥有科技人员数
	管理与建设水平	污水集中处理率、污废水达标率、工业废气处理率、工业固废处理率、垃圾无害化处理率、环保投资比重、基础设施投资比重

（据李树文等，2010）

龙晓君（2011）以康东地区为例，进行了地质生态环境多尺度非线性智能评估研究。该研究以PSR模型原理，结合研究区特征，应用目标分析方法建立适合康东地区矿业活动的生态地质环境多尺度评价指标体系，即以大尺度、中尺度、小尺度分为3层的三大类指标体系（表1.14，表1.15，表1.16）。

仅供学术使用

表 1.14　大尺度研究区评价指标体系

目标层	准则层	指标层

表 1.18　典型生态环境问题的地质环境监测指标体系

生态环境问题	压力指标	状态指标	响应指标
石漠化	1）基岩裸露率； 2）土壤侵蚀	1）土壤状态； 2）土壤种子库	1）地下水； 2）地表岩溶带； 3）土地利用方式
沙漠化	植被盖度	1）土壤环境质量； 2）地表形态	1）地下水； 2）地表水； 3）土地利用方式
草地退化	1）土壤侵蚀； 2）土地沙化、沙漠化； 3）土地盐渍化	1）地表特征； 2）土壤理化性质； 3）土壤养分	1）地形特征； 2）地下水位与水质； 3）污染物排放
湿地退化	1）水源涵养功能丧失； 2）净化功能降低	1）湿地景观； 2）湿地水文； 3）湿地水质	1）水文及水文地质； 2）污染物排放

仅供内部使用

2　我国国土资源与地质环境监测指标现状

2.1　国土资源与地质环境背景

2.1.1　土地资源数量、质量及分布特征

土地资源是指在一定的技术、经济条件下可以为人类利用的土地。

我国土地资源分布不均衡，东部沿海地带，地处暖温带及亚热带湿润、半湿润地区，水热条件优越，人口密集，经济发达，土地利用程度高，为水田和水浇地主要分布区，牧草地、未利用土地面积少（图 2.1）。中部地区山地、丘陵多，土地利用率较高，林地和水浇地分布较多，牧草地、未利用土地面积占 37.79%。西部地区大部分是高寒山地、沙漠及戈壁区，土地利用率极低。农用地中牧草地和林地占比较高，其次是耕地（占农用地总数的 18%）；建设用地中数量最多的是居民点及工矿用地，占建设用地的 82% 以上。

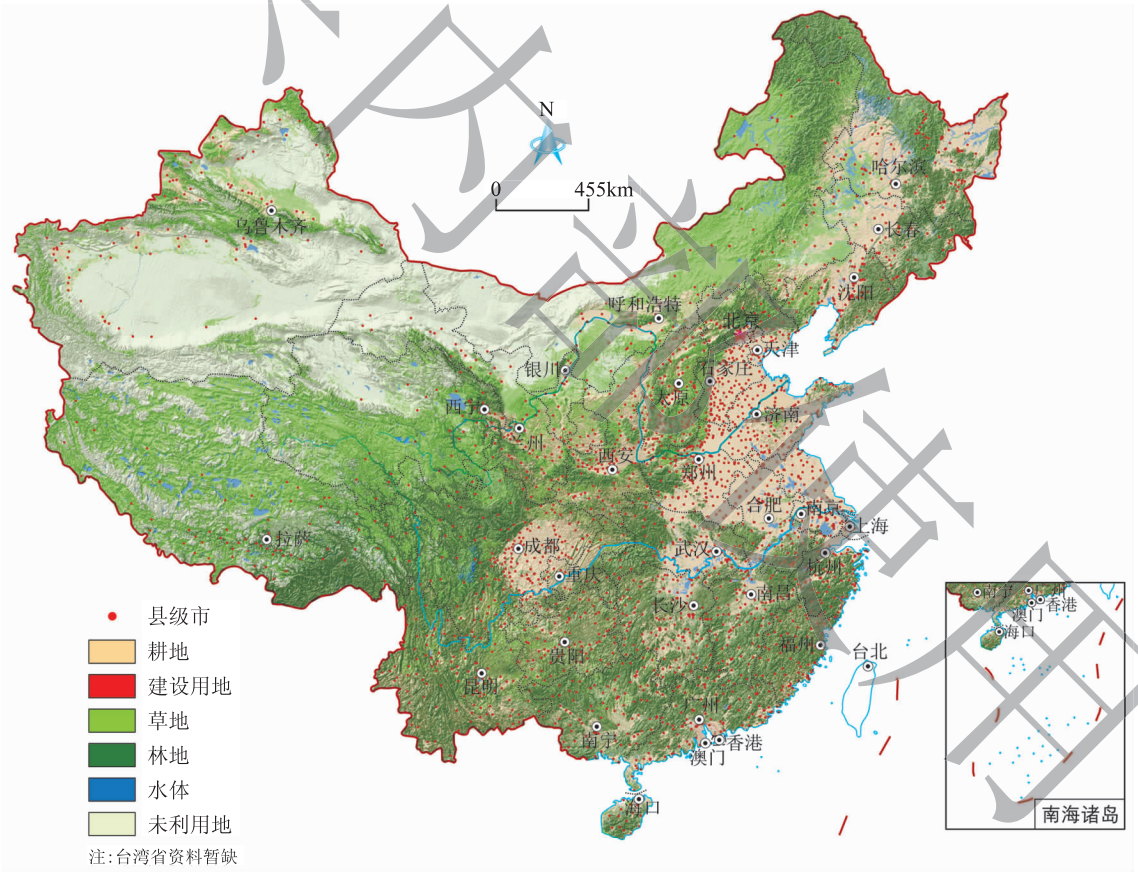


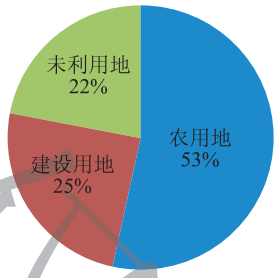
图 2.1　全国土地利用类型图

根据国土资源统计年鉴，截至 2008 年年底，全国农用地面积为 65 687.7 万 hm^2，建设用地面积为 3 305.7 万 hm^2，未利用地面积为 27 103.02 万 hm^2（图 2.2a）。

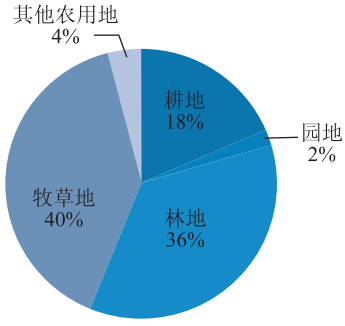
在农用地中，耕地面积为 12 171.6 万 hm^2，园地面积为 1 179.1 万 hm^2，林地面积为 23 609.2 万 hm^2，

牧草地面积为 26 183.5 万 hm^2，其他农用地面积为 2544.3 万 hm^2（图 2.2b）。

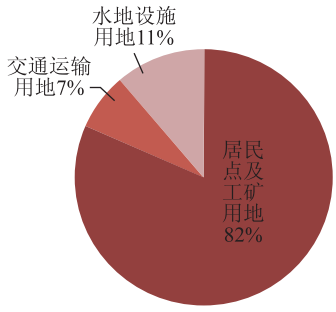
在建设用地中，居民点及工矿用地面积为 2691.6 万 hm^2，交通运输用地面积为 249.6 万 hm^2，水利设施用地面积为 364.5 万 hm^2（图 2.2c）。



a.全国土地类型



b.农用地类型



c.建设用地类型

图 2.2　全国土地分类与利用类型

中国大部分耕地受各种因素制约，质量相对较差。近 20 年来由于重用轻养、滥施化肥、水土流失、荒漠化和盐碱化等多种因素的共同作用，全国耕地有机质平均含量已降至 1%，明显低于欧美国家 2.5% ~4% 的水平。在重要粮食产区的长江和淮河流域，土壤有机质含量一般不到 1%，最低已不足 0.3%。黑龙江省 1989 年抽样调查表明，东北黑土带土壤有机质含量已由 20 世纪 50 年代的 8% ~10% 降为 1% ~5%。全国耕地中，缺磷耕地面积占 59.1%，缺钾耕地面积占 22.9%。全国受盐碱化威胁的耕地约有 6 万 km^2，受荒漠化危害的农田约 21 万 km^2，遭受污染的耕地近 20 万 km^2，受酸雨危害的耕地达 3.7 万 km^2。据估算，仅农田污染一项，每年就使我国的粮食减产 1200 万 t。

2.1.2　地下水资源数量、质量及分布特征

地下水是水资源的重要组成部分，是实施我国水资源可持续利用战略的基础，在保障我国城乡居民生活用水、支持社会经济发展、维持生态平衡等方面具有十分重要的作用。

我国地下水资源的分布存在明显的地区差异。自西向东的昆仑山—秦岭—淮河一线，是我国区域水文地质条件明显差异的分界线，此线以南地下水资源丰富，以北地下水资源相对缺乏。我国地下水资源以珠江流域和雷琼地区最为丰富，其地下水天然资源补给模数（每年每平方千米补给量）分别达 32.2 万 m^3 和 41.5 万 m^3；长江流域平均补给模数为 14.8 万 m^3，其中洞庭湖流域达 23.1 万 m^3；华北平原补给模数在 5 万 m^3 左右；西北地区最小，不足 5 万 m^3。

地下水在垂向分布上具有多层性。与大气降水和地表水直接交替循环并埋藏较浅的地下水，通称浅层地下水，包括潜水和浅层承压水；地质历史时期形成和赋存下来的、埋藏较深的、与现代大气降水和地表水交替循环较缓慢的地下水，称为深层地下水。地下水空间分布的多层性，为地下水资源的分层开采和合理配置提供了条件。

我国各大平原和盆地是地下水资源的富集区。其中松辽平原、三江平原、黄淮海平原、河西走廊、准噶尔盆地、塔里木盆地、柴达木盆地、四川盆地等平原、盆地的地下水天然资源量每年达 2045 亿 m^3，占全国地下水天然资源量的 22%，地下淡水可开采资源量每年为 1082 亿 m^3，占全国地下水可开采资源量的 31%。

根据新一轮地下水资源评价（2002 年）成果，全国地下淡水天然资源量多年平均为 8837 亿 m^3，约占全国水资源总量的 1/3，其中山区为 6561 亿 m^3，平原为 2276 亿 m^3；地下淡水可开采资源量多年平均为 3527 亿 m^3，其中山区为 1966 亿 m^3，平原为 1561 亿 m^3。另外，全国地下微咸水（矿化度1 ~3g/L）天然资源量多年平均为 277 亿 m^3，半咸水（矿化度 3 ~5g/L）天然资源多年平均为 121 亿 m^3。

从水质而言，南方地区地下水大部分可供直接饮用，如江西、福建、广西、广东、海南、贵州、

重庆等省（区、市），可饮用地下水分布面积占各省地下水分布面积的90%以上，但一部分平原地区的浅层地下水污染比较严重。北方地区的丘陵山区及山前平原地区水质较好，中部平原区较差，滨海地区水质最差。

按照《地下水质量标准》（国家标准GB/T14848—93），全国地下水资源按分布面积统计，有63%的地下水资源可供直接饮用，17%需经适当处理后方可饮用，12%为不宜饮用但可作为工农业供水水源，约8%的地下水资源不能直接利用，需经专门处理后才能利用。

2.1.3 矿产、能源数量及分布特征

矿产资源是国民经济和社会发展的重要物质基础，我国95%以上的能源、80%以上的工业原材料和70%以上的农业生产资料都来自于矿产资源。

我国是世界上矿产资源较为丰富的国家之一。经过几十年的普查和勘探，已发现矿产171种，探明储量的156种，发现矿床、矿点20多万处，是世界上矿产种类齐全、储量丰富的少数几个国家之一。有40多种主要矿产探明储量的潜在价值居世界第3位。但是，我国有13亿人口，按人均拥有矿产资源量计算，只有世界人均占有量的40%，居世界第81位，因而按人均占有量计算又是资源小国。我国储量丰富的矿产主要是一些用量不多的矿种，而国民经济和人民生活需要的大宗消耗性矿种，如石油、天然气、铁、铜、钾盐、天然碱等却储量不足，一些重要矿产如铬、铂、金刚石、硼等严重短缺。铜矿只能满足需要的一半，铁矿由于贫矿多而长期依赖进口。老矿山可采资源日益衰竭，后备资源基地短缺，石油、天然气、铜、金等可供规划开发的储量缺口很大。

我国矿产资源贫矿多、富矿少，共生、伴生矿种多，单种矿床少，中小型矿床多，大型、超大型的矿床少，难采、难选、难冶炼的矿床多，易采、易选、易冶炼的矿床少。在已探明的石油储量中，稠度大、含硫量高、油质差的比例占一半以上。一些蜂窝状分布的矿产难以大规模开采；零星开采的成本高而安全隐患大。所有这些，都增加了我国矿产资源开发利用的成本。

我国矿产资源主要分布在中西部地区。在探明煤炭储量最丰富的省区中，山西、内蒙古、贵州、新疆等名列前茅。新疆石油储量居各省之首，现在每年新增的石油产量主要来自吐鲁番和准噶尔油田。青海的钾盐占全国的95%以上；云南、贵州的磷占全国的51%。陆上天然气富集区是塔里木、鄂尔多斯、四川和柴达木盆地，这4个盆地2000年产量约占全国一半。

自1998年开始的国土资源大调查，12年间共计投入资金117.63亿元。通过国土资源大调查，累计发现矿产地900余处，大型、特大型矿产地152处，铁锰等黑色金属矿产地70处，铜铅锌等有色金属矿产地370处，金银贵金属矿产地250处。新发现矿（化）点1100多处，化探异常2.6万个，高精度磁法异常2400多个。新增矿产资源量煤炭1300亿t、铁矿石50亿t、铜3850万t、铝土矿4.49亿t、钾盐4.68亿t，分别比1999年年底增长28%、29.1%、21.7%、28.3%和47%。提出可供国家组织实施前期勘查的油气战略选区16个，海域油气沉积盆地38个，评价海域油气资源量400亿t油当量。根据2010年国土资源公报，截至2009年，我国主要矿种保有储量如表2.1所示。

表2.1 2009年我国主要矿种保有储量

矿种	单位	储量	矿种	单位	储量
煤炭	亿t	1636.9	锌	金属万t	1922.9
石油	亿t	29.5	金	金属t	1015.3
天然气	亿m^3	37 074.2	钼	金属万t	145.2
铁	矿石亿t	93	钨	三氧化钨万t	94.9
铜	金属万t	1461.4	磷	矿石亿t	11.8
铝	矿石亿t	5.1	硫	矿石亿t	7.3
铅	金属万t	642.5	锡	万t	68.5

注：数据来源于2010年中国国土资源公报。

2010 年又新发现大、中型矿产地 202 处，其中非油气矿产地 172 处。石油、天然气、煤、铁矿等主要矿产的新增资源储量继续保持增长。新探明 2 个亿吨级油田、6 个 300 亿 m^3 以上气田，2010 年我国新增查明资源储量如表 2.2。

表 2.2　2010 年我国新增查明资源储量

矿种	单位	储量	矿种	单位	储量
煤	亿 t	2115	锌	金属万 t	372
石油	原油亿 t	11	金	金属 t	475
天然气	亿 m^3	6384	钼	金属万 t	271
铁	矿石亿 t	36	钨	三氧化钨万 t	53
铜	金属万 t	258	磷	矿石亿 t	10.74
铝	矿石亿 t	2	硫	矿石万 t	264
铅	金属万 t	336	锡	万 t	11

注：数据来源于 2011 年中国国土资源公报。

2.2　国土资源开发利用特征

2.2.1　土地资源开发利用概况

随着人口增加和经济快速发展，城乡建设、道路交通和其他占用，我国土地资源严重不足，现有的可利用土地资源将急剧减少。随着我国人口的进一步增长，这一危机日趋明显。

近 10 年来，水体、耕地和草地呈逐年减少的趋势，年均减少速率分别是 0.29%、0.22% 和 0.46%。耕地和草地减少趋势明显，从 20 世纪 50 年代到 80 年代，全国耕地面积减少 9.56 万 km^2，人均耕地面积已减少了近一半。建设用地和林地逐年增长的趋势明显，裸露土地呈现出逐年增长的趋势，它们的年均增长速率分别是 1.50%、0.69% 和 0.09%，其中建设用地增长速率最快。

空间上，耕地在南方地区呈明显减少趋势，在北方有增加的趋势，建设用地在东部地区呈明显增长趋势，在西部地区增长缓慢，林地在南方增长速度较快，裸露土地的增长主要在西北地区。

从类型转移概率来看，耕地、草地、林地是转移概率较大的 3 类土地资源，主要分布在半湿润半干旱地区，即位于年降水量 200～400 mm 东北-西南走向的狭长地带。这里是土地转移概率最高的地带，也是生态环境比较脆弱的地区，对自然因素和人类因素变化响应敏感。根据我国经济发展进度和规划，目前土地利用动态变化的时空趋势还将继续发展下去。

2.2.2　地下水资源开发利用概况

新中国成立以来，全国地下水开采量一直持续增长。20 世纪 70 年代地下水年开采量平均每年为 572 亿 m^3，80 年代增加到 748 亿 m^3，1999 年达到 1116 亿 m^3。其中北方地区地下水开采量占全国开采量的 76%。80 年代到 90 年代，开采量增长较快的省份是河南（43 亿 m^3）、湖南（24 亿 m^3）、辽宁（21 亿 m^3）。1999 年开采量排在前三位的省份是河北（149 亿 m^3）、河南（129 亿 m^3）、山东（123 亿 m^3）。

地下水开采程度总体上北方高于南方。北方除青海外，开采程度均超过 20%，其中天津、河北和北京开采程度超过 100%，开采程度超过或接近 70% 的有山东、河南、山西、辽宁。南方地下水开采程度除上海超过 90%，贵州、江苏、重庆超过 20% 外，其他省（区、市）均小于 20%。全国有 400 多个城市开采利用地下水。北方城市以开采地下水为主，华北、西北城市利用地下水比例分别高达 72% 和 66%。

近20年来，从用水结构来看，我国农业灌溉用地下水占地下水总用水量的比重最高，但目前呈递减趋势，从20世纪80年代的88%，逐步下降到1999年的62%；工业和生活用地下水的比重明显上升，80年代工业和生活用地下水的比重为12.0%，到1999年工业用地下水的比重为18%，生活用地下水的比重为20%。随着工业化进程的加快和城镇化水平的提高，这种趋势仍将持续下去。

全国地下水开采潜力总体评价，地下淡水开采潜力约为70%。南方潜力较大，达86%；北方潜力较小，不足45%。由于各地区地下水开采不平衡，有许多地区存在着整体有潜力而部分地区无潜力或处于超采的矛盾。

2.2.3 矿产、能源开发利用概况

根据《我国矿山地质环境调查研究报告》（张进德等，2009），截至2005年年底，我国共有各类矿山126 695个，其中能源矿山有26 562个，70%分布在华北、西南和华中地区；金属矿山有9781个，65%分布在华北、西南和华中地区；非金属矿山76 806个，44%分布在华东和华南地区，24%分布在西南和东北地区。全国年采出矿石总量达82.05亿t，其中华东五省42.1亿t，华北五省12.4亿t，西南五省区7.6亿t，华中四省6.1亿t，西北五省区5.5亿t，华南四省区4.4亿t，东北三省3.9亿t。

从年采出矿石总量上看，华东地区的浙江、安徽、江苏等地的非金属矿产（主要是建材）开发利用活动最为强烈，其次是华北地区的河北、山西、内蒙古的能源及金属矿山，再次是西南地区的四川、贵州、云南和华中地区的河南、湖南的能源及金属矿山。

从开采模式上看，我国的矿山总体上以露天开采方式为主，占67%，井工开采占33%。其中华东、华南和东北地区以露天开采矿山分布居多；华北、华中、西南、西北以井工开采矿山分布居多。值得一提的是，华北和西南地区两种开采方式并存，在各自地区占比差不多。

近十年来，我国主要矿产资源储量增长低于开采量增长，产量增长又低于消费量增长，导致储采比下降，我国主要矿产资源储采比均低于世界平均水平。如2001年我国石油储采比是19.9，世界平均是40.3；天然气储采比是45.1，低于61.9的世界平均水平；即使最丰富的煤炭，我国的储采比（105）也不足世界平均水平（216）的一半。一些重要矿产资源的产量增长缓慢，据有关部门的估计，在2010～2015年期间尚难取得能影响全局的突破。45种主要矿产资源的保有储量，到2020年仅剩6种。1996～2000年的5年中，45种主要矿产资源平均每年有26种以上的矿产保有储量的消耗速度大于新增速度；煤、铁、锰、铜、铝土、磷、钾等国民经济建设需要的矿产，开发力度较大，消耗过快。

2.3 国土资源与地质环境问题

2.3.1 土地资源开发利用中的主要问题

（1）城镇建设对土地的侵占

人口的急剧增加，住房、交通和其他基本建设都要占用大量土地。目前我国有近50万hm^2的耕地被三项建设（国家建设、乡镇建设和农民建房）占用，按照这种速度，3年就减少相当于一个福建省的耕地面积。

（2）土壤污染日益严重

随着工业发展特别是乡镇工业的发展，生产过程排出大量的“三废”物质进入土壤。同时农业生产中也不断地施入肥料、农药等物质，其在土壤中累积，造成了严重的土壤污染。

（3）林地减少和水土流失

随着人口增加和经济发展，森林资源早已不堪重负。按照目前的砍伐速度，在不久的将来我国很有可能已无成熟林可伐。虽然我国林木蓄积量由20世纪80年代初的每年净亏0.3亿m^3，转变成目

仅供质量使用

前的略有盈余，但用材林的消耗量仍然高于生长量。虽然我国的人工造林成效很大，但由于林业生产底子薄、欠账多，在未来相当长的时间里，森林资源的供需矛盾仍将十分突出。水土流失面积有增无减，已达 150 万 hm^2，占全国土地总面积的 13.5%。

（4）草地资源普遍退化

草地是一种可更新资源，在我国，草地对畜牧业生产具有十分重要的地位和作用。它既是广大牧区草食家畜最主要的饲料来源，又在维护陆地生态系统的能量流动与物质循环方面具有不可替代的重要作用。但由于对草地生态系统的特性缺乏正确、全面的了解，长期以来，我国对草地资源粗放经营，甚至采取掠夺式的经营方式，使草地资源普遍退化，明显影响畜牧业的发展，产生了严重的生态后果。目前，草地普遍呈现退化的趋势，如不采取有效措施，草原牧草产量可能要大幅度下降。因此，亟须加强草地资源的管理，合理开发利用，大力遏制其逆向演替。

（5）湖泊湿地围垦引发的问题

新中国成立以来，在巨大的人口压力作用之下，对湖泊的围垦活动更加剧烈。仅湖北、湖南、江西、安徽四省的初步统计，围垦面积就达到 1.1 万 km^2。历史上湖北省曾号称“千湖之省”，可是目前只剩下湖泊 326 个，湖面由原来的 0.8 万 km^2 萎缩至 0.23 万 km^2。由于围垦而使湖面缩小、容量减少，降低了湖泊调蓄洪水和环境自净的能力，加速了湖泊淤积消亡的速率。此外，被围垦的湖洲草滩往往是鱼类索饵、产卵的场所，因此，围垦也是造成湖泊鱼类资源衰减的重要原因之一。1991 年长江流域的洪水不及 1954 年洪水流量大，但是所造成的损失却远远大于 1954 年，围垦使湖泊天然调蓄能力降低。

2.3.2 地下水资源开发利用中的主要问题

新一轮全国地下水资源评价成果（2002 年）与第一次评价成果（1984 年）比较，地下淡水资源的开发利用有如下变化趋势：一是北方地下水资源量减少，南方地下水资源量增加。北方：多年平均天然资源量减少 122 亿 m^3，可开采资源量减少 56 亿 m^3。南方：多年平均天然资源量增加 242 亿 m^3，可开采资源量增加 643 亿 m^3。二是平原区地下水资源量减少，山区地下水资源量增加。平原区：多年平均天然资源量减少 228 亿 m^3，可开采资源量减少 309 亿 m^3。山区：多年平均天然资源量增加 348 亿 m^3，可开采资源量增加 896 亿 m^3。目前存在的主要问题如下：

（1）地下水资源紧缺和水资源浪费并存

近 20 年来，全国用水量急剧增长，地下水开采量平均以每年 25 亿 m^3 的速度增加。目前，北方已有相当一部分地区地下水处于超采状态，其中河北省整体超采，北京、天津、呼和浩特、沈阳、哈尔滨、济南、太原、郑州等一些大中城市地下水已超采或严重超采。目前，全国 600 多座城市中有一半左右不同程度地存在缺水问题，全国还有数千万人需解决饮用水问题。同时，水资源浪费问题仍相当突出。目前，我国的万元工业产值耗水量一般是发达国家的 10～20 倍；每千克粮食的耗水量是发达国家的 2～3 倍。

（2）地下水环境污染严重

由于工业和生活污水排放量增加，以及受农业大量使用农药化肥的影响，我国地下水污染问题日益突出。地下水污染严重地区主要分布在城镇周围、排污河道两侧、地表污染水体分布区及引污农灌区等。地下水环境污染呈现出由点向面、由城市向农村扩展的趋势。全国约有一半城市市区地下水污染比较严重，由污染造成的缺水城市和地区日益增多。

（3）不合理开采地下水诱发大量地质环境问题

我国北方部分地区因不合理开采地下水，出现地下水水位持续下降，形成区域地下水降落漏斗。据初步统计，全国已形成区域地下水降落漏斗 100 多个，面积达 15 万 km^2。华北平原深层地下水已形成了跨冀、京、津、鲁的区域地下水降落漏斗，有近 7 万 km^2 的地下水水位低于海平面。区域地下水水位下降还使平原或盆地湿地萎缩或消失、地表植被破坏，导致生态环境退化。

全国有 40 多座城市由于不合理开采地下水而发生了地面沉降，其中沉降中心累计最大沉降量超

过 2 m 的有上海、太原、天津塘沽、河北沧州等，个别点最大沉降量已达 3.1 m。

在河北平原、西安、大同、苏锡常等地区，过量开采地下水还导致了地裂缝，对城市基础设施构成严重威胁。

沿海地区的大连、秦皇岛、沧州、青岛、北海、海南新英湾等城市和地区地下水水位的下降，引起海水入侵，导致地下水水质恶化，其中山东、辽东半岛海水入侵较严重。

另外，农村成井质量普遍偏低，布局不合理，造成区域地下水资源开采不平衡，上下含水层、咸淡含水层混合，资源利用率下降。

2.3.3 矿产、能源开发利用中的主要问题

我国因采矿引起的矿山地质环境问题较多，类型较为复杂。根据全国矿山地质环境调查数据统计（张进德等，2009），矿业活动引发的环境地质问题主要有：滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝等地质灾害，占用破坏土地资源，水均衡破坏，土地沙化和水土流失等。其中分布广、影响大、最突出的是矿山地质灾害，其次是矿山占用破坏土地植被等资源损坏问题。

（1）矿山地质灾害

主要是井工开采、露天开采、矿坑疏干排水引发的崩塌、滑坡、地面塌陷（开采沉陷、岩溶塌陷）、地裂缝、不稳定边坡等；固体废弃物堆积引起的崩塌、泥（渣）石流、不稳定边坡等和尾矿库溃坝、尾矿坝开裂等。矿山地质灾害往往给工农业生产带来严重威胁，并严重影响着生态环境，造成人员财产损失和资源破坏。

（2）矿山开发占用、破坏土地（植被）等资源

1）土地（植被）资源的占用和破坏：包括改变土地利用现状、地貌景观破坏，以及水土流失、土地沙化等。地下开采矿山对土地资源的影响主要表现为采空区地面塌陷、地裂缝破坏土地；固体废弃物堆放占用或毁损土地；滑坡、崩塌、泥石流对土地（植被）的破坏。露采矿山主要是采矿场、排土场对土地（植被）的占用和破坏。矿产开发占用破坏大量土地，不仅加剧了土地资源短缺矛盾，而且导致土地的经济和生态效益的严重下降。

2）矿业活动对其他资源的破坏：在矿山开采过程中，特别是露天开采，破坏了许多景观资源、地质遗迹等，特别是沿路开采的许多小的建材矿山，对景观资源破坏非常严重。如大同龙门石窟因煤炭粉尘污染，佛像毁坏，风化剥蚀非常严重；地下水开采而引起的地面沉降等不但破坏了土地资源，而且还破坏了大量建筑和道路等基础设施，在平原区尤为严重。有些矿区位于名胜古迹之下，地下的开采沉陷也直接或间接威胁着名胜古迹。

（3）矿业开发破坏水资源

包括水资源浪费、区域水均衡破坏、水环境变化等。矿山在建矿、采矿过程中的强制性抽排地下水，以及采空区上部塌陷开裂使地下水、地表水渗漏，严重破坏了水资源的均衡和补径排条件，导致矿区及周围地下水水位下降、泉流量下降甚至干枯，地表水流量减少或断流。在某些地方地下水水位下降数十米甚至上百米，形成了大面积疏干漏斗，造成泉水干枯、水资源枯竭以及污水入渗等，破坏了矿区的生态平衡。引起矿区水源破坏，供水紧张，植被枯死和灌溉困难等一系列生态环境问题。

矿业开发对水均衡的破坏在各类矿区不同程度存在，尤其是煤矿区破坏更为突出。统计分析表明，全国矿山矿坑水年产出量达 42.9 亿 m^3，其中煤矿达 31.3 亿 m^3，除少部分综合利用外大部分就地排放，造成水资源大量流失；集中采煤区的地面塌陷还引起地表水和浅层地下水流失，使原本缺水的环境变得更加干旱，使水土流失加剧，土地荒漠化严重。

（4）矿区水土环境污染

矿区内水体污染包括矿区地表水污染和地下水污染。最为常见的是采矿形成的矿坑水、选矿废水等多就近向沟谷、河流排放，采矿废石、煤矸石、尾矿渣等堆放不当，构成了矿区水体和土壤的污染。在矿山开采过程中，将大量矿坑水和采选废水直接排放到矿区周边的河流、沟渠或池塘，使矿区

地表水体受到污染；由于河流变成了矿山废水的排泄通道，使得河道两侧浅层地下水受到不同程度的污染。

此外，含有害化学元素的废渣，因降雨浸润，污染地表水、地下水和耕地，造成地方病源。废石、尾砂及粉尘的长期堆放，在风化作用下分解，促使很多有害元素的化合物进入地表及地下水中，尤其尾矿渣受风化作用后形成浓度较高的污染物，进入矿区周围的水体和土壤，造成水土环境污染。

我国每年因采矿产生的废水约占全国工业废水排放总量的5%左右，大量未经处理的废水排放导致地表水、地下水污染严重，加剧了矿区工农业生产用水和人居饮水的矛盾。

2.4 国土资源及地质环境监测指标现状

1999～2010年，我国开展的国土资源监测工作包括土地利用动态遥感监测、国家级地下水动态监测等21项监测工作。根据各项监测工作的内容，归纳为6类专业性监测工作：①土地利用动态监测；②地下水动态监测；③突发性地质灾害监测；④缓变性地质灾害监测；⑤矿山地质环境监测；⑥生态地质环境监测（表2.3）。

表2.3 国土资源及地质环境监测工作部署表

专业分类	专题性监测工作
土地利用动态监测	土地利用动态遥感监测
	典型地区水土地质环境监测预警示范
地下水动态监测	国家级地下水动态监测网点运行与维护
	典型地区地下水动态监测示范
突发性地质灾害监测	地质灾害群测群防体系建设
	典型地区地质灾害专业监测预警示范
	全国地质灾害数据采集与监测预警

从系统性讲，现有的监测对象有的是对地质实体的监测，如地下水、土地；有的是对问题的监测，如突发及缓变性地质灾害；有的是对特定区域的监测，如矿山地质环境监测等。这些不同主题的监测，其监测网络和监测内容均存在不同程度的重复，例如：地下水水质监测与土地质量监测中的地下水水质监测重复，地下水水位监测与地面沉降中的地下水水位监测重复，矿山地质环境监测中的地面塌陷、滑坡、泥石流等监测与地质灾害监测重复，等等。由此可见，目前监测对象的设定缺乏系统性。

