

河口水资源

生态效应与高效利用

符传君 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

河口水资源

生态效应与高效利用

符传君 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共 10 章, 对我国海南省第一大河流——南渡江的河口水资源生态效应和高效利用进行了广泛而深入的研究, 并取得了一系列的成果。主要内容包括: 运用小波方法对天然年径流进行了多时间尺度分析, 并利用不同尺度下的低频成分预测水文序列的变化趋势; 将模糊数学理论中的层次分析法引入到水资源分析中, 并对海口市的水资源利用程度进行了模糊评价; 基于灰色预测模型和改进 BP 神经网络进行水资源需求预测; 在分析生态需水概念的基础上, 以最小生态基流为思路, 利用多种方法计算了南渡江河口的河道内生态需水量和河道外生态需水量; 基于盐水入侵水动力学的方法, 对入侵距离和流量之间的关系进行研究; 从河流功能出发, 建立了以河流的服务功能、环境功能、利用功能及生态功能为要素的评价指标体系; 运用层次分析法进行综合评价, 得出各指标对河流生态健康的影响指数; 并分析了橡胶坝工程对河流生态健康的影响; 在总结南渡江河流生态系统服务功能的基础上, 建立了其河流生态系统服务的经济价值评价指标体系, 并对南渡江河口段增蓄水资源的价值量进行了研究。

本书可供从事水资源研究、开发、利用、管理的科技人员学习使用, 同时也可供高等院校相关专业的师生学习参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

河口水资源生态效应与高效利用 / 符传君著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-5084-8263-7

I. ①河… II. ①符… III. ①河口—水资源—生态环境—研究—海南省②河口—水资源—资源利用—研究—海南省 IV. ①X321.66②TV213.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第262950号

书 名	河口水资源生态效应与高效利用
作 者	符传君 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 12.5 印张 296 千字
版 次	2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1500 册
定 价	48.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

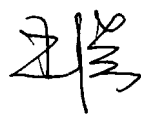
水作为一种特殊的自然资源，不仅是人类社会经济发展的基础，同时还创造并维持了人类赖以生存和发展的生态环境条件。水资源除具有维持人们生产与生活活动的经济服务功能，包括生活用水、农业用水、工业用水、发电、航运、渔业等，还具有维持自然生态过程与区域生态环境条件的水生态功能，如营养物质的运输、环境净化及维持森林、草地、湿地、湖泊、河流等自然生态系统的结构与过程。对水生态系统的各项服务功能的定量评价有助于全面认识水资源的价值，科学合理地利用水资源，协调环境用水与经济用水之间的矛盾，达到水资源利用的生态效益和经济效益最优化，对水资源保护及科学利用具有重要意义。同时，水生态系统服务功能价值评价又是水资源纳入国民经济核算体系的前提，是进行水利建设和开发等宏观决策的基础。但是自 19 世纪工业革命以来，由于人口剧增以及过快的工业化进程使得生态系统提供产品和服务功能受到了极大的损害。特别是对河流生态系统来说，人类需水量的增加及污染物的过度排放导致河流生态系统健康状况日益恶化。

河流系统与人类活动的关系非常密切，是自然界最重要的生态系统之一。河流系统包括河流、湖泊及邻近的土地。天然河流系统是一个相对独立的水环境生态系统，系统内的水量、水质和生物三者相互联系，相互制约，共同构成了河流生态系统的主体。河流系统具有生态功能、环境功能和资源功能等多种功能。它的生态功能体现在河流系统中的水体、洪泛平原和湿地以及河口地区，是水生、湿生生物理想的栖息地，具有很高的生物多样性，河水及其泥沙为它们提供了饵料和营养物质，使它们能够繁衍生息。河流系统的环境功能则表现在调节气候、补给地下水、泄洪、防洪、排水、输沙、景观等方面。从资源利用方面看，河流系统又具有诸如供水、发电、航运、水产养殖等经济价值，是人类和其他生物赖以生存的重要资源。在不同区域和不同阶段，为了维持河流系统的健康功能，满足河流系统水资源开发利用的不同目的，必然会对水资源分配利用提出具体要求。为了使河流水资源能够得到可持续利用，在河流综合规划中，必须要考虑维持河流系统的生态平衡所必需消耗的水量，即要预留必要的河流生态需水量。长期以来水资源的利用

主要考虑农业、工业和生活用水等方面的经济效益，过量地开发河流水和占用水资源的生态空间，而对在维持生态环境平衡所需要的用水方面则没有得到足够的重视。正是由于这种忽视，在水资源的开发利用过程中，已经产生了水环境、水生态严重破坏的后果。在这种背景下，河流生态环境需水问题及河流生态健康问题逐渐被世人所关注，并成为讨论和研究的热点和难点问题之一。

