

# 基于 3S 技术的公路建设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标体系研究

刘 苏<sup>1</sup>, 秦建新<sup>2</sup>, 魏晓芳<sup>2</sup>

(1. 长沙理工大学公路工程学院 长沙市 410076; 2. 湖南师范大学资源与环境科学学院 长沙市 410081)

**摘 要:** 依据大量相关研究、文献资料和洞庭湖区的实地考察, 分析了导致洞庭湖湿地生态环境历史演变的各种影响因素。就公路建设影响洞庭湖湿地生态环境的主要效应进行了研究。认为公路城镇化效应以及公路水利效应是影响的主要方面。建立了相关的评价指标体系。指标体系由公路等级指标、公路城镇化效应指标以及公路水利效应指标构成。为基于 3S 技术监测评价公路建设影响洞庭湖湿地生态环境奠定了基础。

**关键词:** 洞庭湖湿地生态环境; 3S 技术; 评价指标; 公路城镇化效应; 公路水利效应

洞庭湖湿地为过水性吞吐型湖泊湿地, 分布于洞庭湖平原, 跨湖南、湖北两省。洞庭湖区总面积 18 780 km<sup>2</sup>, 现存天然湖泊面积 2 625 km<sup>2</sup>。湖南省行政区域内的洞庭湖区包括岳阳、常德、益阳、长沙四市下辖的 19 个县市和 15 个国营农场, 总面积 15 200 km<sup>2</sup>。洞庭湖区是长江中游的主要农业区, 有着丰富的自然资源, 在湖南社会经济发展中占有举足轻重的地位。

公路是国民经济和社会发展的基础设施。洞庭湖区的社会经济发展离不开公路建设。但公路为点多线长的带状工程构造物, 其建设、营运对洞庭湖湿地生态环境也会造成不利影响。目前国内就公路建设对湿地生态环境的影响问题缺乏深入研究, 相关湿地环境保护的经济和技术政策尚未完全建立。针对洞庭湖区已建和在建公路对洞庭湖湿地生态环境的影响进行深入研究, 配合洞庭湖区退田还湖湿地整治工程, 为洞庭湖区公路网规划的修订、公路环境选线、现有公路的环境整治提供科学依据和技术措施, 减少公路建设对洞庭湖湿地生态环境的负面影响, 促进洞庭湖区的社会、经济与环境协调持续发展, 为其他湿地的公路建设提供有关生态环境保护的有益经验, 具有重要的社会和经济价值。

一般来说, 公路建设通过阻隔效应、接近效应、城镇化效应、小气候效应、交通环境污染效应对湿地

生态环境产生负面影响<sup>[2]</sup>。监测与评价公路建设对洞庭湖湿地生态环境的影响, 先要依据洞庭湖湿地生态环境演变的历史、现状以及导致演变的相关因素, 研究确定公路建设影响洞庭湖湿地生态环境的主要方面。在此基础上建立相关监测评价指标体系。依照指标分项, 以遥感 RS、地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS 相结合的 3S 技术为技术支撑, 对其影响进行分析与评价。

## 1 洞庭湖湿地生态环境历史演变的非公路影响因素分析

### 1.1 洞庭湖区的泥沙淤积与围湖造田

洞庭湖区泥沙来源于长江三口(松滋口、太平口、藕池口)以及湖南四水(湘江、资水、沅江及澧水)。据统计, 来源于长江三口的泥沙每年平均约为 1.094 亿 m<sup>3</sup>, 来源于湖南四水的泥沙每年平均约为 0.241 亿 m<sup>3</sup>。通过洞庭湖唯一出口岳阳城陵矶排入长江的泥沙每年平均为 0.351 亿 m<sup>3</sup>, 淤积于洞庭湖内的泥沙每年平均为 0.984 亿 m<sup>3</sup>。泥沙淤积形成湖区洲滩, 构成围湖造田的基础<sup>[3,15]</sup>。

洞庭湖区最早的围湖造田, 据记载为东汉初年。历代围湖成垸, 形成了以垸落为主的基本农田区。1918 年~1931 年, 修筑垸田 26.7 万 hm<sup>2</sup>。建国后 1949 年~1979 年, 围垦面积达 1 896.6 km<sup>2</sup>。在泥沙