从科学性讲，国土资源综合地质体有其特定的组成和结构，监测工作应是在充分查明其基本组成及结构特征的基础上，布设监测网点，从各类地质问题的演变规律出发，设置监测周期，定期获取监测数据，才能实现对国土资源变动及地质环境变化特征的科学分析和趋势预测，才能为国土规划管理提供科学的决策依据。而我国现有国土资源及地质环境调查工作程度还不够高，对国土综合地质体的研究精度不够，现阶段选择的监测对象及设立的监测因子从科学性角度还需要做很多的调查、研究及监测网建设工作。

因此，立足现有监测工作，建立一套系统性和科学性较强的国土资源综合监测指标体系具有重要的现实意义。

仅供内部使用

3　国土资源综合监测指标体系的构建

3.1　国土资源综合监测

3.1.1　国土资源综合监测概念的提出

（1）政策背景

《全国矿产资源规划》（2008～2015年）中提出了“加强东北老工业基地、西部生态脆弱区、长江中下游等地区的重点矿山地质环境监测，逐步建立重点区域和重点矿山的环境监测网络，加强对全国矿山地质环境的有效监控和监测数据的快速采集、分析处理与定期发布”的重要任务。《国土资源调查评价“十二五”及长远规划框架》中明确提出了“十二五”期间将“开展重点区域国土资源综合调查，加强调查数据的系统整合与综合集成，建立综合评价的方法和标准体系，为国土空间规划、资源保护与利用、区域发展和社会经济宏观布局提供依据”、“全面增强基础地质、土地资源数量、质量和生态、矿产资源潜力与开发利用状况、地质环境背景数据的获取能力”、“通过优化土地利用、矿产资源开发和地质环境等专业监测网络布局，整合形成一批综合监测点；通过建立国土资源综合监测体系和成果信息服务平台，实现各类监测数据信息的动态管理、综合集成、分析预测以及共享”等几项重点任务。

这些思路和任务的提出，标志着新时期的国土资源管理工作已经从保障资源供给转入保障资源供给与保护地质环境并重的阶段，相应地国土资源开发管理和地质环境保护工作也进入了综合调查、综合监测、综合评价和综合监管的阶段。

（2）工作背景

纵观1999～2010年国土资源各项监测工作，监测对象有针对国土资源组成要素的，如土地和地下水；有针对区域的，如矿山、湿地、冰川；还有针对问题的，如地质灾害、荒漠化等，这种不同角度、不同要求的监测工作造成了监测网覆盖在我国局部地区出现的重复或缺失，各类监测因子的监测指标和数据出现交织或矛盾。因此明确国土资源综合监测的内涵，界定国土资源综合监测的对象，厘清国土资源综合监测的工作内容对未来科学系统地部署监测工作非常必要。

3.1.2　国土资源综合监测的内涵

“国土资源”和“地质环境”的概念在学术界有多种界定，有广义和狭义之分。广义的“国土资源”是国家主权管辖疆域范围内由自然资源和社会经济资源组成的各种资源总称，主要包括土地资源、气候资源、水资源、生物资源、矿产资源5大类自然资源，以及社会资源、人力资源和社会经济资源。广义的“地质环境”被认为是自然生态环境的一种，指由岩石圈、水圈和大气圈组成的环境系统。在长期的地质历史演化的过程中，岩石圈和水圈之间、岩石圈和大气圈之间、大气圈和水圈之间进行物质迁移和能量转换，组成了一个相对平衡的开放系统，地质环境向人类提供矿产和能源。

在本研究中依据国土资源管理部门职责，对“国土资源”和“地质环境”进行了界定。即：本书所称“国土资源”仅指我国陆域范围的土地资源，所称“地质环境”的内容结合国内外监测及研究方向，做了适当拓展，在此指陆域范围地下水环境、地质灾害、矿山地质环境、农业地质环境（水土地质环境）、城市地质环境和生态地质环境（荒漠化、湿地、海岸线、冰川雪线等）。

国土资源综合监测就是以实现国土资源及地质环境状况综合评价和宏观形势研判为总体目标，综

合考虑土地利用与地质环境问题的相关性，科学识别监测对象和监测指标，优化监测网络，对监测对象开展周期性、持续性监测，长期获取监测对象各指标变化的数据，并通过监测数据整合研究，定期客观评价我国不同时间尺度和空间尺度（城市区、农业区、工矿区、生态区等）的土地资源变动和地质环境变化态势，为国土综合规划与管理提供技术支撑和决策依据。

3.2 国土资源综合监测对象

当前，我国开展的监测工作包括土地利用动态监测、地下水动态监测、突发性地质灾害监测、缓变性地质灾害监测、矿山开发多目标监测、生态地质环境监测等，监测对象有针对国土资源组成要素的，如土地、地下水；有针对区域的，如矿区、生态区；还有针对问题的，如地质灾害等。这些监测工作，分类不够科学，监测区域和监测指标存在交叉或重叠。

建立国土资源综合监测体系，首先要确定监测对象，其次是建立较为系统的监测及评价指标体系。监测对象的确定可基于国土资源管理职责、国土资源及地质环境问题、不同国土功能区域（城市区、农业区、工矿区、生态区等）评价需求 3 种方式完成。

基于国土资源管理职责的监测对象包括：耕地、建设用地、未利用地、矿山、地质遗迹、矿业遗迹、古生物化石、地下水和地质灾害（表 3.1）。

表 3.1 国土资源部主要职责涉及监测工作情况汇总分析表

序号	主要职责	具体内容	涉及的监测对象
（一）	承担保护与合理利用土地资源、矿产资源等自然资源的责任	◇ 拟订国土资源发展规划和战略 ◇ 开展国土资源经济形势分析 ◇ 研究提出国土资源供需总量平衡的政策建议 ◇ 编制并组织实施国土规划	▶土地资源 ▶ 矿产资源
（三）	承担优化配置国土资源的责任	◇ 编制和组织实施土地利用总体规划、土地利用年度计划、土地整理复垦开发规划和其他专项规划、计划 ◇ 编制矿产资源、地质勘查和地质环境等规划 ◇ 编制地质灾害防治、矿山环境保护等其他有关专项规划	▶ 土地资源 ▶ 矿产资源 ▶ 地质环境相关要素
（五）	承担全国耕地保护的责任，确保规划确定的耕地保有量和基本农田面积不减少	◇ 监督占用耕地补偿制度执行情况 ◇ 指导未利用土地开发、土地整理、土地复垦和耕地开发的监督工作	▶ 耕地资源 ▶ 土地资源
（六）	承担及时准确提供全国土地利用各种数据的责任	◇ 组织土地资源调查、地籍调查、土地统计和动态监测	▶ 土地资源
（十一）	承担地质环境保护的责任	◇ 组织实施矿山地质环境保护 ◇ 监督管理古生物化石、地质遗迹、矿业遗迹等重要保护区、保护地 ◇ 监测、监督防止地下水过量开采和污染 ◇ 承担城市地质、农业地质、旅游地质的勘查、评价工作	▶ 矿山地质环境 ▶ 古生物化石 ▶ 地质遗迹 ▶ 矿业遗迹 ▶ 地下水 ▶ 城市、农业、旅游区地质环境
（十二）	承担地质灾害预防和治理的责任	◇ 组织、协调、指导和监督地质灾害防治工作 ◇ 制订并组织实施重大地质灾害等国土资源突发事件应急预案	▶ 地质灾害隐患点

基于国土资源及地质环境问题的监测对象：土地、矿山、地下水、土壤、地质灾害、海岸带、荒漠和湿地（表3.2）。

表3.2　与国土开发活动相关的国土资源与地质环境问题

序号	类别	主要问题
1	资源过度消耗与枯竭	土地资源浪费、矿产资源枯竭、地下水资源超采等
2	地质环境污染与破坏	地下水污染、土壤污染、次生土壤盐渍化、地下含水层破坏及疏干、崩塌滑坡泥石流、采空塌陷、地面沉降与地裂缝等
3	生态地质环境恶化	海水入侵、水土流失、荒漠化和石漠化、湿地退缩、海岸侵蚀与淤积等

针对不同国土功能区的监测对象，理论上均在上述监测对象范围之内。所以，通过前两种方式综合分析确定监测对象，开展日常监测，便可实现按城市、农业、工矿、生态等不同区域提取日常监测指标进行评价。

基于此，将表3.1和表3.2中相同的监测对象进行了合并，国土资源综合监测目标设定为2类8个（表3.3）：

表3.3　国土资源综合监测类别及监测对象

类别	监测对象	备注
土地资源监测	对象1. 耕地 对象2. 建设用地 对象3. 未利用地	未利用地包括荒草地、盐渍化土地、沙地、裸土地、石漠化土地、湿地、冰川雪线覆盖地
地质环境监测	对象4. 突发性地质灾害 对象5. 缓变性地质灾害 对象6. 地下水环境 对象7. 浅表层水土环境 对象8. 地质遗迹	1）突发性地质灾害包括：崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等； 2）缓变性地质灾害包括地面沉降、地裂缝等； 3）地质遗迹包括矿业遗迹及古生物化石等

3.3　综合监测指标框架的构建

3.3.1　构建的总体思路

分析我国国土开发格局及开发模式对国土资源及地质环境的影响，识别影响上述8项国土资源监测对象的主要因子，在充分利用现有监测工作基础上，采用“状态—压力—响应—行动”与“社会-经济-环境”相结合的综合研究方法，和国土资源监测指标与社会经济统计指标并重的原则，分级构建国土资源综合监测指标框架，并研究建立相应计算方法，构建国土资源综合监测指标体系，最终实现宏观掌握国土资源及地质环境变化特征、辅助国土资源宏观管理及决策的目标。

3.3.2　国土资源监测的主要内容

针对上述8个监测对象确定的监测内容是指标体系构建的基础。根据《国土资源监测成果集成评价与宏观部署研究》（邢丽霞等，2012），国土资源综合监测的主要对象、监测内容及评价内容见表3.4。

对象1～3是土地资源动态监测，主要目标是掌握耕地、建设用地和未利用地增减变化及空间分布特征，对各类土地的变化程度进行评价，提出调控对策建议，为国土资源部指导土地开发、土地整理、土地复垦和耕地开发工作，以及监督占用耕地补偿制度执行情况提供监测成果。

仅供内部使用

表 3.4　国土资源综合监测评价内容

监测对象	监测内容	评价内容
对象 1：耕地	耕地面积及分布	掌握耕地增减变化及空间分布情况，评价耕地变化程度
	占用耕地面积及分布	
	补偿耕地面积及分布	
对象 2：建设用地	城镇及工矿用地面积及分布	掌握建设用地增减变化与空间分布，评价建设用地变化程度
	道路交通用地面积及分布	
	水利设施用地面积及分布	
对象 3：未利用地	荒草地面积及分布	掌握未利用地变化方向、变化速率及空间分布情况
	盐碱地面积及分布	
	沙地面积及分布	
	裸地面积及分布	
	裸岩石砾地面积及分布	
	湿地（河流、湖泊水面、苇地、滩涂）面积及分布	
	冰川与积雪常年覆盖面积及分布	
对象 4：突发性地质灾害	灾害发生数量及分布	评价突发性地质灾害综合灾度，动态评价灾害危害程度及潜在风险
	人员伤亡数量及分布	
	经济损失及分布（含灾毁土地）	
对象 5：缓变性地质灾害	灾害区面积及分布	评价缓变性地质灾害综合灾度，动态评价灾害危害程度及潜在风险
	经济损失及分布（含灾毁土地）	
对象 6：地下水环境	地下水超采区面积及分布	评价地下水超采区和污染区面积及分布，动态评价地下水环境质量
	地下水降落漏斗面积及分布	
	较差-极差水分布区面积及分布	
对象 7：浅表层水土环境	较差-极差潜水分布区面积及分布	评价浅表层水土质量状况，动态评价土壤污染程度
	三类土壤分布面积及分布	
	污染物种类及分布	
对象 8：地质遗迹	地质遗迹的数量及分布	掌握地质遗迹的数量级分布特征，动态评价地质遗迹保护程度及价值变化
	保护区面积	
	地质遗迹形态变化	

对象 4～8 是地质环境监测，主要目标是掌握全国地质灾害、地下水环境问题、浅表层水土环境及地质遗迹保护等动态演变特征，并实现城市区、农业区、工矿区和生态区等不同区域地质环境状况评价，进一步提出防控对策建议，为国土资源部组织实施矿山地质环境保护、监督管理古生物化石、地质遗迹、矿业遗迹等重要保护区、保护地、监督防止地下水过量开采和污染、开展城市地质、农业地质、旅游地质评价提供监测成果。

3.3.3　技术路线

充分依托现有监测体系，按照监测内容和评价内容分析梳理所需的各类监测及统计指标，然后按照国土开发适宜性、国土开发利用强度、对国土资源及地质环境影响程度和国土整治与地质环境保护 4 个方面进行构建。

（1）国土开发适宜性（简称：适宜性）——状态指标

该指标反映土地资源禀赋及地质环境本底对人类工程经济活动的适宜程度。可从土地开发适应性、地质环境适宜性、生态环境适宜性和气候适宜性等 4 个方面评价。

仅供内部使用

（2）国土开发利用强度（简称：扰动力）——压力指标

该指标反映自然及人类经济社会活动对地质环境的扰动力，即外界因素对土地资源及地质环境的压力。可从城镇开发强度、工矿开发程度、农业开发强度和重大工程开发强度4个方面评价。

（3）对国土资源及地质环境影响程度（简称：影响程度）——响应指标

该指标反映土地资源恶化、地质环境问题的严重程度。可从地质灾害综合灾度（包括突发性地质灾害和缓变性地质灾害灾度）、耕地减少程度、农用地污染程度、地下水超采程度、地下水污染程度、未利用地变化程度、荒漠化程度、天然湿地减少程度、冰川雪线退减程度等9个方面评价。

（4）国土整治与地质环境保护水平（简称：整治水平）——行动指标

该指标反映的是国土资源管理效益及国土资源限制性利用、修复和整治情况。可从土地整理复垦程度、地质灾害防治程度、地下水环境保护程度、矿山地质环境恢复治理程度、地质遗迹保护程度等5个方面评价。

3.4 构建原则

参考可持续发展评价实践原则（Bellagio原则），本次工作中对指标的选取遵循以下原则：

1）与国土资源可持续发展目标紧密相关，体现社会、经济和环境之间的相互关系，形成以“状态-压力-响应”与“社会-经济-环境”相结合的混合模型；

2）有限目标、有限内容原则（国土资源部职能范围内）；

3）易获取性原则；

4）分级构建原则；

5）定性与定量指标相结合；

6）局部反映与整体反映相结合原则。

3.5 构建方法

指标以层次结构组织，第一级指标按照状态-压力-响应-行动模型，分成适宜性-扰动力-影响程度-整治水平4个类别，第一级指标是第二级指标评价结果的综合反映。第二级指标由能对上述4个方面进行描述或体现其特征的指标组成，第二级指标是评价指标，由第三级具体测量或统计指标经一定的数学方法计算而得。第三级指标则是原始的测量数据或统计数字，按社会-环境-经济3个领域进行分类。所以本次提出的国土资源综合监测指标是一个状态-压力-响应-行动与社会-经济-环境相结合的混合模型。

指标体系构成后，指标从下到上逐级评价并计算，上级指标由下一级的指标评价结果经加权计算获得，下一级指标的权重确定方法主要是层次分析法，个别采用变异系数法，也有直接引用其他相关行业标准。层次分析法与变异系数法确定权重的原理简述如下。

在统计理论和实践中，权重是表明各个评价指标（或者评价项目）重要性的权数，表示各个评价指标在总体中所起的不同作用。确定权重的方法较多，统计平均法、变异系数法和层次分析法是实际工作中最常用的方法。

变异系数法（Coefficient of variation method）是直接利用各项指标所包含的信息，通过计算得到指标的权重。是一种客观赋权的方法。此方法的基本做法是：在评价指标体系中，指标取值差异越大的指标，也就是越难以实现的指标，这样的指标更能反映被评价单位的差距。由于评价指标体系中的各项指标的量纲不同，不宜直接比较其差别程度。为了消除各项评价指标的量纲不同的影响，需要用各项指标的变异系数来衡量各项指标取值的差异程度。各项指标的变异系数公式如下：

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i}(i = 1,2,\cdots,n) \tag{3.1}$$

式中：V_i 为第 i 项指标的变异系数、也称为标准差系数；σ_i 为第 i 项指标的标准差；$\bar{x}_i$ 为第 i 项指标

仅供内部使用

的平均数。

各项指标的权重：

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \tag{3.2}$$

层次分析法又称 AHP 构权法（Analytichierarchyprocess，简称 AHP），是将复杂的评价对象排列为一个有序的递阶层次结构的整体，然后在各个评价项目之间进行两两的比较、判断，计算各个评价项目的相对重要性系数，即权重。AHP 构权法一般采用单准则构权法，计算过程主要分为 3 个步骤。

（1）确定指标的量化标准

层次分析法的核心问题是建立一个构造合理且一致的判断矩阵，判断矩阵的合理性受到标度的合理性的影响。所谓标度是指评价者对各个评价指标（或者项目）重要性等级差异的量化概念。确定指标重要性的量化标准常用的方法有比例标度法和指数标度法。比例标度法是以对事物质的差别的评判标准为基础，一般以 5 种判别等级表示事物质的差别。当评价分析需要更高的精确度时，可以使用 9 种判别等级来评价，见表 3.5。

表 3.5　比例标度值体系表（重要性分数 x_{ij}）

取值含义	1～9 标度	5/5～9/1 标度	9/9～9/1 标度
i 与 j 同等重要	1	1（5/5 = ）	1（9/9 = ）
i 比 j 较为重要	3	1.5（6/4 = ）	1.286（9/7 = ）
i 比 j 更为重要	5	2.33（7/3 = ）	1.8（9/5 = ）
i 比 j 强烈重要	7	4（8/2 = ）	3（9/3 = ）
i 比 j 极端重要	9	9（9/1 = ）	9（9/1 = ）
介于上述相邻两级之间重要程度的比较	2、4、6、8	1.222（4.5/4.5 = ） 1.875（6.5/3.5 = ） 3（7.5/2.5 = ） 4.67（8.5/1.5 = ）	1.125（9/8 = ） 1.5（9/6 = ） 2.25（9/4 = ） 4.5（9/2 = ）
j 与 i 比较	上述各数的倒数	上述各数的倒数	上述各数的倒数

（2）确定初始权数

初始权数的确定常常采用定性分析和定量分析相结合的方法。一般是先组织专家，请各位专家给出自己的判断数据，再综合专家的意见，最终形成初始值。将分析研究的目的、已经建立的评价指标

3.5.1 指标体系框架

指标体系为3级结构，一级指标按“状态-压力-响应-行动”分类，分别是国土开发适宜性（状态）、国土资源开发利用强度（压力）、对国土资源与地质环境影响程度（响应）、国土整治与地质环境保护水平（行动），其对应的二级指标个数为4～8个不等，全部二级指标共21个，二级指标下又对应若干个三级指标，全部三级指标共96个。指标体系结构及各级指标名称见表3.6。

表3.6 国土资源综合监测指标体系框架

一级指标	二级指标	三级指标		
		社会	经济	环境
1. 适宜性（国土开发适宜性）	1.1 土地开发适宜性	1.1.1 人口总数	1.1.2 土地总面积 1.1.3 人均农业用地面积 1.1.4 人均建设用地面积	1.1.5 生态用地面积
	1.2 地质环境适宜性			1.2.1 区域地壳稳定性 1.2.2 地质灾害易发程度 1.2.3 地下水富水性 1.2.4 地球化学异常程度
	1.3 生态环境适宜性			1.3.1 植被覆盖指数 1.3.2 生物丰度指数 1.3.3 水网密度指数 1.3.4 土地退化指数 1.3.5 环境质量指数
	1.4 气候适宜性			1.4.1 极端天气事件发生率 1.4.2 干旱指数
2. 扰动力（国土开发利用强度）	2.1 城镇开发强度	2.1.1 城市化水平	2.1.2 城市建设规模 2.1.3 城镇地下水开采率 2.1.4 已开发城镇地下空间人均占有率 2.1.7 每千人均道路里程数	2.1.5 人均城镇生活垃圾排放量 2.1.6 人均城镇生活污水排放量
	2.2 工矿开发程度	2.2.1 工矿从业人员	2.2.2 工矿占用土地面积 2.2.3 矿产资源开采率 2.2.7 工矿企业地下水开采率	2.2.4 矿山固体废物堆放量 2.2.5 工矿企业污水排放量 2.2.6 工矿企业废气排放量
	2.3 农业开发强度	2.3.1 农业人口数量		2.3.2 农用地面积 2.3.3 农业化肥施用量 2.3.4 农用地下水开采率 2.3.5 农业污水灌溉量
	2.4 重大工程开发强度			2.4.1 单位面积高速公路和铁路里程数 2.4.2 单位面积水库水电站个数 2.4.3 单位面积水库水电站容量

仅供内部使用

续表

一级指标	二级指标	三级指标		
		社会	经济	环境
3. 影响程度（对国土资源及地质环境的影响程度）	3.1 地质灾害综合灾度	3.1.1 人员伤亡数量	3.1.2 财产破坏损失 3.1.3 产业直接影响 3.1.4 产业关联影响	3.1.5 活动规模或者强度 3.1.6 活动频次 3.1.7 灾害分布面积 3.1.8 灾害危害程度 3.1.9 灾害损毁土地面积
	3.2 耕地减少程度		3.2.1 当前耕地面积	3.2.2 撂荒耕地面积 3.2.3 灾毁耕地面积 3.2.4 建筑占用耕地面积 3.2.5 矿山开发占用耕地面积 3.2.6 退耕还林还草耕地面积 3.2.7 农业结构调整减少耕地面积
	3.3 农用地污染程度	3.3.1 农地污染影响人数	3.3.2 农地质量下降经济损失	3.3.3 污染农地面积
	3.4 地下水超采程度			3.4.1 地下水超采区面积 3.4.2 地下水水位持续下降速率 3.4.3 地下水超采系数 3.4.4 泉水流量衰减系数 3.4.5 地下水超采引发的地面塌陷程度 3.4.6 地下水超采引发的地裂缝发育程度 3.4.7 地下水超采引发的地面沉降程度
	3.5 地下水污染程度			3.5.1 地下水单项指标评价等级 3.5.2 地下水综合指标评价等级 3.5.3 矿山开采对地下水含水层的破坏程度
	3.6 天然湿地减少程度			3.6.1 湿地面积减少速率 3.6.2 物种减少程度 3.6.3 湿地质量下降程度
	3.7 荒漠化（石漠化）程度			3.7.1 荒漠化（石漠化）面积 3.7.2 荒漠化（石漠化）发展速率 3.7.3 荒漠化（石漠化）程度
	3.8 冰川雪线变化程度			3.8.1 冰川面积变化量 3.8.2 冰川厚度变化量 3.8.3 雪线后退距离

仅供内部使用

续表

一级指标	二级指标	三级指标		
		社会	经济	环境
4. 整治水平（国土整治与保护水平）	4.1 土地整治复垦程度			4.1.1 土地整治面积 4.1.2 土地复垦面积 4.1.3 农业结构调整增加耕地面积
	4.2 地质灾害防治程度			4.2.1 地质灾害详细调查区面积 4.2.2 地质灾害监测区面积 4.2.3 开展地质灾害预警预报区面积 4.2.4 地质灾害成功预报率 4.2.5 地质灾害治理率
	4.3 地下水环境保护程度			4.3.1 地下水环境调查程度 4.3.2 地下水环境监测程度 4.3.3 地下水限采区面积 4.3.4 地下水易污区固体污染源控制率 4.3.5 地下水易污区污水处理率
	4.4 矿山地质环境恢复治理程度			4.4.1 矿山地质环境调查程度 4.4.2 矿山地质环境问题监测程度 4.4.3 矿山地质灾害治理程度 4.4.4 矿山废水处理率 4.4.5 固体废弃物综合利用率
	4.5 地质遗迹保护程度			4.5.1 地质遗迹区面积 4.5.2 地质遗迹保护区面积

3.5.2 指标释义、计算方法

3.5.2.1 三级指标的解释与评价标准

以下指标编号与表3.6中各指标对应。三级指标的评价数据利用国土资源及地质环境监测数据及我国统计年鉴公布的数据经统计分析或利用相关的规范标准评价得到，相关参考用表见附表。

（1.1.1）人口总数：评价区评价年份人口数量，单位为万人。数据来源于国家或地方人口普查报告或统计年鉴。

（1.1.2）土地总面积：评价区域土地总面积，单位 km^2。数据来源于国土资源统计年鉴或其他统计年鉴。

（1.1.3）人均农业用地面积：适用于农业用地面积的总量，单位为 km^2/万人。农业用地面积主要包括5个部分：耕地、园地、林地、牧草地和渔业养殖面积。来源于国家各级统计部门、各级国土资源部门和农业部门，以及中国农村统计年鉴。该指标用人均农用土地面积数来评价，即（1.1.3）指标值/农业人口数量，按值的大小分成4个等级，适宜性高、适宜性较高、适宜性中等、适宜性低，如表3.7所示。

表3.7 农业用地开发适宜性评价分级

人均农用土地面积 X/（亩·人$^{-1}$）	$X>10$	$10\geqslant X>5$	$5\geqslant X>1$	$X\leqslant 1$
评价分级	适宜性高	适宜性较高	适宜性中等	适宜性低
评价赋值	4	3	2	1

仅供内部使用

（1.2.3）地下水富水性：反应含水层的出水能力，是衡量地下水开采时含水层出水量的标志。根据含水层中一定降深条件下的井、孔涌水量，含水层的富水性可划分为强富水、富水、弱富水、贫水，评价分级如表3.12所示。一般可从当地水文地质调查及相关研究报告中找到相关数据。

表3.12　地下水富水性评价分级

最大涌水量 $X/(L \cdot s^{-1})$	$X>10$	$10 \geqslant X>1$	$1 \geqslant X>0.1$	$0.1 \geqslant X>0.01$
地下水富水性	强富水	富水	弱富水	贫水
评价分级	适宜	较适宜	适宜性差	不适宜
评价赋值	4	3	2	1

（1.2.4）地球化学异常程度：反应氟、砷、铁、碘4种元素的异常程度，主要用水文地球化学异常程度来划分，分为低、中、偏高、高4个级别，评价分级如表3.13所示。一般可从当地水文地质调查报告中查询相关地下水化学数据。若无相关数据，以当地有无与这些元素相关的地方病来判别。若有相关的地方病报道，视人口比例定为高或较高，若无，则认为地球化学异常低。

表3.13　地球化学异常程度评价分级

地球化学异常程度	低	中	偏高	高
评价分级	适宜	较适宜	适宜性差	不适宜
评价赋值	4	3	2	1

（1.3.1）植被覆盖指数：评价区域内林地、草地、耕地3种土地类型占区域面积的比重，用于反映评价区域植被覆盖的程度，计算方法如表3.14所示。

表3.14　植被覆盖指数计算表

植被类型	林地			草地			耕地	
权重	0.5			0.3			0.2	
结构类型	有林地	灌林地	疏林地	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	水浇地	旱地*
分权重	0.6	0.25	0.15	0.6	0.3	0.1	0.7	0.3
计算公式	植被覆盖指数 $=A_{veg} \times$（0.5×林地面积+0.3×草地面积+0.2×农田面积）/区域面积。式中：A_{veg}为植被覆盖指数的归一化系数，$A_{veg}=100/$（A_ 最大值），‘A_ 最大值’指某指数归一化处理前的最大值							

* 北方干旱地区旱地的权重为0.15。

（1.3.2）生物丰度指数：指通过单位面积上不同生态系统类型在生物物种数量上的差异，间接地反映被评价区域内生物丰度的丰贫程度，计算方法如表3.15所示。

表3.15　生物丰度指数计算表

生态系统	林地面积			水域面积			草地面积			耕地		其他
权重	0.35			0.28			0.21			0.11		0.05
结构类型	有林地	灌木林地	疏林地和其他林地	河流	湖泊水库	滩涂湿地	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	水田	旱地	建设用地及其他未利用地之和
分权重	0.6	0.25	0.15	0.1	0.3	0.6	0.6	0.3	0.1	0.6	0.4	1
计算公式	生物丰度指数 $=A_{bio} \times$（0.35×林地+0.21×草地+0.28×水域+0.11×耕地+0.05×（建设用地+未利用地）/区域面积。式中：A_{bio}为生物丰度指数的归一化系数											

仅供内部使用

（1.3.3）水网密度指数：指被评价区域内河流总长度、水域面积和水资源量占被评价区域面积的比重，用于反映评价区域内水的丰富程度，水网密度指数 = A_{riv} × 河流长度/区域面积 + A_{lak} × 湖库（近海）面积/区域面积 + A_{res} × 水资源量/区域面积。

式中：A_{riv}为河流长度的归一化系数；A_{lak}为湖库面积的归一化系数；A_{res}为水资源量的归一化系数。

（1.3.4）土地退化指数：指被评价区域内风蚀、水蚀、重力侵蚀、冻融侵蚀和工程侵蚀的面积占被评价区域面积的比重，用于反映被评价区域内土地退化程度，计算方法如表3.16所示。

表3.16　土地退化指数计算表

土地退化类型	轻度侵蚀	中度侵蚀	重度侵蚀
权重	0.05	0.25	0.7
计算公式	土地退化指数 = A_{ero} ×（0.05 × 轻度侵蚀面积 + 0.25 × 中度侵蚀面积 + 0.7 × 重度侵蚀面积）/区域面积。式中：A_{ero}为土地退化指数的归一化系数		

（1.3.5）环境质量指数：指被评价区域内受纳污染物负荷，用于反映评价区域所承受的环境污染压力，计算方法如表3.17所示。

表3.17　环境质量指数计算表

类型	二氧化硫（SO_2）	化学需氧量（COD）	固体废物
权重	0.4	0.4	0.2
计算公式	环境质量指数 = 0.4 ×（100 − A_{SO_2} × SO_2 排放量/区域面积）+ 0.4 ×（100 − A_{COD} × COD 排放量/区域年均降雨量）+ 0.2 ×（100 − A_{Sol} × 固体废物排放量/区域面积）		

（1.4.1）极端天气事件发生率：极端天气（气候）事件是指在一定时期内，某一区域或地点发生的频率较高或有相当强度的对人类社会有重要影响的天气气候事件。目前我国气候中心发布的监测快报中的极端天气气候事件的标准阈值是根据百分位法确定的：即对某一事件的气候标准年内的历年最大值序列从小到大进行排位，定义序列超过第95百分位值为极端多（高）事件，小于第5百分位值为极端少（低）事件。比如北京日最高气温气候标准年内历年最大值序列的第95百分位值为39.4℃，而监测到北京今天的最高气温超过39.4℃，就认为北京发生极端高温事件。该指标对当地气象部门发布的极端天气事件进行统计，以年均极端天气事件发生总数分级，分为适宜、较适宜、适宜性较差和不适宜4个等级。如表3.18所示。

表3.18　极端天气事件发生率评价分级

年均极端天气事件发生率 X/次	<2	$2 \leqslant X < 6$	$6 \leqslant X < 11$	$X \geqslant 11$
评价分级	适宜	较适宜	适宜性较差	不适宜
评价赋值	4	3	2	1

（1.4.2）干旱指数：反映气候干旱程度的指标，通常定义为年蒸发能力和年降水量的比值，评价分级如表3.19所示。

表3.19　干旱指数评价分级

干旱指数 X	$X<1$	$1 \leqslant X < 4$	$4 \leqslant X < 8$	$X \geqslant 8$
含义	湿润	半湿润	半干旱	干旱
评价分级	适宜	较适宜	适宜性较差	不适宜
评价赋值	4	3	2	1

仅供内部使用

（2.1.1）城市化水平：城市人口总数与总人口数的比值，城市人口总数按城镇户籍人口、流动人口、暂住人口的总和计算。数据来源于《中国统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》等，见附表1，评价分级如表3.20所示。

表3.20　城市化水平评价分级

城市化水平 X/%	$X>60$	$60\geqslant X>45$	$45\geqslant X>30$	$X\leqslant 30$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.1.2）城市建设规模：采用建成区面积与城市行政区面积的比值来计算，参考附表2，评价分级如表3.21所示。