南渡江是海南省的第一大河流，近些年来，南渡江干流各种蓄水、引水、提水工程的兴建，人为地改变了天然径流情况，在一定程度上影响（甚至破坏）河流生态系统的健康。同时，本来南渡江下游至出海口 28km 的河段可以为海口市提供部分水源供给，满足部分农田及沿岸旅游景观的需水要求，但是近年来由于泥沙开采过度，造成河床过低，使海水倒灌现象日益严重，迫使距出海口 8km 处的攀丹水厂废弃，沿岸农田无法取水灌溉，部分农村发生饮水困难。

因此，目前海口市所处的南渡江河口地区面临严重的生态环境问题，如何恢复其河流生态系统的自然生态及社会经济服务功能，是海口市市政府急需解决的问题。本书根据南渡江下游河口段存在的主要问题及水资源特点，在生态环境需水量研究和河流生态系统健康现状评价的基础上，对增蓄水资源进行生态影响及其价值进行了评价，并对河口地区盐水入侵的动力特性进行研究。这将为充分开发利用南渡江河口段有限的水资源，为南渡江河口地区生态环境治理，为南渡江河口段水资源的综合利用，为海口市社会和经济的可持续发展等提供决策依据。



2010 年 12 月 20 日

前 言

水是生命的源泉，是人类赖以生存和发展的基础，是一种动态的可更新的资源。水资源是所有资源中最重要的部分之一，地球环境离开了水将变得了无生机。水的这一特性决定了水在地球生态系统中所具有的重要作用。20世纪，由于科学技术的进步和社会生产力的飞速发展，人类社会物质文明提高到了前所未有的水平，与此同时，水资源、水环境也受到了较大的影响。全球水资源和水环境问题日趋严重，在许多地区和城市，水资源已成为制约人类生存和发展的重要因素，严重影响着社会经济可持续发展的进程。南渡江是我国海南省的第一大河流，被誉为海南省的“母亲河”，她为海口市的社会经济发展提供了重要水源保障。因此，正确认识南渡江下游水资源状况，进而合理开发利用南渡江下游的水资源，对海口市未来的发展具有重要意义。

全书共10章，第1章介绍了南渡江流域概况；第2章用不同的方法分析了南渡江下游水资源变化规律；第3章介绍了南渡江下游水资源开发现状；第4章对海口市经济社会发展及水资源需求进行了分析；第5章分析了南渡江河口的水生态环境；第6章建立了南渡江河口水生态环境健康评价的指标体系；第7章用数值方法模拟了南渡江河口的盐水入侵；第8章介绍了提高南渡江海口地区水资源利用的橡胶坝工程规划；第9章介绍基于服务功能的河流生态系统价值量；第10章为结论和展望。

本书在编写过程中，得到了天津大学练继建教授、杨敏教授的帮助。为本书付出辛勤劳动的还有王秀杰博士、许栋博士、马超博士、王奎超硕士、李晶晶硕士等。本书的编写出版还得到了海南省水文水资源勘测局的李龙兵、王琦、吴仕寰、李兴、王昌益、陈小康、陈秋松、韩臻光及海口市水务系统的郑国建、林孝鉴、程守学、刘维华、吴庆雄、薛根雄、刘保、陈庆丰、陈挺雄、曾宪平等同志的大力支持。另外，本书在编写过程中得到了海南省水利学会郭卫东、黄世福、林加禾、郑裕盛等专家的指点。在此一并向他们表示衷心的感谢！

由于作者的学识水平有限，难免存在疏忽、不妥或错误之处，敬请读者和专家指正。

符传君

2010年12月于海口

目 录

序

前言

第 1 章 南渡江流域概况	1
1.1 河流水系	1
1.2 水文气象	1
1.3 潮汐	3
1.4 蒸发	3
1.5 泥沙	3
1.6 水质	3
1.7 地形地貌	3
1.8 地质	4
第 2 章 南渡江下游水资源变化规律	5
2.1 南渡江下游水资源变化基本特点	5
2.2 降水量	7
2.3 年径流分析	8
2.4 南渡江下游水资源变化多尺度小波分析	14
2.5 小结	20
第 3 章 南渡江下游水资源开发现状	22
3.1 引言	22
3.2 研究范围及研究水平年	22
3.3 供水基础设施现状	22
3.4 海口市水资源开发现状	25
3.5 海口市供水量现状	26
3.6 2004 年海口市用水量分析	29
3.7 基于层次分析法的南渡江水资源开发程度评价	34
3.8 地下水资源开发利用现状	40
3.9 南渡江下游饮用水源地现状	42
3.10 水资源开发利用中存在的问题	43
3.11 小结	44
第 4 章 海口市经济社会发展及水资源需求分析	46
4.1 自然资源特点	46

