

DOI: 10.5846/stxb201405221058

李小梅, 沙晋明, 李家兵, 吴春山, 史晓燕. 环境影响评价的尺度约束性及技术框架. 生态学报, 2015, 35(20): - .

Li X M, Sha J M, Li J B, Wu C S, Shi X Y. Scale constraint and technique frame for environmental impact assessment. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(20): - .

环境影响评价的尺度约束性及技术框架

李小梅¹, 沙晋明^{2,*}, 李家兵¹, 吴春山¹, 史晓燕³

1 福建师范大学环境科学与工程学院, 福州 350007

2 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007

3 厦门市华测检测技术有限公司, 厦门 361006

摘要: 尺度约束是地表复杂系统的基本规律, 环评尺度约束常隐存于主观经验或零存于环评导则中, 环评尺度约束较少被明确关注。本文讨论了环境影响尺度约束、环评尺度约束和环评技术框架尺度约束。研究发现, 环境影响的尺度约束性内在原因在于环境影响主体、客体和影响内容存在等级结构; 环评受空间、时间和分析三类尺度约束, 空间尺度约束体现于空间范围和空间信息分辨率对环评影响, 时间尺度约束体现于环评的时长和时频, 分析尺度约束表现为环评技术方法和环境影响主观认知水平对评价的影响, 三类尺度约束同时贯穿于环评过程, 任何环评都可以在三类尺度空间中定位; 环评技术框架的关键环节都受空间、时间和分析尺度约束, 且以环境影响主体的空间、时间尺度为核心, 具有一定弹性, 一般空间或时间范围先放大再缩小、分辨率由粗到细。

关键词: 环境影响评价; 尺度约束; 技术框架

Scale constraint and technique frame for environmental impact assessment

LI Xiaomei¹, SHA Jinming^{2,*}, LI Jiabing¹, WU Chunshan¹, SHI Xiaoyan³

1 College of environmental science and engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

2 College of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

3 Centre Testing International, Xiamen 361006, China

Abstract: Scale constraint is a basic rule of the surface complex system on earth. For environmental impact assessment (EIA), scale constraint is hid in the experience of EIA professionals, or scattered among EIA technical guidelines; it is not a large concern for EIA professionals. This paper discusses the scale constraints of environmental impact, EIA, and the EIA technical frame. Results show that scale constraint of environmental impact responds to the hierarchical structures of human activities, environmental elements, and the influence of human activities on the physical environment. EIA is apparently restricted by spatial extent and resolution, temporal duration and frequency, and analysis scale, which includes the EIA technical models and the perception or the level of understanding about the environmental impact. The spatial, temporal, and analysis scales are independent, while being integrated in the process of EIA and restricting the EIA conclusion. Any EIA can be positioned in the three scales. Generally, the spatial data with low resolution may be available for EIA with large spatial extent, while spatial data with high resolution is required for EIA with small extent, so is the relationship between temporal frequency and duration. Furthermore, spatial, temporal and analysis scale restrict the key technical contents of EIA based on the officially published EIA technical guidelines both for project and for planning EIA. It proposes that the spatial and temporal scales of EIA subject should be the core scale, during the process of EIA; spatial and temporal extents

基金项目: 欧盟第七框架项目 (IGIT247608); 科技部国际合作专项 (247608); 福建省 2012 年高等学校优秀学科带头人赴海外访学研修项目

收稿日期: 2014-05-22; **网络出版日期:** 2014-12-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jmsha@fjnu.edu.cn

may vary flexibly from large to small, while their resolutions may change from coarse to fine.

Key Words: environmental impact assessment (EIA); scale constraint; technique frame

尺度是自然界一切存在的度量,尺度问题就是尺度大小影响研究结果,如 1934 年发现的可塑性面积单位问题(Modified Area Unit Problem MAUP)即人口统计结果与相关联的空间面积单位存在联系、生态观察尺度对统计结果产生影响^[1]。随着遥感和 GIS 的广泛应用,地理定量统计必然涉及 MAUP^[2],具体如 GIS 的空间范围和分辨率对结果的影响^[3],尺度问题已成为目前地学和景观生态学的前沿研究论题之一^[4-8]。尺度问题产生的原因在于人类-环境系统的等级结构和系统复杂性^[9]。尺度类型的划分有三个体系,从认识论角度 Manson 提出人类-环境系统的尺度连续统即现实尺度—等级尺度—构建尺度^[9];从尺度对象属性角度李双成提出尺度可以划分为本征尺度和非本征尺度,本征尺度是指时间、空间、功能和组织尺度,非本征尺度指观测和操作尺度^[4],时间、空间和观测尺度归类到 Manson 的现实尺度,功能和组织尺度与 Manson 的等级尺度相关,而操作尺度与 Manson 对应构建尺度;从景观制图角度有幅度、粒度和主题尺度(或分类尺度)三类^[10-12],主题尺度对应于 Manson 的等级尺度,粒度和幅度属于现实尺度(realistic scale)范畴。

