

文章编号: 1008-2786-(2020)5-776-11  
DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000554

## 四川省资源利用上线划定方法与应用

于 慧<sup>1</sup>, 廖嘉玲<sup>2\*</sup>, 范继辉<sup>1</sup>, 何 钰<sup>2</sup>, 贾瑜玲<sup>2</sup>

1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 四川省环境工程评估中心, 成都 610093)

**摘 要:** 资源利用上线划定研究对于落实“三线一单”的管控体系要求, 服务四川省“三线一单”编制工作, 具有重要的理论和现实指导意义。本研究从生态环境质量维护改善、自然资源资产“保值增值”角度, 应用资源利用上线划定技术方法, 开展自然资源开发利用总量、效率评价, 提出水资源、土地资源、能源、其他资源的重点管控区划定模式, 形成资源利用上线重点管控区, 提出分区管控方案, 引导资源合理有序开发利用。研究结果: (1) 四川省 23 个水资源重点管控区, 主要分布在成都平原经济区和川南经济区; (2) 土地资源重点管控区 299 个, 面积占比 31.21%。生态要素重点管控区主要分布于川西北高原、川西南山地和盆周山地; 土地开发利用效率低区主要是由于工业用地容积率  $Pr < 0.5$ , 单位城乡建设用地上的 GDP 产出低所致, 针对土地开发利用重点管控区, 应重点加强土地集约节约利用; (3) 能源重点管控区 353 个, 主要集中分布于成都平原、川南地区、川东北地区 and 攀西地区, 需进一步优化这些区域的能源结构、减少环境污染; (4) 其他自然资源重点管控区 4 个, 主要是由于耕地和森林覆盖率不达标所致。本研究针对不同的管控区提出差异化管控要求, 可以为地方政府资源合理有序开发利用提供具体管控依据, 为全国其他省市开展“三线一单”资源利用上线划定工作提供技术与方法借鉴。

**关键词:** 三线一单; 资源利用上线; 重点管控区

**中图分类号:** K903

**文献标志码:** A

生态环境部颁布的《长江经济带战略环境影响评价“三线一单”编制的工作实施方案》明确要求长江经济带各省(直辖市)全面推进编制“三线一单”, 即生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单。“三线一单”是以改善环境质量为核心, 将“三线”落实到具体的环境管控单元, 并建立环境准入负面清单的环境分区管控体系<sup>[1-2]</sup>, 从空间布局、污染物排放、环境风险、资源开发利用等方面明确了禁止和限制的环境准入要求<sup>[3-5]</sup>。资源利

用上线研究包括土地资源利用上线、水资源利用上线、能源利用上线、其他自然资源 4 个部分。目前, 资源利用已成为研究热点。在研究方法上, 水资源多集中在资源承载力<sup>[6]</sup>、资源利用效率<sup>[7]</sup>等; 土地资源研究多关注土地资源承载力<sup>[8]</sup>、建设用地开发强度<sup>[9]</sup>、影响要素<sup>[10]</sup>以及由此带来的生态环境效应<sup>[11]</sup>等; 能源研究主要集中在能源利用效率测算<sup>[12]</sup>与提升战略<sup>[13]</sup>、能源需求<sup>[14]</sup>等方面。自然资源资产研究主要集中在自然资源资产负债表编制路

收稿日期(Received date): 2019-12-08; 改回日期(Accepted date): 2020-07-15

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金面上项目(41671529); 四川省科技计划项目(2019YFS0467); 长江经济带战略环境影响评价四川省“三线一单”编制资源利用上线专题。[National Natural Science Foundation of China General Program(41671529); Sichuan Science and Technology Program(2019YFS0467); Strategic Environmental Assessment of Yangtze River Economic Belt-Upline Delimitation of Resources Utilization]

作者简介(Biography): 于慧(1980-), 女, 山东烟台人, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 资源环境承载力与区域发展规划。[YU Hui (1980-), female, born in Yantai, Shandong province, Ph. D., associate professor, research on carrying capacity of resources and environment, and regional development planning] E-mail: yuhui@imde.ac.cn

\* 通讯作者(Corresponding author): 廖嘉玲(1982-), 女, 四川成都人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 环境影响评价、技术评估。[LIAO Jialing (1982-), female, born in Chengdu, M. Sc., senior engineer, research on environmental impact assessment and technical assessment] E-mail: scpgzx2007@163.com

径<sup>[15]</sup>、核算框架<sup>[16]</sup>。水资源利用上线、土地资源利用上线、能源利用上线、其他自然资源的测算方法及管控分区标准未见相关研究,成为“三线一单”资源利用上线研究中亟待解决的科学问题。

四川省作为长江经济带上游的重要生态屏障之一,是“三线一单”编制工作的先导省份之一。按照《长江经济带战略环境评价工作方案》(环办环评[2017]83号)要求,生态环境部于2017年编制印发《“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”编制技术指南(试行)》<sup>[17]</sup>(以下简称《技术指南(试行)》)。《技术指南(试行)》给出了资源利用上线评估内容及方向性指导,缺少具体的评估方法。本文在吸取国内外研究经验的基础上,针对当前对接部门专业技术和管理要求高、定量化的测算方法缺乏、与政府部门通用指标衔接性等问题,在《技术指南(试行)》的基础上,对“资源利用上线”涉及的测算方法、关键指标等进行系统改进,修正了评价标准和阈值,调整升级了重点管控区主控因子;定义了土地资源开发利用效率低的工业园区,提出水资源、土地资源、能源管控分区划分标准。经改进完善的评价方法的针对性更强、更具可操作性,为各地编制“三线一单”提供技术和方法借鉴。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

四川省地处长江上游,介于26°03′~34°19′N, 97°21′~108°12′E。地势总体上呈西高东低走势,西部为高原、山地,海拔多在4000 m以上。东部为盆地和丘陵,耕地主要分布在东部盆地和低山丘陵区;水资源总量丰富,但人均占有量不高,时空分布不均;能源资源丰富,主要以水能、煤炭和天然气为主,矿产资源主要集中在川西南、川南、川西北<sup>[18]</sup>。

