

# The Construction of Dongjiang River Health Diagnosis System in Guangdong Province

Longhua Wu, Xiaoli Yang

College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing  
Email: [jxbywlh2000@aliyun.com](mailto:jxbywlh2000@aliyun.com)

Received: October 2014

---

## Abstract

Dongjiang river system of Guangdong Province takes on the important responsibility of water supply for its water basin and Hongkong. The state of river system health was affected mainly by external force, and it could be characterized by the resource supply, water quality and the structural integrity of river ecosystem etc. On the base of clearing concept and characteristics of river health, the health state of Dongjiang river system is compositively evaluated, and the illness of river system is diagnosed. According to the changing trends of river system health, the early-warning of the river system health was achieved. Using the data and mathematical method, the evaluation index system, the evaluation model, the model of cause of disease and the model of the early-warning of the river system health were built respectively, and the Dongjiang river health diagnosis system was constructed.

## Keywords

River System, River Health, Diagnosis System, Dongjiang Rive of Guangdong Province

---

# 广东省东江河流系统健康诊断体系构建

吴龙华, 杨校礼

河海大学水利水电学院, 南京  
Email: [jxbywlh2000@aliyun.com](mailto:jxbywlh2000@aliyun.com)

收稿日期: 2014年10月

---

## 摘要

东江河流系统承担向流域和香港供水的重任, 其健康状态主要受外部作用的影响, 并通过资源供给、水

质保障、河流生态系统结构完整等系统状态的变化来表征。东江河流系统健康诊断是在确定东江河流系统健康内涵和特征的基础上, 综合评估东江河流系统健康状态, 查找病因, 根据东江河流系统健康的变化发展趋势, 进行健康预警。并利用相关数学方法和资料数据建立东江河流健康综合评价指标体系和评价模型、病因诊断模型和健康预警模型, 从而形成科学的东江河流系统健康诊断体系。

## 关键词

河流系统, 河流健康, 诊断体系, 广东东江

## 1. 引言

东江是广东省重要的四大水系之一, 经过建国后六十多年的水利建设, 东江流域形成了防洪、治涝、灌溉、供水、发电、水土保持、种植养殖、旅游服务等系统功能齐全、综合效益明显的水利整体布局, 为农业和第二、三产业以及社会各项事业的稳步发展, 为社会安定人民安居乐业, 提供了相对可靠的防洪安全保障和水源保证。东江作为流域和香港地区的主要供水水源, 关系着珠三角地区的经济发展和香港特区的繁荣稳定, 是广东省重要的“政治之水、经济之水、生命之水”。在实施最严格水资源管理制度以来, 广东省水资源保护工作取得了较好的成效, 但随着流域内外各用水部门用水量的增加, 东江流域也出现了一些健康问题, 例如东江部分河段水质不容乐观, 局部及部分支流受到较重污染, 水资源利用达到较高水平, 河流系统的生命健康受到了较大的威胁等一系列问题。本文在分析东江河流系统特点的基础上, 研究东江河流健康诊断的思路, 构建东江河流系统健康诊断理论框架和诊断体系, 为东江河流系统健康的科学诊断奠定基础。

## 2. 开展东江河流系统健康诊断的重要性

### 2.1. 东江河流系统的定义

进入现代社会, 不受人类影响而自由流淌的自然河流已基本不复存在, 河流也不仅仅只是包括河道中流动的水, 还包括着发生在河床、河岸滩地上的池塘和湿地; 不仅包括本身的运动结构, 而且还包括河流中无数的生物物种; 同时河流也不断地被人们改造, 在人们的实践活动中发生改变或变化, 它是人们从上一代那里继承下来, 同时是被人们改造过及发生变化后的河流, 也就是人们社会活动的结果, 即社会的产物[1]-[3]。因此, 东江河流系统是由东江的自然要素(例如: 水生生物群落、河道、泥沙、水体等)和社会要素(例如: 防洪、抗旱、供水等)组成, 并通过流域内人类活动结合在一起的、相互关联、具有一定动态平衡能力、等级结构、功能和有序的一个复杂的、开放的有机整体。其中人是东江河流系统中的主体, 而东江的自然生态系统是其中的客体, 东江所能提供的各项社会服务功能(如: 供水、发电、航运等)则是联系主体和客体的纽带。

