

基于 Cftool 拟合工具箱的 中田舍河水位流量关系暨产汇流模型的构建

胡尊乐¹, 纪小敏², 闫 浩¹, 张鼎城¹, 汪 珊¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213022;

2. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要: 根据溧阳市中田舍河小流域水文监测资料, 利用 Matlab 里 Cftool 拟合工具箱, 构建了中田舍河水位流量的单一关系, 可为无资料山丘区水位流量关系的构建及水资源量的推算提供参考, 也可为沙河水库水文预报及工程调度提供技术依据。同时, 采用 Cftool 拟合工具箱构建了中田舍河的关系曲线, 可为宜溧丘陵山区产汇流模型的构建及《江苏省水文手册》的修编提供基础资料。

关键词: Cftool 工具箱; 水位流量关系; 产汇流模型

中图分类号: TV131.65 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 06-0001-07

Study on the construction of stage-discharge relation and runoff generation and concentration model of Zhongtianshe River based on Cftool fitting toolbox

HU Zunle¹, JI Xiaomin², YAN Hao¹, ZHANG Dingcheng¹, WANG Shan¹

(1. Changzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Changzhou 213022, Jiangsu; 2. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210029, Jiangsu)

Abstract: According to the hydrological monitoring data of Zhongtianshe River Basin in Liyang City, using Cftool fitting toolbox of Matlab, a single relation between stage-discharge in Zhongtianshe River Basin was constructed, which could provide reference for the construction of stage-discharge relationships in the hilly area without data and the calculation of water resources, and could also provide technical basis for the hydrological forecast and project scheduling of Shahe reservoir. Besides, using the Cftool fitting toolbox to construct the relationship curve of Zhongtianshe River could provide basic data for the construction of runoff generation and concentration model in the Yi-Li Hilly Region and the revision of the Jiangsu Hydrology Manual.

Key words: Cftool toolbox; stage-discharge relation; runoff generation and concentration model

0 概述

江苏省宜溧丘陵山区分布在宜兴市和溧阳市, 总面积约 1551.5 km², 主要为低山丘陵, 最高山峰

为位于宜兴市的黄塔顶, 海拔为 611.5 m。全区降水量丰富, 光热条件适中, 土壤、植被和蓄水条件相对较好, 是江苏省水土保持和水源涵养重点保护地区。按照汇水条件, 全区可分为大溪水库、沙

收稿日期: 2017-12-12

作者简介: 胡尊乐 (1970-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事水文计算与水资源工作。

河水库及横山水库等大水库流域以及前宋水库、野毛芥水库等中小水库流域。其中,沙河水库流域又由中田舍河、平桥河等小流域组成。

江苏省水文水资源勘测局自2006年起依托中田舍雨量站,在中田舍河小流域鲢鱼桥处布设了水位流量控制站,且一直采用连实测流量过程线法推算中田舍河小流域每年汇入沙河水库的水量。2016年,中田舍小流域遭遇了建(雨量)站以来的特大暴雨,中田舍河也出现了有实测记录以来的最大洪水。本文根据中田舍河鲢鱼桥站2016年的实测水位流量资料,利用Matlab里Cftool拟合工具箱,构建了鲢鱼桥站水位流量的单一关系,可为无资料山丘区水位流量关系的构建及水资源量的推算提供参考,也可为沙河水库水文预报及工程调度提供技术依据。本文也根据鲢鱼桥站的遥测水位数据,推算和确定了中田舍河小流域2016年全年的水资源量和22场主要洪水过程,进而根据《江苏省水文手册》和《江苏省暴雨洪水图集(1984年)》所提供的原理和方法,同样利用Cftool拟合工具箱,分析和构建了中田舍河产汇流模型,可为江苏省宜溧丘陵山区产汇流模型的构建以及《江苏省水文手册》的修编提供技术依据。