### 1.2 数据来源

经济社会发展相关指标数据源于省、市级统计年鉴。水资源相关数据主要来自水利统计年鉴、水资源综合规划、水资源公报;城乡建设用地、耕地数据主要来自四川省土地变更调查数据,土地资源控制性指标来自最新省市土地利用规划;工业园区效率分析相关数据来自四川省自然资源厅;能源相关数据主要来自四川省/市十三五能源发展规划、省/市节能减排综合工作方案;基础底

图相关数据来自四川省环境工程评估中心。生态保护红线、建设用地重度污染地块、大气环境不达标区、污染排放强度高区等数据来自四川省环境科学研究院。

## 2 资源利用上线划定方法

资源利用上线是自然资源开发利用和能源消耗的上限要求,从生态环境质量维护改善、自然资源资产“保值增值”等角度<sup>[19]</sup>,开展自然资源开发利用总量、开发利用效率评价,明确水资源、土地资源等重点资源开发利用和能源消耗的上限要求,形成重点管控区图,提出基于“资源利用上线”管控要求的分区管控方案<sup>[17]</sup>,引导资源合理有序开发利用<sup>[20]</sup>。以便更好落实“三线一单”的管控体系要求,服务“三线一单”编制工作。四川省资源利用上线划定工作具体的技术流程见图1。

### 2.1 水资源利用上线划定方法

在保障合理生态环境用水的前提下,综合分析并合理确定评价年份允许经济社会取用的最大水量,作为水量要素承载基线;分析水资源开发利用规模和程度,核算评价单元承载负荷;在此基础上,进行水量要素评价,确定水量要素承载状况等级(表1)。依据“短板”指标,划分为严重超载、超载、临界超载、不超载4个综合评价结果。根据评价结果,结合区域经济发展状况以及未来用水需求情况,将水资源承载能力超载和临界超载区划为水资源管控分区,强化水资源总量红线约束,并提出各分区差异化的管控要求和建议。

### 2.2 土地资源利用上线划定方法

统筹考虑区域协调、可持续发展,助推工业、企业用地优化布局,重度污染地块有效治理。通过对比土地利用现状和控制总量,分析工业园区和城乡建设用地开发利用效率,诊断土地资源开发利用存在的短板,将土地资源开发利用效率低的工业园区、生态保护红线集中、建设用地重度污染地块确定为土地资源重点管控区,提出差异化的管控要求。

#### (1) 土地资源开发利用效率

借鉴了樊杰等(2015)<sup>[21]</sup>、余建辉等(2017)<sup>[22]</sup>关于土地资源长时间序列的变化率趋势分析的理念,计算土地资源开发利用效率,算式如下:

$$L_e = \sqrt[5]{\frac{(\frac{L_t}{GDP_t})}{(\frac{L_{t+5}}{GDP_{t+5}})}} - 1 \tag{1}$$

式中,  $L_e$  为土地资源开发利用效率;  $t$  为基准年;  $L_t$  为基准年行政区域内城乡建设用地面积 ( $\text{km}^2$ );  $L_{t+5}$  为基准年后第 5 年行政区域内城乡建设用地面积 ( $\text{km}^2$ );  $GDP_t$  为基准年  $GDP$  (万元);  $GDP_{t+5}$  为基准年后第 5 年  $GDP$  (万元)。若  $L_e < 0$ , 说明土地资源开发利用效率低。

(2) 土地资源开发利用效率低的工业园区  
强化管理是提高土地集约利用水平的关键<sup>[23]</sup>。

与自然资源部门需求紧密结合, 基于“土地集约利用”成果, 定义“土地资源开发利用效率低的工业园区”, 指工业用地建筑系数低于 30% 或工业用地最小容积率小于 0.5 的工业园区, 算式如下:

$$IEI = (B < 30\%) \text{ or } (Pr < 0.5) \tag{2}$$

$$B = Wa/A \tag{3}$$

$$Pr = Ar/A \tag{4}$$

式中,  $IEI$  为土地资源开发利用效率低的工业园区;  $B$  为工业用地建筑系数;  $Wa$  为工矿仓储用地上的建筑物构筑物基底面积 ( $\text{km}^2$ ); 露天堆场和露天作业场地面积 ( $\text{km}^2$ );  $A$  为工矿仓储用地面积 ( $\text{km}^2$ );  $Pr$  为工业用地容积率;  $Ar$  为工矿仓储用地上的总建筑