淤积和围湖造田的共同作用下,洞庭湖湖水面积由明代的5 600 km<sup>2</sup>减少到1949年的4 350 km<sup>2</sup>,至1984年减少到3 141 km<sup>2</sup>,2003年仅存2 625 km<sup>2</sup>。长时期的围湖造田导致大量的农业人口移居到洞庭湖区各堤垸内,增加的人口以更大规模进行新的围湖造田,使洞庭湖湿地面积进一步缩小。1980年国家水利部下令停止围垦后,围垦规模大减,湖区的湖垸数量及湖垸农业格局基本定型<sup>[6]</sup>。据统计<sup>[3]</sup>,目前的洞庭湖区湖垸数量稳定至227个,其中重点堤垸11个,国家批准的蓄洪堤垸24个,一般堤垸192个。堤垸总面积约占湖区总面积的72.3%。湖区农业耕地面积稳定至58万hm<sup>2</sup>。

洞庭湖区堤垸是集居住、生活、生产与防洪于一体的多功能体。堤垸在洞庭湖区社会经济发展中占有非常重要的位置。洞庭湖区共有一级防洪大堤3 471 km,二级堤防1 509 km,主要间堤832 km<sup>[3]</sup>,堤防工程占据了大量的洞庭湖湿地面积,约为351.7 km<sup>2</sup>。

长时期的围湖造田导致湖区人口的急剧增长,目前堤垸内居住人口已达1 008万人<sup>[3]</sup>。为满足居住生活需要,仅1990年~2000年,堤垸内耕地、林地及草地转移为城镇用地和农村居民用地达11 245 hm<sup>2</sup>。

洞庭湖区长期的泥沙淤积与围湖造田,是造成洞庭湖湿地面积萎缩的主要因素。

长时期大规模的围湖造田所形成的的大小不等为数众多的堤垸对洞庭湖湿地产生阻隔和接近效应。大量泥沙淤积在垸田之外,湖床高出垸田,地下水位高,影响冬季农田自流排水,稻田次生潜育化严重,农业生态环境受到严重破坏。湖泊的其他各项功能也受到严重影响。鱼类产卵、洄游、索饵场所大面积缩小,鱼类资源不断减少。部分鸟类资源的栖息环境遭到破坏。围湖造田导致大量湿地改变用途,原有植被改变属性。人类长时期不合理地开发利用湿地资源以及过度捕猎,使得湖区动植物群落结构发生较大变化,许多鸟、鱼类及植物种群数量大为减少,甚至濒临灭绝。洞庭湖湿地生物多样性遭受较为严重的破坏。

泥沙淤积、围湖造田以及过度捕猎是构成洞庭湖湿地生物多样性威胁的主要因素之一。

## 1.2 洞庭湖区的排污、过量化肥农药及血防药水的施用

洞庭湖区现有工业污染源1 803个,其中重大污染源141个。大量相关调查及研究文献表明<sup>[18,19,20]</sup>,

湖区年排废水 $3.62 \times 10^8$  t。废水中的重金属污染湖泊水体动物。造纸、化肥、纺织行业的污水排放量大,有机废物含量高。湖区主要污染物为有机污染。造纸、化肥行业年排放废水总量分别占纯湖区排放总量的49.6%、28.4%。造纸行业年排放的COD、BOD<sub>5</sub>分别占纯湖区排放总量的81.71%和79.13%。长江三口、湘资沅澧四水的入湖之水所带的污染物,加重了湖区水质的污染。

洞庭湖区耕地连片,农药化肥施用量大,其中农药年施用量近18 217 t,化肥年施用量为1 699 930.9 t,农药和化肥单位耕地面积年平均施用量为2.39 t/km<sup>2</sup>和169.22 t/km<sup>2</sup>。沅制黄红麻废水、投放铬渣和五氯酚钠等血防药物、湖区农民的生活污水,均给洞庭湖湿地水质造成严重污染,并使其生态功能严重衰退,野生动植物种类和数量急剧减少。洞庭湖天然湖泊年均鲜鱼产量由20世纪50年代的2 450万kg下降为90年代的700万kg,且当年幼鱼已成为主要捕捞对象。随着入湖污染的增加,湖泊富营养化问题呈发展趋势。