1 基本情况

中田舍河小流域位于沙河水库的上游,是江苏省宜溧丘陵山区的组成部分。流域内地势起伏较大,山脉多呈指状或串珠状,自南向北延伸。地貌类型主要为丘间谷地和河谷阶地,地面高程多在20~200 m之间;土壤类型主要为红壤和黄棕壤类型,酸性强;植被类型主要是落叶常绿阔叶混交林、常绿阔叶林以及针叶林等。其中,中田舍河源起苏皖交界的关山,在下游鲢鱼桥处汇入沙河水库。根据纪小敏的研究成果^[1],鲢鱼桥以上流域面积 S 为41.6 km²,最高级河流长 L_{Ω} 为10 km,霍顿地貌参数 R_A (面积比)为4.349, R_B (分汊比)为4.401, R_L (河长比)为1.806。从中田舍河的地貌特性来看,小流域的地貌类型相对单一,汇水条件也比较稳定。

中田舍河小流域内于1959年1月设立了中田舍雨量站,于2006年1月布设了鲢鱼桥水位流量控制站,2016年实测流量90次,最大实测流量为77.6 m³/s(7月2日16:43时)。

2 水位流量关系

2.1 Cftool拟合工具箱

Matlab工具箱是Matlab语言里一些M文件的集合,用户可以修改工具箱中的函数,甚至可以通过编辑M文件来任意添加工具箱里原来没有的工具函数。此功能充分体现了Matlab语言的开放性。其中,Cftool拟合工具箱是一个使用方便、功能强大、能实现多种类型的线性或非线性曲线拟合的工具箱。主要用法^[2]如下:

(1)启动曲线拟合工具箱(>> cftool);

(2)进入曲线拟合工具箱界面“Curve Fitting tool”:①点击“Data”按钮,弹出“Data”窗口;②利用X data和Y data的下拉菜单读入数据x、y,可修改数据集名“Data set name”,然后点击“Create data set”按钮,退出“Data”窗口,返回工具箱界面,此时会自动画出数据集的曲线图;③点击“Fitting”按钮,弹出“Fitting”窗口;④点击“New fit”按钮,可修改拟合项目名称“Fit name”,通过“Data set”下拉菜单选择数据集,然后通过下拉菜单“Type of fit”选择拟合曲线的类型。

(3)Cftool工具箱提供的函数类型“Custom Equations”多达几十种,主要形式有幂逼近、指数逼近、傅立叶逼近、高斯逼近、插值逼近、多形式逼近,以及有理数逼近、正弦曲线逼近等。

(4)选择好所需的拟合曲线类型及其子类型,并进行相关设置。设置完成后,点击“Apply”按钮,就可以在Results框中得到拟合结果。

2.2 水位流量关系构建与验证

2016年6月1日~7月12日,中田舍河小流域鲢鱼桥站共90次实测水位流量成果见表1。

根据表1中的数据,根据2.1中介绍的方法,构建中田舍河小流域鲢鱼桥站水位流量关系:

$$Q=81.2(H-23.3)^{2.00} \quad (1)$$

式中: Q 为流量(m³/s), H 为水位(m),23.3 m为鲢鱼桥站前滚水坝坝顶高程。鲢鱼桥站水位流量关系见图1,三项检验成果见表2~表4。

2.3 整编成果

根据2.2中的水位流量关系成果及其他水文要素(水位、含沙量、降水量)的监测成果,推算中田舍河鲢鱼桥站2016年的水文整编成果如下:

2016年,中田舍河小流域(中田舍站,下同)累计降水量2398.3 mm,是多年平均值(1260.8 mm,

表1 中田舍河 2016 年实测流量成果表

时间	水位	流量	时间	水位	流量
2016/6/01 08:11	23.79	19.4	2016/6/12 15:16	23.59	4.51
2016/6/01 10:46	23.78	19.4	2016/6/13 8:01	23.54	3.16
2016/6/01 13:06	23.74	16.9	2016/6/13 15:01	23.52	5.27
2016/6/01 15:51	23.71	14.8	2016/6/20 16:26	23.94	30.2
2016/6/01 18:16	23.69	10.7	2016/6/20 17:49	24.02	40.3
2016/6/02 08:01	23.58	4.37	2016/6/20 18:31	24.04	43.7
2016/6/03 08:01	23.53	2.53	2016/6/20 19:41	24.00	36.5
2016/6/12 08:18	23.56	6.62	2016/6/21 6:16	23.72	16.2
2016/6/12 10:06	23.62	8.03	2016/6/21 8:26	23.68	13.2
2016/6/12 13:46	23.61	8.23	2016/6/21 12:01	23.65	11.0
2016/6/12 14:01	23.61	8.01	2016/6/21 14:26	23.62	9.04
2016/6/12 14:36	23.60	7.08	2016/6/21 17:01	23.60	9.08
2016/6/22 08:11	23.53	4.31	2016/6/28 07:18	24.02	35.9
2016/6/22 12:41	23.82	22.0	2016/6/28 10:28	24.02	48.2
2016/6/22 13:26	23.89	28.0	2016/6/28 14:19	24.04	64.0
2016/6/22 14:46	23.86	26.3	2016/6/28 15:53	24.04	48.6
2016/6/22 15:56	23.83	24.4	2016/6/28 18:21	23.97	33.6
2016/6/22 18:16	23.78	20.0	2016/6/29 08:02	23.69	11.3
2016/6/22 19:01	23.77	17.4	2016/6/29 11:06	23.65	9.56
2016/6/23 06:51	23.81	23.5	2016/6/29 15:06	23.62	9.14
2016/6/23 08:01	23.82	23.4	2016/7/2 07:40	24.14	63.5
2016/6/23 09:16	23.79	19.0	2016/7/2 10:11	24.10	65.3
2016/6/23 10:21	23.77	19.4	2016/7/2 12:43	24.15	55.9
2016/6/23 12:41	23.73	15.1	2016/7/2 13:54	24.20	66.0
2016/6/23 15:01	23.69	12.7	2016/7/2 15:36	24.19	67.0
2016/6/23 17:36	23.65	11.1	2016/7/2 16:43	24.25	77.6
2016/6/24 06:01	23.58	5.04	2016/7/3 08:21	23.99	41.5
2016/6/24 15:01	23.55	4.78	2016/7/3 10:21	23.95	34.1
2016/6/25 08:20	23.61	11.0	2016/7/3 13:36	23.88	13.1
2016/6/25 10:17	23.63	10.6	2016/7/3 15:36	23.91	23.5
2016/6/25 12:31	23.65	11.0	2016/7/4 09:51	23.72	10.0
2016/6/25 14:01	23.65	11.1	2016/7/4 11:56	23.70	9.75
2016/6/25 17:01	23.64	8.88	2016/7/4 15:01	23.67	6.69
2016/6/25 18:01	23.63	10.9	2016/7/4 17:06	23.66	6.09
2016/6/26 08:01	23.58	8.42	2016/7/5 08:21	23.90	29.3
2016/6/26 10:01	23.58	8.26	2016/7/5 11:01	23.83	13.9
2016/6/26 12:01	23.57	8.31	2016/7/5 12:21	23.80	11.3
2016/6/26 14:26	23.56	6.09	2016/7/5 15:08	23.76	10.8
2016/6/26 17:01	23.56	5.61	2016/7/5 18:01	23.73	11.1
2016/6/26 18:36	23.55	5.47	2016/7/11 16:21	23.88	17.0
2016/6/27 08:33	23.54	3.19	2016/7/11 17:16	23.91	30.4
2016/6/27 14:32	23.58	8.24	2016/7/11 18:06	23.88	16.1
2016/6/27 16:01	23.61	9.17	2016/7/12 08:01	23.64	13.5
2016/6/27 18:01	23.61	9.04	2016/7/12 12:11	23.60	11.3
2016/6/28 06:10	23.91	27.7	2016/7/12 14:01	23.59	3.46