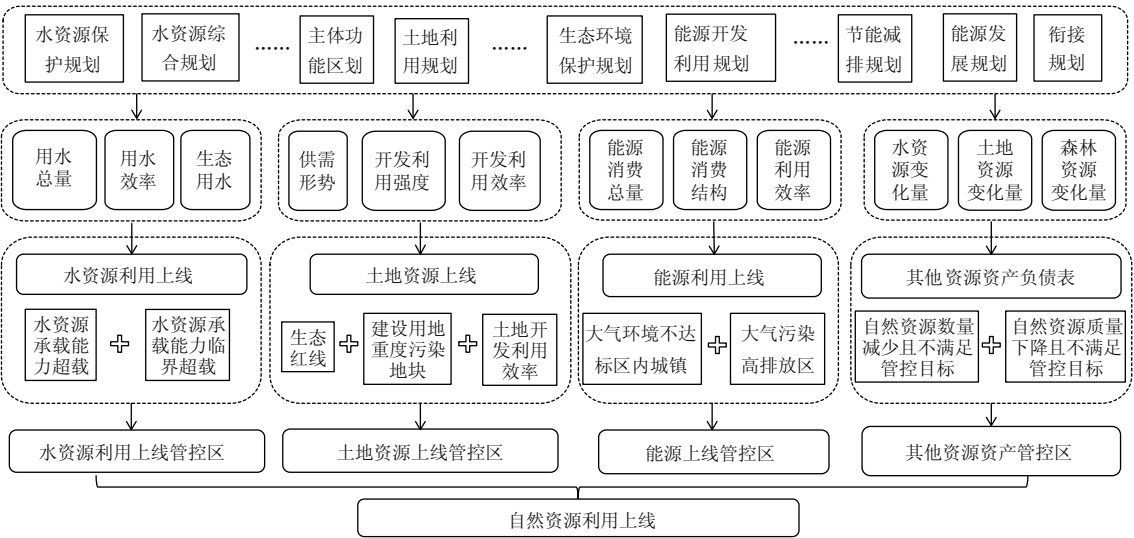


图 1 资源利用上线流程图

Fig. 1 Flow diagram about the upline of resource utilization

表 1 水资源利用上线划分方法

Tab. 1 Division Method about the upper limit of water resource utilization

评价指标	计算公式	因子说明	判断标准
单要素评价	用水总量	$C = W_{\text{用}}/W_{\text{控}}$ $C$ : 实际用水总量与控制用水量比 $W_{\text{用}}$ : 实际用水总量 $W_{\text{控}}$ : 控制用水总量	严重超载: $C > 1.2$ 超载: $1.2 \geq C > 1.0$ 临界超载: $1.0 \geq C > 0.9$ 不超载: $C \leq 0.9$
	平原区地下水开采量	$C = G_{\text{开}}/G_{\text{控}}$ $G_{\text{开}}$ : 地下水实际开采量 $G_{\text{控}}$ : 控地下水控制开采量	
	生态需水量	$Q = Q_{\text{现}}/Q_{\text{需}}$ $Q_{\text{现}}$ : 现状水文流量 $Q_{\text{需}}$ : 生态需水量	超载: $Q_{\text{现}} < Q_{\text{需}}$ 临界超载: $Q_{\text{需}} \leq Q_{\text{现}} < 1.1 * Q_{\text{需}}$ 不超载: $Q_{\text{现}} \geq 1.1 * Q_{\text{需}}$
	综合评价	$S = \min(S_w, S_G, S_Q)$ $S_w$ : 用水总量承载状态 $S_G$ : 地下水开采承载状况 $S_Q$ : 生态需水量状况	短板效应

面积(km<sup>2</sup>)。

2.3 能源利用上线划定方法

衔接国家和省级等能源相关政策和规划,以改善大气环境质量为核心,促进大气污染治理与大气环境质量达标,分析研究区能源消费结构和特点,能源重点管控的划定主要目的是改善大气环境质量,促进大气污染防治与大气环境质量达标。将大气环境不达标区域、污染排放强度高区作为划分能源重点管控区的关键因子,针对区域的能源消费结构和能源特征,提出差异化的能源管控要求。

2.4 其他自然资源划定方法

采用自然资产核算方法,建立土地资源(耕地、牧草地)、水资源(湖库水质)、森林资源(森林蓄积量、森林覆盖率)三方面的实物账户,再科学核算自然资源资产。自然资源资产核算期为每年1月1日至12月31日,基本平衡式=期末量-期初量。将其中数量减少或质量下降且不满足管控目标要求的区域作为其他自然资源重点管控区(表2)。

表 2 其他自然资源管控分区标准  
Tab.2 The zoning standards for other key control zones of natural resources

重点管控区		一般管控区
管控因子	管控要素	
土地资源	耕地、牧草地面积减少且不满足管控制目标	其他
水资源	湖库水质下降且不满足管控目标	其他
森林资源	森林蓄积量、森林覆盖率减少且不满足管控目标	其他

3 四川省资源利用上线管控分区

3.1 水资源重点管控区

四川省水资源丰沛,但由于地形复杂,区域社会

经济发展差异大等原因,存在水资源空间分布与区域需求不匹配、水资源时程分布不均等问题。市级行政单元的水资源承载力评价结果见图2,可知资阳市、自贡市、内江市评价结果为临界状态。县级行政单元的评价结果见图3,表明成都市主城区、青白江区、金堂县、简阳市9个区县,自贡市自流井区、贡井区、大安区、荣县、富顺县5个区县,泸州市泸县,内江市市中区、东兴区、威远县、资中县4个区县,乐山市井研县,广安市岳池县,资阳市安岳县、乐至县2个区县等共23个区县水资源承载状况为临界状态,划定为水资源利用上线重点管控区。

从县级评价结果的空间分布可知,水资源重点管控区主要分布在成都平原经济区和川南经济区。由于各经济区的水资源状况、社会经济发展目标定位以及存在的差异,实施差异化管控,具体为:(1)成都平原经济区:加强区域水资源合理配置,同时优化区域水资源配置,以都江堰供水网络为核心、以盆周水源为补充、西水东引为动脉,形成纵贯全域、辐射周边,调度灵活、多水源互济的现代水安全网络,保障生态用水、环境用水,提高水资源承载能力;加强水资源利用效率管理,重点开展工业用水管理,引导节水及产业结构调整,提高工业用水的重复利用率,达到合理高效用水;改变农业灌溉模式,促进农业结构向高效节水的现代农业调整;加快实施海绵城市建设,修复城市水生态、改善城市水环境。(2)川南经济区:加大入境水资源开发利用率,以长征渠、向家坝工程输水干道为主线,实施金沙江、青衣江等供水工程,提高水资源保障能力;加强水资源利用效率管理,严格执行强制性的节水减排目标,提高工业用水的重复利用率,达到合理高效用水,同时推进区内农田水利设施建设,提高农业用水效率;以水污染防治为重点,加快区内产业升级、设备改造、技术工艺更新等,提高水资源效率,减少污水排放量,改善岷沱江水环境。

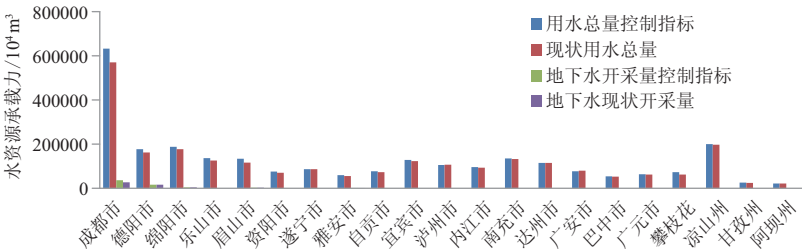


图 2 水资源承载力评价对比图

Fig.2 Comparison chart of water resources carrying capacity evaluation

3.2 土地资源重点管控区

结合 2018 年四川省土地集约利用成果,分析四川省 9 个国家级、123 个省级的工业园区开展的土地利用效率(图 4),结果显示:工业用地建筑系数  $B > 30\%$  的工业园区占比 100%。其中,绵阳经济技术开发区最小, $B$  值仅为 30%。四川广元昭化经济开发区和四川合江临港工业园区最大, $B$  值达到 83%;工业用地容积率  $Pr \geq 0.5$  的工业园区占比 98.50%。其中,绵阳经济技术开发区、内江经济技术开发区属于土地利用效率低的工业园区, $Pr$  分别