洞庭湖区的排污、过量化肥农药及血防药水的施用是造成洞庭湖水质污染以及威胁洞庭湖湿地生物多样性的主要因素。

## 2 公路建设影响洞庭湖湿地生态环境的主要因素分析

作者于2004年8月~11月3次赴洞庭湖区实地调查。沿洞庭湖地区各等级公路,途经湖区64个市县乡镇及国营农场,调查了各等级公路沿线周围的地形、植被、水域、堤垸、水利设施、在建公路桥梁、农业、林业、工业、城镇乡村房屋等状况,累计行程1 800余km。初步取得了公路建设对洞庭湖湿地生态环境影响的现场第一手资料。

洞庭湖区现有等级公路14条,连接村镇的乡村公路约为250余条。这些公路在洞庭湖区的社会经济发展、满足湖区人民物质文化生活需求以及抗洪抢险中发挥着重要的交通基础作用,同时对洞庭湖湿地生态环境也产生了一定的负面影响。

### 2.1 洞庭湖区公路的阻隔效应和接近效应

公路是人类互相连接的走廊,但对于生物尤其是地面动物来说是一道屏障,起着分离与阻隔的作用。公路的分割使生态环境区域化。其中的生物不能在更大范围内求偶与觅食,长时期的阻隔有可能发生种内分化,不利于生物多样性保护。这就是公路



的阻隔效应<sup>[1]</sup>。

公路的开通扩大了人类活动的范围,使许多原先人类难以进入的地区变得易于进入。这对自然和珍稀资源的保护构成巨大威胁。这就是公路的接近效应<sup>[1]</sup>。

洞庭湖区长时期的围湖造田形成了大小不等为数众多的堤垸,堤垸的阻隔与接近效应在时间的长度与区域的广度方面,是湖区现有公路的相关效应无法比拟的。因此,现有公路对洞庭湖湿地生态环境中的生物多样性影响相对堤垸的阻隔、接近效应所造成的影响来说是次要的,可不予考虑。

对于湖区新建公路,可以在路线设计上采用绕避或架桥的技术方法,妥善解决公路阻隔效应、接近效应影响洞庭湖湿地生态环境的问题。

## 2.2 洞庭湖区公路的小气候效应

洞庭湖区高速公路、国道及大多数省道具有沥青或水泥混凝土路面,路面热容量小,反射率大,蒸发耗热几乎为零,近地面温度高,升温快,灰尘和二氧化碳含量高。由此形成洞庭湖区公路沿线的小气候效应。但是影响洞庭湖区公路沿线局部小气候的还有湖区地形、水体、植被、树林、农作物、城镇等的综合作用。公路的小气候效应对洞庭湖生态环境的影响极为有限。

## 2.3 洞庭湖区公路的交通环境污染效应

一般来讲,公路交通排放的汽车废气、交通噪声、路面雨天径流以及危险品运输交通事故,给公路两侧环境质量带来严重影响。这种影响不仅表现在人类活动区域环境质量的下降,也使公路两侧自然生态系统中生物的生存质量下降,影响生态系统的稳定。这就是公路的交通环境污染效应<sup>[2]</sup>。就洞庭湖区公路交通环境而言,交通量较大的公路分布在洞庭湖区东侧由北向南边缘的京珠高速公路临长段、107 国道,洞庭湖区西南边缘的长常高速公路和 319 国道。湖区其他公路的交通量较小。在京珠高速公路、长常高速公路、107 国道、319 国道的路线方案论证及其设计中,妥善地处理了洞庭湖区生态环境保护问题。公路交通环境污染效应相对于排污、过量化肥农药及血防药水的施用来说,对洞庭湖湿地生态环境的影响是较小的。当然不能排除危险品运输交通事故导致洞庭湖区局部生态环境的严重恶化,但这是偶发事件,只能通过采取严格的交通管制和安全防护应急措施加以避免和妥善处理。

