

水库资料在深圳市水资源评价中的应用研究

钟平安¹, 刘静楠¹, 陈 凯², 陈筱云²

(1. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 深圳市水利规划设计院, 广东 深圳 518001)

摘要:以深圳市为研究对象, 分析无水文观测资料地区水资源分析计算现行方法存在的问题; 提出用水库运行记录数据还原计算获取径流系列资料的思路; 针对水库记录资料漏记、错记现象提出水库原始记录资料分析处理方法, 并在分析漏记、错记资料数字特征的基础上, 实现了计算机辅助分析; 采用筛选的资料进行资料的插补展延, 利用空间相关实现资料移用, 采用多方法进行成果的可靠性分析; 实际应用表明, 利用水库资料进行无水文观测资料地区的水资源评价计算是可行的。

关键词:水资源评价; 水库; 库水位; 降雨量; 出库流量; 深圳

中图分类号:TV211.2

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2002)05-0024-04

1 问题的提出

深圳市全市总面积约 2020 km², 地处东南沿海, 雨量丰沛, 全市多年平均降雨量 1837 mm, 但降雨时空分布极不均匀, 在空间上降雨量自东向西逐渐递减, 东部沿海地带, 年降雨量可达 2200 mm, 而西部年降雨量不足 1600 mm; 在时间上 1963 年的年降雨量为 963 mm, 只有多年平均年降雨量的一半, 一般份当年 10 月至次年 4 月的枯水期, 降雨量仅占年降雨量的 15%。境内仅有 5 个流域面积超过 100 km² 的小流域, 目前河流上均无水文站。以往的水资源分析评价均是利用降雨资料, 结合径流深与径流系数等值线图进行的: 首先根据降雨量的系列资料, 分析不同设计保证率之下的年降雨量, 再根据径流深等值线图获取多年平均产流系数, 进而得到某设计保证率下的年径流总量, 最后根据降雨的年内分配确定设计径流的年内分配。由于影响降雨径流关系的因素十分复杂, 径流与降雨之间的关系呈现很强的非线性, 因此, 直接利用降雨资料进行水资源分析的方法是比较粗糙的。

在水资源评价中, 人们关心的是枯水对供水系统可靠性的影响, 由于以下原因, 直接利用降雨资料进行水资源评价可能会导致设计保证率附近的可供水量计算结果偏大: ①径流深等值线图是基于多年平均资料绘制的, 一般枯水年的产流系数比多年平均的小(枯水年土壤干燥, 初损大), 利用多年平均径流深推求频率为 97% (深圳市年供水保证率) 的可供水量势

必会导致计算结果偏大, 而偏大的幅度难以定量估计; ②一般情况下, 径流量频率曲线的 C_v 值比降雨量频率曲线的 C_v 值大, 直接依据降雨量资料进行频率分析, 间接推求设计保证率相应的可供水量, 数值也可能偏大; ③由于在可供水量的计算过程中, 直接利用来水频率代替用水保证率, 在径流年内分配不均匀时, 往往掩盖了供需矛盾, 可能造成计算偏差。

深圳市境内虽无水文测站, 但有大量的中小型蓄水工程, 据统计, 全市有库容 10 万 m³ 以上的水库 189 座。其中, 中型水库 9 座, 经查中型水库大多具有逐日水位、雨量、出库流量(或水量)的系列记载, 其中深圳水库具有系列蒸发资料, 见图 1。