表3.21　城市建设规模评价分级

城市建设规模 X/%	$X>30$	$30\geqslant X>23$	$23\geqslant X>15$	$X\leqslant 15$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.1.3）城镇地下水开采率：城镇地下水的开采量与城镇辖区内地下水可采资源量的比值，数据来源地下水资源评价报告，评价分级如表3.22所示。

表3.22　城镇地下水开采水平评价分级

城镇地下水开采率 X/%	$X>75$	$75\geqslant X>50$	$50\geqslant X>30$	$X\leqslant 30$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.1.4）已开发城镇地下空间人均占有率：城市地铁、地下管线里程数与城镇人口的比值，数据来源于各级住房和城乡建设部门、人防部门，评价分级如表3.23所示。

表3.23　已开发城镇地下空间人均占有水平评价分级

已开发城镇地下空间人均占有率 X/[m·(10^3人$^{-1}$)]	$X>4.0$	$4.0\geqslant X>3.0$	$3.0\geqslant X>1.0$	$X\leqslant 1.0$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.1.5）人均城镇生活垃圾排放量：城市生活垃圾的年排放量与城镇常住人口的比值，数据来源于各级环境保护部门公布的数据，评价分级如表3.24所示。

表3.24　人均城镇生活垃圾年均排放水平评价分级

人均城镇生活垃圾年排放量 X/[kg·(人·年)$^{-1}$]	$X>800$	$800\geqslant X>600$	$600\geqslant X>300$	$X\leqslant 300$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.1.6）人均城镇生活污水排放量：城市生活污水的日排放量与城镇常住人口的比值，数据来源于各级环境保护部门公布的数据，评价分级如表3.25所示。

表3.25　人均城镇生活污水日均排放水平评价分级

人均城镇生活污水日均排放量 X/[L·(人·天)$^{-1}$]	$X>300$	$300\geqslant X>200$	$200\geqslant X>100$	$X\leqslant 100$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

仅供试读使用

（2.1.7）每千人均道路里程数：公路、铁道等总长度与人口总数的比值，数据来源于各级交通运输部门、铁路部门，参考附表3，评价分级如表3.26所示。

表3.26　每千人道路里程水平评价分级

每千人均道路里程数 X/[km·(10^3人)$^{-1}$]	$X>10.0$	$10.0\geqslant X>4.0$	$4.0\geqslant X>1.0$	$X\leqslant 1.0$
评价分级	高	较高	中等	低
评价赋值	4	3	2	1

（2.2.1）工矿从业人员：从事工业生产和矿山开发人员总数，数据来源于国家各级统计部门的相关统计资料，评价分级如表3.27所示。

表3.27　工矿从业人员评价分级

工矿从业人数占人口总数比例 X/%	$X>10$	$10\geqslant X>6$	$6\geqslant X>3$	$3\geqslant X>1$	$X\leqslant 1$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.2）工矿占用土地面积：工业生产和矿山开采占用土地面积数量，数据来源于国家各级统计部门、各级国土资源部门和工业部门，评价分级如表3.28所示。

表3.28　工矿占用土地面积评价分级

工矿占用土地面积与总土地面积之比 X/%	$X>0.1$	$0.1\geqslant X>0.05$	$0.05\geqslant X>0.03$	$0.03\geqslant X>0.01$	$X\leqslant 0.01$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.3）矿产资源开采率：矿产开采资源量与矿产储量的比值，评价分级如表3.29所示。

表3.29　矿产资源开采率评价分级

矿产资源开采率 X/%	$X>0.04$	$0.04\geqslant X>0.03$	$0.03\geqslant X>0.02$	$0.02\geqslant X>0.01$	$X\leqslant 0.01$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.4）矿山固体废物排放量：矿山固体废物生产量与固体废物再利用量的差值，数据来源于各级环境保护部门、固体废物管理中心，评价分级如表3.30所示。

表3.30　矿山固体废物排放量评价分级

矿山固体废物排放量 X/(万t·年$^{-1}$)	$X>50$	$50\geqslant X>10$	$10\geqslant X>5$	$5\geqslant X>1$	$X\leqslant 1$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.5）工矿企业污水排放量：工矿企业污水的产生量与污水循环再利用量的差值，取决于排放流量和排放时间，数据来源于各级环境保护部门，评价分级如表3.31所示。

表3.31　企业污水排放量评价分级

企业平均污水排放量 X/[万t·(年·km^2)$^{-1}$]	$X>1.5$	$1.5\geqslant X>0.85$	$0.85\geqslant X>0.45$	$0.45\geqslant X>0.08$	$X\leqslant 0.08$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.6）工矿企业废气排放量：全年工矿企业废气的排放总量，数据来源于各级环境保护部门，评价分级如表3.32所示。

表3.32　工矿企业废气排放量等级评价分级

工矿企业废气排放量 X/[亿 m^3·(年·km^2)$^{-1}$]	$X>0.2$	$0.2\geqslant X>0.1$	$0.1\geqslant X>0.05$	$0.05\geqslant X>0.025$	$X\leqslant 0.025$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.2.7）工矿企业地下水开采率：工业和矿山地下水的开采量占地下水可开采资源量的比重，数据来源于各级国土资源部门、水利部门、工业部门和矿业部门，评价分级如表3.33所示。

表3.33　工矿企业地下水开采率评价分级

工矿企业地下水开采率 X/%	$X>7.5$	$7.5\geqslant X>3$	$3\geqslant X>1.5$	$1.5\geqslant X>0.7$	$X\leqslant 0.7$
评价分级	高	较高	中等	偏低	低
评价赋值	5	4	3	2	1

（2.3.1）农业人口数量：从事农业生产的人口总数，数据来源于国家各级统计部门、农业部门，《中国农村统计年鉴》等，农业人口分级评价如表3.34所示。

表3.34　农业人口评价分级

农业人口占当地总人口比重 X/%	$X>60$	$60\geqslant X>55$	$55\geqslant X>45$	$X\leqslant 45$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（2.3.2）农用地面积：包括耕地、林地、草地、农田水利用地等的面积，数据来源于国家各级统计部门、各级国土资源部门和农业部门，《中国农村统计年鉴》等，农用地评价分级如表3.35所示。

表3.35　农用地面积评价分级

农用地面积占总土地面积比重 X/%	$X>85$	$85\geqslant X>80$	$80\geqslant X>65$	$X\leqslant 65$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（2.3.3）农业化肥施用量：指每单位面积农业化肥施用量，反映农业生产水平与污染强度，数据来源于各级农业部门的统计，评价分级如表3.36所示。

表3.36　农业化肥施用量评价分级

农用化肥施用量 X/(kg·亩$^{-1}$)	$X>60$	$60\geqslant X>40$	$40\geqslant X>20$	$X\leqslant 20$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

注：1亩=666.6 m^2。

（2.3.4）农业灌溉地下水开采率：用于农业生产的地下水开采量占地下水可采资源量的比重，反映农业依赖地下水的程度与对环境的影响程度，评价分级如表3.37所示。

表3.37　农业灌溉地下水开采率评价分级

农业灌溉地下水开采率 X/%	$X>22$	$22\geqslant X>10$	$10\geqslant X>1$	$X\leqslant 1$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

仅供内部使用

（2.3.5）农业污水灌溉量：为节约用水等采取利用处理后的污水进行灌溉，以单位面积灌注量表示，反映农业再利用资源水平与潜在污染影响，评价分级如表3.38所示。

表3.38　农业污水灌溉量评价分级

农业污水灌溉量 $X/(m^3 \cdot hm^{-2})$	$X>900$	$900\geqslant X>600$	$600\geqslant X>300$	$X\leqslant 300$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（2.4.1）单位面积高速公路和铁路里程数：高速公路和铁路里程总和与统计区域国土面积的比值，数据来源于各级交通运输部门、铁路部门的统计数据，分级为高、较高、中等、低，如表3.39所示。

表3.39　单位面积高速公路与铁路里程数评价分级

单位面积高速公路与铁路里程数 $X/(km \cdot km^{-2})$	$X>0.1$	$0.1\geqslant X>0.03$	$0.03\geqslant X>0.01$	$X\leqslant 0.01$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（2.4.2）单位面积水库和水电站个数：统计区内的水库、水电站个数与统计区面积的比值，数据来源各级国土资源部门及水利部门，评价分级如表3.40所示。

表3.40　单位面积水库和水电站个数评价分级

单位面积水库和水电站个数 $X/[个 \cdot (万\ km)^{-2}]$	$X>2.1$	$2.1\geqslant X>0.7$	$0.7\geqslant X>0.2$	$X\leqslant 0.2$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（2.4.3）单位面积水库和水电站库容量：统计区内的水库和水电站库容量与统计区面积的比值，数据来源于各级国土资源部门及水利部门，评价分级如表3.41所示。

表3.41　单位面积水库和水电站库容量评价分级

单位面积水库和水电站库容量 $X/[亿\ m^3 \cdot (万\ km^2)^{-1}]$	$X>40$	$40\geqslant X>20$	$20\geqslant X>5$	$X\leqslant 5$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（3.1.1）人员伤亡数量：根据历史灾害发生造成的人员伤亡进行统计，数据来源于各级卫生部门、各级民政部门、各级应急办公室，评价分级如表3.42所示。

表3.42　人员伤亡数量评价分级

人员伤亡数量	死亡 X_1/人	$X_1\geqslant 30$	$30>X_1\geqslant 10$	$10>X_1\geqslant 3$	$X_1<3$
	受残人数 X_2/人	$X_2\geqslant 1000$	$1000>X_2\geqslant 100$	$100>X_2\geqslant 10$	$X_2<10$
评价分级		特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值		4	3	2	1

（3.1.2）财产破坏损失：根据历史地质灾害发生造成的直接经济损失，按照大小进行分级，数据来源于各级国土资源部门、各级财政部门，评价分级如表3.43所示。

表 3.43　财产破坏损失评价分级

直接经济损失 X/万元	$X \geqslant 1000$	$1000 > X \geqslant 500$	$500 > X \geqslant 100$	$X < 100$
评价分级	特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值	4	3	2	1

（3.1.3）产业直接影响：根据历史灾害发生对产业造成的直接经济损失与威胁人口，引起抗险救灾、灾后重建等相关的基础设施、配套设施建设对各个产业的影响，按照大小进行分级，数据来源于各级国土资源部门，评价分级如表 3.44 所示。

表 3.44　产业直接影响评价分级

产业直接影响	直接损失 X_1/万元	$X_1 \geqslant 1000$	$1000 > X_1 \geqslant 500$	$500 > X_1 \geqslant 50$	$X_1 < 50$
	直接威胁人数 X_2/人	$X_2 \geqslant 500$	$500 > X_2 \geqslant 100$	$100 > X_2 \geqslant 10$	$X_2 < 10$
评价分级		特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值		4	3	2	1

（3.1.4）产业关联影响：根据历史灾害发生造成的对产业相关联的经济损失与威胁人口，按照大小进行分级，数据来源于国土资源部门，评价分级如表 3.45 所示。

表 3.45　产业关联影响评价分级

产业关联影响	关联损失 X_1/万元	$X_1 \geqslant 10\,000$	$10\,000 > X_1 \geqslant 5000$	$5000 > X_1 \geqslant 500$	$X_1 < 500$
	间接威胁人数 X_2/人	$X_2 \geqslant 1000$	$1000 > X_2 \geqslant 500$	$500 > X_2 \geqslant 100$	$X_2 < 100$
评价分级		特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值		4	3	2	1

（3.1.5）活动规模或者强度：按照不同灾种统计，最后加权求和形成灾害活动强度，然后按强度进行分级计算，数据来源于各级国土资源部门、各级应急办公室，评价分级见表 3.46。

表 3.46　地质灾害活动规模或者强度评价分级

灾害类型	特征	评判标准			
崩塌	体积 X_1/万 m^3	$X_1 \geqslant 100$	$100 > X_1 \geqslant 10$	$10 > X_1 \geqslant 1$	$X_1 < 1$
滑坡	体积 X_2/万 m^3	$X_2 \geqslant 1000$	$1000 > X_2 \geqslant 100$	$100 > X_2 \geqslant 10$	$X_2 < 10$
泥石流	堆积物体积 X_3/万 m^3	$X_3 \geqslant 50$	$50 > X_3 \geqslant 20$	$20 > X_3 \geqslant 2$	$X_3 < 2$
岩溶塌陷	影响范围 X_4/km^2	$X_4 \geqslant 10$	$10 > X_4 \geqslant 1$	$1 > X_4 \geqslant 0.1$	$X_4 < 0.1$
地裂缝	长度 X_5/km	$X_5 \geqslant 1$	$X_5 \geqslant 1$	$X_5 < 1$	$X_5 < 1$
	宽度 X_6/m	$X_6 \geqslant 20$	$20 > X_6 > 10$	$20 > X_6 > 10$	$X_6 < 3$
地面沉降	沉降面积 X_7/km^2	$X_7 \geqslant 500$	$500 > X_7 \geqslant 100$	$100 > X_7 \geqslant 10$	$X_7 < 10$
	最大累计沉降量 X_8/m	$X_8 \geqslant 1000$	$1000 > X_8 \geqslant 500$	$500 > X_8 \geqslant 100$	$X_8 < 100$
海水入侵	入侵范围 X_9/km^2	$X_9 \geqslant 500$	$500 > X_9 \geqslant 100$	$100 > X_9 \geqslant 10$	$X_9 < 10$
	地下水氯离子最高含量 X_{10}/(mg·L^{-1})	$X_{10} \geqslant 1000$	$1000 > X_{10} \geqslant 800$	$800 > X_{10} \geqslant 500$	$500 > X_{10} \geqslant 50$
评价分级		特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
对应得分		4	3	2	1
计算公式	地质灾害活动规模和强度 = 各类型灾害评价对应得分值相加/灾害类型总数				

（3.1.6）活动频次：按照年地质灾害发生的频度分级，评价分级见表 3.47。

表 3.47　地质灾害发生频度评价分级

年均地质灾害发生频度 X/次	$X \geqslant 6$	$6 > X \geqslant 3$	$3 > X \geqslant 1$	$X < 1$
评价分级	高易发	中易发	低易发	不易发
评价赋值	4	3	2	1

（3.1.7）灾害分布面积：按照发生地质灾害的面积占评价区土地总面积的比值来说明，评价分级见表 3.48。

表 3.48　地质灾害分布面积评价分级

灾害分布面积占总土地总面积比例 X/%	$X \geqslant 10$	$10 > X \geqslant 5$	$5 > X \geqslant 1$	$X < 1$
评价分级	特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值	4	3	2	1

（3.1.8）灾害危害程度：按照地质灾害危害程度分级，评价分级见表 3.49。

表 3.49　地质灾害危害程度评价分级

受灾体损毁程度	80% 以上的受灾体发生严重损毁	80% 以上的受灾体发生中等以上损毁	80% 以上的受灾体发生轻微损毁	受灾体损毁率 <5%
一般分布位置	灾害中心地带	灾害影响区中间地带	灾害影响区边缘地带	灾害影响区以外的安全地带
评价分级	特大灾害	大灾害	中灾害	小灾害
评价赋值	4	3	2	1

（3.1.9）灾害损毁土地面积：灾害损毁土地指因地质灾害破坏失去原有功能的土地，该指标以实际因灾损毁土地面积与灾害分布面积之比来评价，评价分级见表 3.50。

表 3.50　地质灾害损毁土地面积评价分级

灾害损毁土地面积占灾害分布面积比例 X/%	$X \geqslant 10$	$10 > X \geqslant 5$	$5 > X \geqslant 1$	$X < 1$
评价分级	高	较高	中	低
评价赋值	4	3	2	1

（3.2.1）当前耕地面积：评价区当前耕地的总面积，数据来源于各级国土资源部门或土地规划单位。

（3.2.2）撂荒耕地面积：评价区内因撂荒而导致耕地减少的面积，数据来源于各级国土资源部门和农业部门、《中国统计年鉴数据库》等。

（3.2.3）灾毁耕地面积：评价区内洪水、地震、地质灾害等损毁的耕地面积，数据来源于各级国土资源部门和农业部门。

（3.2.4）建筑占用耕地面积：评价区内因建筑而占用的耕地面积，数据来源于各级国土资源部门。

（3.2.5）矿山开发占用耕地面积：评价区内矿山开采所占用耕地面积，数据来源于各级国土资源部门、农业部门、矿山部门和各级地质环境监测部门。

（3.2.6）退耕还林还草耕地面积：评价区内，从生态、社会、经济条件实际出发，将不适合农耕的土地转换为林地和草地的面积，数据来源于各级国土资源部门、农业部门，林业部门。

（3.2.7）农业结构调整减少耕地面积：调整农业结构，主要是将耕地变为园地、坑塘的面积，数据来源于各级国土资源部门、农业部门。

仅供内部使用

（3.3.1）农地污染影响人数：因污染造成土地丧失农业用途而影响的农业人口数量，数据来源于各级国土资源部门、农业部门、环境保护部门，分级评价见表3.51。

表3.51　农地污染影响人数评价分级

农地污染影响人数 X/人	$X \geqslant 1000$	$1000 > X \geqslant 100$	$100 > X \geqslant 10$	$X < 10$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（3.3.2）土地质量下降经济损失：因土地污染不能正常进行农业生产而造成的经济损失，数据来源于各级国土资源部门与农业部门，分级评价见表3.52。

表3.52　土地质量下降经济损失评价分级

土地质量下降经济损失 X/万元	$X \geqslant 500$	$500 > X \geqslant 100$	$100 > X \geqslant 10$	$X < 10$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（3.3.3）污染农地面积：受污染农地的面积，数据来源于各级国土资源部门与农业部门，分级评价见表3.53。

表3.53　污染农地面积评价分级

污染农地面积 X/km^2	$X \geqslant 100$	$100 > X \geqslant 50$	$50 > X \geqslant 10$	$X < 10$
分级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（3.4.1）地下水超采区面积：地区总的超采面积，数据来源于各级水利部门、中国地质调查局，根据《地下水超采区评价导则》（SL286—2003），评价等级见表3.54。

表3.54　地下水超采区面积评价分级

地下水超采区面积 X/km^2	$X \geqslant 5000$	$5000 > X \geqslant 1000$	$1000 > X \geqslant 500$	$X < 500$
评价分级	特大型超采	较大型超采	中型超采	小型超采
评价赋值	4	3	2	1

（3.4.2）地下水水位持续下降速率：根据《地下水超采区评价导则》（SL286－2003），年均地下水水位持续下降速率 $\eta = (H_1 - H_2)/y$。式中：η 为年均地下水水位持续下降速率（m/年）；H_1 为地下水开发利用初期的地下水水位（m）；H_2 为地下水开发利用时期之末地下水水位（m）；y 为地下水开发利用时期年数（年）。评价分级见表3.55。

表3.55　地下水水位持续下降速率评价分级

地下水水位持续下降速率 X/(m·年$^{-1}$)	$X \geqslant 2$	$2 > X \geqslant 1$	$1 > X \geqslant 0.5$	$X < 0.5$
评价分级	特大型超采	较大型超采	中型超采	小型超采
评价赋值	4	3	2	1

（3.4.3）地下水超采系数：根据《地下水超采区评价导则》（SL286—2003），地下水超采区的年均地下水超采系数 $K = (Q_{开} - Q_{补})/Q_{补}$。式中：$K$ 为年均地下水超采系数（无因次）；$Q_{开}$ 为地下水开发利用时期内年均地下水开采量（万 m^3）；$Q_{补}$ 为地下水开发利用时期内年均地下水补给量（万 m^3）。评价分级见表3.56。

仅供内部使用

表 3.56　地下水超采系数评价分级

地下水超采系数 X	$X \geqslant 0.3$	$0.3 > X \geqslant 0.1$	$0.1 > X \geqslant 0.05$	$X < 0.05$
评价分级	特大型超采	较大型超采	中型超采	小型超采
评价赋值	4	3	2	1

（3.4.4）泉水流量衰减系数：根据《地下水超采区评价导则》（SL286—2003），年均泉水流量衰减系数 $v=(Q_{泉}t_1-Q_{泉}t_2)/Q_{泉}t_1(t_1-t_2)$。式中：$v$ 为 $t_1 \sim t_2$ 期间年均泉水流量衰减系数；$Q_{泉}t_1$ 为 t_1 年年均泉水流量（m^3/s）；$Q_{泉}t_2$ 为 t_2 年年均泉水流量（m^3/s）；t_1 为初始年份；t_2 为终止年份。评价分级见表 3.57。

表 3.57　泉水流量衰减系数评价分级

泉水流量衰减系数 X	$X \geqslant 0.1$	$0.1 > X \geqslant 0.05$	$0.05 > X \geqslant 0.01$	$X < 0.01$
评价分级	特大型超采	较大型超采	中型超采	小型超采
评价赋值	4	3	2	1

（3.4.5）地下水超采引发的地面塌陷程度：因地下水的超采引发的地面塌陷，根据《地下水超采区评价导则》（SL286－2003），按照 100 km^2 范围内塌陷达到一定规模的次数来评价塌陷程度，从劣不从优，评价分级见表 3.58。

表 3.58　地下水超采引发的地面塌陷程度评价分级

塌陷规模	100 km^2 面积上发生塌陷次数 X_1	$X_1 \geqslant 5$	$5 > X_1 \geqslant 3$	$3 > X_1 \geqslant 1$	0
	100 km^2 面积上单体塌陷体积 $>1\ m^3$ 次数 X_2	$X_2 \geqslant 3$	$3 > X_2 \geqslant 2$	1	0
评价分级		程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值		4	3	2	1

（3.4.6）地下水超采引发的地裂缝发育程度：因地下水的超采引发的地裂缝，根据《地下水超采区评价导则》（SL286—2003），按照 100 km^2 范围内达到一定规模的地裂缝条数来评价，评价分级见表 3.59。

表 3.59　地下水超采引发的地裂缝发育程度评价分级

地裂缝规模	100 km^2 面积上地裂缝条数 X_1	$X_1 > 4$	$4 \geqslant X_1 > 2$	$2 \geqslant X_1 > 0$	无裂缝
	长度 >10 m，宽度 >5 cm，深度 >0.5 m 的地裂缝条数 X_2	$X_2 > 2$	$2 \geqslant X_2 > 1$	1	无裂缝
评价分级		程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值		4	3	2	1

（3.4.7）地下水超采引发的地面沉降程度：因地下水的超采引发的地面沉降，根据《地下水超采区评价导则》（SL286—2003），由地面沉降量确定等级分级计算，评价分级见表 3.60。

表 3.60　地下水超采引发的地面沉降量评价分级

地下水超采引起地面沉降量 X/mm	$X \geqslant 2000$	$2000 > X \geqslant 1000$	$1000 > X \geqslant 100$	<100
评价分级	特大型超采	较大型超采	中型超采	小型超采
评价赋值	4	3	2	1

（3.5.1）地下水单项指标评价等级：按单项组分评价，根据《地下水质量标准》（GB/T14848—93）所列分类指标，划分为 5 类，代号与类别代号相同。不同类别标准值相同时，从优不从劣，例如挥发性

仅供内部使用

酚类Ⅰ、Ⅱ类标准值均为0.001 mg/L，若水质分析结果为0.001 mg/L时，应定为Ⅰ类，不定为Ⅱ类。而当指标监测值对应的水质类型不同时，样品水质等级则从劣不从优。单指标评价分级见表3.61。

表3.61　地下水单项指标评价分级

项目序号	类别 赋值 标准值 项目	Ⅰ类(1)	Ⅱ类(2)	Ⅲ类(3)	Ⅳ类(4)	Ⅴ类(5)
1	色(度)	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
2	嗅和味	无	无	无	无	有
3	浑浊度(度)	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
4	肉眼可见物	无	无	无	无	有
5	pH	6.5～8.5			4.5～6.5,8.5～9	<4.5,>9
6	总硬度(以 $CaCO_3^{2-}$ 计)/(mg·L^{-1})	≤150	≤300	≤450	≤550	>550
7	溶解性总固体/(mg·L^{-1})	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
8	硫酸盐/(mg·L^{-1})	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
9	氯化物/(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
10	铁(Fe)/(mg·L^{-1})	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5
11	锰(Mn)/(mg·L^{-1})	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1.0	>1.0
12	铜(Cu)/(mg·L^{-1})	≤0.01	≤0.05	≤1.0	≤1.5	>1.5
13	锌(Zn)/(mg·L^{-1})	≤0.05	≤0.5	≤1.0	≤4.0	>4.0
14	钼(Mo)/(mg·L^{-1})	≤0.001	≤0.01	≤0.1	≤0.5	>0.5
15	钴(Co)/(mg·L^{-1})	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤1.0	>1.0
16	挥发性酚类(以苯酚计)/(mg·L^{-1})	≤0.001	≤0.001	≤0.002	≤0.01	>0.01
17	阴离子合成洗涤剂/(mg·L^{-1})	未检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
18	高锰酸盐指数/(mg·L^{-1})	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10	>10
19	硝酸盐(以N计)/(mg·L^{-1})	≤2.0	≤4.0	≤20	≤30	>30
20	亚硝酸盐(以N计)/(mg·L^{-1})	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	>0.1
21	氨氮(NH_4^-)/(mg·L^{-1})	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5
22	氟化物/(mg·L^{-1})	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤2.0	>2.0
23	碘化物/(mg·L^{-1})	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤1.0	>1.0
24	氰化物/(mg·L^{-1})	≤0.001	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
25	汞(Hg)/(mg·L^{-1})	≤0.000 05	≤0.000 5	≤0.001	≤0.001	>0.001
26	砷(As)/(mg·L^{-1})	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.05	>0.05
27	硒(Se)/(mg·L^{-1})	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
28	镉(Cd)/(mg·L^{-1})	≤0.000 1	≤0.001	≤0.01	≤0.01	>0.01
29	铬(Cr^{6+})/(mg·L^{-1})	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
30	铅(Pb)/(mg·L^{-1})	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
31	铍(Be)/(mg·L^{-1})	≤0.000 02	≤0.000 1	≤0.000 2	≤0.001	>0.001
32	钡(Ba)/(mg·L^{-1})	≤0.01	≤0.1	≤1.0	≤4.0	>4.0
33	镍(Ni)/(mg·L^{-1})	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤0.1	>0.1
34	DDT/(μg·L^{-1})	未检出	≤0.005	≤1.0	≤1.0	>1.0
35	六六六/(μg·L^{-1})	≤0.005	≤0.05	≤4.0	≤4.0	>4.0
36	总大肠菌群/(个·L^{-1})	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤100	>100
37	细菌总数/(个·L^{-1})	≤100	≤100	≤100	≤1000	>1000
38	总α放射性/(Bq·L^{-1})	≤0.1	≤0.1	≤0.1	>0.1	>0.1
39	总β放射性/(Bq·L^{-1})	≤0.1	≤1.0	≤1.0	>1.0	>1.0

仅供试读使用

（3.5.2）地下水综合指标评价等级：根据各监测项目对应的水质类别，分别赋值如表3.62所示，再由式（3.3）与式（3.4）计算综合评分值F，由表3.63中F值大小确定水质等级。

表3.62　地下水综合指标评价水质类型赋值

类别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
F_i	0	1	3	6	10

$$\overline{F} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} F_i \tag{3.3}$$

$$F = \sqrt{\frac{\overline{F}^2 + F_{\max}^2}{2}} \tag{3.4}$$

式中：$\overline{F}$为各单项组分评价值F_i的平均值；$F_{\max}$为各单项组分评价分值F_i中的最大值；n为项数。

表3.63　地下水综合指标评价分级表

F	$F<0.80$	$0.80\leqslant F<2.50$	$2.50\leqslant F<4.25$	$4.25\leqslant F<7.20$	$\geqslant 7.20$
评价等级	优良	良好	较好	较差	极差
赋值	1	2	3	4	5

（3.5.3）矿山开采对地下水含水层的破坏程度：指地下水含水层因矿山开采活动发生结构改变、地下水水位下降、水量减少或疏干、水质恶化等现象，参考《矿山地质环境保护与治理恢复方案编制规范》（DZ/T223—2009），对矿山开采造成的地下水含水层破坏程度进行分级，含水层特征只要符合表中所述一条即定级，且定级从劣不从优，如表3.64所示。

表3.64　矿山开采对地下水含水层的破坏程度

含水层特征（符合其中情况之一）	1）矿床充水主要含水层结构破坏，产生导水通道； 2）矿井正常涌水量>10 000 m^3/d； 3）区域地下水水位下降； 4）矿区周围主要含水层（带）水位大幅下降，或呈疏干状态，地表水体漏失严重； 5）不同含水层（组）串通，水质恶化； 6）影响集中水源地供水，矿区及周围生产、生活供水困难	1）矿井正常涌水量为3000～10 000 m^3/d； 2）矿区及周围主要含水层（带）水位下降幅度较大，地下水呈半疏干状态； 3）矿区及周围地表水体漏失较严重； 4）影响矿区及周围部分生产生活供水	1）矿井正常涌水量<3000 m^3/d； 2）矿区及周围主要含水层水位下降幅度小； 3）矿区及周围地表水体未漏失； 4）未影响到矿区及周围生产生活供水
影响程度分级	严重	较严重	较轻
赋值	5	3	1

（3.6.1）湿地面积减少速率：评价区域内单位年内湿地减少的面积，数据来源于中科院航遥监测、各级林业部门，评价分级见表3.65。

表3.65　湿地面积减少速率评价分级

湿地面积减少速率X/（km^2·年$^{-1}$）	$X\geqslant 5000$	$5000>X\geqslant 2000$	$2000>X\geqslant 500$	$X<500$
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

仅供试用

（3.6.2）湿地物种减少程度：生物的多样性遭到破坏，不同物种数量的减少，评价分级见表3.66。

表3.66　湿地物种减少程度评价分级

湿地物种减少的数量 X_1/万种	$X_1 \geqslant 10$	$10 > X_1 \geqslant 5$	$5 > X_1 \geqslant 1$	$X < 1$
国家一级保护物种 X_2/万种	$X_2 \geqslant 10$	$10 > X_2 \geqslant 5$	$5 > X_2 \geqslant 1$	无减少
国家二级保护物种 X_3/万种	$X_3 \geqslant 15$	$15 > X_3 \geqslant 7$	$7 > X_3 \geqslant 1$	无减少
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

（3.6.3）湿地质量下降程度：湿地的水质污染程度，比较现今湿地水质等级与对比时间点的湿地水质等级，评价分级见表3.67。

表3.67　湿地水质类型变化程度评价分级

湿地水质类型变化程度	Ⅲ类水以下降低>2个等级	Ⅲ类水以下降低2个等级	Ⅲ类水以下降低1个等级	Ⅲ类水以上
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

（3.7.1）荒漠化（石漠化）面积：各种程度荒漠化（石漠化）的面积，根据面积的大小分级计算，数据来源于各级绿化委员会、各级林业部门。评价分级见表3.68。

表3.68　荒漠化（石漠化）面积比例评价分级

荒漠化（石漠化）面积占土地面积比例 X/%	$X \geqslant 50$	$50 > X \geqslant 25$	$25 > X \geqslant 5$	$X < 5$
评价分级	极重度	重度	中度	轻度
评价赋值	4	3	2	1

（3.7.2）荒漠化（石漠化）发展速率：一定时间段内荒漠化（石漠化）增加面积与土地面积的比值，按照比值大小分级计算。评价分级见表3.69。

表3.69　荒漠化（石漠化）发展速率评价分级

一定时间内荒漠化（石漠化）扩大面积所占该地区面积比例 X/%	$X \geqslant 5$	$5 > X \geqslant 2$	$2 > X \geqslant 1$	$X < 1$
评价分级	极重度	重度	中度	轻度
评价赋值	4	3	2	1

（3.7.3）荒漠化（石漠化）程度：使用遥感和地理信息系统技术提取石漠化强度信息。评价分级见表3.70。

表3.70　荒漠化（石漠化）程度评价分级

荒漠化（石漠化）程度	高度石漠化	中等石漠化	轻度石漠化	森林覆盖区
评价分级	极重度	重度	中度	轻度
评价赋值	4	3	2	1

（3.8.1）冰川面积变化量：冰川形态变化的一种，有气候变化引起冰川上积累量和消融量的变更，导致冰川面积的增加或者减少，用冰川变化面积与冰川原面积的百分比表示，数据来源于各级气候中心、各级水利部门、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰心与寒区环境重点实验室，评价分级见表3.71。

