

深圳市水文面临的挑战与发展对策初探

宋洪星, 廖定佳

深圳市水文水质中心, 广东 深圳

收稿日期: 2022年11月1日; 录用日期: 2022年12月9日; 发布日期: 2022年12月31日

摘要

随着我国城市化进程加快, 因城市化进程带来的边界条件改变引起的水文过程变化以及城市面临的极端天气变化, 对水文服务提出了新的挑战。本文通过对深圳市在高度城市化进程中因城市下垫面变化、极端洪涝和风暴潮灾害、城市水资源承载力和水环境承载力不足等对水文的服务需求分析, 提出了深圳市实施城市水文建设的初步对策和基本思路, 可为类似地区开展城市水文工作提供借鉴。

关键词

城市水文, 水文过程, 挑战, 对策

A Preliminary Study on the Hydrologic Challenges and Development Countermeasures for Shenzhen

Hongxing Song, Dingjia Liao

Shenzhen Hydrology and Water Quality Center, Shenzhen Guangdong

Received: Nov. 1st, 2022; accepted: Dec. 9th, 2022; published: Dec. 31st, 2022

Abstract

The hydrological process change caused by boundary conditions and the extreme weather change have brought new challenges to the hydrological services because of urbanization. This study analyses the underlying surface in urbanization process, extreme floods and storm surge disasters, the shortage of urban water resources carrying capacity and water environment bearing capacity, thus puts forward the

作者简介: 宋洪星, 籍贯黑龙江哈尔滨, 1973年3月出生, 硕士研究生, 工程师, 主要从事水文水资源及水务研究, Email: 253939320@qq.com

文章引用: 宋洪星, 廖定佳. 深圳市水文面临的挑战与发展对策初探[J]. 水资源研究, 2022, 11(6): 663-670.

DOI: 10.12677/jwrr.2022.116072

implementation of basic thought and countermeasures of hydrological construction for Shenzhen as reference for similar areas.

Keywords

Urban Hydrology, Hydrological Processes, Challenge, Countermeasures

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

深圳市是我国设立的第一个经济特区，是全国经济中心城市、国际化城市和国际科技产业创新中心。深圳市境内河流分属东江、珠江口三角洲和粤东沿海诸河水系，全市水库星罗棋布，河流网织，部分河段受潮洪耦合影响，水文情势十分复杂。深圳毗邻南海，受海岸山脉地貌带影响，主汛期受锋面雨、台风雨影响，洪、涝、潮灾害经常发生，是一个水旱灾害发生频率高、危害大的城市；深圳由于人口密集，人均水资源量不到全国人均水资源量的十分之一，又是一个水资源供需矛盾和资源性缺水问题突出的城市。深圳水文起步较晚，近几年来虽然发展迅速，但是，面临洪涝灾害频发、水资源短缺、水环境恶化、水生态退化等诸多城市水文问题带来的挑战，如何更好地掌握城市化进程中水文过程的变化，满足城市发展对水文技术支撑的需求，是深圳水文需要认真思考的问题。

2. 深圳水文面临的挑战

2.1. 因城市下垫面变化引起水文过程变化对传统水文成果的挑战

高度城市化带来的城市“热岛效应”和城市高楼的“雨岛效应”，加剧了城市极端性灾害天气形成，主要表现为强降雨来得急、强度大。如2019年4月11日发生在福田区的短时强降雨，最大10 min雨量达到39.7 mm。由于暴雨区为城市建成区，城市地面硬化和大量管网布设引起的下垫面变化，带来产汇流过程变化，在相同降雨条件下，产流量变大，汇流速度加快。4月11日暴雨对应的新洲河景田站实际洪水过程与采用《广东省暴雨径流查算图表》中的综合单位线法比较，峰现时间提前了40 min。说明《广东省暴雨参数等值线图》《广东省暴雨径流查算图表》的计算成果与深圳的实际水文特性存在较大差异。