环境影响评价(Environmental Impact Assessment, EIA)涉及到环境影响主体、客体和影响评估三部分,环境影响主体即人类活动,环境影响客体即承载人类活动的自然和社会环境,环境影响内容即人类活动对自然和社会环境的干扰和改变。环境影响主体、客体和影响评估分别受约束于 Manson 提出的构建尺度、现实尺度和等级尺度^[9]。项目环评对尺度问题的重视是隐式的,存在于环评者的经验中,或零散存在于环评技术导则中^[13-19]。规划和战略环评提出后,环评尺度问题受到重视^[20-25],但在理论方面详细讨论环评尺度约束机理和技术框架的研究文献较少。因此本文借鉴景观生态学的“格局-过程-尺度”内在关系,讨论环境影响的“格局-过程-尺度”范式,将环境影响尺度约束、环评尺度约束明晰化,构建了尺度约束下的环评技术框架,将对环评技术评估和环评实践具有理论指导作用。

1 环境影响的尺度约束

环境影响的尺度约束内在原因在于环境影响主体、客体和环境影响评估存在等级层次结构,不同等级层次对应于相应的尺度约束特性,类似于景观生态学的巢式等级结构-尺度关系^[8]。

1.1 环境影响主体的等级层次与尺度约束

人类活动具有很强的目标性,在环评领域将人类活动划分为“战略—规划—项目”三个层次的等级结构。各层次的作用空间、时间范围和发生频率都受尺度制约^[26](表 1)。建设项目是具体而直接的人类活动,建设内容、所占空间面积和位置确定;规划针对行业或者行政区域,空间范围一般以行政单位为界限,规划时间一般以五年为常见,相对于建设项目,规划内容比较宽泛和综合,可以包括多个项目,具有一定不确定性;而战略、政策其内容为一定的原则和框架,不确定性大,其时间和空间范围较大。

表 1 环境影响主体等级结构及尺度特性
Table 1 Hierarchy and Scale of Environmental Impact Subject

环评对象 Objects for environmental impact assessment	来源 Source	等级层次 Hierarchy	尺度特性 Scale
战略、政策 Strategy or policy	国际、国家或地区	顶层	空间广域,时间长期前瞻,维持稳定
规划或计划 Plan	部门、省级以下行政 机构制定	中间层次	空间以行政区域为界限;时间一般为 5—20 年,5 年计划最常见
建设项目 Project	项目包括国有企业 和私营企业	基层执行机构	空间范围和位置确定,不同项目的空间范围变幅大;时间尺度范围依据外部经济环境、规划和政策而改变具有伸缩性

1.2 环境影响客体等级层次与尺度约束

环境影响客体包括受人类活动影响的自然环境和社会环境。社会环境的等级结构包括受影响的个人-家庭-集体,或受影响的不同社会组织机构,存在明显的等级层次结构^[26]。而受影响的自然环境客体等级层次结构复杂,存在着环境要素的交叉作用,自然环境等级层次结构往往是隐式的,也常常为人们所忽略,这种隐式结构往往同时受时间和空间尺度制约(表2)。景观生态学明确提出巢式等级结构范式与尺度关系,这种等级结构与空间异质性密切相关,表征为植被、地形、水系、土壤和气候要素的等级系统^[8,27-28]。不同等级具有特定的尺度范围,一般而言,低等级结构与可观察的地物对应,多样性丰富,变化较快;而高等级结构具有相似特征,范围广,变化慢^[26-28]。

表 2 环境影响客体(自然环境)的等级结构和尺度特性
Table 2 Hierarchy and Scale of Environmental Impact Object

环境要素 Environmental elements	等级结构 Hierarchy	尺度特性 Scale
植被 Vegetation	个体—种群—群落—生态系统—生态景观	低等级层次与实际观测地物对应,多样性丰富,具体而易于观察,空间范围较小,时间变化频率快,不确定性高;高等级层次定义宽泛,具有较一致的综合性特征,空间分布
水环境 Surface water	排污口—排污扩散河段(支流)—纳污河流—流域	
大气环境 Air	废气排放口(烟囱)—扩散区域空气—区域大气—全球 大气环流较广,变化频率慢,规律明显,不确定性低	
土壤环境 Soil	固废堆放点土壤—固废堆场周围土壤—区域土壤类型 (与成土要素及其相应的地球化学过程相关)	

1.3 环境影响的等级层次与尺度约束

环境影响是人类活动施加于环境客体的一种影响,依据人类活动的等级层次及其对自然环境的影响按照空间范围、强度、持续时间、可逆性和累积性^[29-31]等,可以得到二者的影响等级层次(表3,图1)。一般而言,人类活动等级层次高,对环境的影响程度较大,相反则对环境影响程度较小。环境影响的等级层次与环评技术方法中的环评等级相关联,涉及到单个环境要素评价和或区域环境承载力的综合评价两方面^[13-18]。另外,

