

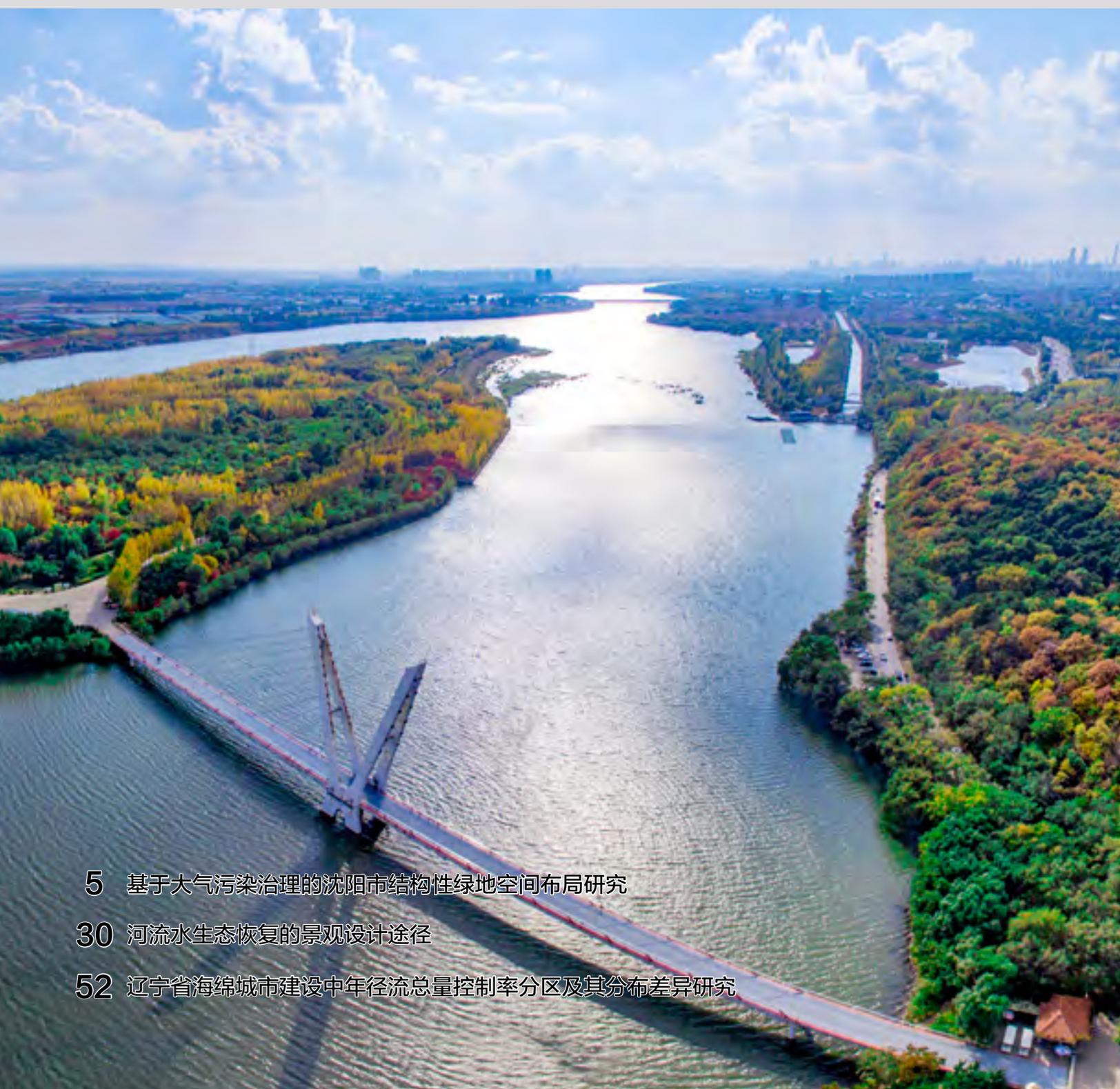
沈阳·规划视野



本期主题 / **生态空间**

总第13期
2020年10月

主办单位:沈阳市自然资源局
沈阳市规划设计研究院有限公司



- 5 基于大气污染治理的沈阳市结构性绿地空间布局研究
- 30 河流水生态恢复的景观设计途径
- 52 辽宁省海绵城市建设中年径流总量控制率分区及其分布差异研究



沈阳·规划视野



总第 13 期

本期主题

生态空间

主办单位 沈阳市自然资源局

沈阳市规划设计研究院有限公司

编委会 曾庆元 赵辉 沈跃 张国强 曲长令
于丽新 刘镇川 杨世利 叶舒 魏英健
丁景华 仇艳娥 李莹 刘明国 刘亚军
孙彤 毛兵 梁成文 张晓云 吕正华
刘威 谭许伟 张建军 张绍银 周彦国
任峰 刘治国 由宗兴

主编 毛兵 梁成文

副主编 谭许伟

特约编辑 郭健

编辑 沈阳市规划设计研究院有限公司编辑部

翻译 徐冰蕊

编务 沈阳智邦文化传媒有限公司

美术编辑 王超

地址 沈阳市和平区南三好街1号 新世界商务大厦 1304

邮政编码 110004

电话 024-23894455-8310

传真 024-23600553

印刷 沈阳鸿诚包装装潢印刷有限公司

时间 2020年10月

本刊声明:

1. 本刊系非营利性公益刊物, 仅供学术交流之用, 欢迎读者对刊载内容展开学术批评和讨论。
2. 欢迎各单位和个人踊跃投稿。对于所刊登的稿件, 本刊有支付稿酬的义务; 对于来稿, 本刊保留修改权。请与本刊联系, 如有特殊要求, 请事先声明。
3. 任何单位或个人如出于商业目的使用本刊所刊载的文字与图片, 需向相关版权所有方获取授权。

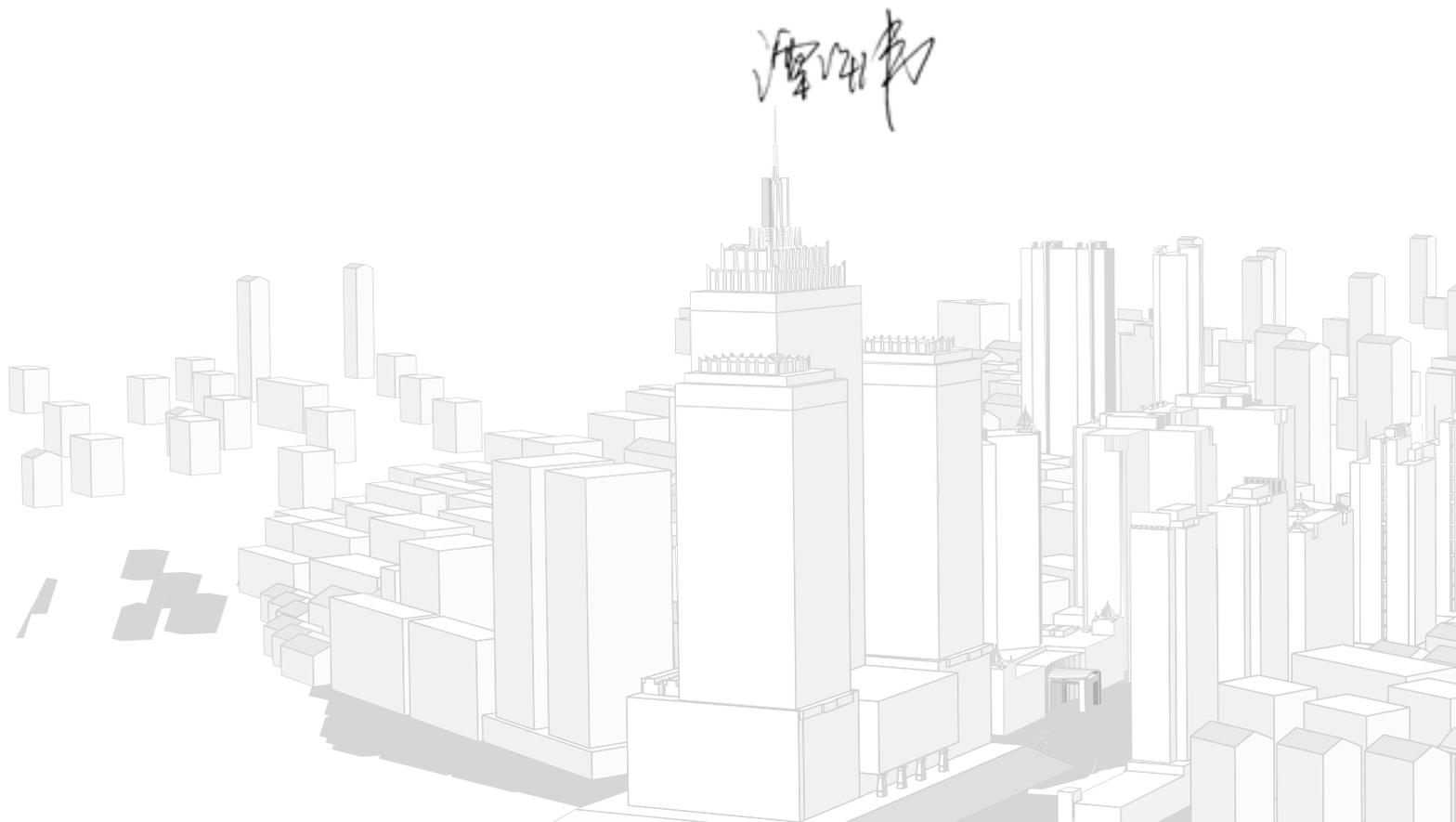
卷首语

城市社会经济活动与所在自然生态环境之间的关系可以反映出人类文明进步的足迹。从工业文明走向生态文明，现代城市正在经历一场历史性的伟大变革。这场变革正在国土空间载体上留下日益清晰的印迹。

沈阳城市发展的现代化历程某种程度上可以作为工业文明走向生态文明的一个典型缩影。共和国装备部、东方鲁尔的辉煌曾经是以高昂的生态成本作为代价的；而位列“世界十大污染城市”的窘境与产业转型阵痛期的东北现象叠加，鲜明印证了无限制攫取自然的不可持续。2000年以来，沈阳开启了生态觉醒和崛起。东搬西建、金廊银带、四大空间、一河两岸、一主三副，拉开了城市空间发展骨架，取得了国家森林城市、园林城市、环保模范城等荣誉，人居环境得到了根本性的改善。沈阳生态建设令世界为之瞩目。

曾经，盛京坛城，天人合一，道法自然，古人用生态智慧塑造了人居环境中国样板。

今天，步入绿色发展、生态文明的新时代，沈阳已经走过了先污染后治理换取高速增长的数量积累阶段，正在高质量发展的征程上，遵循人与生态和谐共生的自然规律和城市发展的基本规律，续写中国智慧、中国方案。



目录 CONTENTS

1 主题

- 5 基于大气污染治理的沈阳市结构性绿地空间布局研究
刘治国 由宗兴 王磊

2 观点

- 10 基于生态修复背景下的绿地系统规划的实施评价与反思——以沈阳市为例
王磊 由宗兴 李宏轩
- 16 新时期背景下国土空间生态修复规划研究与实践——以沈阳市为例
杨楠 谭许伟 由宗兴
- 22 基于“多规合一”的城市生态红线划定研究与实践——以沈阳市中心城区为例
杨楠 刘治国 由宗兴
- 30 河流水生态恢复的景观设计途径——以沈阳市辽河干流生态带规划为例
杨楠 洪菊华 杨涛
- 35 空间视角下基于模型的城市大气环境分区研究——以沈阳市为例
王泳璇 赵玉强 王帆 张南南

3 访谈

- 41 人物专访 刘智——沈阳市棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复的客观需求及对策建议

4 视点

- 46 新时期沈阳蒲河流域空间发展评估与应对策略
王丽丹 刘治国 王晓颖
- 52 辽宁省海绵城市建设中年径流总量控制率分区及其分布差异研究
顾正强 龚强 晁华 张海娜 徐红 朱玲 沈历都 蔺娜







图2 新轮总规以四环内中心城区为重点

二、沈阳市大气污染源及现存的主要问题

沈阳是中国传统的老工业基地，在能源结构方面以燃煤为主，燃气、轻油、电等清洁能源利用率低，且煤炭多为直接燃烧而非采用清洁燃烧方式，排放了大量的烟尘、二氧化硫和氮氧化物等大气污染物。在大气污染控制方面，今年城市建设活动频繁，扬尘污染恶化，现有的除尘设施净化效率较低，城市机动车保有量不断增加。由于地域原因市域北部又面临沙尘的袭击。沈阳主要的大气污染源包括工业污染、燃煤污染、机动车尾气污染、扬尘污染以及沙尘暴等。大气污染的主要成因如下：

(1) 地面风速较小，不利于污染物的水平扩散。

(2) 有较强的逆温存在时，不利于污染物的垂直扩散，导致近地面污染物累积。

(3) 受来自于北部和东北部低层气流的影响，将外部的污染物携带到沈阳地区汇聚。

三、大气污染治理的途径

研究发现，通过大气污染源头治理、优化城市空间结构、预留通风廊道、构建区域生态安全格局等角度可以有效缓解城市的大气污染，改善空气质量。

1. 途径一：前端污染源治理

通过对污染源的控制，解决污染源

头的根本性问题，消除及减少污染物排放的源头。沈阳主要空气污染源包括工业污染、燃煤污染、扬尘污染、汽车尾气排放等，前端污染源治理可以通过优化产业结构、调整工业布局、改善能源结构、实施燃煤锅炉拆改及烟气治理、扬尘污染控制、机动车尾气治理、秸秆禁烧以及大气PM2.5达标控制等一系列具有较强针对性的大气污染源防治措施，从源头上控制污染物的排放总量，也是大气污染治理的最根本的手段。

2. 途径二：末端污染物疏散治理

通过优化城市空间布局，加强绿化水系建设，逐步形成有利于降低大气污染程度、疏散大气污染物的城市和区域

生态空间安全格局。

四、大气污染治理，绿地系统规划如何发力？

以沈阳市绿地系统规划建设为切入点，针对大气污染末端治理，结合沈阳市实践案例，尝试性的提出城市结构性绿地空间布局的对策与建议。以提升和改善城市空气质量为目的，构建城市安全格局、建设宜居生态之都为出发点，结合沈阳市绿地系统规划，本次研究进行了沈阳市结构性绿地规划建设的初步探索。

1. 统筹城市绿地总体布局，奠定城市良好生态环境基础。

结合沈阳主导风向等环境特点，充分利用现有生态资源条件，在四环路范围内形成“三环、三带、四楔、南北绿廊”的结构性绿地布局。规划结构性绿地占四环围合面积的五分之一，通过结构性绿地的控制，并结合城市内部公园绿地和附属绿地等的建设，将为城市空间的优化发展和大气环境质量的全面提升提供坚实的基础和保障（图3、图4）。

2. 深化结构性生态绿廊的规划建设，优化城市空间结构。

加强结构性生态绿廊的规划建设，可有效促进城市内、外绿化水系形成网



图3 沈阳结构性绿地总体布局“三环、三带、四楔、南北绿廊”

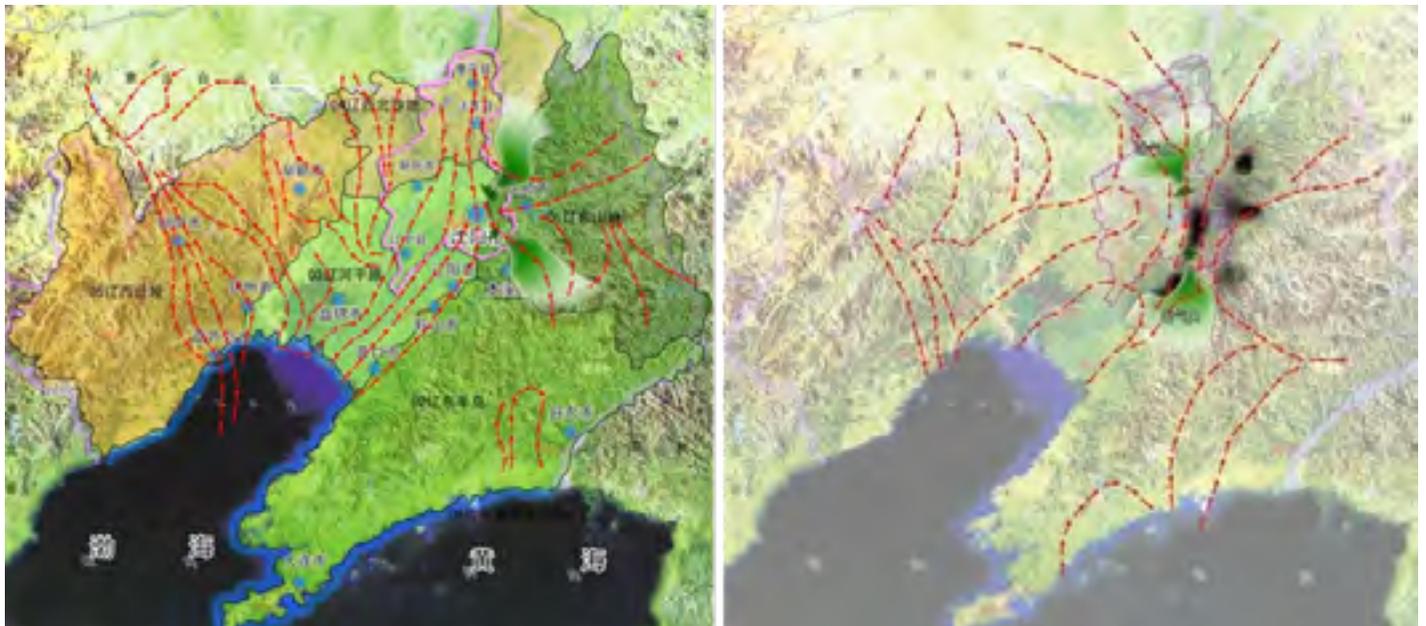


图4 夏季区域生态环境及风场示意图（左），冬季区域大气污染及风场示意图（右）

络系统，构建城市生态安全格局的重要骨架。

规划形成以贯穿城市的浑河、蒲河及沈抚运河为主的三条生态廊道，是与城市中部、北部、南部三条水系紧密结合，具有复合生态效应的绿色通道。规划也形成了从不同方向由外延伸到城市内部的生态绿楔，各楔形绿地与三环内环城水系、浑河绿带等相连，形成内外联通的生态网络格局。通过生态廊道及生态绿楔的规划建设，既是为城市提供氧源和疏解大气污染的通廊，为生物多样性提供场所和通道，又是调整城市结构、控制城市形态向组团化发展的有效手段。（图5、图6、图7、图8、图9）。

3. 严格控制预留城市通风廊道，提高城市污染物疏散能力。

根据夏、冬两季风场的主导风向，由规划河流、铁路、较宽贯通的道路及其沿线绿地组，预留合理的通风廊道，共分成南北两个部分，其中南部由四环



图5 生态绿楔



图6 中部—浑河滨水生态绿廊



图7 北部—蒲河滨水生态绿廊



图8 南部—沈抚灌渠滨水生态绿廊



图9 南部—浑河滨水生态绿廊

至浑河之间共 4 条通风廊道组成，北部由四环至北二环之间共 3 条通风廊道组成。通过“风廊”既能将市郊新鲜洁净的空气导入城市，缓解城市热岛效应，

更有利于将市内空气中的颗粒状污染物和气态污染物疏解导出，从而使城市大气循环良性运转，提高环境空气的质量（图 10）。



图 10 城市通风廊道预留

4. 完善城市绿地系统规划，加强城市公园的规划建设。

通过合理的公园绿地规划布局及质量提升，充分利用绿色植被的生态净化作用，增强环境自净能力，改善城市小环境微气候，减轻环境空气污染程度，同时也满足了市民的日常使用需求，进一步改善城市人居环境。

五、结语

当前，国内各个城市大气污染治理的主要途径和方法还是在污染源治理层面，也起到了一定的积极作用，但随着城市不断发展和经济水平的提高，同时又出现了新的污染源，在近年来国家到地方各个层面都在推进生态文明建设的背景下，统筹考虑经济发展与生态建设的综合效益，我们既要注重大气污染物的源头治理，又要在疏解污染物的方向上，通过规划层面找到可行的途径，本文就是以绿地规划为切入点，展开初步探索，通过生态绿廊的控制、通风廊道预留以及城市公园建设等手段有效疏解和降低大气污染，缓解城市空气质量；本次研究还有很多不足和有待完善的地方，笔者将在以后实践工作和学习中还会不断补充和深化该方向的研究。

基于生态修复背景下的绿地系统规划的实施评价与反思

——以沈阳市为例

王磊 由宗兴 李宏轩 / 沈阳市规划设计研究院有限公司

摘要 城市绿地系统规划作为一个总规层面的专项规划，其宏观的纲领性引导作用，使其在具体指导城市绿地实施建设方面存在诸多不足。本文基于生态修复的要求，系统地对沈阳市上一版绿地系统规划的特殊编制背景及规划的实施情况及生态环境变化进行了常态化、年度演进的综合评价，结合对国内外城市绿地系统规划实施评价的研究和借鉴构建了城市绿地系统规划综合评估体系，以此为依据，对绿地系统规划进行了分析评价和结果论证，总结其存在的问题及不足，并对规划提出相应的优化建议。以期对当前特殊背景下沈阳新一轮城市绿地系统规划的研究与实践工作提出策略性的思考与建议。

一、引言

城市绿地在改善环境、提高城市形象、促进居民心理健康等方面都具有重要作用。随着全球性气候变化及环境问题的日益加剧，城市绿地系统规划在城市建设中的地位变得越来越重要。城市绿地系统规划不仅是技术行为，更是政府行为，科学的规划编制，离不开实时的评价与反思，因此，构建合理的绿地系统规划评价体系，对于及时发现规划问题、科学指导城市规划建设具有十分重要的意义。

二、沈阳市绿地系统规划解析

1. 规划编制背景

继2001年7月，国务院出台了《关于加强城市绿化建设的通知》后，2002年10月，建设部又出台了《城市绿地系统规划编制纲要（试行）》，要求各级城市在2002年底之前做好城市绿地系统规划的编制工作，控制形成合理的城市绿色空间系统。这一时期，正是沈阳机械工业走出低谷、重新撑起沈阳经济发展脊梁的重要转型期，然而，污染型

重工业的长期发展累积使得沈阳的城市生态环境遭到了严重破坏，城区内绿化建设严重不足，一度成为世界十大污染城市之一。为了全面提升城市形象，改善城市环境质量，沈阳市委、市政府积极响应中央号召，组织编制了《沈阳市绿地系统规划（2002-2010）》，以期彻底改变沈阳污染城市的面貌，实现城市的生态崛起。

2. 规划实施情况分析

2002版绿地系统规划分为市域和中心城区两个层面，近期至2005年，远

期至2010年，规划提出了近期达到国家园林城市的绿化标准，远期建设成为“森林城市”的总体目标。2002年绿地系统规划实施以来，沈阳先后获得了“国家环保模范城市（2004.12）”、“国家森林城市（2005.8）”、“国家园林城市（2008.2）”等多项荣誉，人居环境得到了根本性的改变。对比2012年底沈阳市绿地系统建设现状，将2002版绿地系统规划的主要规划指标完成情况与规划结构控制情况分析总结如下表（表1，图1、图2、图3、图4、图5、图6）：

表1 规划内容与现状实施情况对比

对比类别（项目）	02版规划内容（远期目标）	现状建设情况（2012年底）	完成情况	
规划目标	建成国家森林城市	获得国家森林城市称号	好	
规划指标	市域层面	市域森林覆盖率达20% 建成9个风景区和2个自然保护区	（2009年达到）24% 建成8个风景区及2个自然保护区	好 好
	市区层面	建成区绿地率达35%	建成区绿地率达38.55%	好
		建成区绿化覆盖率达40%	建成区绿化覆盖率达42.22%	好
		人均公共绿地达13平方米	人均公共绿地达12.55	一般
		绿地中林木覆盖比例大于80%	绿地中林木覆盖比例为58%	差
	全市建成公园109个	全市建成公园75个	差	
规划结构	市域层面 提出“一环、两区、三轴、四山、五水”的规划结构	“一环”的柳河段、东南部山区、北部防护林片区初具规模，柳绕地区生态带未能形成。	一般	
市区层面	提出“一山、一带、两环、五楔”的规划结构	规划结构初步形成，西北楔有待完善，北部绿楔未能形成	一般	



图1 市域绿地系统规划结构图



图2 中心城区绿地系统规划结构图



图3 2012年市域绿地系统现状图

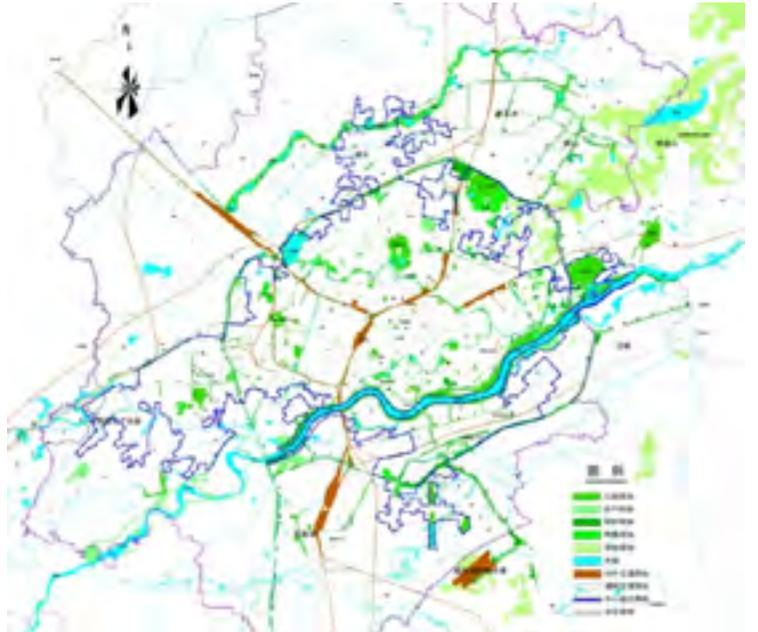


图4 2012年中心城区绿地系统现状图



图5 中心城区绿地系统规划图

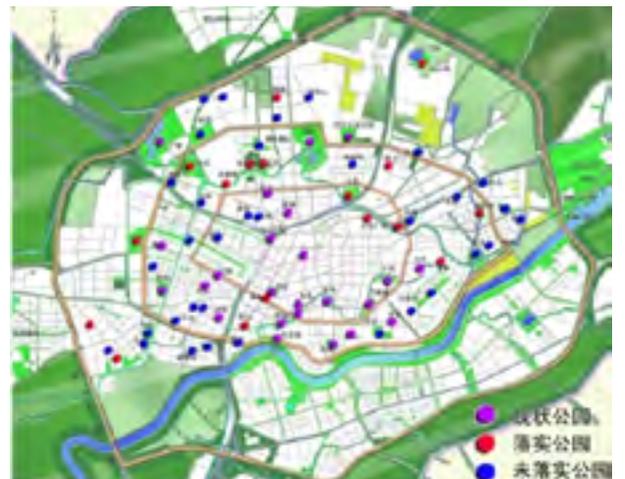


图6 核心区公园建设实施情况

通过对比分析可以看出, O2 版绿地系统规划, 在主要规划指标完成及空间结构控制方面均取得了一定的成果。但常规的对比分析, 并未能深入有效的反应出规划及实施存在的实际问题, 因此, 笔者借鉴国内外绿地系统规划实施评估的相关研究及案例, 总结出综合性绿地系统规划评估体系, 择取不同层次的评价指标, 以期达到客观有效的判读规划及实施成果的目的。

三、绿地系统规划实施评估体系构建

1. 规划评估现状

城市绿地系统涉及到自然、社会、生态、城市目标等诸多方面, 目前, 我国尚未出台针对城市绿地规划实施评价的标准, 综合分析近十几年来国内外学者对绿地系统规划评价的研究, 这些评价指标与评价方法大致可以以下三个类型, (表 2)。