2.2. 城市极端性天气和风暴潮带来的水安全挑战

深圳受锋面雨、台风雨影响，洪、涝、潮灾害经常发生，平均每年发生2次左右损失较重的灾害。近几年损失较大的有2018年“山竹”台风造成的深圳湾和盐田港出现大面积内涝积水；2019年“4.11”极端短时强降雨造成的暗涵施工人员伤亡等。这些问题对水文部门在水文预报的预见期、预报精度、点线面结合等方面提出了需求。目前，深圳水文服务还是以实时水情信息报送为主，存在预报预警时间短、精度低、缺乏预警分析平台等问题，城市重要敏感点，如城市内涝点、重要的排涝管涵等动态监测覆盖率不高[1]。

2.3. 城市用水量存在缺口带来的水资源挑战

深圳市水资源承载能力弱，人均水资源量约为全国平均水平的1/13，每年需要从东江引水16亿m³左右。市内河流短小，降雨量时空分配不均衡，最小月降水量有时仅有几毫米，如2020年10月至2021年5月，广东省出现秋春连旱，深圳市区对部分行业采取限制用水措施，其中深汕特别合作区还出现了居民饮用水困难现象。

目前,对水资源保障的监测存在要素少,多要素监测站点覆盖率低,除深圳河以外的其他几条主要河流,如龙岗河、观澜河、赤石河等河流的流量、泥沙监测均为空白。

2.4. 水生态环境承载力与城市发展不相称带来的水环境和水生态挑战

为提升水环境质量,深圳市自2015年开始了为期5年的治水提质工程。虽然初见成效,但污水收集处理系统安全性、韧性不足。深圳市绝大部分河道为雨洪性河流,源短流急,河道断流现象普遍,旱季主要靠水质净化厂再生水补水,生态环境不理想,生物多样性不足。深圳水文在水源地水质监测、河湖水生生态监测、供用耗排等社会水体监测方面存在站点少、自动化率不高、缺乏分析管理平台等问题。

3. 发展对策

3.1. 总体对策

根据深圳市水务发展“十四五”规划提出的“绿色生态、都市品质、智慧高效、协调平衡、开放共享”的发展策略,以及深圳水文存在的短板和面临的主要挑战,要把建成城市智慧水文典范作为中心工作来抓。以数字化、网络化、智能化为发展主线,开展数字孪生流域构建,全面推进算据、算法、算力建设,建成具有预报、预警、预演、预案功能的智慧水文服务体系,为水务发展做好技术支撑。同时,要把优化水文站网、提升监测能力和服务能力作为基础性工作来抓。在中、东、北部山地丘陵区,加强中小河流水文监测布局和研究,增强

Table 1. Current situation and expected distribution of water system hydrological monitoring elements in each river basin in Shenzhen

表 1. 深圳市各流域水系水文监测要素现状及预期分布统计表

流域水系	项目	水位		流量		泥沙		水质		地下水		蒸发	
		现状	预期	现状	预期	现状	预期	现状	预期	现状	预期	现状	预期
茅洲河流域	数量(站)	44	47	6	1	7	13	3	16	2	2		
	密度(km ² /站)	7.1	6.6	51.8	311	44.4	23.9	104	19.4	156	156		
观澜河流域	数量(站)	46	48	9	1	3	12	3	13	1	1		
	密度(km ² /站)	4.1	3.9	21.0	189	63.1	15.8	63.1	14.6	189	189		
深圳河湾流域	数量(站)	56	59	9	2	5	14	8	22	2	2		
	密度(km ² /站)	4.6	4.4	18.0	27.8	61.3	21.9	38.3	13.9	153	153		
龙岗河坪山河流域	数量(站)	72	77	4	2	6	23	9	25	2	2		
	密度(km ² /站)	6.9	6.4	123	247	82.3	21.5	54.9	19.8	247	247		
珠江口流域	数量(站)	20	22	3		5	0	22	1	1			
	密度(km ² /站)	12.7	11.5	84.7		127	50.8		11.5	254	254		
大鹏湾流域	数量(站)	26	28	2		4	4	11	1	1			
	密度(km ² /站)	6.8	6.3	87.9		87.9	43.9	43.9	16.0	176	176		
大亚湾流域	数量(站)	17	19	1			4	8					
	密度(km ² /站)	10.3	9.2	175			43.7	21.8					
赤石河流域	数量(站)	1	11	6	1	6	0	6	1				
	密度(km ² /站)	468	42.5	78.1	468	78.1		78.1	468				
合计	数量(站)	282	309	4	7	25	78	31	123	9	10		
	密度(km ² /站)	8.7	8.0	616	352	98.6	31.6	79.5	20.0	274	247		