表 3 环境影响的等级结构与尺度特性
Table 3 Hierarchy and Scale of Environmental Impact

环境影响要素 Environmental impact	战略、政策 Strategy or policy	规划、计划 Plan	项目 Project
生态环境 Eco-environment	区域景观格局、生态系统安全格局、生态系统健康等	景观变化、生态系统服务功能、群落组成与结构、特殊种群组成等	种群类型、植物个体生长
水环境 Water	流域景观、区域水环境安全、水资源利用调配等	河流、湖泊、饮用水源生态系统风险与健康等	排污口及污染扩散河段、附近饮用水源取水口水质变化
大气环境 Air	全球、区域大气环境质量和容量、气候变化	局地大气环境质量和容量、大气污染物排放总量	排放口下风向大气环境质量和附近敏感点大气环境质量
环境敏感区 Environmental sensitive districts	环境风险、空间扩散模式、空间分布格局	生态完整性、生态风险	敏感目标受影响程度
敏感环境问题 Sensitive environmental problems	区域协调机制和调控策略	规避和减缓计划	解决对策措施
环境影响的尺度特性 Scale characteristics of environmental impact	影响空间范围广、影响长久,影响累积性强,影响要素多,影响作用复杂,影响可逆性差	影响空间范围中等、时间长于规划期限、多种要素叠加产生中等程度累积	影响空间范围较小、时间稍长于项目持续时长,影响要素较少,影响一般可逆

不同等级人类活动产生的环境影响与环境质量现状即环境容量也有关系^[32],环境客体对不同等级人类活动的环境影响具有相异的反馈响应。

因此,不同等级的环境影响主体作用于环境客体,产生具有等级结构的环境影响,环境影响识别就是对这种影响等级进行定性或半定量判断,快速影响评价矩阵(Rapid Impact Assessment Matrix 即 RIAM)是一种较为透明的判断方法^[29-31]。目前多数情况下,环境影响“等级—尺度”关系的判断存在于主观经验中,没有被明确表达出来^[19]。

综上所述,环境影响主体、客体和影响内容具有等级结构,这种等级结构受尺度约束。根据景观生态学中

“格局-过程-尺度”范式^[6],环境影响同样存在“格局-过程-尺度”范式。环境影响主体与客体之间的作用是环境影响过程,这种过程的结果形成环境影响格局,具体表现为:同样的建设项目设置在不同地点会产生相异的环境影响,而同一个地点承载着环境影响种类和强度相异的多个建设项目,多种环境影响交叉叠加形成环境异质性空间,即环境影响空间格局。环境影响格局和过程均存在等级结构,受尺度约束。因此与环境影响的“格局-过程-尺度”范式对应,人对环境影响的识别评价即环境影响评价(环评)理当存在尺度约束特性。

2 环评尺度约束

2.1 环评尺度

基于环评实践,环评尺度可以分为空间、时间和分析尺度三类,空间、时间尺度易于理解,分析尺度为环评技术深度的考量,与主题尺度类似^[10-12,19-22,26]。环评空间、时间和分析尺度是否选择适当是环评技术评估的核心要点。

环评的空间尺度包括环评范围的大小(幅度)和环评空间基础信息比例尺(粒度),环评空间尺度已被关注和认识^[19-26],环评案例中常用到不同分辨率的空间信息进行评价,空间信息比例尺与环境影响识别及环评结论密切相关^[20,33-36]。英国学者对南部 Hastings 公路辅路进行环评,发现环评数据空间分辨率对环评结论的准确性有重要影响^[20]。环保部 2011 年修订发布生态影响评价技术导则(HJ/T19—2011)^[15],提出不同等级生态环境影响评价需要使用不同比例尺(空间分辨率)的地理信息数据的要求,对环评空间范围大小仍是模糊不清^[33]。西班牙 Madrid 社区机动车道路 R-3 的环评案例,使用了基于地理信息系统的环境影响专家系统,该系统的基础信息包括了比例尺分别为 1:5000 和 1:25000 的地图数字信息,使环评的空间尺度明朗化^[34]。利用 ArcGIS 平台进行大气污染物等浓度图绘制时,同样遇到了底图比例尺以及大气污染物的监测尺度问题^[35]。应用遥感影像评价巴西亚马逊地区 Carajas Mineral 省的 N1 铁矿开采的环境影响案例,由于采矿区位于国家森林公园内,该评价应用了多分辨率遥感数据(TM、SAR、航拍数据)和不同比例尺 DEM 数据对铁矿中心区及其周边区域(面积分别为:61 和 758km²)进行了环境影响分析,该案例同时兼顾了环评的空间范围与空间信息比例尺^[36]。

环评时间尺度是指评价项目、规划和战略的环境影响持续时间和发生频率^[19-21],该时间范围和频率与项目、规划和战略本身的时长和作用频率密切相关。生命周期评价方法体现了环评的时长^[37],环境累积影响评价^[24]、环境影响回顾性评价和跟踪评价均与环评时长相关。环评时间频率主要体现于对环境监测和减缓措施的制定和实施方面。环评案例中规划环评时间尺度较明确,如土地利用规划环评时间尺度较长,包括土地利用历史演变、现状和规划三个时段^[38]。土耳其 Baku-Tbilisi-Ceyhan 原油管线建设工程(历时 20 个月)环评案例中,分别明细项目建设前、建设中、建设后三个时段的景观监测内容^[39]。

环评的分析尺度是环评技术评估的核心,包括评价者对环境影响的识别理解水平、评价技术方法。环评

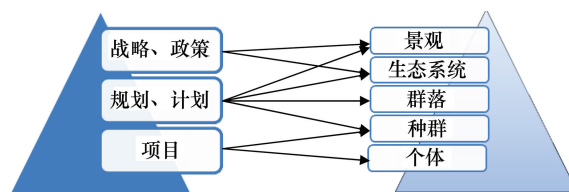


图1 环境影响主体与客体相互作用形成的环境影响等级结构

Fig. 1 Hierarch of Environmental impact caused by the interrelation of environmental subject and object