由于相关研究及应用不足, 当前的绿地系统规划实施评估存在诸多问题。首先, 评价标准尚未统一。实际绿地系统规划评价中的绿化覆盖率、人均绿地面积等指标侧重于技术评价, 未能全面的反映城市绿地的空间分布状况; 其次, 评价指标层次不一。专项规划作为纵向规划体系, 不同的绿地规划层次有不同的规划内容和实施重点, 评价指标层次不一致, 使得指标的可操作性不强; 再次, 评价指标有效性低。现有的评价指标体系, 缺少对城市绿地系统布局、绿地形态的评价, 评价方法过于复杂, 缺少对规划编制内容与深度的考虑, 实际评价意义较低。

2. 综合评估体系构建

城市绿地系统规划实施评价是对规划方案及现状实施情况的有效判断, 一方面判断城市绿地系统规划在功能上是否能满足要求, 另一方面判断城市绿地系统的结构、布局是否合理。因此, 评价指标的选取既要具有系统性, 又要具备针对性, 做到定量与定性结合, 同时还应保证指标的可比性和评价的可操作性。综合以上分析, 通过对已有研究体

系的借鉴和完善, 笔者确定了系统的整体、结构和构成要素三大方面、14 个评价指标, 并通过主观赋权法赋予权重, 见表 2。以此为依据, 对沈阳市城市绿地系统规划实施综合评估, 寻求规划中存在的实际问题和偏差 (表 3)。

将各项指标评价价值乘以权重逐项相加即为评价得分, 评价结果由高到低分为四个等级。以满分 10 分为标准, I 级: 评价得分在 8 分以上, 表明实施效果好, 规划作用明显; II 级: 评价得分在 6-8 分之间, 表明实施中各方面比较协调,

规划起到一定效果, 基本达到标准; III 级: 评价得分在 4-6 分之间, 表明实施效果不明显, 各方面不太协调, 基本达到市标准; IV 级: 评价得分在 4 分以下, 表明实施过程中存在具体问题, 目标难以完成 (表 4)。

四、沈阳市绿地系统规划实施评价

1. 规划综合评价分析

将 2002 版绿地系统规划的相应指标数值代入表 3, 表 4, 得到沈阳市绿地系统规划评价指标评价价值 (表 5)。

经计算综合评价得分为 5.86, 评价

表 2 绿地系统规划评价类型分析表

评价方法类型	分析重点	考核重点
绿地生态效益与绿化量评价法	城市绿地生态效益	量化指标的完成情况
景观生态学与景观格局评价法	城市绿地系统景观格局	景观评价指标完成情况
综合评价法	生态效益、结构功能、绿化量等多种指标综合分析	多项综合指标完成情况

表 3 城市绿地系统规划评价指标权重表

评价因素	评价层次	指标名称	权重
整体	市域	市域绿地景观连接度	0.1
		市域植被指数	0.1
	城市	城市绿地率	0.05
		人均城市绿地面积	0.05
结构	类型丰富度	功能类型丰富度	0.2/3
		层次类型丰富度	0.2/3
		物种多样性	0.2/3
	分布均匀度	均匀度指数	0.1
	地表温度	地表亮温	0.1
构成要素	公园绿地	人均公园绿地	0.3/4
	生产绿地	生产绿地面积率	0.3/4
	防护绿地	防护绿地宽度	0.3/4
	附属绿地	附属绿地比率	0.3/4

表 4 城市绿地系统规划评价体系表

评价指标	8 分以上	6-8 分	3-5 分	3 分以下
市域绿地景观连接度	高	较高	中	低
市域植被指数	高	较高	中	低
城市绿地率 %	50	40	30	20
人均城市绿地面积 m ²	60	50	40	30
功能类型丰富度	丰富	较丰富	一般	不丰富
层次类型丰富度	丰富	较丰富	一般	不丰富
物种多样性	大于 300	大于 200	大于 100	小于 100
均匀度指数	均匀	较均匀	一般	不均匀
地表亮温	低	中	较高	高
人均公园绿地 m ²	13	10	7	4
生产绿地面积率 %	3	2.5	2	1.5
防护绿地宽度 m	50	40	30	15
附属绿地比率 %	33	44	55	66

表 5 沈阳市绿地系统规划评价结果

指标名称	实际值	评价值
市域绿地景观连接度	较高	8
市域植被指数	中	4
城市绿地率 %	35	7
人均城市绿地面积 m ²	35	5
功能类型丰富度	一般	6
层次类型丰富度	一般	6
物种多样性	230	8
均匀度指数	较均匀	6
地表亮温	较高	4
人均公园绿地 m ²	12.55	9
生产绿地面积率 %	2.2	6
防护绿地宽度 m	16	2
附属绿地比率 %	45	6
综合评价得分	5.86	
评价结果	III 级	

等级 III 级，表明实施效果一般，各项规划技术指标满足技术规范要求，存在不协调因素。其中，市域植被指数、地表亮温和防护绿地宽度指标的评价值均在 5 分以下，说明以上指标设置方面存在不足，需结合实施情况进一步论证评价结果，并改进和完善。

2. 评价结果论证

(1) 市域植被指数分析

如图 7 所示，2002-2015 年间，沈阳市绿地面积总量不断增加，但绿地面积的增速小于建成区面积的增速，因此，实际单位面积的绿地量呈不断减少的趋势（图 7）。

本次研究，选择 2002 年 9 月的 Landsat-7 ETM 影像及 2006 年 9 月和 2010 年 9 月 Landsat-5 TM 遥感影像作为基础数据，对比分析 2002 年、2006 年及 2015 年沈阳市市域植被指数变化情况。可以看出，十年间虽然保证了总体绿化数量的增加，但整体的高密度植被区域仍然呈现减少的趋势，说明高质量绿化区域在不断减少或者新增加绿化区域的绿化质量偏低（图 8、图 9、图 10）。

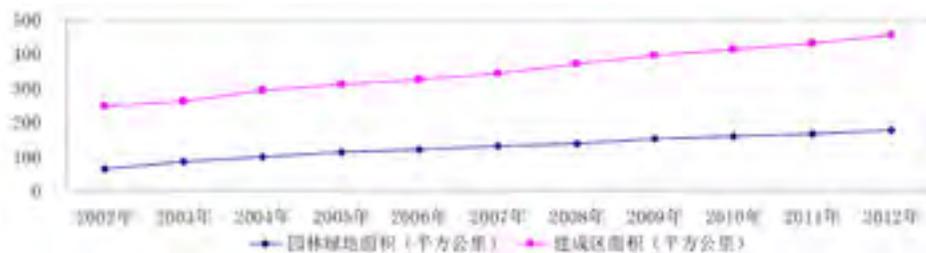


图 7 2002-2012 年间沈阳市绿地面积及建成区面积演变图

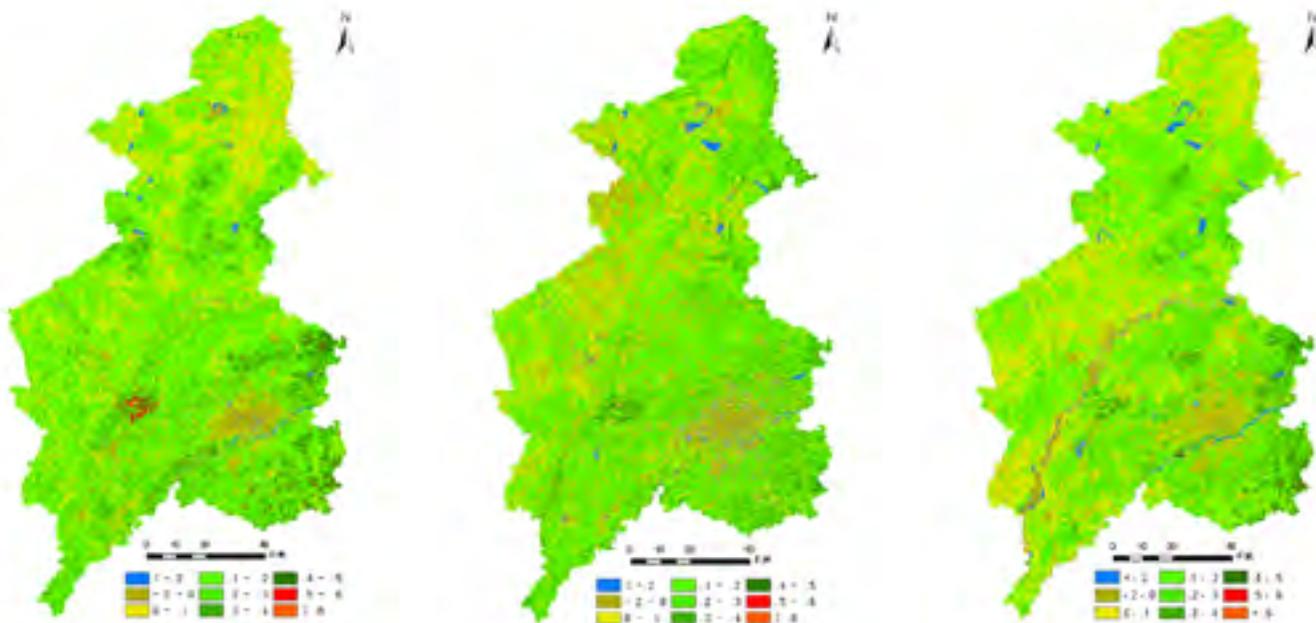


图 8 2002、2006 及 2015 年市域植被指数

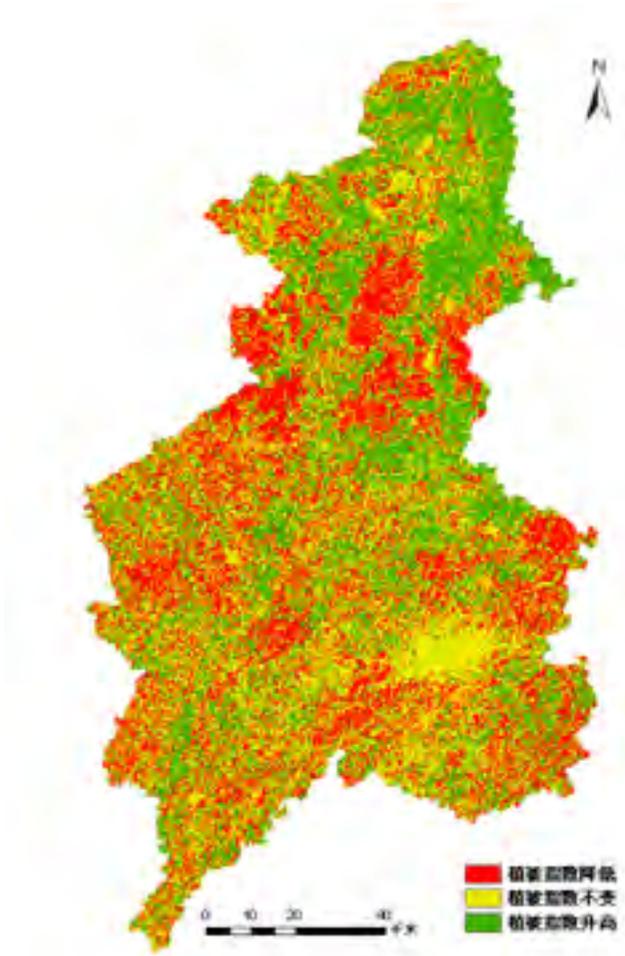


图9 02及06年市域植被指数变化对比

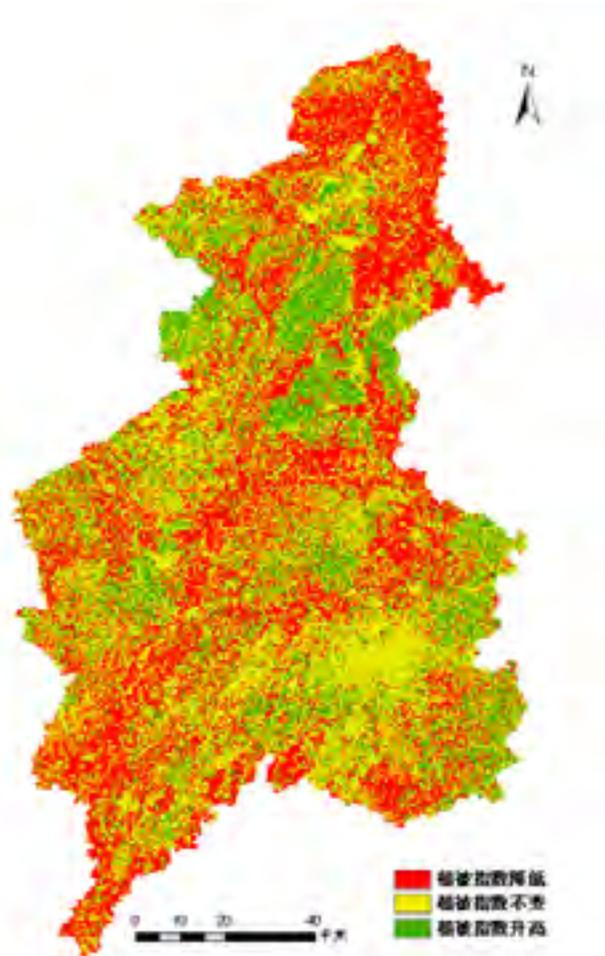


图10 06及15年市域植被指数变化对比

(2) 地表亮温分析

地表亮温是直接反应植被覆盖水平的重要因子，植被覆盖度越高，说明地表亮温越低，热岛强度越低。通过GIS对比分析2002年、2006年及2012年沈阳市中心城区地表亮温变化情况。可

以看出，2002-2015年间，除城市大型公园、河流沿岸等区域维持较低的热岛强度外，整个建成区地表亮温高值区域面积逐渐扩大，且亮温高温度区间等级增多，热岛效应逐渐加剧，说明市区内以林木为主的高水平植被覆盖区域不断

减少，林木覆盖区亟待增加（图11）。

(3) 防护绿地宽度分析

沈阳市建成区内现状防护绿地以道路绿化为主，绿地系统规划未能结合道路绿地建设需求统一考虑，规划及建设实施中往往注重城市主干道的绿化建设，

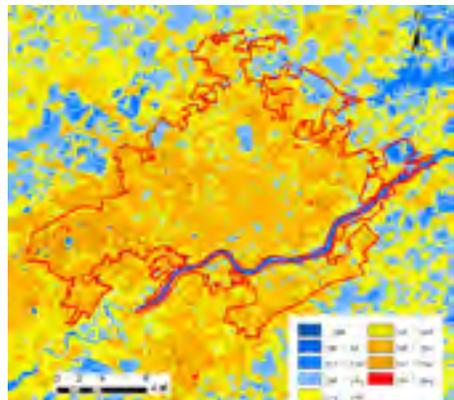
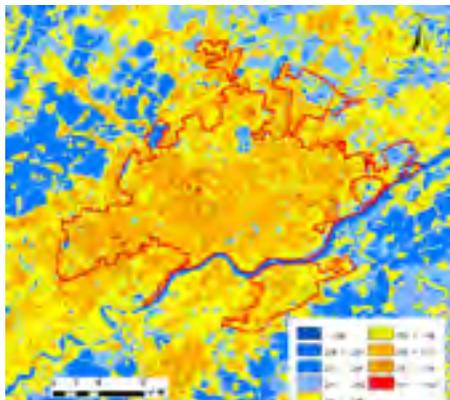
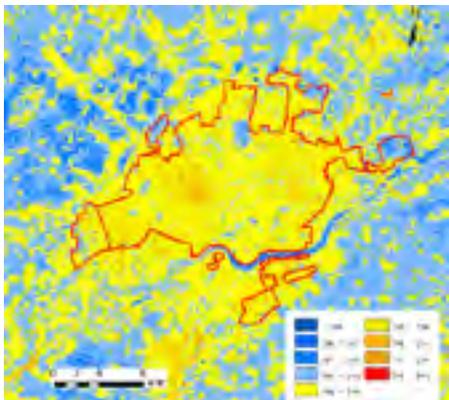


图11 2002、2006及2015年沈阳市中心城区地表亮温分布

而忽视作为城市道路绿化骨架和脉络基础的生活型道路绿化建设,使得廊道宽度未能有效扩展,从而难以发挥城市通风、散热走廊的作用。同时,规划及实施建设中对各个廊道间的有效联系也缺乏考虑。使得整个城市道路绿化建设水平偏低,防护绿地宽度不达标,市区范围内主干路绿化状况较好,道路绿地率较高,次干路及支路道路绿地率较低。

五、规划建议及对策

综合以上对比分析及评估结果,可以考虑从以下几个方面入手,进行城市绿地系统规划的优化改进:

(1) 提高绿地规划的可实施性,必须保证控制性详细规划将相应指标转化为用地落实,总规层面落实市级公园、

区级公园、防灾公园、廊道绿地等刚性控制绿地,控规层面设置绿地配比的下限控制指标。同时,由于各个区域绿地基础及实施难度差异较大,规划应结合各区域实际情况,进行分区引导、分类控制,避免规划与实施脱节,提高规划的可操作性;

(2) 改变单一的对绿化数量的控制,着重提升城市绿地质量。划分不同等级绿化覆盖水平、植物配置丰实度、连通性等绿化质量检验标准,提升公园、街头绿地等以林木为主的高覆盖水平区域的比例,并对应落实到城市空间;

(3) 结合道路绿地建设及城市主导风向特征,扩展城市重要廊道宽度,形成有效的通风散热走廊。借鉴北京等城

市,制定不同等级道路的绿地率指标规定,保障道路防护绿地的有效宽度。同时,应加强各道路绿地间的有效联系,提高城市绿地系统的整体性。

六、结语

研究城市绿地系统的规划实施问题,需要综合考虑规划方案、规划控制及规划管理等多方面要素。及早的制定出科学的绿地系统规划实施评估体系,有利于更加合理的解决从规划到实施过程中遇到的问题。就城市绿地系统的规划实施评价而言,笔者只是针对其中的重要部分进行了研究,关于评估程序、模型构建、指标校验等其他方面内容还有待进一步深入的研究。

新时期背景下国土空间生态修复规划研究与实践

——以沈阳市为例

杨楠 谭许伟 由宗兴 / 沈阳市规划设计研究院有限公司

摘要 在国土空间高强度开发、生态系统退化严重的形势下，国土空间生态修复成为治理生态环境、维护生态系统安全稳定的重要手段之一。通过剖析在生态文明和机构改革背景下，国土空间生态修复的概念内涵及相关城市实践的经验与不足，提出新时期背景下国土空间生态修复规划策略。以沈阳为例，探讨了在“山水林田湖草生命共同体统筹修复”思想指导下，突破以往生态修复作为工程技术手段的局限，由城乡规划引领实施国土空间生态修复的积极探索经验，以期对相关城市提供借鉴。

一、引言

长期以来，受国土空间高强度开发等影响，我国很多地区生态系统退化严重，生态环境遭到破坏。第五次全国荒漠化和沙化监测结果显示，截至2014年，全国荒漠化和沙化土地面积433.28万平方千米，占全国土地面积的45.4%。2017年，全国地表水1940个水质断面中，Ⅳ类以下水质占32.1%，地下水水质为较差级和极差级的监测点占比为66.6%。在紧迫的形势下，治理国土空间生态系统成为当务之急，亟需开展切实行动。对于生态环境的治理通常有保护、修复、重建等手段。恢复已经退化的生态系统对于提高生态系统服务功能和改善生态系统健康状况具有重要意义。与传统的生态保护的被动式管理不同，生态修复是一种主动式治理。生态修复比生态保护更具积极含义，又比生态重建更具广泛的适用性，对于确保绿水青山常在、维护各类自然生态系统安全稳定具有重要的作用。

二、新时期背景

1. 生态文明思想日益深入人心，人民对于生活环境品质的需求与日俱增

十八大以来，中央高度重视生态文明建设，不断加大生态环境保护力度，并将“生态文明”写入宪法。习总书记在《在庆祝改革开放40周年大会上的讲话》中五次强调生态文明，提出“让人民生活在天更蓝、山更绿、水更清的优美环境之中。”这一系列举措体现了顶层国策对生态文明建设的高度重视，生态文明思想日益深入人心。

十九大报告指出，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。在城乡规划领域，这种不平衡不充分体现为城乡生态恶化、城市环境宜居性等，改善城乡生态环境成为了广大人民的需求所在。以往，空间资源配置通常以建设为导向。中央将空间规划改革纳入生态文明改革总体方案，即意味着国土空间规划进入了生态文明的新时代。在生

态文明的时代背景下，社会需求才是城乡空间配置的基本动力，将对规划行业发展提出新要求。国土是生态文明建设的空间载体，城乡规划也应顺应时代要求逐步发挥其国土空间治理和优化手段，平衡保护与发展的关系，补足城乡生态环境的短板，为人民提供良好的生态环境这一普惠的民生福祉。

2. 自然资源部的建立，使城乡规划肩负起“统筹国土空间生态修复”的职责

十九大报告强调“统筹山水林田湖草系统治理，实施重要生态系统保护和修复重大工程”，使生态要素系统保护和修复提上日程。这也从一定程度上说明，国土空间用途管制和生态保护修复密不可分。2018年3月，中共中央印发《深化党和国家机构改革方案》提请审议并获得通过，其中新组建的自然资源部以“树立和践行绿水青山就是金山银山”为理念，以“统筹山水林田湖草系统治理”为使命，肩负起“统筹国土空间生

态修复”的职责。这意味着，城乡规划作为制度应该承担的历史担当，应该发挥在转变生产方式和生活方式方面的效用，承担起国土空间保护与修复的历史使命。自然资源部以原国土部门为基础，统筹了主体功能区规划、城乡规划管理，以及水资源、草原、森林、湿地等资源调查和确权登记管理职责，有利于各类生态资源的统筹修复，为有效利用规划这一顶层设计工具实施国土空间生态修复提供了体制保障。

三、国土空间生态修复理论研究

1. 概念内涵

城市生态修复是指合理保护城市自然生态资源的前提下，修复城市中被破坏的山体、水体，修复和再利用城市棕地，优化城市绿地系统等生态空间布局，恢复城市生态系统净化环境、调节气候与水文、维护生物多样性等功能，实现城市人与自然和谐共生的城市建设方式。生态修复不同于生态保护，它是在保护的前提下对于已发生或者即将发生生态损害地区的主动式治理。生态修复以往属于生态环境、水土保持、流域治理等领域的研究范畴。在中国知网上以“生态修复”为主题进行搜索，结果显示属于工程技术领域的论文约 6034 篇，即阐述流域水环境、废弃矿山、土壤、林地等修复技术与实践；生态修复基础与应用基础研究领域的论文约 2995 篇。以上两类研究范畴约占所有论文比例的 70%。然而，生态修复渐呈与地理、社会、经济整合的趋势，尤其是与城市生态系统交互作用愈来愈多，体现在国土空间规划中协助修复被破坏的山体、水体、废弃地、绿地系统等，进而改善城乡生态环境、提高城市宜居性。

2. 实践进展

三亚、徐州、景德镇等城市在生态修复工作中都取得了一定成效。三亚坚持了整体保护、系统修复、综合治理的原则，从构建符合城市生态过程的生态绿地系统和修复关键生态要素两个方面开展工作。修复过程中特别强调对自然

生态过程和生态本底的尊重，对山水格局的保护，以及对“山环海拥、水串多珠、绿廊渗透”绿地系统结构的构建。徐州作为典型的资源型城市，积极开展采煤塌陷地综合治理和山体宕口修复，其中的九里湖湿地公园修复获得“江苏人居环境范例奖”。景德镇结合城中村搬迁改造和违章建筑拆除，将内涝防治、水系疏通和绿地公园建设相结合，显露自然山体与景观视廊。

这些城市在生态修复方面的初步探索取得了一定的成就，但也存在不足之处。首先，生态修复工作缺乏系统谋划，生态修复要素未能整体统筹。各城市往往“头痛医头脚痛医脚”，旨在解决眼前最棘手的问题，缺乏对各生态要素的系统认知。导致各要素呈局部分布，与生态系统彼此割裂，难以实现网络化协同发挥作用，无法根本性改善生态系统的功能。工作方法上通常以项目为导向，实践性过强，缺少对生态修复系统理论的探讨，尤其是工作体系、技术路线、方法策略等内容还有待进一步完善。其次，目标与指标不够明确。缺乏对生态修复指标体系尤其是量化性目标的建立，使生态修复存在一定的短期行为。缺少前瞻性，导致各要素修复程度深浅不一、修复资源浪费、效果不统一。再次，对生态环境的前期调查不够深入。各城市气候特点、生态环境问题轻重缓急各异，需要差异化对待。目前来看，各城市缺少详实的前期生态本底调查，尤其是对国土空间损毁状况及受损地区的空间分布缺少宏观认识，导致对重点修复要素的选取理由不够充分。

总体来看，现阶段国土空间生态修复的理论研究与实践仍处于起步阶段，需要持续探索。

3. 策略研究

国土空间生态修复是对生态资源进行空间配置的顶层设计，是修复生态资源、落实生态政策的空间表达。伴随国土空间发展政策调整和部门机构改革，国土空间生态修复也应与时俱进，体现

为以下几个方面。

(1) 遵从系统性原则，坚持问题导向，开展全域性生态修复。

系统性体现在两个方面。一是坚持问题导向，找到主要生态矛盾，分析问题根源。通常需进行生态敏感性评价、生态功能重要性评价，确定敏感脆弱和功能重要的生态要素类型及空间范围，分清主次，聚焦问题突出的区域，实施山水林田湖草系统修复。二是以“区域”为空间研究范围。首先，生态破坏的根源往往为大尺度范围产生的人类活动干扰。为系统解决生态问题，所采取的修复手段也应立足于更大尺度，即市域乃至区域范围。其次，国土空间生态修复规划需与国土空间规划体系有效衔接，从城市、城乡扩展到全域空间，实现在生态文明语境下的全域一体化统筹管理，确保生态修复规划的编制与实施成效。可以预判的是，通过区域生态集成系统，面向国土空间的生态修复策略来解决小尺度小范围的工程技术所不能解决的问题会是大势所趋。因此，国土空间生态修复也可以理解为是全域性的生态修复。

(2) 统筹各类生态资源，实现“山水林田湖草”生命共同体的整体修复。

国土中各类要素在空间中有一定的物质交换和能量的流通，并在特定的空间尺度范围内体现出不同的空间异质性及其特定功能。以往关注土壤污染或矿山修复等单一问题，使得各类修复工作各自为政，不利于发挥生态系统的整体功能。因此，需转变到系统分析和综合研究区域生态问题，比如需要综合考虑水土流失、土地沙化、水环境污染、矿山废弃地、生物多样性等方面的保护及修复，整合各个尺度和方面的生态修复措施，集成多种对策和途径，基于整体观和系统观统筹解决治理宏观生态危机，视“山水林田湖草”为一个相互依存、有机联系、休戚相关、生死与共的生命整体而通盘考虑，最终实现国土空间全要素综合治理。

(3)理论联系实践,落实工程项目,做到“知行合一”。

实践是检验真理的唯一标准。生态修复不是“纸上画画,墙上挂挂”,更不能空喊口号。国土空间生态修复是多尺度、多层次的系统性修复,前期的规划研究固然重要,后期的项目落地更加必不可少。因此,必须科学务实,针对不同区域、不同对象、不同类型的生态问题有的放矢,确定近远期目标,列出切实可行的工程项目。同时,生态修复类的项目往往需要克服较大的阻力,包括资金、政策上的支持,还需要平衡与发展建设的矛盾,才能保障国土综合整治顺利实施。

(4)融合多学科知识和多专项研究,实现多规合一。

生态系统的恢复也并非各类技术手段或工程措施的简单累加,还需受到人类社会、经济、自然环境的多重影响和参与。国土空间生态修复规划是一项是综合性强的专项规划,涉及的空间要素非常多元,需要多学科的参与。国土空间生态修复应融入生态学、环境科学、资源学、林业科学、地理学等相关自然科学和人文科学,全面掌握各类生态资源的基本特征、评价方法以及修复策略,在城乡规划中规避对生态环境的不良影响,对生态要素进行全面整合和优化。相关部门统一纳入自然资源部,变原有各部门各自为政、条块分割,省去了跨专业的部门合作等繁冗事项,实现自然资源统筹规划管理,也有利于国土空间生态修复工作中多学科、多规划的融合。

四、沈阳市国土空间生态修复规划研究

1. 规划背景

沈阳是国家生态文明示范区,具有良好的生态文明建设基础。作为东北中心城市,沈阳是辽宁中部平原生态环境维护关键区,是承担辽河流域、浑河流域环境调节功能的重要节点城市。