为 0.39 和 0.45。

从市州层级看(图 5),四川省 21 市州的  $Le > 0$ , 土地资源利用相对合理。其中,眉山和达州市的  $Le < 0.06$ ,土地利用效率值相对较低。从区县层级看(图 6),183 个区县中达州市的通川区和达县的  $Le < 0$ ,土地资源利用效率低,需要采取一定的管控措施,提高城乡建设用地利用效率,促进土地资源的节约集约利用。

依据土地资源评价结果和重点管控区划分标准,四川省共划分了 299 个土地资源重点管控区(图 7)。

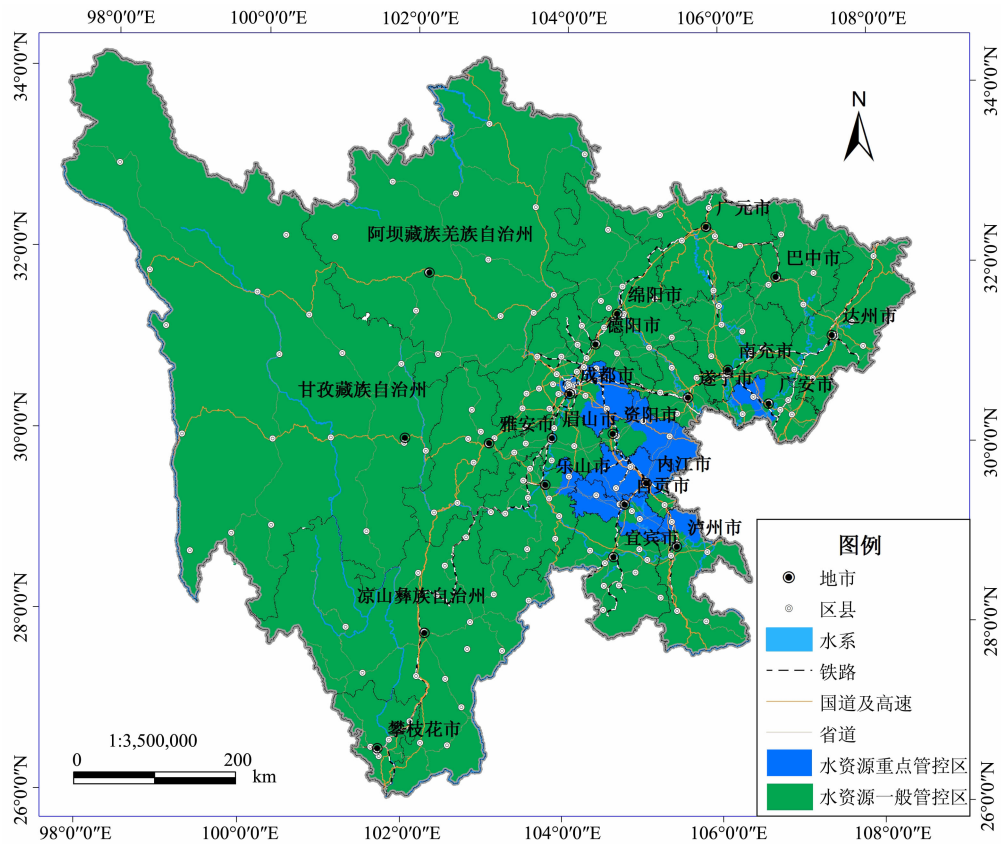


图 3 四川省水资源重点控制区图  
Fig. 3 The key control zones of water resources in Sichuan province

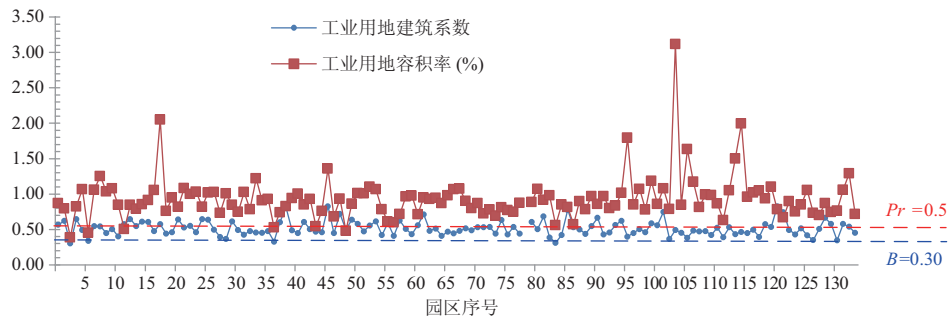


图 4 工业园区土地利用效率对比图  
Fig. 4 Utilization efficiency of land resources in industrial parks