导则制定实施属于环评分析尺度的范畴^[13-18],例如土地利用规划环评中社会影响评价涉及到社会矛盾的协调、利益相关者的调查范围和参与水平、知识和决策的联系机制等^[40]。RIAM 技术使评价者的评估思路与评估结果规范化、半定量化、明晰化,评价者自身的环评经验和对环境影响的认识程度用矩阵表格半定量表达出来,可以确定项目环评结果分析尺度^[29-31]。中国青藏铁路青海段环评案例中,政府主导的环境听证会与专业环评互相协调^[41]。对英国自 2000 年以来 112 个环评项目的生态减缓措施按照分析尺度归类,发现仅有 7 个 EIA 案例提供了精细尺度如草地和边缘生境的建设和管理作为减缓措施内容^[42]。Briggs and Hudson 采用访问利益相关者、综述文献和专家调查方法研究生态影响“重要性”识别的主观判断过程,使生态“重要性”影响判别方法标准化,并采用透明框架约束了人为主观性^[43]。João E 提出的战略环评的多尺度分析亦是对环评的空间和时间多尺度特性的综合提炼,属于环评分析尺度的范畴^[20]。

环评的空间、时间和分析尺度往往交织在一起,互相制约,使人难以直接明确判别暗藏的尺度约束特性。如武汉城市规划环评案例使用不同空间分辨率的遥感影像、地形图、土地利用现状图和规划图,评价的空间、时间和分析尺度交织^[38]。明晰环评的空间、时间和分析尺度约束界限以合理选择环评基础数据资料对提高环评有效性十分必要^[20-24]。

2.2 环评尺度约束

2.2.1 空间尺度约束

环评的空间尺度约束指环评空间范围和空间信息比例尺的选择约定。由于战略或政策的空间范围具有宏观和不确定性,因此本文依据环评导则仅对项目环评和规划(战略)环评两类详细讨论。一般而言,环评空间范围以项目或规划面积为基本界限,按照环评导则要求来确定环境影响要素的评价范围(表 4)。

表 4 环评的空间范围约束
Table 4 Spatial boundary of EIA

环境要素 Environmental elements		空间范围 Spatial boundary
项目环评 Project EIA	地面水 Surfacewater	现状调查、预测评价范围:纳污河流 $\leq 50\text{km}$ 、湖泊 $\leq 80\text{km}^2$ 、海湾 $\leq 100\text{km}^2$ ^[17]
	地下水 Groundwater	现状调查、预测评价范围: $\leq 50\text{km}^2$ ^[18]
	大气 Atmospheric Environment	点源:以排放源为中心,最大半径 25 km 的圆形区域,或边长为 50 km 的矩形区域 ^[16] ;线源:以线源中心两侧各 200 m ^[16]
	声环境 Noise	固定声源、城市道路、公路、铁路或城市轨道交通地上线路和水运线路等:项目边界往外 200 m 以内,或扩大到满足标准值的距离 ^[14] ;机场飞机噪声:以主要航迹离跑道两端各 5—12 km、侧向各 1—2 km 的范围 ^[14]
	生态环境 Ecological environment	涵盖项目全部活动的直接影响区域和间接影响区域,以评价项目所涉及的完整气候、水文、生态、地理单元界限为评价范围 ^[15]
规划环评 Planning EIA	空间范围:包括规划区域、规划实施影响的周边地域,将规划实施可能影响的环境敏感区、重点生态功能区等整体纳入评价范围;边界也考虑:规划环境影响可能达到的地域范围,自然地理单元、气候单元、水文单元、生态单元等完整性,行政边界或已有的管理区界(如自然保护区界、饮用水水源保护区界等) ^[13]	

除了空间范围外,空间分辨率也是环评空间尺度内容,在生态环境影响评价导则中,对其有明确规定^[15]。研究发现不同空间分辨率数据对于环评结果准确性有至关重要的影响^[19,34]。在实际环评中,由于经费和时间限制,常常对此问题含糊不提^[19]。环评空间信息分辨率高低对环评质量产生影响,一般而言,环境影响主导因子的空间数据分辨率越高越好,而非环境影响主导因子的数据空间分辨率较低却对评价结果影响不大。

在项目环评中,若项目评价范围较小,非重大建设项目如铁路、高速公路、大型水电站或水利设施外,以设计图的空间分辨率为评价空间分辨率即可。而重大项目由于面积范围广,跨越不同气候带和行政区,其评价采用的遥感数据和地形数据空间分辨率是环评质量和工作详细程度的重要衡量指标。对规划环评而言,由于

规划面积较大,遥感和地理空间信息数据为基础资料,空间分辨率的大小直接关系到环境影响识别和环评质量(表 5)。

表 5 环评空间数据分辨率的尺度约束
Table 5 Scale constraint of spatial data resolution in EIA

环评类型 EIA types	空间分辨率 Spatial resolution	原则 Rules	
建 设 项 目 Project	小型,占地面积≤2km ² 或长度≤10km 大型,占地面积 2—100 km ² 或长度 10—100km	以项目设计图比例尺为环评分辨率大小,通常≥1:5000 ^[15] ,比特征兴趣目标精细 2—5 倍 ^[44] 。 以项目设计图为准,评价图≥1:100000 ^[15] ,比特征兴趣目标精细 2—5 倍 ^[44] 。	建设目标清晰表达,环境影响敏感目标清晰识别 环境影响主导因子空间分辨率高;环境敏感目标清晰识别
规划,占地面积≥20km ² Plan, area≥20km ²	以规划设计图为准,评价图≥1:100000 ^[15]	规划实施可能影响的环境敏感区、重点生态功能区等目标清晰	