4.2	社会经济发展现状	48
4.3	发展前景分析	50
4.4	人口发展与城镇化进程预测	51
4.5	经济社会发展指标分析	53
4.6	经济社会发展的水资源需求分析	56
4.7	农业、工业、第三产业发展和人口增长的灰色理论预测	66
4.8	小结	74
第5章	南渡江河口水生态环境影响因素分析	75
5.1	河口地区生态环境现状	75
5.2	存在的主要问题	80
5.3	生态需水研究方法 & 南渡江下游生态需水量计算原则的确定	88
5.4	南渡江下游河道生态需水量研究	91
5.5	河道外生态需水	95
5.6	地下水生态水位	99
5.7	小结	102
第6章	南渡江河口水生态环境健康评价	104
6.1	河流生态系统健康的评价理论与方法	104
6.2	基于层次分析法河流生态系统健康评价模型的建立	107
6.3	增蓄水资源对河流健康的影响评价	113
6.4	小结	117
第7章	南渡江河口水入侵数值模拟	118
7.1	概述	118
7.2	南渡江河口水入侵的动力因素和入侵规律	121
7.3	基于水动力学方法的盐水入侵分析	123
7.4	平面二维水流数学模型	126
7.5	平面二维盐度数学模型	131
7.6	南渡江河口水流和盐度数值模拟	133
7.7	小结	139
第8章	南渡江海口段橡胶坝工程建设规划	140
8.1	海口地区的社会经济发展状况	140
8.2	海口地区的水环境问题及发展趋势	140
8.3	修建橡胶坝工程的作用	142
8.4	修建橡胶坝工程的任务	144
8.5	橡胶坝枢纽工程建筑物的布置	150
8.6	橡胶坝工程施工	160
8.7	橡胶坝工程管理	161
8.8	橡胶坝工程对环境的影响	161

8.9	橡胶坝建设的投资估算	165
8.10	橡胶坝建设的经济评价	167
8.11	小结	168
第9章	基于服务功能的河流生态系统价值量研究	169
9.1	河流水生态系统服务功能及其分类	169
9.2	河流生态系统服务的经济价值评价指标体系建立	171
9.3	南渡江河口段增蓄水资源的价值量研究	176
9.4	小结	181
第10章	结论和展望	183
10.1	结论	183
10.2	展望	184
	参考文献	186

第1章 南渡江流域概况

1.1 河流水系

南渡江是海南岛第一大河流。干流发源于白沙县南峰山，地势西南高东北低。东北向流经白沙、儋州、琼中、澄迈、屯昌、定安至海口市三联村汇入琼州海峡，位于东经 $109^{\circ}12' \sim 110^{\circ}35'$ 、北纬 $18^{\circ}56' \sim 20^{\circ}05'$ 之间。

南渡江流域面积 7033km^2 ，干流长 334km ，干流平均坡降 0.72% ，总落差 703m ，流域形态呈狭长形，平均宽度 21km 。南渡江松涛坝址以上为上游（河段长 137km ），松涛坝址至九龙滩坝址为中游（河段长 83km ），九龙滩坝址以下为下游（河段长 114km ），其中龙塘坝址以下为河口段（见图1.1）。

南渡江龙塘坝距河口近 28km ，下游干流汇水面积为 142km^2 。南渡江河口段干流呈“S”形，河流大致是南北向径流入海。河口段河床较宽，最宽处达 2000m ，最窄处亦有 500m ，一般宽度为 1000m 以上，枯水期河水深 $2 \sim 4\text{m}$ ，河床底高程 $-2.0 \sim 1.5\text{m}$ 。水流缓慢，出海口以上十几公里为感潮河段。沿河床沉积有漫滩、江心洲及河口三角洲。河漫滩枯水期露出水面，洪水期多淹没。河流两岸为一级沉积阶地，地形平坦，地面高程为 $5.0 \sim 8.0\text{m}$ （秀英高程，下同），左岸海口市新埠岛至雅太村段属河海沉积阶地，地面高程 $2.2 \sim 5.2\text{m}$ 。南渡江河口段分三支入注琼州海峡。北支为干流（在三联村附近入海），西北支为横沟河（在网门港入海，横沟村附近），西支为海甸溪（在海口港入海，新港码头附近）。

