

第四届 粤港澳可持续发展研讨会 论文集

广东省科学技术协会
香港工程师学会 编
澳门工程师学会

广东省出版集团
广东科技出版社(全国优秀出版社)

第四届粤港澳可持续发展研讨会 论文集

广东省科学技术协会
香港工程师学会 编
澳门工程师学会

广东省出版集团
广东科技出版社
· 广 州 ·

图书在版编目(CIP)数据

第四届粤港澳可持续发展研讨会论文集/梁明主编.
广州:广东科技出版社,2008.9
ISBN 978-7-5359-4812-0

I. 第… II. 梁… III. ①可持续发展-广东省-文集
②可持续发展-香港-文集 ③可持续发展-澳门-文集 IV. X22-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 134477 号

责任编辑:致 元

封面设计:陈维德

责任校对:罗 克

责任印制:LHZH

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码:510075)

E-mail:gdkjzbb@21cn.com http://www.gdstp.com.cn

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

印 刷:佛山市浩文彩色印刷有限公司

(南海区狮山科技工业园 A 区 邮码:528225)

规 格:787mm×1092mm 1/16 印张:28.25 字数:640 千

版 次:2008 年 9 月第 1 版

2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价:66.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

序

在人与自然关系上,中华文明很早就有“天人合一”的思想。然而,近代工业革命使这种和谐关系发生了质的变化,在“征服”、“主宰”观念的驱使下,人类残酷地掠夺和破坏自然,无节制地消耗资源,一方面创造了巨大的物质财富,另一方面也迅速导致全球性的资源枯竭、生态破坏和环境污染,直至危及人类的生存。由于全球范围的环境污染和破坏日益严重,环境保护与治理作为一个重大问题越来越受到全世界的关注。对于这个问题,人们开始是沿用工业文明的理念和标准作为定式去研究治理方法,但后来人们认识到这样不能从根本上解决问题。必须改变支配着人类行为的、带着工业文明的深深烙印的传统思想、传统观念,进而在各个层次上去调控和改变人类的社会行为,才有可能真正解决资源、生态、环境问题。于是可持续发展作为一种新的发展理念与行动悄然兴起,特别是20世纪90年代以来,可持续发展的内容被正式列入多个影响深远的国际社会会议议程,成为人类迈向21世纪的行动纲领。按照1987年世界环境和发展委员会在《我们共同的未来》中的表述,可持续发展即“既满足当代人的需要,又对后代人满足其需要的能力不构成危害的发展。”具体来说,就是谋求经济、社会与自然的协调发展,要求在严格控制人口、提高人口素质和保护环境、资源永续利用的前提下发展社会经济。而要实现可持续发展,就要依靠科技进步和提高劳动者素质,不断改善发展质量,提倡适度消费和清洁生产,建立“低消耗、低污染、高效益”的良性循环发展模式,保持可持续发展的资源基础;还需要全球通力合作。

我国一直高度重视环境保护和生态安全问题,20世纪80年代初就把保护环境确定为基本国策,并提出了可持续发展的战略。跨入新世纪,特别是党的十六大以来,以胡锦涛同志为总书记的党中央提出了科学发展观,把环境保护工作摆上更加重要的战略位置,强调建设资源节约型和环境友好型社会,加快转变经济增长方式,走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。粤港澳三地同处于一个自然生态系统,随着珠三角地区经济社会的迅速发展,当前三地的发展都面对着一个共同的问题,就是:人口、资源、环境怎样与经济社会协调发展。这是一篇大文章,为了做好这篇大文章,需要进一步加强合作。而随着“一国两制”方针的顺利实施和内地改革开放的深入发展,港澳特别行政区与内地特别是广东经济之间已形成良好的合作基础,面对发展中带来的许多共性问题,加强交流与合作,共享彼此的成功经验,互惠互利,是粤港澳三