东江河流系统一个开放的系统, 具有一定的自我调节能力, 但保持系统的稳定性也有一定的限度, 超过这个幅度以后会造成整个系统不可逆的破坏。在结构上, 东江河流系统具有系统内的整体性, 在服务方面, 东江河流系统具有丰富的物质资源和丰厚的文化底蕴。另外, 根据开放系统发展的多途径性, 从不同的初始条件出发和通过不同的途径可以达到相同最终状态, 这就为通过人为治理东江河流系统并促进和维护东江河流健康、保持东江河流系统的可持续发展提供了可能。

### 2.2. 开展东江河流系统健康诊断的意义

东江在广东省的社会经济发展中发挥着极其重要的作用, 东江河流的健康不仅关系到社会经济的快

速发展，更关系到人民的安居乐业。东江河流承担着为河源、惠州、东莞、深圳、广州东部地区及香港地区 4000 余万人口的供水任务，这不仅关系到该地区经济社会的健康发展，更直接关系到香港的稳定和繁荣。东江的水资源开发利用已经达到一定程度，实施最严格水资源管理制度，必须全面有效地评估河流健康状况，诊断影响东江河流系统健康的病因，利用好、保护好、修复好有限的东江水，保障受水地区的供水安全。建立东江河流系统健康诊断体系，有利于水资源管理部门及时掌握东江河流健康现状以及河流退化的原因，为水资源管理者在管理过程中快速有效决策提供参考，为水资源管理部门采取相应的措施进行治理与修复提供理论依据。对于有效保护、科学管理和合理利用东江水资源，保障东江流水生态系统健康，为子孙后代留下健康的东江河流，实现水资源的可持续利用，保障东江整体生态环境安全和经济社会的可持续发展，具有十分重要的意义。

### 3. 东江河流系统健康的作用机制

#### 3.1. 东江河流系统的特点

东江河流系统具有综合整体性、有机关联性、发展的动态性、发展的有序性和抗干扰性等系统特征。在结构上，东江河流系统具有系统内的整体性和系统间的关联性；在机能上，河流系统具有一定的自我调节和反馈的自适应能力，能在一定程度上维持系统的健康和相对稳定性。但这种自适应能力是有限度的，具有一定的阈值，表现出系统自适应的脆弱性；在服务上，河流系统更具有丰富的物质资源和丰厚的文化底蕴。

上述河流系统特征是通过东江河流系统的结构和功能体现出来的，而河流系统的结构和功能二者又是相互联系、相互制约的。一方面，系统结构决定系统功能，结构发生变化，制约着系统发展变化，从而导致功能的变化。结构是功能的内在依据，是维持河流功能的基础。另一方面，功能是河流结构的外在表现，功能也具有相对的独立性，可反过来影响河流结构，引起河流结构的变化。由此可以看出，河流系统的结构和功能决定着河流系统的健康状态。

#### 3.2. 东江河流系统健康的作用方式

健康的河流系统不但可以保持合理的结构状态，正常发挥其在自然生态环境演替中的各项功能和社会服务功能，而且还能维持河流自身的可持续发展，由此来保证河流资源的可持续开发利用目标的实现。对于东江河流系统的健康，既需要河流结构保持健康状态，同时也要求河流各项功能也处于健康状态，使河流系统所具有的结构和各项功能处于良好的状态。