南渡江干流流经海口市境内长约 75km 。在该河段内有龙州河（集水面积 1294km^2 ）、巡崖河、铁炉溪、南面溪、三十六溪等重要一级支流（集水面积大于 100km^2 ）汇入干流。龙塘坝下游河段有美舍河、龙塘水沟、响水河等小支流汇入。其中美舍河集水面积为 50.16km^2 ，主流入汇于海甸溪，分流汇入干流。

河口三角洲水系还包括独流入海小河。独流入海小河中，河口段西侧（海口市）有龙昆沟（海口湾入海），东侧（琼山市）有潭缆河（沙上港入海）、迈雅河（东营港入海）、抱历河（山湖港入海）、福创溪（北创港入海）等。

1.2 水文气象

南渡江流域地处热带北部边缘，具有丰富的降雨、阳光和热能，台风频繁，干湿季差别显著。年平均气温 23.5°C ，气候温和，四季界线不明显。 $5 \sim 9$ 月为高温期，7月平均气温最高，为 28°C ，绝对最高温度 41.6°C ；低温期在 $1 \sim 2$ 月，1月平均气温最低，为 17°C 。年平均日照数 2100h ，太阳辐射量 $167\text{W}/\text{m}^2$ 。年平均相对湿度 85% 。主导风向为东北季风，也有东风和东南风吹过， $8 \sim 10$ 月的风速较高。上游风速为全省最小的地区，年平均值为 $1.5\text{m}/\text{s}$ ，中下游受冬季东北风及台风影响，以及昼夜间的海陆气候交替等因