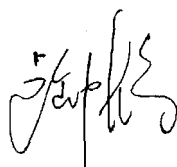
地的共同愿望,也是迫切需要。

广东省科学技术协会与香港工程师学会、澳门工程师学会长期以来一直致力于推进三地科技交流与合作,并且在2000年创办了第一届粤港澳可持续发展研讨会,组织三地的专家学者,就涉及三地可持续发展的诸多议题进行广泛研讨,提出了许多对推进该区域可持续发展有建设性作用的新观点、新建议。至今,已成功举办了3届粤港澳可持续发展研讨会,为三地科技界的专家学者搭建起一个很好的交流平台。第四届粤港澳可持续发展研讨会以“同一天空下的粤港澳可持续发展”为主题,围绕生态建设、节能减排、区域创新及全球气候变化等三地共同关注的专题进行广泛的交流,并将交流的论文结集出版,这是一件好事,能使社会各界都能更多地了解和分享会议的成果。该论文集汇集了众多专家学者的长期研究成果,内容丰富,观点新颖,主题鲜明,图文并茂,不但有较高的学术价值,而且许多观点、建议也有较强的应用性,可以提供给粤港澳三地政府有关部门作为决策参考。

愿粤港澳可持续发展的研讨与交流长盛不衰!

是为序。

广东省科学技术协会主席



2008年9月

《第四届粤港澳可持续发展研讨会论文集》

编 委 会

主 任：梁 明

副主任：黄耀新 梁文耀 刘焕彬 汤世华 黄宁生

委 员：（按姓氏笔画排序）

马志光 王荫琨 卢敬贤 匡耀求 严建平

罗安达 郑德胜 胡祖杰 梁以德

主 编：汤世华

副主编：郑德胜 谢 洪

编 委：（按姓氏笔画排序）

卢敏慈 卢敬贤 李役青 余 萍 陈新光

陆万海 周永章 欧阳婷萍 林卓峰 郑德信

莫启明 郭旭昌 顾 凜 高冠鹏 谢存禧 常向阳

目 录

生态建设

广州南沙区湿地环境承载力及其可持续利用 陈耿 彭逸生 王树功等(1)

1990 年以来广州市土地利用变化及其驱动力分析 张金兰 欧阳婷萍 朱照宇等(11)

东江流域城市可持续发展及其水资源生态补偿研究 马娅 匡耀求 黄宁生(18)

广东省流域生态补偿机制的探索与思考 胡月玲 郑淑颖(26)

基于主体功能区划分的双重生态补偿机制 郑志国 危旭芳(30)

珠江磨刀门河口分层流特点及对其咸潮上溯的影响 高时友 陈荣力(38)

西江中下游生态公益林对降水截留分配效应研究 张卫强 周毅 曾令海等(42)

珠江三角洲感潮内河水体污染环境特征与修复技术研究 崔树彬 汪义杰 张云等(51)

珠江三角洲城市群水资源现状及水源涵养林构建技术 陈建新 王明怀(58)

珠江口近海海洋灾害调查分析 邓松 汤超莲 任品德等(63)

“南拓”背景下南沙湿地的保护策略思考 郑康振 彭逸生 王树功等(69)

佛山市 GSM 移动通信基站电磁辐射对环境影响的分析 夏科英(75)

节能减排

提高企业节能降耗技术水平 促进广东可持续发展 刘焕彬 李继庚(81)

向零能耗建筑迈进 陈之泉(89)

Companhia de Electricidade de Macau (CEM) Substantial Environmental
Performance Improvement in Recent Years with Special Focus on the Selective
Catalytic (SCR) Systems Edmond Sassouvi ETCHRI(94)

物业管理行业的环保政策 邝正炜(101)

善用我们的天然资源 方富基(115)

Cultivation of Biodiesel - A Possible Environmental Oil of Tomorrow Ken Wong, Livia Wong, Carlos Wong(119)

制定广东省地方空气质量评价指标体系的思考 张永波(132)

Engineering a Better Climate by Using Renewable Energy Ir Dr. Wilton W. T. Fok, Dr. K. H. Lam(138)

澳门特别行政区固体垃圾产生量的初步动态模拟 ... 林子健 路良刚 李金平等(145)

使用排污权交易解决珠江三角洲地区二氧化硫减排问题的探讨	王雪锋 骆晓春(154)
Environmental Initiatives taken by HK Electric to Support Sustainable Development of Pearl River Delta Region	C W Tso, T Y Ip, H Y Ho(159)
广州地区家居装修污染状况调查与探讨	黎映雯(172)
广西发展 LNG 发电项目若干问题分析	赵松 韦斌 梁思伟等(176)
浅谈地面观测中轻雾和霾的辨认方法	汤小兵 马祖胜(182)
都市域高速公路路面降雨径流中污染物含量测定	杨华 梅本谕(186)
广西自治区人民医院电力蓄能系统运行分析	陆斌(190)