## 2.4 洞庭湖区公路的城镇化效应

公路为出行提供的交通便捷性,是工商业建筑和民用住宅修建在公路两侧不远区域的主要原因。公路可以改变某一城市或乡村发展和扩大的方式。公路刺激城市区域的扩展以及农村向城镇的发展,导致公路沿线城镇街道化,从而间接地造成城镇景观代替农村景观或自然景观的变化。这就是公路的城镇化效应<sup>[2,11]</sup>。

据统计,湖区建制镇以上的城镇有 201 个<sup>[12]</sup>,其中约 140 余个城镇位于湖区等级公路沿线,占城镇总数的 69.6%。湖区中小城市及县城均为湖区等级公路起讫或重要站点。表 1 为湖区等级公路沿线的城镇及乡镇(某些等级公路比较靠近,表 1 中的数字有少量重复)数量表。可以说,这些城镇是洞庭湖区的主要社会经济发展点。

表 1 洞庭湖区等级公路沿线城、乡镇数量

湖区公路名称	沿线城镇数	沿线乡镇数
长益高速公路	3	6
益常高速公路	2	8
临长高速公路	4	10
107 国道	6	16
207 国道	3	16
319 国道	4	18
102 省道	2	6
202 省道	0	10
308 省道	3	10
204 省道	3	15
205 省道	3	15
302 省道	2	5
306 省道	4	16
307 省道	1	2

有学者利用 3S 技术就洞庭湖区 1979 年~1999 年期间土地利用/覆盖变化的时空特征进行了分析研究<sup>[8]</sup>,研究结果表明:洞庭湖区建设用地面积 20 年来增加幅度较大,达到 15 467 hm<sup>2</sup>。1990 年~2000 年<sup>[9,10]</sup>,洞庭湖区共有耕地 5 520 hm<sup>2</sup> 转移为建设用地,其中 54.83% 转移为城镇用地,32.18% 转移为工交用地,13% 转移为农村居民地。

作者近期赴洞庭湖区的 3 次考察,目睹了湖区各等级公路沿线的城市、乡镇及国营农场的城镇建设与 20 世纪 80 年代相比所发生的明显变化。这些变化与洞庭湖区公路建设的城镇化效应有着重要的相关关系。



有学者就洞庭湖区的城镇发展做了深入研究<sup>[7]</sup>,认为洞庭湖区城镇空间体系优化建设今后的发展思路是:大中小城镇相结合,广泛依托湖区交通运输干线,籍此形成能够辐射带动湖区的城镇网络。配合国家对于洞庭湖的综合治理,在现阶段重点建设中心城市和开发条件相对理想的小城镇,集中力量将其培育成具有较强社会经济实力的地域增长极,并作为湖区发展的多层次的成长核心。强调洞庭湖区小城镇的发展具有重要意义:(1)大量农村富余劳动力需要小城镇第二、三产业来安排,为湖区大规模农业机械化生产服务;(2)乡镇企业是湖区经济的重要组成部分、构成相当一部分小城镇的经济主体,湖区小城镇与乡镇企业的发展具有互相促进的关系;(3)小城镇既是连接城市与农村的纽带,又是湖区经济基层增长极核,既接受城市的辐射带动,又受益于周围农村的广泛支持,是农村非农产业的集聚点。提出洞庭湖区城镇建设采取点轴式地域开发模式,重点布局轴线确定为东、西南和中线3条,主轴线均为铁路、公路及水运路线。东线的主轴线为京广铁路湖区段、京珠高速公路临长段、107国道、湘江、东洞庭湖东岸线。该轴线沿线地带为湖南省重点投资区域。西南线的主轴线为石长铁路、长常高速公路、319国道长常路段、207国道常德—临澧—张公庙路段。中线的主轴线为连接益阳—沅江—茅草街—南县—华容—湖北石首及藕池的南北向公路干线、藕池河四大支流、南茅运河、松澧洪道和目平湖水道。