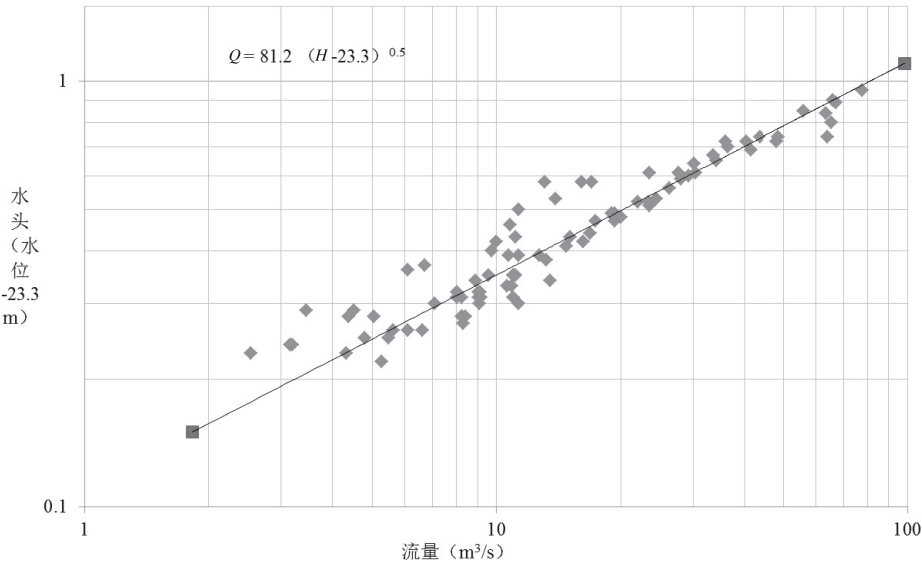


图 1 中田舍小流域水位(头)流量关系图

表 2 鲢鱼桥站水位流量关系 3 项检验成果表(符号检验表)

项目	符号	数值	检验结论	
测点总数	N	90	合理	不合理
正号或负号个数最小值	K (或 n1)	40	√	
检验统计量	u	0.95		
显著性水平	A	0.25		
检验临界值 (查表)	$u_{1-\alpha/2}$	1.15		

注: 用查表法作检验时, 不计算 u 值。

表 3 鲢鱼桥站水位流量关系 3 项检验成果表(适线检验表)

项目	符号	数值	检验结论	
测点总数	N	90	合理	不合理
正负符号变换次数	K	40	√	
检验统计量	u	0.85		
显著性水平	α	0.10		
检验临界值 (查表)	$u_{1-\alpha/2}$	1.28		

注: α 可采用 0.05 ~ 0.10, 相应得 $u_{1-\alpha/2}$ 为 1.64 ~ 1.28。

表 4 鲢鱼桥站水位流量关系 3 项检验成果表(偏离数值检验表)

项目	符号	数值	检验结论	
自由度	K=n-1	89	合理	不合理
检验统计的绝对值	t	-0.25	√	
显著性水平	α	0.10		
检验临界值	$t_{1-\alpha/2}$	1.66		

注: α 可采用 0.10 ~ 0.20。

1960 ~ 2015 年) 的 1.9 倍; 累计有 10 d 的日降水量超过 50 mm, 其中最大 1 d 降水量 142.5 mm (7 月 1 日), 最大 3 d 降水量 305.0 mm (7 月 1 ~ 3 日)。梅雨期间 (6 月 18 日 ~ 7 月 17 日, 下同), 累计降水量 786.0 mm, 是多年平均值的 2.88 倍, 有 6 d 的日降水量超过 50 mm。

2016 年, 中田舍河小流域 (鲢鱼桥站) 平均水位 (假定基面, 下同) 23.44 m, 最高洪水位 24.27 m (7 月 2 日); 平均流量 $2.55 \text{ m}^3/\text{s}$, 最大流量 $76.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (7 月 2 日, 实测最大流量 $77.8 \text{ m}^3/\text{s}$); 年径流量 0.8071 亿 m^3 , 径流深度 1921.7 mm。

从上述成果来看, 2016 年中田舍河小流域遭遇了有实测记录以来的最大洪水, 各项水文要素特征值都创造了历史。

3 $P \sim P_a \sim P$ 关系

1959 ~ 1965 年, 江苏省水文部门陆续编制《江苏省水文手册》和《江苏省水文计算参考资料》。1976 年, 江苏省水文总站重新编制了《江苏省水文手册》。其中, 罗列了太湖流域湖西山丘区 (含宜溧丘陵山区) 的关系^[3]。因此, 本文中田舍河小流域鲢鱼桥控制站 2016 年的整编成果, 点绘其 22 场典型降水量~水位变化过程、降水量~流量变化过程 (见图 2、图 3), 并根据《江苏省水文手册》和《江苏省暴雨洪水图集 (1984 年)》所提供的原理和方法^[4], 同样利用 Cftool 工具箱对中田舍河小流域关系曲线进行拟合。

