

一种辅助绘制降水量等值线图的方法探讨

冯宇鹏, 李 婕, 冯德光

(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

摘 要:降水量等值线图的绘制除手工方法外,有多种计算机辅助方法及软件。在总结前人研究及实践的基础上,结合实际工作的需要,提出应用网格单元方法通过计算机辅助来完成等值线图的绘制,实现降水量等值线图绘制的客观化。该方法将流域分成若干有限个网格单元,应用流域内所有雨量站所在单元降水量及雨量站所在单元的位置,通过一定的数值计算方法计算所有单元的降水量,之后将大于等于某一数值所有网格单元区域的边界作为等值线,最终获得降水量等值线图。

关键词:降水量;等值线图;网格分析法

中图分类号:TV125

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)04-0075-05

1 问题的提出

流域综合规划、水资源调查评价中,需要绘制流域的长系列降水量均值等值线图。一般先选取一定比例的底图,将雨量站点绘制在图上并标注数值,之后根据点据的分布,依据水文工作人员的经验手工绘制等值线并不断修正。

作者在参加的多次流域综合规划、区域水资源综合规划中体会到有必要研究一种计算机辅助手段,来协助提高绘制等值线图的效率,同时也使得绘制等值线图工作实现一定程度的客观化。

2 现有的绘制手段

手工绘制降水量等值线图的一般工作步骤为:首先选定流域的底图,底图可以是纸质的地形图或其他类型图,或已经电子化的图,之后将雨量站点及降水量数值标记在图上。如 workflow 较小一般选取所有雨量站点;如 workflow 面积较大、范围较广时,雨量站的选取还应该考虑地形影响,在降水量变化梯度较大的山区尽量多选一些站点,在降水量变化梯度较小的平原区着重考虑站点的均匀分布,在点据稀少的地区,可考虑增选一些资料系列较短的站点,通过插补延长处理后作为辅助点据^[1-3]。其次确定绘制等值线的线距及范

围,根据流域所有选用点据的数值变化范围而确定,如线距 50mm,绘制 300mm、350mm……500mm 等值线。

目前有关实现自动降水量等值线图的研究,可总结为以下几方面:

(1)对空间插值方法的研究及总结。数值的数学计算方法常用的有:距离倒数加权法、三角剖分线性插值法、克里格法等^[4]。本文的所提的插值方法即为“距离倒数加权法”。三角剖分线性插值法把数据点用线相连,形成许多三角形,落在小三角形平面投影中的网格点用三角平面上的值来代替。克里格法对空间场进行结构分析,提出变差函数模型进行计算,考虑因素较多,算法复杂。其它插值计算方法不再赘述。这些方法的共同特点是利用现有的雨量站点信息(数值及位置)模拟空间其他区域特征。还有在以上方法上总结,并加入其他影响因素(如地形因素、历史成果因素)的模型方法,如 Thiessen 模型^[6]。等值线的跟踪方法视所采用的模型而定,理论上基本为从模型函数解方程求得等值线。

(2)寻求最优的地区经验法。从一地区降水数据,研究多种模拟方法,寻找适合本地区降水等值线图绘制的方法。如湖南邵阳水文水资源勘测局,通过 4 种常用空间插值方法的原理绘制邵阳地区降水量等值线图,并比较了其优缺点及适用范围,研究认为以克里格

收稿日期:2012-05-22

作者简介:冯宇鹏(1979-),男,黑龙江齐齐哈尔人,工程师,主要从事水文水资源、工程水文方面的研究、设计工作。E-mail:14551808@qq.com

法的插值结果绘出的等值线美观且接近实际,认为克立格法是最适合本区降水量空间插值的方法^[7]。

(3)研究计算机辅助软件进行等值线图绘制。绘制等值线图的软件有多种,如 Win-Surfer、Surfer、mapinfo 中的 Vertical Mapper、matlab 等软件^[5]。这些软件中,就提供一种或几种插值计算方法。浙江省水文局在防汛系统中曾研究应用 Surfer 软件以及 mapinfo 软件尝试绘制单场降水量等值线图,推荐使用 Surfer 软件。但经总结,软件只能机械地应用模型绘制等值线图,不能体现迎风面、背风面的降雨量的差异,无法考虑地形因素和特殊场次暴雨,还需人工经验进行校核、修正。