区域创新

Macau and Zhuhai Blue Seashore - Conceptual Proposal- Part 1:Sociology and Architecture; The Inter-formation	Ho Hon Leung, Raymond Lau, Carlos Wong(197)
Macau and Zhuhai Blue Seashore - Conceptual Proposal - Part 2: Visionary Development Plan of Macau and Zhuhai: A New Paradigm of Wealth	Raymond Lau, Carlos Wong, Ho Hon Leung(207)
Macau and Zhuhai Blue Seashore- Conceptual Proposal - Part 3: Engineering Feasibility	Carlos Wong, Raymond Lau, Ho Hon Leung(219)
Total Water Management Strategy in Hong Kong	Bobby M T NG, C L Wong, Alan H L Man, Gigi L C LAM(231)
粤港澳跨行政区域创新系统的创新模式及构建策略	王鹏(240)
The Long Term Sustainability of the Victoria Harbour? Relies on the Successful Implementation of the Harbour Area Treatment Scheme	Andrew N Y Yuen , Freeman C M Cheung, Amy K Y Cheung(248)
The Dynamic Balance between the Economic and Social Components of Sustainable Development	Glenn Frommer(255)
坚持可持续发展战略 深化粤港澳跨境合作	李仲钦(261)
Planning and Implementation of a Strategic Link- Achieving Sustainability Through Environmental Impact Assessment	Josh, LAM Kam-Wai, Richard, KWAN Kin-Yan(267)
Sustainable Transportation Strategy in Hong Kong	William H K Lam, S C Wong(277)
Two Innovative Techniques to Study the Environmental Impacts of Urban Forms	U Wa TANG, Zhishi WANG(286)
加强环保区域合作 促进区域可持续发展	张克科(295)
区域可持续发展中地质灾害易损性评估的重要性	曾敬 朱照宇(302)
Metal Extraction from Contaminated Soils by EDDS Washing under EDDS Excess Conditions	Irene M. C. LO, Theo C. M. YIP, Daniel C. W. TSANG(308)

BEAM - Current Achievement and Upcoming Development Kevin Edmunds, Daniel Chan(318)

珠海对澳门特别行政区供水水价测算理论与方法研究 贺新春 董延军 李杰等(329)

水资源保护——广州成为国际大都市的首要条件 向旭(334)

北海市城区电网规划及建议 玉小玲 陈雪 陆金旭(339)

可持续发展理论在产业项目转移和评价中的运用研究 李作战 李梅(343)

全球气候变化

应对全球气候变化与地质灾害频发 朱照宇 黄宁生 匡耀求等(350)

全球气候变暖对珠江口珊瑚礁群落生长的潜在威胁 ... 郑兆勇 汤超莲 邓松等(354)

广州气候变化事实分析 胡娅敏 杜尧东 吕俊梅(359)

近 55 年广州霜冻的年际和年代际变化特征 温晶 林蟒 纪忠萍等(367)

广东特色农业气象服务现状、问题与对策 王春林 郭晶 罗艳等(372)

南海北部近海海—气界面通量 吴迪生 俞胜宾 段存志等(381)

气候对大气中⁷Be 浓度的影响 莫光华 李巧勤 李灵娟等(390)

气候变暖背景下清远气温变化特征 宋艳华 张润仙 罗律等(393)

番禺秋季气溶胶浓度的变化与气象条件的关系分析 王开燕 王雪梅 唐建辉等(398)

其它

澳门轻轨系统与可持续发展 林瑞海 袁智伟(405)

广东科技发展 30 年及其启示 周永章(412)

空间结构新分类与屋盖钢结构轻量化 王仕统(419)

Hong Kong Offshore Wind Feasibility Study - Suction Can Foundation Technology for Offshore Meteorological Mast Ada Chan(429)

改革开放以来我国产学研结合模式的演变及广东的创新 蔡兵 陈朴(431)

220kV 高压输电线路的环保优化设计 宁健(436)

广州南沙区湿地环境承载力及其可持续利用

陈耿 彭逸生 王树功 陈桂珠

中山大学环境科学与工程学院湿地研究中心
广州

陈列荣

广州市南沙区水务环保局
广州

摘 要 广州南沙区湿地生态系统具有重要的生态功能,而现阶段对南沙区经济开发的加快,使得湿地保护与经济建设的矛盾不断加剧。本文通过对南沙湿地的功能和现状以及其环境承载力(ECC)的综合分析,剖析了当前南沙区湿地开发利用的可行性,并提出合理开发湿地及提高其环境承载力的建议,为南沙区经济发展和湿地资源的可持续利用提供策略依据。

关键词 南沙湿地 环境承载力 可持续发展

Abstract Nansha wetland ecosystem in Guangzhou has significant ecological functions. As economy accelerate, protection of Nansha wetland and development of economy conflict. This work analyzes the function, status and Environmental Carrying Capacity (ECC) of Nansha wetland. Feasibility of wetland exploitation is also discussed. Further more, some advice is put forward to utilize wetland resources properly and increase the ECC for sustainable development.