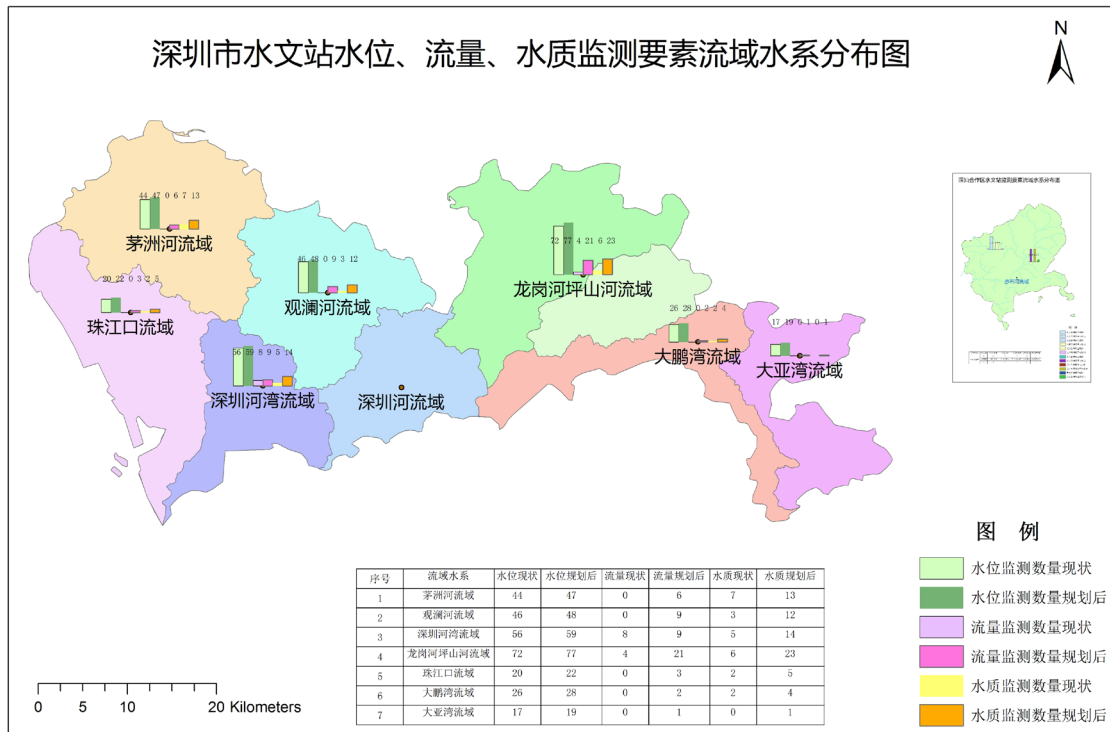


Figure 1. Expected distribution map of water level, discharge and water quality monitoring elements in all drainage basins in Shenzhen