多年来沈阳市为解决污染问题不断努力,生态环境不断改善,生态资源总



图1 沈阳市国土空间生态修复框架体系



图2 现状生态环境问题

体趋稳,但仍在城镇化的压力下仍面临局部规模紧缩、质量下降等问题,体现为一定程度上的生态敏感与脆弱性,包括沈西北土地沙漠化形势愈加严峻、东北部低山丘陵地区水土流失持续加剧、河湖滨带生物多样性降低等问题。为此,沈阳市于2019年启动了《沈阳市国土空间生态修复规划》,在新时期背景下对于国土空间生态修复进行了初步探索

(图1)。

2. 规划策略

(1)坚持问题导向为主,全面评估现状生态,确定修复目标。

充分调研,发现问题,是生态修复的首要步骤。规划前期开展了长达三个月的现状生态资源调查,摸底普查市域山、水、林、田及城市绿地系统等生态本底(图2)。依据土地利用三调数据库,

表 1 现状生态用地分类

地类		面积 (km ²)
林地	乔木林地	1496.99
	灌木林地	
	其他林地	
草地	人工牧草地	0.0044
湿地	内陆滩涂	191.15
	沼泽地	
水域	河流水面	391.3
	水库水面	
	湖泊水面	
	坑塘水面	
其他土地	其他草地	146.59
	盐碱地	
	沙地	
	裸土地	
	裸岩石砾地	
合计		2226.03

表 2 沈阳市生态修复指标

序号	空间范围	指标名称	2025 年目标值	2035 年目标值
1	市域	生态环境指数	良	优良
2		生态用地比例 (%)	18.3	25
3		森林覆盖率 (%)	13.5	25
4		黑臭水体治理数量 (条)	12	27
5		Ⅳ类水质以上水域面积比例 (%)	85	100
6		污灌区治理数量 (个)	1	4
7		退耕还林面积 (平方公里)	512	989
8	中心城区	矿山地质环境恢复治理面积 (亩)	2809	4427
9		中心城区绿地率 (%)	31.8	35
10		中心城区绿化覆盖率 (%)	38.88	45
		人均公园绿地面积 (平方米)	8.7	12

对现状生态用地进行归类并分析(表 1)。开展生态科学评估,包括生态敏感性评价(图 3)、生态功能重要性评价(图 4),系统把脉生态环境问题,界定生态损害的空间范围。研究发现,沈阳市生态环境敏感区域面积约为 2335 平方公里,占市域的 18.16%;沈阳市生态系统服务功能重要区域面积约 3652 平方公里,占市域的 28.4%。

在前期研究的基础上,制定与城市发展阶段相适应的城市生态修复工作目标,以便较为准确的反映国土空间生态修复后的效果,提高修复后生态系统的整体性、安全性、稳定性,保障修复工作持续开展(表 2)。

(2) 划定生态修复功能分区,统筹修复关键要素,制定重点任务。

依据上述评价结论,按照沈阳市生态资源和城市功能空间布局特性,划定全域国土空间生态修复功能分区,分别为中心城区、近郊生态区、中部平原区、东部丘陵区及西北部地区(图 5)。各区域需恢复生物生境,建设生态廊道和生态网络,加强绿色基础设施建设。

将生态系统服务功能重要区与生态

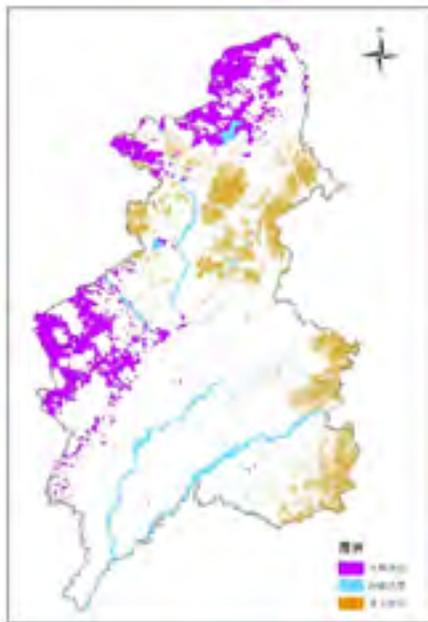


图 3 沈阳市生态敏感性评价

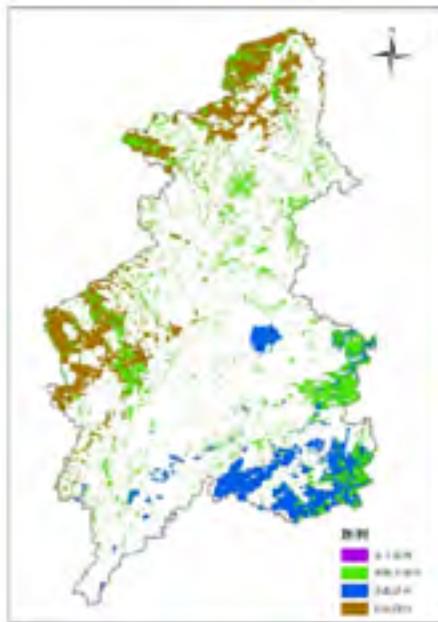


图 4 沈阳市生态功能重要性评价

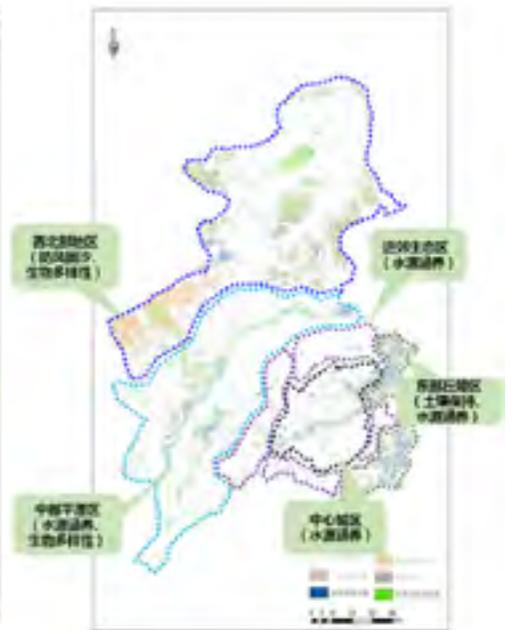


图 5 沈阳市生态修复空间分区

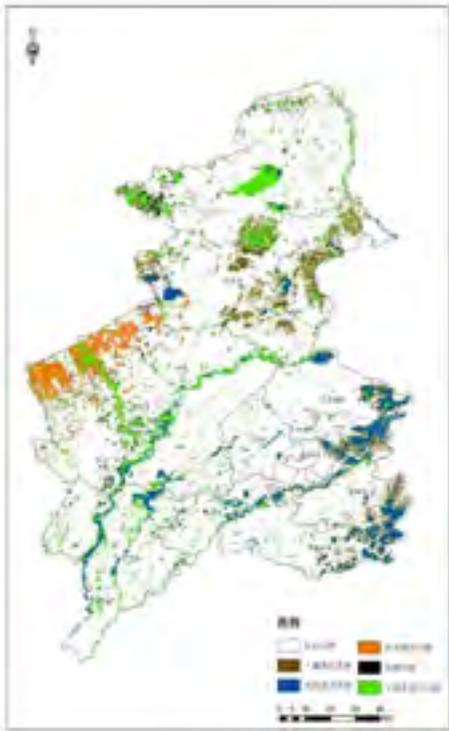


图6 沈阳市生态修复备选区域分布

敏感区进行叠加，得到生态修复的备选区域，总面积约 4436.7 平方公里，占市域国土总面积的比例达到 34.5%（图 6）。对以上区域开展大规模、同时段的生态修复工作显然不切实际，为此，规划依据科学计算，结合城乡人居环境需求，再次筛选出生态功能极重要、生态环境极敏感区域，作为现阶段生态修复的重点任务（表 3）。

（3）明确建设任务，落实典型项目。

将近远期相结合，衔接重点任务，提出生态修复阶段项目计划（表 4），并落实到具体地理区域及四至坐标定位，形成点、线、面、网相结合的工程布局，

推进国土空间山水林田湖草全要素整体保护、系统修复、综合治理。各生态要素的完整性直接关系到生态修复效果，在制定生态修复方案和开展工程量预测时，既要统筹受损山体、水体的系

统修复，同时又要适当向周边区域延伸。

（4）统筹协调相关规划，践行多规融合。

衔接多项规划是生态修复规划的一项特色。规划在科学评估认定的基础上，充分结合同步进行中的《沈阳市环境总体规划（2018-2035）》及《沈阳市生态保护红线划定方案》，并与水体达标、林地保护、湿地保护、矿山恢复、土壤污染治理、绿地系统规划、自然保护地规划等各专项规划统筹协调，努力保障成果的科学、完整并可实施。

3. 小结与思考

目前阶段，国土空间生态修复的理论体系及实践方法尚处于起步阶段，各个城市都在摸着石头过河。沈阳市结合自身的实际情况，探索了国土空间生态修复规划的路径方法。规划突破以往生态修复作为工程技术手段的局限，探索

表 3 沈阳市生态修复重点任务

修复要素	重点内容	重点区域
河流水系湿地	河湖水质改善 河湖滨带退耕还湿 黑臭水体治理巩固	卧龙湖及四道号、三台子等水库区 新民市的养息牧河、柳河、饶阳河的沿岸及其下游的尾闾低洼地 张官河、杨官河、桃仙河等 15 条黑臭水体
森林	封山育林、荒山绿化，营造混交林 对严重沙化耕地实施退耕还林还草	八虎山、五龙山、石人山、棋盘山、白清寨镇等中东部有林的丘陵地带 康法西北部、柳绕地区、辽中区河西地区等风沙危害地区
污灌区	对污染土壤进行生物技术修复	细河污灌区、浑北污灌区、沈抚污灌区、浑南污灌区
城市绿地	加强城市绿地节点建设 构建生态廊道	大东汽车城、沈河东部、铁西建大以北、 于洪大韩地区及于洪新城、皇姑区塔湾等地区 三环三带地区
矿山地质环境	土壤基层改良 微生物修复	法库县、苏家屯区、浑南区等地的建筑石材、煤矿、陶瓷土、矿山地质环境问题较严重的矿区及部分小型矿区

表 4 沈阳市生态修复近期实施项目库

编号	生态修复类型	生态修复工程项目
1	河流水系湿地生态修复项目	部分河流黑臭河段综合整治工程（2019-2021）
2		南北运河景观水体生态修复示范工程（2019-2021）
3		秀湖上游湿地水质净化及生态修复工程（2019-2021）
4		污水处理厂提标升级改造工程（2019-2020）
5		东部污水处理厂及配套管网建设工程（2019-2021）
6	森林生态修复项目	棋盘山水源涵养林生态恢复工程（2019-2025） 辽中、康平、法库、新民生态公益林生态补偿工程（2019-2025）
8	污灌区生态修复项目	细河、沈抚污灌区生态修复（2019-2025） 继续推进沈阳郊区县高标准农田建设工程（2019-2025）
10	景观绿地生态修复项目	中心城区绿地近期建设工程（2019-2020）
11		沈阳绿楔、绿廊建设完善工程（2019-2022）
12	矿山生态修复项目	法库慈恩寺马鞍山采石场修复治理工程（2019-2021）
13		康平县三台子煤矿修复治理工程（2019-2021）

了新形势下的自然资源生态修复体系，促进生态资源与地理空间的匹配，对筑牢城市生态安全屏障，构建宜居城乡环境具有一定意义。

然而，沈阳市的生态保护与修复依然存在一定困难。追根溯源，主要是因为：一是农业生产与生态保护之间的矛盾冲突较为剧烈。沈阳位于国家粮食主产区，目前耕地总面积约 8742 平方公里，占市域的 68%，其中 72.6% 是基本农田；生态空间总面积约 2226 平方公里，仅占市域的 17.3%。农业生产侵占了大量的河滩地、湿地、低山丘陵、林地。开展生态修复，退耕还林还湿还草必然会面临

耕地保护和粮食产量的压力。如何平衡两者之间的关系、化解其矛盾，是下一步的重中之重。二是工业生产对生态环境造成难以逆转的污染。作为老工业城市，历史上形成的污灌渠长期以来未经处理直接流向沿线土地，其中很大一部分流经耕地甚至是基本农田，土壤修复难度巨大。未来需要持续探明污染土壤分布，并利用生物等技术手段予以修复。生态修复任重道远。

五、结语

国土空间生态修复规划作为国土空间规划体系中的重要组成部分，实质在于以空间规划为载体，建立一个空间

修复治理体系。既是空间规划，也具有生态学、环境学等多方面的内涵，是一种综合规划，将在生态保护修复和空间资源配置中发挥重要的综合引领和指导作用。

在生态文明语境下，鉴于生态系统本身的特点和生态类规划实际落地的难度，国土空间生态修复规划的有效实施注定是一项长期而艰巨的工作，需要投之以持久的耐心和责任心。除了科学规划，完善多层次的生态修复管控体系，建立评估反馈机制，定期监测实施效果等措施能够切实的促进规划的有效落实，也是生态修复规划的重要保障。

基于“多规合一”的城市生态红线划定研究与实践

——以沈阳市中心城区为例

杨楠 刘治国 由宗兴 / 以沈阳市中心城区为例

摘要 国内对于城市生态空间的重视逐渐加强,开展了包括禁限建区、非建设用地、结构性绿地等规划实践,但能够落地实施、起到良好管控效果的实践甚微。建成区生态红线的出现正是填补了这一空白。与环境保护领域侧重于污染防治、环境治理不同,城市建成区则需要更具有可操作性的规划内容与技术手段,并且与城市总体规划、土地利用总体规划等相关规划协调,与既有的城市规划技术框架对接。本文正是探讨了在“多规合一”框架下整合相关规划的空间管制分区,划定中心城区生态红线的技术方法,以期对城市的生态空间保护与管控提供参考。

一、引言

近年来,城镇化和工业化的快速发展,给我国环境质量和土地资源造成巨大压力。在这一“转型发展”期,保护绿色资源、管控城市建设成为新时期发展的基本目标。通常认为,对城市土地空间的管控因时因地而异。一般在城市空间结构相对稳定(局部而非整体扩展)时,采取严格规划措施较为适宜,因为此时土地增量旺盛期已过,土地规模和边界管控相对容易。目前,我国多数大城市的野蛮生长期已过,逐渐步入向存量土地要发展空间的阶段,对城市空间实施严格管理成为当务之急。

2011年《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》(国发[2011]35号)中“国家编制环境功能区划,在重要生态功能区、陆地和海洋生态环境敏感区、脆弱区等区域划定生态红线”,首次提出划定生态红线。十八届三中全会明确指出划定生态保护红线是加快生态文明制度建设的重要内容之一。2014年新修订的《中华人民共和国环境保护法》将

划定生态保护红线确立为一项法律制度。2017年2月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》,再次强调了划定并严守生态红线的重要性。生态红线成为了继“18亿亩耕地红线”之后,又一条被反复提及并上升到国家层面的“生命线”,是维系区域生态安全、保障城市生态空间的控制线,其重要性不言而喻。

然而,城市中心城区由于土地经济成本高,在协调经济发展与生态保护的矛盾时困难重重,也因此存在生态空间保护“外围控制易,中心划线难”的问题,造成“中心空洞型”生态红线的出现。而中心城区恰恰是最亟需进行环境改善的地区,探索城市中心城区生态红线的划定方法,对城市中心生态空间实施有效控制,也是构建宜居城市之要义。目前,城市中心城区划定生态红线尚处于探索阶段。本文以沈阳市中心城区为例,立足“多规合一”的视角探索中心城区生态红线的划定方法,以期为中心

生态规划控制提供参考。

二、国内生态红线划定实践

国内许多大中城市已相继公布了生态红线的划定成果,如天津市、南京市、上海市、广州市和青岛市等。(表1)针对上述城市生态红线划定范围、规模、管控措施、经验与不足进行了总结。

可以看出,各城市在划定方案上存在如下特点:

一是划定主体通常是地方规土局、环保局或两者联合,发展改革、水利、城建等相关部门共同参与。

二是划定范围虽具有一定参考性,但缺乏普遍性和适用性。例如天津、上海将城市建成区内的城市公园、中心城区楔形绿地等生态用地纳入生态红线区,而其它城市却并未提及。

三是生态红线划定规模尚无统一标准。各城市自身资源禀赋各异,其生态红线区占市域面积比值为14.4%~44.5%不等,多数城市的占比为20%左右。

四是多数城市均采用差别化管制策略,但管理细则的深度有所区别。

表 1 各城市生态红线划定方案分析总结

方案名称	公布时间	划定主体	划定范围	划定规模	管控措施	经验与不足
天津市生态用地保护红线划定方案	2014	天津市规划局	明确了生态保护用地类型包括：山、河、湖、湿地、公园、林带六大类。	总面积约 2980 平方公里，占市域国土总面积的 25%。	分为红线区和黄线区，实行分级管理。	前期普查和研究较为详实，其红线区、黄线区分别对应通常意义上的生态红线一类区、二类区。但将城市公园等列入红线区实施最为严格的管制，略有难度。
南京市生态红线区域保护规划	2014	南京市环境保护局	划分 13 种生态红线区域类型，共计 104 块。	总面积 1630.04 平方公里，占市域国土面积的 24.75%。	分为一级区和二级区，并实行分级管理。	江苏省于 2013 年颁布《江苏省生态红线区域保护规划》。南京市此次是为落实和细化该项规划而编制。但内容和深度略显不足。
上海市生态保护红线划示规划方案	2015	上海市规划和国土资源局联合上海市环境保护局	总计 15 类生态空间。	总面积 4364 平方公里，其中陆域 3033 平方公里。	针对一级和二级管控区域实行分级管理。	规划方案和实施引导方略较为详实。由于自身生态资源较好，其陆域生态红线面积占陆域总面积的 44.5%，较一般城市比重略大。“重要耕地”若为基本农田则与基本农田保护线相重叠，若非基本农田则其保护价值有待商榷。
广州市城市环境总体规划	2015	广州市环境保护局	划入生态保护红线的区域 42 个。	生态保护红线区总面积为 1067.03 平方公里，约占全市域国土面积的 14.4%。	实行严格的管制措施	该方案作为《广州市城市环境总体规划》的部分篇章首次提出。方案没有谈及生态隔离带等建成区的生态空间。方案主要为生态红线一类区，不包含二类区，因此面积占比略低。
青岛市城市环境总体规划（2015~2030 年）	2017	青岛市环境保护局	包括陆域与海域两个部分。	陆域生态保护红线总面积 2192.7 平方公里；海域生态保护红线总面积 1080.0 平方公里。	对一类区和二类区实行分级管理。每 5 年进行 1 轮生态评估，确需调整时只增不减。	该方案作为《青岛市城市环境总体规划（2015~2030 年）》的部分篇章首次提出。划定范围涵盖陆域和海域，但并未谈及城市公园等建成区内的生态空间。且未对保护范围进行详细说明，划定深度略显不足。

表 2 生态红线划定体系

规划层次	划定内容	控制要求	成果要求
市域	划定主体为重要的生态功能区、生态敏感区、脆弱区 构建宏观生态红线区格局，控制结构和总量 明确市域 20% 左右的面积划入生态红线区范围 确定一类区、二类区的大致范围和面积	生态红线区域实行分级管理 一级管控区是生态红线的核心，实行最严格的管控措施 二级管控区实行较为严格的管控措施	图则和说明书 图纸比例 1:50000- 1:20000
中心城区	落实市域范围划定的生态红线区大致范围、规模 结合土地利用规划、城市总体规划等相关规划和基本农田保护线、城市开发边界线、城市绿线等控制线，逐地块细化各区的控制范围、规模和管控要求	确定一、二级管控区的边界 一级管控区实行刚性管控，逐步清退与生态保护无关的项目 二级管控区实行弹性管控，逐步实现工业用地减量，搬迁零星的农村居民点用地	图则、文本和说明书 图纸比例 1:5000- 1:25000
控规单元	继续落实中心城区层面划定的生态红线区，并加以精细划分，明确各区的范围、边界、面积和坐标	明确一、二级管控区的精确定位 进一步落实上位规划要求 生态保护红线一经划定，原则上不得调整	图纸、图则和文本 图纸比例 1:2000- 1:5000

三、生态红线的相关认知

生态红线的划定是一种多尺度的系统性方案，意为在规划层次上，是从宏观层面的市域体系方案，到中观层面的中心城区，再到微观层面的控规单元。市域层面针对全市重要的生态功能区、敏感区、脆弱区等，重点确定其结构和数量，明确一类区、二类区的范围、面

积及其空间管制策略。中心城区层面需在定性描述的基础上采用分类控制、边界控制及指标控制的方法，对概念性方案加以细化。同时，中心城区是城市中建设的区域，也导致了多项规划的交叉管制，生态红线要与各项规划相协调，实现多规融合。控规单元层面的生态红线划定需落实中心城区层面的控制内容

和管制要求，做到定性、定量、定位、定界，保障规划线位的合理、精准、可行（表 2）。

四、沈阳市中心城区生态红线划定实践

（1）项目背景

沈阳是国家重点建设的东北工业城市，属于特大型城市，城镇化水平较高。

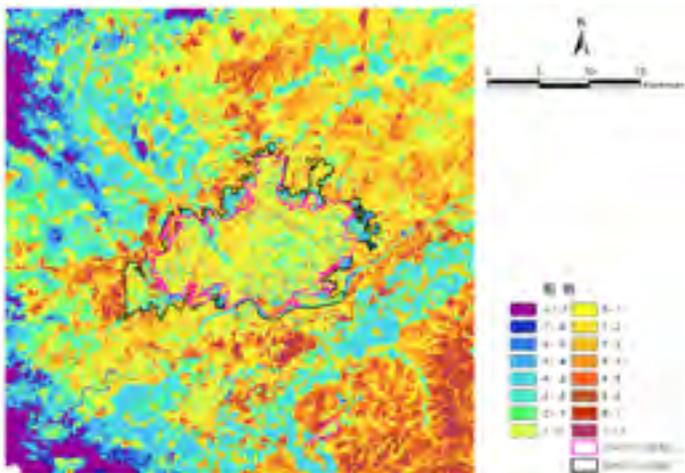


图1 1990-2000年中心城区地表能量差值变化

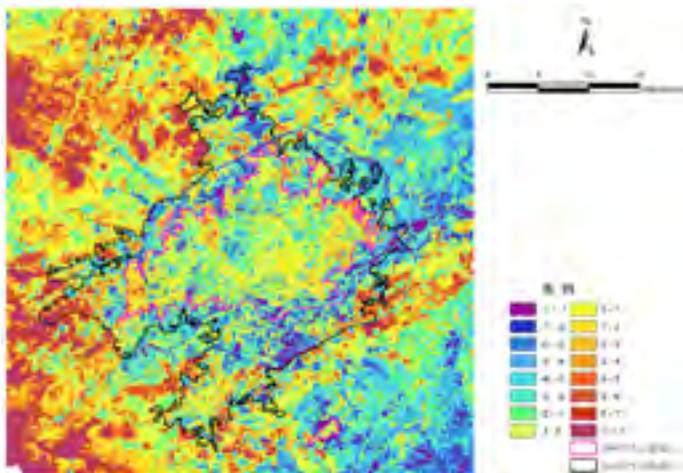


图2 2000-2010年中心城区地表能量差值变化

虽然近些年经济发展遇到一定困难，但人口高度集聚、各项设施配套完善、综合服务水平高，对区域发展仍具有较强的吸引力和辐射力。然而传统“高耗能、高污染”的粗放型经济模式造成环境容量超出承载负荷，资源日渐枯竭，生态日益脆弱。探寻如何通过土地管控和生态建设为城市转型发展提供动力，是摆在现实的问题。

2014年12月，沈阳市政府出台了《沈阳市生态保护红线管理办法》，成为全国首批颁布实施生态保护红线管理办法的城市。在制度建设超前于规划编制的特定背景下，生态保护红线的划定工作十分必要。2016年，沈阳市环保局编制完成了沈阳市域生态保护红线区方案。该方案对市域生态红线的范围、规模和管控要求加以确立，但因处于宏观层面，精细度不足，缺乏在中心城区实际落地的条件。为此，沈阳市中心城区生态红线划定方案重点深化了对现状中心城区生态用地的认定，并与已批法定规划（土地利用总体规划、城市总体规划）和相关控制线（基本农田保护线、城市开发边界）相协调，进一步落实市域生态红线，提出定性、定量、定位专项控制要求，为下一步分层次制定图则和管控要求提供工作基础和指导依据。

(2) 中心城区生态空间现状分析

沈阳市中心城区包括和平区、沈河区、皇姑区、大东区全部，以及铁西



图3 沈阳市中心城区生态红线划定与管制技术路线

区、于洪区、浑南区、沈北新区的部分区域，总面积 1353km²，占市域面积的 10.5%。2014 年中心城区人口规模约 580 万人，约占全市常住人口的 70%。

对 1996—2010 年沈阳城市用地的演进过程进行梳理，结果显示沈阳市中心城区建设用地的总量增加约 154 平方公里，建成区面积达到 380 平方公里。建成区范围从 8 公里半径扩展到 12 公里半径，从三环以内扩展到三环以外，从浑河北岸扩展到浑河南岸，从团块状演进到核心放射状，呈摊大饼式扩张。

采用遥感信息地表能量的差值分析方法，综合 1990、2000 和 2010 年能量差值对比（图 1，图 2），结果表明沈

阳市中心城区生态空间状况，即：1990 年低能量消耗的均质原始期；2000 年为能量分布多元化、多级差和整体数值偏高的无序错乱期，负面干预加剧，造成无序的生态失衡状态；2010 年能量分布的无序化状态有所缓解，但仍处于失衡状态。总体来看，中心城区的生态空间呈逐渐退化状态，亟需进行底线控制和严格管理。

(3) 技术路线

方案前期基于市域生态红线规划成果，搜集基础空间数据。接下来对中心城区生态用地进行评估，以确定需要管控的生态要素。在此基础上，完成生态红线初步方案，并基于生态用地评估和

相关规划开展范围校正工作，形成中心城区生态红线的最终方案，确定差别化的管制策略（图3）。

(4) 划定方案

生态要素评估

生态空间是指在城市与区域范围内，除建设用地以外的一切自然或人工的植物群落、山林水体及具有绿色潜能的空间等系列生态用地，是各类生态用地组合形成的整体结构。结合沈阳市域生态要素的分布，在中心城区用地现状的基础上，参照天津等城市的经验，根据人

类活动与土地利用方式之间的关系，可以把中心城区现状生态用地分为自然生态用地（包括半自然人工生态用地）和人工生态用地两大类。其中自然生态用地包括风景名胜区、水源涵养型生态用地、河流型生态用地、湿地型生态用地和荒地型生态用地5个子类，人工生态用地包括防护型生态用地、城市水系、城市绿化用地和农田林网4个子类（表3）。

依据上述生态保护要素，规划大致确定了中心城区需要进行生态底线控制的空间范围。初步划定的生态红线区总

规模约298.6平方公里，从用地类型上，包括城市绿地69.1平方公里，水域97.4平方公里，林地7.1平方公里，基本农田87.3平方公里，道路17.7平方公里，以及其他生态用地20平方公里。

多规协调细化

划补要素校核

此处需要结合全国主体功能区规划和辽宁省主体功能区规划的要求，详细核对土地利用规划、基本农田保护范围、城市开发边界等相关规划和法定控制线（图4-图8）。

表3 沈阳市中心城区现状生态用地分类

生态用地类型	生态用地子类型	主要功能	构成要素	分布
自然生态用地（包括半自然半人工生态用地）	风景名胜区	涵养水源、水土保持、休闲游憩	林地和湖泊构成的生态系统	棋盘山风景名胜区
	水源涵养型生态用地	涵养水源、防风固沙	乔、灌、草结合的林地生态系统	大东林地、林台林地
	河流型生态用地	水源涵养、洪水调蓄、水土保持	天然或半天然河流水体、河滩地和水生生物	浑河、蒲河及细河
	湿地型生态用地	保护物种多样性和其它功能	天然或半天然湖泊、水体和水生及水陆过渡地带的生物	朱尔屯湿地及辉山湿地
	荒地型生态用地	保持半自然的生态系统，边缘效应	野生动物，半自然荒地	东北楔城乡结合部地带
人工生态用地	防护型生态用地	防护功能、减碳、降低噪音、通风廊道	人工培育的乔灌草植被	主要为公路、铁路的防护绿化带
	城市水系	绿化、调节微气候、休闲娱乐	人工培育的乔灌草植被	建成区河道及水面周围的景观绿化带
	城市绿化用地	绿化、调节微气候、休闲娱乐	人工培育的乔灌草植被	建成区公园绿地
	农田林网	防护功能、生产功能	人工培育的乔灌草植被、耕地	西北生态绿楔