表 3.71　冰川面积变化百分比评价分级

冰川面积变化百分比 X/%	$X \geqslant 15$	$15 > X \geqslant 10$	$10 > X \geqslant 5$	$X < 5$
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

（3.8.2）冰川厚度变化量：冰川厚度变化量包括在一定时间内的积累率（水当量厚度的增加速率）和一定时间内的消融量（水当量厚度的减少速率），评价分级见表 3.72。

表 3.72　冰川平均厚度变化量评价分级

冰川平均厚度变化量 X/m	$X \geqslant 30$	$30 > X \geqslant 20$	$20 > X \geqslant 10$	$X < 10$
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

（3.8.3）雪线后退距离：雪线的分布高度与气温和降雨量密切相关，雪线后退的距离即雪线较之前的海拔所上升的高程。评价分级见表 3.73。

表 3.73　雪线后退距离评价分级

雪线后退距离 X/m	$X \geqslant 20$	$20 > X \geqslant 10$	$10 > X \geqslant 5$	$X < 5$
评价分级	程度大	程度较大	程度一般	程度小
评价赋值	4	3	2	1

（4.1.1）土地整治面积：土地整治面积占该区域总面积的比例来评价，评价等级见表 3.74。

表 3.74　土地整治面积评价分级

土地整治面积占评价区总面积比例 X/%	$X > 10$	$10 \geqslant X > 1.0$	$1.0 \geqslant X > 0.1$	$X \leqslant 0.1$
评价等级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（4.1.2）土地复垦面积：指对生产建设活动和自然灾害损毁的土地，采取整治措施，使其达到可供利用状态的活动的土地总面积，通过已复垦的土地面积与被破坏的土地面积之比来评价，评价等级见表 3.75。

表 3.75　土地复垦面积评价分级

已复垦的土地面积与被破坏的土地面积之比 X/%	$X > 90$	$90 \geqslant X > 70$	$70 \geqslant X > 40$	$X \leqslant 40$
评价等级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

（4.1.3）农业结构调整增加耕地面积：农业结构的调整，主要是将非耕地如园地、林地、坡地等转化成为耕地的面积，数据来源于各级国土资源部门、农业部门。评价等级见表 3.76。

表 3.76　农业结构调整增加耕地面积评价分级

农业结构调整增加耕地面积占评价区总面积比例 X/%	$X > 10$	$10 \geqslant X > 1.0$	$1.0 \geqslant X > 0.1$	$X \leqslant 0.1$
评价等级	高	较高	中等	低
赋值	4	3	2	1

仅供内部使用

（4.5.2）地质遗迹保护区面积：地质遗迹区各级保护区的总面积，由地质遗迹各级保护区占地质遗迹区面积百分比来表示，数据来源于各级国土资源部门、《地质遗迹保护管理规定》。评价分级见表3.93。

表3.93　地质遗迹保护区面积评价分级

地质遗迹保护区占地质遗迹区面积比例 X/%	$X>60$	$60\geqslant X>40$	$40\geqslant X>20$	$X\leqslant 20$
评价分级	程度高	程度中等	程度一般	程度低
评价赋值	4	3	2	1

3.5.2.2　二级指标的解释与评价方法

以下指标编号与表3.6中二级指标对应。

（1.1）土地开发适宜性：描述土地适宜人类农业及工程活动开发指标。土地开发利用适宜性对土地利用类型适宜性的综合评判。以（1.1.1）人口总数（1.1.2）土地总面积两个指标作为基底，通过单位人均及单位面积来控制（1.1.3）人均农业用地面积、（1.1.4）人均建设用地面积、（1.1.5）人均生态用地面积适用性3个指标，进行计算，采用层次分析法确定这3个指标各自的权重。其计算过程如下：

1）对于土地开发适应性，有3个评价指标，其判断矩阵 A 见表3.94。试确定这3个指标的权数。

表3.94　土地开发利用适宜性3个指标的判断矩阵 A

指标	人均农业用地面积	人均建设用地面积	人均生态用地面积
人均农业用地面积	1	4/6	4/5
人均建设用地面积	6/4	1	6/5
人均生态用地面积	5/4	5/6	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表3.94中的数据计算 W_i：

$$W_1 = \sqrt[3]{1\times\frac{4}{6}\times\frac{4}{5}} = 0.8110$$

$$W_2 = \sqrt[3]{\frac{4}{6}\times 1\times\frac{6}{5}} = 1.2164$$

$$W_3 = \sqrt[3]{\frac{5}{4}\times\frac{5}{6}\times 1} = 1.0137$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \dfrac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 0.8110 + 1.2164 + 1.0137 = 3.0411$$

求出这3个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{0.8110}{3.0411} = 0.2667$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.2164}{3.0411} = 0.4000$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{1.0137}{3.0411} = 0.3333$$

仅供内部使用

通过以上计算结果看出：初步确定人均农业用地面积、人均建设用地面积和人均生态用地面积这3个指标的权重分别为0.2667、0.4000、0.3333。

土地开发适宜性评价如表3.95所示，评价结果分为适宜性高、适宜性较高、适宜性中等、适宜性低4个等级。

表3.95　土地适宜性评价权重分配与计算表

三级指标评分（A）	人均农用地面积（A_1）	人均建设用地面积（A_2）	生态用地面积（A_3）
权重（B）	0.2667	0.4000	0.3333
土地开发适宜性（C）	$C=A_1\times0.2667+A_2\times0.4+A_3\times0.3333$		

结果（X）	$4\geqslant X>3$	$3\geqslant X>2$	$2\geqslant X>1$	$X\leqslant1$
级别	适宜性高	适宜性较高	适宜性中等	适宜性低

注：A为三级指标评分项；B为权重项；C为各二级指标计算公式项；X为C项计算结果。下同。

（1.2）地质环境适宜性：描述地质环境对国土资源开发的适宜程度。通过（1.2.1）区域地壳稳定性、（1.2.2）地质灾害易发程度、（1.2.3）地下水富水性、（1.2.4）地球化学异常程度等指标来评价，采用层次分析法确定这4个三级指标各自的权重，最后综合评价地质环境适宜性。各三级指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用1～9标度。权重计算过程如下：

1）对于地质环境适应性，有4个评价指标，其判断矩阵A见表3.96。试确定这4个指标的权数。

表3.96　地质环境适应性4个指标的判断矩阵A

指标	区域地壳稳定性	地质灾害易发程度	地下水富水性	地球化学异常程度
区域地壳稳定性	1	9/7	9/5	9/3
地质灾害易发程度	7/9	1	7/5	7/3
地下水富水性	5/9	5/7	1	5/3
地球化学异常程度	3/9	3/7	3/5	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵A中的每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.96中的数据计算W_i：

$$W_1=\sqrt[4]{1\times\frac{9}{7}\times\frac{9}{5}\times\frac{9}{3}}=1.6232$$

$$W_2=\sqrt[4]{\frac{7}{9}\times1\times\frac{7}{5}\times\frac{7}{3}}=1.2625$$

$$W_3=\sqrt[4]{\frac{5}{9}\times\frac{5}{7}\times1\times\frac{5}{3}}=0.9018$$

$$W_4=\sqrt[4]{\frac{3}{9}\times\frac{3}{7}\times\frac{3}{5}\times1}=0.5411$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用$W_i'=\dfrac{W}{\Sigma W_i}$计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{4}W_i=1.6232+1.2625+0.9018+0.5411=4.3286$$

求出这4个指标各自的权重：

$$W_1'=\frac{W_1}{\Sigma W_i}=\frac{1.6232}{4.3286}=0.3750$$

$$W_2'=\frac{W_2}{\Sigma W_i}=\frac{1.2625}{4.3286}=0.2917$$

仅供内部使用

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.9018}{4.3286} = 0.2083$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{0.5411}{4.3286} = 0.1250$$

通过以上计算结果看出：初步确定区域地壳稳定性、地质灾害易发程度、地下水富水性、地球化学异常程度这4个指标的权重分别为0.3750、0.2917、0.2083、0.1250。

地质环境适宜性计算如表3.97所示，评价结果分为适宜性高、适宜性较高、适宜性中等、适宜性低4个等级。

表3.97　地质环境适宜性评价权重分配与计算表

三级指标评分（A）	区域稳定性（A_1）	地质灾害易发程度（A_2）	地下水富水性（A_3）	地球化学异常程度（A_4）
权重（B）	0.3750	0.2917	0.2083	0.1250
地质环境适宜性评价（C）	$C = A_1 \times 0.3750 + A_2 \times 0.2917 + A_3 \times 0.2083 + A_4 \times 0.1250$			
结果（X）	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$2 \geqslant X > 1$	$X \leqslant 1$
级别	适宜性高	适宜性较高	适宜性中等	适宜性低

（1.3）生态环境适宜性：生态环境对国土资源开发的影响，生态环境适宜性参考《2006生态环境状况评价技术规范（试行）》（HJ/T192—2006），由（1.3.1）植被覆盖指数、（1.3.2）生物丰度指数、（1.3.3）水网密度指数、（1.3.4）土地退化指数、（1.3.5）环境质量指数等指标来综合评价，计算见表3.98。评价结果分为适宜性高、适宜性较高、适宜性中等、适宜性较低、适宜性低5个等级，并分别赋值。

表3.98　生态环境适宜性指数计算与分级

三级指标评分（A）	生物丰度指数（A_1）	植被覆盖指数（A_2）	水网密度指数（A_3）	土地退化指数（A_4）	污染负荷指数（A_5）
权重（B）	0.25	0.2	0.2	0.2	0.15
生态环境适宜性（EI）	$EI = [0.25 \times A_1 + 0.2 \times A_2 + 0.2 \times A_3 + 0.2 \times (100 - A_4) + 0.15 \times A_5]/20$				
结果	$EI \geqslant 75$	$55 \leqslant EI < 75$	$35 \leqslant EI < 55$	$20 \leqslant EI < 35$	$EI < 20$
级别	适宜性高	适宜性较高	适宜性中等	适宜性较低	适宜性低
赋值	5	4	3	2	1

（1.4）气候适宜性：从气候要素出发，评价气候对国土资源开发的适宜性。通过（1.4.1）极端天气事件发生率和（1.4.2）干旱指数来评价，如表3.99所示，评价结果分为适宜性高、适宜性较高、适宜性中等、适宜性低4个等级。

表3.99　气候适宜性计算与分级

三级指标评分（A）	极端天气事件发生率（A_1）		干旱指数（A_2）	
权重（B）	0.3		0.7	
气候适宜性（C）	$C = 0.3 \times A_1 + 0.7 \times A_2$			
结果（X）	$5 \geqslant X > 4$	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$X \leqslant 2$
级别	适宜性高	适宜性较高	适宜性中等	适宜性低

（2.1）城镇开发强度：从城镇化人口数量、城镇化水平及建设规模等方面评价城镇开发的程度，反映城镇化进程的强弱。通过（2.1.1）城市化水平、（2.1.2）城市建设规模、（2.1.3）城镇地下水开采率、（2.1.4）已开发城镇地下空间人均占有率、（2.1.5）人均城镇生活垃圾排放量、（2.1.6）人均城镇生活污水排放量、（2.1.7）每千人均道路里程数来综合评价，城镇开发程度评价由上述指

标经加权计算而得。确定各三级指标的权重采用变异系数法计算城镇综合开发强度。

1）根据统计年鉴中各个指标数据（见附表），分别计算各个省份每个指标的平均数和标准差；

2）根据均值和标准差计算变异系数，上述7个指标的变异系数分别为

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{x}_1} = \frac{14.6277}{49.1097} = 0.298$$

$$V_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{x}_2} = \frac{2.8228}{1.5078} = 1.872$$

$$V_3 = \frac{\sigma_3}{\bar{x}_3} = \frac{0.2380}{0.2279} = 1.044$$

$$V_4 = \frac{\sigma_4}{\bar{x}_4} = \frac{2.1642}{3.1527} = 0.686$$

$$V_5 = \frac{\sigma_5}{\bar{x}_5} = \frac{17.0142}{24.3395} = 0.671$$

$$V_6 = \frac{\sigma_6}{\bar{x}_6} = \frac{0.0809}{0.1315} = 0.615$$

$$V_7 = \frac{\sigma_7}{\bar{x}_7} = \frac{1.0905}{1.7801} = 0.613$$

3）将各项指标的变异系数加总：

$$\sum_{i=1}^{7} V_i = 0.298 + 1.872 + 1.044 + 0.686 + 0.671 + 0.615 + 0.613 = 4.799$$

4）计算构成评价指标体系的这7个指标的权重：

$$W_1 = \frac{V_1}{\sum V_i} = \frac{0.298}{4.799} = 0.051$$

$$W_2 = \frac{V_2}{\sum V_i} = \frac{1.872}{4.799} = 0.323$$

$$W_3 = \frac{V_3}{\sum V_i} = \frac{1.044}{4.799} = 0.180$$

$$W_4 = \frac{V_4}{\sum V_i} = \frac{0.686}{4.799} = 0.118$$

$$W_5 = \frac{V_5}{\sum V_i} = \frac{0.671}{4.799} = 0.116$$

$$W_6 = \frac{V_6}{\sum V_i} = \frac{0.615}{4.799} = 0.106$$

$$W_7 = \frac{V_7}{\sum V_i} = \frac{0.613}{4.799} = 0.106$$

各指标权重见表3.100。

表3.100　城镇开发程度评价指标权重

指标	城市化水平	城镇建设规模	城镇地下水开采率	已开发城镇地下空间人均占有率	人均城镇生活垃圾排放量	人均城镇生活污水排放量	每千人均道路里程数	总和
平均数	49.1097	1.5078	0.2279	3.1527	24.3395	0.1315	1.7801	—
标准差	14.6277	2.8228	0.2380	2.1642	17.0142	0.0809	1.0905	—
变异系数	0.298	1.872	1.044	0.686	0.671	0.615	0.613	4.799
权重	0.051	0.323	0.180	0.118	0.116	0.106	0.106	1.000

注：数据来源于中国统计年鉴。

仅供内部使用

城镇开发强度综合评价见表3.101，评价结果分为高、较高、中等、低4个等级。

表3.101　城镇开发强度综合评价计算表

三级指标评分（A）	城市化水平（A_1）	城市建设规模（A_2）	城镇地下水开采率（A_3）	已开发城镇地下空间人均占有率（A_4）	人均城镇生活垃圾排放水平（A_5）	人均城镇生活污水日排放水平（A_6）	每千人均道路里程数水平（A_7）
权重（B）	0.051	0.323	0.180	0.118	0.116	0.106	0.106
城镇开发强度（C）	$C=0.051\times A_1+0.323\times A_2+0.180\times A_3+0.118\times A_4+0.116\times A_5+0.106\times A_6+0.106\times A_7$						
结果（X）	$4\geqslant X>3$	$3\geqslant X>2$	$2\geqslant X>1$	$X\leqslant 1$			
级别	高	较高	中等	低			

（2.2）工矿开发强度：综合反映工业及矿产资源开发利用程度的指标。通过（2.2.1）工矿从业人员、（2.2.2）工矿占用土地面积、（2.2.3）矿产资源开采率、（2.2.4）矿山固体废物堆放量、（2.2.5）工矿企业污水排放量、（2.2.6）工矿企业废气排放量、（2.2.7）工矿企业地下水开采率来评价，由上述分项评价结果经加权计算而得，各指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用1~9标度。计算过程如下：

1）对于工矿开发程度，有7个评价指标，其判断矩阵A见表3.102。

表3.102　工矿开发程度7个指标的判断矩阵A

指标	工矿从业人员	工矿占用土地面积	矿产资源开采率	矿山固体废物堆放量	工矿企业污水排放量	工矿企业废气排放量	工矿企业地下水开采率
工矿从业人员	1	3/2	3/8	3/5	3/6	3/4	3/7
工矿占用土地面积	2/3	1	2/8	2/5	2/6	2/4	2/7
矿产资源开采率	8/3	8/2	1	8/5	8/6	8/4	8/7
矿山固体废物堆放量	5/3	5/2	5/8	1	5/6	5/4	5/7
工矿企业污水排放量	6/3	6/2	6/8	6/5	1	6/4	6/7
工矿企业废气排放量	4/3	4/2	4/8	4/5	4/6	1	4/7
工矿企业地下水开采量	7/3	7/2	7/8	7/5	7/6	7/4	1

2）计算几何平均数。计算判断矩阵A中得每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.102中的数据计算W_i：

$$W_1=\sqrt[7]{1\times\frac{3}{2}\times\frac{3}{8}\times\frac{3}{5}\times\frac{1}{2}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{7}}=0.6595$$

$$W_2=\sqrt[7]{\frac{2}{3}\times 1\times\frac{2}{8}\times\frac{2}{5}\times\frac{2}{6}\times\frac{2}{4}\times\frac{2}{7}}=0.4396$$

$$W_3=\sqrt[7]{\frac{8}{3}\times\frac{8}{2}\times 1\times\frac{8}{5}\times\frac{8}{6}\times\frac{8}{4}\times\frac{8}{7}}=1.7586$$

$$W_4=\sqrt[7]{\frac{5}{2}\times\frac{5}{3}\times\frac{5}{8}\times 1\times\frac{5}{6}\times\frac{5}{4}\times\frac{5}{7}}=1.0991$$

$$W_5=\sqrt[7]{\frac{6}{3}\times\frac{6}{2}\times\frac{6}{8}\times\frac{6}{5}\times\frac{6}{4}\times\frac{6}{7}}=1.3189$$

$$W_6=\sqrt[7]{\frac{4}{3}\times\frac{4}{2}\times\frac{4}{8}\times\frac{4}{5}\times\frac{4}{6}\times\frac{4}{7}\times 1}=0.8793$$

$$W_7=\sqrt[7]{\frac{7}{3}\times\frac{7}{2}\times\frac{7}{8}\times\frac{7}{5}\times\frac{7}{6}\times\frac{7}{4}\times 1}=1.5387$$

仅供内部使用

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{7} W_i = 0.6595 + 0.4396 + 1.7586 + 0.6940 + 1.3189 + 0.8793 + 1.5387 = 7.6937$$

求出这 7 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{0.6595}{7.6937} = 0.0857$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{0.4396}{7.6937} = 0.0571$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{1.7586}{7.6937} = 0.2286$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{0.6940}{7.6937} = 0.1429$$

$$W_5' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.3189}{7.6937} = 0.1714$$

$$W_6' = \frac{W_6}{\sum W_i} = \frac{0.8793}{7.6937} = 0.1143$$

$$W_7' = \frac{W_7}{\sum W_i} = \frac{1.5387}{7.6937} = 0.2$$

通过以上计算结果看出：初步确定工矿从业人员、工矿占用土地面积、矿产资源开采率、矿山固体废物堆放量、工矿企业污水排放量、工矿企业废气排放量、工矿企业地下水开采量这 7 个指标的权重分别为 0.0857、0.0571、0.2286、0.1429、0.1714、0.1143、0.2。

工矿开发强度综合评价如表 3.103 所示。评价结果分为：高、较高、中等、低 4 个等级。

表 3.103　工矿开发强度综合评价计算表

三级指标评分（A）	工矿从业人员（A_1）	工矿占用土地面积（A_2）	矿产资源开采率（A_3）	矿山固体废物排放量（A_4）	工矿企业污水堆放量（A_5）	工矿企业废气排放量（A_6）	工矿企业地下水开采量（A_7）
权重（B）	0.0857	0.0571	0.2286	0.1429	0.1714	0.1143	0.2
工矿开发强度（C）	$C = 0.0857 \times A_1 + 0.0571 \times A_2 + 0.2286 \times A_3 + 0.1429 \times A_4 + 0.1714 \times A_5 + 0.1143 \times A_6 + 0.2 \times A_7$						
结果（X）	$5 \geqslant X > 4$		$4 \geqslant X > 3$		$3 \geqslant X > 2$		$2 \geqslant X > 1$
级别	高		较高		中等		低

（2.3）农业开发强度：综合反映农业生产综合强度，指一个国家或者地区在一定时间内在农业再生产过程中形成的农业生产各种要素相对稳定的综合产出水平。通过（2.3.1）农业人口数量、（2.3.2）农用地面积、（2.3.3）农业化肥施用量、（2.3.4）农用灌溉地下水开采率、（2.3.5）农业污水灌溉量等几个指标来评价。各指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用 1～9 标度。各指标权重计算过程如下：

1）对于农业开发强度，有 5 个评价指标，其判断矩阵 A 见表 3.104。试确定这 5 个指标的权重。

表 3.104　农业开发强度 5 个指标的判断矩阵 *A*

指标	农业人口数量	农用地面积	农业化肥施用量	农用地下水开采率	农业污水灌溉量
农业人口数量	1	2/3	2/6	2/7	2/5
农用地面积	3/2	1	3/6	3/7	3/5
农业化肥施用量	6/2	6/3	1	6/7	6/5
农用灌溉地下水开采率	7/2	7/3	7/6	1	7/5
农业污水灌溉量	5/2	5/3	5/6	5/7	1

仅供研究使用

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中得每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表 3.104 中的数据计算 W_i：

$$W_1 = \sqrt[5]{1 \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{5} \times \frac{2}{7}} = 0.4797$$

$$W_2 = \sqrt[5]{\frac{3}{2} \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{3}{7} \times \frac{3}{5}} = 0.7195$$

$$W_3 = \sqrt[5]{3 \times 2 \times 1 \times \frac{6}{7} \times \frac{6}{5}} = 1.4391$$

$$W_4 = \sqrt[5]{\frac{7}{2} \times \frac{7}{3} \times \frac{7}{6} \times 1 \times \frac{7}{5}} = 1.6789$$

$$W_5 = \sqrt[5]{\frac{5}{2} \times \frac{5}{3} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{7} \times 1} = 1.1992$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{5} W_i = 0.4797 + 0.7195 + 1.4391 + 1.6789 + 1.1992 = 4.5164$$

求出这 5 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{0.4797}{4.5164} = 0.0870$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{0.7195}{4.5164} = 0.1304$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{1.4391}{4.5164} = 0.2609$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{1.6789}{4.5164} = 0.3043$$

$$W_5' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.1992}{4.5164} = 0.2174$$

通过以上计算结果看出：初步确定农业人口数量、农用地面积、农业化肥施用量、农用地下水开采率和农业污水灌溉量这 5 个指标的权重分别为 0.0870、0.1304、0.2609、0.3043、0.2174。全部指标的权重之和等于 1 或 100%。

农业开发强度综合评价计算如表 3.105 所示，评价结果分为高、较高、中等、低 4 个级别。

表 3.105　农业开发强度综合评价计算表

三级指标评分（A）	农业人口数量（A_1）	农用地面积（A_2）	农用化肥施用量（A_3）	农业灌溉地下水开采率（A_4）	农业污水灌溉量（A_5）
权重（B）	0.0870	0.1304	0.2609	0.3043	0.2174
农业开发强度（C）	$C = 0.0870 \times A_1 + 0.1304 \times A_2 + 0.2609 \times A_3 + 0.3043 \times A_4 + 0.2174 \times A_5$				
结果（X）	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$2 \geqslant X > 1$	$X \leqslant 1$	
级别	高	较高	中等	低	

（2.4）重大工程开发强度：反映城镇以外的公路、铁路、水利工程等的建设强度。通过（2.4.1）单位面积高速公路和铁路里程数、（2.4.2）单位面积水库和水电站个数、（2.4.3）单位面积水库和水电站库容量来评价。重大工程开发强度评价由上述分项评价结果经加权计算而得。确定本二级指标中各三级指标的权重采用变异系数法，重大工程开发程度评价指标的权重见表 3.106。各指标权重计算过程如下：

表 3.106　重大工程开发强度评价指标权重

指标	单位面积高速公路和铁路里程数	单位面积水库和水电站个数	单位面积水库和水电站库容量	总和
平均数	0.0579	0.000 252 683	1.9585	—
标准差	0.0996	0.000 398 566	3.9973	—
变异系数	1.720	1.577	2.041	4.338
权重	0.322	0.295	0.382	1.000

注：数据来源于《2008 年中国统计年鉴》。

1）先根据我国统计年鉴年各个指标数据，分别计算各个省份每个指标的平均数和标准差。

2）根据均值和标准差计算变异系数：

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\overline{x_1}} = \frac{0.0996}{0.0579} = 1.720$$

$$V_2 = \frac{\sigma_2}{\overline{x_2}} = \frac{0.000\ 398\ 566}{0.000\ 252\ 683} = 1.577$$

$$V_3 = \frac{\sigma_3}{\overline{x_3}} = \frac{3.9973}{1.9585} = 2.041$$

3）将各项指标的变异系数加总：

$$\sum_{i=1}^{3} V_i = 1.720 + 1.577 + 2.041 = 4.338$$

4）计算构成评价指标体系的这 3 个指标的权重：

$$W_1 = \frac{V_1}{\sum V_i} = \frac{1.720}{4.338} = 0.322$$

$$W_2 = \frac{V_2}{\sum V_i} = \frac{1.577}{4.338} = 0.295$$

$$W_3 = \frac{V_3}{\sum V_i} = \frac{2.041}{4.388} = 0.382$$

经过计算，最后得出单位面积高速公路和铁路里程、单位面积水库水电站个数、单位面积水库水电站容量 3 个指标的权重分别为 0.322、0.295、0.382。

重大工程开发强度评价如表 3.107 所示，等级分为：高、较高、中等、低 4 个等级。

表 3.107　重大工程开发强度评价计算表

三级指标评分（A）	单位面积高速公路和铁路里程（A_1）	单位面积水库、水电站个数（A_2）	单位面积水库、水电站容量（A_3）
权重（B）	0.322	0.295	0.382
重大工程开发强度（C）	$C = 0.322 \times A_1 + 0.295 \times A_2 + 0.382 \times A_3$		

结果（X）	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$2 \geqslant X > 1$	$X \leqslant 1$
级别	高	较高	中等	低

（3.1）地质灾害综合灾度：指各种地质灾害的综合破坏程度，主要取决于地质灾害状况和社会经济状况。通过（3.1.1）人员伤亡数量、（3.1.2）财产破坏损失、（3.1.3）产业直接影响、（3.1.4）产业关联影响、（3.1.5）活动规模或者强度、（3.1.6）活动频次、（3.1.7）灾害分布面积、（3.1.8）灾害危害程度、（3.1.9）灾害损毁土地面积来评价，由上述分项评价结果经加权计算而得。确定本二级指标中各三级指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用 1～9 标度，具体步骤如下。

1）确定初始权数，对于地质灾害综合灾度，有 9 个评价指标，其判断矩阵 A 见表 3.108。

仅供内部使用

表 3.108　地质灾害的综合灾度 9 个指标的判断矩阵 A

指标	人员伤亡数量	财产破坏损失	产业直接影响	产业关联影响	活动频次	灾害分布面积	灾害危害程度	灾害损毁土地面积	活动规模或者强度
人员伤亡数量	1	9/5	9/2	9	3	9/6	9/7	9/4	9/8
财产破坏损失	5/9	1	5/2	5	5/3	5/6	5/7	5/4	5/8
产业直接影响	2/9	2/5	1	2	2/3	2/6	2/7	2/4	2/8
产业关联影响	1/9	1/5	1/2	1	1/3	1/6	1/7	1/4	1/8
活动频次	3/9	3/5	3/2	3	1	3/6	3/7	3/4	3/8
灾害分布面积	6/9	6/5	6/2	6	2	1	6/7	6/4	6/8
灾害危害程度	7/9	7/5	7/2	7	7/3	7/6	1	7/4	7/8
灾害损毁土地面积	4/9	4/5	4/2	4	4/3	4/6	4/7	1	4/8
活动规模或者强度	8/9	8/5	8/2	8	8/3	8/6	8/7	8/4	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中得每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表 3.108 中的数据计算 W_i：

$$W_1 = \sqrt[9]{1 \times \frac{9}{5} \times \frac{9}{2} \times 9 \times 3 \times \frac{9}{6} \times \frac{9}{7} \times \frac{9}{4} \times \frac{9}{8}} = 2.1702$$

$$W_2 = \sqrt[9]{\frac{5}{9} \times 1 \times \frac{5}{2} \times 5 \times \frac{5}{3} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{7} \times \frac{5}{4} \times \frac{5}{8}} = 1.2056$$

$$W_3 = \sqrt[9]{\frac{2}{9} \times 1 \times \frac{2}{5} \times 2 \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{6} \times \frac{2}{7} \times \frac{2}{4} \times \frac{2}{8}} = 0.4823$$

$$W_4 = \sqrt[9]{\frac{1}{9} \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{7} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{8}} = 0.2411$$

$$W_5 = \sqrt[9]{\frac{3}{9} \times 1 \times \frac{3}{5} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{6} \times 3 \times \frac{3}{7} \times \frac{3}{8} \times \frac{3}{4}} = 0.7234$$

$$W_6 = \sqrt[9]{\frac{6}{9} \times 1 \times \frac{6}{5} \times 3 \times 6 \times 2 \times \frac{6}{7} \times \frac{6}{4} \times \frac{6}{8}} = 1.4468$$

$$W_7 = \sqrt[9]{\frac{7}{9} \times 1 \times \frac{7}{2} \times 7 \times \frac{7}{3} \times \frac{7}{6} \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{4} \times \frac{7}{8}} = 1.6879$$

$$W_8 = \sqrt[9]{\frac{4}{9} \times 1 \times \frac{4}{2} \times 4 \times \frac{4}{3} \times \frac{4}{6} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{4} \times \frac{4}{8}} = 0.9645$$

$$W_9 = \sqrt[9]{\frac{8}{9} \times 1 \times 4 \times 8 \times 2 \times \frac{8}{3} \times \frac{8}{6} \times \frac{8}{5} \times \frac{8}{7}} = 1.9290$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{9} W_i = 2.1702 + 1.2056 + 0.4823 + 0.2411 + 0.7234 + 1.4468 + 1.6879 + 0.9645 + 1.9290$$

$$= 10.8508$$

求出这 9 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{2.1702}{10.8508} = 0.2000$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.2056}{10.8508} = 0.1111$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.4823}{10.8508} = 0.0444$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{0.2411}{10.8508} = 0.0222$$

$$W_5' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{0.7234}{10.8508} = 0.0667$$

$$W_6' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.4468}{10.8508} = 0.1333$$

$$W_7' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.6879}{10.8508} = 0.1556$$

$$W_8' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{0.9645}{10.8508} = 0.0889$$

$$W_9' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.9290}{10.8508} = 0.1778$$

通过以上计算结果看出：初步确定人员伤亡数、财产破坏损失、产业直接影响、产业相关影响、活动频次、灾害分布面积、灾害危害程度、灾害损毁土地面积和活动规模或者强度这9个指标的权重分别为：0.2000、0.1111、0.0444、0.0222、0.0667、0.01333、0.1556、0.0889、0.1778。

地质灾害的综合灾度评价如表3.109所示，评价结果分为高、较高、中等和低4个等级。

表3.109　地质灾害综合灾度评价计算表

三级指标评分（A）	人员伤亡数量（A_1）	财产损失破坏（A_2）	产业直接影响（A_3）	产业关联影响（A_4）	活动频次（A_5）	灾区分布面积（A_6）	灾害危险程度（A_7）	损毁土地面积（A_8）	活动规模或者强度（A_9）
权重（B）	0.2000	0.1111	0.0444	0.0222	0.0667	0.1333	0.1556	0.0889	0.1778
地质灾害综合灾度（C）	$C=0.2000\times A_1+0.1111\times A_2+0.0444\times A_3+0.0222\times A_4+0.0667\times A_5+0.1333\times A_6+0.1556\times A_7+0.0889\times A_8+0.1778\times A_9$								
结果（X）	$4\geqslant X>3$		$3\geqslant X>2$		$2\geqslant X>1$		$X\leqslant 1$		
级别	高		较高		中等		低		

（3.2）耕地减少程度：因农业结构调整、撂荒等造成的耕地数量减少。通过（3.2.1）当前耕地面积、（3.2.2）撂荒耕地面积、（3.2.3）灾毁耕地面积、（3.2.4）、建筑占用耕地面积、（3.2.5）矿山开发占用耕地面积、（3.2.6）退耕还林还草耕地面积、（3.2.7）农业结构调整减少耕地面积等几个指标来反映，分级为基本持平、略有减少、显著减少。耕地减少程度评价如表3.110所示。