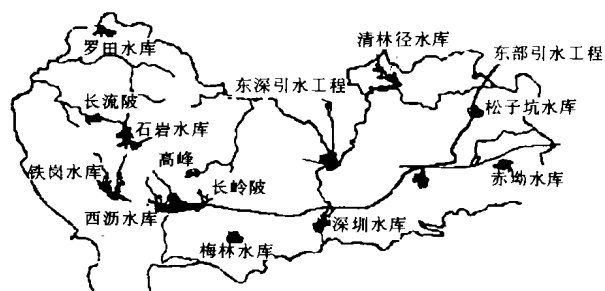


图 1 深圳市中型水库分布

从图 1 中可见, 中型水库分布于全境, 具有较好的空间代表性。利用水库相关记录资料, 还原各库的径流资料, 可得到各水库的径流系列, 与完备的降雨系列资料配合, 分析不同区域的降雨径流关系, 进而推广到全市范围, 无疑对提高深圳市水资源评价质量, 具有重要价值。

通过对中型水库的调查,共收集各中型水库逐日降雨量、日平均水位、日出库水量等 3 类资料近 20 万条,其中 6 座中型水库有不同长度的连续记载资料(表 1)。

表 1 中型水库资料状况

水库名称	资料系列		
	逐日水位	逐日降雨量	逐日出库
铁岗水库	1965 ~ 1998	1965 ~ 1998	1965 ~ 1998
罗田水库	1959 ~ 1998	1959 ~ 1998	1959 ~ 1998
石岩水库	1962 ~ 1998	1961 ~ 1998	1961 ~ 1998
西沥水库	1962 ~ 1998	1962 ~ 1998	1964 ~ 1998
清林径水库	1965 ~ 1981	1965 ~ 1981	1965 ~ 1981
	1990 ~ 1998	1990 ~ 1998	1990 ~ 1998
梅林水库	1994 ~ 1998	1994 ~ 1998	1994 ~ 1998

2 水库资料还原与处理

中型水库记录资料,多为水库管理中的内部资料,资料的质量远不如水文气象整编资料那样规范可靠,对所收集资料分析发现,由于多种原因,记载的资料存在以下问题:①部分月份出库资料记录不全,月出库水量漏记;②部分月份水位出现不正常跳变现象;③水库在汛期弃水量无记录;④各库均无蒸发与渗漏损失资料。因此,在利用水库记录资料之前,必须对原始记录进行认真分析处理。

2.1 原始资料合理性分析与处理

由于原始资料数量庞大,人工逐条审核是不现实的,本文采用计算机辅助分析软件,对原始资料进行合理性分析,为兼顾分析质量与效率,所编制的辅助分析软件构建了人机交互与自动分析处理两种模式,资料分析处理按以下流程进行:①将收集的原始资料建立数据库;②从原始资料中标记或剔除明显不合理的点据;③采用适当的方法,修补被剔除或未记录的点据;④采用空间相关方法,将短系列的资料进行展延与空间移用。

2.1.1 降雨径流综合对照分析法

降雨径流综合分析方法,采用人机交互方式进行。

a. 首先利用下式推求各水库的净入库径流过程(不计蒸发渗漏损失),并存入数据库中;

$$R_{i,t} = V_{i,t+1} - V_{i,t} + Q_{i,t} \tag{1}$$

式中: $R_{i,t}$ 为第 i 水库第 t 时段的净入库径流量; $V_{i,t}$, $V_{i,t+1}$ 为第 i 水库第 t 时段始、末水库蓄水量; $Q_{i,t}$ 为第 i 水库第 t 时段出库水量。

b. 制作各水库降雨量与同期净入库径流量对照图,通过对照图可初步发现原始资料中存在的问题:①水位资料记录或录入错误,在对照图的形态上表现为相邻日的净入库径流量对称跳变,正负交替,

量级相近;②引提水或弃水量漏记,在对照图的形态上表现为无降雨而流入大或降雨量大而流入小,这种情况一般只影响一个时段,水位突变后即恢复正常变化;③出库水量漏记或错误,在对照图的形态上表现为无前期降雨的日净入库径流量异常偏大(径流系数大于 1.0),常见于水量平衡方程中 $Q_{i,t}$ 发生正值错误;或者净入库径流量出现超常负数,常见于 $Q_{i,t}$ 漏记或发生负值错误。

c. 建立降雨量与净入库径流量对照图与数据库的关联,进行人机交互分析与处理。在降雨量与净入库径流量对照图中浏览到不合理现象,单击异常位置,软件会自动检索出异常点附近的水库水位、降雨量、出库水量、计算净入库径流量对照表,可根据表中所示情形作进一步分析,通过查阅原始记录或补充调查,修正资料错误,修正的结果可直接更新数据库。