Key words Nansha wetland; Environmental Carrying Capacity (ECC); sustainable development

1. 前言

广州南沙区位于珠江三角洲的地理中心,南沙湿地的生态作用及其代表性在整个珠江三角洲湿地中居于核心地位,保护南沙湿地及其生态系统具有重要意义。同时,南沙区作为广州“南拓”的核心地区,是优化其生产力空间布局,进一步扩大对外开放的新经济增长点。南沙拟建成“一个龙头、三大产业、四大基地”的结构模式,湿地保护与经济建设的协调发展成为了当前的热点问题。

随着南沙区开发步伐的加快,其生态系统将由简单的自然湿地生态系统和农

田、鱼塘等人工湿地生态系统转变为高度复合的城市生态系统。一方面,经济发展对南沙环境承载力需求的大幅提高;另一方面,南沙区湿地生态系统具有特定的空间范围和地域界限,其结构和功能趋向稳定,短期内资源禀赋和环境容量等都是常数,在一定时期内,环境承载力供给不可能出现质的飞跃。然而,在南沙湿地一定的环境承载力基础上,可以承载的人口和经济总量是可变的,取决于人口与生产力的空间分布、不同土地利用方式之间的优化程度,以及产业结构与产业技术水平。因此,南沙区的环境承载力限制着区域经济社会发展的速度和规模,而环境承载力

的不断提高是实现可持续发展的必要条件。

2. 南沙湿地的现状分析

环境承载力 (ECC) 不是单纯描述自然环境特征的量, 其大小还与人为活动密切相关。研究南沙湿地的环境承载力, 应该对人类活动的载体——湿地生态系统进行研究, 同时也要对承载力的承载对象——人类活动进行分析。

2.1 南沙湿地自然概况

(1) 湿地的类型与面积。

根据 2002 年底至 2003 年中山大学对广州南沙区湿地生态系统研究的结果^[1], 南沙地区湿地分为近海及海岸湿地、河流湿地、库塘湿地、其他类型湿地等 4 大类 12 亚类, 面积 53 322.1 hm², 占辖区总面积的 89.2%, 其中近岸及海岸湿地面积最大, 有 51 240.9hm², 占湿地总面积的 96.1%; 河流水域 1 773.6hm², 库塘湿地 94.6hm², 其他类型湿地 212.9hm²。

(2) 湿地主要生物资源。

根据野外调查和资料收集的结果, 南沙区湿地生境中的维管植物为 651 种, 隶属 114 科 359 属; 其中蕨类植物有 16 科 23 种, 裸子植物 1 科 3 种, 被子植物 97 科 625 种。由于南沙湿地濒临河口、近海区域, 植被类型以河口三角洲冲积平原的类型为主, 包括河口潮间带植被、浮水植被、沉水植被、农田耕地植被等 4 种。

南沙地区湿地动物资源丰富, 受国际协定 (公约)、国家或地方重点保护的种类多。鱼类、鸟类、底栖动物、爬行动物、哺乳动物和两栖动物分别占南沙野生动物总物种数 (含人工养殖的鱼类, 不包括浮游动物) 的 34.6%, 30.4%, 19.6%, 6.1%, 5.1% 和 4.2%^[1]。

2.2 南沙湿地生态系统的特征

(1) 具有河口湿地生态系统的典型特征。河口水域面积大, 占南沙湿地总面积的 45.7%; 三角洲湿地资源丰富, 占湿地总面积的 47.9%, 约占南沙陆地总面积的 80%; 分布有从海域到陆地的多种过渡带湿地类型; 湿地组成处于动态变化中^[2]。

(2) 湿地比重大, 分布不均衡。南沙区湿地面积南多北少, 以上横沥和凫洲水道为界, 南部地区湿地面积占该区域总面积的 99.1%, 而北部地区湿地所占比例只有 69%^[2]。