表3.110　耕地减少程度评价计算表

指标	当前耕地面积（A_1）/亩	撂荒耕地面积（A_2）/亩	灾毁耕地面积（A_3）/亩	建筑占用耕地面积（A_4）/亩	矿山开发占用耕地面积（A_5）/亩	退耕还林还草耕地面积（A_6）/亩	农业结构调整减少耕地面积（A_7）/亩
耕地减少程度	耕地减少程度$=\dfrac{A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7}{A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7}$						
结果	0～0.02		0.02～0.1			>0.1	
分级	基本持平		略有减少			显著减少	
赋值	0		2			4	

仅供试读使用

（3.3）农用地污染程度：因污染导致农用地失去功能，评价功能丧失水平与其产生的影响。通过（3.3.1）农地污染影响人数、（3.3.2）农地质量下降经济损失、（3.3.3）污染农地面积几个指标来评价。由上述分项评价结果经加权计算而得。确定本二级指标中各三级指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用1～9标度。具体步骤如下。

1）确定初始权数，建立判断矩阵A。根据初始权数，进行两两比较，其初始权数形成矩阵A。对于农用地污染程度，有3个评价指标，其判断矩阵A见表3.111。试确定这3个指标的权数。

表3.111　农用地污染程度3个指标的判断矩阵A

指标	农地污染影响人数	农地质量下降经济损失	污染农地面积
农地污染影响人数	1	5/3	5/3
农地质量下降经济损失	3/5	1	1
污染农地面积	3/5	1	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵A中得每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.111中的数据计算W_i：

$$W_1 = \sqrt[3]{1 \times \frac{5}{3} \times \frac{5}{3}} = 1.4057$$

$$W_2 = \sqrt[3]{\frac{3}{5} \times 1 \times 1} = 0.8434$$

$$W_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{5} \times 1 \times 1} = 0.8434$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用$W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 1.4057 + 0.8434 + 0.8434 = 3.0925$$

求出这3个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.4057}{3.0925} = 0.4546$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{0.8434}{3.0925} = 0.2727$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.8434}{3.0925} = 0.2727$$

通过以上计算结果看出：初步确定影响人数、农地质量下降经济损失、污染农地面积这3个指标的权重分别为：0.4546、0.2727、0.2727。全部指标的权重之和等于1或100%。

农用地污染程度综合评价如表3.112所示。评价结果分为高、较高、中等、低4个等级。

表3.112　农用地污染程度综合评价计算表

三级指标评分（A）	农地污染影响人数（A_1）	农地质量下降经济损失（A_2）	污染农地面积（A_3）
权重（B）	0.4546	0.2727	0.2727
农用地污染程度（C）	$C = 0.4546 \times A_1 + 0.2727 \times A_2 + 0.2727 \times A_3$		

结果（X）	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$2 \geqslant X > 1$	$X \leqslant 1$
级别	高	较高	中等	低

（3.4）地下水超采程度：评价地下水开发是否超采及超采的程度。通过（3.4.1）地下水超采区面积、（3.4.2）地下水水位持续下降速率、（3.4.3）地下水超采系数、（3.4.4）泉水流量衰减系数、

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 1.0598 + 1.4838 + 0.6359 = 3.1795$$

求出这3个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.0598}{3.1795} = 0.3333$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.4838}{3.1795} = 0.4667$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.6359}{3.1795} = 0.2000$$

通过以上计算结果看出：初步确定地下水单项指标、地下水综合指标、矿山开采对地下含水层的破坏这3个指标的权重分别为0.3333、0.4667、0.2000。全部指标的权重之和等于1或100%。

地下水污染程度综合评价如表3.116所示，评价结果等级分为高、较高、中等、低4个等级。

表3.116　地下水污染程度综合评价计算表

三级指标评分（A）	单指标评价（A_1）	多指标评价（A_2）	矿山开采对地下含水层的破坏程度（A_3）	
权重（B）	0.3333	0.4667	0.2	
地下水污染程度（C）	$C=0.3333\times A_1+0.46667\times A_2+0.2\times A_3$			
结果（X）	$5\geqslant X>4$	$4\geqslant X>3$	$3\geqslant X>2$	$2\geqslant X>1$
级别	高	较高	中等	低

（3.6）天然湿地减少程度：湿地质和量的变化程度。通过（3.6.1）湿地面积减少速率、（3.6.2）湿地物种减少程度、（3.6.3）湿地质量下降程度来评价，湿地变化程度评价由上述分项评价结果经加权计算而得。确定各指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用1～9标度。具体步骤如下。

1）定初始权数，对于湿地变化程度，有3个评价指标，其判断矩阵A见表3.117。试确定这3个指标的权数。

表3.117　湿地变化程度3个指标的判断矩阵A

指标	湿地面积减少速率	湿地物种减少程度	湿地质量下降程度
湿地面积减少速率	1	4/5	4/3
湿地物种减少程度	5/4	1	5/3
湿地质量下降程度	3/4	3/5	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵A中得每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.117中的数据计算W_i：

$$W_1 = \sqrt[3]{1\times\frac{4}{5}\times\frac{4}{3}} = 1.0217$$

$$W_2 = \sqrt[3]{\frac{5}{4}\times1\times\frac{5}{3}} = 1.2772$$

$$W_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{4}\times\frac{3}{5}\times1} = 0.7663$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用$W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 1.0217 +$$

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 1.1856 + 1.1856 + 0.7114 = 3.0826$$

求出这3个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.1856}{3.0826} = 0.3846$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.1856}{3.0826} = 0.3846$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.7114}{3.0826} = 0.2308$$

通过以上计算结果看出：初步确定荒漠化（石漠化）面积、荒漠化（石漠化）发展速率、荒漠化（石漠化）程度这3个指标的权重分别为：0.3846、0.3846、0.2308。全部指标的权重之和等于1或100%。

荒漠化（石漠化）程度综合评价如表3.120所示，评价结果分为程度极重度、程度重度、程度中度、程度轻度4个级别。

表3.120　荒漠化（石漠化）程度综合评价计算表

三级指标评分（A）	荒漠化（石漠化）面积（A_1）	荒漠化（石漠化）发展速率（A_2）	荒漠化（石漠化）程度（A_3）
权重（B）	0.3846	0.3846	0.2308
荒漠化（石漠化）程度（C）	$C = 0.3846 \times A_1 + 0.3846 \times A_2 + 0.2308 \times A_3$		

结果（X）	$4 \geqslant X > 3$	$3 \geqslant X > 2$	$2 \geqslant X > 1$	$X \leqslant 1$
级别	程度极重度	程度重度	程度中度	程度轻度

（3.8）冰川雪线变化程度：仅从冰川面积的变化和雪线前进后退来描述。通过（3.8.1）冰川面积变化量、（3.8.2）冰川厚度变化量、（3.8.3）雪线后退距离来评价，由上述分项评价结果经加权计算而得。确定本二级指标中各三级指标的权重采用层次分析法，比例标度值体系采用1～9标度。具体步骤如下。

1）确定初始权数，对于冰川雪线变化程度，有3个评价指标，其判断矩阵A见表3.121。

表3.121　冰川雪线变化程度3个指标的判断矩阵A

指标	冰川面积变化量	冰川厚度变化量	雪线后退距离
冰川面积变化量	1	1	4/3
冰川厚度变化量	1	1	4/3
雪线后退距离	3/4	3/4	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵A中得每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.121中的数据计算W_i：

$$W_1 = \sqrt[3]{1 \times 1 \times \frac{4}{3}} = 1.1006$$

$$W_2 = \sqrt[3]{1 \times 1 \times \frac{4}{3}} = 1.1006$$

$$W_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times 1} = 0.8255$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用$W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{3} W_i = 1.1006 + 1.1006 + 0.8255 =$$

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中的每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表 3.131 中的数据计算 W_1：

$$W_1 = \sqrt[4]{1 \times \frac{5}{7} \times 1 \times \frac{5}{6}} = 0.8783$$

$$W_2 = \sqrt[4]{\frac{7}{5} \times 1 \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{6}} = 1.2297$$

$$W_3 = \sqrt[4]{1 \times \frac{5}{7} \times 1 \times \frac{5}{6}} = 0.8783$$

$$W_4 = \sqrt[4]{\frac{6}{5} \times \frac{6}{7} \times \frac{6}{5} \times 1} = 1.0540$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{5} W_i = 0.8783 + 1.2297 + 0.8783 + 1.0540 = 4.0404$$

求出这 4 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{0.8783}{4.0404} = 0.2174$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.2297}{4.0404} = 0.3043$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.8783}{4.0404} = 0.2174$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{1.0540}{4.0404} = 0.2609$$

通过以上计算结果看出：初步确定土地开发适宜性、地质环境适宜性、生态环境适宜性、气候适宜性这 4 个指标的权重分别为 0.2174、0.3043、0.2174、0.2609。

国土开发适宜性评价如表 3.132 所示，评价结果分为高、较高、中等和低 4 个级别。

表 3.132　国土开发适宜性评价计算表

二级指标评价结果（A）	土地开发适宜性（A_1）	地质环境适宜性（A_2）	生态环境适宜性（A_3）	气候适宜性（A_4）
权重（B）	0.2174	0.3043	0.2174	0.2609
国土开发适宜性（C）	$C = A_1 \times 0.2174 + A_2 \times 0.3043 + A_3 \times 0.2174 + A_4 \times 0.2609$			
结果（X）	$X > 3.5$	$3.5 \geqslant X > 2.5$	$2.5 \geqslant X > 1.5$	$X \leqslant 1.5$
级别	高	较高	中等	低

（2）国土资源开发利用强度：反映国土资源的开发利用程度，由（2.1）城镇开发强度、（2.2）工矿开发程度、（2.3）农业开发强度、（2.4）重大工程开发强度这 4 个二级指标经加权计算来评价，各二级指标权重确定方法仍采用层次分析法，计算过程如下。

1）确定初始权数，并根据初始权数，进行两两比较，建立判断矩阵 A，见表 3.133。

表 3.133　国土资源开发利用程度 4 个指标的判断矩阵 A

指标	城镇开发强度	工矿开发强度	农业开发强度	重大工程开发强度
城镇开发强度	1	7/5	7/3	7/4
工矿开发强度	5/7	1	5/3	5/4
农业开发强度	3/7	3/5	1	3/4
重大工程开发强度	4/7	4/5	4/3	1

仅供学习使用

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中得每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表 3.133 中的数据计算 W_i：

$$W_1 = \sqrt[4]{1 \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{3} \times \frac{7}{4}} = 1.5463$$

$$W_2 = \sqrt[4]{\frac{5}{7} \times 1 \times \frac{5}{3} \times \frac{5}{4}} = 1.1045$$

$$W_3 = \sqrt[4]{\frac{3}{7} \times \frac{3}{5} \times 1 \times \frac{3}{4}} = 0.6627$$

$$W_4 = \sqrt[4]{\frac{4}{7} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{3} \times 1} = 0.8836$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{5} W_i = 1.5463 + 1.1045 + 0.6627 + 0.8836 = 4.1971$$

求出这 4 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.5463}{4.1971} = 0.3684$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.1045}{4.1971} = 0.2632$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{0.6627}{4.1971} = 0.1579$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{0.8836}{4.1971} = 0.2105$$

通过以上计算结果看出：初步确定城镇开发强度、工矿开发强度、农业开发强度、重大工程开发强度这 4 个指标的权重分别为 0.3684、0.2632、0.1579、0.2105。

国土资源开发利用强度计算见表 3.134，评价结果分为高、较高、中等和低 4 个级别。

表 3.134　国土资源开发利用强度评价计算表

二级指标评价结果（A）	城镇开发强度（A_1）	工矿开发强度（A_2）	农业开发强度（A_3）	重大工程开发强度（A_4）
权重（B）	0.3684	0.2632	0.1579	0.2105
国土资源开发利用强度（C）	$C = A_1 \times 0.3684 + A_2 \times 0.2632 + A_3 \times 0.1579 + A_4 \times 0.2105$			
结果（X）	$X > 3.5$	$3.5 \geqslant X > 2.5$	$2.5 \geqslant X > 1.5$	$X \leqslant 1.5$
级别	高	较高	中等	低

（3）对国土资源及地质环境的影响程度：反映人类活动对资源环境造成的主要问题与影响程度。通过（3.1）地质灾害综合灾度、（3.2）耕地减少程度、（3.3）农用地污染程度、（3.4）地下水超采程度、（3.5）地下水污染程度、（3.6）天然湿地减少程度、（3.7）荒漠化（石漠化）程度、（3.8）冰川雪线变化程度 8 个二级指标经加权计算来评价，各二级指标权重确定方法仍采用层次分析法，计算过程如下。

1）确定初始权数，并根据初始权数，进行两两比较，建立判断矩阵 A，见表 3.135。

2）计算几何平均数，计算判断矩阵 A 中的每一行各标度数据的几何平均数，记作 W_i。根据表 3.135 中的数据计算 W_i：

表 3.135　对国土资源及地质环境影响程度 8 个指标的判断矩阵 A

指标	地质灾害综合灾度	耕地减少程度	农用地污染程度	地下水超采程度	地下水污染程度	天然湿地减少程度	荒（石）漠化程度	冰川雪线变化程度
地质灾害综合灾度	1	7/5	7/6	7/3	7/6	7/4	7/4	7/2
耕地减少程度	6/7	1	6/5	6/3	1	6/4	6/4	6/2
农用地污染程度	5/7	5/6	1	5/3	5/6	5/4	5/4	5/2
地下水超采程度	3/7	3/5	3/6	1	3/6	3/4	3/4	3/2
地下水污染程度	6/7	6/5	1	6/3	1	6/4	6/4	6/2
天然湿地变化程度	4/7	4/5	4/6	4/3	4/6	1	1	4/2
荒（石）漠化程度	4/7	4/5	4/6	4/3	4/6	1	1	4/2
冰州雪线变化程度	2/7	2/5	2/6	2/3	2/6	2/4	2/4	1

$$W_1 = \sqrt[8]{1 \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{6} \times \frac{7}{3} \times \frac{7}{6} \times \frac{7}{4} \times \frac{7}{4} \times \frac{7}{2}} = 1.6209$$

$$W_2 = \sqrt[8]{\frac{6}{7} \times \frac{6}{5} \times 1 \times \frac{6}{3} \times 1 \times \frac{6}{4} \times \frac{6}{4} \times \frac{6}{2}} = 1.3894$$

$$W_3 = \sqrt[8]{\frac{5}{7} \times 1 \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{3} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{4} \times \frac{5}{4} \times \frac{5}{2}} = 1.1578$$

$$W_4 = \sqrt[8]{\frac{3}{7} \times \frac{3}{5} \times \frac{3}{6} \times 1 \times \frac{3}{6} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{2}} = 0.6947$$

$$W_5 = \sqrt[8]{\frac{6}{7} \times \frac{6}{5} \times 1 \times \frac{6}{3} \times 1 \times \frac{6}{4} \times \frac{6}{4} \times \frac{6}{2}} = 1.3894$$

$$W_6 = \sqrt[8]{\frac{4}{7} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{6} \times \frac{4}{3} \times \frac{4}{6} \times 1 \times 1 \times \frac{4}{2}} = 0.9262$$

$$W_7 = \sqrt[8]{\frac{4}{7} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{6} \times \frac{4}{3} \times \frac{4}{6} \times 1 \times 1 \times \frac{4}{2}} = 0.9262$$

$$W_8 = \sqrt[8]{\frac{2}{7} \times \frac{2}{5} \times \frac{2}{6} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{6} \times \frac{2}{4} \times \frac{2}{4} \times 1} = 0.4631$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{8} W_i = 1.6209 + 1.3894 + 1.1578 + 0.6947 + 1.3894 + 0.9262 + 0.9262 + 0.4631 = 8.5678$$

求出这 8 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.6209}{8.5678} = 0.1892$$

$$W_2' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{1.3894}{8.5678} = 0.1621$$

$$W_3' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.15784}{8.5678} = 0.1351$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{0.6947}{8.5678} = 0.0811$$

$$W_5' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{1.3894}{8.5678} = 0.1622$$

$$W_6' = \frac{W_6}{\sum W_i} = \frac{0.9263}{8.5678} = 0.1081$$

仅供试读使用

$$W_7' = \frac{W_7}{\sum W_i} = \frac{0.9263}{8.5678} = 0.1081$$

$$W_8' = \frac{W_8}{\sum W_i} = \frac{0.4631}{8.5678} = 0.0541$$

通过以上计算结果看出：初步确定地质灾害综合灾度、耕地减少程度，农用地污染程度，地下水超采程度，地下水污染程度，天然湿地减少程度，荒漠化（石漠化）程度，冰川雪线变化程度这8个指标的权重分别为0.1892、0.1622、0.1351、0.0811、0.1622、0.1081、0.1081、0.0541。

对国土资源与地质环境影响程度评价如表3.136所示，评价结果分为高、较高、中等、低4个等级。

表3.136　对国土资源与地质环境影响程度评价计算表

二级指标（A）	地质灾害综合灾度（A_1）	耕地减少程度（A_2）	农用地污染程度（A_3）	地下水超采程度（A_4）	地下水污染程度（A_5）	天然湿地减少程度（A_6）	荒（石）漠化程度（A_7）	冰川雪线变化程度（A_8）
权重（B）	0.1892	0.1622	0.1351	0.0811	0.1622	0.1081	0.1081	0.0541
资源环境影响程度（C）	$C = A_1 \times 0.1892 + A_2 \times 0.1622 + A_3 \times 0.1351 + A_4 \times 0.0811 + A_5 \times 0.1622 + A_6 \times 0.1081 + A_7 \times 0.1081 + A_8 \times 0.0541$							
结果（X）	$X > 3.5$	$3.5 \geqslant X > 2.5$		$2.5 \geqslant X > 1.5$		$X \leqslant 1.5$		
级别	高	较高		中等		低		

（4）国土整治与保护水平：反映政府或机构对出现的资源环境问题采取的措施及治理效果。通过（4.1）土地整治复垦程度、（4.2）地质灾害防治程度、（4.3）地下水环境保护程度、（4.4）矿山地质环境恢复治理程度、（4.5）地质遗迹保护程度这5个二级指标经加权计算来评价，各二级指标权重确定过程如下。

1）确定初始权数，并根据初始权数，进行两两比较，建立判断矩阵A，如表3.137所示。

表3.137　国土整治与保护水平5个指标的判断矩阵A

指标	土地整治复垦程度	地质灾害防治程度	地下水环境保护程度	矿山地质环境恢复治理程度	地质遗迹保护程度
土地整治复垦程度	1	5/6	5/5	5/5	5/2
地质灾害防治程度	6/5	1	6/5	6/5	6/2
地下水环境保护程度	5/5	5/6	1	5/5	5/2
矿山地质环境恢复治理程度	5/5	5/6	5/5	1	5/2
地质遗迹保护程度	2/5	2/6	2/5	2/5	1

2）计算几何平均数，计算判断矩阵A中的每一行各标度数据的几何平均数，记作W_i。根据表3.137中的数据计算W_i：

$$W_1 = \sqrt[5]{1 \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{5} \times \frac{5}{5} \times \frac{5}{2}} = 1.1581$$

$$W_2 = \sqrt[5]{\frac{6}{5} \times 1 \times \frac{6}{5} \times \frac{6}{5} \times \frac{6}{2}} = 1.3897$$

$$W_3 = \sqrt[5]{\frac{5}{5} \times \frac{5}{6} \times 1 \times \frac{5}{5} \times \frac{5}{2}} = 1.1581$$

$$W_4 = \sqrt[5]{\frac{5}{5} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{5} \times 1 \times \frac{5}{2}} = 1.1581$$

$$W_5 = \sqrt[5]{\frac{2}{5} \times \frac{2}{6} \times \frac{2}{5} \times \frac{2}{5} \times 1} = 0.4632$$

3）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W_i' = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{5} W_i = 1.1581 + 1.3897 + 1.1581 + 1.1581 + 0.4632 = 4.3272$$

求出这 5 个指标各自的权重：

$$W_1' = \frac{W_1}{\sum W_i} = \frac{1.1581}{4.3272} = 0.2174$$

$$W_2' = \frac{W_2}{\sum W_i} = \frac{1.3897}{4.3272} = 0.2609$$

$$W_3' = \frac{W_3}{\sum W_i} = \frac{1.1581}{4.3272} = 0.2174$$

$$W_4' = \frac{W_4}{\sum W_i} = \frac{1.1581}{4.3272} = 0.2174$$

$$W_5' = \frac{W_5}{\sum W_i} = \frac{0.4632}{4.3272} = 0.0869$$

通过以上计算结果看出：初步确定土地整治复垦程度、地质灾害防治程度、地下水环境保护程度、矿山地质环境恢复治理程度、地质遗迹保护程度这 5 个指标的权重分别为 0.2174、0.2609、0.2174、0.2174、0.0869。

国土整治与保护水平评价如表 3.138 所示，评价结果分为高、较高、中等、低 4 个级别。

表 3.138　国土整治与环境保护水平评价计算表

二级指标评价结果（A）	土地整治复垦程度（A_1）	地质灾害防治程度（A_2）	地下水环境保护程度（A_3）	矿山地质环境恢复治理程度（A_4）	地质遗迹保护程度（A_5）
权重（B）	0.2174	0.2609	0.2174	0.2174	0.0869
国土整治与地质环境保护水平（C）	$C = A_1 \times 0.2174 + A_2 \times 0.2609 + A_3 \times 0.2174 + A_4 \times 0.2174 + A_5 \times 0.0869$				
结果（X）	$X > 3.5$	$3.5 \geqslant X > 2.5$	$2.5 \geqslant X > 1.5$	$X \leqslant 1.5$	
级别	高	较高	中等	低	

3.5.2.4　国土资源与地质环境健康指数

“中国科学院国家健康研究课题组”重大研究成果《国家健康报告》中采用了“国家健康指数（NHI）”综合衡量一个国家发展状况、发展模式和治理结构等。该项研究指出，一个国家像一个人一样，同样存在健康问题。国家作为一个复杂的生命组织系统，由代谢、免疫、神经和行为 4 个子系统组成。国家健康指数为综合衡量一个国家发展状况、发展模式和治理结构等提供了一个新视角和新维度。该项研究将国家健康类型划分为 4 类，即第一类“健康盈余型”国家、第二类“健康达标型”国家、第三类“亚健康型”国家、第四类“健康透支型”国家。

本次国土资源综合监测指标体系借鉴“国家健康指数”概念，将国土资源综合监测指标命名为“国土资源与地质环境健康指数（LRGE－HI）”。通过对 4 个一级指标的评价，辅以社会经济领域的统计指标，通过评价，得到国土资源与地质环境健康指数。

通过国土资源综合监测的 4 个一级指标得到国土资源与地质环境健康指数（LRGE－HI），仍然

仅供内部使用

采用层次分析法，通过对国土开发适宜性（DS）、国土开发利用强度（EI）、对国土资源及地质环境的影响程度（ID）和国土整治与保护水平（PL）两两比较（表3.139），确定权重，然后通过归一化和标准化处理，得到上述4个指标的权重值，分别以 W'_{DS}、W'_{BI}、W'_{ID}和 W'_{PL}表示。

表3.139　国土资源与地质环境健康指数指标的判断矩阵

指标	国土开发适宜性（DS）	国土开发利用强度（EI）	对国土资源及地质环境的影响程度（ID）	国土整治与保护水平（PL）
国土开发适宜（DS）	1	7/5	7/6	7/3
国土开发利用强度（EI）	5/7	1	5/6	5/3
对国土资源及地质环境的影响程度（ID）	6/7	6/5	1	6/3
国土整治与保护水平（PL）	3/7	3/5	3/6	1

1）根据表3.140中的权数，计算各指标的几何平均数 W'_i。

$$W_{DS} = \sqrt[4]{1 \times \frac{7}{5} \times \frac{7}{6} \times \frac{7}{3}} = 1.3972$$

$$W_{EI} = \sqrt[4]{\frac{5}{7} \times 1 \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{3}} = 0.9980$$

$$W_{ID} = \sqrt[4]{\frac{6}{7} \times \frac{6}{5} \times 1 \times \frac{6}{3}} = 1.1976$$

$$W_{PL} = \sqrt[4]{\frac{3}{7} \times \frac{3}{5} \times \frac{3}{6} \times 1} = 0.5988$$

2）归一化处理，对各几何平均数进行归一化处理，再利用 $W'_i = \frac{W_i}{\sum W_i}$ 计算，依据计算结果确定各个指标的权重系数：

$$\sum_{i=1}^{4} W_i = 1.3972 + 0.9980 + 1.1976 + 0.5988 = 4.1916$$

求出这4个指标各自的权重：

$$W'_{DS} = \frac{W_{DS}}{\sum W_i} = \frac{1.3972}{4.1916} = 0.3333$$

$$W'_{EI} = \frac{W_{DS}}{\sum W_i} = \frac{0.9980}{4.1916} = 0.2381$$

$$W'_{ID} = \frac{W_{DS}}{\sum W_i} = \frac{1.1976}{4.1916} = 0.2857$$

$$W'_{PL} = \frac{W_{DS}}{\sum W_i} = \frac{0.5988}{4.1916} = 0.1429$$

通过计算，则4个一级指标国土开发适宜性（DS）、国土开发利用强度（EI）、对国土资源及地质环境的影响程度（ID）和国土整治与保护水平（PL）的权重分别为0.3333、0.2381、0.2857、0.1429。

然后通过下式计算得到LRGE－HI值。

$$V_{LRGE-HI} = V_{DI} \times W'_{DS} - V_{EI} \times W'_{EI} - V_{ID} \times W'_{ID} + V_{PL} \times W'_{PL} \tag{3.5}$$

根据计算的 $V_{LRGE-HI}$值的大小，设定：$V_{LRGE-HI} > 0.5$ 的，定义为健康盈余，$V_{LRGE-HI}$在0.2～0.5之间的定义为健康达标，$V_{LRGE-HI}$在0.2～－0.2之间的定义为亚健康，$V_{LRGE-HI} < -0.2$ 定义为健康透支。表3.140为国土资源与地质环境健康指数计算表。

4 国土资源综合监测指标体系的服务功能

国土资源综合监测指标体系应紧密联系我国当前经济、社会、环境状况，作为我国可持续发展能力评估的重要组成部分，体现国土资源管理部门的职能定位，为满足国家和人民长远发展需要，建立对长效机制对国家支柱性资源、人民最根本生存环境与安全进行有效监测与评价，提高与公众沟通能力，向决策层提供国土资源发展状况与趋势，对可能出现的灾害或不良局面作出及时的预警。

作为以宏观管理为目标的指标体系，国土资源综合监测指标体系的服务功能主要体现在 6 个方面，这套指标应体现国土开发适宜性，从整体上反映我们国土资源和地质环境所面临的形势，有助于分析当前国土修复与整治情况，对国土开发利用规划修编提供参考，为国土资源管理部门更好地履行职能提供帮助。

4.1 满足宏观了解国土开发适宜性的需求

我国人多地少、人均资源占有量相对不足、地区间资源分布差距较大、资源利用效率相对较低，统筹规划国土的开发利用对于保障工业化和城镇化的快速、健康、有序发展至关重要。可持续发展的核心，就是经济社会发展与人口、资源、环境的协调。从经济比较发达的国家看，经济社会发展到一定阶段，人口、资源、环境的矛盾日益尖锐。这些问题不解决，不但经济发展要受到影响，而且社会发展也将面临危机。

党的十八大提出生态文明管护战略构想，该项国土资源综合监测指标体系是国土开发适宜性的具体评价因子，评价结果则是对国土开发利用现状的宏观体现。

4.2 满足宏观了解国土资源和地质环境现势状况的需求

经济和社会的发展，离不开地域空间，也离不开对土地、水源、能源、海洋等重要国土资源的开发，而资源的开发又会对生态环境产生一定影响。由于我国人口众多，人均资源相对较少，对一些重要的较紧缺的资源必须十分重视节约和高效开发利用，并注意防止由不合理开发利用资源而引起的生态环境的恶化。当前因宏观调控的约束机制尚不健全，一些建设项目的决策者多只追求经济效益，而忽视社会效益与生态效益，致使在一些严重缺水地区继续发展大量耗水的产业，在一些对环境质量要求较高的地区仍在发展污染性较大的企业。在乡镇企业发达的长江三角洲、珠江三角洲等河网地区，水源的污染已相当严重；在北方沿海地区由于地下水的过量开采形成大面积沉降漏斗，导致沉降、地基下沉和海水入侵；在中西部的一些生态脆弱地带由于过度垦牧而引起日趋严重的水土流失、土壤沙化和草原退化。

如何评价发展过程中的国土资源与地质环境的动态变化状况，需要有一套能综合反映国土资源变化趋势的指标体系，及时向决策部门提供当前经济发展与国土资源和地质环境之间是否处于协调发展的有关信息。各地区经济和社会发展应与当地的资源和环境相互协调，一些重大的资源开发工程应与区域环境的整治工程紧密结合，以促进国家和区域的可持续发展。

4.3 满足宏观了解国土修复与整治情况的需求

当前我国区域间经济发展还不够协调，布局不尽合理、重复建设现象还比较严重，造成了资金浪

费、经济效益低下、区域间发展差距扩大，生态破坏、环境恶化、耕地大量减少、矿产资源乱采滥挖、区域间水资源分配矛盾加剧等一系列问题，在一些地区已经成为影响经济运行和制约经济持续、快速、健康发展的主要因素。当前有两个趋势值得特别注意。第一是“园区”问题。由于产业雷同和缺乏基本的发展条件，有相当数量的园区，土地大量闲置或开而不发，利用效率低下。第二是国土开发整治问题。这类问题是现代化、城镇化进程中不可避免的问题。国外国土开发整治的一些经验可供我们学习与借鉴。英国自 20 世纪 20 年代开始进行区域规划，“二战”以前国土整治与区域规划主要为边远地区服务，尽可能缓和人口与就业的大量南移；“二战”时期至 20 世纪 60 年代，政府意识到仅重视从振兴边远地区缩小与中央地区的差异具有局限性，提出振兴边远地区与控制中央地区同时并举，采取诱导性措施，加强对中央地区的发展控制，把人口和就业“推”向边远地区，给边远地区若干优惠条件，吸引企业家前往发展工业；60 年代及 70 年代早期（1960～1975 年），形成了比较完整的按不同情况分别对待的分级开发区规划，对于划出的“特别开发区”、“开发区”、“中间区”分别实行不同的政策；70 年代中期以来，区域规划转向“重点开发”方面，把促进新兴工业发展的“企业区”、“科研-工业综合体园区”等作为区域规划的重点。美国的国土开发整治以 20 世纪 30 年代田纳西河流域的开发和 60 年代阿巴拉契亚区域的整治为代表。1933 年，田纳西河流域管理局成立，流域的经济发展在统一规划下，采取了一系列综合治理措施：从防洪入手，综合开发水资源；以电力带动工农业发展；因地制宜，全面发展农林牧渔各业；保护环境与开发旅游资源相结合；运用技术手段，保证规划的实施。经过 50 年的综合开发治理，田纳西河流域成为经济繁荣，环境优美的地区。阿巴拉契亚区域整治始于 1965 年，其背景是由于美国能源结构的转变，在 50 年代和 60 年代前半期，阿巴拉契亚区的煤炭产量显著下降，煤矿关闭，1960 年失业率比全国平均高出 50%。阿巴拉契亚区的开发整治通过建设发达的交通运输系统，复兴煤炭工业，综合发展经济，治理环境污染等措施，经过 20 年的整治，失业率相对下降，人均收入上升，人口外流减少，环境质量提高，整治成效较为明显。

上述国家的经验表明，政府若在发展初期抓住主要矛盾，重视国土整治，可取得显著成效。伴随我国能源结构的转变，经济结构的调整，城镇化进程的加快，人口和经济高度集聚，贫富差异悬殊、失业和犯罪率高，以及生态破坏与环境恶化等问题。政府如何采取有效措施对我国极不平衡的发展模式与突出的环境问题进行整治和修复，对实现国土均衡开发，解决人口和生产力布局过分集中等问题具有重要的意义。

4.4 满足调整和编制国土开发利用规划的需求

从国内看，我们从 20 世纪 80 年代开始，进行了一轮国土规划，也先后实施了两轮土地利用总体规划，在促进区域协调发展和控制建设用地规模、保护耕地、改善生态环境等方面发挥了重要作用。除了城市规划之外，建设部正推进城镇体系规划。土地利用总体规划、城镇体系规划、城市规划等都属于空间规划，但总的来说，我国的空间规划体系尚不够完善，主要是缺乏高层次、战略性、起统领作用的国土规划。在经济全球化和我国加入世界贸易组织的新形势下，国家的粮食安全、石油安全和生态安全等已引起各方关注，所有这些安全都离不开国土资源的支撑和保障，因而客观上要求从国家战略高度对国土进行综合规划，这就离不开国土资源综合监测。