2.2.2 时间尺度约束

环评的时间尺度约束指环评时间范围(时长)和时间分辨率(频率)的选择约定。环评的时间尺度约束主要受项目或规划时间尺度约束,环评时长与项目或规划的生命周期等长^[13,37],一般包括建设或规划前期计划勘查论证、建设施工、运营、退役四个时期。环评时间分辨率约束关键在于环境监测和减缓措施环节,环境监测时间频率在环评导则中有明确要求^[14-18],项目减缓措施的实施时间频率是环境影响是否得到控制的关键因素^[42],同时环境监测和减缓措施的时间频率是环评技术质量评估指标之一,也是环评结果不确定性原因之一^[20]。

2.2.3 分析尺度约束

环评的分析尺度约束指环评技术方法、评价者主观判断认知水平对环评结果的约束。环评导则作为模式化的环评技术规范尽量减少环评结果的主观误差,因而与个体经验相连的主观认知水平是环评分析尺度约束的核心。目前的环评技术不断提高,环境科学研究的最新成果和技术不断注入环评领域,环评分析尺度日渐改进,以使评价结果愈加精准可靠。目前环评分析尺度发展动态如下:

环评领域的学科交叉与综合:社会、人文科学与自然科学成果渗透交叉,提高环评的社会认可和环境管理的可操作性,如环境听证会的引入^[41],环评公众参与的规范化,环评中社会影响评价内容的深化^[40];环评过程研究:例如环评与决策过程,环境影响识别过程^[31,43],环境累积影响评价^[24],环评有效性的检验^[45],环评减缓措施细化等^[42];环评多尺度分析:在战略和规划环评中将目前普遍使用的遥感、GIS 技术与传统的环评预测评价模式有效结合,进行环评多尺度情景分析^[20-21]。

2.3 环评尺度约束特征

环评具有空间、时间和分析尺度三类,环评受三类尺度约束,三者交织贯穿于环评过程,体现于环评结论,各种类型的项目或规划环评都可以放在环评三维尺度空间进行定位和分析。环评在三类尺度空间中分布具有一定规律:若环评空间范围大,其时间范围较长,空间信息分辨率、监测时间频度较低,分析尺度需要综合与深入;而空间范围小,时间范围相对较短,所采用的空间数据分辨率和监测时间频度要求精细,分析尺度较具体和浅显;环评尺度需要慎重选择,因影响到评价结果的可靠性和有效性。

3 环评技术框架的尺度约束

基于以上的环评尺度约束机制,以项目环评和规划环评技术导则为依据^[13,46],构建尺度约束下的环评技术框架(表 6,表 7),使环评尺度约束规范化和显示化,从而提高环评过程的透明度和结论的可信度。

表 6 尺度约束下的项目环评技术框架

Table 6 Technical frame of project EIA under the constraint of scale

关键技术环节 Key technical contents	尺度约束 Detailed scale selection rules
总则 General description	空间尺度:概述环境影响要素的评价范围。 时间尺度:概述项目环境影响时长。 分析尺度:项目由来、环境影响因素识别、环评工作等级、评价标准和方法等
工程分析 Program analysis	空间尺度:项目的占地范围;项目提供的基础资料比例尺。 时间尺度:项目的生命周期(施工建设、运营期、退役期)时间列表。 分析尺度:关键产污环节、核定污染物产生总量等
环境质量现状调查与评价 Investigation and assessment of present environmental quality	空间尺度:以占地范围为中心扩展到主要环境影响空间范围,纳污河流 $\leq 50\text{km}$ 、湖泊 $\leq 80\text{km}^2$ 、海湾 $\leq 100\text{km}^2$ ^[17] ;小型空间数据分辨率高于 1:5000 ^[15] 时间尺度:近 5 年变化趋势,以近 3 年为重点;监测频率根据导则以年、日、小时不等 分析尺度:环境单要素评价,环境敏感目标识别,环境容量等
环境影响预测评价 Environmental impact prediction and assessment	空间尺度:以占地范围为中心扩展到环境影响及敏感目标空间范围;空间分辨率与现状评价一致 时间尺度:预测时长与项目生命周期一致或略长;时间分辨率以环境影响时间频度最大一致 分析尺度:单要素影响预测、多要素综合影响、区域累积影响机理
环境保护措施 Environmental protection measures	空间尺度:以项目排污点为中心扩展到其他环境影响及敏感目标空间范围;空间比例尺 $\geq$ 设计图比例尺 时间尺度:与项目生命周期一致,着重于施工和运营期;环境减缓措施与项目同时实施 分析尺度:环保措施的经济技术论证
环境管理与监测 Environmental management and monitoring	空间尺度:以占地范围及其影响范围为中心;空间比例尺 $\geq$ 设计图比例尺 时间尺度:与项目生命周期一致,着重于运营期和退役期;环境监测频率按照技术导则要求; 分析尺度:环境监测和管理优化系统