当河流系统在受到外部因素作用时，系统内结构以及各组成要素之间的关系会受到影响并产生反馈[4]。如果外部作用使河流系统内部结构以及各组成要素的有序程度提高，使其朝更高层次的复杂性和稳定性方向发展，说明这种作用对改善河流系统的健康是有益的，则称这类外部作用为系统的正能量；反之，则称这类外部作用为河流系统的副能量。当这种副能量超出河流系统的自我调节能力时，河流系统结构及要素组成就会从有序状态向无序状态转变，使河流系统健康状况发生退化，甚至会发生病变，从而导致河流系统的各项功能产生退化或弱化[5] [6]。可见，河流系统在受到外部因素影响时，是通过改变系统的内部结构和机能，使系统的健康状况发生改变，这种变化是通过河流的物理结构形态、水文水资源、水质、水生生物和社会服务功能等状态变量的变化表征出来的。

### 4. 东江河流系统健康诊断体系结构

#### 4.1. 东江河流系统健康诊断的总体思路

对东江河流系统进行健康诊断的目的是为了更好地对河流系统进行科学管理，促进东江河流系统的

可持续发展,实现流域的人水和谐。因此,开展河流系统健康诊断技术的研究,了解河流系统的健康问题,是实现东江科学治理的一项重要工作。只有在明确东江河流系统健康的内涵的基础上,充分掌握河流系统的健康状况、明确其健康状态的主要致病原因和东江河流系统健康状态的发展趋势,才能更有利于实现对东江的科学治理。另外,东江河流系统健康综合诊断要从东江的实际情况出发,借鉴国内外关于河流健康的研究成果,因地制宜地开展东江河流健康评估,制定符合东江特点的河流健康诊断方法与技术方案。

目前,国内外对河流的健康问题开展了大量的研究并已取得了很多的成果,但在2005年以前大多关注于确定河流健康内涵和河流健康评价2方面,其中在河流健康评价方面开展了较多的研究[7]-[13],对于引起河流健康恶化的原因未做深入研究[14]。2006年杨文慧在河流健康的研究中开始关注导致河流健康病变的原因[15],随后夏继红等人在浙江河流健康诊断中对河流健康致病因素进行了研究[16]。东江河流系统健康诊断则是在分析影响河流系统健康的内部因素与外部因素的基础上,评价河流系统的健康状况,分析导致河流系统健康恶化的主要外部因素,判断河流系统健康状态的发展变化趋势。因此,东江河流系统健康诊断的总体思路为:首要根据东江的自身特征明确东江河流系统健康的内涵和特点,在此基础上建立东江河流健康评价指标体系,利用相关数学原理建立评价模型,并进一步分析评价河流健康状况;在东江河流健康评价的基础上,通过建立外在因素与内在因素之间的函数关系,探究导致东江河流健康问题产生的主要原因,利用病因诊断模型确定影响东江河流系统健康的主要致病因素;根据东江河流系统健康评价体系中各影响因素的变化及发展趋势,建立河流健康预警模型,对东江河流系统健康发展趋势进行分析预测,及时警示河流向不健康方向发展的警情,为决策者提供及时、准确的反馈调控信息。

#### 4.2. 诊断技术体系

东江河流系统健康诊断以理论与实际应用相结合为宗旨,根据东江河流系统的特点,借鉴前人研究成果,以水力学,河流动力学,生态学,环境科学等多学科理论为基础,运用现代数学方法系统地开展东江河流健康诊断。在收集整理国内外河流健康相关研究成果的基础上,全面收集东江的河流资料,调研东江的基本情况,分析东江的现状、特点及存在问题。借鉴已有的研究成果,研究东江河流系统健康的内涵,分析影响东江河流系统健康的影响因素,并在此基础上构建分层次、分类别、定性与定量指标相结合的东江河流系统健康评价(预警)指标体系和东江河流系统健康病因诊断指标体系,这两个指标体系是整个东江河流系统健康诊断的关键组成。根据这两个指标体系和东江河流系统健康诊断的特点,选择合适的指标权重赋权方法,并结合相关数学方法建立适宜东江河流系统健康评价模型、健康预警模型和病因诊断模型。其中东江河流系统健康评价模型和健康预警模型分别用来诊断东江河流系统的健康状况和对东江河流系统的健康发展趋势进行预警,东江河流系统病因诊断模型则是用来找出影响河流健康的主要外源性因素,为东江河流的科学治理提供明确目标。东江河流系统健康诊断体系结构框架如图1所示。