(3) 湿地植物主要为人工草本植被, 森林植被少。农田植被比重大, 约占全区植被总面积的 81%, 而最具生态防护效益的森林植被只占全区植被总面积的 18% 和陆地总面积的 12%^[2]。

(4) 水生动物和鸟类是南沙湿地动物资源的主要组成, 占野生动物总物种数的 85.6%^[2]。

(5) 湿地利用率高。有 34.3% 的湿地属于农业种植用地, 17.5% 的湿地用于水产养殖, 还有 45% 的水域面积属于渔业捕捞区, 用于农渔业生产的湿地占湿地总面积的 96.8%^[2]。

2.3 南沙湿地开发中所存在的问题

(1) 围垦与项目建设破坏湿地生境。

南沙地区是整个珠江三角洲围垦速度最快的区域, 从 1965 年至今仅万顷沙尾就围垦了 6 055hm², 其中自 1984 年以来从十六涌到二十一涌, 面积达 3 560hm²。长期以来过度的围垦对河口湿地生态系统造成了较大的破坏。大量重要天然湿地被围垦, 致使红树林沼泽、芦苇浅草滩等湿地系统面积萎缩; 改变了湿地景观格局, 湿地生物多样性下降, 湿地景观破碎化程度加大; 湿地生境质量变差, 湿地生态功

能发生退化；影响到湿地植物的生长和水生动物及鸟类的生存^[3]。

重点工程的建设、重大项目的引入以及城市化进程的加快使得南沙区建设用地不断增加，直接占用大量湿地，给原来脆弱的湿地生态系统带来了冲击。比如南沙港区北部和中部挖入式港池的建设，会直接占用大片的耕地和基本农田，而南部顺岸港池将使大片滩涂变成为水域。这些都会造成鸟类、滩涂底栖生物生境的丧失，原来的生态系统遭受严重破坏。

(2) 工业、交通和农业生产造成环境污染

南沙石化基地、汽车基地及造船基地的建成与运营，将在不同程度上对南沙区的环境造成污染。尤其是石化基地的建成，将产生含油工业废水，对湿地水质和水环境构成较大的威胁；产生主要大气污染物包括 SO_2 和 NO_2 ，会对湿地生物和人类健康有一定的不良影响。

南沙港区由于大量船舶的运作可能出现船舱底水、船舶压载水排放，而且存在着漏油和撞船的风险。一旦污染发生，会在海面上形成大片油膜，导致鱼类等水生动物缺氧死亡，给水产养殖和沿岸湿地植被带来很大损失。

农业生产中农药和化肥的大量使用，随着地表径流汇入水体，形成面源污染，可能会造成水体富营养化。

(3) 大规模捕捞引起渔业资源减少。

过去，珠江口是一个优良的河口渔场和亚热带鱼类天然繁殖场。近年来由于捕捞强度不断加大和不合理的捕捞方式，经济鱼类资源日趋衰退，近海海洋生物多样性受到威胁，海洋生态系统遭受破坏；导致渔业的发展受到很大的限制，目前渔船捕捞已移向深海^[1]。

3. 南沙湿地环境承载力分析

3.1 区域环境承载力量化模型

本文拟采用环境承载力相对剩余率及其计量模型来表征区域环境承载力。所谓区域环境承载力相对剩余率是指在某一区域范围，某一时区域环境承载力指标体系中各项指标所代表的在该状态下的取值与各项指标理想状态下阈值的差值与其阈值之间的比值。

对于发展类指标，有：

$$P_i = (X_i - X_{i0})/X_{i0} \quad (1)$$

对于限制类指标，有：

$$P_j = (X_{j0} - X_j)/X_{j0} \quad (2)$$

式中

P_i, P_j ——区域环境承载力评价指标体系中第 i, j 个指标的相对剩余率；

X_{i0}, X_i ——发展类变量指标 i 的理想值、实际值；

X_{j0}, X_j ——限制类变量指标 j 的理想值、实际值。

当某一环境要素的相对剩余率大于 0 时，说明该要素的承载量尚未超过其可容量的承载力的范围；反之，则该要素的实际承载量已超过其允许的承载力限度，可能引发相关的环境问题。

3.2 区域环境承载力指标体系的构建

建立一套合理的指标体系是科学地量化研究区域环境承载力的基础和关键。考虑到南沙湿地生态系统的脆弱性，以及开发过程中人地矛盾、利用与保护的矛盾突出，在筛选指标时，首先要选用与滨海湿地的生态特征相符的指标；其次必须选用能反映南沙区发展规划中经济开发活动影响的人文环境指标；再次，要考虑指标相关数据的可获取性。根据以上 3 点原则筛选南沙区湿地环境承载力评价指标得到表 1。