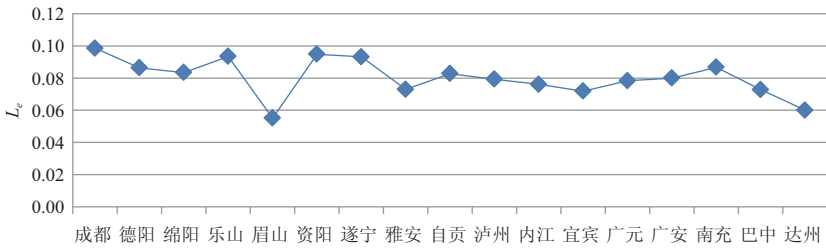


图 5 市州土地开发利用效率对比图

Fig. 5 Efficiency map of land development and utilization in municipal level

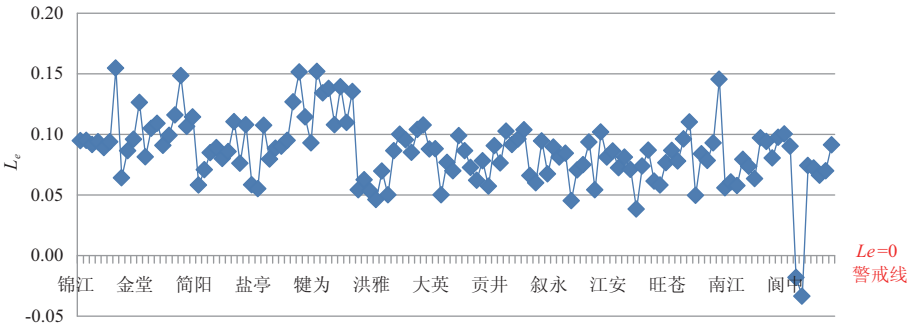


图 6 县级土地开发利用效率对比图

Fig. 6 Efficiency map of land development and utilization in county level

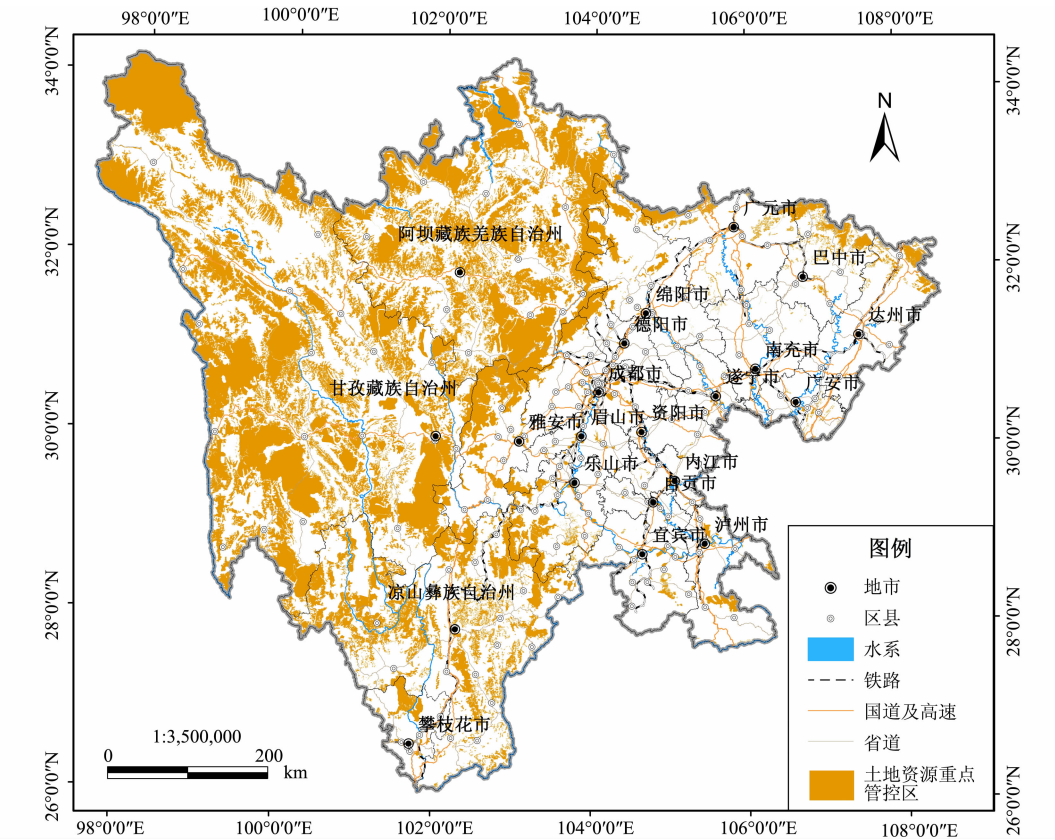


图 7 四川省土地资源重点管控区图

Fig. 7 The key land resource control zones in Sichuan province

面积占比 31.21%。当前生态保护红线作为一项国家政策用于维护生态系统可持续发展和保障国家生

态安全<sup>[24]</sup>。生态要素重点管控区占比,主要分布于川西北高原、川西南山地和盆周山地;污染类重点管

控区主要分布于成都平原、川南地区、川东北地区 and 攀西地区,土地开发利用重点管控区主要分布于各工业园区。三种类型重点管控区的管控要求如下:生态保护红线重点管控区实行空间管制,原则按照禁止开发区域进行管理<sup>[19,29]</sup>;重度污染地块重点管控区加强土壤污染防治,实施建设用地准入管理。在城镇开发和改变土地性质时,强化土地整理、污染治理,满足土地规划使用功能要求;土地开发利用重点管控区加强城乡建设用地控制相关指标不得超过国土空间规划给出的控制性指标。规划工业园区时,注意与城镇规划的衔接、优化布局,保持与城镇规划边界的合理距离。针对土地资源闲置与利用率不高的工业园区,提高现有工业园区的土地利用效率,应实时进行修编规划,优化用地规模,集约用地。实施严格的生态环境准入清单。

### 3.3 能源重点管控区

将大气环境不达标区的城镇、污染排放强度高区划分能源重点管控区。四川省共划分能源重点管控区 353 个(图 8),主要集中分布于成都平原、川南

地区、川东北地区 and 攀西地区,阿坝州、甘孜州、凉山州管控区面积相对较小。

### 3.4 其他自然资源重点管控区

建立四川省 183 个区县其他资源实物账户,核算自然资源,将资源数量减少或质量下降且不满足管控目标要求的区县列为其他重点管控区。四川省共划分了 4 个其他自然资源重点管控区,面积占比 0.82%。其中,名山区耕地面积减少 39.21 公顷,且期末存量 17 103.05 公顷少于耕地保有量 19 100 公顷。由于耕地面积减少且不满足管控目标要求,被划为重点管控区(图 9);广汉市由于森林蓄积量减少 0.61 万  $\text{m}^3$  且期末存量少于保有量 7.34 万  $\text{m}^3$ ,被划为重点管控区(图 10);汉源县、涪城区由于森林覆盖率分别减少 3.3%、2.05%,且期末森林覆盖率小于 2020 年 22.28%、48.77% 的森林覆盖率要求,被划为重点管控区(图 11)。三类重点管控区的管控要求如下:土地资源方面,严格保护基本农田,保护重要的粮、棉、油生产基地,控制非农建设占用农用地,强化耕地占用补偿制度;水资源方面,关注