### 5. 东江河流系统健康诊断尺度

尺度通常认为是考察事物(或现象)征与变化的时间和空间范围,标志着对研究对象需要了解的程度。在河流健康研究中尺度选择不同,会导致对河流健康各组成因素间相互作用所体现出的结果认识也不同,从而会直接影响研究目标的实现。如果尺度选择过大,则会降低指标的敏感性;若过小,不但会增加研究的难度,还会使得资料收集的难度和成本急剧上升。因此,河流健康诊断应选择适宜的诊断尺度。

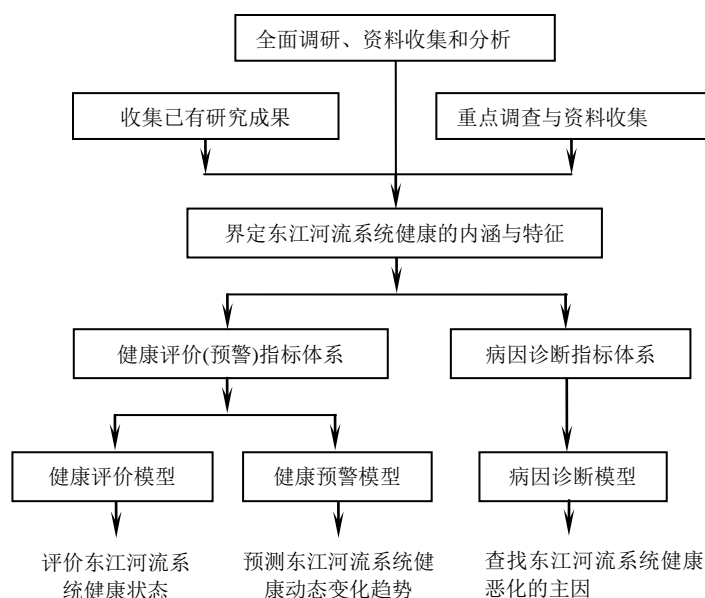


Figure 1. The frame of the construction of river health diagnosis system  
图 1. 东江河流系统健康诊断体系结构框架图

## 5.1. 空间尺度

空间尺度的选择主要是根据诊断精度的大小来确定。由于东江干流长达几百公里，上、中、下游自然、地理、气候、社会经济发展的各个方面都有着很大的差异，因此应以不同的河段为具体诊断单元，所以东江河流系统健康诊断中空间尺度的选择以河流系统与河段为主，同时兼顾流域尺度。河段划分的合理性对保证诊断结果的有效性有重要的影响作用。为了使河段划分的综合特征更具代表性，能更好地反映河流结构和功能特征的变化趋势，在河段的划分过程中遵循以下几项原则：

- 自然条件相似性原则：主要是指河床演变、水生生物组成和分布、周边自然环境状态等的相近性。
- 社会环境的相似性原则：是指河流两岸土地利用方式的相似性，对河流水资源和水环境开发利用方式的相似性(包括河流上水工建筑物用途和布置形式的相似性)，河流污染现状的相似性和近远期社会发展对河流资源的需求和开发方式的相似性。
- 便于管理和分区的原则：主要是指河段的划分具有可操作性，容易被管理者接受，又能尽量使用现有的分区办法，一般常借鉴河流的水功能区划。
- 重点突出性原则：针对可能存在问题的河段在空间尺度的选择上适当减小，或者对重点区域单独分区。
- 问题导向性原则：按照主要的生态破坏问题，环境污染问题的轻重程度和空间分布特征对河流进行分段，这样可以保证对河流的管理方向和对策措施更具针对性。