2.1.2 降雨径流关系分析

在进行降雨与净入库径流量综合对照分析之后,原始资料中的明显错误可被剔除,但并不能摒弃原始资料中的所有错误,必须对初步处理的资料作进一步的分析处理,进一步的分析采用降雨径流关系进行。考虑到不同季节的降雨径流关系存在差异,辅助软件提供了建立不同时间段降雨径流关系的功能,在降雨径流关系中绝大多数点据呈带状分布,而部分点据离散异常,远离回归线的点据需作进一步分析。辅助软件建立了相关图与数据库的相互关联,从数据库中取数制图,并能用表格显示图形点据数值,通过对数据分析(主要是径流系数的合理性分析),可对原始数据作进一步修正,对于确认不合理但无法直接获取正确数值的点可用鼠标直接在图中删除,数据库中的相应数据被同步删除或更新。

2.1.3 计算机自动分析处理

尽管有辅助软件的帮助,原始资料的分析处理的直观性与效率大为提升,但对超大数量的数据进行分析工作量仍很巨大,而且在交互分析中对不合理点据的认定大多是定性的,不同水库、不同时间分析处理的结果必然存在差异,影响资料的一致性,在深圳水资源评价中,笔者提出了一种计算机自动识别非合理数据的方法,首先分析导致原始数据存在问题的原因以及不同原因数据错误的特征,然后制定合理性准则,通过计算机自动筛选非合理数值,并对非合理数值染色,一次性地在同一标准下标记出所有不合理点据,供进一步分析处理,对定性分析的确有误,而又无法获取正确数值者,辅助软件提供了自动剔除功能,所删除数据作缺测对待,在插补时加以补救。拟定以下原则标记不合理点据:

a. 负数门坎原则. 在不计蒸发渗漏损失作还原计算时, 在无雨月份, 净入库径流量可能为负数(水位下降有部分是蒸发渗漏损失造成的), 负数太大就不合理, 但水量损失的大小与季节及水库水位等因素有关, 难以准确定量(尤其是渗漏损失), 深圳市85%的水量来自5~10月的汛期, 因此, 本研究中约定, 汛期出现负数即视为不合理; 根据深圳水库的水面蒸发资料与梅林水库的渗漏试验资料分析, 水库综合损失不大于1.0万 m^3/d , 因此约定, 枯季值小于-30万 $\text{m}^3/\text{月}$ 视为不合理。

b. 径流系数门坎原则. 降雨与径流之间关系密切, 当降雨量达到一定量级, 不产生径流, 即视为不合理。

c. 水量平衡原则. 径流量应小于降雨量, 并考虑入库径流量在相邻月间的水量交换, 枯水月份有基流存在等因素。

2.2 径流资料的插补展延

通过对原始资料的分析处理, 部分录入错误资料得到了更正, 部分资料通过补充调查得到修正, 但仍有部分问题资料无法考证, 只能当缺测资料予以剔除. 因此, 经过分析处理后的资料已不连续, 须进行插补, 资料的插补依据本站核实资料, 利用降雨径流关系, 由计算机辅助软件进行。

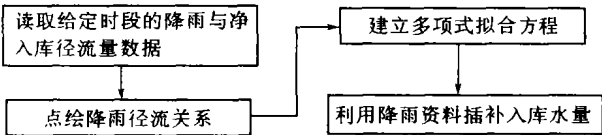


图2 资料插补流程

考虑到降雨径流关系的季节性差异, 在资料插补时分汛期与枯季分别建立降雨径流关系曲线, 计算机从数据库中提取经处理过的无问题数据, 点绘分季节降雨径流关系, 并利用多项式自动进行曲线拟合, 得出拟合方程, 再根据连续的降雨资料插补净入库径流量. 经过插补的资料, 辅助软件在数据库中作染色标记, 以示与原始记录资料的区别。