图4 规划区基本农田规划方案

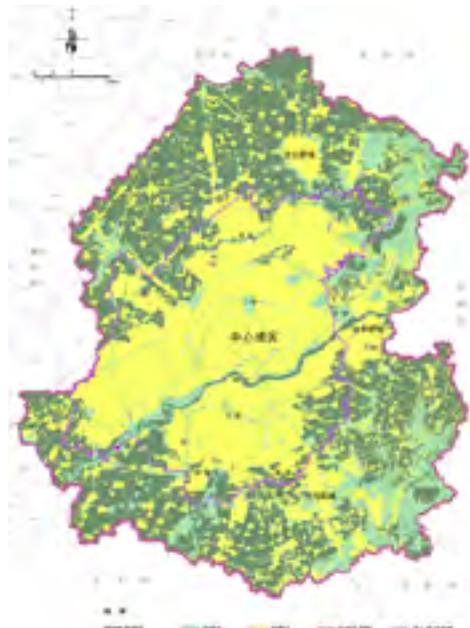


图5 城市规划区空间管制

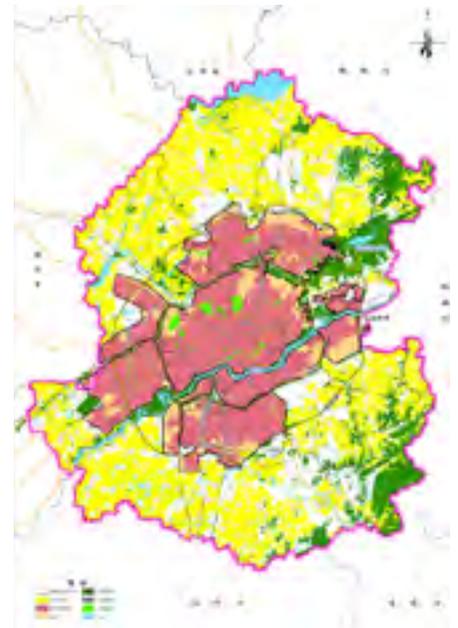


图6 城市开发边界划定方案

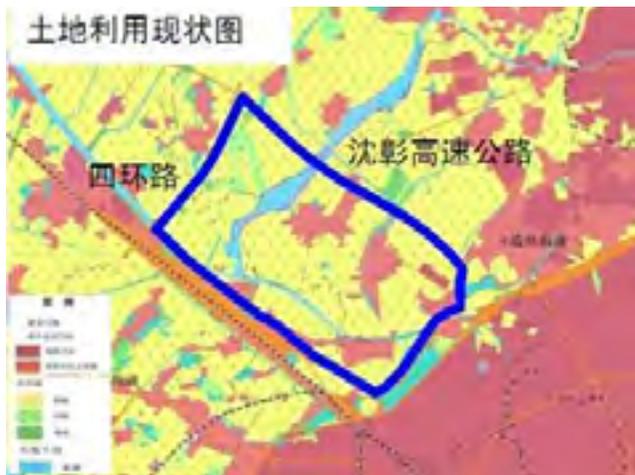


图7 西北楔土地利用现状

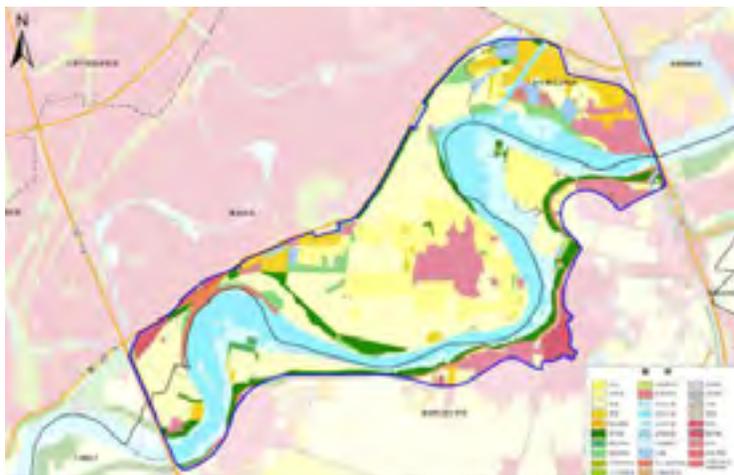


图8 四环内浑河沿线土地利用现状

土地利用规划通常关注农用地、建设用地和未利用地间的比例关系，与土地利用规划校核需重点校对生态红线区与基本农田间的关系。在沈阳市结构性绿地空间布局中，共规划四处楔形绿地，分别为东北楔、西北楔、西南楔、东南楔。各楔形绿地与三环内环城水系、浑河绿带等相连，形成内外联通的生态网络格局。初衷是结合基本农田及耕地的保护，在不增加城镇建设用地总规模情况下，对现有建设用地进行整理，并采取低密度的开发建设，保障楔形绿地的生态化水平。但是在实际的城市发展过程中，四处绿楔因处于城市边缘区，受城镇建设蚕食的现象非常严重。仅以西北楔为例，现状耕地面积约占总面积的65%（多数为基本农田）；其次是村庄建设用地，约占总面积的15%，村庄内含7个村落及大量工业厂房，用地粗放，且管理不到位，污水废水直接排入村内沟渠中，间接污染了基本农田（图7）。为加强管理和整治，初步方案将西北楔整体划入生态红线区加以管控。但校核时国土方面给出的意见是，西北楔内的基本农田有基本农田保护线进行刚性管控，不宜再重复划入生态保护红线。考虑到基本农田已覆盖了西北楔的65%，余下的村庄等建设用地是否需要严格保护则有待商榷。在没有考虑清楚这一区域下一步将如何发展的情况下，贸然划入生态

红线并进行刚性管控将对地区发展产生重大影响。因此本阶段方案暂时未将其划入。

城市生态空间范围的确定通常有两种实践方法。一是正向规划，先限定城市建设区边界，边界之外作为生态空间，如划定城市开发边界、禁限建区等；二是反向规划，即优先划定生态红线、城市生态安全格局、重要绿色资源保护线等。沈阳市将两种方法结合，即先限定城市开发边界，再划定城市生态红线。沈阳作为2014年国土部和住建部共同选定的14个开发边界划定试点城市之一，在规划区共划定了总面积925 km²的城市开发边界（中心城区为878 km²）。该边界对城镇中心城区、允许建设区、有条件建设区及弹性空间加以确定，是城市建设的底线。之后，再图底反转，界定需要保护的天然空间，即生态红线，以期实现由开发边界、生态红线与弹性空间共同耦合形成的规划区总图。这就必然涉及到两线的协调问题。沈阳市中心城区的生态红线遵照生态底线原则，在初步方案中，考虑到四环内浑河沿线绿地（50平方公里）、三环沿线绿地（28平方公里）等生态空间属于一般性的生态绿地和绿色廊道，因此初步方案并未划入生态红线区。但校核时发现两处均位于开发边界外，其中浑河沿线的土地利用性质为耕地、林地等生态用地及少

量村庄，有待予以提高保护力度和地位，应纳入生态红线内加以保护，只是在建设控制上可赋予一定的灵活性，为城市可能的发展留有余地（图8）。

方案细化修正

初步方案将35个大中型城市公园、城市水系及两侧绿化带、城市路网廊道及其防护绿化带纳入生态保护红线范围，以上范围均有城市绿线控制，并有法定图则作为法定规划管理依据。目前，沈阳市中心城区已划定城市绿线共90.7平方公里。但实际工作中各级政府仍然拥有较大的自由裁量权，城市绿地常常在开发建设的强大压力下一步步退让并逐步萎缩。考虑到生态红线的法律地位高于城市绿线，规划强调两线一致，有利于促进共管共治，形成合力，共同保护建成区内的绿色空间。为确保生态空间边界与绿线保持一致，最终校核总规模约61.8平方公里。

同时，结合GIS、CAD等软件，采用1:5000比例的底图数据，在城市绿线、河流蓝线及各类型用地边界线等城市总体规划中规定的用地类型及控制线的基础上，将中心城区生态红线分幅细化，确保该尺度上每个地块红线边界的范围清晰无误，同时尽量不人为增加生态红线的破碎化。以三环路网廊道红线区为例，初步方案由于精度所限，将三环作为一条均质等宽的廊道纳入红线区，而

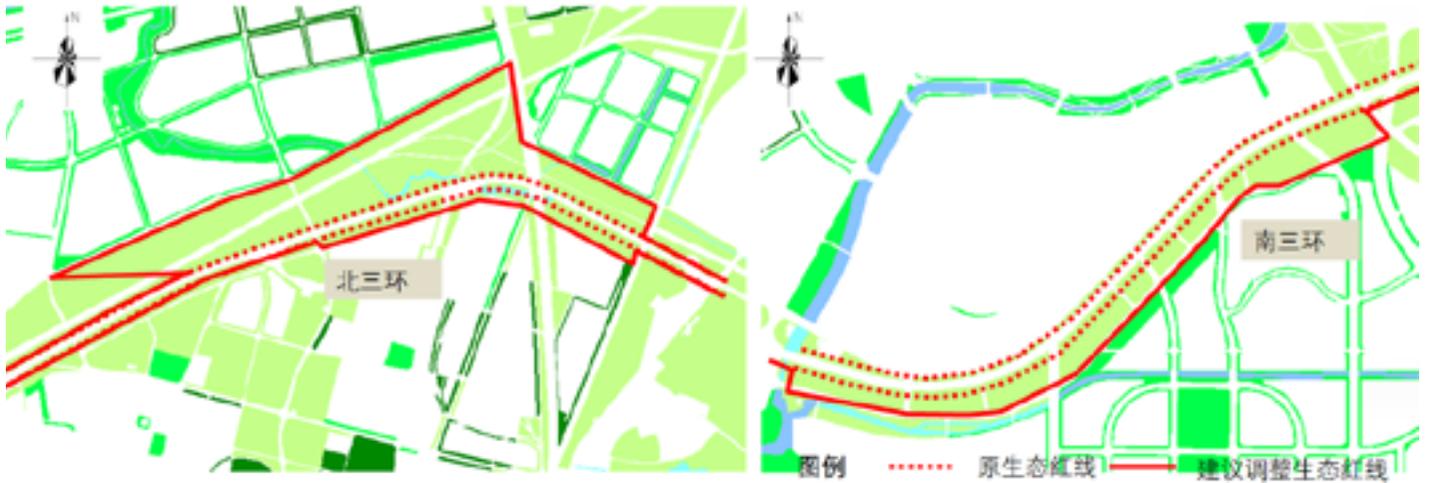


图9 三环路网廊道及绿化带红线区调整示意图

表4 沈阳市中心城区生态红线分类一览表

序号	大类	中类	总面积(平方公里)
1	法定保护地红线区	风景名胜红线区	2.8
2-8	生态功能及生态敏感脆弱红线区	林地红线区	3.32
		生态保护封育地红线区	1.52
		河流及其防护带红线区	65.8
		湿地生态保护红线区	0.4
9-52	城市生态功能服务红线区	城市路网廊道及绿化带红线区	42.14
		城市水系红线区	6.71
		城市及郊野公园红线区	12.96
合计			135.65

修正之后的方案尽可能扩大了保护范围，将两侧有条件划入的绿地一并纳入红线区（图9）。

最终规划方案

依据沈阳的生态特征，综合考虑经济社会发展、环境承载力和未来发展空间等因素，结合多规协调细化，最终划入生态保护红线的范围包括3个大类、8个中类、共52项，总面积为135.65 km²，涵盖了山、水、林、田、湿地、公园等重要生态要素，充分发挥其调节、廊道、绿肺等功能，控制生态底限（图10，图11）。其中一类区面积25.02 km²，二类区面积111.63 km²。按大类型划分包括：法定保护地红线区面积



图10 总体布局方案



图11 分类保护方案

规划方案纳入沈阳市环保局编制的《沈阳市生态保护红线区划定方案》，与中心城区外部生态保护红线实现了充分衔接，并于2016年向全社会公布并征求市民意见。接下来，规划将进一步落地，严格实行定点、定桩，同时以群众为主体，充分发挥公众参与，实现生态红线的最终落实（图13）。

五、结论

国内对于城市生态空间的保护逐渐重视。本文探讨了在“多规合一”框架下划定生态红线的技术方法，以期对中心城区生态空间保护与管控提供参考。

城市生态空间与建设空间共同耦合成城市空间系统。生态空间的规划可综合运用保护、防卫、创建和机会措施。保护和防卫措施适用于保存现有生态格局，创建和机会措施多用于生态空间修复与重建。目前生态红线的划定仅仅体现为保护和防卫，下一步空间修复与重建需要在两方面加以努力，一是在此基础上采取创建和机会措施，构建完整意义上的生态空间体系，可结合目前生态红线区的生态斑块及河流水系、路网林带等生态廊道，进一步构建生态廊道体系乃至生态网络体系。二是在生态空间

规模保障的基础上，对其质量加以提升，提高生态空间综合服务能效，引导使用者行为趋近于合理。这就需要有效的管控，当然不是简单的“限制”，而是在其他相关政策的配合下对城市发展进行有效的“引导”，有效协调复合生态之矛盾，平衡社会、经济、环境等各方面矛盾。而城市规划天然具备物质空间规划的属性，受制于“末端治理”的局限性，因此对自然生态有效控制，促进生态红线区健康良性的发展也将是任重道远。

河流水生态恢复的景观设计途径

——以沈阳市辽河干流生态带规划为例

杨楠 洪菊华 杨涛 / 沈阳市规划设计研究院有限公司

摘要 河流生态系统的良性运作为区域可持续发展的重要议题。城市化与农业开发使得河流的水生态过程遭到了改变，进而影响其生态环境与生态循环。研究针对河流水生态恢复，提出基于景观生态原理及景观水文理论的综合性途径，并将理论转化为实践，应用于解决辽河生态恢复、河道整治、雨污治理等问题，实现辽河水生态的全面恢复，还辽宁以健康、美丽和充满活力的母亲河。

一、引言

河流系统是自然界最重要的生态系统之一，其良性循环与运作为可持续发展的重要议题。水生态系统在人类社会的发展过程中发挥着至关重要的作用，它不仅为人类提供生活和生产的基础产品，还具有维持生态系统结构、生态过程和区域生态环境的功能。近年来，城市化与农业开发使得河流的水生态过程遭到了改变，严重影响了河流的生态循环，破坏了生态系统的平衡。

景观设计途 (Landscape approach) 是一种通过景观设计的方法来合理安排自然要素，寻求自然与人，保护与开发之间的平衡关系的设计学方法，具体包括景观规划 (landscape planning) 和景观设计 (landscape design) 2 个层面。

将水、系统、生态问题转化为具体的、可操作的设计语言和设计过程，将理论转化为实践，是河流水生态恢复的有效途径，并可为“生态文明，美丽中国”愿景下的河流生态规划设计提供借鉴。

二、河流水生态恢复方法

1. 多目标、综合性的水生态恢复系统

河流的水生态包含生物、水文、物理化学及形态等众多因子，通常选用河岸植被、水文、河流形态、鱼类、生境完整性等指标评价河流水环境的质量。为便于景观规划设计的开展，依据其自然属性，将河流水生态系统进行人为划分，分为水文和生物两大系统，系统之间相互交织、作用与影响，共同构成河流的水生态体系。因此，通过对水生态因子进行综合分析并提出改善方案，进而实现河流防洪排涝、污染控制、生物多样性提高、景观宜人等多重目标。

2. 可操作的景观设计途径

基于景观生态和景观水文等理论，运用景观设计手法，逐步恢复河流水生态环境。

(1) 设计导则

水文系统规划设计

进行水文生态恢复时，防洪安全应放在第一位。运用景观水文理论，通过

规划设计手段控制河道平面、断面形态及护岸形式，并构建河流湿地系统，在洪涝时可以缓冲雨洪，枯水期可以保墒蓄水，形成系统内部良好的水系循环系统，实现防涝蓄洪的目标。

生物系统规划设计

生物系统是保障河流水生态健康的重要方面，而生物多样性则是评价生物系统的关键指标。通过对动物栖息地的恢复，实现对生物多样性的保护。运用景观生态原理，对“斑块-廊道-基质”的模式进行描述，借以分析栖息地适宜性。由此，战略点和重要区域得到确定，并作为互联生态廊道管理和设计的首要考虑对象。生境多样性的营造，为生物多样性奠定了坚实基础。

(2) 设计要素

水流流速与河道平面

流速与河道的平面曲线之间具有一定的相关性 (图 1)。通常，A-A 是河道转弯的拐点，B-B 是弯曲河道冲刷力最大的位置，C-C 断面是河道转弯处的顶点。

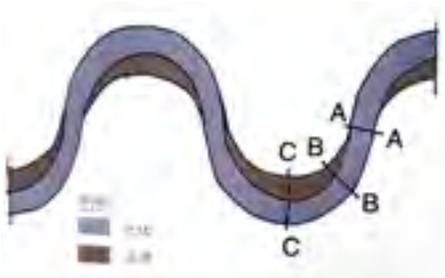


图1 弯曲河道平面示意图

表1 流速力量及护岸类型

速度/(m/s)	流水力量	护岸选型	备注
<0.5	可搬胶质细沙	自然状态	各类耐水湿植物均可
1	可搬 2.5cm 砾石, 90g	草坪、芦苇等	覆盖率 70% 以上
2	可搬 5cm 砾石, 170g	草坪及灌木	需耐水湿灌木
3	可搬 10cm 砾石, 1.36kg	柔性人工构造	生态袋、抛石等
4	可搬 20cm 砾石, 10.98kg	石笼、竹笼	可种植灌木
>5	可搬 30cm 砾石, 36.8kg	建议硬质护岸	混凝土坡框较好

注：整理自“生态型河流护岸工程指南——日本河边整備中心”（北京水利协会内部资料）

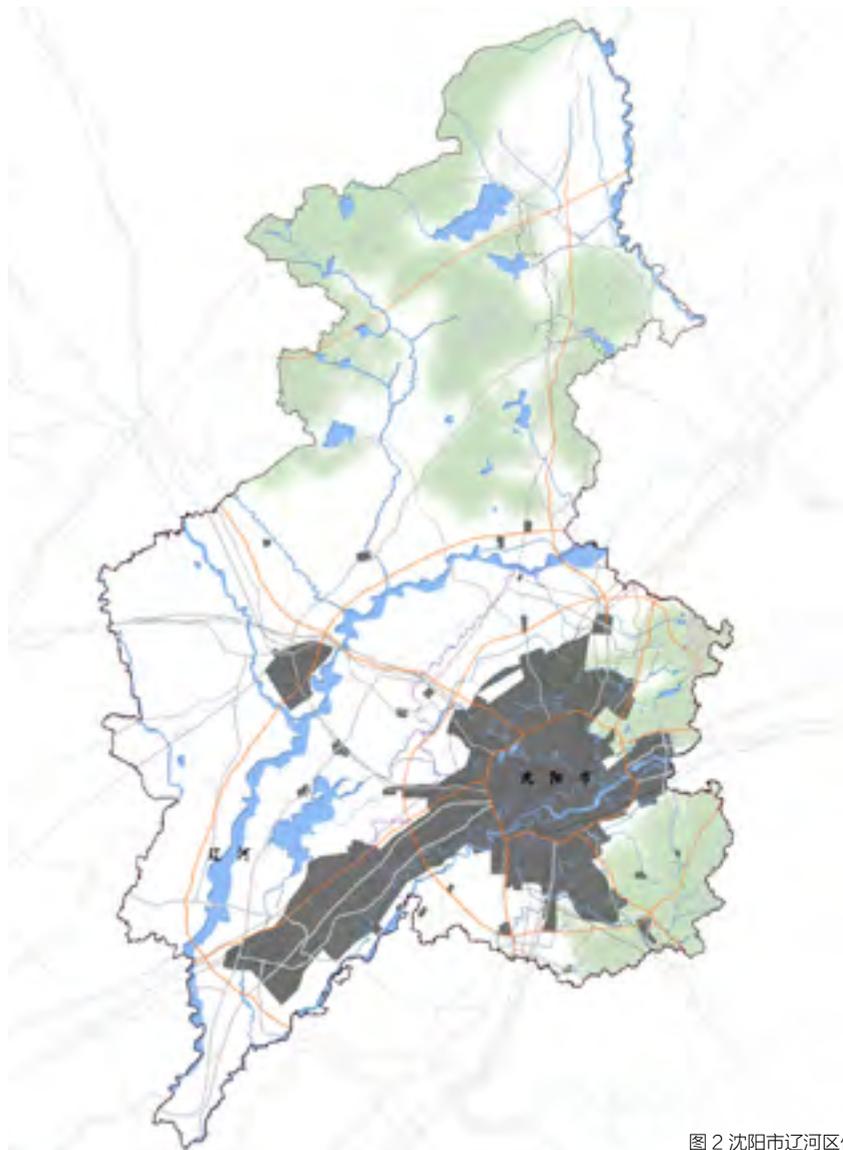


图2 沈阳市辽河区位图



图3 沈阳市辽河现状图

水流流速及护岸选型

《城市水系规划导则》要求根据流速条件设计生态护岸，流速数据可以通过实测和经验公式计算得到。通常采用谢才公式 $V=C\sqrt{Ri}$ 进行估算。其中，C 为谢才系数，R 为水力半径，i 为河底纵坡。

不同类型植被的耐冲流速不同。经验上来看，常见的芦苇可耐受 1m/s 以下的流速（表 1），养护很好的草皮会耐受更大的流速，可达 7m/s。

河道淤积及景观塑造

河水在低流速时往往会有泥沙沉淀。一般河道内流速低于 0.5m/s 时会形成淤

积，形成不同颗粒的沙洲。设计师可有意识地在河道中设计低流速区，形成有艺术感的沙丘。

生境与生物多样性

河流廊道往往作为动植物在景观中的迁徙路径，一些物种能顺利地沿河漫滩的湿土迁移，有些则需要河岸上部的高地环境。同时，一些动物在河流中也起着重要的作用，可以促进河漫滩保持一定的植被通量，维护生境多样性。可见，生境多样性与生物多样性之间有着一定的内在联系并相互影响。

三、沈阳市辽河干流生态带规划

1. 现状分析

(1) 项目概况

辽河是中国七大河流之一，是辽宁人民的母亲河，流域面积 22.9 万平方公里，是我国重要工业基地和商品粮基地。辽河全流域由两个水系组成，其中，东、西辽河于福德店汇流后形成辽河干流，辽宁省内的辽河干流总长度约 537.9km，沈阳市境内干流河长 307.4km，占干流总河长的 57.1%（图 2）。

(2) 现状问题

长期不合理的流域开发和利用，使辽河面临着洪涝灾害严重、水资源短缺、水污染严重、水土流失及生物多样性降低等多重危机（图 3）。

2. 规划目标

针对以上问题,本规划从维护区域生态安全、发挥景观廊道功能的角度,力图将辽河打造成为:

一条区域防洪和泄洪的重要河流廊道;

一条联系城镇与乡村的重要景观廊道;

一条维护区域生态安全的重要生态廊道。

3. 规划策略和措施

依据先期进行的现状分析,制定三大规划策略,实现对“生态基础设施”和“空间安全格局”的开发,恢复、完善和整合遭到破坏的辽河水系网络,使其融入区域城乡肌理。

(1) 防涝蓄洪策略

区域尺度的防涝蓄洪是辽河生态带规划的关键。针对现状河道汛期行洪能力低、非汛期水资源匮乏等问题,规划寻求利用自然景观资源,尽可能的弥补工程防洪手段的缺憾,对河道进行水量调控,最大程度的保留自然水资源的能力。规划将湿地、坑塘、低地、河道和湖泊联系起来,规划了13处干流湿地,11处支流河口湿地,形成总面积13.7万亩的辽河湿地群,构成雨洪管理和洪水防护网络,成为了代替混凝土大坝和防洪堤的有效途径(图4)。

规划充分利用因农耕等原因遭到破坏的河滩土地,变废弃的滩涂为生态湿地(图5)。目前,建成6处支流河口湿地,湿地面积近10万亩,水质基本达到Ⅳ类标准,国家一、二级濒危物种得到有效保护。事实证明,防洪蓄洪策略改善了辽河流域的区域气候环境,提升了河流的生态净化能力,辽阔的水域也为多种野生动植物提供了栖息地,推动了该区域湿地的保护与可持续利用。

(2) 河道修复策略

水利专业提供的水文水力学方面的技术支持,是河道岸坎修复的基础依据。通常按照防洪规划设计的岸坎,在解决防洪安全问题上,效果显著且造价较低,

但其生态环境效益也相对较低。因此,本次规划设计充分挖掘自然资源的作用价值,采用自然恢复与人工治理相结合的手段,对全河段岸坎进行修复和治理,确保发生平滩流量以内的洪水时,使河道行洪通畅、岸线平顺、清晰、河势基本稳定。

首先,对河道的自然形态进行了调整。参照景观水文理论,通过对主河道局部段岸线的曲线化处理、减少过陡处地形等方法,将河道流速全部控制在1.4m/s以下,参见表2。并结合流速计算,进行了生态护岸的设置,增强了驳岸的缓冲作用,进一步调节了河道水流流速,

降低了洪水危害,使现状河岸变成利于鱼类和鸟类栖息的生态河岸(表2)。

其次,创造性的结合工程措施修复岸坎。由于辽河滩地下层土质多为粉土,极易受水流淘刷,护岸通常无法实现预期效果;场地水文地质条件复杂,地下水水位、地表径流皆受季节影响,时枯时涝。设计采用生态石笼驳岸,科学地解决了土质固坡的工程难题,且施工周期短、见效快,且石笼中的本地卵石等材料的再利用也遵循了低碳循环的环保理念,使辽河两岸演绎出具有本土特色的生动且极具创意的北方驳岸风貌(图6)。

(3) 生物多样性保护策略

表2 沈阳市辽河干流河道50年一遇洪水情形下河道成果表(部分)

断面号	防洪标准	设计流量(m ³ /s)	设计水位	堤顶高程(m)	流速/(m/s)	护岸类型
			(m)			
L3	50年一遇	5000	3.56	5.56	1.40	草坪及灌木
L5		5000	3.65	5.65	1.37	草坪及灌木
L7		5000	3.75	5.75	1.33	草坪及灌木
L9		5000	3.79	5.79	1.32	草坪及灌木
L12		5000	4	6	1.25	草坪及灌木
L14		5000	4.18	6.18	1.20	草坪及灌木
L17		5000	4.49	6.49	1.11	草坪
L19		5000	4.65	6.65	1.08	草坪
L22		5000	5.04	7.04	0.99	草坪、芦苇等
L25		5000	5.64	7.64	0.89	草坪、芦苇等
L28		5000	6.07	8.07	0.82	草坪、芦苇等
L31		5000	6.25	8.25	0.80	草坪、芦苇等
L33		5000	6.5	8.5	0.50	自然状态(各类耐水湿植物均可)



图4 运用生态技术构建防涝蓄洪湿地



图5 运用生态技术构建防涝蓄洪河滩地



图6 改造好的生态石笼驳岸

植被恢复

在植被分析的基础上，通过植被封育及植被重建，促进植被恢复及自然演替。

此前，由于长期开发，沈阳市辽河流域生态系统已遭到严重破坏，真正意义上的原始植被不复存在，现存植被均属次生群落。规划基于滩地大而广的特征，采取主体封育优化的手段，提高操作可行性。自辽河保护区设立以来，两岸 1050m 界内，采取封育手段，阻断人为干扰。封育区总面积 38 万亩，其中退耕还河面积 29 万亩，植被覆盖率得到明显提高。事实证明，这是一种行之有效的自然恢复方法。

但是，目前辽河两岸面临植被单一、外来物种入侵严重等问题，因此，在封育过程中，规划对人为干扰造成植被破坏的区域，进行了适当的人为干预，通过因地制宜的选择本土化植物，模拟自然生态群落，进而帮助植被群落的重建（图 7）。