(4)实践工作中的尝试。2003~2005 年水利水电规划总院及 7 大流域开展的全国水资源综合规划及调查评价工作中,专家曾多次提及应尝试计算机自动绘制 7 大流域的降水量等值线图以实现客观化及提高成图质量。但这项工作并未开展,且至今在需要绘制等值线图如流域综合规划、水资源调查评价等实际工作中很少使用现有的绘制等值线图软件。作者分析主要原因有几方面:其一,目前这些软件多属“黑箱”模型,设计人员没有介入环节,不能根据设计流域的自然特性(如地形对降水量的影响)和自身经验,去控制软件的中间计算过程;其二,输入输出过程复杂,实际工作中往往对图形的质量要求不高,往往只需要示意性的图形,但如用有些软件来实现,往往大量工作放在了准备满足要求的“矢量化”图形上,增加了工作的复杂程度;其三,上述软件专业性较强、入门要求较高,流域综合规划、水资源调查评价工作往往由省部级,地市级多家单位共同完成,技术人员的专业水平不同,采用统一的专业软件绘制难度很大,因此目前很多工作仍采用纸质底图,手工绘制,之后再对各水资源分区进行拼图。

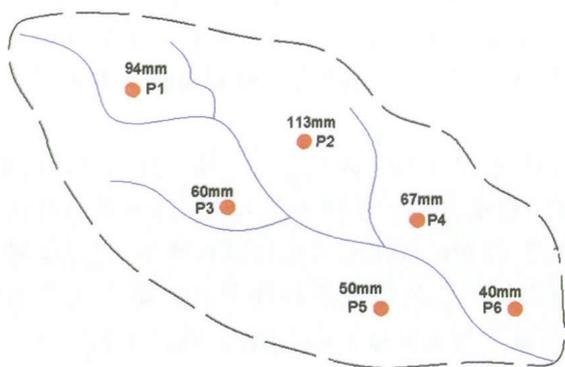


图1 流域及雨量站分布示意图
Fig1 Distribution of the basin and rainfall stations

3 网格单元法的构想

本文在总结以前各研究与实践的基础上,依据实际工作中的经验,提出网格单元法绘制降水量等值线图的方法。

该方法的构想是:将一个流域划分为均匀大小的正方形网格,只要网格数量足够多,则流域边界可概化为网格区域的边界,即整个流域均为网格单元。若知道每一个网格单元的降水量,就可找出大于或等于某一降水量的所有网格,这些网格区域的边界就可视为等值线。只要网格足够小,等值线就会足够光滑。例如,图 1 的一个 56km² 的流域被划分为 29×30 区域,见图 2。

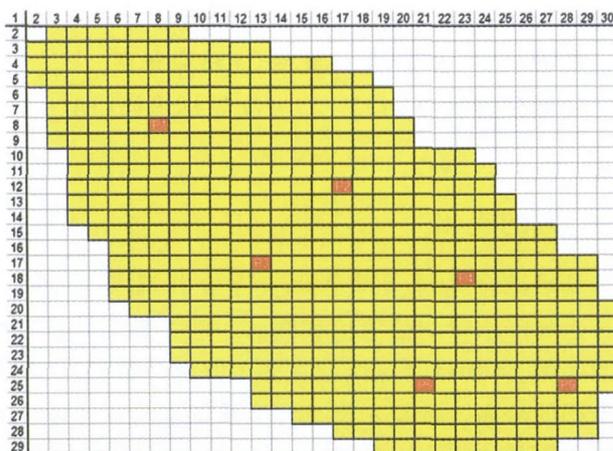


图2 流域及雨量站网格概化图
Fig.2 Grid map of the basin and rainfall stations

该构想中有一个核心问题,即除了雨量站点外的其他网格降水量如何计算?对于该问题,作者认为会有很多种方法可供探讨,不同的流域所处地区、不同的流域面积及流域内的地形均会有不同方法,甚至同一流域内的不同区域也会有不同的计算方法。虽然计算方法很多,但不影响“网格单元法”构想的应用,本文采用一种简单的权重方法,作引玉之用。

假设流域内有 n 个雨量站,分别为 $P_1, P_2, \dots, P_x, \dots, P_n$, 其分布的坐标用流域内网格的横纵坐标表示, r 代表行, c 代表列,例如 P_x 雨量站坐标为 P_{xr}, P_{xc} , 见表 1。单元格 G_x (单元格用 G 表示) 坐标为 G_{xr}, G_{xc} 。

表1 雨量站代码、降水量与坐标标识
Table1 The rainfall station's code, precipitation and coordinate

雨量站名称	P_1	P_2	...	P_x	...	P_n
降水量/mm	P_{1p}	P_{2p}	...	P_{xp}	...	P_{np}
坐标	行	P_{1r}	P_{2r}	...	P_{xr}	...
	列	P_{1c}	P_{2c}	...	P_{xc}	...