在区域水资源的联合调度与优化配置中, 需要各水源有同步资料, 由表1可知, 各水库的资料系列不一样长, 研究中采用空间相关法展延短系列, 辅助软件提供了任意站点、任意因子、任意时段的空间相关分析功能, 并自动点绘图形, 生成多项式方程式, 依据方程式展延短系列资料. 通过对水库原始记录资料的分析整理, 插补展延, 得到表1所列6座水库39年的入库径流量系列资料。

2.3 还原资料的可靠性分析

2.3.1 统计参数的对比分析

通过对同地、同期降雨量与插补展延的水库净

入库径流量分别作统计频率分析(表2), 各站的降雨量的 C_v 值小于径流量的 C_v 值, 符合基本定性规律. 各站的 C_v 值基本接近, 符合统计参数的地区相似规律。

表2 统计参数对照

水库名称	径流量			降雨量		
	均值/万 m^3	C_v	C_s	均值/mm	C_v	C_s
西沥水库	2346	0.29	0.58	1558	0.22	0.44
铁岗水库	5270	0.30	0.60	1638	0.21	0.42
石岩水库	3515	0.29	0.58	1575	0.22	0.44
罗田水库	1587	0.28	0.56	1561	0.21	0.42

由于深圳地区无足以进行频率分析的实测径流资料, 只能根据邻近地区相关研究成果做类比分析, 广东省水利水电设计研究院对东部引水工程东江、西枝江引水口做过年径流量频率分析, 其结果为: 东江 $C_v = 0.29$, $C_s = 2C_v$; 西枝江 $C_v = 0.30$, $C_s = 2C_v$. 以上各站均有较长系列的水文观测资料, 统计参数较可靠, 对比深圳还原的水库资料的统计参数, 十分接近, 间接说明还原资料是比较可靠的。

2.3.2 径流系数的对比分析

根据插补展延的水库净入库径流量系列资料, 分析不同频率下的净入库径流量, 与同频率降雨量计算不同频率的径流系数(表3中的径流系数是在降雨量与入库径流量同频的假定下计算得出的, 由于交叉排列的影响, 计算值与用径流系数系列直接分析的结果会有差别, 但相差不会太大, 基本能反应统计规律). 从表3可见, 径流系数值随着来水的减少而降低, 符合产流的一般规律。

表3 4座水库不同频率径流系数

频率或均值	径流系数			
	西沥水库	铁岗水库	石岩水库	罗田水库
均值	0.52	0.50	0.51	0.51
50%	0.51	0.49	0.50	0.50
75%	0.49	0.45	0.48	0.48
97%	0.44	0.40	0.43	0.43

虽然产流系数除受气候因素影响外, 还受到下垫面等复杂因素影响, 各流域存在一定差异, 但同一地区在剔除了人类活动影响后, 尚有一定规律可循. 本研究利用“深圳市年径流系数等值线图”、“东江流域水资源分析成果”、“境内下陂站1959~1968年实测流量资料”等对径流系数作地区规律的类比分析, 结果相近, 符合地区规律, 佐证了水库还原资料的合理性。

2.4 还原计算成果的移用

对无运行记录资料的部分中型水库及大量的小型水库, 采用空间相关法, 生成相应的净入库径流量序列, 首先, 寻找空间位置最接近的有(还原)资料中型水库作为参证站; 然后, 按面积比、雨量比缩放。