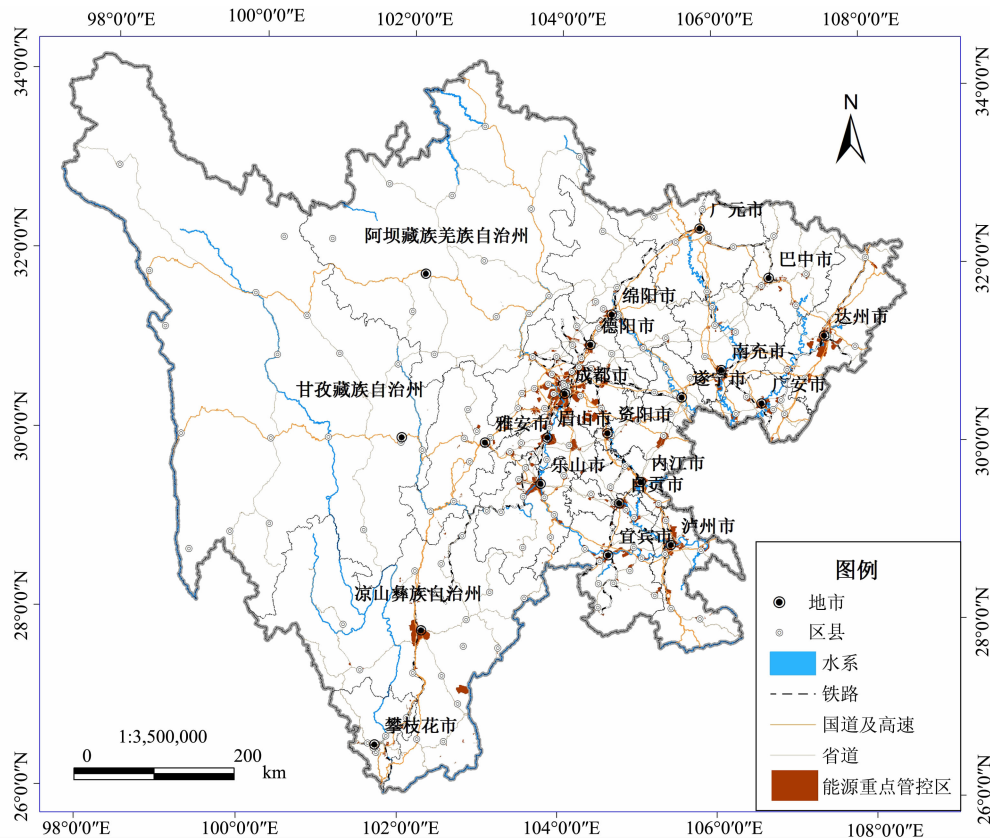


图 8 四川省能源重点管控区图

Fig. 8 The key energy control zones in Sichuan province

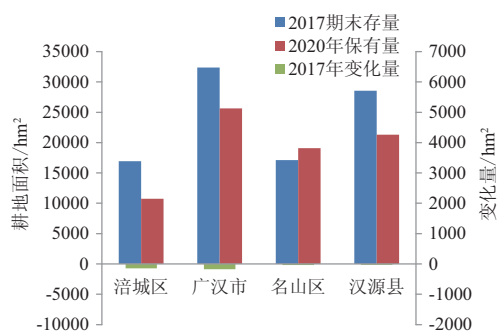


图9 耕地资源自然资产核算

Fig. 9 Cultivated land resource assets

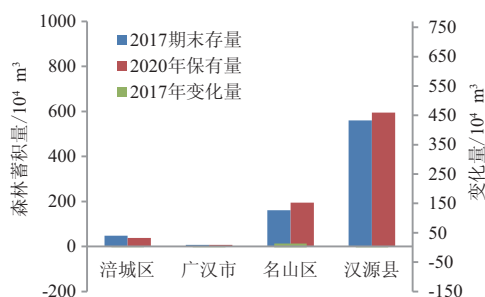


图10 森林蓄积量资产核算

Fig. 10 Forest volume resource assets

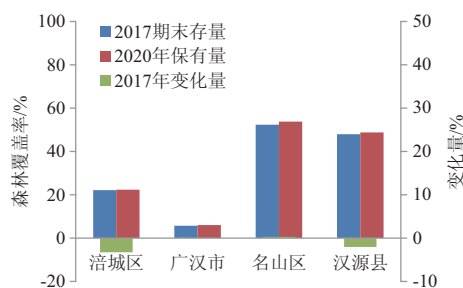


图11 森林覆盖率资产核算

Fig. 11 Forest coverage assets

水质现状,推进污染减排,维护好水质,确保湖泊、水库水质控制在管控制目标内;森林资源方面,强化森林资源保护管理,采取有效措施,确保森林覆盖率、森林蓄积量控制在管控制目标内。

## 4 结论与讨论

四川省资源利用上线需要对接生态环境厅、自然资源厅、水利厅、发改委、林业和草原局、统计局等多部门,对接部门专业技术和管理要求高。资源利用上线划定的难点在于缺乏定量化的测算方法、土地资源分析部分与管控分区划分指标脱节、水资源

分析所需基础数据缺乏统一性、自然资源核算指标与政府部门通用指标缺乏衔接性等问题。在《技术指南(试行)》的基础上,针对“资源利用上线”评价中遇到的具体问题,系统改进并提出相关资源因子的评价方法、关键指标、管控分区划分标准等。形成四川省资源利用上线划定方法并应用实践,以期为各地“三线一单”资源利用上线的编制工作提供技术与方法借鉴。本文主要研究成果如下:

(1)提出水资源重点管控区划定模式,即“用水总量+生态需水量+地下水”模式。四川省共划定水资源重点管控区23个。对于水资源量相对较少的管控单元,要加大水资源保护,严格控制用水总量,推进节水社会建设;对于水资源利用效率较低的管控单元,要加强水资源利用效率管理,重点开展工业用水管理,引导节水及产业结构调整,提高工业用水的重复利用率,改变农业灌溉模式,提高农田灌溉水利用效率。

(2)提出土地资源重点管控区划定模式,即“土地资源开发利用效率低区+生态保护红线+重度污染地块”模式。四川省划定土地资源重点管控区299个。土地利用效率低的2个工业园区主要是由于工业用地容积率 $Pr < 0.5$ ,针对这一情况,今后应重点提高工矿仓储用地上的总建筑面积,以达到工业园区土地集约节约利用的目的。对于土地资源利用效率( $Le$ )低的区县,应重点提升单位城乡建设用地上的GDP产出,以提升土地资源利用效率,促进土地资源的节约集约利用。

(3)提出能源重点管控区划定模式,即“大气环境不达标区域内的城镇+大气污染高排放区”模式。四川省划定能源重点管控区353个。对于能源重点管控区,应依据大气污染治理和环境改善的目标,强化区域能源结构优化调整,科学合理地进行分阶段、分区域禁煤,进一步强化区域能源结构优化、减少环境污染。

(4)提出其他资源重点管控区划定模式,即“数量减少且不满足管控目标+质量下降且不满足管控目标”模式。四川省划定其他自然资源重点管控区4个,主要是由于耕地和森林覆盖率不达标所致。

(5)针对四川省资源禀赋特征、地方政府管理需求,对不同类型重点管控区提出了差异化的管控



要求,以期有效维护改善生态环境质量,保值自然资源资产,引导资源合理有序开发利用。“三线一单”编制工作在全国正在紧锣密鼓地开展,相关技术方法也是先行先试、不断摸索中产生,难免有些不尽合理的地方。在后期的动态监测与跟踪研究过程中,将不断更新相关技术方法。

## 参考文献 (References)

- [1] 李天威,李巍,李元实,等. 基于战略环境评价的鄂尔多斯“三线一单”编制试点实践[J]. 环境影响评价,2018,40(3):9-13. [LI Tianwei, LI Wei, LI Yuanshi, et al. A practice of “three lines and one list” in Ordos City based on SEA [J]. Environmental Impact Assessment, 2018, 40(3):9-13]
- [2] 李王锋,吕春英,汪自书,等. 地级市战略环境评价中“三线一单”理论研究与应用[J]. 环境影响评价,2018,40(3):14-29. [LI Wangfeng, LYU Chunying, WANG Zishu, et al. Research and application of “three lines and one list” in strategic environmental assessment of prefecture-level cities [J]. Environmental Impact Assessment, 2018, 40(3):14-29]
- [3] 石海佳,许乃中,张玉环,等. 基于“生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线”的区域环境管控体系构建思路——以珠三角地区为例[J]. 环境影响评价,2018,40(5):23-29. [SHI Haijia, XU Naizhong, ZHANG Yuhuan, et al. Regional environmental management and control system based on “three lines”——taking the Pearl River Delta as an example [J]. Environmental Impact Assessment, 2018, 40(5):23-29]
- [4] 欧阳,刘小丽,李元实. 环境准入负面清单编制探析[J]. 环境影响评价,2018,40(3):5-8. [OU Yang, LIU Xiaoli, LI Yuanshi. Study on the negative list of environmental access [J]. Environmental Impact Assessment, 2018, 40(3):5-8]
- [5] 张南南,秦昌波,王倩,等. “三线一单”大气环境质量底线体系与划分技术方法[J]. 中国环境管理,2018,5:24-28. [ZHANG Nannan, QIN Changbo, WANG Qian, et al. A framework and determining methodology of bottom-lines for atmospheric environmental quality [J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2018, 5:24-28]
- [6] 李丹阳,方国华,黄显峰. 基于总量和强度控制的区域水资源承载力评价研究[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(5):134-139. [LI Danyang, FANG Guohua, HUANG Xianfeng. Evaluation of regional water resources carrying capacity based on total quantity and intensity control [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2019, 30(5):134-139]
- [7] 朱达,唐亮,谢启伟,等. 基于 DEA 方法的我国省会城市水资源利用效率研究[J]. 生态学报,2020,40(6):1-11. [ZHU Da, TANG Liang, XIE Qiwei, et al. Efficiency assessment of water resource utilization in the Chinese provincial capital cities based on data envelopment analysis [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(6):1-11]
- [8] SUN Tong, FENG Zhiming, YANG Yanzhao, et al. Research on land resource carrying capacity: progress and prospects [J]. Journal of Resources and Ecology, 2018, 9(4):331-340.
- [9] 卫思夷,居祥,荀文会. 区域国土开发强度与资源环境承载力时空耦合关系研究——以沈阳经济区为例[J]. 中国土地科学, 2018, 32(7):58-65. [WEI Siyi, JU Xiang, XUN Wenhui. Spatial-temporal coupling relationship between land development intensity and carrying capacity of regional resources and environment: a case study in Shenyang Economic Region [J]. China Land Science, 2018, 32(7):58-65]
- [10] 赵亚莉,刘友兆,龙开胜. 长三角地区城市土地开发强度特征及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12):1480-1485. [ZHAO Yali, LIU Youzhao, LONG Kaisheng. Features and influencing factors of development intensity of urban land resources in the Yangtze River Delta [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12):1480-1485]
- [11] 张苗,甘臣林,陈银蓉,等. 中国城市建设用地开发强度的碳排放效率分析与低碳优化[J]. 资源科学, 2016, 38(2):265-275. [ZHANG Miao, GAN Chenlin, CHEN Yinrong, et al. Carbon emission efficiency and optimization of low carbon for construction land development intensity in China according to provincial panel data [J]. Resources Science, 2016, 38(2):265-275]
- [12] 邹艳芬. 中国能源利用效率测度的国际对比研究[J]. 资源科学, 2013, 35(11):2131-2141. [ZOU Yanfen. Study on the international measurement of Chinese energy efficiency [J]. Resources Science, 2013, 35(11):2131-2141]
- [13] 邱灵,申玉铭,任旺兵,等. 中国能源利用效率的区域分异与影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5):920-928. [QIU Ling, SHEN Yuming, REN Wangbing, et al. Analysis on regional disparity and its influential factors of energy utilization efficiency in China [J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5):920-928]
- [14] 李继峰,顾阿伦,张成龙,等. “十四五”中国分省经济发展、能源需求与碳排放展望——基于 CMRCGE 模型的分析[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(6):649-659. [LI Jifeng, GU ALun, ZHANG Chenglong, et al. Economic development, energy demand and carbon emission prospects of China's provinces during the 14th Five-Year Plan—an application of CMRCGE model [J]. Climate Change Research, 2019, 15(6):649-659]
- [15] 封志明,杨艳昭,李鹏. 从自然资源核算到自然资源资产负债表编制[J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(4):449-456. [FENG Zhiming, YANG Yanzhao, LI Peng. From natural resources accounting to balance-sheet of natural resources asset compilation [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2014, 29(4):