动物栖息地营造

在土地利用和植被分析的基础上，基于景观生态原理，对现状“斑块-廊道-基质”的空间关系进行 GIS 模拟分析，并应用于生物多样性保护景观的实践过程。

首先，进行整体空间尺度上的栖息地适宜性分析（图 8，图 9）。由此，战略点和重要区域得到确定，并作为互联生态廊道管理和设计的首要考虑对象。

其次，对辽河这类区域性河流进行生态恢复，尺度大且任务重，因此规划采取对边缘地带进行重点研究的战略措施。依据现状水陆特征，规划将河流水陆边界归纳为“浅滩地-草地-树林”、“水面-树林-农田”、“滩地-树林”、



图 7 植被恢复规划图

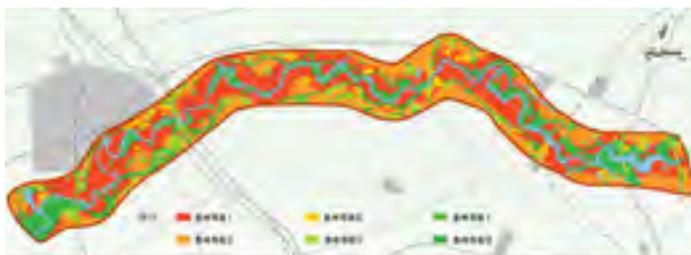


图 8 栖息地适宜性分析图 a

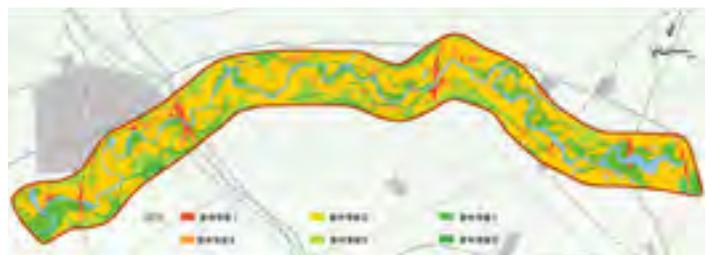


图 9 栖息地适宜性分析图 b

“岛屿-树林”、“水面-树林”及“水面-树林-草地”六类生境，并分别进行重点修复(图10)。设计方案结合水深、土壤及植被等因素，营造适合鸟禽类栖息的岛屿、滩地(图11)。在道路和自然廊道的相交点，设计方案采取的干预措施包括供野生物种和水流通过的地下通道，以及为动物假设的附加桥梁。依据边缘效应理论，在边缘地带可能发现不同的物种组成和丰度，可以为生物

提供更多的栖息场所和食物来源，利于生物多样性的恢复。

四、结语

1. 河流水生态恢复是河流生态规划设计的重点

中国面临着非常巨大的发展压力，这对环境和社会文化产生了灾难性的影响。目前国内河流的生态恶化十分严重，形势令人担忧。水是河流的灵魂。辽河两岸人民只有恢复对水的亲近之

情，才能真正与“母亲河”重新建立联系，辽河才能重新发挥其作为生态基础设施和文化社会聚集地的作用，进而带动整个流域的振兴与崛起。因此，河流水生态的恢复工作是重塑整个流域的关键步骤。

2. 河流水生态恢复是基于自然水文、土壤、生物等循环过程的多目标的综合恢复系统

基于景观生态和景观水文等相关理论，以“水文系统——生物系统”的恢复层次为导向，针对河流水质、水量、动植物等因子，逐一进行分析并整合，实现防涝蓄洪、河道整治、生物多样性提高等多重目标。

3. 通过实际项目，将生态问题转化为可操作的设计语言和设计过程，是景观设计途径的具体应用

在水文、生态等学科的支持基础上，结合生态安全和可持续发展理念，通过景观规划设计手段，将生态问题落实到物质空间层面，通过景观语言诠释生态过程，既拓展了水生态问题的解决方式，同时也是景观设计的又一项尝试。

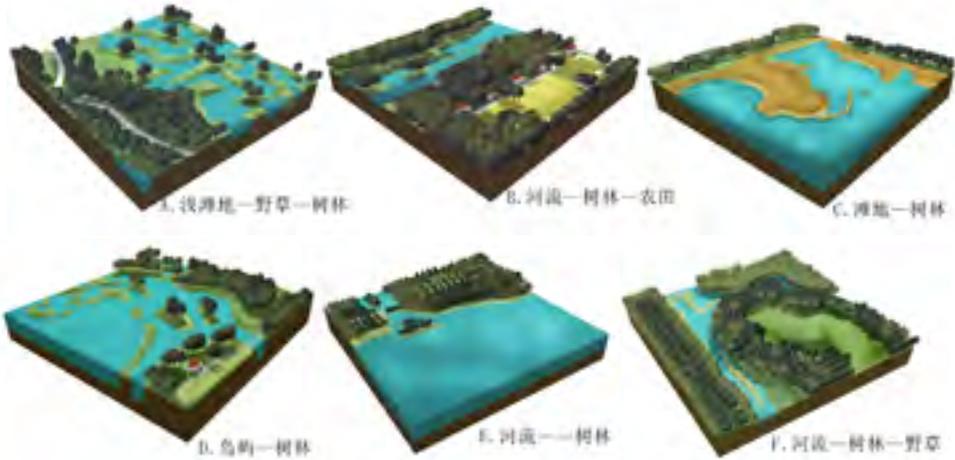


图10 六类生境规划设计图

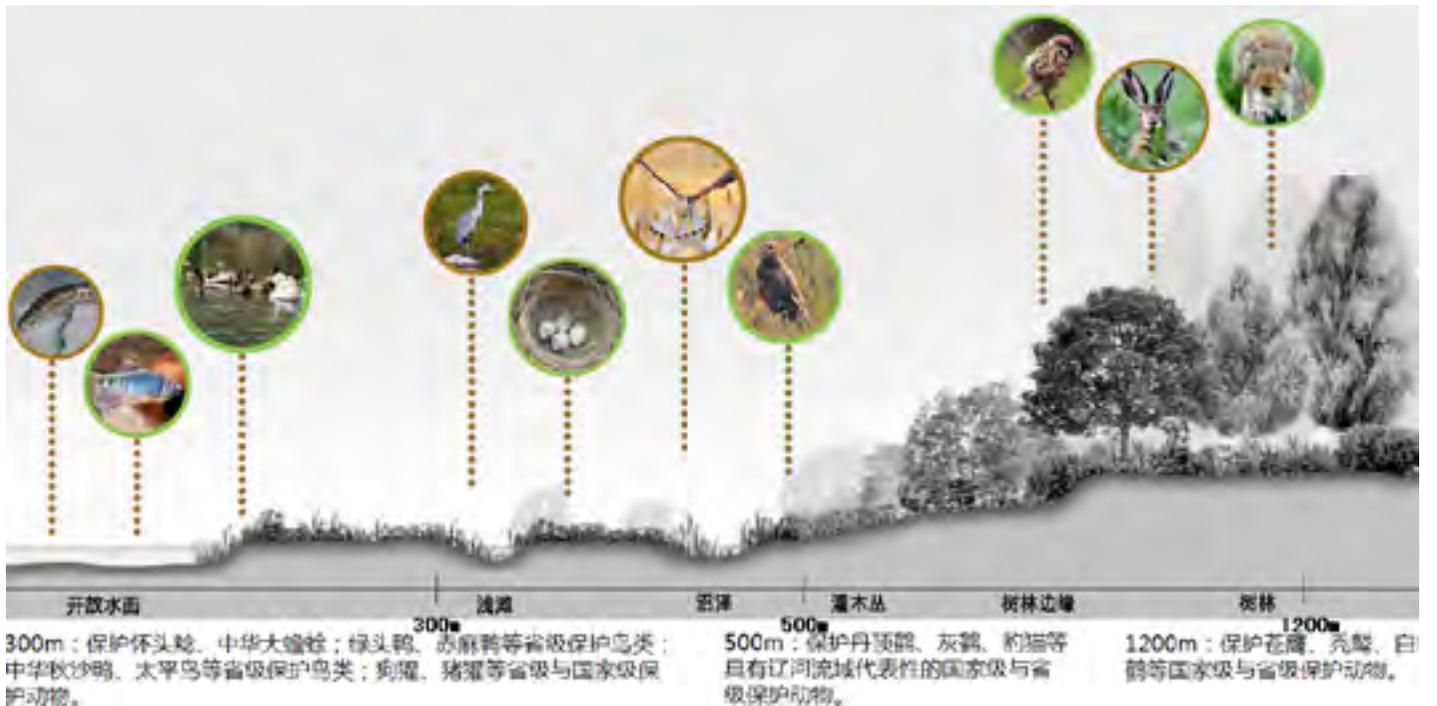


图11 辽河生境系统类型图

空间视角下基于模型的城市大气环境分区研究

——以沈阳市为例

王泳璇 赵玉强 王帆 / 沈阳环境科学研究院, 张南南 / 生态环境部环境规划院

摘要 如何解决复杂的大气污染排放逐渐成为地区可持续发展所必须面对的关键问题。通过分析大气环流特征, 揭示大气污染空间输送规律, 应用 CALPUFF/CMAQ 模型耦合技术对大气环境敏感性空间进行识别, 划定环境分区, 并对不同级别分区提出相应的管理措施。研究表明, 沈阳市及周边区域四季平均风速 4m/s, 扩散能力在区域处于中等水平。沈阳市属于空气资源中等偏下水平, 沈阳市及周边区域空气资源禀赋由西向东呈现递增的特征。对大气环境敏感性空间进行识别, 划定大气环境优先保护区、大气环境重点管控区、大气环境一般管控区, 并提出相应管控建议, 为环境管理部门提供科学支撑。

一、引言

随着社会经济的快速增长, 城市化进程不断加速, 我国城市大气污染的类型正在从煤烟型污染向煤烟型和光化学污染共存的大气复合污染转变。环境空气污染给社会公众带来极大的健康损害和经济损失。如何解决复杂的大气污染排放逐渐成为地区可持续发展所必须面对的关键问题。我国现行的污染物排放总量控制政策对污染物排放总量控制起到了积极的作用, 并逐步开展对大气环境分区的尝试, 李颖明和黄宝荣具体分析了已有的分区原则、分区方法、指标体系, 对区域环境管理的环境分区以及分区管理的相关内容进行了探索性研究, 杨柳林等利用空气质量数值模拟和卫星遥感反演分析相结合的方法, 形成大气环境管理分区指标体系, 将广东省划分为严格控制区、持续改善区和协调发展区。但是仍缺乏对污染源的源头控制, 根据不同地区的大气流场特征和大气污染物的传输规律, 从空间视角对大气环境分区进行深入的探讨。

基于此, 本研究旨在通过分析大气环流特征, 揭示大气污染空间输送规律, 应用 CALPUFF/CMAQ 气象与空气质量模型耦合技术对大气环境敏感性空间进行识别, 根据识别结果划定环境分区, 并对不同级别分区提出相应的管理措施, 为环境管理部门提供科学支撑, 对改善地区的环境空气质量具有重要意义。

二、研究思路

1. 大气环流特征解析

采用 WRF 中尺度气象模型和 CALMET 气象模型, 结合气象观测、土地利用和地形高程数据, 模拟分析省级区域、市级区域和重点区块三个尺度的大气流场特征, 揭示大气污染空间输送规律, 识别上风向、扩散通道及静风等典型气象特征区域。

2. 大气环境敏感性空间识别

采用 CALPUFF/CMAQ 气象与空气质量模型耦合技术, 从以下三个方面对沈阳市大气环境敏感性空间格局进行解析: ①为指导未来污染源合理布局, 开展源头敏感性分析, 识别和划分污染

源布局敏感区域; ②为指导城市空间扩张模式, 进行污染物聚集区敏感性分析, 识别和划分污染物易聚集地区; ③为保护人体健康等重要目标, 进行受体敏感性分析, 基于人口密度、环境功能区划等社会经济要素识别和划分敏感的环境受体。

3. 大气环境分区划定

根据大气环境敏感性识别结果, 结合自然保护区、人口密度空间分布, 按照通过控制敏感性最高的区域将对大气环境影响尽可能小的原则, 划定大气环境敏感性分区, 指导污染物排放格局优化, 具体技术路线(图1)。

三、研究区概况

1. 社会经济概况

沈阳市地处中国东北地区的南部, 处于东经 122° 25' 9" ~ 123° 48' 24" 和北纬 41° 11' 51" ~ 43° 2' 13" 之间, 国土总面积 1.298 万平方千米。沈阳市是辽宁省的省会, 是东北地区的经济、文化、交通和商贸中心, 中国的工业重镇和历史文化名城。下和平区、

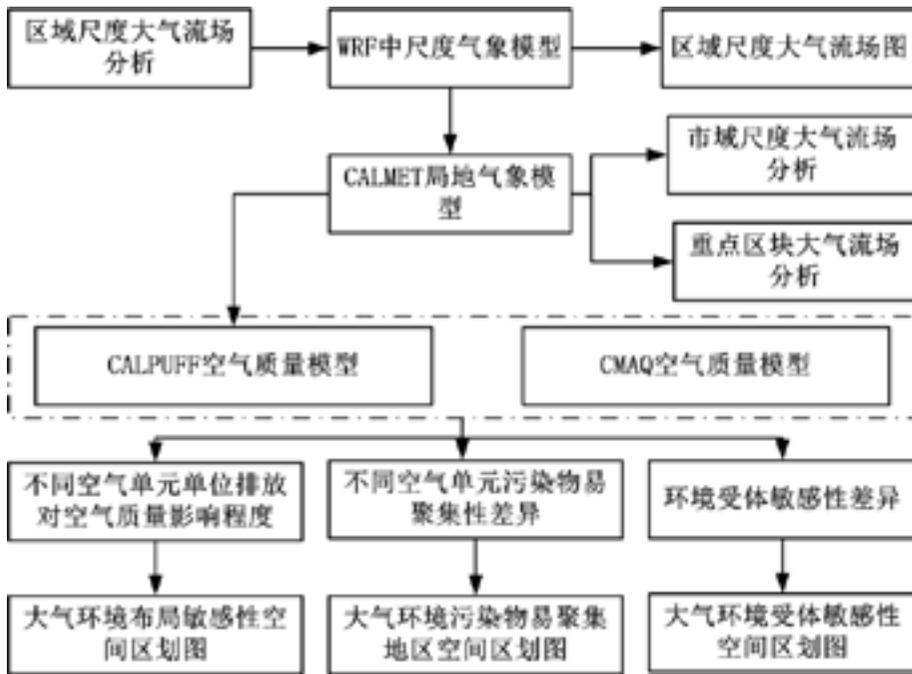


图1 大气环境分区划定技术路线

表1 2013—2016年沈阳市各级别天数对比表

(单位:天)

年份	优良天数	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染	优良天数占全年比重
2013	215	14	201	84	25	32	9	58.9%
2014	191	12	179	110	38	23	3	52.3%
2015	207	28	179	96	30	24	8	56.7%
2016	249	41	208	93	11	12	1	68.0%

沈河区、大东区、皇姑区、铁西新区、苏家屯区、浑南区、沈北新区、于洪区、辽中区10个城区和新民市、康平县、法库县3个县(市)。

2016年末,全市常住人口829.2万人,比上年末增长0.01%。户籍人口734.4万人,增长0.55%。2016年,沈阳市地区生产总值(GDP)5460亿元,按可比价计算,比上年下降5.8%。其中,第一产业增加值占GDP的比重为4.9%,第二产业增加值比重为39.1%,第三产业增加值比重为56%。按常住人口计算,人均GDP为65851元,下降5.8%。沈阳市全年规模以上工业增加值1208.3亿元,比上年下降19.7%。其中,重工业增加值952.1亿元,轻工业增加值256.2亿元。装备制造业实现增加值785.4亿元,

占全市规模以上工业增加值的65.0%。汽车及零部件、建筑产品、农副产品加工、化工产品制造业、钢铁及有色金属冶炼及压延业五大优势产业实现增加值782亿元。工业出口产品交货值178.3亿元。全市规模以上工业企业实现利税总额530.5亿元,利润总额270.8亿元。工业经济效益综合指数227.74%;工业产品产销率99.7%。

2. 大气环境质量概况

2013—2016年沈阳市环境空气优良天数分别为215天、191天、207天、249天,优良天数占全年比重分别为58.9%、52.3%、56.7%和68.0%(表1)。除2014年减少外,其后两年均逐年增加,尤其是2016年优良天数增加明显。但现阶段沈阳市环境空气质量在全国74

个重点城市中仍处于较差排名,2013—2016年排名名次分别为60名、64名、65名和54名。

总体而言,沈阳市的环境空气质量改善已经取得了一定的成效,但仍有较大的提升空间,有必要开展进一步的深入研究。采用WRF-CMAQ模型分析沈阳市的大气环流特征及污染空间分布情况,旨在促进沈阳地区的大气污染源空间管理,并且为其他北方地区的相关管理提供借鉴和参考。

3. 大气环境主要问题

(1) 燃煤污染的局面仍未根本扭转
沈阳市2016年煤炭消耗总量约3300万吨,65%以上的煤炭集中在冬季采暖期燃烧,成为我市大气污染的最主要来源;能源结构单一,煤炭占一次能源消耗比重较大,清洁能源占比不足13%;供热结构不尽合理,热电联产供热比例只有29%,虽然2015年至今已拆除了大量的小吨位燃煤锅炉,但20吨及以下燃煤锅炉仍有一定数量;煤炭总量削减、煤质改善方面,没有突破性进展。

(2) 机动车保有量大幅增长,移动源成为大气污染的重要来源之一

近年来我市机动车保有量增幅较大,截至2016年底,全社会机动车保有量达到199.17万辆,每年递增约20万辆。由于受道路拥堵、油品质量以及尾气检测水平的影响,机动车尾气已成为影响沈阳市环境空气质量的重要污染源,是臭氧污染频发的重要原因。

(3) 扬尘污染未得到有效控制

沈阳市裸露地面较多,遇有大风天气极易引起扬尘污染;各类施工工地扬尘防控措施未能全面落实,特别是一些中小型建筑工地和市政道路施工工地,扬尘污染问题较为严重;沈阳市道路机械化清扫比例只有45%,硬件装备不足,远远没有达到辽宁省政府规定的82%的要求;各类物料堆场防尘覆盖不完全,特别是城市周边大型堆场和散流体运输等方面防尘措施监管有待加强。扬尘管控措施落实不到位,是沈阳市4—5月份可

吸入颗粒物(PM10)污染的主要原因。

(4) 秸秆综合利用和禁烧仍未到位
秸秆综合利用项目处理能力不足,难以消化掉巨大的秸秆产生量;未建立完整的收储运体系,未建立收集(打捆)制度,农民多选择直接焚烧的方式进行处理;各级政府落实秸秆禁烧责任追究制度不严格,没有真正形成震慑力,使得秸秆焚烧屡禁不止;秸秆综合利用和禁烧工作分别由农业部门和环保部门负责,政策之间难以形成合力,政策脱节、各自为战,使得秸秆综合利用和禁烧工作的效果均收效甚微。秸秆露天焚烧是沈阳市2—4月份以及9—11月份环境空气质量的重要因素。

(5) 监测监控和监管能力还不完全适应

全方位监测监控体系还未完全建立,监管能力尚不适应,依托信息化、社会化手段和能力不足,实现在线监控的企业仅有201家,人为监管执法难以实现24小时全覆盖实时监控,满足不了监管网格化要求;统一指挥、联合整治、联动执法机制还不到位,露天烧烤等一些量大面广的小散乱污问题整治还有局部反弹。

四、模型拟合结果

1. 大气环流特征

辽宁省属于暖温带半湿润季风型气候主导区,主导风向为西北风,如图2所示。冬季(1月)受来自北方冷空气侵袭,整体以西北风为主;春季(4月)以西南风为主导风向,南北大风交替出现,为全年大风多、强度大的季节;夏季(7月)多受来自海洋的暖湿气流的影响,以偏南风为主导风向,整个区域被南风控制;秋季(10月)以西北偏北风为主导风向,南北大风交替出现,冬季季风逐步明显。

辽中南都市圈区域全年平均风速较小。沈阳市及周边区域四季平均风速4m/s,扩散能力在区域处于中等水平。

2. 区域空气资源评估

采用中尺度气象模型WRF耦合

CALMET模式,对辽宁省、沈阳市及市重点区块三个尺度常规气象参数(风速、风向、湿度、混合层高度、温度、气压、云量、降水等),进行综合对比分析,考虑2016年1、4、7、10月等典型月份作为研究对象,综合评估区域空气资源禀赋。

(1) 混合层高度模拟分析

大气混合层高度是近地层大气湍流交换的主要场所,也是地表大气最主要的组成部分,具有分散污染物的作用。因此,混合层高度限制了污染物垂直扩散的范围,在一定程度上能够指示这个扩散范围,是大气数值模式和大气环境评价的重要物理参数之一。

根据2016年沈阳市WRF数值模拟结果,混合层高度的季节性差异较为显著,夏季平均混合层高度最高约为800m,春季次之约为600m,秋季混合层高度略低于春季,在500m左右,冬季混合层高度最低仅为300m。

(2) 通风系数模拟

通过耦合使用中尺度气象模式WRF和气象诊断模式CALMET,模拟得到逐时混合层高度和混合层内的风速,计算不同区域A值大小,给出其空间分布。经模拟,沈阳市通风系数季节性分布差异性较大,夏季最大为9.5左右,冬季最小为3.0,局部差异较为明显。

(3) 区域空气资源综合评估

综合评估表明,在全国尺度上,辽中南区域城市群属于空气资源禀赋一般区域,但沈阳市属于空气资源中等偏下水平,沈阳市及周边区域空气资源禀赋由西向东呈现递增的特征。总体而言,沈阳市区属于空气资源禀赋一般的区域,本身开发强度已经较高,存在一定的环境风险事故,原则上属于限制开发区,应提高涉及废气排放项目准入标准,严格限制大规模废气排放产业布局(图2)。

3. 敏感性和脆弱性空间管控

将沈阳市域划分为1km×1km的规则矩形网格共计13414个,在每个网格中心布设一个虚拟点源,假设每个网

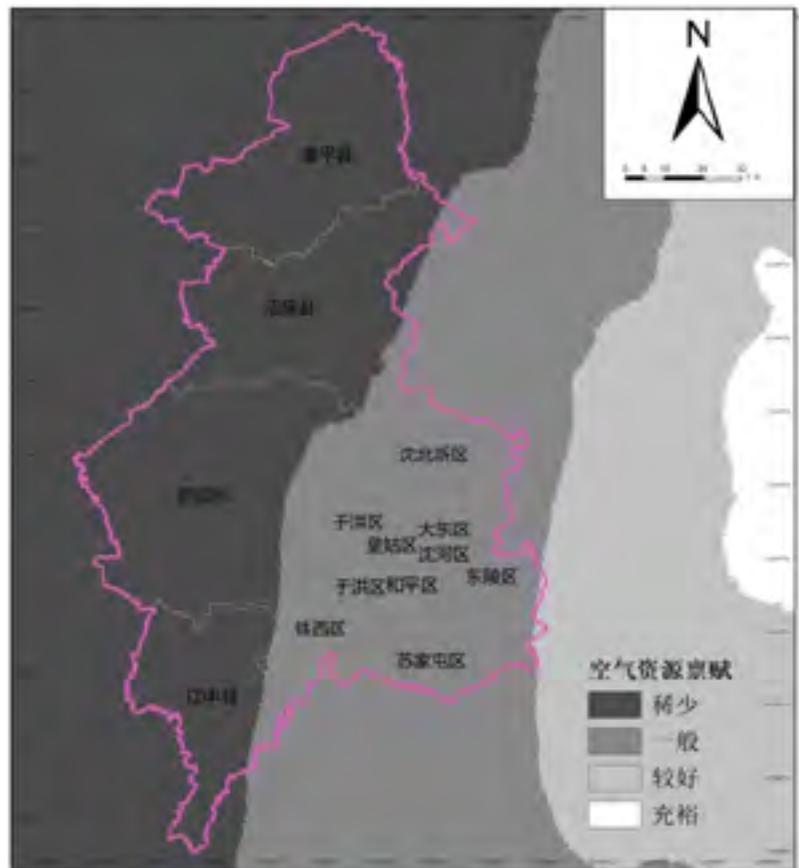


图2 沈阳及周边空气资源等级分区图

格或区块污染物排放量相同（污染物为一次稳态气态污染物 SO₂，每个源排放量为 1 万吨 / 年，点源占 70%，面源占 30%），用 CALPUFF/CMAQ 空气质量模型逐个模拟每个网格或区块单位污染物排放对空气质量的影响范围和程度。

考虑到人口主要集中在各区县中心，因此，选取全市共 11 个受体敏感点（空气质量国控监测点）作为评价对象。

（1）布局敏感性评价

大气环境布局敏感性是指，假定每个网格排放等量污染物情况下，逐一模拟每个网格或区块单位污染物排放对空气质量的影响范围和程度。网格或区块对空气质量影响越大，该网格或区块的布局敏感性越强。

排放等量污染物的情况下，各网格对受体点的平均浓度贡献存在显著差异。根据源头布局敏感性分级标准，划定沈阳市源头布局敏感区（图 3）。

（2）污染聚集脆弱性评价

假设上述 13414 个虚拟污染点源同时排放污染物，利用 CMAQ 空气质量模

型模拟所有网格同时排放时的污染物浓度分布，污染物浓度较高地区则为不易扩散或易聚集地区，污染物浓度越高，则该地区聚集脆弱性越高。

由于在污染物同等排放强度的条件下，周边区域产生的污染物容易在该区域聚集，且本地区产生的污染物由于静风、小风等不利气象条件高发等原因，不利于扩散，从而导致局地重污染。因此，对环境质量需求较高的功能区，如自然保护区、高档别墅区及人口密集区等，应尽量避免建在聚集脆弱区，聚集脆弱性评价结果（图 4）。

（3）受体重要性评价

基于《环境空气质量标准》（GB3095—2012）提出的环境空气功能区分类、人口密度、城市定位等不同环境功能区对空气污染的敏感性及其基本要求的差异性，对大气环境受体的重要性进行识别和划分。

大气环境受体重要区主要包括为市域范围内的法定保护区、风景名胜区、国家级省级森林公园等大气环境功能一

类和人口密集核心区。人口密集区主要包括沈阳市中心城区、周边各区市建成区核心区等（图 5）。

五、大气环境分区及管理建议

根据上述研究结果，将大气环境分别划分为大气环境优先保护区、大气环境重点管控区、大气环境一般管控区。

1. 大气环境优先保护区

将市域范围内的法定保护区、风景名胜、国家级省级森林公园等环境空气质量功能区一类区识别为大气环境优先保护区，总面积 1375.7 平方千米，占陆域面积的 10.6%。

执行《环境空气质量标准》（GB3095—2012）一级空气质量标准，禁止新建、改扩建放大气污染物的工业企业，已建项目制定逐步退出方案。

2. 大气环境重点管控区

将工业园区等大气污染物高排放区域、布局敏感区、弱扩散区、受体敏感区等区域划分为大气环境重点管控区。上风向、扩散通道、环流通道等影响空气质量的布局敏感区域总面积 226.0 平