4.5 满足国土资源部门履行职能的需求

国土资源部门承担着保护与合理利用土地资源、矿产资源、海洋资源等自然资源的责任。国土资源部门要组织拟订国土资源发展规划和战略，开展国土资源经济形势分析，研究提出国土资源供需总量平衡的政策建议，参与国家宏观经济运行、区域协调、城乡统筹的研究并拟订涉及国土资源的调控政策和措施。编制并组织实施国土规划，制定并组织实施国土资源领域资源节约集约利用和循环经济

的政策措施。

这些规划与战略的制定需要对全国国土与资源利用的状况有清楚的认识，不仅要掌握信息了解国土资源本身是否适合开发，也要清楚在已开发地区出现的问题与矛盾，对解决这些问题已经采取了哪些措施。国土资源监测综合指标体系正是从适宜性-扰动力-影响程度-整治水平这 4 个方面来评价国土资源开发状况，最大可能地满足国土资源部门履行部门职能的基础数据需求。

仅供内部使用

5 典型区实证研究及结果分析

在全国范围内选择3个典型区，然后在3个典型区利用这套国土资源综合监测指标体系进行实证研究，评价结果与当地的实际情况对比，以验证该指标体系的实用性。评价过程中，通过典型区所在的当地相关部门获取了这3个评价区2005年和2010年的两期三级指标数据，然后由这些数据分别进行二级指标、一级指标及国土资源与地质环境健康指数的计算和评价，最后将结果反馈，当地相关部门比较评价结果与实际情况的偏差，得出本套国土资源监测指标体系的实用性结论。

考虑到地形地貌特征、国土资源利用现状及数据系列的完整性，本次实证研究的典型区从西北、华北与华南地区选择，分别是宁夏回族自治区石嘴山市、河北省唐山市与广东省江门市新会区。

5.1 石嘴山市实证研究

5.1.1 石嘴山市概况

5.1.1.1 自然地理

石嘴山市位于东经105°58′～106°39′，北纬38°21′～39°25′之间，辖两区一县，即大武口区、惠农区和平罗县。2010年总人口73万人。总面积5310 km^2，东西宽约88.8 km，南北长119.5 km。东临鄂尔多斯台地，西踞银川平原北部。海拔在1090～3475.9 m之间，按地形地貌可分为贺兰山山地、贺兰山东麓洪积扇冲积平原、黄河冲积平原和鄂尔多斯台地4种类型。石嘴山市属典型的温带大陆性气候，年平均气温8.4℃～9.9℃。年平均降水量在167.5～188.8 mm，分布较为均匀。年平均蒸发量在1708.7～2512.6 mm之间，处于干旱半干旱地区。

石嘴山市区内有60多千米的包兰电气化铁路，74 km的（石嘴山）中（宁）高速公路、109国道、110国道、包（头）兰（州）铁路纵贯南北；山水大道、大平、平陶、红礼、姚汝等公路干线横穿东西；平汝和厂矿专用铁路线，以及79条公路支线、3座大型公铁立交桥和1座公路立交桥组成四通八达公（铁）路网；通车里程达1200 km，形成纵横交错的交通框架。黄河航运拥有渡船39艘，浮桥2座，渡口11个，航线144 km；陶乐黄河大桥和石嘴山黄河大桥成为沟通宁蒙两区的跨区交通要塞。

5.1.1.2 社会经济发展现状

（1）经济和社会发展概况

石嘴山市成立50年来，社会经济发展取得长足进步，基础设施严重滞后的状况得到了很大改善。建立了以煤炭、电力为基础，机械制造、钽铌铍稀有金属、镁及镁合金、特种合金、多晶硅光伏材料、碳基材料等优势产业集群为支柱的具有现代化水平和区域地方特点的产业新格局；着力打造煤－电－冶循环经济、电石－PVC、氯碱化工、精细化工、生物化工等产业，加快建设全国重要的能源化工基地。2009年全市规模以上工业总产值402.82亿元、生产总值270.78亿元，比上年增长13.2%。2005～2009年全市生产总值年均增长率为14.4%，经济增长速度连续5年高于全区平均水平。

（2）矿业基本情况

2009年石嘴山市矿业及相关产业总产值281.02亿元，占全市规模以上工业总产值的69.76%，其中矿业总产值119.88亿元，比上年增长22.4%，占石嘴山市工业总产值的29.76%；矿业相关产

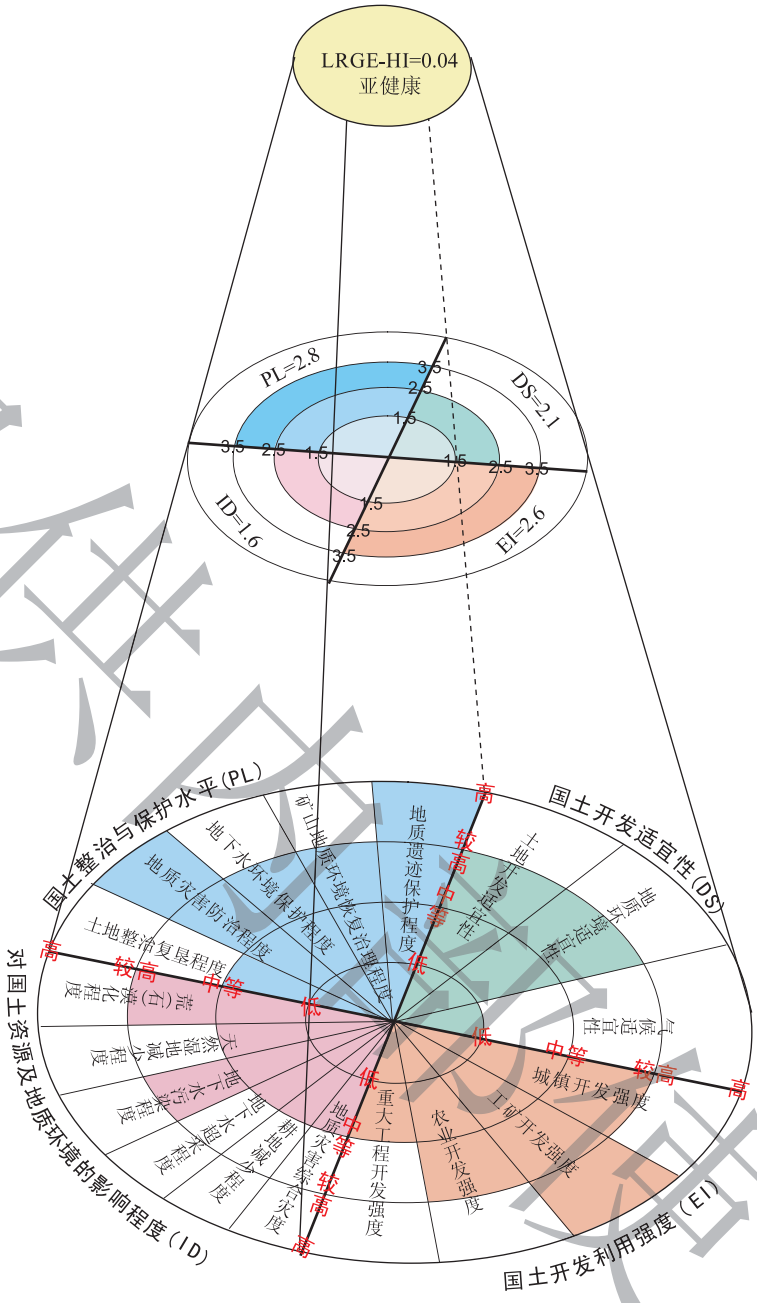


图 5. 1　石嘴山市 2005 年评价结果图

这 6 个指标仍保持 2005 年的水平，分别为中等、基本不变、中等、较高、程度一般、较高，但是值有所变化。

4）国土整治与保护水平的 5 个指标均有评价。其中地下水环境保护程度在 2010 年提高了一个级别，由程度较高变为程度高，其余 3 个指标如地质灾害防治程度、矿山地质环境恢复治理程度与地质遗迹保护程度则保持不变，分别为程度高、程度较高、程度高的水平，土地整治复垦程度保持中等水平。

一级指标评价图上，2005 年与 2010 年没有差别，在国土开发适宜性保持了中等水平，在国土开发利用强度上也保持较高水平，对国土资源与地质环境的影响程度也为中等，而国土整治与保护则为较高水平，但是具体的取值有不同。

仅供内部使用

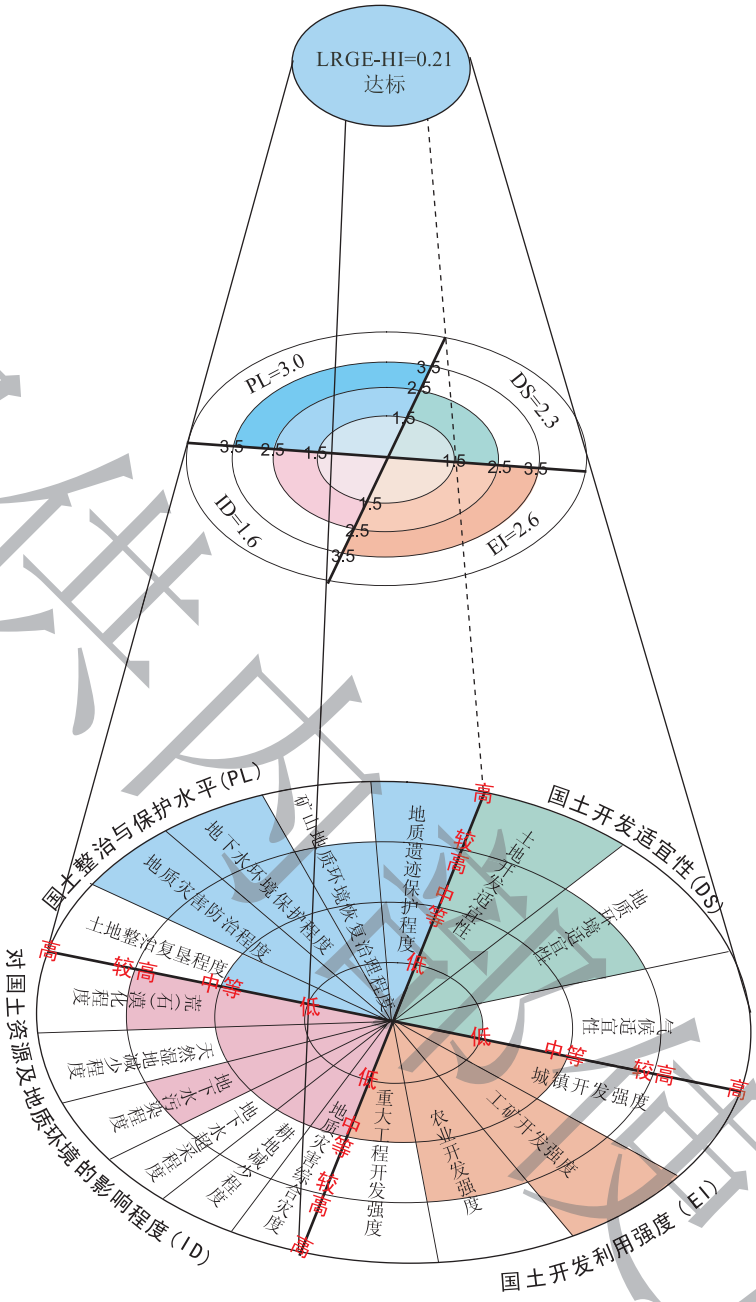


图 5. 2　石嘴山市 2010 年评价结果图

在国土资源与地质环境健康指数上，2005 年与 2010 年差别较大。2005 年为亚健康水平，2010 年则达标。究其原因，在 2010 年其土地开发适宜性有所提高，而城镇开发强度由于人均排污量的下降导致评分降低，同时地下水环境保护程度提高，导致最终计算得出的健康指数升高，为达标水平。国土资源与地质环境健康指数说明石嘴山市国土资源与地质环境健康水平有所改善。

5. 1. 3　评价结果与实际情况比较

将评价结果返回当地有关部门，得到了如下的评价：

地质环境适宜性较高，气候适宜性低比较合理。石嘴山市矿产资源丰富，一般都分布在山区，山

仅供内部使用

区人员稀少，无农田，降雨量少，地质灾害微弱；在国土开发利用强度上工矿业的强度最大，由此产生严重的荒漠化与地下水污染问题，石嘴山市是一个工业城市，主要以煤炭资源的开发为主，2000年以来，露天开采力度加大，对环境的破坏比较严重，由此产生严重的荒漠化，煤矿开采在山区，山区地下水量少，降雨量也少，对地下水污染不太严重。

在环境保护方面，石嘴山市地质灾害防治程度与地质遗迹保护水平都很高，地下水环境与矿山环境恢复也做得比较好的提法比较合理。石嘴山市近年来对矿山开采引起的地貌破坏、地面塌陷、地裂缝等地质灾害治理方面投入了大量资金，重点矿区的面貌焕然一新，市区及其周围的环境建设也取得了很大的成绩。2005～2010年以来土地开发适宜性有所提高，而城镇开发强度由于人均排污量的下降导致评分降低，同时在保护水平方面地下水环境保护程度提高，所以导致最终计算得出的健康指数升高，评价结果为达标水平。

5.2 唐山市实证研究

5.2.1 唐山市概况

5.2.1.1 自然地理

唐山市位于河北省东北部，东经117°45′～118°35′，北纬39°03′～40°05′，北依长城为界与承德相接，南临渤海，东与秦皇岛市接壤，西与天津市相邻。现辖2市（迁安市、遵化市），6县（迁西县、玉田县、滦县、滦南县、乐亭县、唐海县），6区（丰润区、开平区、古冶区、丰南区、路南区、路北区）及芦台、汉沽两个农场，总面积14 335 km^2，其中市区面积为3568 km^2，平原区面积为8341 km^2。

唐山市位于燕山褶皱带和华北凹陷的交接部位，唐山市地势北高南低，自北向南作阶梯状下降，以50 m等高线界定，北部为低山丘陵区，南部为平原区。

山丘区地面标高一般在50～600 m之间，山地经长期侵蚀、剥蚀，形态复杂。较大山间盆地有遵化、迁安盆地。盆地内地形开阔平坦，中间均有河流贯穿并发育Ⅰ、Ⅱ级阶地。平原区地势由北向南倾斜，地面标高为2～50 m，地面坡降在0.6‰左右。

唐山市属暖温带半湿润季风型大陆性气候区。全市多年平均气温为10.6℃，全市多年平均降水量为644.2 mm，其中汛期降水量为526.5 mm，占年降水量的82%左右。水热条件较好，适于小麦、玉米、水稻、花生等多种作物和各种干鲜果品林的生长。

唐山市境内有滦河、蓟运河、冀东沿海三大水系，共有河流70余条，其中流域面积超过200 km^2的较大河流有滦河、还乡河、陡河、沙河及蓟运河。

截至2008年年底，全市已发现固体矿产43种，其中：黑色金属矿产3种，有色金属矿产4种，贵金属及稀有金属矿产3种，能源矿产1种，化工原料矿产6种，建材及其他非金属矿产22种。全市有20种固体矿产地184处（其中大型29处、中型76、小型79处）记入省矿产储量表，有煤43处，铁70处、铬2处、金11处、非金属53处，有色金属5处（4处共生矿产）。已发现地热点18个，井深400～2700 m不等。区内现有9个热水井在开发利用，主要用于洗浴和养殖罗非鱼、甲鱼及虾苗越冬。

5.2.1.2 社会经济概况

目前，唐山市已经形成了以钢铁、煤炭、电力、建材、机械、化工、陶瓷等为主的较为完备的工业体系，是我国重要的能源原材料基地。2008年唐山市国民生产总值达到3561.19亿元、全部财政收入405.82亿元，均居河北省首位。2008年全市城镇居民人均可支配收入和农民人均纯收入分别达到16 382元和6625元。

唐山市利用丰富的矿产资源优势，积极发展采矿、冶金、建材、陶瓷、机械、电子、医药、盐化工产业，尤其是建材和陶瓷工业在全国乃至世界颇具盛名。区域内形成了门类齐全的工业体系，已形

成煤炭、钢铁、电力、建材、机械、化工、陶瓷、纺织、造纸等十大支柱产业；五大产业基地：精品钢材、基础能源、优质建材、装备制造和化工；机电一体化、电子信息、生物工程、新材料4个高新技术产业群体扎实起步。唐山市现有开滦、唐钢、冀东水泥、机车车辆、三友碱业、唐山陶瓷等一大批大型骨干优势企业。

近年来，唐山市坚持用蓝色思路改写煤都历史，深入实施依海强市、以港兴市战略，加速生产力布局向沿海推进，加快沿海临港产业聚集发展。围绕壮大新型工业化龙头，以曹妃甸为重点，以产业聚集为核心，掀起唐山湾“四点一带”开发建设新高潮，打造沿海产业集群带。全力将曹妃甸建成东北亚航运枢纽中心、国际性精品钢材生产交易中心、中国重型装备制造业生产基地、世界级化学工业生产基地。

5.2.1.3 主要环境地质问题

唐山市地貌类型齐全，有山区、平原和海洋，由于各区域地质环境条件的差异，以及人类经济活动方式和强度的差异，使各区域产生了具有明显差异特征的环境地质问题。如山区以崩滑流突发性地质灾害为主，平原区以地下水水位下降和地面沉降为主，人类集中居住区、地下水集中开采区以地下水水位下降、地下水污染和地面沉降为主，矿山开采区以采空塌陷和土地破坏为主，等等。

5.2.2 评价与结果分析

在96个三级指标中，实际收集2005年、2010年各74条，收集率达到77%。

利用各级指标的赋值或评价标准对唐山市的国土资源与地质环境状况进行评价，2005年评价见表5.3，2010年评价见表5.4，评价结果图形表达见图5.3和图5.4。

在二级指标评价图上，2005年与2010年的评价图主要有以下差别。

1）国土开发适宜性的4个指标除生态环境适宜性没有数据，均有评价结果。2005年气候适宜性为高水平，2010年为较高水平，其他评价结果保持不变。

2）国土开发利用强度的4个指标，数据完整，均有评价结果。在这4个评价指标，2005年与2010年的评价结果一致，说明国土开发利用强度保持稳定。

3）对国土资源与地质环境的影响程度的8个指标，由于冰川雪线变化程度、荒漠化（石漠化）在本区不涉及，因此不参与评价，农用地污染程度及天然湿地减少程度两个指标因数据不全也没有参与计算，所以共得出4个指标的评价结果。在这4个指标中，2010年发生变化的指标有一个，即地下水污染程度，2010年评价结果显示地下水污染程度由原来的中等等级发展到较高等级，其余3个指标评价结果不变。

4）国土整治与保护水平的5个指标均有评价结果，但其中地质遗迹保护程度有一个在2005年因没有数据而没有评价。这5个指标中，地质灾害防治程度、地下水环境保护程度、矿山地质环境恢复治理程度的评价结果均保持不变，仍然维持较高、高、较高的水平，而地质遗迹保护程度2010年为高水平，土地整治复垦程度维持中等水平。

在一级指标评价图上，2005年与2010年没有差别，在国土开发适宜性保持较高水平，在国土开发利用强度上也保持中等水平，对国土资源与地质环境的影响程度也为中等，而国土整治与保护水平则为较高。

在国土资源与地质环境健康指数上，2005年与2010年也没有差别，两年均处于达标水平。尽管地下水污染程度2010年比2005年有很大提高，但2010年由于耕地面积略有增加以及地质遗迹保护水平高，这两个因子的向好发展抵消了该因子的影响，所以国土资源与地质环境健康指数能保持稳定。

5.2.3 评价结果与实际情况比较

将评价结果返回当地有关部门，得到了如下的评价：

总体来说，利用本次评价体系对唐山市的国土资源与地质环境状况的评价结果与该地区实际状况

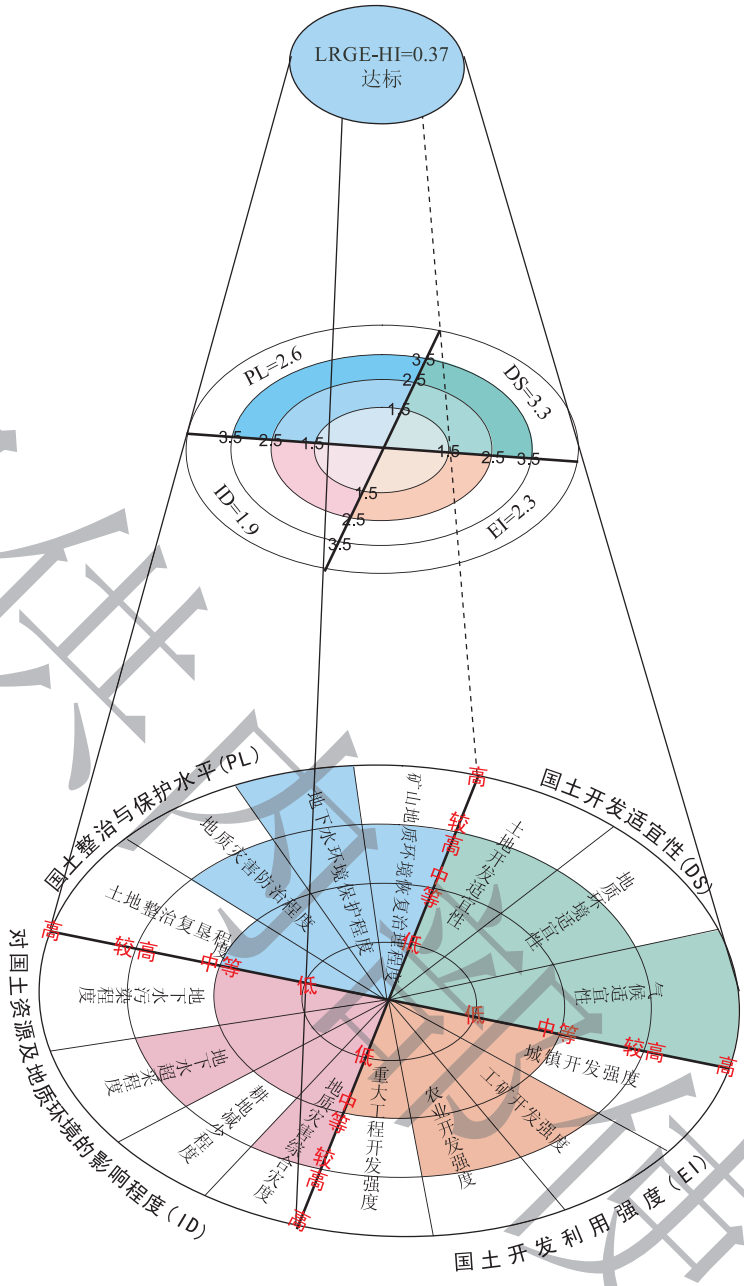


图 5. 3　唐山市 2005 年评价结果图

较吻合。

唐山市在河北省来说，工矿企业较发达，农业发展也名列前茅，故该区工矿与农业开发强度较高；该区地质环境问题较为复杂，地质灾害较发育，地下水超采及引发的地面沉降、地下水污染等已经成为主要地质环境问题。虽然该区国土资源开发利用程度总体中等、地质环境问题影响程度较大，但地质环境监测状况良好，对地质环境及各类地质灾害的监测较为全面，能有针对性的对可能产生较大影响的地质环境问题及地质灾害进行一定程度的防护，所以该区的地质环境保护水平较高，整个地区的国土开发适宜性仍为较高水平，国土资源与地质环境健康指数能处于达标水平。

该评价体系几乎涵盖该区所有的国土资源与地质环境方面的评价指标，评价体系比较完善，评价指标设定合理、完整，评价方法得当，对该地区的评价结果具有一定的客观性。但是，个别评价指标的单位仍需进行一定的调整。

仅供学术使用

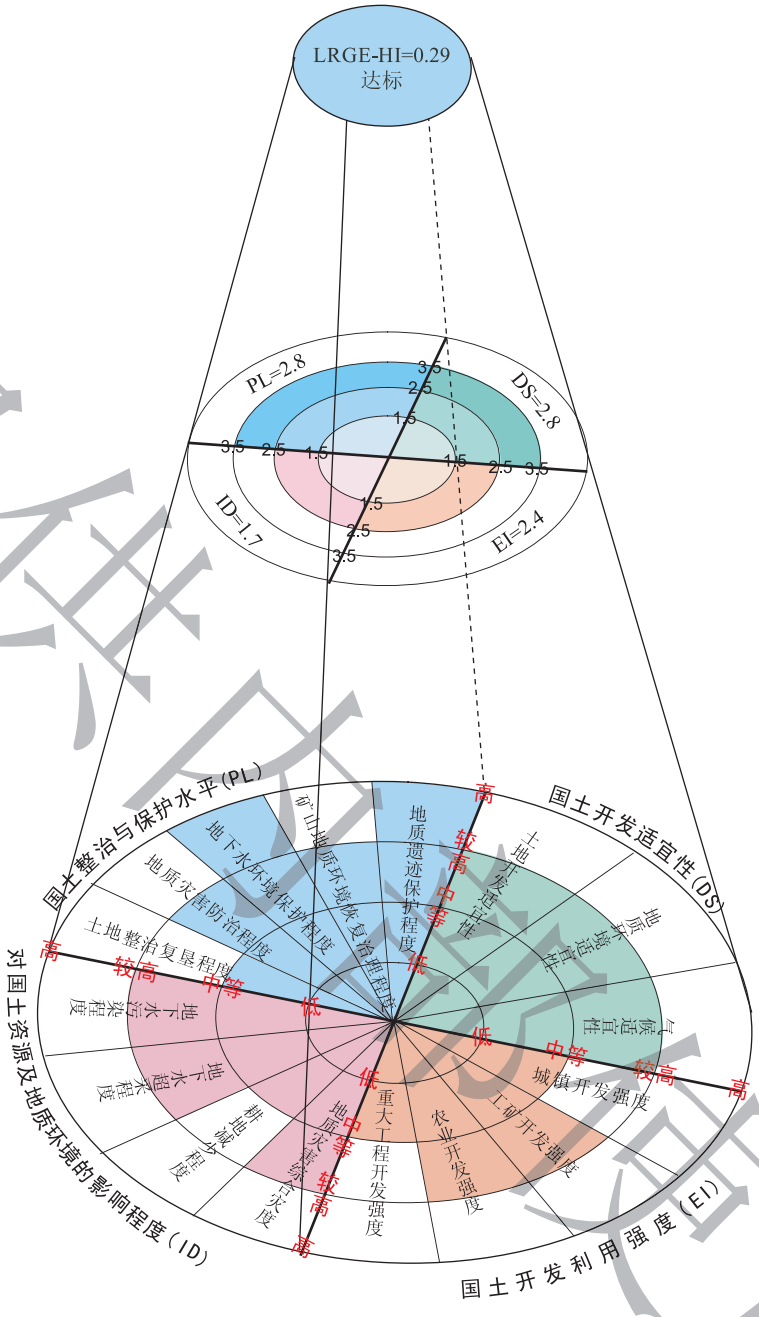


图 5.4　唐山市 2010 年评价结果图

5.3　新会区实证研究

5.3.1　新会区概况

5.3.1.1　自然地理

新会区位于广东省南部，珠江三角洲西南部，西江、潭江下游，北纬 22°05′43″～22°48′24″，东经 111°47′13″～113°15′24″之间。陆域总面积 1837 km^2，东西相距 46.6 km，南部相距 79.55 km，大

仅供内部使用

陆海岸线长 14.9 km。陆域东邻中山市斗门县，北接鹤山市，东与开平市、台山市为邻。南濒南海，毗邻港澳。新会区银洲湖区域具有连江通海的独特优势，新会港是国家一类货运口岸。

新会区地形呈倒梨形，北部宽，向南逐渐变窄。境内地形复杂，有低山、丘陵、平原，还有河涌交错的沙围田，整个地势自西北向东南倾斜。丘陵山地主要分布在区内西北、西南部的会城街道、大泽、司前、罗坑、双水、崖门等镇，有圭峰山地、古兜山地、牛牯岭山地。平原主要分布在区内东南、中南、中西部，显示海湾沉积特征，有海湾冲积平原、三角洲冲积平原、山谷冲积平原。

新会区位于北回归线以南，属南亚热带季风气候，光、温、水、热充沛，水热同季，无霜期长，平均为 339 天，四季宜耕，对发展农业生产十分有利。新会区多年平均温度为 21.8℃，年平均降水量为 1784.6 mm。4 月至 9 月是雨季，10 月至次年 3 月是旱季，年均降水量从南向北逐渐减少。

本地径流主要由地面径流及浅层地下水组成。它的补给均来自大气降水，由于降水的时空及年际分布不均，一般是夏秋偏多，冬季偏少；山区偏多，平原偏少；南部偏多，北部偏少。地表水资源十分丰富，但分布不均匀。

新会区经探明具开采价值的矿产主要有：锡、钨、褐钇铌矿、独居石、锆英石、绿柱石、离子吸附型稀土矿等有色金属和稀土金属；石英砂、泥炭土、黑泥、白泥、钾长石、石英石等非金属矿产。其中锡矿主产区在古井镇的牛牯岭矿区和崖门镇的古兜山东坑矿区。钨矿主产区在双水镇的螺山矿区。非金属矿产主要分布于双水、古井、沙堆等镇。

5.3.1.2 社会经济状况

新会区生产总值、工业总产值、地方财政收入等经济指标均居江门市首位，先后荣获全国科技进步先进县（市）、全国小康达标百强县市、中国 100 个最发达县市等称号、连续 3 届进入“全国综合实力百强县（市）”行列，在 2002 年第二届全国县域经济基本竞争力百强县（市）评比中，居第 34 位。

新会区已建立起优质粮、优质水果、优质禽鸟、优质淡水养殖、近郊蔬菜、良种速生桉、糖蔗和海洋捕捞等八大区域支柱产业带；新会区水果试管苗基地是全国规模最大的试管苗工厂，新会区现代农业示范基地是全国科普教育基地和省级农业示范区。

新会区工业轻重并举，内外结合，以注重发展临港型、大型工业为特色，现有工业企业 5000 多家，其中三资企业 400 多家，实力强大的有美国福斯特惠勒，日本松下、丸红、住友和爱普生，瑞士 ABB 等世界 500 强企业和香港宝源、李锦记、重庆力帆等大集团投资建设的企业。目前新会区已形成了纺织化纤、机械电子、纸及纸制品、食品饮料、石化建材、运输设备和金属制品六大优势工业产业，超亿元企业 147 家，超 10 亿元企业 11 家、超 20 亿元企业 8 家、超 30 亿元企业 3 家。新会区亿元以上税收企业 3 家。

新会区现代流通业发展加快，纸及纸制品、食品、造修船、不锈钢、纺织化纤、家电等拳头商品保持增长势头；完善商业购销网点和专业批发市场建设，城乡市场趋旺；水果食品批发市场年交易量突破 70 万 t，交易额突破 10 亿元；发展临港物流业，港口货物吞吐量稳步增长。新会区积极发展旅游业，整合优化梁启超故居与小鸟天堂、现代农业示范基地等旅游资源。

5.3.1.3 主要地质环境问题

从整体上看，广东省江门市新会区的地质环境问题主要为崩塌、滑坡、危险斜坡、软土地面沉降及塌岸等地质灾害，围海造地带来的海岸带环境演变，地下水污染，农业用地土壤污染及肥力下降，重大工程建设引发的生态环境变化等。对地质灾害而言，地貌和岩性是决定地质灾害分布的主导因素，强降雨和人类工程活动是导致地质灾害发生的主要诱发因素。在地貌上，从北部低山丘陵区逐渐过渡为中部开阔的珠江三角洲冲积平原，再向南部由丘陵、台地逐渐过渡到低山区，分布的地质灾害类型不同。在北部会城镇、东部的山江镇、睦州镇为丘陵区，受地貌、强降雨和人类工程活动综合作用，常常诱发崩塌、滑坡、危险斜坡等突发性地质灾害；在中部今古洲、双水镇、三江镇和崖门镇，为银洲湖、潭江冲积平原区，由于大片软土分布，导致软土地面沉降时有发生；在东部的西江流域，