面对洞庭湖区的社会经济发展的现实,湖区公路的城镇化效应能促进湖区农村城镇化建设,有利于农村产业结构优化、农业规模经营、乡村企业集聚发展、农村剩余劳动力合理转移。繁荣的小城镇是农村经济发达的保证。公路城镇化效应对洞庭湖湿地生态环境也会产生间接性的长期不利影响:城镇建设占用湿地,造成湿地萎缩;城镇工商业的发展以及城镇人口的聚集生活会产生大量的污水及污物,污染周围的湿地生态环境;城镇人口的生产活动导致周边湿地改变用途和属性,不利于周围的生物多样性。

## 2.5 洞庭湖区公路的水利效应

洞庭湖区是我国重要的综合农业商品生产基地,农产品商品率达到50%,每平方公里的工农业总产值分别为全省及全国平均水平的1.68倍和2.92倍。然而洞庭湖区在1949年以前,堤垸残破,防洪能

力很差,洪涝灾害频繁。1949年后,湖区进行了大规模的水利建设。水利建设围绕修复堤垸、截支并流、整治洪道、并垸堵流、加固堤防、兴建电排灌站等工程进行。为兴建水利工程,修筑了大量的简易公路,这些简易公路目前成为湖区农村的主要交通线<sup>[17]</sup>。1949年以来,国家先后投巨资在湖区建设了多条等级公路和高速公路。湖区的公路建设为洞庭湖区历年来的抗洪抢险救灾以及工农业经济发展做出了重大贡献。1998年特大洪灾过后,政府对洞庭湖进行有计划、分步骤的“平垸行洪、退田还湖、移民建镇”综合治理。湖区农业经济的发展,必须建立在公路交通、其他交通与水利工程的有机结合基础之上,洞庭湖区公路应具备良好的水利效应。

(1)公路与堤垸相结合。洞庭湖区的人口、耕地、以及经济活动在很大程度上集中在堤垸内。堤垸总面积约占湖区总面积的72.3%。堤垸整治是洞庭湖区水利建设的重要组成部分。目前,总数227个堤垸中的226个为万亩以上的较大堤垸,为湖区公路与堤垸相结合打下了良好的基础。公路与堤垸相结合,既能满足各堤垸之间的交通联系,又能减少公路建设占用湿地及耕地面积。在洪水来临时,还能充分发挥紧急救灾的交通作用。

(2)与湖区农田水利灌溉排涝设施相协调。公路建设会对现有的农田水利设施带来重大影响。目前正在实施的洞庭湖整治工程,又会对现有农田水利设施进行重大调整,这种调整有可能使原有公路的部分配套设施桥梁、涵洞等构造物的使用价值降低,甚至报废。湖区公路桥涵与湖区农田水利灌溉排涝设施相协调,在发挥交通功能的同时,既能满足湖区农田水利灌溉的需要,又能在洪水期间起到泄洪排涝的作用<sup>[16]</sup>,有利于湖区湿地生态环境的保护。

洞庭湖区公路与堤垸的结合程度、与农田水利灌溉排涝设施的协调程度,可作为反映湖区公路通过水利效应影响湿地生态环境的两个重要指标。

## 2.6 洞庭湖区公路的施工

公路施工对湿地的影响主要表现在:公路施工场站的占压;弃土弃渣的堆积和流失;施工过程中施工机械停放、筑路材料堆放、施工临时便道、施工队伍生活区等对湿地的临时占用;生活区的生活垃圾以及污水;施工废水排放;桥梁施工废水及弃渣对附近水体的污染等<sup>[2]</sup>。

公路施工对洞庭湖湿地生态环境的影响,可根据造成污染的途径,采取多种措施减轻污染,例如建



立严格的施工环境保护监管措施、隔离防护措施、优化施工工艺、主体工程的水土保持、弃土场的防护及改造、施工结束时的植被恢复等。公路施工时的环境保护技术及措施已相当成熟,只要在施工期内严格实行环境保护技术及管理措施,施工所造成的对洞庭湖湿地生态环境的影响,不会留待施工期结束后继续存在。

2.7 小结

由以上分析可知,公路建设对洞庭湖湿地生态环境的影响主要是现有湖区公路对洞庭湖湿地生态环境的间接性长期影响。具体的影响因素主要是公路的城镇化效应以及水利效应。只有明确主要的影响因素,才能建立具有实际意义、可操作性的公路建