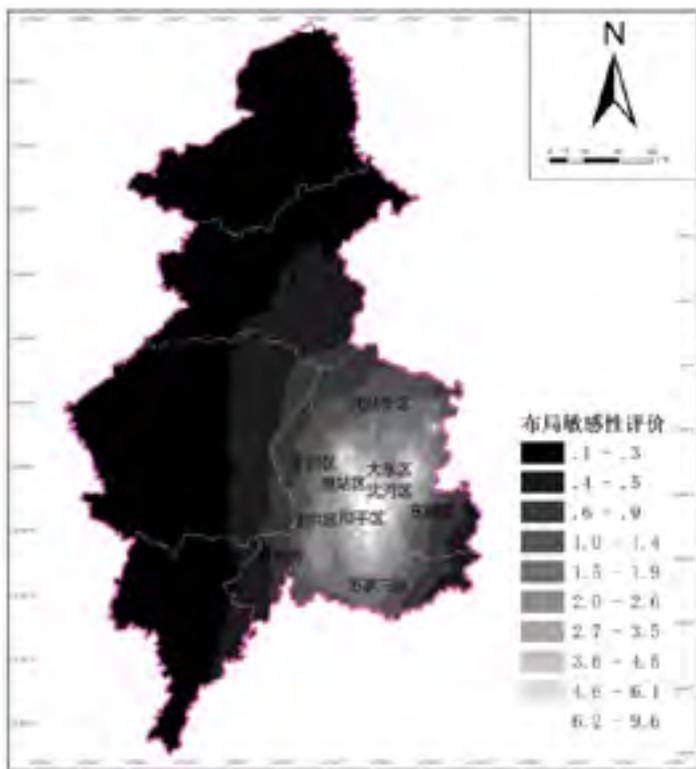


图 3 沈阳市年均大气环境布局敏感性评价



图 4 沈阳市大气年均污染物聚集脆弱性评价

方千米，占陆域面积的 1.7%；静风或风速较小的弱扩散区域，总面积 1538.0 平方千米，占陆域面积的 11.9%；人群密集的受体敏感区域，总面积 316.0 平方千米，占陆域面积的 2.4%。

(1) 受体敏感区

城市集中供热锅炉和电厂锅炉除外，全部划入“高污染燃料禁燃区”，禁止销售、使用高污染燃料。现有产生大气污染物的工业企业应持续开展节能减排，大气污染严重的工业企业应责令关停或逐步迁出，逐步实现区域工业废气“零排放”。禁止燃放烟花、爆竹；禁止焚烧生活垃圾、建筑垃圾、环卫清扫物等废弃物；加强餐饮业燃料烟气及餐饮油烟防治，鼓励餐饮业及居民生活能源使用天然气、液化石油气、生物质能源等洁净能源。

(2) 布局敏感区和弱扩散区

应避免大规模排放大气污染物的项目布局建设。已有改扩建项目要提高节能环保准入门槛，实行大气污染物排放减量置换，实施区域内最严格的地方大

气污染物排放标准。区内禁止新建除热电联产以外的煤电项目，禁止新（改、扩）建高污染行业项目；禁止新建 35 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉；禁止新建涉及有毒有害气体排放的项目；优先实施清洁能源替代，淘汰区域内现存的上述禁止项目。

(3) 高排放区

该区域为沈阳市大气环境存量污染源重点治理和新增污染源严格管控区域，根据园区产业性质和污染排放特征实施重点减排。新建、改扩建项目涉及大气污染物排放的，要实施倍量消减。未完成区域环境质量改善目标要求的，应禁止涉及大气污染物排放建设项目的环境准入。

3. 大气环境一般管控区

将大气环境优先保护区、重点管控区外的其他区域纳入大气环境一般管控区。贯彻实施区域性大气污染物综合排放标准，深化重点行业污染治理，强力推进国家和省确定的各项产业结构调整

措施，加强机动车排气污染治理。对现有涉废气排放工业、企业加强监督管理和执法检查，定期开展清洁生产审核，推动现有各类产业园区、重点企业生态化、循环化改造。新建、改建、扩建项目，满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下，实行工业项目进园、集约高效发展（图 6）。

六、结论

本研究旨在通过分析大气环流特征，揭示大气污染空间输送规律，应用 CALPUFF/CMAQ 气象与空气质量模型耦合技术对大气环境敏感性空间进行识别，根据识别结果划定环境分区，并对不同级别分区提出相应的管理措施。具体研究结论如下。

(1) 沈阳市的大气环境主要存在以下主要问题：燃煤污染的局面仍未根本扭转；机动车保有量大幅增长，移动源成为大气污染的重要来源之一；扬尘污染未得到有效控制；秸秆综合利用和禁烧仍未到位；监测监控和监管能力还不完全适应。

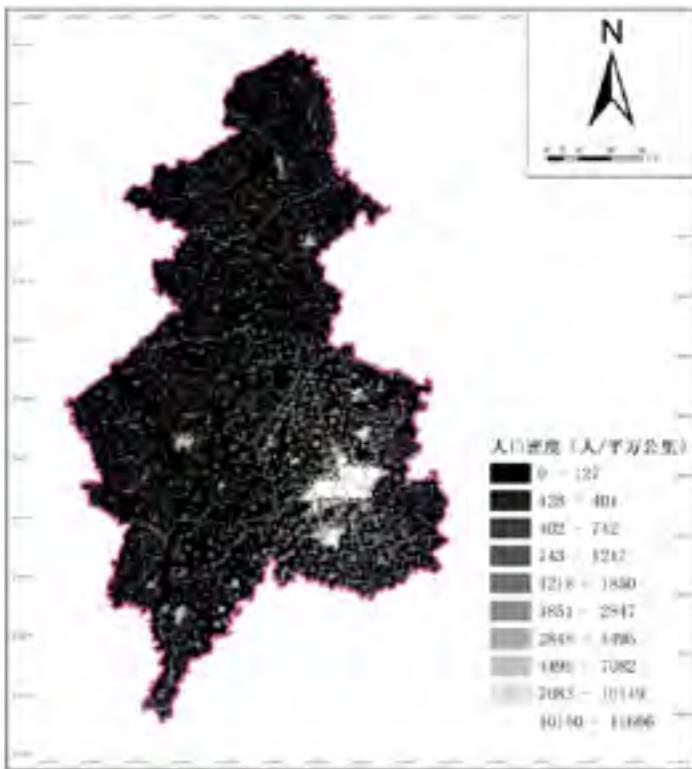


图 5 沈阳市人口密度空间分布图

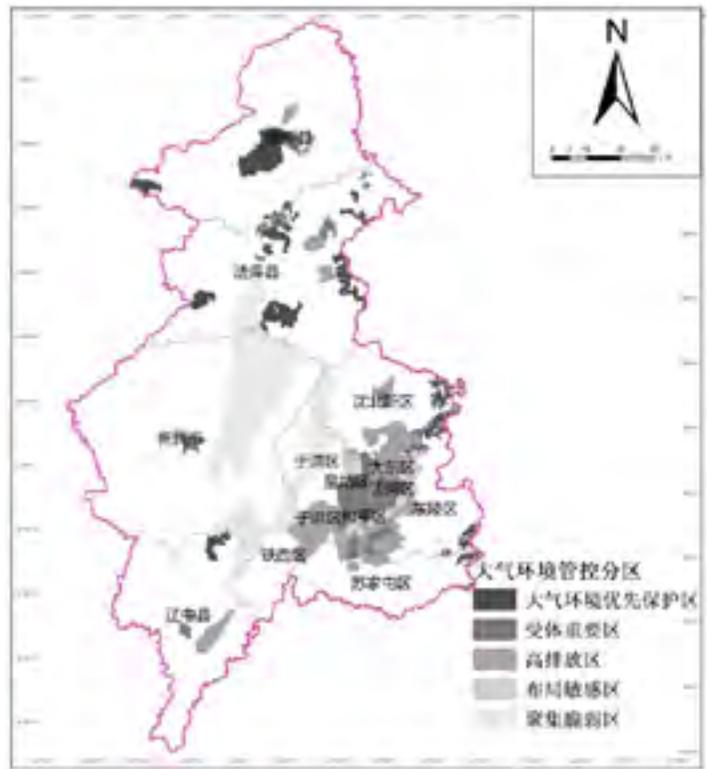


图 6 沈阳市大气环境管控分区

(2) 辽宁省属于暖温带半湿润季风型气候主导区,主导风向为西北风。冬季(1月)受来自北方冷空气侵袭,整体以西北风为主;春季(4月)以西南风为主导风向,南北大风交替出现,为全年大风多、强度大的季节;夏季(7月)多受来自海洋的暖湿气流的影响,以偏南风为主导风向,整个区域被南风控制;秋季(10月)以西北偏北风为主导风向,南北大风交替出现,冬季季风逐步明显。辽中南都市圈区域全年平均风速较小。沈阳市及周边区域四季平均风速4m/s,扩散能力在区域处于中等水平。

(3) 2016年沈阳市WRF数值模拟结果,混合层高度的季节性差异较为显著,夏季平均混合层高度最高约为800m,春季次之约为600m,秋季混合层高度略低于春季,在500m之间,冬季混合层高度最低仅为300m。沈阳市通风系数季节性分布差异性较大,夏季最大为9.5左右,冬季最小为3.0,局部差异较为明显。在全国尺度上,辽中南

区域城市群属于空气资源禀赋一般区域,但沈阳市属于空气资源中等偏下水平,沈阳及周边区域空气资源禀赋由西向东呈现递增的特征。总体而言,沈阳市区属于空气资源禀赋一般的区域,本身开发强度已经较高,存在一定的环境风险事故,原则上属于限制开发区,应提高涉及废气排放项目准入标准,严格限制大规模废气排放产业布局。

(4) 市域范围内的法定保护区、风景名胜、国家级省级森林公园等环境空气质量功能区一类区识别为大气环境优先保护区;工业园区等大气污染物高排放区域、布局敏感区、弱扩散区、受体敏感区等区域划定为大气环境重点管控区;大气环境优先保护区、重点管控区外的其他区域纳入大气环境一般管控区。

(5) 针对不同大气环境分区,提出具有针对性的管理建议。大气环境优先保护区执行《环境空气质量标准》(GB3095—2012)一级空气质量标准,

禁止新建、改扩建放大气污染物的工业企业,已建项目制定逐步退出方案;大气环境重点管控区中的受体敏感区全部划入“高污染燃料禁燃区”,布局敏感区和弱扩散区应避免大规模排放大气污染物的项目布局建设。已有改扩建项目要提高节能环保准入门槛,实行大气污染物排放减量置换,实施区域内最严格的地方大气污染物排放标准,高排放区根据园区产业性质和污染排放特征实施重点减排。新建、改扩建项目涉及大气污染物排放的,要实施倍量消减;大气环境一般管控区贯彻实施区域性大气污染物综合排放标准,深化重点行业污染治理,强力推进国家和省确定的各项产业结构调整措施,加强机动车排气污染治理。新建、改建、扩建项目,满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下,实行工业项目进园、集约高效发展。

人物专访 刘智

——沈阳市棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复的客观需求及对策建议

摘要 “山水林田湖草是一个生命共同体”理念是习近平生态文明思想的主要组成内容，是新时代推进生态保护修复的基本遵循和重要指引。沈阳市棋盘山风景名胜区位于沈阳市主城区东侧，山清水秀，风景绮丽，被誉为沈阳市的“绿肺”和“后花园”，由于其多年来受占地建馆、农业生产生活、旅游与资源开发等人类活动影响，部分地区水土流失加剧、生物多样性降低、自然生态系统遭到一定程度破坏。为全面践行“山水林田湖草生命共同体”的理念，按照系统修复、科学修复、提升修复原则，应加快对棋盘山地区生态系统的保护和修复，实现棋盘山风景名胜区生态系统的稳定和优化，本文就棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复的客观需求和对策建议进行了阐述和分析。

刘智

沈阳环境科学研究院高级工程师



图1 棋盘山绣湖

背景

沈阳市棋盘山风景名胜区规划面积148.03km²（图1）。位于沈阳市东北部，属长白山哈达岭余脉，处于辽东低山丘陵地带向西延伸地段，属北方土石山区，海拔高度在100米—441.3米之间，山脉由东北向西南走向，山势蜿蜒起伏，其北部的石人山海拔441.3米，为沈阳市的最高峰。本区域地势北高南低，地

貌形态和自然植被丰富，高山、低谷、丘陵、漫岗、河流、森林、草地应有尽有，该区域土壤侵蚀强度属中、轻度侵蚀区，属于国家级和省级水土流失重点监督区。多年来，棋盘山地区由于受占地建馆、农业生产生活、旅游与资源开发等人类活动影响，部分地区水土流失加剧、生物多样性降低、自然生态系统遭到一定程度破坏，特别是2019年受417森林

大火的影响，导致一些地区生态系统破坏退化严重。“山水林田湖草是一个生命共同体”理念是习近平生态文明思想的主要内容，是新时代推进生态保护修复的基本遵循和重要指引。近年来，国家先后实施三批山水林田湖草生态保护修复试点工程，着力解决影响国家生态安全格局的核心区域、关系中华民族永续发展的重点区域的突出生态环境问题。为全面践行“山水林田湖草生命共同体”的理念，按照系统修复、科学修复、提升修复原则，应加快对棋盘山地区山上山下、地上地下以及流域上下游进行整体保护、系统修复、综合治理，构建棋盘山地区生态安全格局，加强生物多样性保护，实现棋盘山风景名胜区生态系统的格局优化、系统稳定、功能提升，本文就棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复的政策依据和对策建议进行阐述和分析。

编者：生态保护修复都有哪些客观需求
刘智：1. 在沈阳市率先践行“山水林田湖草生命共同体”理念的客观需要

党中央、国务院高度重视生态保护修复工作。十九大报告强调，必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，统筹山水林田湖草系统治理，实施重要生态系统保护和修复重大工程，优化生态安全屏障体系。习近平总书记在全国生态环境保护大会上指出，山水林田湖草是生命共同体，要统筹兼顾、整体施策、多措并举，全方位、全地域、全过程开展生态文明建设。中共中央 国务院印发的《关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》指出，必须按照系统工程思路，构建生态环境治理体系，着力扩大环境容量和生态空间，全方位、全地域、全过程开展生态环境保护。目前，沈阳市尚未开展山水林田湖草全要素生态保护修复相关工作，以蒲河流域上游棋盘山风景名胜区为试点，开展山水林田湖草生态保护修复，是全面贯彻落实习近平生态文明思想的生动实践案例。

2. 构筑沈阳市生态安全格局的战略需求

棋盘山地区是沈阳市东部丘陵暖温带湿润的油松落叶阔叶林生物多样性保护与水源涵养区，是沈阳市的重要水源涵养地，重要的地下水源地补水区，陆域生物多样性最丰富的地区，植被类型最多的地区，也是沈阳市生态保护红线区及生态安全格局屏障区，对于沈阳市东部、蒲河中下游地区具有至关重要的水源涵养、水土保持、水环境、生物多样性维护、防洪调蓄等生态系统服务功能，是构筑沈阳市生态安全战略格局的关键节点。

因此，实施棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护与修复，维护和改善棋盘山地区生态环境，保障蒲河流域生态安全，可为沈阳市其它区域开展生态修复提供示范作用，是筑牢我市生态安全格局的战略需求。

3. 修复受损重要生态系统的迫切需要

棋盘山地区天然林少，人工林多，单优种森林多，混交林少，中幼龄林多，成熟林少，中幼龄林占森林总面积的60%左右。大片密集的能发挥生态功能的森林少，零散小面积的森林多，分布不均匀。森林生态系统破碎化程度高，大多森林呈片状或孤岛状分布，面积有限，森林的破碎化影响了生态系统的稳定。尤其是2019年棋盘山地区森林大火具有面积大，集中连片的特点，对于棋盘山和石人山森林生态系统产生的损害还是比较严重的。过火主体区域灌木基本烧毁，相当部分乔木也受损严重，特别是高强度严重火烧迹地，针叶树已被彻底破坏，依靠天然更新和促进更新来恢复针叶林的条件已不复存在，有些严重过火的裸露地还可能向生草化和沼泽化方向发展。森林重要生态系统受损退化严重，如不及时开展生态保护修复措施予以扭转，将对区域生态环境造成长期不可逆影响。

4. 改善流域水生态环境的根本

保障

受人为因素和自然因素的影响，棋盘山风景名胜区内的蒲河流域、秀湖水库周围人流、车流量大，农业种植与湿地、林地争地，自然环境逐渐单一化。湿地与林地的水源涵养功能不足，库区水量不充沛，水库水体指标监测为Ⅲ-Ⅳ类水质，总磷指标按湖库水质要求还有差距，流域的重要生态功能区有待进一步保护。此外，棋盘山区域蒲河及满堂河生态用水短缺，河流生态系统脆弱，水系连通性下降，大多数季节性河流非汛期生态径流难以保障，造成了部分河道河床裸露、湿地退化，流域水环境承载力严重不足。

5. 加强棋盘山地区生物多样性保护的重要途径

棋盘山风景名胜区生物多样性减少情况比较严重，主要原因一是植被的单一化，经济林和用材林建设，造成植被的单一化，不能满足各种鸟类栖息、觅食环境的不同需求。二是农业种植，田间劳作带来的惊扰、化肥施用导致的污染、农药喷洒产生的扩散。三是人为的捕杀，部分不法分子对鸟类、鱼类的非法捕杀也是造成动物资源减少的重要原因。四是湿地面积减少，一些湿地被开垦为农田和鱼塘，挤占了湿地。

编者：生态保护修复的总体思路及工作目标都是什么

刘智：1. 总体思路

以“山水林田湖草是一个生命共同体”的重要理念为指导，以棋盘山地区生态系统“格局优化、系统稳定、功能提升”为总目标，以“四山一湖”为重点范围，以工程与生物措施相结合、人工治理与自然修复相结合为主要生态保护修复方式，以体制机制创新，管理制度供给，科技支撑强化为重要支撑，统筹考虑“山水林田湖草”生态各要素的协调性、衔接性、互动性等相互依存关系，遵循生态系统的完整性、系统性和其内在规律，采取管控、修山、治水、复绿、扩湿等综合性治理措施，推进流域水生

涵养生态功能。加强人工林改造,诱导其向多树种混交、乔灌草结合的复层结构林型演替。

(2) 秀湖及周边生态保护与综合治理修复区

秀湖及周边生态保护与综合治理修复区位于棋盘山风景名胜区中部及西南部,面积 50.87km²,包括大洋山、辉山、棋盘山及辉山街道森林生态系统保护地以及秀湖及蒲河口生态系统保护地。森林生态系统现有植被为人工、次生天然林和灌草丛,存在豚草、火炬树、加拿大蓬等外来物种,单一树种人工林比例居高不下。秀湖及河口湿地生态系统受人为活动干扰强度大,水生态系统完整性、稳定性差,停歇候鸟栖息地减少。另外,旅游开发使建设用地面积增加,土地过度开发,景观生态环境受到破坏,出现水土流失,污染排放,水生态环境质量下降的状况。

该区域应强化林地生态保护,综合治理秀湖、满堂河及旧站河水环境与水生态,营造秀湖、洋什水库湿地生态系统,修复采矿废弃场裸露地。严格控制建设用地总量,严禁有损主导生态功能的开发建设活动,建立水生态长效管理机制。

(3) 火毁林生态系统修复重建区

火毁林生态系统修复重建区位于棋盘山风景名胜区中部及南部,包括本次棋盘山森林大火 2019 年“417”,以及原有的 2009 年“409”,2012 年“506”火毁林,总面积 21.07km²。该区域应着重查清火毁林资源损失情况,确定修复技术措施,开展火烧迹地植被恢复工程,对火毁林进行生态修复,对现有的火毁林土壤进行整地技术改造,恢复林下土壤微生物活动,增加土壤肥力。植被恢复选取树体水分含量较高,抗燃性强的乡土物种,并构建生态防火林带网络系统。

(4) 棋盘山地区人居环境综合治理区

棋盘山地区人居环境综合治理区总面积 54.94km²,为棋盘山地区农村居住

地、农田,或已经遭受零散建设项目破坏的部分地区。该区域应开展农村人居环境综合治理,建设沿线村屯污水处理设施,植树种草,退耕还林,减少农村面源污染。实施蒲河源头段生态修复,提升水环境容量,建设生态景观,恢复水生态环境。发展乡村旅游、休闲娱乐、生态保护一体的经济模式。

2. 重点任务对策

(1) 加快火毁林生态修复,构建棋盘山生态安全屏障

一是开展森林火烧迹地生态修复,恢复和提升森林生态资源质量工作。对火毁林生态系统修复重建区内“417”、火烧迹地(约 15km²)进行整地技术改造,恢复林下土壤微生物活动,增加土壤肥力,开展火烧迹地植被恢复工程,对火毁林进行生态修复。修复过程中,应改变原地树种单一的局面,通过合理的混交林结构增强生态系统稳定性、抗病虫害和自然灾害能力,逐步达到森林生态系统结构及功能恢复。

二是实施封山育林,倡导森林近自然化管理。加大对秀湖上游水源涵养保育区、秀湖及周边生态保护与综合治理区现存的林木植被的保护,对区域内开展封山育林,重点包括石人山天然次生林生态系统保护地、大洋山保护地、老虎山天然次生林生态系统保护地等,保护各种典型的植物群落。

三是遏制生态退化,确保森林资源总量稳增长。对于陡坡地段、蒲河水源及其两侧、秀湖周围、山脉顶脊等生态脆弱区域,要全部退耕还生态林;对区内四家子村、洋什水库南侧等几处采石场废弃场地制定修复方案,开展生态修复工程。

四是针对 25° 以上的坡耕地,全面实施退耕还林还草,实施农田林网、道路林网建设。分区域建设生态林、沙地经济林、碳汇林、生物质能源林,遏止土地侵蚀恶化趋势。治理中强度水土流失,治理风力水力侵蚀,消除裸露荒地。

五是完善资源监测,加强林业生态

动态管理。建立健全覆盖全市重点林区的森林防火预警和观测瞭望网络。建立健全森林防火阻隔网络体系。

(2) 统筹水生态、水环境、水资源,提升蒲河源头区水生态系统功能

一是提升库湖水生态系统的完整性和稳定性,提高水生态系统的自我修复与代谢循环能力,增加生物多样性,促进水质保持与提升。开展秀湖湿地水生态构建与修复,修复构建秀湖水生植物群落,以北部蒲河入湖口为主,兼顾其他水域。提升秀湖水生态服务价值,使秀湖富营养化问题得到明显改善,确保水质优良。

开展洋什水库扩容及湿地修复,增扩洋什水库水面面积,布设构建水生植物群落,进行小区域湿地景观建设,净化库区水体,形成湖泊湿地景观带,提高周边居民的生态宜居水平。

二是实行河道综合整治,增加河流生态蓄水量。重点整治区内蒲河、满堂河及旧站河等河流,实施河道清淤疏浚,沿岸垃圾清理、河岸堤坝整治、滨河局部湿地构建、陆岸植被廊道及人文景观建设,建设自然式堤防及生态型拦水坝,增加生态蓄水。

三是开展蒲河等河流湿地生态廊道保护与修复,建设湿地植被缓冲带。对秀湖上游蒲河划定两岸原生河岸植物群落缓冲区,重新规划被农业任意侵占的河道缓冲区,对蒲河沿岸生态湿地保护性修复,重现蒲河 8 公里森林湿地生态廊道景观。打造水生态廊道景观,提高水体生态服务功能。

四是开展流域农田面源治理与村屯水污染控制,在秀湖上游人居环境综合治理区建设完善周边农村污水收集及处理设施,并采用生态治污技术进行深度处理,通过汇流区湿地缓冲带建设消减面源污染。

五是加强饮用水源保护,维护区域饮水安全。对区域内东沟 1 号、北沟 3 号、秀湖、湾沟等 4 个饮用水源地,实施水源地保护区分级保护。

(3) 加强生态廊道连通性, 促进生物多样性保护

一是开展生物多样性调查, 保护重要动植物生境。以重点调查和普查相结合的方式, 对棋盘山地区开展生物多样性资源本底调查与评估, 3年一个周期, 实施动态监控。

二是建设生态走廊, 提高森林生态连通性。对棋盘山地区高坎、满堂街道沿线近10处斑块状被分割的林地连通起来, 实现生态廊道保护。进一步加强被破坏和分解的廊道林地补建, 最终实现良好的森林景观连通性。实现区内东北部与西南部天然次生林生态系统的生态连通, 形成棋盘山“东部森林生态廊道”景观。

三是实施人工干预, 培育恢复珍稀濒危物种。实施植物保护工程, 引种保存当地的珍稀濒危林木植物, 进行栽培繁殖与利用研究和病虫害防治研究。实施野生动物拯救工程, 规范管理各类野生动物驯养繁育场所。

四是外来物种综合治理, 防控外来物种入侵。开展外来物种清除行动, 对棋盘山风景名胜区现有豚草、三裂叶豚草、火炬树等入侵物种展开全面治理, 同时利用本地物种进行原生植物群落恢复。

(4) 创新生态保护修复体制机制, 建立国土生态安全保障体系

一是以习近平生态文明思想引领棋盘山地区生态保护与修复工作, 编制“山水林田湖草”一体化生态保护与修复规划, 开拓我市生态建设工作的新局面。

二是严守生态保护红线, 优化国土资源开发。重点保护区域为石人山市级自然保护区、沈阳国家森林公园、棋盘山秀湖湿地及周边低山丘陵生态保护红线区。推进生态保护红线勘界立标、红线区拆迁整治工程。

三是实施土地用途管制, 优化国土空间布局。完善土地利用规划体系, 实行科学的土地分类方式, 引导土地利用分类结构合理化。

四是开展棋盘山地区生态安全预警、应急体系建设, 建立水陆统筹、天地一体的环境监测及生态安全预警体制, 对生态区污染、防火、病虫害、破坏、违建等生态破坏进行预警, 为环境管理提供有力的基础保障。

五是开展生态资源及生态服务功能调查评价, 为生态保护红线保护及后续自然资产审计、政绩考核、生态补偿提供科学依据。

通过上述主要任务和重点项目的实施, 可实现棋盘山地区多目标、强功能、高效益的生态系统保护与修复, 促进该区域生态环境质量和生态服务功能的不断提升, 实现山水林田湖草生命共同体的和谐发展。

编者: 都有哪些实施建议

刘智: 一是尽快统筹规划棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复。目前, 国家山水林田湖草生态保护修复工程试点基本完成, 我市应尽快开展相关工作, 有利于推动落实山水林田湖草生命理念的生根落地。同时, 山水林田湖草生态保护修复工作是一项系统复杂的工程,

涉及到自然资源、生态环境、林草、农业农村、水利等多个部门职能, 需要加强工作的顶层设计, 编制《棋盘山风景名胜区山水林田湖草生态保护修复规划》。

二是分批实施以火毁林生态修复与水源涵养功能提升为先期工程。近期, 先期工程要聚焦蒲河流域上游棋盘山地区的突出生态环境问题, 着力做好火毁林地生态修复、蒲河源头优良水质保护、重要生态功能区农业农村污染治理三大工程。远期, 在重点生态保护修复工程实施基础上, 以提升生态系统稳定性和功能为目标, 加强森林生态系统监测评估和预警, 强化生态保护修复支撑能力建设, 筑牢棋盘山生态安全屏障。

三是加快谋划棋盘山地区山水林田湖草生态保护修复项目库。坚持以问题为导向, 科学识别棋盘山地区突出的生态环境问题, 相关职能部门结合各类省级以上专项资金, 按照本思路提出的秀湖上游水源涵养保育、秀湖及周边生态保护与综合治理修复、火毁林生态系统修复重建、棋盘山地区游人居环境综合治理四大区, 分别谋划本部门棋盘山地区生态保护修复工程项目, 形成项目库。

四是做好生态保护修复工作的组织与资金保障。山水林田湖草生态保护修复工作涉及到自然资源、生态环境、林草、农业农村、水利等多个部门职能, 沈阳市应该建立统筹协调机制, 做好各部门职责分工。同时, 需要做好项目的资金保障工作, 积极争取上级专项资金支持。

新时期沈阳蒲河流域空间发展评估与应对策略

王丽丹 刘治国 王晓颖 / 以沈阳市中心城区为例

摘要 我国已经进入到新型城镇化发展与乡村振兴融合发展的新时期，沈阳近郊的蒲河流域是城乡融合发展的典型区域，过去新型城镇化主导下的城乡融合发展强调以城为主的拉动作用，乡村地区处于被动和弱势地位，以行政区域的各自为政的空间发展和项目安排，使得蒲河生态经济带的建设发力也仅是停留在环境整治和景观建设上。本文侧重于对目前沈阳城乡发展关系的判读，在客观评估蒲河流域城乡空间发展特征与突出问题，提出要在生态文明建设框架下凸显蒲河“生态+”的理念，将生态作为促进沈阳流域城乡新型城镇化发展与乡村振兴的关键，提出蒲河流域国土空间的发展策略。