- 449 – 456]
- [16] VICENTE D J, RODRIGUEZ-SINOBAS L, GARROTE L, et al. Application of the system of environmental economic accounting for water SEEAW to the Spanish part of the Duero basin: lessons learned [J]. *Science of the Total Environment*, 2016, **563** – **564** (9): 611 – 622.
- [17] 环境保护部. “生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”编制技术指南(试行)(环办环评[2017]99号)[R]. 北京: 环境保护部, 2017. 12. [Ministry of Environmental Protection. Technical guide for “three lines and one list” (Environmental Protection Office Environmental Impact Assessment [2017] 99) [R]. Beijing: Ministry of Environmental Protection, 2017. 12]
- [18] 四川年鉴[M]. 成都: 四川年鉴社, 2019. [Sichuan Yearbook [M]. Chengdu: Sichuan Yearbook Society. 2019]
- [19] 王文琪, 吴婧, 张一心. 生态文明视阈下全域旅游规划环评的思考[J]. *发展研究*, 2019, **2**: 15 – 20. [WANG Wenqi, WU Jing, ZHANG Yixin. Thought of the comprehensive tourism planning environmental impact assessment from the perspective of ecological civilization [J]. *Future and Development*, 2019, **2**: 15 – 20]
- [20] 吕红迪, 万军, 秦昌波, 等. “三线一单”划定的基本思路与建议[J]. *环境影响评价*, 2018, **40**(3): 1 – 4. [LYU Hongdi, WAN Jun, QIN Changbo, et al. Fundamental considerations and suggestions of “three lines and one list” [J]. *Environmental Impact Assessment*, 2018, **40**(3): 1 – 4]
- [21] 樊杰, 王亚飞, 汤青, 等. 全国资源环境承载能力监测预警(2014版)学术思路与总体技术流程[J]. *地理科学*, 2015, **35**(1): 1 – 10. [FAN Jie, WANG Yafei, Tang Q, et al. Academic thought and technical progress of monitoring and early warning of the national resources and environment carrying capacity (2014) [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, **35**(1): 1 – 10]
- [22] 余建辉, 张文忠, 李佳泓. 资源环境耗损过程评价方法及其应用[J]. *地理科学进展*, 2017, **36**(3): 350 – 358. [YU Jianhui, ZHANG Wenzhong, LI Jiaming. Evaluation method of resource and environmental depletion and application [J]. *Progress in Geography*, 2017, **36**(3): 350 – 358]
- [23] 王成新, 刘洪颜, 史佳璐, 等. 山东省省级以上开发区土地集约利用评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, **24**(6): 128 – 132. [WANG Chengxin, LIU Hongyan, SHI Jialu, et al. Evaluation on intensive land use in development zones of Shandong province [J]. *China Population, Resources and environment*, 2014, **24**(6): 128 – 132]
- [24] XU X B, YANG G H, TAN Y. Identifying ecological red lines in China's Yangtze River Economic Belt: a regional approach [J]. *Ecological Indicators*, 2019, **96**: 635 – 646.

## Technology and Application of the Upper Limit of Resource Utilization in Sichuan Province, China

YU Hui<sup>1</sup>, LIAO Jialing<sup>2\*</sup>, FAN Jihui<sup>1</sup>, HE Yu<sup>2</sup>, JIA Yuling<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Sichuan Environmental & Engineering Appraisal center, Chengdu 610093, China)

**Abstract:** The research on the upper limit of resource utilization has important theoretical and practical significance in implementing the requirements of the “Three Lines and One List” and serving the “Three Lines and One List” in Sichuan Province, China. For the maintenance and improvement of co-environmental quality, maintenance and appreciation of natural resources, the techniques and methods about the upper limit of resource utilization were applied to evaluate the natural resources’ utilization amount and efficiency. The identification modes about the key control zones of water resources, land resources, energy resources and other natural resources were proposed and the zoning management plans were put forward for guiding the development and utilization of resources orderly. The results showed that: (1) In Sichuan province, there were 23 water resources key control zones and mainly distributed in the Chengdu Plain Economic Zone and South Sichuan Economic Area. (2) There were 299 key land resource control zones account for 31.21% of the total area. The ecological element control zones were mainly

distributed in the northwestern Sichuan plateau, the mountainous regions in southwestern Sichuan and around the basin. The areas with low land development and utilization efficiency were mainly due to the industrial land volume ratio ( $Pr < 0.5$ ), and the low GDP output per unit of urban and rural construction land. (3) There were 353 key energy control zones which were mainly distributed in the Chengdu plain, south Sichuan, northeast Sichuan, and Panxi region. It was necessary to optimize regional energy structure and to reduce environmental pollution. (4) There were four other key control zones of natural resources, during to the failure to reach the standard of cultivated land and forest coverage. The thesis proposed differentiated control requirements for different control zones, providing specific control basis for local government to develop the rational and orderly utilization of resources. The technical and methodological guidance could be provided to the upper limit of resource utilization for other provinces in China.

**Key words:** three lines and one list; upline of resource utilization; key control zones