确定 ECC 的理想状态值直接影响到其相对剩余率的计算，从而影响到对南沙区湿地 ECC 的客观判断。对于大气、水环境承载力中各具体指标的理想值，大气环境的理想阈值按《环境空气质量标准》(GB3095 - 1996) 二级标准执行，水环境理想阈值按《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002) III类水质标准执行。对于生态环境承载力、人文环境承载力的各项指标的理想值，参照相似地区相应指标

值或平均水平值来确定。生物多样性以鸟类的多样性来反映，选用中国南方沿海湿地的鸟类多样性指数的调查结果均值为理想值；森林覆盖率的理想值取为国家级生态示范区标准中的丘陵地区标准值；海洋水产资源以人均海产品占有量来反映，选用广东省沿海城市人均海产品占有量为理想值；人均地区生产总值的理想值取广州市人均地区生产总值；人口密度、人均耕地面积取广东省平均值。

表 1 南沙区湿地环境承载力评价指标体系

目标层	准则层	领域层	指标层	指标现状值	指标理想值
南沙区湿地环境承载力	自然环境承载力	大气环境承载力	SO ₂ (mg/m ³)	0.078	0.06
			NO ₂ (mg/m ³)	0.051	0.08
			PM ₁₀ (mg/m ³)	0.087	0.10
		水环境承载力	COD _{Cr} (mg/L)	8.93	20
			NH ₃ - N (mg/L)	0.264	1.0
			石油类 (mg/L)	0.084	0.05
			DO (mg/L)	6.25	5
			TP (mg/L)	0.075	0.2
			BOD ₅ (mg/L)	2.49	4
		生态环境承载力	生物多样性 (鸟类多样性指数)	3.07	2.85
			森林覆盖率 (%)	12	40
			海洋水产资源 (人均海产品占有量, kg/人)	3.75	76.40
		人文环境承载力	经济发展水平 人均地区生产总值 (元)	110 468	63 044
			人口压力指数 人口密度 (人/km ²)	322	526
			人均耕地 (hm ²)	0.04	0.03

(1) 自然环境承载力。
自然环境承载力主要从大气环境、水环境、生态环境 3 个方面来衡量。
大气环境承载力。按照南沙区的总体定位，该区域为环境空气质量二类功能

区，执行《环境空气质量标准》(GB3095 - 1996) 的二级标准。因此，各指标的理想值定为二级标准，即 SO₂，NO₂，PM₁₀年均浓度的理想值分别为 0.06 mg/m³，0.08 mg/m³，0.10 mg/m³。

参照 2008 年南沙区规划环评中应用 A 值法总量控制模型确定的南沙区大气环境容量，得到南沙区理想大气环境容量（表 2）。

表 2 南沙区理想大气环境容量计算结果

主要污染物	环境容量 (10 ⁴ t/a)
SO ₂	3.34
NO ₂	3.35
PM ₁₀	5.02

根据 2006 年《广州市南沙区环境质量年报》，南沙区环境空气质量如表 3。

表 3 2006 年南沙区城市环境空气质量状况

监测项目	排放总量 (10 ⁴ t/a)	浓度 (mg/m ³)	评价	执行标准	质量级别
SO ₂	2.39	0.078	超标	≤0.06	三级
NO ₂	1.44	0.051	达标	≤0.08	二级
PM ₁₀	1.43	0.087	达标	≤0.10	二级

按 ECC 相对剩余率计算公式 (1)，(2)，计算得到 SO₂，NO₂，PM₁₀ 的 ECC 相对剩余率，各污染物的相对权重用式 (3) 来计算，计算结果见表 4。

$$W_i = \frac{y_i/x_i}{\sum_{i=1}^n y_i/x_i} \quad (3)$$

权重；
y_i——第 i 个分量指标的实测值；
x_i——第 i 个分量指标的理想值；
n——分量个数。

式中：W_i——第 i 个分量指标的

表 4 2006 年南沙区大气环境承载力利用现状

主要污染物	现状排放量 (10 ⁴ t/a)	环境容量 (10 ⁴ t/a)	现状剩余环境容量 (10 ⁴ t/a)	ECC 相对剩余率 (%)	相对权重	综合 ECC 相对剩余率 (%)
SO ₂	2.39	3.34	0.95	28.4	0.500	45.6
NO ₂	1.44	3.35	1.91	57.0	0.300	
PM ₁₀	1.43	5.02	3.59	71.5	0.200	