设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标体系。

3 公路建设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标体系

基于 3S 技术的公路建设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标的选定,应能通过数量化计量来反映各影响因素导致湿地生态环境的变化,满足洞庭湖区的可持续发展对湿地生态环境的要求,反映洞庭湖湿地生态环境的地域性特征。同时应根据主要的影响因素,有所侧重<sup>[5,13,14]</sup>。表 2 为公路建设影响洞庭湖湿地生态环境的评价指标体系。指标体系分为公路等级指标、公路城镇化效应指标、公路水利效应指标。

表 2 公路建设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标体系

公路等级指标			高速公路,一、二、三、四级公路,乡村公路等。
公路城镇化效应指标	农用地指标	耕地	指水田、水浇地、旱地以及菜地。
		园地	指种植以采集果、叶、根茎等为主的集约经营的多年生木本和草本作物。
		林地	指有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、苗圃等。
		牧草地	指天然草地和人工草地。
		其他农用地	指畜禽养殖用地、设施农业用地、农村村间和田间道路用地、坑塘水面、养殖水面、农田水利用地、田坎、晒谷场用地等。
	建设用地指标	城市用地	设市的居民点用地。
		建制镇用地	设建制镇的居民点用地。
		农村居民地用地	乡镇以下的农村居民点用地。
		交通运输用地	用于运输通行的地面线路、场站等用地,包括铁路用地、公路用地、港口码头用地等。
		水利设施用地	指水库水面、农田水利用地以外的人工修建的沟渠、堤埝、闸、坝、电排灌站等水工建筑用地。
		独立工矿用地	居民点以外独立的各种工矿企业、采石场、砖瓦窑、仓库及其他企事业单位建设用地。
		特殊用地	居民点以外的国防、名胜古迹、风景旅游、墓地、陵园等用地。
	未利用土地指标	未利用土地	农用地及建设用地以外的尚未利用的土地。包括荒草地、沼泽地、沙地和裸土地等。
		其他土地	未列入农用地、建设用地的其他水域。包括河流水面、苇地和滩涂。
	社会经济指标		城镇农业人口。
			城镇非农业人口。
			农林牧渔业总产值。
工业总产值。			
粮食产量。			
公路水利效应指标		路堤结合指标:公路路基与堤埝的结合长度/公路路线长度。	
		桥涵协调指标:桥涵与农田水利灌溉排涝设施相协调的数量/桥涵总数量。	

3.1 公路等级指标

根据中华人民共和国交通部的《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)对公路分级的规定,同时考虑洞庭湖区为数众多的乡村公路的现实情况,将公路等级指标分为:高速公路、一级公路、二级公路、三

级公路、四级公路和乡村公路。

3.2 公路城镇化效应指标

公路城镇化效应指标分为用地指标和社会经济指标。

(1)用地指标。



采用不同时期各类用地面积的变化量及变化率来反映公路城镇化效应的大小。

设对应于  $t_1$ 、 $t_2$  两个不同时间段的第  $i$  大类中第  $j$  类用地面积为  $A_{ij}^{t_1}$ 、 $A_{ij}^{t_2}$ , 相应用地面积变化量为  $\Delta A_{ij}^{t_1-t_2}$ , 相应用地面积变化率为  $\alpha_{ij}^{t_1-t_2}$ , 则有:

$$\Delta A_{ij}^{t_1-t_2} = A_{ij}^{t_2} - A_{ij}^{t_1}$$

$$\alpha_{ij}^{t_1-t_2} = \Delta A_{ij}^{t_1-t_2} / A_{ij}^{t_1}$$

对应于  $t_1$ 、 $t_2$  两个不同时间段的第  $i$  大类用地面

积则为  $\sum_{j=1}^n A_{ij}^{t_1}$ 、 $\sum_{j=1}^n A_{ij}^{t_2}$ , 相应用地面积的变化量为  $\Delta A_i^{t_1-t_2}$ , 相应用地面积的变化率为  $\alpha_i^{t_1-t_2}$ , 则有:

$$\Delta A_i^{t_1-t_2} = \sum_{j=1}^n A_{ij}^{t_2} - \sum_{j=1}^n A_{ij}^{t_1}$$

$$\alpha_i^{t_1-t_2} = \Delta A_i^{t_1-t_2} / \sum_{j=1}^n A_{ij}^{t_1};$$

用地指标分类<sup>[4]</sup>详见表 3。

表 3 与时间相关的评价指标分类代码  $ij$

名称	代码	名称	代码	名称	代码	名称	代码
农用地指标	$i=1$	建设用地指标	$i=2$	未利用土地指标	$i=3$	社会经济指标	$i=4$
耕地	$j=1$	城市用地	$j=1$	未利用土地	$j=1$	城镇农业人口	$j=1$
园地	$j=2$	建制镇用地	$j=2$	其他土地	$j=2$	城镇非农业人口	$j=2$
林地	$j=3$	农村居民地	$j=3$			农林牧渔业总产值	$j=3$
牧草地	$j=4$	交通运输用地	$j=4$			工业总产值	$j=4$
其他农用地	$j=5$	水利设施用地	$j=5$			粮食产量	$j=6$
		独立工矿用地	$j=6$				
		特殊用地	$j=7$				

## (2) 社会经济指标。

采用不同时期各类社会经济指标的变化量及变化率间接反映公路城镇化效应的大小。

设对应于  $t_1$ 、 $t_2$  两个不同时间段的第  $j$  类社会经济指标为  $B_j^{t_1}$ 、 $B_j^{t_2}$ , 相应社会经济指标变化量为  $\Delta B_j^{t_1-t_2}$ , 相应社会经济指标变化率为  $\beta_j^{t_1-t_2}$ , 则有:

$$\Delta B_j^{t_1-t_2} = B_j^{t_2} - B_j^{t_1}$$

$$\beta_j^{t_1-t_2} = \Delta B_j^{t_1-t_2} / B_j^{t_1}$$

社会经济指标分类详见表 3。

## 3.3 公路水利效应指标

### (1) 路堤结合指标。

将洞庭湖区某条公路路基与堤垸的结合长度与公路路线长度的商值作为路堤结合指标。

设  $i$  公路与湖区第  $j$  个堤垸的结合长度为  $l_{ij}$ ,  $i$  公路路线长度为  $L_i$ ,  $i$  公路的路堤结合指标为  $\varphi_i$ , 则

$$\text{有: } \varphi_i = (\sum_{j=1}^n l_{ij}) / L_i.$$

### (2) 桥涵协调指标。

将洞庭湖区某条公路的桥涵与农田水利灌溉排涝设施相协调的数量与桥涵总数量的商值作为桥涵协调指标。

设  $i$  公路的桥涵与湖区农田水利灌溉排涝设施相协调的数量为  $n_i$ ,  $i$  公路的桥涵总数量为  $N_i$ ,  $i$  公路的桥涵协调指标为  $\kappa_i$ , 则有:  $\kappa_i = n_i / N_i$ 。

## 4 结论

(1) 长期的泥沙淤积与围湖造田, 是造成洞庭湖湿地面积萎缩的主要因素; 围湖造田、过度捕猎、湖区的排污、过量化肥农药及血防药水的施用是构成洞庭湖湿地生物多样性威胁的主要因素; 湖区的排污、过量化肥农药及血防药水的施用是造成洞庭湖水质污染的主要因素。

(2) 公路城镇化效应对洞庭湖湿地生态环境产生间接性的长期不利影响: 城镇建设占用湿地; 城镇工商业的发展以及城镇人口的聚集生活所产生的污物及污水, 污染周围一定范围内的湿地生态环境; 城镇人口的生产活动导致周边湿地改变用途和属性, 不利于周围的生物多样性。

(3) 公路水利效应通过公路与堤垸的结合程度、与农田水利灌溉排涝设施的协调程度, 对洞庭湖湿地生态环境产生间接性的长期影响。公路与堤垸相结合, 能减少公路建设占用湿地及耕地面积。湖区公路桥涵与湖区农田水利灌溉排涝设施相协调, 在发挥交通功能的同时, 既能满足湖区农田水利灌溉的需要, 又能在洪水期间起到泄洪排涝的作用, 有利于湖区湿地生态环境的保护。