表 7 尺度约束下的规划环评技术框架

Table 7 Technical frame of plan EIA under the constraint of scale

关键技术环节 Key technical contents	尺度约束要点 Detailed scale selection rules
总则 General description	空间尺度:规划评价范围包括规划区域和规划实施影响区域;空间分辨率与规划图一致 时间尺度:规划整个周期 分析尺度:评价原则、评价方法和工作流程等
规划分析 Plan analysis	空间尺度:以规划区域为中心,拓展到上级规划区;空间分辨率小于规划比例尺 时间尺度:直接相关的上一级规划到本规划实施末期 分析尺度:规划概述、协调性分析、不确定性分析等
环境现状调查与分析 Present environmental investigation and quality analysis	空间尺度:以规划区域及规划实施影响的周边地域为中心,延伸到规划实施可能影响的环境敏感区、重点生态功能区;空间数据分辨率:比例尺大于 1:100000, TM 影像数据或分辨率更高的影像数据 时间尺度:近 5—10 年变化趋势,以近 5 年为重点 分析尺度:资源利用现状评价、环境质量与生态现状评价、区域污染源贡献、规划制约因素、环境影响回顾性评价等
环境影响识别与评价指标体系构建 Identification of the environmental impacts and construction of the evaluating indicators system	空间尺度:与现状调查的空间尺度一致 时间尺度:规划实施周期 分析尺度:环境影响识别、环境目标与评价指标体系
环境影响预测评价 Environmental impact prediction and assessment	空间尺度:与现状调查的空间尺度一致 时间尺度: $\geq$ 规划实施周期 分析尺度:不同情境下环境要素影响预测、资源环境承载力预测、累积影响评价等。
规划方案综合论证和优化调整建议 Comprehensive analysis and optimal adjustment on the planning scheme	空间尺度:以规划范围为中心;空间分辨率 $\geq$ 规划比例尺,更细致 时间尺度:时长 $\leq$ 规划周期;时间分辨率更细致 分析尺度:规划方案的环境合理性论证、可持续发展论证、规划方案优化调整建议等

续表

关键技术环节 Key technical contents	尺度约束要点 Detailed scale selection rules
环境影响减缓对策措施及跟踪评价	空间尺度:规划内部环境影响最明显区域,≤规划空间范围;空间分辨率≥规划比例尺 时间尺度:时长≤规划周期;时间分辨率更细致 分析尺度:环境影响预防、影响最小化、影响补救修复工程措施,环境影响跟踪监测方案

根据表 6、表 7,环评关键技术环节中,存在以环评主体尺度为基准的核心尺度,它控制着整个环评过程的空间和时间尺度范围。环评基础部分如环境现状分析需要核心尺度的扩展,即空间和时间范围上的延展,空间和时间分辨率可以低于核心尺度;环境影响预测评价部分,定位于核心尺度;环评综合、环境影响减缓措施和跟踪评价部分,空间和时间范围明显缩小,空间和时间分辨率明显增大,需要针对项目或规划的环境影响重点位置和发生时段进行具体减缓措施和优化调整方案的实施。由此可见,环境影响主体尺度为环评的核心尺度,环评过程中空间和时间尺度存在一定伸缩弹性,一般先放大再缩小、分辨率由粗到细(图 2)。学者研究也提出,战略环评应采用多尺度分析方法,战略环评前期的战略分析和环境现状分析可以采用宏观大尺度低分辨率的方法,而后期优化方案和结论采用项目分析思路,缩小到小尺度范围和高分辨率的结果上,使方案和措施具体而具有操作性^[21,23]。