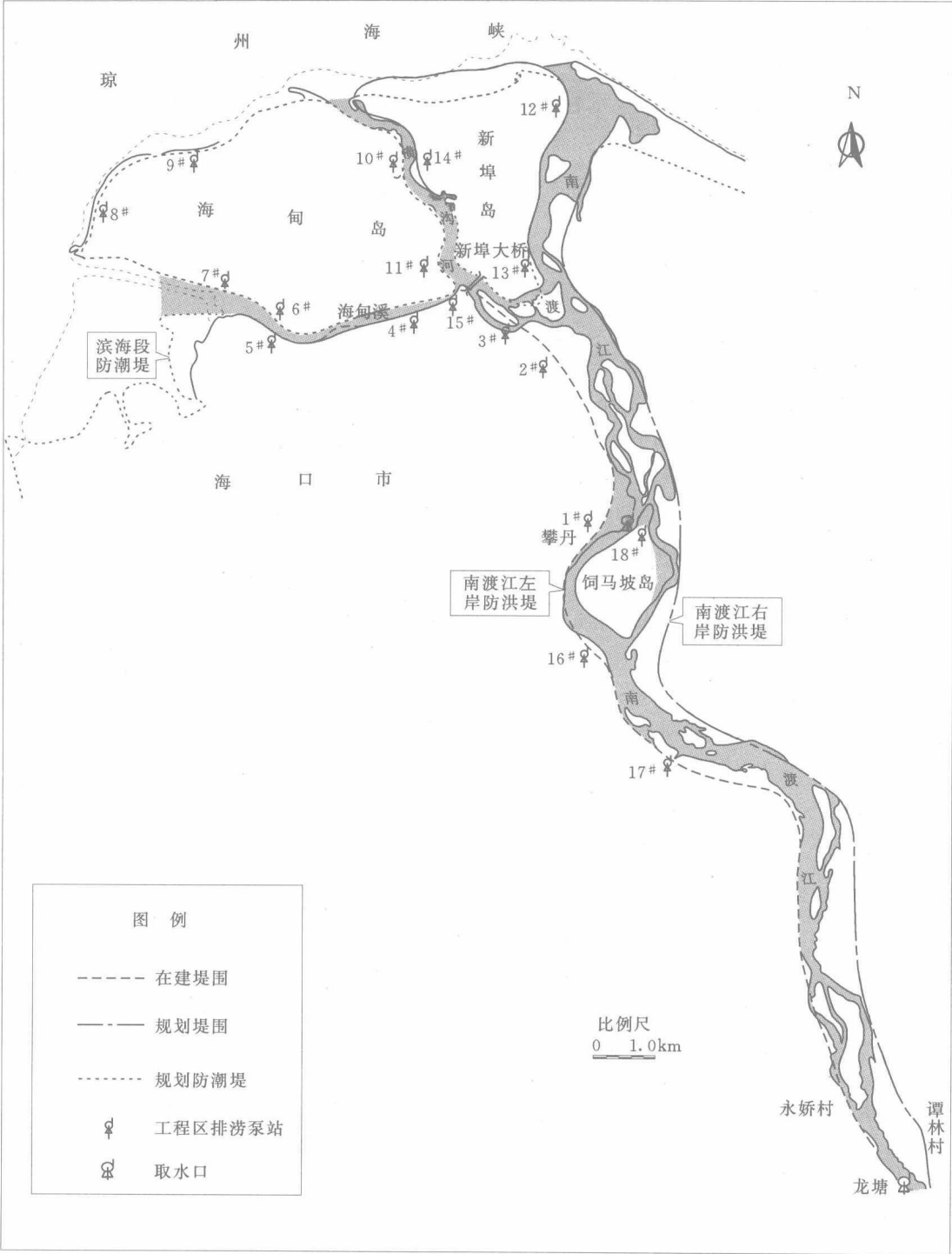


图 1.1 南渡江龙塘坝下游示意图

(本图由海南省水利电力建筑勘测设计院《南渡江河口治理工程平面布置图》绘制而成)

素变化关系,形成年风速较大,多年平均风速 3~4m/s。海口地区台风最大风速达 42.8m/s,多年平均 10min 最大风速为 13.6m/s。平均每年受 7 次台风影响,年平均登陆 1~2 次。

据 1956~2000 年水文系列,南渡江流域多年平均降雨深 1929.2mm,海口市境内多年平均降雨深在 1829.9~1586.4mm 之间;流域多年平均径流深 982.1mm,海口市境内多年平均径流深在 846.2~640.4mm 之间。

1.3 潮汐

潮汐现象主要是由于太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡进入南海后形成,潮汐类型主要为不正规日潮。沿岸平均潮差 1.0m 左右,最大潮差 2.5m 左右,平均涨潮历时比落潮历时长 2h 左右。实测天文潮最高潮位 2.38m (秀英基面),实测风暴潮最高潮位 4.25m (1948 年),实测最低潮位 -0.06m,实测风暴潮高潮位相应最大增水 2.5m (1981 年)。

1.4 蒸发

流域内的蒸发量变幅不大,上游小于中下游,山区小于丘陵台地,但差异不大。据龙塘水文站观测资料统计,多年平均水面年蒸发量 1125mm。而海口市境内多年平均年蒸发量 1150mm。

1.5 泥沙

流域上中游地区森林茂密,植被良好,四季常青,地表土壤有较强的抗冲能力,水土流失轻微,实测悬移质含沙量较少,澄迈县有小面积水土流失已基本上得到治理。南渡江输沙量不大,并呈减少之势。据龙塘坝水文站泥沙观测资料统计:1956~2000 年的多年平均年悬移质输沙量 36.5 万 t;其中,1956~1958 年平均为 84.5 万 t,1959~1968 年平均为 48.7 万 t,1969~1988 年平均为 30.8 万 t,1989~2000 年平均为 21.3 万 t。龙塘站多年平均输沙模数为 52.2t/km²。

1.6 水质

根据《海南省水资源调查评价》(2004 年 8 月),南渡江参加水质评价的河流为南渡江干流、新吴溪和大塘河,总评价河长 497.1km。评价河段各时期水质均达到Ⅲ类或优于Ⅲ类水标准,全年期均达到Ⅱ类或优于Ⅱ类标准,其中Ⅰ类水河长占 19.5%,Ⅱ类水河长占 80.5%;汛期水质好于非汛期。非汛期出现Ⅲ类水的河段主要分布在新吴溪茶根糖厂段,主要影响参数为溶解氧。此外,还对该流域上的两座水库进行评价,其中松涛水库除上游白沙库区部分区域受白沙糖厂污染,水质为Ⅳ~Ⅴ类外,其他大部分区域各时段水质为Ⅱ类;沙坡水库受氨氮、总磷和高锰酸盐指数的污染,水质为Ⅳ类,呈富营养状态。

1.7 地形地貌

南渡江上游是中低山地区,上游河谷狭窄,坡降大,急滩多。中游为低山丘陵,南高

北低，河道两岸地形陡峻，河道迂回弯曲。下游为丘陵台地及滨海平原三角洲，地势南高北低，坡降平缓，河道宽阔，沙洲、小丘、浅滩较多，两岸是平坦的台地，大部分为农田。

1.8 地质

南渡江下游河段干流沿岸为第四系台地沉积岩及喜山期玄武岩，沿海为第四系海相沉积岩，沉积物由砂、砾石、砂卵石、砂质黏土、粉砂、黏土及淤泥组成，新坡以上两岸覆盖层厚约 10m；灵山以下覆盖厚度达 20m 左右，新坡至灵山段右岸为玄武岩所覆盖，厚度 5~15m。