(4) 基于 3S 技术的公路建设影响洞庭湖湿地生态环境评价指标的选定, 应根据主要的影响因素, 有所侧重。所建立的评价指标体系, 分为公路等级指



标、公路城镇化效应指标、公路水利效应指标等。

#### 参考文献:

- [1] 毛文永. 生态环境影响评价概论(修订版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [2] 戴明新. 公路环境保护手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [3] 高吉喜, 中村武洋, 潘英姿, 夏堃堡, 等. 洪水易损性评价—洞庭湖地区案例研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [4] 董玉祥, 全洪, 张青年, 简路芽, 刘光勇, 等. 大比例尺土地利用更新调查技术与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] 董小林, 等. 公路建设项目环境后评价[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [6] 彭佩钦, 蔡长安, 赵青春, 等. 洞庭湖区的湖垸农业、洪涝灾害与退田还湖[J]. 国土与自然资源研究, 2004, (2).
- [7] 朱翔. 洞庭湖区城镇体系建设研究[J]. 长江流域资源与环境, 1999, (3).
- [8] 李仁东, 庄大方, 王宏志, 吴胜军, 等. 洞庭湖区近二十年土地利用/覆盖变化的时空特征[J]. 地理科学进展, 2003, (2).
- [9] 李仁东, 随晓丽, 等. 洞庭湖区近二十年土地利用/覆盖变化的时空特征. 土地覆被变化及其环境效应[M]. 西安: 星球地图出版社, 2002.
- [10] 李仁东, 庄大方, 胡文岩, 等. 基于遥感与GIS的土地用途转移分析—以洞庭湖为例[J]. 农业工程学报, 2004, (1).
- [11] 赵康. 公路建设对湿地资源的影响与保护[J]. 公路, 2003, (2).
- [12] 陈福义. 环洞庭湖地区城镇化发展思路[J]. 湖南商学院学报, 1999, (6).
- [13] 任宪友, 王学雷, 肖飞, 等. 湿地生态环境监测指标体系的探讨[J]. 云南林业科技, 2003, (4).
- [14] 汪朝辉, 王克林, 许联芳, 等. 湿地生态系统健康评估指标体系研究[J]. 国土与自然资源研究, 2003, (4).
- [15] 赵华雄. 试论洞庭湖退田还湖的紧迫性与艰巨性[J]. 武汉水利水电大学学报(社科版), 1999, (2).
- [16] 卢新海, 张露, 等. 湿地公路与农田水利建设关系分析[J]. 基建优化, 2002, (2).
- [17] 湖南省经济地图集编纂委员会. 湖南省经济地图集[M]. 长沙: 湖南地图出版社, 1989.
- [18] 姜加虎, 黄群. 洞庭湖区生态环境退化状况及其原因分析[J]. 生态环境, 2004, 13(2).
- [19] 毛德华, 夏军. 洞庭湖湿地生态环境问题及形成机制分析[J]. 冰川冻土, 2002, 24(4).
- [20] 杨国兵. 洞庭湖水质污染状况及综合评价[A]. 中国水利学会 2003 学术年会论文集[C], 2003.

## A Study on Assessment Index System of Influence of Highways on Ecological Environment of Dongting Lake Ecotope with 3S Techniques

*LIU Su<sup>1</sup>, QIN Jian-xin<sup>2</sup>, WEI Xiao-fang<sup>2</sup>*

(1. Highway Engineering Institute, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China;

2. College of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

**Abstract:** On the basis of a large number of research documents and on-the-spot investigations of Dongting Lake, various factors are analyzed which caused historical evolution of ecological environment of Dongting Lake ecotope in this paper. Main actions of influence of highways on ecological environment of Dongting Lake ecotope are studied. This is put forward that urbanism action and water conservancy action of highways are the main actions of influence of highway on Dongting Lake ecotope. The assessment index system of influence of highway on Dongting Lake ecotope is set up. The index system consists of classification of highway, urbanism action of highways and water conservancy action of highways. The index system is the base of assessment about influence of highways on Dongting Lake ecotope with 3S Techniques.

**Key words:** ecological environment of Dongting Lake ecotope; 3S techniques; assessment index; urbanism action of highway; water conservancy action of highway