图 1. 深圳市各流域水系水位、流量、水质监测要素预期分布图

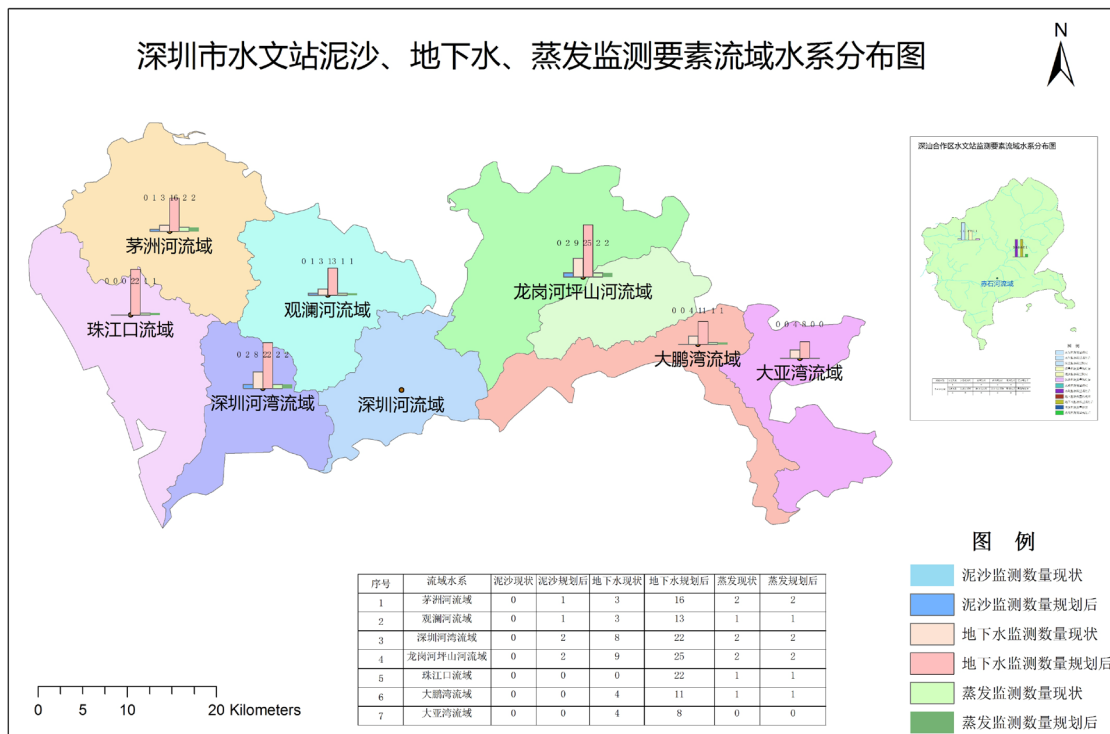


Figure 2. Expected distribution map of sediment, groundwater and evaporation monitoring elements in Shenzhen river basin

图 2. 深圳市各流域水系泥沙、地下水、蒸发监测要素预期分布图

山洪灾害监测预警的能力和联合调度的智能决策能力, 强化饮用水水源地水量水质监测、增强对水安全保障、水资源节约和高效利用的支撑; 在南部滨海地区, 加强潮洪耦合水文监测布局和研究, 加强风暴潮预警、河口咸潮和潮洪耦合的监测预警, 加强河口地区水环境治理与水生态保护的监测。根据各流域的水文特性差异和城市发展需求, 预期规划的深圳市水文站网分布见表 1 及图 1、图 2 所示。

总体对策概括为“一个中心两个支撑点”。一个中心是指以建设城市智慧水文典范为中心, 加快城市水文全域感知体系和精准的城市水文服务体系建设, 开展城市水文规律研究, 为城市发展和城市水安全提供基础服务; 两个支撑点是指以中小河流水文规律研究和滨海河网感潮水文规律研究为支撑点, 统筹解决好城市化带来的下垫面和边界条件改变而引起的产汇流机制变化和来水多源性变化, 以及河口地区潮洪耦合等引发的城市积涝问题。通过软硬件的建设和技术的不断积累, 建成“全域感知、数字融合、智慧精准、活力高效”的城市水文体系[2]。

3.2. 建设全域感知的城市水文站网体系

3.2.1. 加强城市敏感点的站网体系建设

建立完备的城市天然水体和城市供、用、耗、排等社会水体的监测站网[3]。

1) 加强城市内涝站网建设。建立市区两级管理的城市内涝监测站网, 主干道和次干道内涝站网由市水文机构管理, 一般街道和社区内涝站网由区水行政机构管理。要结合交通大数据和街道社区网络, 及时跟踪城市内涝点的变化情况, 建立城市内涝监测站网动态调整机制, 做到汛期及时调整, 确保内涝监测做到动态全覆盖。

2) 加强城市山洪点预警建设。对经过居民小区、重要交通干道、重要工厂、风景区等有山洪灾害危害的山洪沟, 在调查评价的基础上, 进行预警体系建设, 配齐监测设施和声光电报警装置, 健全社区群防群治体系。

3) 加强城市主要供排管网水量和水质监测体系建设。在重要的供水管涵的调节点、分流点、水源调蓄地建设监测站, 实时掌握供排管网的水量、水质和水资源动态。预期建成后的市、区两级各水文要素站网情况见表 2。