一、前言

蒲河是沈阳市北部区域重要河流，沈阳段长约 180 公里，流经沈阳近郊的五个行政管理区，流域面积 2300 平方公里，承载约 120 万的城乡人口（图 1）。2009 年沈阳市提出蒲河生态廊道建设的重要决策，蒲河在生态保护和景观化建设上取得了巨大的效果，实现了“水连、岸绿、路通、景美、河清、宜居”的建设目标，荣获了“中国人居环境范例奖”。2012 年沈阳市提出建设发展生态经济带，提出“蒲河经济带是沈阳推进新型城镇化发展的先行突破区，率先全面建成小康社会的重点推进区，建设生态文明和美丽沈阳的最佳实践区”的发展定位，按照“生态化、景观化、城镇化、产业化”的指导思想，对蒲河进行改造提升，重点加强沿线城乡产业和城镇化发展，着重凸显统筹城乡协调发展和县域郊区化水平提升，探索经济与生态协调发展的新模式。

新型城镇化的持续推动，使得蒲河近 10 年的发展建设已经实现了基础设施



图 1 蒲河流域位置图

日臻完善，蒲河生态旅游功能逐步提升，以新城建设为重点蒲河两岸沿线的人口、产业、城镇服务功能加速集聚，成为沈阳重要的生态、城镇发展带。但是乡村地区依然是蒲河生态经济带发展的薄弱环节，以蒲河流域经济为作用的城乡各类要素之间流动缓慢，进入到新型城镇化发展与乡村振兴融合发展的新时期，需要重新审视蒲河生态经济带的作用，寻找城乡融合发展的着力点。

二、沈阳城乡关系的再认识

沈阳市国土面积 12860 平方公里，常住人口约 829.4 万，乡村人口 161.2 万人，五分之一的人口分布在 90% 的国土面积的乡村地区。沈阳长期以城乡二元结构为基础的工业化和城镇化发展政策，城市在社会经济发展和空间资源利用上处于主导地位，乡村在很大程度上承担保障和供应城市的功能。

1. 城镇化增长趋于稳定，以城带乡增长作用乏力

近年来沈阳城镇化率在超过 80% 后呈现极缓慢增长，农村人口基本稳定在 161 万，约 110 万的人口处于半城镇化

状态。快速城镇化时期的实行城乡不均衡发展策略，经济政策、资源分配长期向城市长期倾斜，牺牲乡村为代价的发展已经对后续城镇化推进出现乏力（图 2、图 3）。

2. 农业农村经济发展滞后，农村经济支撑长期处于弱势

2017 年沈阳第一产业占到地区生产总值 4.6%，连续 10 年 5% 之下农业经济要负担“养活”着沈阳 20% 的人口。城乡二元经济结构在一定程度上限制了城乡生产要素的合理流动和优化组合，农业与工业、服务业在生产要素、技术投入的不均，造成了现有城乡发展机会和条件不均等。

(1) 依赖传统农业种植、农业综合产出效率不高

沈阳农业以种植业和畜牧业为主体，种植业占到 46.5%，但依赖于传统农业，都市现代农业发展滞后，使得平均耕地产出率为 5467 元 / 亩，远不如南京、青岛等地区（图 4、图 5）。

(2) 二三产业与农业融合不够、新型经营主体带动能力弱

虽然目前农产品加工业已成为沈阳市第二大支柱产业，但是整体规模效应和上下游带作用力度不足。一是龙头企业数量较少；二是农民专业合作社带动能力不强，农民专业合作社约 8000 家，但是具有较强引领带动能力的不足 1/3，入社农民占从业人员比重不足 8%，合作社社员的人均收入仅为 1.62 万元（农民人均可支配收入 1.66 万元）；三是“龙头企业 + 基地 + 农户”的良性发展机制还没形成，缺少闯“大市场”能力。

3. 产业转型影响农村劳动力从业变动，城乡居民收入差距还在持续扩大

产业结构的变化催生着生产要素从劳动密集型向资本、技术、智力知识密集型的转变的要求，对于农民从业影响巨大。从乡村从业人员构来看，沈阳以农业从业人员为主体，从事其他产业务工人员占到 47%，工业和建筑行业农民数量在逐渐减少，服务业从业人员比重上升，农民工老龄化和现代农业经营等影响，使得农业从业人员数量呈现增长趋势。

农民收入增加还依赖于经营性收入

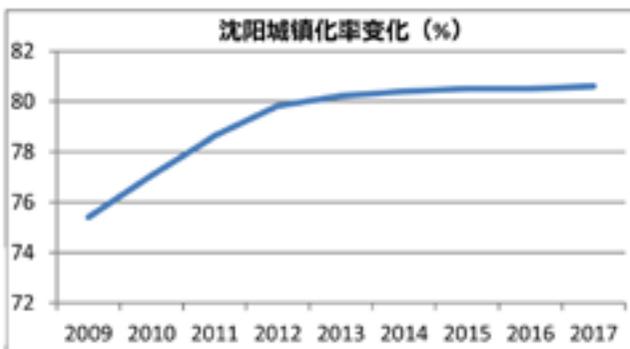


图 2 沈阳城镇化率变化图

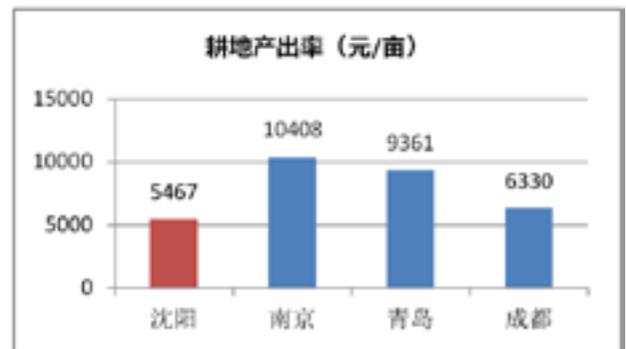


图 4 沈阳与其他城市耕地对比

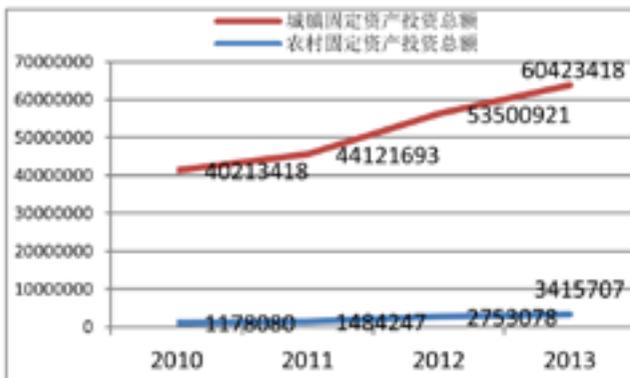


图 3 沈阳城乡固定资产投资变化曲线

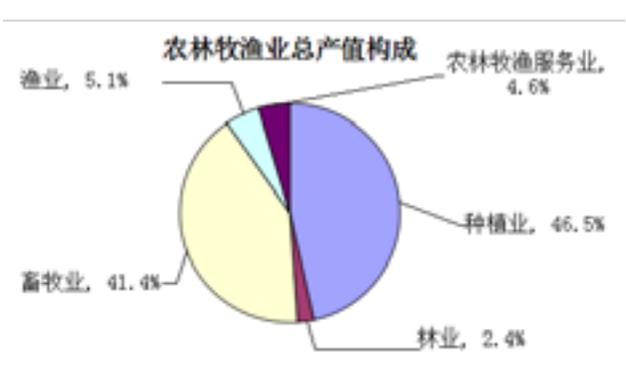


图 5 沈阳农林牧渔产值构成

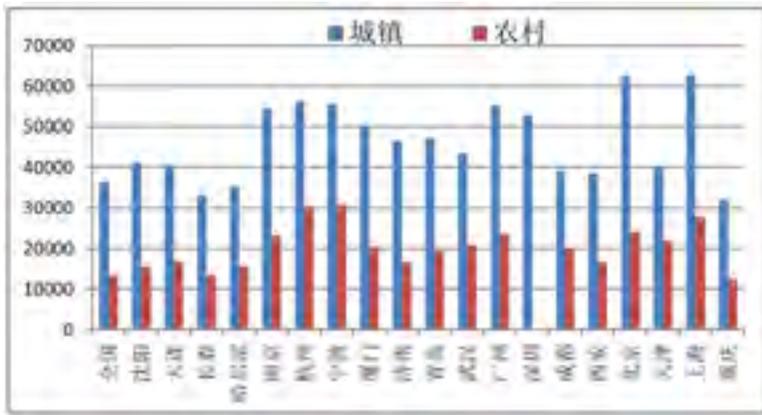


图6 2017年全国主要城市城镇与农村人均可支配收入对比

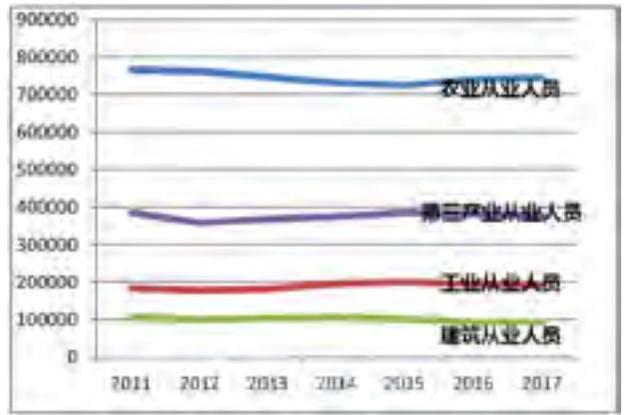


图7 沈阳外出从业人员变化曲线

的增加，工资性收入增长缓慢，造成了沈阳与南京、武汉和成都相比，差距同样呈现逐年拉大态势（图6、图7）。

4. 城镇化冲击下“变动不居的乡村”，乡村建设用地集约利用程度较低

城镇化的冲击下不仅是“农村留不住人”，大量中青年“到城市找活路”，导致人才、资金和资源“单向”流入城市，而广大乡村面临“空心化”“边缘化”的问题。还有农民固守着对土地的依赖，以及城镇土地经济的刺激，使得农村“人走房留”，农村宅基地还在不断扩张，更加剧了农业建设用地低效使用。沈阳城镇空间发展已经开始从强调加速扩张进入到精明提质，农村的建设用地集约

利用已经成为沈阳乡村振兴的重点。

三、沈阳蒲河生态经济带城乡发展的评价

上述的沈阳城乡关系的不平衡，在沈阳近郊区反映更为突出。蒲河流域是沈阳近郊城镇土地空间扩张最为迅速的地区，凭借着良好的生态资源和农业基础，这里又是沈阳乡镇和农村经济发展最好的地区。蒲河近10年生态化、景观化、城镇化、产业化发展取得一定的成绩，面对新时期新要求还有诸多不足和问题，主要表现在以下四方面：

1. 生态环境整治初见成效、生态效益溢出不足

蒲河是沈阳贯穿城市“东山西水”

格局的重要生态廊道，通过对蒲河沿线生态重要性和生态敏感性分析，蒲河流域水域、山体是生态敏感度最高的地区，生态环境整治重点保护蒲河湿地资源，对沿线130平方公里、700米宽，实施了水利、绿化、道路、治污、环境治理等生态恢复项目，来改善沿线生态环境。蒲河城镇化建设导致各类集中排水和蒲河纳污量增加，沿线受人为因素影响，生态斑块分散，相互连通性差，生态管控亟待建立。广大农村地区对于围绕保护生态环境、建设美丽乡村、发展乡村旅游事业，发挥蒲河休闲旅游、观光体验的绿色生态环境效益还处于弱势（图8、图9）。



图8 蒲河生态敏感性分析图

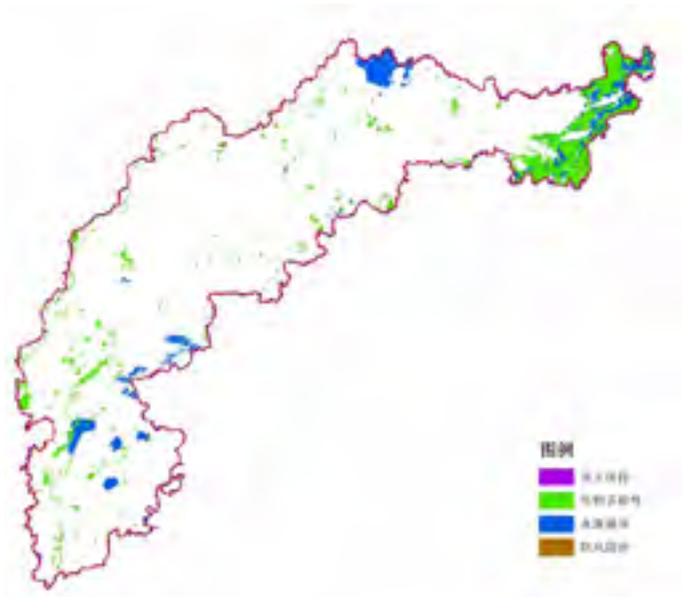


图9 蒲河生态重要性分析图

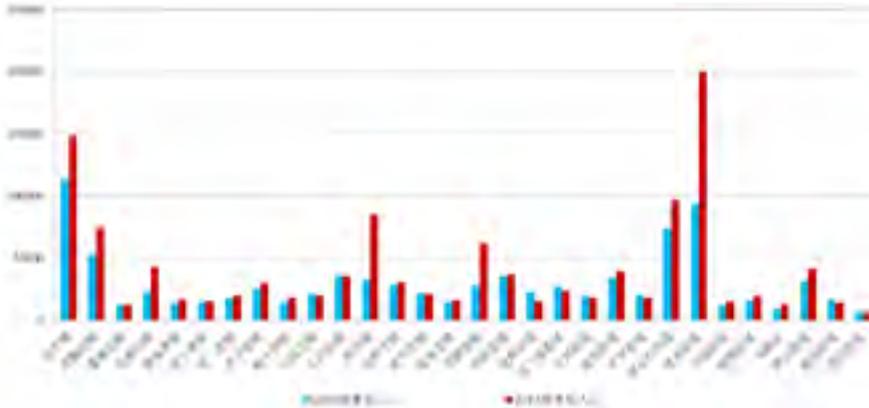


图 10 10 年与 17 年蒲河沿线乡镇人口对比图

2. 中心城区人口集聚明显、乡镇城镇化自主发展乏力

沈阳目前空间发展还是以中心城区集聚为主，人口和产业基本向中心城区内集中。蒲河沿线 2016 年人口城镇化率已达到 73%，乡镇人口向中心城区、县城集聚和流动较快，使乡镇不同程度上面临人口减少的趋势，中心城区段人口城镇化率接近 85%。依托蒲河景观化提升改造，城镇建设主要集中在蒲河新城、平罗湾新城建设，2010 年到 2016 年蒲河沿线新增城市建设用地约 20 平方公里，土地交易成交楼面价格随着蒲河景观带的建设而递增，现有住宅开发量还是远超过居住人口数量（图 10）。

蒲河沿线乡镇是沈阳市城镇化发展较为迅猛地区，经济发展较好的镇有一定规模的人口流入，吸引周边农村劳动力资源转移，并能够提供较好的就业机会和生活配套服务，乡镇整体平均城镇化率已达到 40%。然而目前沈阳各类要素流动主要是中心城区与农村人才、资金和资源的流动，蒲河乡镇经济发展主要是依托交通走廊和区位优势，城镇发展相对松散，未成体系问题突出，吸引人口能力仍较弱。而处在沈阳市域边缘、受中心城区辐射作用不明显的镇，乡镇还都处在以第一产业发展为主的城镇化初级阶段，人口向外流出量较大，经济水平较低。

3. 以蒲河为组带的城乡经济关联度较弱，乡村发展借力不足

蒲河沿线产业布局以产业集群的形式主要布置在三四环之间的产业园区内，产业集群关联性较弱。新城主要是依托交通走廊发展装备制造和机械加工等产业，但产业类型还较为低端，区域内产业链尚未形成。城镇联系还主要依托交通走廊建立城乡空间关系。蒲河沿线还没有出现具有足够辐射力和影响力的城镇空间，依托蒲河强调其对城镇带的发展联系作用目前来看能力较弱（图 11、图 12）。

蒲河沿线有着 355 个村庄，66.8 万的农民，长期从事着以第一产业为主导农业活动。蒲河生态经济带全线开展结合流域生态化和景观化提升改造，但与周边镇村联系不紧密，作用不强，景观节点使用率不高。蒲河所代表的水域文化、民俗文化、民族文化、农耕文化等文化元素与景观和城乡建设结合不紧密，蒲河沿线大部分乡镇具有较好的历史文化、生态山水和民族特色资源，但开发利用程度较差，无法发挥资源优势促进地区发展。同时，村庄发展更是相对滞缓，没有借力蒲河生态景观资源寻找发展契机。

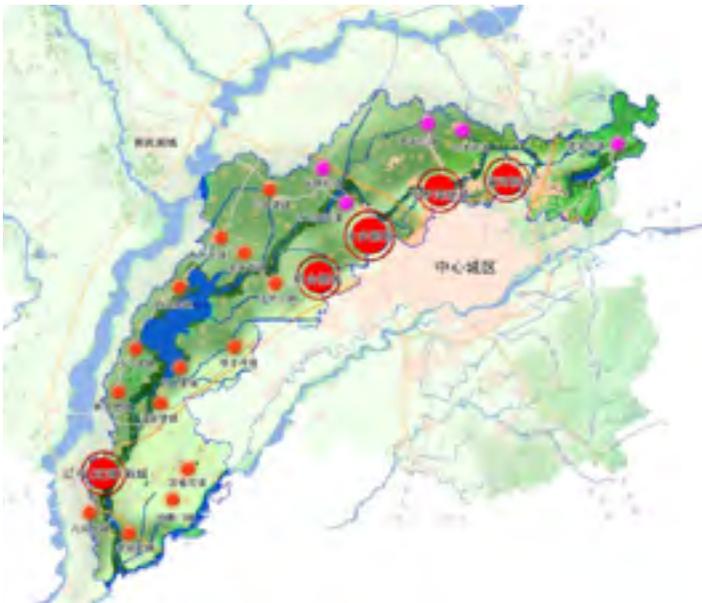


图 11 蒲河流域城镇体系现状图



图 12 蒲河流域村庄分布现状图

4. 小结

蒲河贯穿沈阳城乡，其生态本底脆弱、生态功能重要、肩负着生态保育和经济发展的双重任务。过去10年，蒲河通过改善生态环境、提升景观功能，推进了城区城镇化和产业化发展。在生态文明改革框架下，蒲河不仅是沈阳重要的生态走廊，更要达到引领沈阳绿色生态发展、体现沈阳生态建设的高度，蒲河关注城镇为主转向对生态、农业、乡村等非建设空间要素的系统的协同发展，蒲河应成为沈阳新型城镇化和乡村振兴融合发展下的统筹城乡空间的典范。

四、新时期蒲河生态经济带的发展策略建议

1. 生态优先理念贯穿蒲河城乡协调发展全过程

蒲河是沈阳市重要的生态走廊，未来需明确有生态的地方，就要变成有“风景”的地方，有风景的地方，就有可能造就新经济。坚持“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念，把“生态+”理念融入绿色发展，强化蒲河全线的生态、产业、城乡统筹发展，统筹保护

与发展的关系，统一发展理念，统筹发展方式。蒲河建设应成为沈阳生态文明建设示范区、宜业宜居宜游的区域协调发展示范区，沈阳乡村振兴的典范区域。围绕“生态+”的理念，将蒲河发展成为沈阳市山清水秀的自然生态带、绿色高效的现代产业带、特色彰显的魅力文化带、功能完备的宜居城镇带，助推沈阳国家中心城市的发展建设和品质提升。

2. 推进蒲河全要素生态空间的分区引导、分类管控

不同于传统挖掘城市发展动力的思路，要贯彻“+生态”的发展理念，厚植生态基础，严守底线提升生态价值，明确蒲河不仅承担着生态保育功能，也承担着城市休闲功能、生产功能、安全保障功能等，因此要从被动保护转为主动提升。在国土空间大格局三线划定基础上，蒲河生态廊道需要结合所在位置和在沈阳市生态功能结构中的作用来安排，构建生态廊道和生物多样性保护网络，对城乡建设空间、各类生态要素空间进行管控，重点强化分级分类的生态控制线管控和建设管控，制定生态管控

的正面清单和负面清单，加强生态修复、减少人为干预、降低生态负债。

蒲河中心城区段是城区内结构性生态空间，突出“生态修复”理念，加强对生态空间的预控与修复，需要制定一系列土地引导政策，推进低效、高污染建设用地的转型，为各类生态用地腾出空间。

蒲河乡村郊野段以生物多样性的维护和生态效益的综合提升为生态建设主旨，综合国土空间资源环境承载力评价和建设适宜性评估，划定生态控制区、生态保育区等功能区。针对严格生态控制区地区而言，要逐步引导人口迁出，最小化人为影响，限制功能植入；针对生态敏感性未必突出，且在城镇群区域内具有生态保育责任的农业型地区，则需要探索生态保育与特色发展相结合的路径。未来应通过设定通过城乡建设用地占比、森林覆盖率、河湖水面率、耕地保有量等指标等占比指标，引导林地、水系等向生态走廊布局、耕地向生态保育区布局，鼓励林水结合，提升生态服务价值，形成良好的生态效益（图13、图14）。

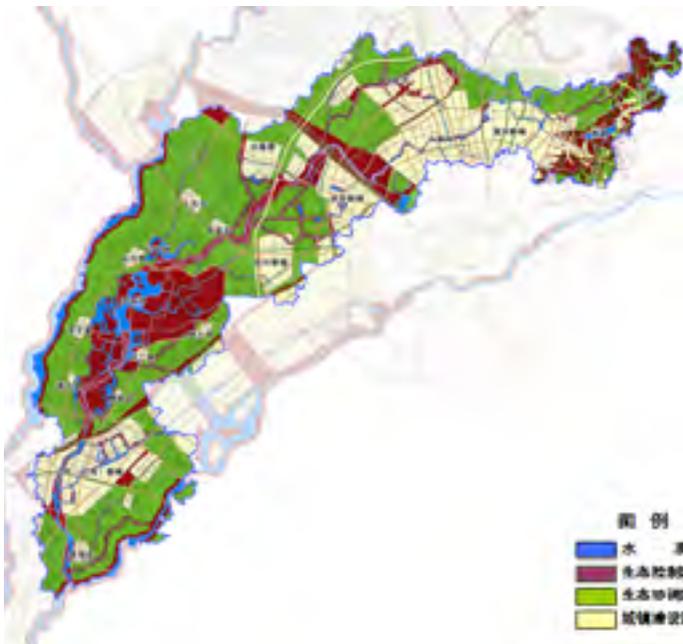


图 13 蒲河生态空间分区控制示意图



图 14 蒲河产业布局引导图

3. 构建生态型产业体系，实现区域产业协调发展

蒲河作为沈阳重要生态功能区需要进一步谋求从生态建设向风景塑造转变，从基础性的生态保育向主动性的“生态+”转变。形成蒲河上、中、下游各具特色的生态景观、新型工业、现代服务业和现代农业的发展模式。围绕生态文明发展理念，蒲河沿线应构建形成以现代农业为基础、旅游服务为先导、创新经济为主体、绿色智造为支撑的生态型产业体系。同时“生态+”要建立负面清单，甄别适合蒲河发展的功能业态，充分考虑自身特色、供给潜力和未来需求。

重点是要统筹各片区产业方向，引导传统产业绿色化、艺术化、品牌化转型；培育新兴特色产业，引领各区段特色化发展，中心城区段以“人文+”引领区域创新，塑造文化创意与文化体验，郊野段发展“生态+”，吸引健康、休闲、现代农业等新经济。做强做足蒲河“生态+文旅”文章，提升环境消费价值。创新发展蒲河沿线旅游，利用自然生态环境，大力发展观光休闲、养生度假、森林康养、体育休闲等旅游产品。其中

蒲河中部生态旅游利用珍珠湖资源，拓展度假疗养、运动休闲、农业科创功能。上游棋盘山森林公园拓展文化创意、休闲旅游、森林度假等功能。蒲河中下游适度拓展智慧创新、健康疗养、生态教育等功能。其他地区发展高效生态农业，传承农耕文化。

4. 强化以蒲河为组带的城乡协调发展，分段安排优化城乡格局

突出生态、城镇与乡村三类空间融合发展而非经济和效益导向下的空间集聚，优化城乡空间格局。蒲河发展“生态+”，按照蒲河沿线城乡所在位置划分为“中心城区段、特色城镇段、田园山水段”三段功能分区，空间上要重点重塑城镇与乡村，应强化全域生态、城镇、乡村空间的协同发展。

蒲河城市段应扩展影响力，以景观化改造建设为重点，吸引人口和建设活动向此集中，提升公共服务水平。特色小镇强调品质提升，适应大休闲时代的发展趋势，明确各类特色小镇的功能定位，将特色小镇建设综合性、多功能、多业态的小型旅游区和生态居住区。重点发挥生态居住、旅游度假、产业培育

等三大功能，从道路、交通、环境、建筑风貌，到从休闲、娱乐，到餐饮、商贸等服务功能健全，精心打造，凸显“特色”。蒲河中下游以山水田园为主，结合村庄特色资源和实际情况，对村庄进行科学整合，按照是否处于生态保护红线区、是否为空心村、是否具有旅游开发基础或潜力、现状发展水平差异、相关规划协调等综合指标进行分类整理，确定差异化的管控与建设方式。以精品村落群为单位组群优化，从产业、文化、设施、对外宣传等方面进行特色培育，促进乡村振兴。

五、结语

进入到新型城镇化与乡村振兴融合发展的新时期，对于人口的新型城镇化与乡村振兴“反向拉扯”作用，合理优化城乡空间，有效引导各类要素的城乡流动还需要制度的保障。在生态文明改革理念下，蒲河未来要达到引领沈阳绿色生态发展、体现沈阳生态建设的高度，需要在国土空间规划体系下，着重城镇与生态、农业、乡村等非建设空间要素的系统的协同发展，笔者将会在今后的研究中持续跟进。

辽宁省海绵城市建设中年径流总量控制率分区及其分布差异研究

顾正强 龚强 晁华 张海娜 徐红 朱玲 沈厉都 蔺娜 / 沈阳区域气候中心

摘要 利用 1986—2015 年辽宁省 60 个气象站逐日降雨量观测资料和 1986—2015 年美国国家环境预报中心 / 美国国家大气研究中心 (National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, NCEP/NCAR) 逐月全球的再分析资料, 对辽宁省年径流总量控制区域划分及其分区分布的差异进行分析。结果表明: 辽宁省年径流总量控制率可以划分为 II 区、III 区、IV 区、V 区共 4 个区, 比《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》中辽宁省年径流总量控制率分区多 1 个 V 区, 且相同分区对应的空间分布差异明显; 年平均降雨量对年径流总量控制率的分区趋势具有一定指示作用, 总暴雨量占总降雨量的比例与年径流总量控制率的分区关系密切, 辽宁省水汽输送的特征和地形地势是形成年径流总量控制率区域分布差异的内在成因。

一、引言

“海绵城市”是指城市能像海绵一样, 在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的弹性, 下雨时吸水、蓄水、渗水、净水, 需要时将蓄存的水“释放”并加以利用, 是从根本上改变防洪涝的管理方式, 减少洪涝和干旱灾害的威胁, 是水安全的重要保障。目前, 中国各地低影响开发雨水系统构建以径流总量控制率作为首要的规划控制目标, 合理、精细的确定年径流总量控制率对城市的规划显得尤为关键。美国依据 95.0% 降雨场次控制率对应的年径流总量与未开发前自然地貌下的年平均下渗量一致, 进而确定年径流总量控制率。但中国地域辽阔, 气候特征、土壤性质等天然条件和经济条件差异较大, 径流总量控制目标也不同, 一般情况下自然地貌通常按照绿地考虑, 绿地的年径流总量外排率为 15.0%—20.0%, 即年径流总量控制率最佳为 80.0%—85.0%。

近些年国内学者关于低影响开发、城市雨洪的控制和管理等方面进行了较

多的研究, 但未形成具有指导性的技术规范。直至 2014 年 10 月, 《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》(试行)(以下简称《指南》)的发布, 标志着海绵城市建设有了统一的指导标准。目前, 《指南》中对中国大陆地区年径流总量控制率及对应设计降雨量的计算和年径流总量控制率的分区, 仅采用 200 个气象站(辽宁省为 8 个气象站)。而目前全国有 2000 多个长期观测的气象站, 因此海绵城市建设的相关指标分区可能受现有地面气象站的数量和位置的限制, 难以有效反映当地降雨规律及气候变化特征。因此, 《指南》中提供的年径流总量控制率分区存在一定的误差。为了更好的指导海绵城市建设各层级规划编制过程中低影响开发内容的落实, 采用更全面的气象站资料对年径流总量控制率进行精细化分区十分必要。目前, 相关的研究开展较少, 因此本文以辽宁省为例, 利用辽宁省 60 个气象站的降水观测资料, 对年径流总量控制率进行精细化分区及年