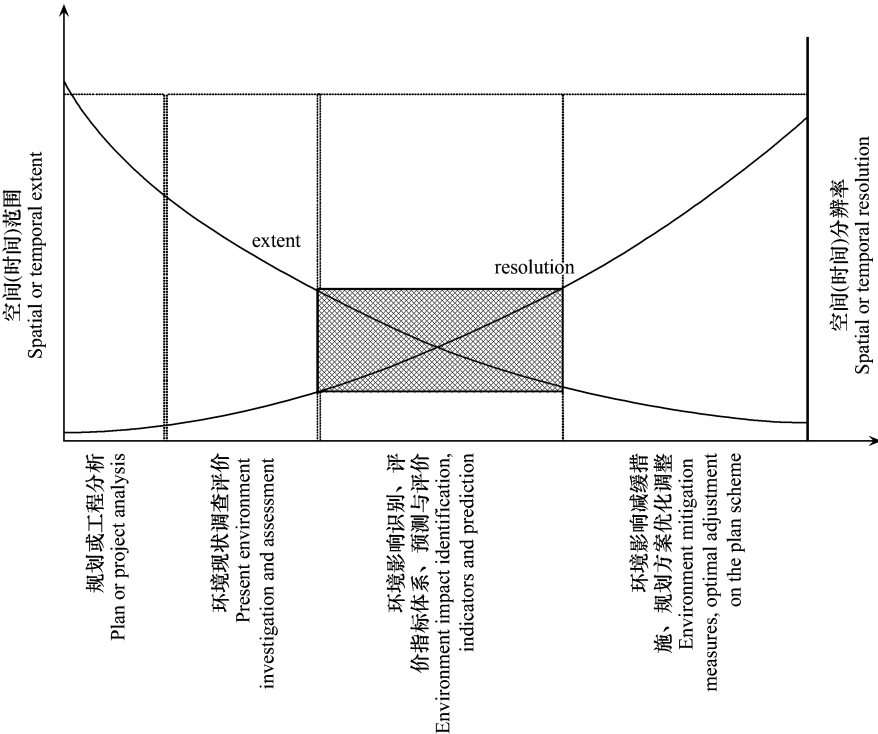


图 2 环评过程中空间、时间尺度变化
Fig.2 Scale variation during EIA

4 结论与展望

尺度的存在根源于地球表层自然界的等级组织和复杂性,尺度问题的定量化研究与空间信息技术的普及化使用密切相关,空间信息技术在环境决策和环境影响评价领域的应用日益深入和广泛,因此尺度研究已经渗透到环境科学的相关领域。环评实践过程中尺度约束常存在于评价者的经验中,并没有被明显表达出来。

本文重点分析环境影响尺度约束、环评尺度约束和环评技术框架的尺度约束三部分内容。环境影响的尺

度约束是环评尺度约束内在机理,即环境影响主体、客体和影响内容的等级结构和环境影响“格局-过程-尺度”范式是环评尺度约束的前提条件。环评尺度包括空间、时间和分析尺度三类,三类尺度约束内容独立,融合贯穿于环评过程,任何环评都可以在这三类尺度维度内定位。实践中,环评尺度约束性体现于环评技术框架中的各个关键环节。研究发现项目或规划(环境影响主体)空间范围和分辨率是环评的核心尺度,在不同技术环节空间和时间尺度具有一定的伸缩弹性。

借鉴景观生态学尺度理论,本文仅对环评尺度约束进行了初步讨论,环评尺度约束性机理和实践应用尚有许多可以深入研究的内容,目前最为迫切的研究主题为:①环评尺度对评价结果的影响:不同尺度信息对环评结论影响研究较缺乏,目前需要对更多的环评案例进行不同尺度情景下的模拟研究,并利用现实结果对尺度约束结果进行定量化验证。②环评尺度科学选择规范:目前环评尺度选择尚不规范,是由于环评尺度对评价结论的影响研究成果较少,依据导则对各个环境要素进行现状和预测评价时各个环境要素的尺度边界存在交叉和矛盾,亟需制定环评尺度、环境要素预测评价尺度的规范化标准;③环评尺度弹性(或多尺度)研究与应用:由于经费和时间限制,环评收集的基础信息资料尺度粗细不一,那么需要依据尺度选择规范构建环评尺度弹性范围,以对这些基础信息进行筛选,同时对环评关键技术环节采用弹性尺度或多尺度分析,以保障环评结论的不确定性控制在某个尺度范围内,利于环境管理部门进行快速决策选择。

致谢:本文修改过程中得到 Professor Minghua Zhang (Department of land, air and water resource, University of California, Davis) 提出的修改建议,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] Dark S J, Bram D. The modifiable areal unit problem (MAUP) in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 2007, 31(5):471-479.
- [2] Dungan J L, Perry J N, Dale M R T, Legendre P, Citron-Pousty S, Fortin M-J, Jakomulska A, Miriti M, Rosenberg M S. A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography*, 2002, 25(5):626-640.
- [3] Goodchild M F. Scale in GIS: An overview. *Geomorphology*, 2011, 130(1/2):5-9.
- [4] 李双成, 蔡运龙. 地理尺度转换若干问题的初步探讨. *地理研究*, 2005, 24(1):11-18.
- [5] 张景雄. 空间信息的尺度、不确定性与融合. 武汉:武汉大学出版社, 2008:288.
- [6] Wu J G. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited:30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*, 2012, 28(1):1-11.
- [7] Wiens J, Wu J G, Hobbs R J. J. Wu, R.J. Hobbs (eds.): Key topics in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 2009, 24(3):451-452.
- [8] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京:高等教育出版社, 2007:17.
- [9] Manson S M. Does scale exist? An epistemological scale continuum for complex human-environment systems. *Geoforum*, 2008, 39(2):776-788.
- [10] Castilla G, Larkin K, Linke J, Hay G J. The impact of thematic resolution on the patch-mosaic model of natural landscapes. *Landscape Ecology*, 2009, 24(1):15-23.
- [11] Buyantuyev A, Wu J G. Effects of thematic resolution on landscape pattern analysis. *Landscape Ecology*, 2007, 22(1):7-13.
- [12] Bailey D, Billeter R, Aviron S, Schweiger O, Herzog F. The influence of thematic resolution on metric selection for biodiversity monitoring in agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 2007, 22(3):461-473.
- [13] 中华人民共和国环境保护部. HJ130-2014 规划环境影响评价技术导则(总纲). 北京:中国环境科学出版社, 2014.
- [14] 中华人民共和国环境保护部. HJ2.4-2009 环境影响评价技术导则 声环境. 北京:中国环境科学出版社, 2010.
- [15] 环境保护部. HJ19-2011 环境影响评价技术导则 生态影响. 北京:中国环境科学出版社, 2011.
- [16] 中华人民共和国环境保护部. HJ2.2-2008 环境影响评价技术导则 大气环境. 北京:中国环境科学出版社, 2009.
- [17] 国家环保总局. HJ/T2.3-1993 环境影响评价技术导则 地面水环境. 1994.(未链接到出版社信息)
- [18] 中华人民共和国环境保护部. HJ610-2011 环境影响评价技术导则 地下水环境. 北京:中国环境科学出版社, 2011.
- [19] João E. How scale affects environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 2002, 22(4):289-310.
- [20] João E. A research agenda for data and scale issues in Strategic Environmental Assessment (SEA). *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, 27(5):479-491.
- [21] João E. The importance of data and scale issues for Strategic Environmental Assessment (SEA). *Environmental Impact Assessment Review*, 2007,