3.2.2. 合理配置水文监测要素

根据社会发展需求和各流域水系的水文特性, 合理配置水文监测要素[4]。深圳湾水系、珠江口水系及茅洲河流域, 主要是受流域洪水及珠江口海潮二项洪灾因子影响, 主要以暴雨洪水和城市积水为监测重点; 观澜河流域、龙岗河流域、坪山河流域, 城市坐落于谷地平原, 受洪水威胁的地区主要位于河流两岸, 水文监测重点是流域上游洪水、河流两岸的城市区域积水; 大鹏湾水系、大亚湾水系主要受海潮及小流域洪水影响, 水文监测重点是山洪灾害和海湾景区的风暴潮; 深汕合作区是一个独立流域, 需要建立起包含降水量站、蒸发站、水

Table 2. Statistical table of various hydrological element stations and networks expected to be completed at city and district levels
表 2. 市、区两级预期建成后的各类水文要素站网统计表

监测要素	总数	市级水文测站	一般专用站(区级)	市属部门测站
流量(含暗涵、管网)	330	165	165	/
水位	678	460	212	6
雨量	779	285	266	228
水质	672	545	127	/
泥沙	16	16	/	/
地下水	123	123	/	/
墒情	3	3	/	/

Continued

水生态	8	8	/	/
内涝积水	199	184	15	/
藻类	18	18	/	/
蒸发	13	13	/	/
面雨量	4	4	/	/
实验站	3	3	/	/
总计	2848	1829	785	234

Table 3. Summary of hydrological station network planning in Shenzhen-Shantou Special Cooperation Zone

表 3. 深汕特别合作区水文站网规划汇总表

序号	水文站类型	站点性质	规划内容			合计
			新设	改造	已建	
1	水文站	基本站	9	/	/	9
		基本站	1	/	/	1
2	水位站	潮位站	1	/	3	4
		河道站	16	/	11	27
		水库站	3	/	28	31
		内涝监测站	专用站	依据城市实际需求确定		15
3	降水量站	基本站	18	/	44	62
4	蒸发站	基本站	3	/	/	3
5	泥沙站	基本站	1	/	/	1
6	地下水站	基本站	5	/	/	5
7	水质站	基本站	14	/	/	14
8	土壤墒情站	基本站	1	/	/	1
9	水生态站	基本站	2	/	/	2
10	城市水文实验站	专用站	1	/	/	1
合计			75	0	101	176

位站、流量站、地下水站、水质站、水生态站、墒情站等相对独立完整的水文站网体系。深山特别合作区水文站网预期规划情况见表 3。

3.2.3. 提升水文监测的立体感知能力

各水文要素实现全量程、全天候、空天地一体化的自动在线监测，能掌握各水文要素的实时动态变化。全市所有的水位、雨量、蒸发、墒情、流量、泥沙等要素全部实现自动监测。建成市区东、中、西部和深山特别合作区 4 个雷达面雨量监测站，实现雨量网格化监测。深圳河、龙岗河、赤石河等 7 条主要河流控制性水文站的水位、流量采取适当冗余的方式实现双备份、全量程自动在线监测。各站水情传输全部做到双信道，建成以 5G、物联网、北斗卫星等多通道相互备份的水文信息传输网络，水情信息传输可靠率达到 99% 以上。

3.3. 建成物理与数字相融合的城市水文应用平台

在深圳市西部的茅洲河流域开展数字流域和数字映射模拟水文站试验，通过数字模拟映射，建立起与物理水文测站实时水文要素一一对应的数字水文测站，为城市水文科技创新与研究搭建新的舞台[5]。开展水文实体仿真管理体系建设，实现对水文监测、运维、水文设备设施等的远程控制、动态管理、故障诊断，实现水文设

备设施和水文监测管理的智能化。

3.4. 建成智慧精准的城市水文服务体系

3.4.1. 建设全市统一的水文数据资源池

构建全市统一的深圳水文数据资源池，形成全市水情水质等实时数据存储与服务数据集，实现涉水监测数据的统一接收处理和统一共享应用，达到“一数一源”，为城市水文服务提供基础保障。

3.4.2. 构建水文综合服务平台

构建深圳市水文综合服务平台及水文移动应用平台，具备智能化、精细化、精准化、网格化的城市汛、旱、涝预报预警，城市水资源和水环境、水生态监控及分析评价等功能[6]。主要有：城市汛旱情预测预警服务系统、城市内涝积水及山洪灾害预警系统、河口地区风暴潮预测预警系统等系统、城市水资源监控及分析评价服务体系、城市水环境与水生态监控及分析评价服务体系和河湖健康评估服务体系。