径流总量控制率区域分布的成因进行研究, 研究结果不但可以应用到海绵城市建设中, 同时也可以为其他省份的相关研究提供参考。

二、资料与方法

1. 资料来源

来源于辽宁省气象档案馆的 1986—2015 年辽宁省 60 个气象站逐日降水观测资料(20 时—20 时); 1986—2015 年美国国家环境预报中心 / 美国国家大气研究中心 (National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, NCEP/NCAR) 逐月全球的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 再分析格点资料, 主要利用高空水平纬向风 $uwnd$ 和经向风 $vwnd$ 资料, 垂直方向为 17 层, 单位为 $m \cdot s^{-1}$; 地表面气压 $pres$, 单位为 Pa; 比湿 $shum$ 场垂直方向为 8 层, 单位为 $g \cdot kg^{-1}$ 。

定义日降雨量 $\geq 2.1 mm$ 为 1 个降雨日, 由于降雨量小于或等于 2.0 mm 的降雨不产生径流; 日降雨量的降雨等级划分见表 1; 定义日降雨量 ≥ 50.0

表 1 降雨等级划分

项目	小雨	中雨	大雨	暴雨
日降雨量 R/mm	R < 10	10 ≤ R < 25	25 ≤ R < 50	R ≥ 50

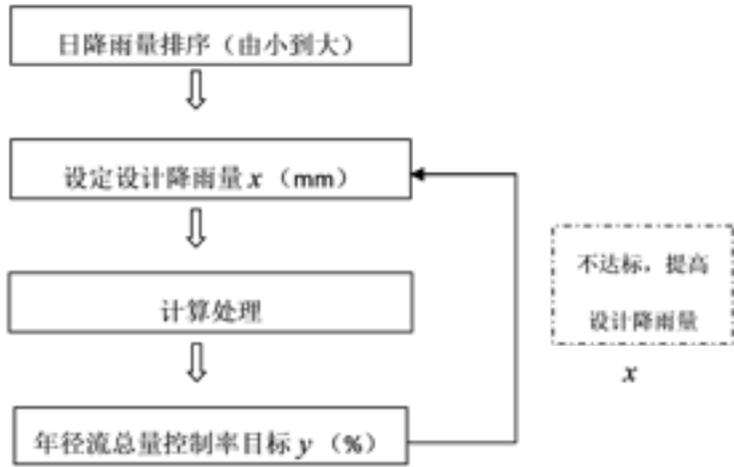


图 1 设定设计降雨量流程示意图

表 2 年径流总量控制率分区标准

项目	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区
年径流总量控制率 y/(%)	85 ≤ y ≤ 90	80 ≤ y ≤ 85	75 ≤ y ≤ 85	70 ≤ y ≤ 85	60 ≤ y ≤ 85
设计降雨量 x/mm	x _{85%} < 20	20 < x _{80%} ≤ 30	20 < x _{75%} ≤ 30	20 < x _{70%} ≤ 30	20 < x _{60%} ≤ 30

mm 为 1 个暴雨日 (表 1)。

2. 研究方法

(1) 年径流总量控制率及设计降雨量

年径流总量控制率是根据多年日降雨量统计分析计算的,是指通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发(腾)等方式,场地内累积全年得到控制(不外排)的降雨量占全年总降雨量的百分比。

设计降雨量是为了实现一定的年径流总量控制目标(年径流总量控制率),用于确定低影响开发设施设计规模的降雨量控制值。

结合公式(1),年径流总量控制率的计算方法为:选取至少 30 a(反映长期的降雨规律和近年气候的变化)日降雨量资料,剔除降雪(不产生径流)和

日降雨量小于或等于 2.0 mm 的降雨事件的降雨量,将日降雨量由小至大进行排序, (x₁, x₂, x₃, ..., x_i, ..., x_n) 雨量下的降雨总量包括两部分:小于或等于设计降雨量 x 的降雨量,取降雨量的真实值进行累计求和,即;大于设计降雨量 x 自 x₁ + x₂ + x₃ + ... + x_i 进行累计求和,即,则年径流总量控制率 y 等于设定的设计 i(n-i) × x 的降雨总量占实际总降雨量的比例。因此,年径流总量控制率与设计降雨量具有一一对应的关系,而设计降雨量 x 的设定过程见图 1,通过不断的计算和筛选,最终选取出符合条件的设计降雨量 x。

$$y = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i) + (n - i) \times x}{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}$$

公式中,将日降雨量由小到大进行

排序: ,其中 x 为设计降雨量; y 为年径流总(x₁ + x₂ + x₃ + ... + x_n)的降雨日数; x_i 为排序位置为 i 的日降雨量。

(2) 年径流总量控制率分区

中国大陆地区的年径流总量控制率大致可以划分为 5 个区,具体的分区主要取决于年径流总量控制率 y 的最低限值和最高限值及对应的设计降雨量 x, xy% 表示年径流总量控制率取值为 y 时对应的设计降雨量(表 2)。

(3) 相似系数

为了定量地表示两个要素场分布的相似程度,采用相似系数进行分析,公式为:

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}}$$

n 为站点数,本文 n=60; cos θ 为两幅图相似程度的定量指标; x_i、y_i 分别为第 i 站(空间点)在两幅图中的要素值。相似系数数值为 -1.0 至 1.0 之间,等于 1.0 时表示完全相同,等于 -1.0 时表示完全相反,等于 0.0 时表示完全不相似,正值越大表示图形越相似,负值越大表示图形越相反。

三、结果分析

1. 年径流总量控制率分区

根据年径流总量控制率分区方法,将辽宁省年径流总量控制率划分为 II 区、III 区、IV 区和 V 区共 4 个区(图 2)。辽宁省年径流总量控制率不存在满足 I 区条件的地区,沿海城市及部分内陆地区为 IV 区,丹东及东港一带为 V 区,朝阳、铁岭及抚顺部分地区为 II 区,其余地区为 III 区。通过计算得到各分区年径流总量控制率取值范围对应的设计降雨量 H 范围,分别为 II 区(18.7 mm ≤ H ≤ 29.5 mm)、III 区(20.2 mm ≤ H ≤ 35.8 mm)、IV 区(20.0 mm ≤ H ≤ 50.3 mm)和 V 区(20.0 mm ≤ H ≤ 47.5 mm)。

相较于《指南》中辽宁省对应的年径流总量控制率分区(II 区、III 区、IV 区共 3 个区),本文年径流总量控制率

分区多出 1 个 V 区, 辽宁省部分地区对应的分区发生改变, 其中朝阳东北部、阜新市、沈阳北部、铁岭南部和抚顺西部等地区, 由 II 区变为 III 区; 锦州、盘锦和沈阳西南部地区, 由 III 区变为 IV 区; 丹东的东港周边地区, 由 IV 区变为 V 区 (表 3)。

辽宁生各地应参照年径流总量控制

率所处分区, 因地制宜的确定本地区径流总量控制目标, 对于分区发生改变的地区, 在海绵城市建设中规划目标选取时, 应进行适当的调整。

2. 年径流总量控制率区域分布的成因

年径流总量控制率与设计降雨量具有一一对应的关系, 因此年径流总量控

制率区域分布的成因, 亦可理解为设计降雨量区域分布特征的成因。众所周知, 海绵城市建设与当地的降雨具有密切的联系, 分析年径流总量控制率区域分布的成因, 则必然需要了解 and 掌握降雨的空间分布特征, 并从中探寻敏感的影响因素, 进而研究年径流总量控制率区域分布的成因。

(1) 降雨空间分布特征

考虑到海绵城市的特点和年径流总量控制率及其对应设计降雨量的计算方法及辽宁省暴雨特征, 以下将重点分析年平均降雨量和年平均暴雨量的空间分布特征。

图 3 和图 4 分别为 1986—2015 年辽宁省年平均降雨量、年平均暴雨量及 1986—2015 年年平均暴雨量占年平均降雨量比例的空间分布, 由图可见, 与 1986—2015 年全省年平均降雨量 (620.7 mm, 图 3a) 相比, 辽西地区年平均降雨量明显偏少, 辽东地区年平均降雨量明显偏多, 建平镇降雨量最少 (381.7 mm), 宽甸地区降雨量最多 (916.8 mm)。与 1986—2015 年全省年平均暴雨量 (145.0 mm, 图 3b) 相比, 辽西地区年平均暴雨量明显偏少, 辽宁省东部、黄海北岸和渤海沿岸地区及部分内陆地区年平均暴雨量偏多, 建平镇年平均暴雨量最少, 仅为 43.4 mm, 丹东地区年平均暴雨量最多, 达 344.2mm, 年平均暴雨量最大值与最小值相差约 8

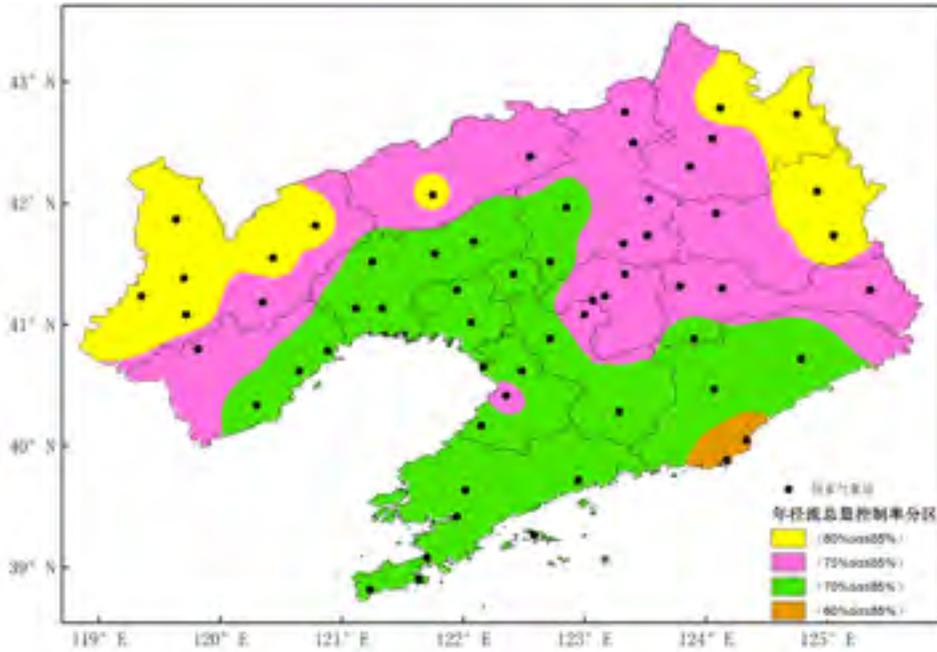


图 2 1986—2015 年辽宁省年径流总量控制率分区

表 3 1986—2015 年辽宁省具有代表性的部分城市年径流总量控制率对应的分区及设计降雨量

项目	朝阳	昌图	阜新	沈阳	盖州	铁岭	彰武	营口	大连	丹东
分区	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	V
设计降雨量/mm	27.8	28.9	28.0	21.7	23.0	22.2	20.2	22.7	22.0	20.1

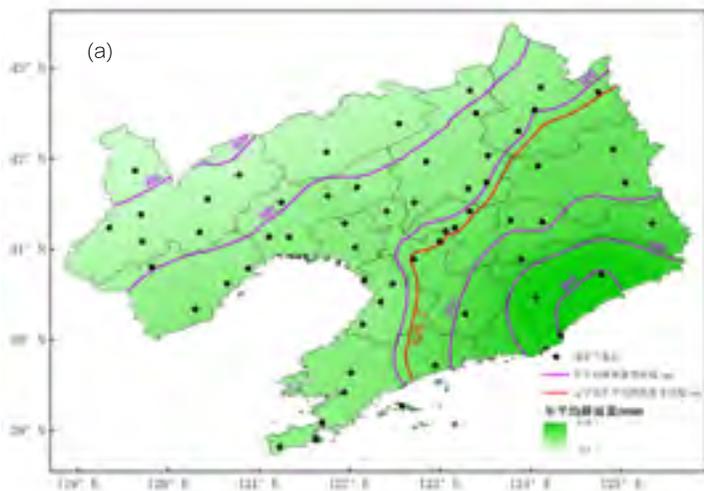


图 3 1986—2015 年辽宁省年平均降雨量 (a) 和年平均暴雨量 (b) 空间分布

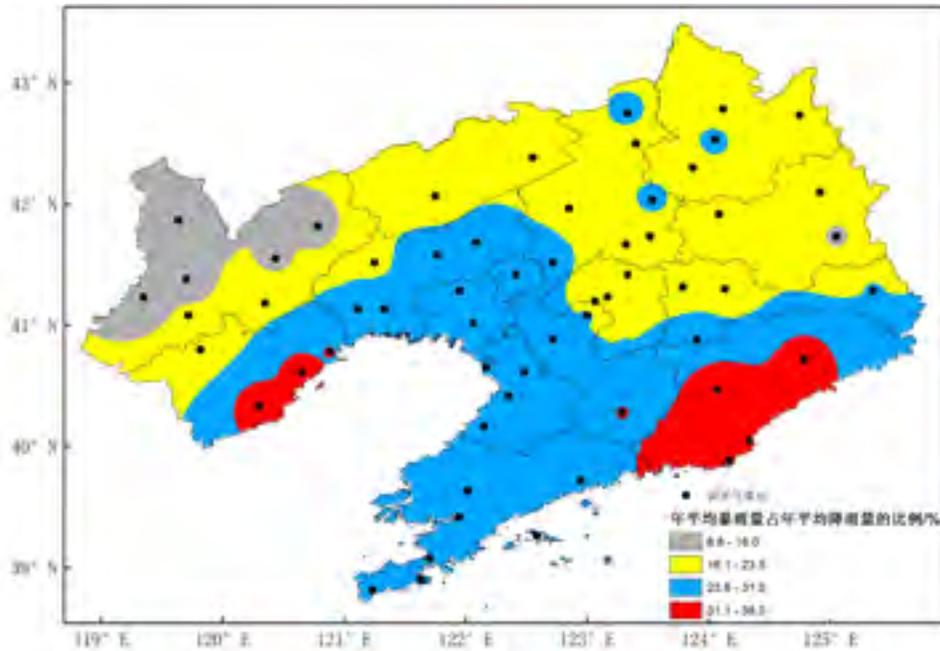


图4 1986—2015年辽宁省年平均暴雨量占年平均降雨量比例的空间分布

表4 1986—2015年辽宁省各分区各等级降雨总量占总降雨量的比例

分区	小雨 / (%)	中雨 / (%)	大雨 / (%)	暴雨 / (%)	年平均降雨量 /mm
II区	22.9	35.2	26.8	15.1	493.5
III区	19.9	31.4	27.0	21.7	585.9
IV区	17.0	27.4	26.9	28.7	594.9
V区	12.9	23.2	26.3	37.6	863.0

表5 1986—2015年辽宁省各分区各等级日降雨的累积降雨日数占年总降雨日数的比例及年平均降雨日数

分区	小雨 / (%)	中雨 / (%)	大雨 / (%)	暴雨 / (%)	年平均降雨日数 /d
II区	58.2	28.9	10.1	2.8	38.2
III区	55.8	28.6	11.3	4.3	40.9
IV区	53.9	27.8	12.5	5.8	37.0
V区	48.5	28.0	14.4	9.1	45.2

倍,说明辽宁省降雨空间分布差异明显。

相对全省1986—2015年年平均暴雨量占年平均降雨量的比例(23.4%)而言(图4),辽西和辽北绝大部地区年平均暴雨量占年平均降雨量的比例偏低,辽东和沿海地区及部分内陆地区年平均暴雨量占年平均降雨量的比例偏高,最低值出现在朝阳市建平镇,仅为8.8%,最大值出现在丹东市,达38.0%。可见,辽宁省的年平均暴雨量占年平均降雨量比例的区域差异明显,东南部与西北部地区最多相差4倍多。

综上分析,辽宁省降雨总体表现为自西向东逐渐增加的空间分布特征,东

西部地区存在明显差异,主要是由于辽宁省的降雨受海陆位置、地形地势和气候类型的共同影响。

(2) 与降雨等级的关系

通过比较发现图2和图4的空间分布特征十分相似,且相似系数高达0.9775,通过了显著性检验。因此,可以推断年平均暴雨量占年平均降雨量的比例对年径流总量控制率分区应具有较显著的影响。为了验证此推断是否成立,将年平均降雨量按降雨等级进行分解。

由表4可知,辽宁省II区、III区、IV区、V区的大雨雨量占总降雨量的比例基本相当,小雨和中雨雨量、暴雨总

量占总降雨量的比例分别呈减小和增大的变化,且变化幅度较大。因此,可知大雨雨量占总降雨量的比例对年径流总量控制率分区无显著影响。III区和IV区年平均降雨量相近,但IV区暴雨总量占总降雨量的比例明显偏多,说明年平均降雨量相近时年径流总量控制率的分区取决于暴雨总量占总降雨量的比例,如阜新与彰武地区的年平均降雨量相近,但后者暴雨总量占总降雨量的比例较高,导致对应的分区高,盖州与其周边的熊岳和营口的分区存在差异亦是如此,同时结合表5进行分析,更能较好的验证此结论。

表4结合II区和V区暴雨总量占总降雨量的比例和年平均降雨量可知,年平均降雨量越大,且暴雨总量所占比例越大,年径流总量控制率对应的分区越高;年平均降雨量越少对应的分区是否越低,以清源站和义县站为例说明,二者年平均降雨量分别为671.1mm和484.0mm,暴雨总量占总降雨量的比例分别为18.9%和22.7%,所处分区分别为II区和IV区,则证明即使年平均降雨量较少,但暴雨总量所占总降雨量的比例较高,对应的分区亦可较高。可见,年平均降雨量对年径流总量控制率的分区趋势具有一定指示作用,但不绝对。

综上可知,辽宁省年径流总量控制率的分区与年平均降雨量无明显的必然关系,但与暴雨总量占总降雨量的比例关系密切。

(3) 地形地势特征及水汽输送

由上述分析可知,辽宁省暴雨总量占总降雨量的比例对年径流总量控制率区域分布具有直接的影响,从1986—2015年辽宁省逐年的年降雨量可见,正常年份的年降雨量浮动较小,换言之,年暴雨量对年径流总量控制率的区域分布亦有重要影响,而本文关于年径流总量控制率等相关的研究和分析均考虑多年(1986—2015年)降雨情况,因此,以下关于暴雨量空间分布成因的分析亦从长年代(1986—2015年)角度出发,

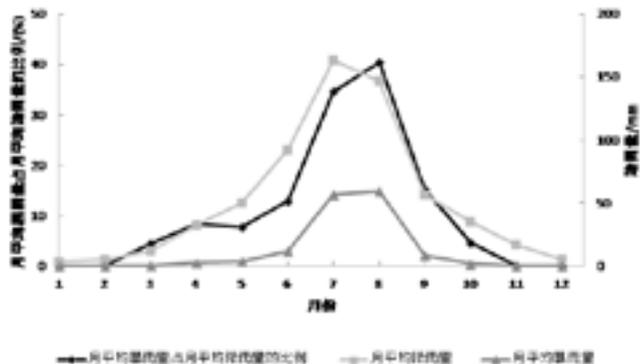


图5 1986—2015年辽宁省月平均降雨量、月平均暴雨量及暴雨量所占比例的变化

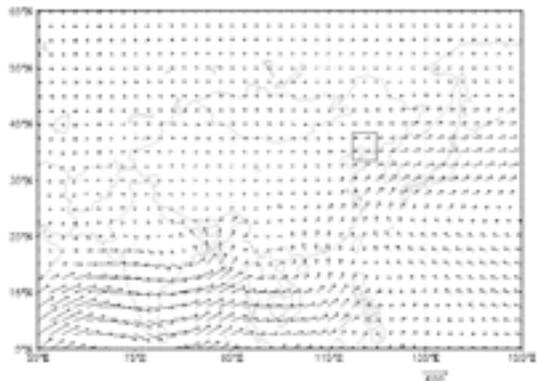


图6 1986—2015年7—8月平均整层大气水汽输送

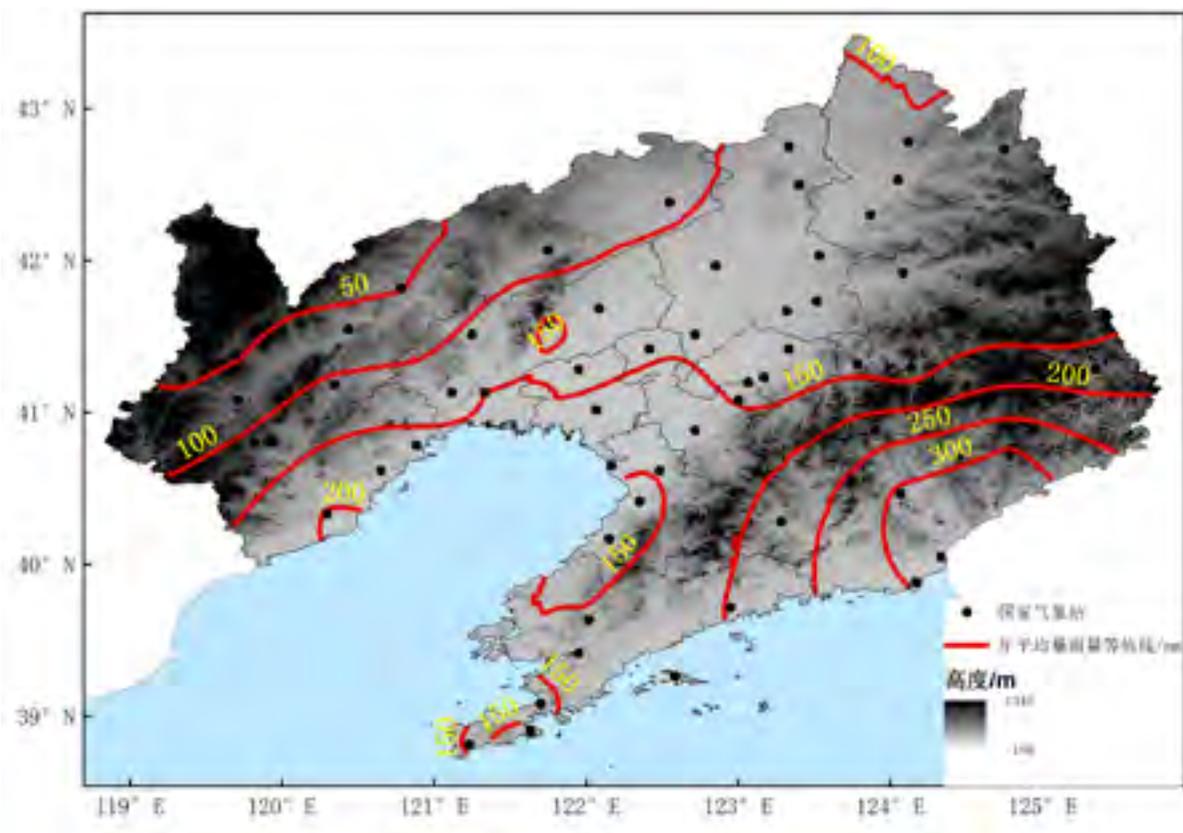


图7 辽宁省地形地势空间分布

在不考虑暴雨个例的情况下，地形地势特征及水汽输送必然是辽宁省暴雨区域分布差异的重要原因。

季风是水汽输送的载体，为降雨提供持续的水汽来源，辽宁省属于温带大陆性季风气候，其暴雨受季风影响非常明显，特别是大范围区域性大暴雨尤为突出，具有明显的季节性，主要集中在夏季，尤其是在7—8月（图5）。图6为1986—2015年7—8月平均整层

大气水汽输送图，其中辽宁省位于图中的方框位置，辽宁省夏季的水汽来源主要为2股（图中箭头所示）：西太平洋副热带高压西侧偏南气流输送的水汽；南海及孟加拉湾北上的水汽，并加入到西太平洋副热带高压的水汽输送中，增强其输送势力，此外还有西风带的水汽输送，但其所含水汽最少，不作为主要水汽来源考虑。辽宁省地势为自东、西、北三面向中部和南部倾斜，东西两

侧为丘陵山地，中部为自东北向西南倾斜的长方形辽河平原（图7）。由前面的分析可知，辽宁东南部地区为暴雨量的大值区，辽宁南部沿海地区的暴雨量次之，辽宁西部地区年平均暴雨量明显偏少，出现此差异主要是由于辽宁东南部地区的山脉、丘陵带多呈东北—西南走向，恰与夏季盛行的东南季风正交，且此地区为喇叭口地形，导致水汽在此地区停滞和少动并造成水汽的辐合、堆

积,同时由于地形坡度相对陡峭,迎风面对水汽的抬升作用明显,加强水汽的垂直运动,有利于降水增幅,易形成暴雨;辽宁南部沿海地区虽无明显的地形地势抬升,但水汽输送充足,海陆不均匀加热明显,亦多出现暴雨;辽宁北部地区,因水汽输送的顺时针转向,导致向此地区的水汽输送减弱,地处辽河平原无地形地势的抬升作用,且海陆不均匀加热程度亦相对减弱,不易形成暴雨;辽宁西部地区由于受西风带作用水汽输送较弱且地处背风坡,导致暴雨偏少。

总体而言,季风的水汽输送是辽宁省固有的水汽来源,地形地势特征是自然存在的,二者又是造成辽宁省多年暴雨量地域分布差异的重要原因。因此,辽宁省的地形地势特征和水汽输送是形成年径流总量控制率区域分布差异的内

在成因。根据年径流总量控制率分区,并结合降雨的空间分布特征可知,在类似辽宁省地形地势复杂、降雨特征差异明显的区域,气象站点疏密程度和空间分布将直接影响年径流总量控制率分区的精细程度。

图中方框为辽宁省的位置,两个箭头表示水汽的两个主要的水汽输送路径;箭头表示水汽通量,单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

四、结论

(1) 采用 1986—2015 年辽宁省 60 个气象站逐日降雨量观测资料,将辽宁省年径流总量控制率进一步划分为 4 个区,较《指南》中辽宁省年径流总量控制率分区多 1 个 V 区,朝阳市东北部、阜新市、沈阳市北部、铁岭市南部和抚顺市西部等地区,由 II 区变为 III 区;锦

州市、盘锦市和沈阳市西南部地区,由 III 区变为 IV 区;丹东的东港周边地区,由 IV 区变为 V 区。对于分区发生改变的地区,在海绵城市建设中的规划目标选取时,应进行适当的调整。

(2) 辽宁省大雨雨量占总降雨量的比例对年径流总量控制率分区基本无影响,暴雨总量占总降雨量的比例与年径流总量控制率的分区关系密切。

(3) 辽宁省的水汽输送特征和地形地势是形成年径流总量控制率区域分布差异的内在成因。在类似辽宁省地形地势复杂和降雨特征差异明显的区域,应尽可能多的建设具有长期观测能力的气象观测站,以便使年径流总量控制率区划更精细化,使其更有针对性的、更加科学的指导城市规划和建设。



沈阳市规划设计研究院有限公司
SHENYANG URBAN PLANNING & DESIGN INSTITUTE CO., LTD.

生态环境

广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。

沈阳·规划视野

2020年/ 第2期 / 总第13期

主办单位:沈阳市自然资源局
沈阳市规划设计研究院有限公司



 **沈阳市规划设计研究院有限公司**
SHENYANG URBAN PLANNING & DESIGN INSTITUTE CO., LTD.

地址: 沈阳市和平区南三好街1号 新世界商务大厦13-19F

邮编: 110004

电话: 024-23931269 / 传真: 024-23931197

网址: www.syup1960.com

邮箱: syghy@163.com

Address: 13-19F, New World Business Building.1

South Sanhao Street, Heping District, Shenyang, PRC

P.C: 110004 / Tel: 86-24-23931269 / Fax: 86-24-23931197

www.syup1960.com

E-mail: syghy@163.com