据中国地震烈度区划图和海南省地震烈度区划图，工程区地震烈度为 8.0 度。

第 2 章 南渡江下游水资源变化规律

水资源是指全球水量中可为人类生存、发展所利用的水量，主要是指逐年可以得到更新的那部分淡水量。最能反映水资源数量和特征的是年降水量和河流的年径流量。年径流量不仅包含降水时产生的地表水，而且还包括地下水的补给。所以，世界各国通常采用多年平均年径流量来表示水资源量。南渡江是海南省的第一大河流，被誉为海南省的“母亲河”，她为海口市的社会经济发展提供了重要水源保障。因此，正确认识南渡江下游水资源状况、变化规律和开发利用程度，进而合理开发利用南渡江下游的水资源，对海口市未来的发展具有重要意义。

2.1 南渡江下游水资源变化基本特点

2.1.1 径流资料

2.1.1.1 基本资料的收集

南渡江流域面积 7033km^2 ，干流长 335km ，流经海口市境内约 75km ，于海口市三联村汇入琼州海峡。龙塘坝上控制流域面积 6841km^2 ，自下而上设立有龙塘、定安、金江、迈湾、三滩、南丰、福才、白沙和细水等水文（水位）站。龙塘站始建于 1954 年 6 月，它位于龙塘镇上游 300m 处，属南渡江出海河口的控制站，自 1956 年至今有连续的水文资料，而且资料全、质量可靠，能满足分析计算的需要。本次统一采用 1956~2000 年实测径流系列进行南渡江下游地表水资源分析计算。龙塘站上游建设有松涛、迈湾、谷石滩和九龙滩水库等水利工程（见图 2.1），对南渡江的径流具有调蓄和再分配的作用，因此龙塘站有些径流资料受这些水利工程的影响，测到的已不是天然情况下的资料，这些资料在整理时都作了还原计算。

2.1.1.2 径流资料还原计算

由于受人类活动的影响，如流域内兴修各种水利工程及工农业用水、城镇生活用水等，水文站断面测到的径流量不能代表天然流量。为了使径流的计算成果能基本上反映天然情况，使资料具有一致性，需要对测站以上受开发利用活动影响而增减的水量进行还原计算。径流还原是一个比较复杂的问题，方法也有多种，本次水资源分析按海南省《海南省水资源综合规划技术细则》及有关要求，统一采用概念比较清楚、成果比较可靠的分项调查还原法，对龙塘水文站 1956~2000 年实测径流进行还原计算，将实测年径流系列还原为天然年径流系列。