3.1 降水量 P

中田舍河小流域内分布有中田舍、小梅岭等 2 处雨量站。其中, 中田舍站雨量观测规范、资料完整, 故采用中田舍站资料代表流域面雨量。为便于计算, 选择起始降雨时段降雨量大于 2 mm 起计, 如

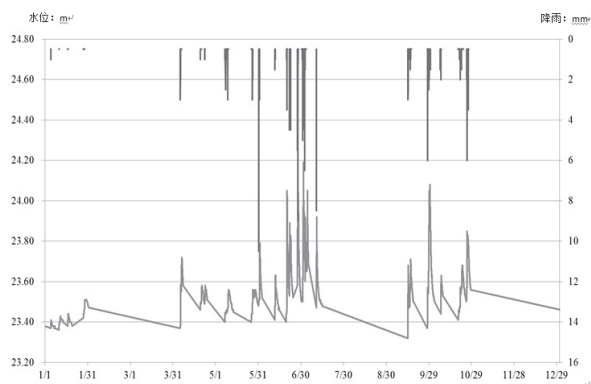


图 2 中田舍小流域鲢鱼桥站降水量~水位变化过程图

果间歇雨超过 5 h, 则认为应重新划分一场洪水^[5]。雨量摘录自经过资料整编后的降水量摘录表。雨洪配套摘录时, 尽量摘录比较独立的, 不受上次雨洪影响的雨洪过程, 以便于分析计算。对于受到上次雨洪影响的雨洪过程, 可视情况合并计算。

3.2 前期影响雨量 P_a 计算

(1) 最大初损值 I_m 确定

最大初损值 I_m , 也称为流域最大蓄水容量, 是前期影响雨量 P_a 的上限值, 它等于流域在十分干旱情况下, 大暴雨产流过程中的最大损失量, 包括植物截留、填洼及渗入包气带被土壤留下的雨量。根据 1984 年江苏省暴雨洪水图集研究成果, I_m 取值范围为 75 ~ 95 mm。根据江苏省水利厅提供的旱地产流计算参数, 苏南山丘区最大初损值 I_m 取值 95 mm。

(2) 前期影响雨量 P_a

前期影响雨量 P_a 也就是降雨开始时的初始土壤含水量, 它的大小取决于前期降雨对土壤的补给量和蒸发量对土壤含水量的消耗量, 通常以 1 d 为计算时段, 逐日递推, 一直计算到本次降雨开始前的 P_a 值为止。计算公式为:

$$P_{a,t+1} = \begin{cases} k(P_{a,t} + P_t), & k(P_{a,t} + P_t) < I_m \\ I_m, & k(P_{a,t} + P_t) \geq I_m \end{cases} \quad (1)$$

式 (1) 中: $P_{a,t+1}$ 、 $P_{a,t}$ 分别表示第 $t+1$ 日、 t 日的前期影响雨量, mm; P_t 表示第 t 日的降水量, mm; k 为土壤含水量的日消退系数或折减系数, 根据 1984 年江苏省暴雨洪水图集研究成果, k 取值 0.90 ~ 0.93。根据省水利厅提供的旱地产流计算参数, 苏南山丘区土壤含水量的日消退系数 k 取值 0.93。