由表 4 的计算结果，SO₂，NO₂，PM₁₀ 的 ECC 相对剩余率分别为 28.4%，57.0%，71.5%；3 种污染物的综合 ECC 相对剩余率为 45.6%。表明南沙区的大气环境承载力状况为可载，有进一步开发的空

间，其中 NO₂ 与 PM₁₀ 剩余的环境容量较大，而 SO₂ 是主要的承载因子，在开发中应注意限制 SO₂ 的排放。

水环境承载力。南沙区为地面水水域Ⅲ类功能区，执行《地表水环境质量标准》（GB3838－2002）的Ⅲ类标准。因此，各指标的理想值定为Ⅲ类标准，即石油类、DO、BOD₅，COD_{Cr}，TP。NH₃－N

浓度的理想值分别为 0.05 mg/L，5 mg/L，4mg/L，20mg/L，0.2mg/L，1.0mg/L。

根据 2007 年《广州市南沙区环境质量年报》，南沙区地表水水质状况如表 5。

表 5 2007 年南沙区地表水水质主要污染指标浓度（mg/L）

	石油类	DO	BOD ₅	COD _{Cr}	TP	NH ₃ －N
蕉门水道	0.083	6.26	2.40	8.59	0.07	0.205
小虎沥	0.085	4.98	2.67	9.35	0.08	0.41
鳧洲水道	0.08	6.67	2.61	9.53	0.08	0.29
洪奇沥	0.086	7.09	2.28	8.26	0.07	0.195
平均	0.084	6.25	2.49	8.93	0.075	0.264

按实际与理想的浓度值计算水的 ECC 相对剩余率，利用公式（1），（2），结果见表 6。

表 6 2007 年南沙区水环境承载力利用现状

		石油类	DO	BOD ₅	COD _{Cr}	TP	NH ₃ - N
ECC 相对剩 余率（%）	蕉门水道	-66	25.2	40	57.1	65	79.5
	小虎沥	-70	-0.4	33.3	53.3	60	59
	鳧洲水道	-60	33.4	34.8	52.4	60	71
	洪奇沥	-72	41.8	43	58.7	65	80.5
	平均	-68	25	37.8	55.4	62.5	73.6
相对权重	0.401	0.191	0.149	0.107	0.089	0.063	
综合 ECC 相对剩余率（%）				-0.73			

注：DO 的相对权重计算是用理想值/实测值，其他指标用实测值/理想值计算。

由表 6 的计算结果，除石油类污染物外，其他污染物环境承载力状态均为可载。由此评价结果，南沙区的综合水环境承载力状态为略微超载。这表明，石油类污染物是南沙区水环境承载力的瓶颈因子，要在开发过程中保证南沙湿地的水环境质量，减少石油类污染物排放是关键。

生态环境承载力。南沙湿地的重点保

护对象是鸟类，因此，本文采用南沙区鸟类多样性指数来评价其生物多样性。选用中国南方沿海湿地的鸟类多样性指数调查结果的均值 2.85 作为理想值（表 7），南沙地区鸟类多样性指数为 3.07。计算得其环境承载力相对剩余率为 7.8%，故其生物多样性环境承载状态为可载。

表 7 中国南方沿海湿地的鸟类多样性指数

上海郊海南东寨港 区 ^[4]	广西山口 红树林 ^[5]	厦门滨海 红树林 ^[6]	内伶仃 湿地 ^[7]	深圳福田 岛 ^[8]	珠海淇澳 红树林 ^[9]	汕头海岸 岛 ^[10]	南沙湿 地 ^[11]	南沙湿 地 ^[12]	均值
2.28	3.09	2.53	2.51	3.00	2.78	3.17	3.21	3.07	2.85

南沙区森林植被只占陆地总面积的 12%，且主要分布于北部的丘陵地带（属非湿地植被），在南部仅分布于龙穴岛、万顷沙湿地生态公园以及一些河涌堤岸、道路两侧等。本文选取国家级生态示范区标准中的丘陵地区标准值 40% 作为理想值。森林覆盖率是发展变量，即森林覆盖率越大，南沙区生态环境质量越好。经计算得 ECC 相对剩余率为 -70%，说明南沙区森林覆盖率还达不到标准，超载量较大，需要加强种植人工林来提高森林覆盖率。