1. 还原内容

（1）还原的主要项目：农业灌溉、工业和生活用水的耗损量（含蒸发消耗和人渗损失），跨流域引出、引入流量，水库蓄水变量等。

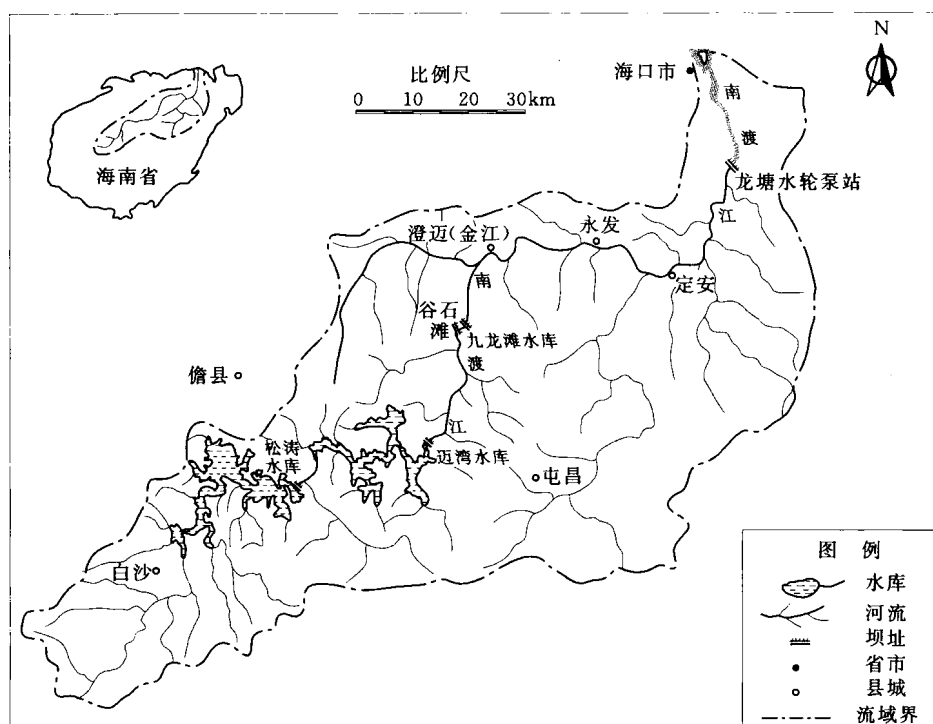


图 2.1 南渡江干流水利工程示意图

(2) 还原分析计算要求：凡有观测资料的，根据观测资料计算还原水量；没有观测资料的，通过典型调查分析进行估算。对于龙塘水文站对历年资料逐年逐月进行还原计算。

2. 径流还原计算方法

径流还原计算采用分项调查方法还原。径流还原计算公式：

$$W_{\text{天然}} = W_{\text{实测}} + W_{\text{农灌}} + W_{\text{工业}} + W_{\text{生活}} + W_{\text{跨引}} + W_{\text{库蓄}}$$

式中： $W_{\text{天然}}$ 为还原后天然径流量； $W_{\text{实测}}$ 为水文站实测径流量； $W_{\text{农灌}}$ 为农业灌溉耗损量； $W_{\text{工业}}$ 为工业用水耗损量； $W_{\text{生活}}$ 为城镇生活用水耗损量； $W_{\text{跨引}}$ 为跨流域引水量，引出正、引入负； $W_{\text{库蓄}}$ 为水库蓄水变量，增加为正、减少为负。

2.1.2 降雨与径流的一致性分析

随着经济和社会的发展，工农业生产、基础设施建设和生态环境建设改变了流域下垫面条件，导致入渗、径流、蒸发等水平衡要素的变化，从而造成径流量减少或增加。因此需对 1956~2000 年天然年径流系列进行一致性分析，主要目的是处理下垫面条件变化对径流的影响和检查还原计算成果的合理性，通过修正后得到具有一致性且能反映近期下垫面条件的天然年径流系列。

2.1.2.1 分析方法

首先在龙塘站径流资料还原计算的基础上，点绘龙塘水文站面平均年降水量与天然径流深的相关图；然后将 45 年系列划分为 1956~1979 年和 1980~2000 年两个年段，分别通过点群中心绘制其年降水量—年径流深关系曲线。虚线代表 1956~1979 年的年降水径

流关系，实线代表 1980~2000 年的年降水径流关系，两个曲线之间的横坐标距离即为年径流衰减值，见图 2.2。最后选定一个年降水值，从图中两曲线上查出两个年径流深值 (R_1 和 R_2)，用式 (2.1) 计算年径流衰减率：

$$\alpha = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100\% \quad (2.1)$$

式中： α 为年径流衰减率； R_1 为 1956~1979 年下垫面条件的产流深； R_2 为 1980~2000 年下垫面条件的产流深。

根据上面年径流衰减率计算公式计算得龙塘站年径流衰减率为 4.0%。

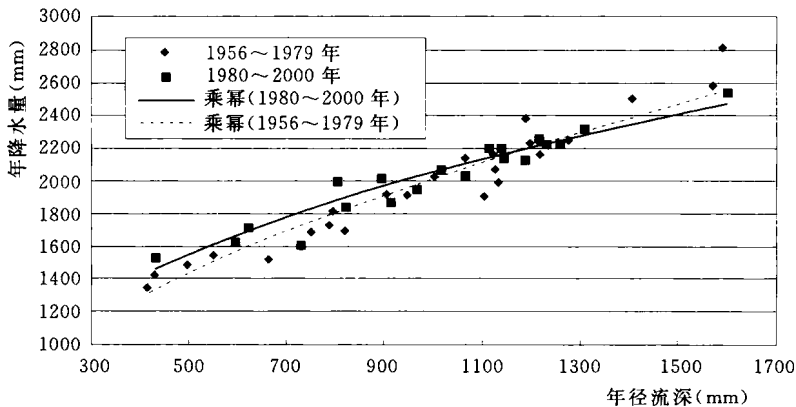


图 2.2 南渡江龙塘水文站年降水量—年径流深相关图

2.1.2.2 一致性分析

从龙塘站降水量与径流深相关图上看，1956~1979 年与 1980~2000 年的年降水量与年径流深没有明显的系统偏离，关系曲线重合较好，年径流衰减率小于 5.0%，可见流域下垫面的变化对径流变化影响不大，年径流没有明显的衰减和增加态势，因此，水资源分析对天然年径流不作还原修正。