## 5.2. 时间尺度

河流的建设与管理都是以河流管理计划或规划为根据的，而且对河流系统各组成要素资料的监测都是有一定时间频率的。因此，在对东江河流系统进行健康诊断时，其时间尺度必须要与之相适应和匹配。另外，在对分析导致东江河流系统健康恶化的主要因素(病因诊断)和预测东江河流系统健康状态发展趋势时，也都需要有一定时间序列的监测资料。东江有关河流管理规划的制定都是以 5 年或 10 年作为一个周期。因此，时间尺度的选择以此为基础，同时结合河流系统各相关要素的特征选择相应的时间尺度。

## 6. 结语

东江河流是广东省一条比较完整的流域，河流从上游到下游在广东省境内构成一个相对完整的河流系统。它具有综合整体性、有机关联性、发展的动态性、发展的有序性和抗干扰性等系统特征，具有丰富的物质资源和丰厚的文化内涵，承担了东江流域与香港地区供水的重任。东江河流系统的健康主要受外部作用的影响，并体现在水资源供给、水质、水组分稳定性、河流生态系统结构完整性、具有自适应和自我调控能力五个方面。东江河流系统健康诊断体系通过分析状态变量的变化，诊断当前东江河流系统的健康状态，分析产生病变的主要原因，判断东江河流系统健康状态的发展趋势，从而为河流管理者提供东江河流系统健康情况的预警信息。

## 基金项目

国家自然科学基金(51179057)。

## 参考文献 (References)

- [1] 王树思, 等 (2000) 近代生态破坏与环境污染的发生、类型、状况与危害——马克思恩格斯环境哲学思想的系统研究. *社会科学战线*, **12**, 84-92.
- [2] 余谋昌 (2008) 人类文明: 从反自然到尊重自然. *南京林业大学学报(人文社会科学版)*, **3**, 2-8.
- [3] Christer, N. and Kajsa, B. (2000) Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. *Bioscience*, **50**, 783-793.
- [4] Boulton, J. (1999) An overview of river health assessment: Philosophies, practice, problems and prognosis. *Freshwater Biology*, **41**, 469-479.
- [5] 杨文慧, 杨宇 (2006) 河流健康概念及诊断指标体系的构建. *水资源保护*, **6**, 28-30.
- [6] 杨文慧, 严忠民, 吴建华 (2005) 河流健康评价的研究进展. *河海大学学报(自然科学版)*, **6**, 607-611.
- [7] Norris, R.H. and Themis, M.C. (1999) What is river health? *Freshwater Biology*, **41**, 197-209.
- [8] Fairweather, P.G. (1999) State of environment indicators of river health: Exploring the metaphor. *Freshwater Biology*, **41**, 211-220.
- [9] 刘宗平, 刘进琪 (2007) 内陆河流健康评价探讨. *水资源保护*, **3**, 24-26.
- [10] 李国英 (2004) 黄河治理的终极目标是“维持黄河健康生命”. *人民黄河*, **1**, 1-3.
- [11] 宋兰兰, 陆桂华, 刘凌 (2004) 浅析生态系统健康评价研究现状. *河海大学学报(自然科学版)*, **5**, 539-541.
- [12] 张远, 郑丙辉, 刘鸿亮, 等 (2006) 深圳典型河流生态系统健康指标及评价. *水资源保护*, **5**, 13-17.
- [13] 林木隆 (2006) 珠江流域河流健康评价指标体系初探. *人民珠江*, **4**, 1-3.
- [14] Karr, J.R. (1991) Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, **1**, 66-84.
- [15] 杨文慧 (2007) 河流健康的理论构架与诊断体系的研究. 博士学位论文, 河海大学, 南京.
- [16] 胡玲, 韩玉玲, 夏继红 (2008) 浙江省河流健康诊断思路及关键内容. *河海大学学报(自然科学版)*, **3**, 322-325.