根据《2005 年广东省水产生年报》，选取 2005 年广东省各沿海城市人均海产品占有量 76.40kg/人作为理想值；2005 年广州市人均海产品占有量为 3.75kg/人。计算得 ECC 相对剩余率为 -95.1%，说明南沙区海洋水产资源的环境承载力大大超载，远不能满足广州市的需求，应通过科学的生态养殖及生境恢复来提高海产品的产量。

（2）人文环境承载力。

经济发展水平。参照 2007 年《广东年鉴》的数据，选取 2006 年广州市人均地区生产总值 63044 元作为其理想值；2006 年南沙区人均地区生产总值为 110468 元。计算得 ECC 相对剩余率为

75.2%，说明南沙区的经济发展情况对比广州市总体情况要好。

人口压力指数。人口压力指数通过人口密度和人均耕地两项指标来反映。参照 2007 年《广东年鉴》的数据，选取 2006 年广东省人口密度 526 人/km² 及人均耕地 0.03hm²/人作为其理想值；2006 年南沙区人口密度为 322 人/km²，人均耕地 0.04hm²/人。计算得 ECC 相对剩余率分别为 38.8% 和 33.3%，表明南沙区人口密度和人均耕地均可载。人口对南沙湿地造成的压力比较小，可以适度的发展人口。

3.4 南沙湿地环境承载力综合分析

对南沙湿地环境承载力的综合评价采用公式（4）进行计算，其中各单项指标权重通过咨询专家，采用层次分析法来确定（表 8）。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i \quad (4)$$

式中， P ——区域综合 ECC 相对剩余率；

P_i ——各单项指标的 ECC 相对剩余率；

n ——指标个数；

W_i ——各单项指标的权重。

表 8 各指标的权重及 ECC 相对剩余率

目标层	准则层对目标层的权重	领域层对准则层的权重	指标层	指标层对领域层的权重	指标层对目标层的权重	ECC 相对剩余率 (%)
南沙区湿地环境承载力	大气环境承载力 (0.072)		SO ₂ (mg/m ³)	0.500	0.024	28.4
			NO ₂ (mg/m ³)	0.300	0.014	57.0
			PM ₁₀ (mg/m ³)	0.200	0.010	71.5
	水环境承载力 (0.649)		COD _{Cr} (mg/L)	0.107	0.046	55.4
			NH ₃ -N (mg/L)	0.063	0.027	73.6
			石油类 (mg/L)	0.401	0.174	-68
			DO (mg/L)	0.191	0.083	25
			TP (mg/L)	0.089	0.039	62.5
			BOD ₅ (mg/L)	0.149	0.065	37.8
	生态环境承载力 (0.279)		生物多样性 (鸟类多样性指数)	0.583	0.108	7.8
			森林覆盖率 (%)	0.167	0.031	-70
			海洋水产资源 (人均海产品占有量, kg/人)	0.250	0.047	-95.1
	人文环境承载力 (0.333)	经济发展水平 (0.333)	人均地区生产总值 (元)	1.000	0.111	75.2
			人口压力指数 (0.667)	0.500	0.111	38.8
			人均耕地 (hm ²)	0.500	0.111	33.3

由表 8 可计算出南沙湿地综合 ECC 相对剩余率为 12.42%，这表明南沙湿地总的实际环境承载状况为可载，南沙区开发有一定的可行性。

但从自然环境承载力方面看，石化项目与南沙港的建成，将很大程度增加其承载量，很可能会超载。可从 5 个方面来控制其承载量：第一，减少现有的工业污染排放或关闭排污大的工厂，实施环境容量置换；第二，建设石化与港口专门的治污设施，处理含油污水与废气；第三，扩大南沙湿地公园的面积，补偿鸟类的生境；第四，加快防护林建设，为沿海湿地提供

保护墙；第五，采用生态养殖的方式，以及投放人工礁等生境恢复技术，提高海产品的产量和品质。

4. 提高南沙湿地环境承载力的建议

4.1 恢复退化湿地，增强湿地生态系统的生态功能

对南沙三角洲湿地已退化或丧失生态功能的湿地，包括一些退化的农田、林木植被、红树林等，应通过生态技术或生态工程进行修复或重建，提高森林覆盖率，使其发挥原有的或预设的生态服务功能。