2.2 降水量

海南省地处低纬，四面环海，水汽充足，属热带亚热带季风气候，季风发达，湿热多雨，长期受海洋调节，台风影响频繁，降水量充沛，据海南省 1956~2000 年多年平均降水系列等值线图量算，南渡江流域多年平均年降水量为 135.68 亿 m^3 ，年降水深 1929.2mm，其中，海口市年均降水量在 1829.9~1586.4mm 之间。

由于水汽多来自东南方，台风和季风来自东部南海，加上中部山区地势抬升作用，南渡江流域多年平均年降水量在面上的分布，明显受地形影响。降水量在空间上变化总的趋势是由上游向下游递减、中部山区向四周沿海递减，呈东南高西北低的趋势，降水量均值等值线的变化范围在 1000~2600mm 之间。海南省降水量的年内分配很不均匀，随季节的变化，与上层空间水汽、风向和风力变化有密切关系。在省内明显地分为汛期与非汛期。汛期（5~10 月）在西南季风影响下，易于致雨的各类低压系统与热带气旋、台风出

现的几率约占90%以上,相反,难于致雨的天气系统出现的几率不到10%,因此这一季节降水量很多,南渡江流域占全年雨量的82%;非汛期(11月~次年4月)在东北季风的控制下,主要天气系统为冷锋过境(即冷锋扫过海南省南部沿海),静止锋(锋面在雷州半岛南海一带静止)以及副热带高压或脊内部(副热带高压或已变暖的脊高压控制南海北部和中印半岛北部,海南省处于它的内部),这些天气系统出现的几率约占90%以上,而易于致雨的各类低压系统与热带气旋、台风极少出现,总几率不到10%,特别是对海南省降水起重要影响的台风,出现的几率仅有1%,因此这一季节降水量很少,南渡江流域仅占年降水量的18%。

降水量年际变化大,丰、枯悬殊。据资料记载,海口站最大年降水量2480.1mm(1928年),最小年降水量702.1mm(1936年),最大年降水量比最小年降水量多1778mm,两者之比约为3.5。海口站实测资料显示,1956~2000年的年降水量均值与海南省多年平均值比较接近,且变化趋势是近年逐渐趋于偏丰。

2.3 年径流分析

一个年度内在河槽里流动的水流称为年径流,年径流量是在一年里通过河流某一断面的水量。河川年径流量一般是通过水文站实测的河川径流资料来分析计算的,可以用年径流总量 W 、年平均径流量 Q 、年径流深 R 及年径流模数 M 等表示,进一步分析不同频率(保证率)的河川径流量、年内分配和多年变化规律等。本次进行南渡江下游年径流分析,根据龙塘站1956~2000年实测的年平均径流量,还原为天然年径流量再换算为天然平均流量,见表2.1和图2.3。从表2.1中可以看出,龙塘站1956~2000年年平均天然流量序列包括了比较完整的水文周期,即包括了丰水年、平水年和枯水年,而且丰、平、枯水年交替出现,丰水年和枯水年又大致是对称分布的。因此认为它代表性好,且属于近期水文资料,精度可靠。

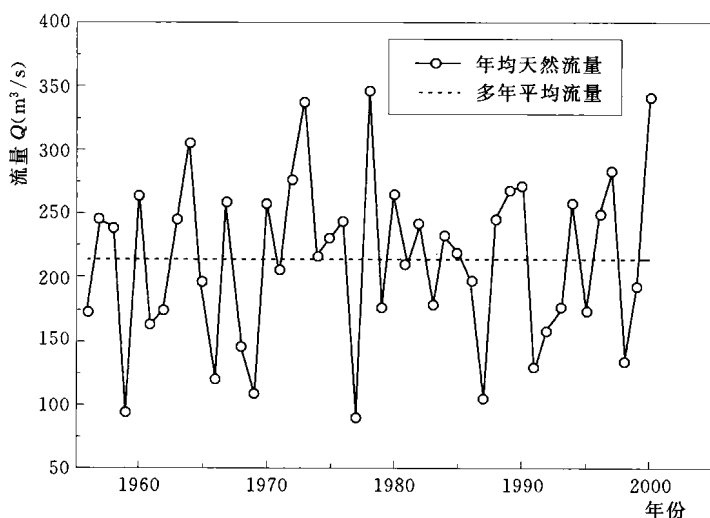


图 2.3 龙塘水文站年平均天然流量过程