江苏省旱地产流计算参数取用情况见表 5。

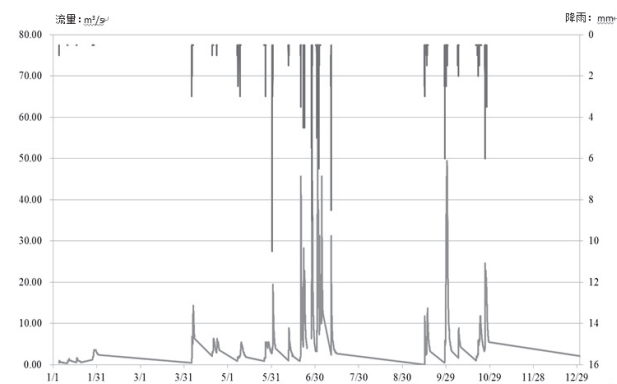


图 3 中田舍小流域鲢鱼桥站降水量~流量变化过程图

表 5 江苏省旱地产流计算参数表

下垫面类型	K	I_{MAX}	C_p	C_i
山丘区	0.93	95	11	100
平原区	0.90	75	13	60

本次计算设年初 1 月 1 日 P_a 值为 $0.5 I_m$, 然后逐日计算。

3.3 径流深计算

由于实测流量存在偶然性误差, 且时空分布不一定能够完全反映雨洪过程。故本次根据鲢鱼桥站遥测水位及水位流量关系推算出的流量, 采用面积包围法计算一场雨洪过程的径流深。目前, 中田舍河鲢鱼桥站前河床上筑有滚水坝, 坝顶高程为 23.30 m, 当坝前水位低于 23.30 m, 可认为基流停止。而当洪水过程受前次降雨过程影响时, 扣除上次降雨产生的流量过程。径流深采用面积包围法计算, 计算公式为:

$$R=10 \times W/S \quad (2)$$

式(2)中: R 表示一场洪水过程的径流深, mm;

W 表示一场洪水过程的水量, 万 m^3 ; S 表示中田舍河鲢鱼桥站以上流域面积, km^2 。

3.4 产流参数计算

与江苏省 1984 暴雨洪水图集一致, 本文设定降雨产流模型为双曲线函数, 产流公式模型为:

$$R=\sqrt[3]{(P+P_a-C_p)^3+C_i^3-C_i} \quad (3)$$

式(3)中, R 为径流深, P 为面平均次雨量, P_a 为前期雨量, mm; C_p 、 C_i 为待定产流参数。根据实测降雨量 P 和计算得到的前期影响雨量 P_a 及径流深 R , 同样采用本文 2.1 中给出的方法, 可方便地率定出: $C_p=8.0$, $C_i=95.0$, 与江苏省水利厅提供的成果比较接近。因此, 可采用式(4)计算中田舍河小流域径流深:

$$R=\begin{cases} \sqrt[3]{(P+P_a-8.0)^3+95^3}-95, & (P+P_a)<95 \\ 0.70 \times (P+P_a)+20, & P+P_a \geq 95 \end{cases} \quad (4)$$

中田舍河小流域降雨产流关系计算结果见表 6 和图 4。

表 6 中田舍河小流域降水产流关系计算表

序号	开始时间	结束时间	汇流时间	平均流量	径流深	P	径流系数	P_a	实测旱地径流深 R	$P+P_a$	实测径流深 R	计算径流深 R
1	2016/1/5 2:46	2016/1/8 3:06	3.01	0.58	3.62	7.5	0.48	37.7	3.688	45.2	3.623	1.865
2	2016/1/10 22:33	2016/1/13 16:01	2.73	0.98	5.47	10.5	0.52	30.1	5.451	40.6	5.473	1.263
3	2016/1/17 2:29	2016/1/20 9:06	3.28	0.94	6.31	9.5	0.66	31.2	6.249	40.7	6.311	1.274
4	2016/1/28 7:43	2016/2/1 10:26	4.11	2.94	13.16	21.5	0.61	31.2	12.779	52.7	13.163	3.190
5	2016/4/5 23:01	2016/4/8 0:01	2.04	7.84	32.91	44.5	0.74	37.3	31.601	81.8	32.913	12.989
7	2016/4/20 7:01	2016/4/23 8:16	3.05	4.22	26.52	41.5	0.64	78.7	25.511	120.2	26.523	36.421
8	2016/4/23 8:36	2016/4/25 2:51	1.76	4.97	18.00	25.0	0.72	88.4	17.384	113.4	17.995	31.583
9	2016/5/7 15:29	2016/5/13 14:41	5.97	2.87	35.19	55.5	0.63	61.3	33.771	116.8	35.190	33.972
10	2016/5/26 7:37	2016/5/31 10:56	5.14	3.91	41.32	52.0	0.79	58.0	39.611	110.0	41.318	29.259
11	2016/5/31 18:01	2016/6/3 1:51	2.33	8.03	38.45	48.5	0.79	82.2	36.877	130.7	38.449	44.328
12	2016/6/12 1:07	2016/6/15 8:16	3.30	3.97	26.93	46.5	0.58	61.9	25.895	108.4	26.925	28.188
13	2016/6/19 23:01	2016/6/22 8:11	2.38	11.08	54.27	65.0	0.83	61.7	51.957	126.7	54.273	41.258
14	2016/6/22 11:13	2016/6/25 1:01	2.57	7.95	20.99	40.0	0.89	95.0	20.236	135.0	20.987	47.699
15	2016/6/28 2:49	2016/6/30 20:06	2.72	16.41	91.81	113.5	0.81	95.0	87.729	208.5	91.809	99.450