- 27(5):361-364.
- [22] Karstens S A M, Bots P W G, Slinger J H. Spatial boundary choice and the views of different actors. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, 27(5):386-407.
- [23] Partidário M R. Scales and associated data — What is enough for SEA needs?. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, 27(5):460-478.
- [24] Therivel R, Ross B. Cumulative effects assessment; Does scale matter?. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, 27(5):365-385.
- [25] Gontier M. Scale issues in the assessment of ecological impacts using a GIS-based habitat model — A case study for the Stockholm region. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, 27(5):440-459.
- [26] Gibson C C, Ostrom E, Ahn T K. The concept of scale and the human dimensions of global change; a survey. *Ecological Economics*, 2000, 32(2):217-39.
- [27] Bouma J, Finke P A, Hoosbeek M R, Breeuwsma A. Soil and water quality at different scales: concepts, challenges, conclusions and recommendations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1998, 50(1/3):5-11.
- [28] Auestad I, Rydgren K, Økland R H. Scale-dependence of vegetation-environment relationships in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 2008, 19(1):139-148.
- [29] Pastakia C M R, Jensen A. The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA. *Environmental Impact Assessment Review*, 1998, 18(5):461-482.
- [30] Kuitunen M, Jalava K, Hirvonen K. Testing the usability of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for comparison of EIA and SEA results. *Environmental Impact Assessment Review*, 2008, 28(4/5):312-320.
- [31] Ijäs A, Kuitunen M T, Jalava K. Developing the RIAM method (rapid impact assessment matrix) in the context of impact significance assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 2010, 30(2):82-89.
- [32] 马太玲, 张江山. 环境影响评价. 武汉: 华中科技大学出版社, 2009:3-11.
- [33] 卓春晖. 生态环境影响评价中评价范围和空间尺度问题探讨. *海峡科学*, 2012, (7):25-28.
- [34] Herrero-Jiménez C M. An expert system for the identification of environmental impact based on a geographic information system. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(8):6672-6682.
- [35] Zhong S J, Zhou L G, Wang Z F. Software for environmental impact assessment of air pollution dispersion based on ArcGIS. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10(Part C):2792-2797.
- [36] De Morais M C, Junior P P M, Paradella W R. Multi-scale approach using remote sensing images to characterize the iron deposit N1 influence areas in Carajás Mineral Province (Brazilian Amazon). *Environmental Earth Sciences*, 2012, 66(7):2085-2096.
- [37] Guinée J B, Heijungs R, Huppes G, Zamagni A, Masoni P, Buonamici R, Ekvall T, Rydberg T. Life Cycle Assessment; Past, Present, and Future. *Environmental Science & Technology*, 2011, 45(1):90-96.
- [38] Liu J, Ye J, Yang W, Yu S X. Environmental impact assessment of land use planning in Wuhan city based on ecological suitability analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 2010, 2:185-191.
- [39] Şahin Ş, Kurum E. Landscape scale ecological monitoring as part of an EIA of major construction activities; experience at the Turkish section of the BTC crude oil pipeline project. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 156(1/4):525-537.
- [40] Peltonen L, Sairinen R. Integrating impact assessment and conflict management in urban planning; Experiences from Finland. *Environmental Impact Assessment Review*, 2010, 30(5):328-337.
- [41] He G Z, Zhang L, Lu Y H. Environmental impact assessment and environmental audit in large-scale public infrastructure construction; the case of the Qinghai-Tibet Railway. *Environmental Management*, 2009, 44(3):579-589.
- [42] Drayson K, Thompson S. Ecological mitigation measures in English Environmental Impact Assessment. *Journal of Environmental Management*, 2013, 119:103-110.
- [43] Briggs S, Hudson M D. Determination of significance in Ecological Impact Assessment; Past change, current practice and future improvements. *Environmental Impact Assessment Review*, 2013, 38:16-25.
- [44] O'Neill R V, Hunsaker C T, Timmins S P, Jackson B L, Jones K B, Riitters K H, Wickham J D. Scale problems in reporting landscape pattern at the regional scale. *Landscape Ecology*, 1996, 11(3):169-180.
- [45] De Montis A, Ledda A, Caschili S, Ganciu A, Barra M. SEA effectiveness for landscape and master planning: An investigation in Sardinia. *Environmental Impact Assessment Review*, 2014, 47:1-13.
- [46] 环境保护部. HJ2.1-2011, 环境影响评价技术导则(总纲). 北京: 中国环境科学出版社, 2012.