由于江水的冲蚀，导致睦州、大鳌两镇河堤易出现崩塌；围海造地带来的海岸带环境演变分布于沿海一线，主要是以岸线迁移带来的环境改变；地下水污染，农业用地土壤污染及肥力下降主要分布于中部平原一带，造纸业是其主要污染源；重大工程建设主要表现在铁路、港口及大型厂矿的建设及生产带来的生态环境变化。

5.3.2 评价与结果分析

在96个三级指标中，实际收集2005年、2010年各78条，收集率达到81%。

利用各级指标的赋值或评价标准对新会区的国土资源与地质环境状况进行评价，2005年评价见表5.5，图形表达见图5.5。2010年评价见表5.6，评价结果图形表达见图5.6。

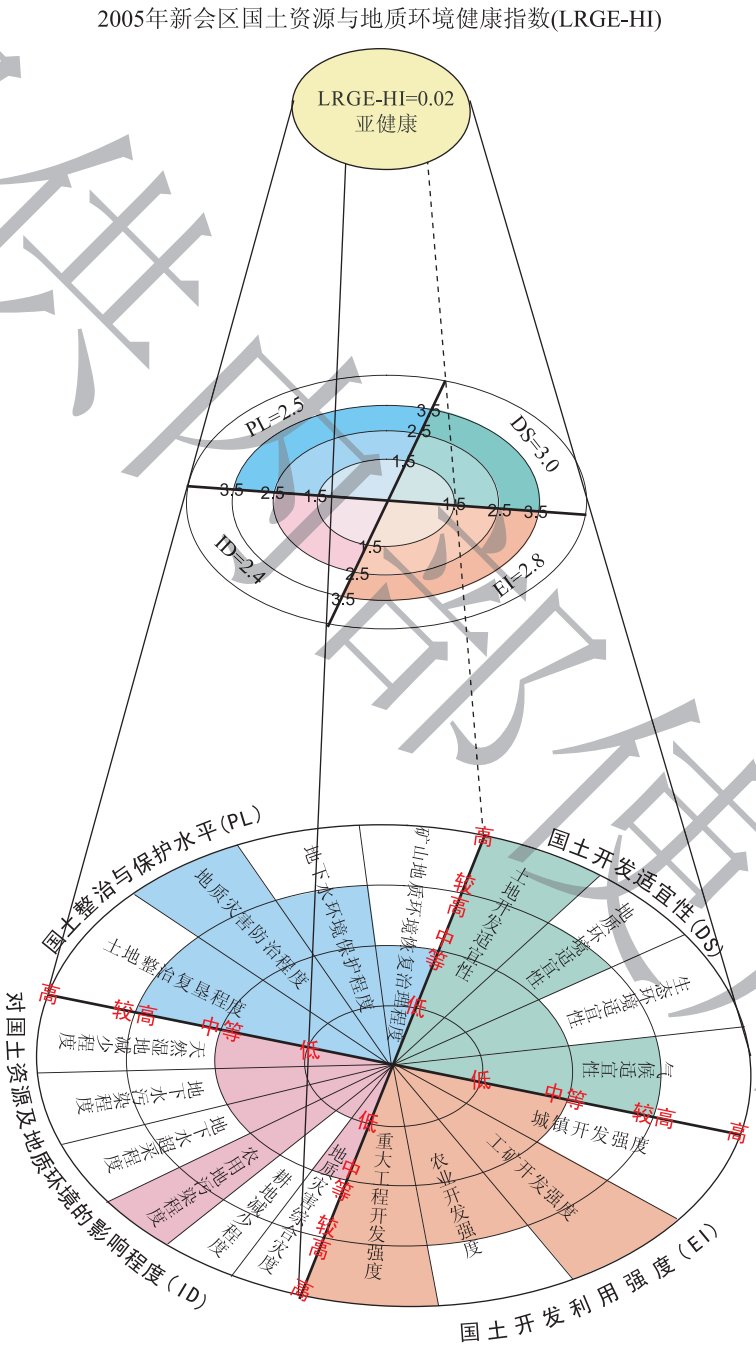


图5.5 新会区2005年评价结果图

仅供内部使用

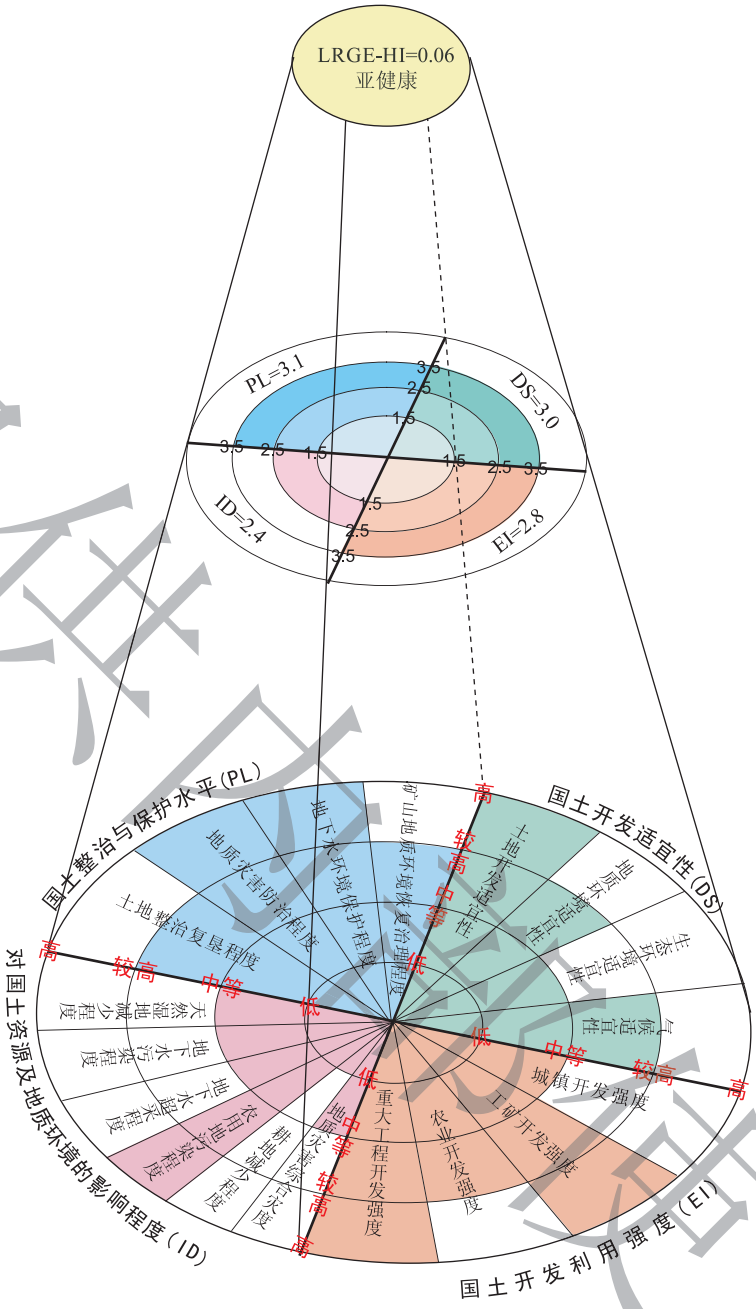


图 5.6　新会区 2010 年评价结果图

在二级指标评价图上，2005 年与 2010 年的评价图主要有以下差别。

1）国土开发适宜性的 4 个指标，全部指标都有评价结果。在这些指标中，2005 年与 2010 年的评价结果一致，除生态环境适宜性保持中等水平外，其余指标如土地开发适宜性、地质环境适宜性及气候适宜性均保持高或较高水平，国土开发适宜性总体较高。

2）国土开发利用强度的 4 个指标，数据完整，均有评价结果。在这 4 个评价指标中，两年的评价结果也保持一致，其中城镇开发强度保持中等，工矿开发强度高，农业开发强度较高，重大工程开发强度高。

3）对国土资源与地质环境影响程度的 8 个指标，由于冰川雪线变化程度、荒漠化（石漠化）程度在本区不涉及，因此不参与评价，所以共得出 6 个指标的评价结果。在这 6 个指标中，两年的评价

结果也保持一致，其中地质灾害综合灾度与地下水污染程度保持中等水平，耕地数量减少程度维持低水平，农用地污染程度保持高水平，天然湿地减少程度则保持中等水平。

4）国土整治与保护水平的5个指标，该区尚不涉及地质遗迹保护，所以共有4个指标参与评价。这4个指标中，2005年与2010年发生变化的是地下水环境保护程度和矿山地质环境恢复治理程度，其中地下水环境保护程度由2005年的较高水平发展为高水平，矿山地质环境恢复治理程度由2005年的中等水平发展为较高水平，而土地整治复垦程度及地质灾害防治程度则分别保持较高水平和高水平不变。

在一级指标评价图上，2005年与2010年没有差别，在国土开发适宜性保持了较高水平，在国土开发利用强度上也保持较高水平，对国土资源与地质环境的影响水平为中等水平，而国土整治与保护则为较高水平。

在国土资源与地质环境健康指数上，2005年与2010年没有差别。2005年和2010年国土资源与地质环境健康指数均为亚健康水平。

5.3.3 评价结果与实际情况比较

将评价结果返回当地有关部门，得到了如下的评价：

广东省江门市新会区土地资源综合评价结果反映新会区的国土开发适宜性较高，除生态环境适宜性中等外，其他适宜性如地质环境、气候都较好，土地开发适宜性高，由于新会区地处我国最早开放的经济发达地区，其国土资源开发利强度也较高，农业开发程度都较高，并且其重大工程开发强度很高。同时面临的资源环境影响问题也较多，程度也较高，其中耕地面积减少显著、农用地污染严重，地下水出现中等程度的污染，海岸带环境恶化问题也比较严重。但国土整治与地质环境保护水平显著，勉强抵消已经产生的地质环境问题造成的影响，使整体健康指数有所增加。故2005年与2010年新会区的国土资源与地质环境健康指数评价结果符合实际。

从总体上看，广东省江门市新会区的评价结论基本符合当地的实际情况，体现了当地的社会经济发展程度、人类工程活动和土地开发程度等对自然地质环境和国土资源的影响程度，说明采用的国土资源和地质环境评价指标体系基本合理，评价结论可靠程度较高。

建议：

1）监测数据的来源多种多样，如何采用，应作出明确的要求及说明。如污水总量统计，现有环保系统的，也有水利、城管及农业等部门的汇总数据，各个部门之间的统计存在较明显的差距，如何处理，应明确基本原则及方法。

2）南方和北方、沿海和内陆及平原和山区的评价指标的侧重点应有所不同。

5.4 指标体系的实用性分析

3个评价区2期数据分析评价结果与实际情况比较表明，本指标体系的各级评价结果能够比较客观地反映当地的环境背景条件、资源开发强度、由此产生的问题类型与影响程度以及已经采取的整治措施与水平，国土资源与地质环境健康指数能从整体上反映当地的社会经济发展、人类工程活动和土地开发影响、治理与保护水平对国土资源与地质环境的综合作用结果。因此，本项目建立的国土资源和地质环境评价指标体系基本合理，评价结论可靠程度较高。

但是，由于实际情况的复杂性，这套指标体系也并不能包罗所有的国土资源与地质环境问题，所以这套指标在使用中，尤其是国土资源与地质环境健康指数、一级评价指标、二级评价指标，应该特别注意这三级指标评价结果的特点与差别。

国土资源与地质环境健康指数可以反映整体情况，但由于权重选择与实际参与评价的指标的多少决定了该数据反映客观情况的真实性，对得出的健康水平结论应谨慎。也就是如果权重选择中过于注重适宜性与保护水平，则即使开发强度与影响程度有较大改变，最终计算得出的结果可能差别不大，

仅供评审使用

导致评价者认为国土资源与地质环境健康水平变化不大，从而乐观地认为问题不大，而对应采取的措施与保护有所轻视。另外，如果在影响程度方面缺少的数据过多，由于计算时将无数据的项目的权重分摊到其他指标，也可能导致最终得出的国土资源与地质环境健康指数偏高，进而得出国土资源与地质环境健康水平的认识也可能偏于乐观。所以在应用该指数时要注意基本数据的全面，如果在影响程度方面缺少的二级指标数目超过两个（不含实际不存在的地质环境问题），则计算得出的指数将偏高，得出的健康水平结论偏于乐观，应当谨慎对待。

一级评价指标反映了国土资源与地质环境 4 个方面的情况，即适宜性、开发强度、影响程度与保护水平，实证研究结果表明与实际情况较符合，但应注意与健康指数相似的问题，即在影响程度指标中涉及的问题，实际存在，但暂时还没有数据的情况下，评价得出的结果也会偏于乐观。

二级指标反映了在适宜性、开发强度、影响程度与保护水平 4 个方面的具体问题，其评价结果不仅可以清楚反映问题的程度。所以二级指标评价结果可以比较具体和全面地反映某地的国土资源与地质环境的情况。在一些监测工作基础较差的地方，可以清楚地反映需要监测工作的方面，便于管理部门发现监测工作的薄弱与不足，以便在在未来的工作计划中考虑安排这些缺失的工作。

仅供内部使用

6 结论与建议

6.1 结 论

1）本研究以现有国土资源与地质环境监测工作为基础，借鉴“压力-状态-响应”的可持续发展评价模型，拓展并提出了以“适宜性-扰动力-影响因素-整治水平”为架构的多层国土资源综合监测指标体系：顶层国土资源与地质环境健康指数反映一个区域国土资源开发与地质环境健康水平；一级评价指标反映了国土资源与地质环境在适宜性、开发强度、影响程度与整治水平4个方面的情况。二级指标清楚反映了国土资源及地质环境具体问题的程度，对于暂时没有数据的指标在成图时也有所反映。三级指标是基础监测及统计指标，可供查询。

2）指标的评价结果以图形表达，不同级别的指标表示方法不同。二级指标借鉴风向玫瑰图表示方法，反映评价区国土资源与地质环境在适宜性、扰动力、影响程度、整治水平4个方面相关的具体问题与程度。一级指标以不同颜色区别评价结果，反映上述4个方面各自的水平。最高一级的国土资源与地质环境健康指数也以不同颜色表达评价结果，综合体现评价区整体的国土资源与地质环境状况。多级表达方式，兼顾整体与个体，满足不同的评价目标与层次需求。

3）将提出的整套指标体系与计算方法应用在宁夏回族自治区石嘴山市、河北省唐山市、广东省江门市新会区3个实证研究区。获取了实证研究区在2005年与2010年的基础统计与监测数据，进行计算。评价结果表示本指标体系能够比较客观地反映当地的地质环境背景条件、资源开发强度、由此产生的问题类型与影响程度以及已经采取的整治措施与水平情况，最终得出的国土资源与地质环境健康指数能基本反映当地实际国土资源开发与地质环境的整体状况。

6.2 建 议

实证研究反映本指标体系在应用时，国土资源与地质环境健康指数结果可能偏高，尤其是在影响程度方面缺少二级指标数目超过两个（不含实际不存在的地质环境问题）的情况下。所以应尽量在三级指标的基础数据充分的条件下，使用整套评价方法，得出的各级评价结果才能较客观地反映实际情况。

另外，本指标体系是首次从监测数据大综合、辅助国土综合规划管理的角度研究搭建，尽管吸取了前人研究精华，但是还有诸多地方需要完善与改进。其一，是基础数据的选取问题，监测数据的来源多种多样，各个部门之间的统计存在较明显的差距，数据选区的基本原则及方法尚需通过更多的实证研究来确定。其二，南方和北方、沿海和内陆、平原和山区的评价指标的侧重点应有所不同。本次提出的指标对南北方采用统一的标准进行了实证研究，研究结果显示，如果进一步建立区域差异的指标体系将会适用性更强。其三，本次评价的结果还只是一个由统计数据算出的平均值，没有与空间信息结合，所以存在以点概全的风险，如有条件，应将统计数值与空间信息结合，在评价区内划出更小的亚区，分别评价各亚区的这些指标，最后得出各亚区的国土资源与地质环境健康指数，从而得到评价区内国土资源与地质环境健康指数分布图，便于国土资源管理部门进行更专门更细致的管理决策。

内部使用

参 考 文 献

北京市环境保护局办公室. 2005. 关于加强排污申报审核和数据录入工作的通知（京环办[2005]49 号）[EB/OL].
卜长明，冯国建，彭义，王华. 2009. 重庆市城市生化垃圾产生量预测[J]. 西南大学学报.
陈静，张树文，张养贞. 2009. 近五十年来东北地区沼泽湿地变化研究[J]. 内蒙古师范大学学报.
地下水超采区评价导则（SL286—2003 行业标准）[S]. 2003. 北京：中国水利水电出版社.
地下水环境监测技术规范（HJ/T164—2004 行业标准）[S]. 2005. 北京：中国环境科学出版社.
地质灾害防治工程勘察规范（DB50/143—2003 行业标准）[S].
董子满，高洪艳，宋健. 2004. 灌区地下水超采判别方法及控制措施[J]. 水政水资源.
高士武，李伟，张曼胤，王义飞，商晓静. 2008. 湿地退化评价研究进展[J]. 世界林业研究.
各省份国土资源部网站. 2009. 各省份土地利用总体规划说明（2006—2020 年）[EB/OL]
顾涛，董辉，李璐，张莉. 2009. 昌吉州煤矿废水排放量及水质特征分析[J]. 干旱环境监测.
国家自然保护区总体规划编制规范[S]. 1996. 北京：国家环保局.
侯晓明. 污水灌溉总量控制优化分析[J]. 2008. 人民黄河.
胡海峰，何万龙，康建荣. 2001. 采煤塌陷区土地破坏面积和破坏程度的预测[J]. 矿山测量.
滑坡防治工程勘查规范（DZ/T0218—2006 行业标准）[S]. 2006. 北京：中国标准出版社.
环境影响评价技术导则地下水环境（HJ610—2011 中国标准）[S]. 2011. 北京：中国环境科学出版社.
黄玉凯. 1991. 工业废水排放量的计算方法[J]. 环境监测管理与技术.
李明昱. 2011. 基于 ArcGIS 平台地质灾害危害度定量分析方法[J]. 西部探矿工程.
李嵋，王仰麟，彭建，常青，宋治清，刘小茜. 2010. 基于景观生态的城市土地开发利用适宜性评价[J]. 生态学报.
李秀堂，薛丽俭. 2004. 工业废水排放量计算[J]. 辽宁城乡环境科技.
刘欣，曹玉亮. 2009. 辛普森算法在矿产资源储量计算中的应用[J]. 黑龙江科技信息，(28)：65.
吕敦玉，余楚，周爱国，张溪. 2011. 青藏高原矿产资源开发的环境适宜性评价[J]. 水文地质工程地质.
泥石流灾害防治工程勘查规范（DZ/T0220—2006 行业标准）[S]. 2006. 北京：中国标准出版社.
欧阳资生. 2011. 地质灾害损失分布拟合与风险度量[J]. 统计研究.
潘启民，邵坚，宋瑞鹏. 2005. 黄河流域平原区地下水可开采量分析[J]. 人民黄河.
潘娅英，余丽萍，等. 2010. 浙西南地区逐日干旱综合指数的动态变化特征[J]. 水土保持应用技术.
任志远. 2004. 北京市平原区地下水资源研究[D]. 长春. 吉林大学
桑振平，张合兵，刘文锴. 2006. 土地开发的适宜性评价研究[J]. 中州煤炭.
孙武，李保生. 1999. 荒漠化分类分级理论的初步探讨[J]. 地理研究.
唐山水文水资源勘查局. 2006. 唐山市多年平均干旱指数分析[EB/OL].
王岷，岳乐平，李智佩，聂浩刚. 2001. 对荒漠化综合研究中一些基本问题的初步探讨[J]. 西北地质.
夏东兴，段焱，吴桑云. 2009. 现代海岸线划定方法研究[J]. 海洋学研究.
邢丽霞等. 2013. 国土资源监测成果集成评价与宏观部署研究. 北京：地质出版社.
徐谦，朱桂珍. 1995. 工业污染源监测中固体废物采样的质量保证与质量控制[J]. Environmental Monitoring in China.
晏丽红，谢中华. 2006. 赤潮发生的频率分析[J]. 天津科技大学学报.
张金香. 2010. 河北省矿山废弃地生态恢复与治理的法律思考[D]. 石家庄：石家庄经济学院
赵宏亮. 2009. 滦河及冀东沿海平原区地下水开采问题及对策[J]. 水资源保护.
郑建民. 2007. 冀南邯邢地区夕卡岩铁矿成矿流体及成矿机制[D]. 北京：中国地质大学（北京）
中国统计局网站. 2009. 全国各省份大型水库[EB/OL].
中国统计局网站. 2010. 全国各省份工业固体废物综合利用率[EB/OL].
中国统计局网站. 2010. 全国各省份铁路与高速公路里程排名[EB/OL].
中华人民共和国地下水质量标准（GB/T14848—93 中国标准）[S]. 1994. 北京：国家技术监督局.
中华人民共和国统计局. 2002. 新一轮地下水资源评价综合报告[M]. 北京：中国地图出版社.
中华人民共和国统计局. 2003. 2002 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2004. 2003 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2005. 2004 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2006. 2005 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2007. 2006 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2008. 2007 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2009. 2008 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2010. 2009 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2011. 2010 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
中华人民共和国统计局. 2012. 2011 年中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社.
自然保护区类型与级别划分原则（GB/T14529—93 中国标准）[S]. 1994. 北京：国家技术监督局.

仅供学术使用

附　表

附表 1　全国 31 个省（区、市）城市化水平排名

序号	省（区、市）	2010 年	2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	平均值
1	西藏	23. 8	22. 61	28. 3	28. 21	26. 65	25. 91
2	贵州	29. 89	29. 11	28. 24	27. 46	26. 87	28. 31
3	甘肃	32. 65	32. 15	31. 59	31. 09	30. 02	31. 50
4	云南	34	33	31. 6	30. 5	29. 5	31. 72
5	河南	37. 7	36. 03	34. 34	32. 47	30. 65	34. 24
6	四川	38. 7	37. 4	35. 6	34. 3	33	35. 80
7	广西	39. 2	38. 16	36. 24	34. 64	33. 62	36. 37
8	新疆	39. 85	39. 64	39. 15	37. 94	37. 15	38. 75
9	安徽	42. 1	40. 5	38. 7	37. 1	35. 5	38. 78
10	江西	43. 18	41. 36	39. 8	38. 68	37	40. 00
11	河北	43	41. 9	40. 25	38. 44	37. 69	40. 26
12	青海	41. 9	40. 86	40. 07	39. 26	39. 25	40. 27
13	湖南	43. 2	42. 15	40. 45	38. 71	37	40. 30
14	陕西	43. 5	42. 1	40. 62	39. 12	37. 23	40. 51
15	山西	45. 99	45. 11	44. 03	43. 01	42. 11	44. 05
16	宁夏	46. 1	44. 98	44. 02	43	42. 28	44. 08
17	湖北	46	45. 2	44. 3	43. 8	43. 2	44. 50
18	山东	48. 32	47. 6	46. 75	46. 1	45	46. 75
19	海南	49. 13	48	47. 2	46. 1	45. 2	47. 13
20	重庆	51. 59	49. 99	48. 34	46. 7	45. 2	48. 36
21	福建	51. 4	49. 9	48. 7	48	47. 3	49. 06
22	内蒙古	53. 4	51. 71	50. 15	48. 64	47. 2	50. 22
23	江苏	55. 6	54. 3	53. 2	51. 9	50. 11	53. 02
24	吉林	53. 32	53. 21	53. 16	52. 97	52. 52	53. 04
25	黑龙江	55. 5	55. 4	53. 9	53. 5	53. 1	54. 28
26	浙江	57. 9	57. 6	57. 2	56. 5	56. 02	57. 04
27	辽宁	60. 35	60. 05	59. 2	58. 99	58. 7	59. 46
28	广东	63. 4	63. 37	63. 14	63	60. 68	62. 72
29	天津	78. 01	77. 23	76. 31	75. 73	75. 11	76. 48
30	北京	85	84. 9	84. 5	84. 33	83. 62	84. 47
31	上海	88. 6	88. 6	88. 7	88. 7	89. 09	88. 74

注：（2. 1. 1）城市化水平分级标准，统计整理 2006 ~ 2010 年 5 年内全国 31 个省（区、市）城市化水平参数，确定全国 31 个省（区、市）5 年内的城市化水平均值，将均值进行升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2006 ~ 2010 年中国统计年鉴。

仅供内部使用

附表 2　全国 31 个省（区、市）城镇建设规模排名

序号	省（区、市）	2011 年	2010 年	2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	平均值
1	内蒙古	0. 121	0. 117	0. 075	0. 103	0. 097	0. 096	0. 101
2	北京	/	0. 110	0. 107	0. 105	0. 102	0. 098	0. 105
3	重庆	0. 152	0. 140	0. 126	0. 117	0. 110	0. 102	0. 124
4	宁夏	0. 167	0. 132	0. 128	0. 142	0. 131	0. 121	0. 137
5	上海	0. 157	/	/	0. 139	0. 135	0. 129	0. 140
6	广西	0. 166	0. 155	0. 146	0. 143	0. 130	0. 136	0. 146
7	吉林	0. 167	0. 162	0. 156	0. 142	0. 137	0. 127	0. 149
8	西藏	0. 108	0. 275	0. 267	0. 100	0. 099	0. 095	0. 158
9	山东	0. 181	0. 179	0. 174	0. 156	0. 147	0. 136	0. 162
10	湖北	0. 187	0. 177	0. 173	0. 143	0. 143	0. 156	0. 163
11	辽宁	0. 190	0. 185	0. 181	0. 164	0. 159	0. 152	0. 172
12	浙江	0. 207	0. 201	0. 193	0. 180	0. 170	0. 163	0. 186
13	福建	0. 242	0. 211	0. 199	0. 187	0. 178	0. 154	0. 195
14	青海	0. 222	0. 219	0. 215	0. 215	0. 213	0. 206	0. 215
15	广东	0. 254	0. 245	0. 223	0. 225	0. 204	0. 199	0. 225
16	河北	0. 248	0. 242	0. 245	0. 226	0. 217	0. 201	0. 230
17	江苏	0. 262	0. 267	0. 237	0. 217	0. 207	0. 190	0. 230
18	山西	0. 258	0. 251	0. 241	0. 231	0. 219	0. 211	0. 235
19	安徽	0. 295	0. 241	0. 232	0. 238	0. 225	0. 250	0. 247
20	海南	0. 265	0. 260	0. 247	0. 244	0. 235	0. 233	0. 247
21	贵州	0. 279	0. 277	0. 246	0. 238	0. 244	0. 224	0. 251
22	四川	0. 282	0. 274	0. 253	0. 230	0. 220	0. 249	0. 251
23	天津	0. 307	0. 296	0. 286	0. 255	0. 241	0. 237	0. 270
24	湖南	0. 320	0. 341	0. 354	0. 269	0. 251	0. 250	0. 298
25	云南	0. 389	0. 360	0. 342	0. 299	0. 280	0. 244	0. 319
26	甘肃	0. 443	0. 432	0. 417	0. 387	0. 367	0. 355	0. 400
27	河南	0. 491	0. 475	0. 557	0. 432	0. 409	0. 383	0. 458
28	陕西	0. 530	0. 487	0. 478	0. 456	0. 439	0. 392	0. 464
29	江西	0. 543	0. 526	0. 510	0. 465	0. 440	0. 385	0. 478
30	黑龙江	0. 632	0. 499	0. 509	0. 589	0. 566	0. 577	0. 562
31	新疆	0. 661	0. 640	0. 634	0. 535	0. 531	0. 469	0. 578

注：（2. 1. 1）城市建设规模分级标准，统计整理 2006 ~ 2010 年 5 年内全国 31 个（区、市）城镇建设规模参数，确定全国 31 个省（区、市）5 年内的城镇建设规模均值，将均值进行升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2006 ~ 2010 年中国统计年鉴。

仅供学术交流

附表 3　全国 31 个省（区、市）千人道路里程数排名

序号	省（区、市）	铁路营业/km	内河航道/km	公路/km	总里程/km	人口 / (10^3 人)	千人里程数 / km·(10^3 人)$^{-1}$
1	上海	422.407	2226.08	11 974	14 622.487	23 026.608	0.635
2	北京	1169.406		21 114	22 283.406	19 619	1.135
3	天津	781.456	88.48	14 832	15 701.936	12 992.9	1.208
4	广东	2726.947	11 843.65	190 144	204 714.597	104 409.641	1.960
5	河北	4916.406		154 344	159 260.406	71 936	2.213
6	浙江	1774.637	9703.32	110 177	121 654.957	54 465.1	2.233
7	江苏	1921.219	24 228.14	150 307	176 456.359	78 693.4	2.242
8	广西	3204.995	5432.53	101 782	110 419.525	46 100	2.395
9	辽宁	4278.622	413	101 545	106 236.622	437 49	2.428
10	山东	3833.426	1150.2	229 859	234 842.626	95 878.641	2.449
11	海南	693.748	343.04	21 236	22 272.788	8685.512	2.564
12	福建	2111.419	3245.28	91 015	96 371.699	36 930	2.609
13	安徽	2849.854	5595.745	149 382	157 827.599	59 567.096	2.649
14	河南	4281.971	1266.74	245 089	250 637.711	94 054.697	2.664
15	江西	2834.536	5637.85	140 597	149 069.386	44 622.489	3.340
16	四川	3549.166	10 720.39	266 082	280 351.556	80 449.2	3.484
17	吉林	4024.436	1456.31	90 437	95 917.746	27 466.021	3.492
18	湖南	3695.107	11 495.35	227 998	243 188.457	65 701	3.701
19	宁夏	1248.386	116.935	22 518	23 883.321	6329.6	3.773
20	山西	3752.352	467.065	131 644	135 863.417	35 741.145	3.801
21	湖北	3360.265	8259.86	206 211	217 831.125	57 279.143	3.802
22	陕西	4079	1065.66	147 461	152 605.66	37 352.267	4.085
23	黑龙江	5785	5097.5	151 945	162 827.5	38 334.024	4.247
24	重庆	1396.247	4331.485	116 949	122 676.732	28 846.2	4.252
25	贵州	2001.921	3442.32	151 644	157 088.241	34 789.408	4.515
26	云南	2473.413	2877.185	209 231	214 581.598	46 016	4.663
27	甘肃	2441.355	913.77	118 879	122 234.125	25 599.8	4.774
28	内蒙古	8947.108	2402.755	157 994	169 343.863	24 721.786	6.849
29	新疆	4228.835		152 843	157 071.835	21 851.1	7.188
30	青海	1863.292	421.14	62 185	64 469.432	5630	11.451
31	西藏	531.547		60 810	61 341.547	3007.218	20.398

注：(2.1.7）每千人道路里程数分级标准，统计整理 2006～2010 年 5 年内全国 31 个省（区、市）每千人里程数参数，求出各省（市、区）5 年的每千人里程数均值，然后将均值进行升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为三级指标的分级标准。数据来源于 2006～2010 年中国统计年鉴。