表4 中小型水库可供水量计算结果

分 区	水平年	保证率 /%	可供水量(利用还原资料计算)/万 m ³				间接利用 降雨量计算 结果	误差 /%	
			中型水库	小型水库		总计			
				小(一)	小(二)				小计
特 区	2000	50	2650	1432	1256	2688	5338		
		75	2160	1169	1025	2194	4354		
		97	1443	766	672	1438	2881		
宝安区	2000	50	10088	6458	2131	8589	18677		
		75	8230	4924	1585	6509	14739		
		97	5512	3237	1042	4279	9791		
龙岗区	2000	50	3775	8997	4067	13064	16839		
		75	3120	7124	3314	10438	13558		
		97	2163	4669	2175	6844	9007		
全 市	2000	50	16513	16887	7454	24341	40854		
		75	13510	13217	5924	19141	32651	32700	- 0.2
		97	9118	8672	3889	12561	21679	23700	- 9.3

$$q_{it} = \alpha_i \beta_{it} W_{\text{参},t} \quad (2)$$

式中: q_{it} 为第 i 无资料水库第 t 时段计算净入库径流量; α_i 为第 i 无资料水库的流域面积与参证站流域面积的比值; β_{it} 为第 i 无资料水库第 t 时段降雨量与参证站相应时段降雨量比值; $W_{\text{参},t}$ 为参证站第 t 时段净入库径流量。

料,对深圳市蓄水工程的可供水量进行了分析计算,并与以前按降雨量资料分析计算的同类成果进行对比,结果见表4。由于具备了逐个水库的径流资料系列,使得可供水量能够分区统计;从表4中的结果看,直接利用还原径流资料的计算结果比利用降雨量间接计算的结果偏小约10%,这一结论符合事先定性预期。

3 水资源评价结果

(收稿日期:2002-05-23 编辑:马敏峰)

利用生成的中小型水库净入库径流量的系列资

《中国农村水利水电》征订启事

《中国农村水利水电》是由中国灌溉排水发展中心、水利部农村水电及电气化发展局、武汉大学、中国国家灌排委员会主办的水利电力专业性技术期刊,内容包括水利水电研究、设计、建设和管理的各个方面,信息量大,读者面广,且注重应用技术的研究和推广。《中国农村水利水电》是全国(省、部)优秀科技期刊,并荣获“首届国家期刊奖”,也是“中国期刊方阵”的双高期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国科技论文统计源期刊、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊。

《中国农村水利水电》国内外公开发刊,月刊,大16开,64页,每月10日出版,定价8.00元,全年96元。国内订阅:全国各地邮局,邮发代号38—49;国外订阅:中国国际图书贸易总公司(北京399信箱),国外代号:M4211。地址:武汉大学内,430072,电话:(027)87643133,传真:(027)87652781。

《河海大学学报(哲学社会科学版)》征订启事

《河海大学学报(哲学社会科学版)》以马列主义、毛泽东思想和邓小平理论为指导,坚持实事求是的思想路线,贯彻“双百”方针,弘扬时代主旋律,理论联系实际,为社会主义物质文明与精神文明建设服务。

《河海大学学报(哲学社会科学版)》为哲学与社会科学类学术期刊,主要刊登哲学、政治学、文学、史学、语言学、法学、社会学、心理学、经济学、管理学、高等教育学等社会科学方面的研究成果、学术论文、综述等学术性文章,可供上述有关专业的研究人员、管理人员和大专院校师生阅读与参考。《河海大学学报(哲学社会科学版)》为中国学术期刊(光盘版)入编期刊与中国期刊网入编期刊。

《河海大学学报(哲学社会科学版)》由河海大学主办,自办发行,每季末出版,国内外公开发刊,每期定价5.00元,每期邮费1.00元,全年订费24.00元。欢迎广大读者直接向编辑部订阅。

联系地址:南京市西康路1号《河海大学学报(哲学社会科学版)》编辑部,邮政编码:210098

联系电话:(025)3786376;传真:(025)3786381;E-mail: sxh@hhu.edu.cn