(续表 6)

序号	开始时间	结束时间	汇流时间	平均流量	径流深	P	径流系数	P_a	实测旱地径流深 R	$P+P_a$	实测径流深 R	计算径流深 R
16	2016/7/1 18:21	2016/7/5 22:01	4.15	11.82	222.76	313.5	0.71	90.1	212.528	403.6	222.763	236.020
17	2016/7/11 14:36	2016/7/15 10:16	3.82	6.44	50.63	55.5	0.91	72.0	48.488	127.5	50.633	41.867
18	2016/9/14 8:52	2016/9/15 20:14	1.47	4.73	55.67	181.0	0.31	22.8	53.286	203.8	55.667	96.160
19	2016/9/28 5:31	2016/10/3 19:56	5.60	12.36	158.16	241.0	0.66	57.2	150.961	298.2	158.159	162.240
20	2016/10/7 19:34	2016/10/9 6:06	1.44	4.20	33.24	49.0	0.68	62.0	31.910	111.0	33.237	29.935
21	2016/10/20 3:33	2016/10/24 17:21	4.57	5.65	53.19	78.0	0.68	46.5	50.923	124.5	53.188	39.599
22	2016/10/26 5:01	2016/10/28 20:31	2.65	58.26	77.41	103.0	0.75	85.2	74.003	188.2	77.406	85.240

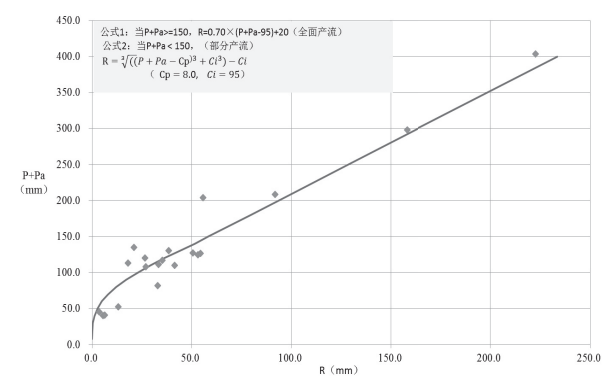


图 4 中田舍河小流域降雨径流关系图

4 结束语

根据以上分析与计算可知:

(1) 利用 Matlab 语言里 Cftool 工具箱强大的曲线拟合功能,可以拟合水文分析计算中各种类型的关系曲线,如本文中的幂指数型和双曲线型。

(2) 中田舍河小流域鲢鱼桥站水位流量关系曲线比较稳定,相对单一。高水部分吻合度较好,中低水部分较差,有待进一步加强测验和分析计算。可为宜溧丘陵山区乃至其它无资料山丘区水位流

量关系的构建以及水资源量的推算提供参考。

(3) 中田舍河小流域关系比较稳定,且与江苏省水利厅 20 世纪 90 年代提供的成果比较接近,可为江苏省宜溧丘陵山区产汇流模型的构建以及《江苏省水文手册》的修编提供技术依据。

(4) 中田舍河小流域相对稳定且单一的水位流量关系也侧面证明了 1990 年以来,该小流域气象气候、地形地貌、土壤植被等产汇流条件没有发生明显的较大改变。

参考文献:

[1] 纪小敏,周毅,胡尊乐,等. 中田舍流域的产汇流模型研究[J]. 江苏水利, 2017(10): 37-39, 43.

[2] 周建兴, 岂兴明, 矫津毅, 等. Matlab 从入门到精通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.

[3] 江苏省水文手册[M]. 南京: 江苏省革命委员会水利局水文总站, 1976.

[4] 江苏省暴雨洪水图集[M]. 南京: 江苏省水文总站, 1985.

[5] 中华人民共和国水利部. SL21-2006 降水量观测规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.