3.4.3. 建立体贴亲民的城市水文服务体系

构建面向涉水专业的科技服务网络、面向普通市民的水文信息公共服务网络，依托街道(社区)，设立水文服务站所，延伸水文服务站网体系，打通“最后一公里”，使水文服务信息能通过多种渠道及时传递到街道、社区、站所和市民手中。

3.5. 打造活力高效的城市水文科技创新和管理体系

3.5.1. 建成开放合作、协同攻关、成果有效转化的大湾区水文科技创新平台

需要建立多目标的城市水文实验站，包括城市排水防涝工程体系设计与模型研究实验站；海绵城市建设中工程对降低城市洪涝灾害风险作用研究实验站；城市化进程中的城市水文效应和水文过程变化规律研究实验站。

3.5.2. 建成扁平高效的一体化水文管理体系

建立并完善具有深圳特色的“无人值守、自动测报、巡测巡检、应急补充”的监测模式，提高监测效率；面向全国引进技术实力雄厚的水文单位，承担水文监测及水文科技服务，提高水文管理效率。

4. 展望

城市化是人类发展和社会进步的必然，随着我国城市化率不断提高，城市化进程对当地的水文过程产生了全面而复杂的影响，城市洪涝防御水平、供水保障能力、生态环境容量也都面临越来越大的挑战。城市水文需要创新发展思路，大力应用新理论、新技术和新设备，不断提升监测能力和服务水平，不断强化水文的基础支撑能力。目前深圳已制定了包含深圳水文发展在内的“深圳水务十四五发展规划”，以上初步对策如能实现，将显著加强水资源、水生态、水环境监测能力，提高灾害预防和预警能力、水资源保障能力，水生态保护力度，释放水文保障最大效能，助力深圳社会主义先行示范区和粤港澳大湾区经济社会高质量发展。

参考文献

- [1] 徐宗学, 赵刚, 程涛. “城市看海”: 城市水文学面临的挑战与机遇[J]. 中国防汛抗旱, 2016(5): 54-55.
XU Zongxue, ZHAO Gang and CHENG Tao. “Urban waterlogging”: Challenges and opportunities faced by urban hydrology. China Flood Control and Drought Relief, 2016(5): 54-55. (in Chinese)
- [2] 程正选, 刘广山, 何良. 深圳市重要河流水文站网布设技术探讨[J]. 水利水电快报, 2018, 39(5): 5.
CHEN Zhengxuan, LIU Guangshan and HE Liang. Discussion on layout technology of hydrological station network of important rivers in Shenzhen. Water Resources and Hydropower Letters, 2018, 39(5): 5. (in Chinese)
- [3] 王俊. 基于“互联网+”的长江水文监测体系研究[J]. 长江技术经济, 2018, 2(2): 5.
WANG Jun. Research on hydrological monitoring system of Yangtze River based on “Internet+”. Yangtze River Technology and Economy, 2018, 2(2): 5. (in Chinese)

- [4] 曹春燕. 水文现代化建设之水文站流量要素现代化监测及实现途径[C]//2020年(第八届)中国水利信息化技术论坛论文集. 2020.
CAO Chunyan. Modernization monitoring and realization of hydrological station flow elements in hydrological modernization construction. In: 2020 (8th) China Water Conservancy Information Technology Forum Proceedings. 2020. (in Chinese)
- [5] 刘昌军, 吕娟, 任明磊, 等. 数字孪生淮河流域智慧防洪体系研究与实践[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(1):47-53.
LIU Changjun, LV Juan, REN Minglei, et al. Research and practice of digital twin Huaihe River basin intelligent flood control system. China Flood Control and Drought Relief, 2022, 32(1): 47-53. (in Chinese)
- [6] 蒋云钟, 冶运涛, 赵红莉, 等. 智慧水利解析[J]. 水利学报, 2021, 52(11): 1355-1368.
JIANG Yunzhong, YE Yuntao, ZHAO Hongli, et al. Analysis of intelligent water resources. Journal of Hydraulic Engineering, 2021, 52(11): 1355-1368. (in Chinese)