交通运输部

附表 4　全国 31 个省(区、市)单位面积工矿企业污水的排放量

序号	省(区、市)	污水排放量/万 t										面积/km^2	单位面积工业废水排放量 [亿 t·(km^2·年)$^{-1}$]
		2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	平均		
1	西藏	1114	1063	612	993	991	856. 477	924	941. 552	736	914. 558	1 202 072	0. 001
2	青海	4385	3583	3453	3544	7619	7318. 021	7098	8403. 909	9031	6048. 326	717 480. 5	0. 008
3	新疆	16 797	16 426	16 417	17 671	20 052	20 959. 519	22 875	24 200. 709	25 413	20 090. 14	1 664 897	0. 012
4	内蒙古	20 960	22 737	23 577	22 848	24 967	25 020. 841	29 167	28 616. 225	39 536	26 381. 01	1 145 121	0. 023
5	甘肃	20 722	19 677	20 899	18 293	16 798	15 856. 314	16 405	16 363. 607	15 352	17 818. 44	404 090. 9	0. 044
6	贵州	20 812	17 117	16 815	16 119	14 850	12 101. 084	11 695	13 477. 622	14 130	15 235. 19	176 152. 5	0. 086
7	云南	32 713	33 696	34 655	38 402	32 928	35 352. 282	32 996	32 375. 205	30 926	33 782. 61	38 3194. 1	0. 088
8	黑龙江	49 444	47 983	50 286	45 190	45 158	38 388. 299	389 10	34 188. 222	38 921	43 163. 17	452 645	0. 095
9	海南	7001	7170	7181	6894	7428	5960. 123	5991	7031. 296	5782	6715. 38	35 353. 69	0. 189
10	吉林	35 574	34 783	31 365	33 568	41 189	39 666. 333	38 353	37 563. 483	386 56	36 746. 42	191 123. 9	0. 192
11	陕西	28 634	30 496	33 526	36 833	42 819	48 522. 757	48 477	49 136. 763	45 487	40 436. 84	205 794. 6	0. 196
12	山西	31 093	30 777	30 929	31 393	32 099	41 140. 309	41 150	39 720. 212	49 881	36 464. 72	156 711. 2	0. 232
13	四川	114 920	117 638	120 160	119 223	122 590	114 687. 188	108 700	105 909. 55	93 444	113 030. 2	484 056. 1	0. 233
14	宁夏	10 450	11 534	10 740	9510	21 411	21 089. 041	20 448	21 542. 367	21 977	16 522. 38	51 954. 38	0. 318
15	江西	41 507	46 119	50 135	54 949	53 972	71 410. 312	68 681	67 192. 445	72 526	58 499. 08	166 894. 3	0. 350
16	安徽	63 229	64 577	63 525	64 054	63 487	73 555. 552	67 007	73 441. 473	70 971	67 094. 11	140 125. 8	0. 478
17	湖北	97 714	98 481	96 498	97 451	92 432	91 001. 128	93 687	91 324. 093	94 593	94 797. 91	185 888. 4	0. 509
18	湖南	107 175	111 788	124 132	123 126	122 440	100 112. 705	92 340	96 395. 69	95 605	108 123. 8	21 1854. 7	0. 510
19	辽宁	99 505	92 001	89 186	91 810	105 072	95 196. 708	83 073	75 158. 589	71 521	89 169. 26	148 063. 7	0. 602
20	广西	90 512	97 126	119 291	122 731	145 609	183 980. 858	205 745	161 596. 43	165 211	143 533. 6	237 558. 1	0. 604
21	河北	103 041	106 772	108 324	127 386	124 533	123 537. 263	121 172	110 058	114 232	115 450. 6	188 433. 9	0. 612
22	北京	21 165	18 044	13 107	12 617	12 813	9134. 250	8367	8712. 532	8198	12 461. 98	16 410. 54	0. 759
23	河南	110 152	114 431	114 224	117 328	123 476	134 344. 317	133 144	140 324. 56	150 406	126 425. 5	165 536. 4	0. 763
24	重庆	81 214	79 872	81 973	83 031	84 885	69 002. 827	67 027	65 683. 845	45 180	73 096. 52	82 268. 65	0. 888
25	福建	69 724	78 511	98 388	115 228	130 939	136 407. 773	139 997	142 746. 99	124 168	115 123. 3	124 015. 6	0. 928
26	山东	115 233	106 668	115 933	128 706	139 071	166 573. 554	176 977	182 672. 64	208 257	148 899	157 126. 3	0. 947
27	广东	112 812	145 236	148 867	164 728	231 568	246 331. 036	213 314	188 843. 89	187 031	182 081. 2	179 812. 7	1. 012
28	浙江	158 113	168 048	168 088	165 274	192 426	201 210. 552	200 488	203 441. 71	217 426	186 057. 3	105 397. 3	1. 765
29	天津	21 250	21 959	21 605	22 628	30 081	21 444. 349	20 433	19 441. 053	19 680	22 057. 93	11 917. 32	1. 850
30	江苏	271 029	262 715	247 524	263 538	296 318	268 761. 995	259 999	256 159. 97	263 760	265 533. 9	106 741. 7	2. 487
31	上海	68 012	64 857	611 12	563 59	51 097	47 569. 530	41 871	41 192. 029	36 696	52 085. 06	8239. 012	6. 321

注:(2. 2. 5)工矿企业污水排放量分级标准,统计整理 2002 ~ 2011 年 10 年内全国 31 个省(区、市)每年单位工矿企业污水排放量参数,求各省(市区)10 年内的每年单位工矿企业污水排放量均值,然后用均值除以各省面积,求得每单位面积上的排放量,最后对该值进行升序排列,选取其中的 1/4 分位(第 8 个),1/2 分位(第 16 个),3/4 分位(第 24 个)的数据,作为分级标准。数据来源于 2002 ~ 2011 年中国统计年鉴。

附表 5　全国 31 个省(区、市)单位面积工矿企业废气排放总量

序号	省(区、市)	废气排放量/万 t											面积/km^2	单位面积废气排放量[万 t·(km^2·年)$^{-1}$]
		2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	平均		
1	西藏	0.394	0.368	0.348	0.3	0.5	0.3	0.296	0.346	0.355	0.252	0.346	1 202 071.508	0.0003
2	青海	11.183	53.541	14.772	20.3	26.5	26.2	25.109	25.686	25.044	28.256	25.659	717 480.522	0.0358
3	新疆	38.525	38.467	49.077	62.5	67.1	79.2	86.601	90.771	91.983	95.147	69.937	1 664 897.17	0.0420
4	海南	4.097	4.529	4.586	4.3	4.3	4.3	4.497	3.817	3.802	4.126	4.235	35 353.689	0.1198
5	内蒙古	87.026	95.179	179.094	189.2	235.6	214.2	198.769	189.652	168.867	182.927	174.051	1 145 121.23	0.1520
6	甘肃	56.638	60.614	72.881	71.4	80.7	73.8	62.474	58.613	57.621	64.321	65.906	404 090.873	0.1631
7	云南	58.681	50.314	63.391	66.1	75.5	76.4	73.566	69.339	64.319	62.046	65.966	383 194.122	0.1721
8	吉林	55.400	51.651	50.539	58.2	77.2	79.2	73.509	63.750	64.323	56.330	63.010	191 123.909	0.3297
9	黑龙江	72.147	796.612	81.166	84	100.9	100.8	99.094	93.165	83.925	77.098	158.890	452 645.016	0.3510
10	四川	223.880	207.086	226.028	229.9	215.9	192.4	154.799	132.821	125.570	133.869	184.225	484 056.069	0.3806
11	福建	43.557	40.351	55.369	58.2	75	73.1	69.529	65.53	62.652	63.127	60.641	124 015.637	0.4890
12	江西	62.594	63.641	91.371	103.2	113.5	113	106.259	96.898	89.280	83.353	92.309	166 894.336	0.5531
13	湖北	112.144	107.771	114.553	122.5	123	124.9	108.922	97.037	88.987	80.765	108.058	185 888.427	0.5813
14	陕西	113.059	109.088	124.798	134.6	143.2	142.2	139.577	117.890	104.063	100.742	122.922	205 794.598	0.5973
15	贵州	110.307	108.059	104.576	103.4	105.5	137.8	125.739	101.593	84.026	83.731	106.473	176 152.466	0.6044
16	广西	160.983	152.685	185.467	194.7	206.9	185.2	165.797	151.956	154.859	141.583	170.013	237 558.098	0.7157
17	安徽	82.787	79.706	107.217	112	123	118.1	107.836	106.654	100.123	95.506	103.293	140 125.791	0.7371
18	湖南	159.264	155.141	178.441	189	197.7	191.6	177.085	153.644	150.013	125.671	167.756	21 1854.687	0.7918
19	宁夏	37.326	39.882	54.802	42.7	49.4	53.5	51.069	45.635	39.407	47.746	46.147	51 954.375	0.8882
20	广东	147.551	146.578	171.199	177.4	186.6	179.7	167.857	158.004	136.592	134.671	160.615	179 812.656	0.8932
21	北京	23.281	20.011	17.537	19	15.6	13.9	12.274	9.301	9.631	9.466	15.000	16 410.537	0.9141
22	浙江	105.114	110.719	126.946	133	126.1	124.4	114.976	105.214	102.505	95.848	114.482	105 397.341	1.0862
23	辽宁	147.620	133.650	138.976	138.3	193.1	191.3	196.702	173.773	154.720	142.469	161.061	148 063.707	1.0878
24	重庆	89.366	86.577	95.526	98.6	102.7	104.4	98.126	88.151	80.253	75.848	91.955	82 268.65	1.1177
25	河北	232.134	222.895	238.884	248.1	255.4	252.5	229.069	206.252	179.948	163.772	222.895	188 433.860	1.1829
26	河南	210.994	211.289	226.918	253.8	303.2	275.3	246.223	209.955	194.562	186.352	231.859	165 536.419	1.4007
27	山东	257.98	249.954	280.411	240	257.3	242.8	222.806	205.342	188.872	186.349	233.181	157 126.305	1.4840
28	山西	223.672	221.751	254.663	264.3	280.5	266.5	243.231	205.514	187.560	194.449	234.214	156 711.248	1.4946
29	江苏	176.385	165.08	199.900	193.4	209.3	194.5	177.047	158.511	147.700	145.266	176.709	106 741.676	1.6555
30	天津	30.659	30.428	33.867	28.9	33.7	30.9	29.692	27.574	23.961	27.942	29.762	11 917.319	2.4974
31	上海	38.061	39.593	38.225	42	43.6	43.1	41.317	34.661	28.411	27.297	37.626	8239.012	4.5669

注:(2.2.6)工矿企业废气排放量分级标准,统计整理 2002～2011 年 10 年内全国 31 个省(区、市)每年单位工矿企业废气排放量参数,求各省(市、区)10 年内的每年单位工矿企业废气排放量均值,然后用均值除以各省面积,求得每单位面积上的排放量,最后对该值进行升序排列,选取其中的 1/4 分位(第 8 个),1/2 分位(第 16 个),3/4 分位(第 24 个)的数据,作为分级标准。数据来源于 2002～2011 年中国统计年鉴。

附表 6　全国 31 个省（区、市）单位面积工矿企业废气排放总量

序号	省（区、市）	废气排放量/亿 m^3			面积/km^2	单位面积废气排放量［万 m^3·（km^2·年）$^{-1}$］
		2009 年	2010 年	平均		
1	西藏	13	15.409	14.204	1 202 071.51	0.12
2	新疆	6154	6974.879	6564.439	1 664 897.17	3.94
3	青海	3237	3307.992	3272.496	717 480.52	4.56
4	甘肃	5685	6313.946	5999.472	404 090.87	14.85
5	黑龙江	7796	9977.067	8886.533	452 645.02	19.63
6	内蒙古	20 190	24 844.36	22 517.182	1 145 121.23	19.66
7	云南	8316	9483.801	8899.900	38 3194.12	23.23
8	四川	12997	13410.02	13 203.509	484 056.07	27.28
9	吉林	6155	7123.805	6639.402	191 123.91	34.74
10	海南	1345	1353.206	1349.103	35 353.69	38.16
11	贵州	6842	7785.763	7313.881	176 152.47	41.52
12	江西	7456	8286.051	7871.025	166 894.34	47.16
13	湖南	9249	10 972.56	10 110.782	211 854.69	47.73
14	陕西	9706	11 031.9	10 368.951	205 794.60	50.38
15	广西	11 643	13 184.2	12 413.599	237 558.10	52.26
16	湖北	11 558	12 522.63	12 040.314	185 888.43	64.77
17	福建	9150	10 497.1	9823.551	124 015.64	79.21
18	宁夏	4403	4700.61	4551.804	51 954.38	87.61
19	安徽	15 749	15 272.57	15 510.785	140 125.80	110.69
20	广东	20 510	22 681.95	21 595.976	179 812.66	120.10
21	重庆	7351	12 586.52	9968.760	82 268.65	121.17
22	河南	20 264	22 185.57	21 224.786	165 536.42	128.22
23	山西	23 180	23 692.91	23 436.453	156 711.25	149.55
24	浙江	17 633	18 860.33	18 246.665	105 397.34	173.12
25	山东	33 505	35 126.7	34 315.852	157 126.31	218.40
26	辽宁	40 219	25 211.19	32 715.092	148 063.71	220.95
27	河北	37 558	50 779.44	44 168.720	188 433.86	234.40
28	江苏	25 245	27 431.75	26 338.372	106 741.68	246.75
29	北京	4316	4408.253	4362.126	16 410.54	265.81
30	天津	6005	5982.757	5993.878	11 917.32	502.96
31	上海	10 436	10 058.6	10 247.298	8239.01	1243.75

注：（2.2.6）工矿企业废气排放量分级标准，统计整理 2009～2010 年 2 年内全国 31 个省（区、市）每年单位工矿企业废气排放量参数，求出各省（市、区）2 年内的每年工矿企业废气排放量均值，用该均值除以各省面积，最后将该值升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2009～2010 年中国统计年鉴。

附表 7　全国 31 个省（区、市）农村人口占总人口的比重

序号	省（区、市）	2010 年	2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	平均值
1	上海	11.4	11.4	11.3	11.3	10.91	11.26
2	北京	15	15.1	15.5	15.67	16.38	15.53
3	天津	21.99	22.77	23.69	24.27	24.89	23.52
4	广东	36.6	36.63	36.86	37	39.32	37.28
5	辽宁	39.65	39.95	40.8	41.01	41.3	40.54
6	浙江	42.1	42.4	42.8	43.5	43.98	42.95
7	黑龙江	44.5	44.6	46.1	46.5	46.9	45.72
8	吉林	46.68	46.79	46.84	47.03	47.48	46.96
9	江苏	44.4	45.7	46.8	48.1	49.89	46.97
10	内蒙古	46.6	48.29	49.85	51.36	52.8	49.78
11	福建	48.6	50.1	51.3	52	52.7	50.94
12	重庆	48.41	50.01	51.66	53.3	54.8	51.63
13	海南	50.87	52	52.8	53.9	54.8	52.87
14	山东	51.68	52.4	53.25	53.9	55	53.24
15	湖北	54	54.8	55.7	56.2	56.8	55.5
16	宁夏	53.9	55.02	55.98	57	57.72	55.92
17	山西	54.01	54.89	55.97	56.99	57.89	55.95
18	陕西	56.5	57.9	59.38	60.88	62.77	59.49
19	湖南	56.8	57.85	59.55	61.29	63	59.70
20	青海	58.1	59.14	59.93	60.74	60.75	59.73
21	河北	57	58.1	59.75	61.56	62.31	59.74
22	江西	56.82	58.64	60.2	61.32	63	60.00
23	安徽	57.9	59.5	61.3	62.9	64.5	61.22
24	新疆	60.15	60.36	60.85	62.06	62.85	61.25
25	广西	60.8	61.84	63.76	65.36	66.38	63.63
26	四川	61.3	62.6	64.4	65.7	67	64.2
27	河南	62.3	63.97	65.66	67.53	69.35	65.76
28	云南	66	67	68.4	69.5	70.5	68.28
29	甘肃	67.35	67.85	68.41	68.91	69.98	68.5
30	贵州	70.11	70.89	71.76	72.54	73.13	71.69
31	西藏	76.2	77.39	71.7	71.79	73.35	74.09

注：（2.3.1）农业人口数量分级标准，统计整理 2006～2010 年 5 年内全国 31 个省（区、市）农村人口占总人口比重参数，求出各省（市、区）5 年内的农村人口占总人口比重均值，将均值进行升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2006～2010 年中国统计年鉴。

仅供试读使用

附表 8　全国 30 个省（区、市）高速公路与铁路里程面积比

序号	省（区、市）	高速公路/km	铁路/km	总里程/km	总面积/km^2	里程面积比 $[km·(万\ km^2)^{-1}]$
1	新疆	1200	2899.1	4099.1	166	0.002
2	青海	443	1652.4	2095.4	72.23	0.002
3	内蒙古	2176	6694.2	8870.2	118.3	0.007
4	甘肃	2000	2435.2	4435.2	45.44	0.009
5	四川	2630	2999.4	5629.4	48.14	0.011
6	云南	2500	2308.4	4808.4	38.33	0.012
7	黑龙江	2000	5788.2	7788.2	45.48	0.017
8	贵州	1507	2011.6	3518.6	17.6	0.019
9	广西	2113	2734.2	4847.2	23.6	0.020
10	湖南	2262	2899.1	5161.1	21.18	0.024
11	宁夏	1020	789.4	1809.4	6.64	0.027
12	吉林	1850	3622.4	5472.4	18.74	0.029
13	海南	660	388.4	1048.4	3.4	0.030
14	陕西	3458	3114.5	6572.5	20.56	0.031
15	福建	2300	1616.3	3916.3	12.13	0.032
16	湖北	3673	2565	6238	18.59	0.033
17	江西	3042	2566.4	5608.4	16.7	0.033
18	安徽	2900	2387	5287	13.97	0.037
19	广东	4835	2174.8	7009.8	18	0.038
20	山西	3000	3114.5	6114.5	15.63	0.039
21	重庆	2011	1290.6	3301.6	8.23	0.040
22	浙江	3291	1319.3	4610.3	10.2	0.045
23	河北	4307	4837.8	9144.8	18.77	0.048
24	山东	4285	3302.2	7587.2	15.38	0.049
25	辽宁	3056	4200.8	7256.8	14.59	0.049
26	江苏	4059	1618.8	5677.8	10.26	0.055
27	北京	900	1119.9	2019.9	1.68	0.120
28	天津	950	694.2	1644.2	1.13	0.145
29	上海	778	331.2	1109.2	0.63	0.176
30	河南	5016	4041.7	9057.7	1.67	0.542

注：（2.4.1）单位面积高速公路和铁路里程分级标准，整理 2009 年全国 30 个省（区、市）高速公路里程和行政面积，计算得出各省（市、区）里程面积比，再将数列升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2009 年全国各省高速公路通车里程。

附表 9　2008 年全国 30 个省（区、市）大型水库单位面积水库数

序号	省（区、市）	大型水库个数	面积/km^2	单位面积水库［个·（万 km^2）$^{-1}$］
1	上海		6300	0
2	新疆	8	1 660 000	0．048
3	内蒙古	8	1 183 000	0．067
4	青海	6	722 300	0．083
5	四川	7	481 400	0．145
6	宁夏	1	66 400	0．150
7	云南	8	383 300	0．208
8	陕西	7	205 600	0．340
9	山西	6	156 300	0．383
10	黑龙江	21	454 800	0．461
11	贵州	10	176 000	0．568
12	重庆	5	82 300	0．607
13	吉林	12	187 400	0．640
14	江苏	7	102 600	0．682
15	甘肃	33	454 400	0．726
16	安徽	12	139 700	0．858
17	河北	18	187 700	0．958
18	福建	17	121 300	1．401
19	海南	5	34 000	1．470
20	广西	35	236 000	1．483
21	广东	32	180 000	1．777
22	山东	33	153 800	2．145
23	辽宁	32	145 900	2．193
24	北京	4	16 800	2．380
25	天津	3	11 300	2．654
26	湖北	100	185 900	5．379
27	浙江	61	102 000	5．980
28	河南	18	16 700	10．778
29	湖南	287	211 800	13．550
30	江西	253	167 000	15．149

注：大型水库是库容为 1 亿 m^3 以上的，中型水库是库容为 100～1000 万 m^3，小型水库是库容为 10～100 万 m^3。（2.4.2）单位面积水库数主要是计算单位面积的大型水库数。整理 2008 年全国 30 个省（区、市）大型水库个数和各行政面积。计算得单位面积大型水库数。再将数列升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为三级指标的分级标准。

仅供内部使用

附表 10　2008 年全国 30 省（区、市）总库容、单位面积库容排名

序号	省（区、市）	总库容/亿 m^3	面积/km^2	面积/10^9 m^2	单位面积库容［亿 m^3 ·（10^9 m^2）$^{-1}$］
1	西藏	10.86	1 220 000	1220	0.008
2	新疆	39.57	1 660 000	1660	0.023
3	内蒙古	60.45	1 183 000	1183	0.051
4	云南	28.83	383 300	383.3	0.075
5	宁夏	7.35	66 400	66.4	0.110
6	甘肃	74.5	454 400	454.4	0.163
7	山西	31.35	156 300	156.3	0.200
8	重庆	28.51	82 300	82.3	0.346
9	四川	187.85	481 400	481.4	0.390
10	青海	296	722 300	722.3	0.409
11	黑龙江	203.15	454 800	454.8	0.446
12	陕西	96.2	205 600	205.6	0.467
13	河北	138.73	187 700	187.7	0.739
14	山东	126.62	153 800	153.8	0.823
15	贵州	162.69	176 000	176	0.924
16	安徽	135.58	139 700	139.7	0.970
17	福建	119.077	121 300	121.3	0.981
18	江西	197.38	167 000	167	1.181
19	湖南	273.61	211 800	211.8	1.291
20	吉林	275.17	187 400	187.4	1.468
21	广东	280.57	180 000	180	1.558
22	江苏	167.27	102 600	102.6	1.630
23	海南	62.66	34 000	34	1.842
24	天津	22.39	11 300	11.3	1.981
25	辽宁	325.67	145 900	145.9	2.232
26	广西	618.93	236 000	236	2.622
27	浙江	366.86	102 000	102	3.596
28	湖北	953.35	185 900	185.9	5.128
29	北京	88	16 800	16.8	5.238
30	河南	364.87	16 700	16.7	21.848

注：（2.4.3）单位面积库容，整理 2009 年全国 30 个省（区、市）水库库容、行政区划面积数据，计算得单位面积库容，再将数列升序排列，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为三级指标的分级标准。

仅供试读使用

附表 11　2007 年 31 个省（区、市）供水用水情况

年份	用水量/亿 m^3									人均用水量
（省、区、市）	供水总量	地表水	地下水	其他	用水总量	农业	工业	生活	生态	（m^3·人$^{-1}$）
2000 年	5530.73	4440.42	1069.17	21.14	5497.59	3783.54	1139.13	574.92		435.40
2001 年	5567.43	4450.65	1094.93	21.85	5567.43	3825.73	1141.81	599.89		437.74
2002 年	5497.28	4404.36	1072.42	20.49	5497.28	3736.18	1142.36	618.73		429.34
2003 年	5320.4	4286	1018.11	16.29	5320.4	3432.81	1177.2	630.89	79.47	412.95
2004 年	5547.8	4504.2	1026.4	17.2	5547.8	3585.7	1228.9	651.2	82	428.00
2005 年	5632.98	4572.19	1038.83	21.96	5632.98	3580	1285.2	675.1	92.68	432.07
2006 年	5794.97	4706.8	1065.52	22.70	5794.97	3664.45	1343.76	693.76	93.00	442.02
2007 年	5818.67	4723.9	1069.06	25.70	5818.67	3599.51	1403.04	710.39	105.73	441.52
北京	34.81	5.67	24.19	4.95	34.805	11.734	5.747	14.60	2.72	216.58
天津	23.37	16.46	6.81	0.1	23.37	13.84	4.2	4.82	0.51	213.42
河北	202.5	38.9	163.08	0.52	202.5	151.59	24.97	23.91	2.03	292.61
山西	58.74	22.51	36.23		58.7424	34.32	14.44	9.53	0.45	173.59
内蒙古	180.04	91.11	87.95	0.99	180.04	141.77	17.45	14.17	6.65	749.85
辽宁	142.87	73.3	67.17	2.4	142.87	91.67	24.35	24.32	2.53	333.46
吉林	100.78	62.03	38.75		100.78	67.53	19.52	11.74	1.99	369.63
黑龙江	291.37	166.74	124.63		291.37	214.75	57.54	18.61	0.47	762.05
上海	120.19	119.79	0.40		120.19	16.21	81.35	21.60	1.04	654.46
江苏	558.34	548.45	9.88		558.34	268.51	225.25	48.42	16.16	735.87
浙江	210.98	204.85	5.65	0.47	210.98	100.22	64.17	33.95	12.64	420.27
安徽	232.05	211.65	19.92	0.48	232.05	120.56	83.81	26.08	1.6	379.54
福建	196.28	190.22	5.24	0.82	196.28	100.94	72.77	21.15	1.42	549.88
江西	234.87	224.14	10.73		234.87	151.35	58.60	22.90	2.02	539.50
山东	219.55	115.59	101.98	1.98	219.55	159.71	24.12	32.51	3.20	235.11
河南	209.28	83.44	125.46	0.39	209.28	120.07	51.30	32.74	5.17	223.21
湖北	258.73	249.41	8.43	0.89	258.73	132.65	96.62	29.38	0.09	454.23
湖南	324.26	303.98	19.57	0.71	324.26	193.89	82.54	44.62	3.21	510.77
广东	462.51	440.56	21.22	0.73	462.51	224.84	141.07	90.54	6.06	493.27
广西	310.41	293.89	13.53	2.99	310.41	208.39	47.80	48.58	5.63	654.38
海南	46.69	42.87	3.82		46.69	35.84	4.67	6.09	0.09	555.50
重庆	77.43	75.55	1.85		77.43	18.75	40.91	17.33	0.43	275.35
四川	213.98	196.7	15.91	1.37	213.98	118.71	58.98	34.43	1.86	262.61
贵州	98.03	91.33	6.21	0.48	98.03	48.72	31.79	16.95	0.56	260.74
云南	150.03	142.65	5.43	1.95	150.02	105.95	22.33	19.95	1.80	333.50
西藏	36.70	34.39	2.31		36.70	33.43	1.13	2.15		1299.12
陕西	81.55	47.29	33.43	0.82	81.55	55.51	11.67	13.55	0.81	217.95
甘肃	122.50	91.89	28.78	1.82	122.50	96.05	14.03	9.45	2.97	469.08
青海	31.11	23.45	7.65		31.11	20.47	7.17	3.28	0.19	565.62
宁夏	71.00	65.94	5.06		71.00	64.75	3.52	1.76	0.97	1169.72
新疆	517.74	449.16	67.78	0.8	517.74	476.77	9.23	11.29	20.45	2498.14

注：数据来源于 2008 年中国统计年鉴。

经济出版社

附表 12　全国 31 个省（区、市）工矿企业地下水开采率

序号	省（区、市）	供水总量/亿 m^3	地下水供水量/亿 m^3	用水总量/亿 m^3	工业用水量/亿 m^3	地下水资源量/亿 m^3	地下水占供水比重	工业用水中地下水的用量/亿 m^3	工矿企业地下水开采率
1	西藏	30.85	2.58	30.85	1.38	871.45	0.083	0.12	0.000
2	云南	152.63	4.32	152.64	22.44	582.64	0.028	0.64	0.001
3	青海	28.76	4.71	28.76	2.99	392.31	0.163	0.49	0.001
4	海南	44.46	3.45	44.46	3.91	106.3	0.077	0.303	0.002
5	新疆	530.90	89.96	530.91	10.06	470.47	0.169	1.70	0.003
6	浙江	197.76	4.96	197.76	55.34	208.00	0.025	1.39	0.006
7	江西	241.25	10.37	241.25	53.18	312.89	0.042	2.29	0.007
8	福建	201.44	4.8	201.44	77.19	244.65	0.023	1.84	0.007
9	四川	223.46	16.4	223.46	61.6	579.99	0.073	4.52	0.007
10	广西	303.35	11.61	303.36	53.97	256.84	0.038	2.07	0.008
11	贵州	100.37	6.98	100.38	34.14	248.97	0.069	2.37	0.009
12	重庆	85.30	1.75	85.30	47.55	81.86	0.021	0.98	0.011
13	宁夏	72.23	5.21	72.23	3.68	22.07	0.072	0.27	0.012
14	湖北	281.41	8.83	281.41	100.82	263.45	0.031	3.16	0.012
15	广东	463.41	20.95	463.41	136.15	407.64	0.045	6.16	0.015
16	湖南	322.33	20.55	322.33	83.52	351.74	0.063	5.33	0.015
17	上海	125.20	0.25	125.20	84.16	9.92	0.002	0.17	0.017
18	甘肃	120.63	23.98	120.63	13.06	123.59	0.198	2.60	0.021
19	江苏	549.23	8.83	549.23	194.55	110.80	0.016	3.13	0.028
20	陕西	84.34	33.09	84.34	11.40	132.39	0.392	4.47	0.033
21	安徽	291.86	26.10	291.86	93.66	185.43	0.089	8.37	0.045
22	内蒙古	181.25	87.49	181.25	20.92	214.35	0.482	10.10	0.047
23	山东	219.99	97.04	219.99	24.70	180.71	0.441	10.89	0.060
24	黑龙江	316.25	136.03	316.25	55.71	313.45	0.430	23.96	0.076
25	山西	56.27	32.95	56.27	10.53	76.15	0.585	6.17	0.080
26	吉林	111.09	42.51	111.09	23.62	97.25	0.382	9.04	0.092
27	辽宁	142.79	67.35	142.79	23.92	87.61	0.471	11.28	0.128
28	河北	193.71	154.64	193.72	23.71	122.7	0.798	18.93	0.154
29	河南	233.71	138.99	233.71	53.51	188.05	0.594	31.82	0.169
30	北京	35.50	21.80	35.50	5.20	17.76	0.614	3.19	0.179
31	天津	23.37	6.01	23.37	4.35	5.6	0.257	1.12	0.199

注：（2.2.7）工矿企业地下水开采率，采用估算法。供水量中地下水占一定比例，假设这种比例在各行业的用水分配中也保持不变，也就是说如果供水量中 30% 来自地下水，那么在工业用水量中也有 30% 来自地下水，基于这个假设，利用上述统计数据估计工矿企业的地下水开采率。首先计算出 31 个省（区、市）供水中地下水所占比例，然后用这个比例乘以其工业用水量，得出工矿企开采的地下水量，最后用这个水量除以该省（区、市）地下水总资源量，便得到工矿企业地下水开采率。对得到的工矿企业地下水开采率数据进行升序排序，选取其中的 1/4 分位（第 8 个），1/2 分位（第 16 个），3/4 分位（第 24 个）的数据，作为分级标准。数据来源于 2010 年中国统计年鉴。

附表 13　2010 年全国 31 个省（区、市）工业固体废物综合利用率

序号	省（区、市）	产生量/万 t	排放量/t	工业固体废物储存量/万 t	综合利用往年储存量/万 t	工业固体废物处置量/万 t	工业固体废物综合利用量/万 t	工业固体废物综合利用率/%
1	西藏	11.1	41 243	6.8			0.2	1.8
2	青海	1783.3	21 652	1035.4	14.1	1.3	758.6	42.2
3	甘肃	3745.5	113 758	1011.5	107.3	1150.2	1783	46.3
4	江西	9407.3	132 314	557.1	1.3	4486.6	4379.1	46.5
5	辽宁	17 272.9	27 877	2534.5	235.1	6767.3	8209.7	46.9
6	新疆	3914.1	627 877	1771.1	34.1	255.9	1876.9	47.5
7	云南	9392.4	363 098	1844.5	59.7	2911.4	4798.4	50.8
8	贵州	8187.7	597 582	1472.9	7.8	2497.6	4174.1	50.9
9	陕西	6892.3	133 926	1030	10.9	2176.8	3753.2	54.4
10	四川	11 239.2	32 240	1322.8	2.7	3758.5	6159.2	54.8
11	内蒙古	16 996	45 294	2151.6	0	5295.2	9562.4	56.3
12	河北	31 688.2	44 506	1830.7	87	12 007.3	17 973.4	56.6
13	宁夏	2465.5	9220	563.5	8.8	489.5	1422.3	57.5
14	山西	18 270.3	95 3817	997	140.8	5273.2	12 059.4	65.5
15	北京	1268.9	611	39.9		780.3	835.2	65.8
16	吉林	4641.6		952.1	1.9	577.5	3114.1	67.1
17	广西	6231.7	91 391	439.1	9.6	1563.1	4230.7	67.8
18	黑龙江	5404.6	18 619	835	44.8	445	4168.8	76.5
19	河南	10 713.8	2150	721.7	154.5	1770.4	8380.4	77.1
20	重庆	2837.4	1 336 308	288.3	51.9	155.2	2316.8	80.2
21	湖北	6813	41 693	237.6	42.3	1096.5	5520.9	80.5
22	湖南	5773.3	163 714	769.3	152.1	447.8	4797.3	81
23	福建	7486.6	35 163	107.7	10.9	1181.1	6214.9	82.9
24	海南	212.1	10	33.4		0.4	178.4	84.1
25	安徽	9158.2	15	518				