当划分网格单元后,任意两个网格间的距离可由两个网格的横纵坐标来计算,其结果为多少个单元格的边长(因在以后的计算中仅作权重之用,没必要进行实际距离的转化), G_1 与 G_2 两个单元格距离为:

$$L_{G_1-G_2} = \sqrt{(G_{1r}-G_{2r})^2 + (G_{1c}-G_{2c})^2} \quad (1)$$

单位为单元格边长

任意一个单元格(以 G_x 表示)的雨量计算如下:

(1)应用公式(1)计算单元格 G_x 与每一个雨量站的距离(距离用 D 表示)

G_x 单元格与 $P_1, P_2, \dots, P_x, \dots, P_n$ 雨量站的距离为 $D_1, D_2, \dots, D_x, \dots, D_n$

$$其中 D_x = \sqrt{(G_x - P_x)^2 + (G_{xc} - P_{xc})^2}$$

(2)确定距离影响参数 L_y 。该参数的含义为雨量站的影响范围,在计算某个单元格降水量时,选用围绕在该单元格 L_y (单位为单元格边长)范围内的所有雨量站。该参数应根据具体的流域、流域内不同区域的实际情况而选用,如 L_y 无限大则考虑了所有雨量站。

(3) G_x 单元格的雨量 P_{Gx} 计算。以 G_x 单元格与 $P_1 \dots P_x \dots P_n$ 雨量站距离的倒数作为权重来计算 P_{Gx} :

$$P_{Gx} = \frac{\frac{1}{D_1} P_{1p} + \dots + \frac{1}{D_x} P_{xp} + \dots + \frac{1}{D_n} P_{np}}{\frac{1}{D_1} + \dots + \frac{1}{D_x} + \dots + \frac{1}{D_n}} \quad (2)$$

有了每一个单元格的雨量之后,就可以方便的找出大于某一数值的网格区域,将其边界作为等值线,应用下面的实例来说明。

4 用 Excel 软件实现网格单元法

该方法的主要目的是可实现计算机的客观计算。Excel 软件在处理“单元格”计算方面是较为方便的,本文即以 Excel 软件概化某流域为例。

第一步,将某个流域形状(图 1)概化(图 2),本例用 Excel 单元格概化成了 29x30 区域,共计 529 个单元格。虽然流域边界形状不平滑,但可以通过增加单元格数量来满足要求,本例主要受限于图例尺寸,只能提供尺寸较小,单元格较少的图例。

第二步,根据流域内雨量站的实际位置,将雨量站概化到网格中,流域内共计有 6 个雨量站,命名为 $P_1 \sim P_6$,多年平均降水量分别为 94mm、113mm、60mm、67mm、50mm、40mm。

第三步,通过 Excel VBA 功能,编写程序计算流

域内每一个单元格的降水量。应用公式(1)计算单元格和每一个雨量站的距离,设置 $L_y=100$ (无限大,不考虑该参数影响),应用公式(2)计算降水量。计算成果见图 3。

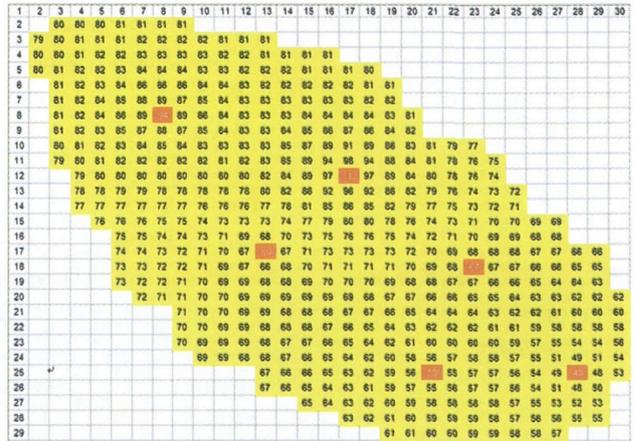


图 3 获得各单元格降水量
Fig.3 The precipitation of the various grid cells

第四步,绘制等值线,同样应用 Excel VBA 功能,找到大于某一值的所有单元格,并标记边界,可通过两步来实现。第一步,遍历所有单元格,将大于某一值的单元格字体颜色变浅;第二步,分别逐行(和逐列)进行遍历,如遇到左右(和上下)两个单元格字体颜色不一样,则将该单元格的右侧(和下部)划线,这样即可画出边界。

以上步骤即完成了一条等值线的绘制,本例分别绘制 90mm、80mm、70mm、60mm 等值线,通过 Excel 完成结果见图 4,反映在流域中结果见图 5。以绘制 90mm 等值线、区域范围 29*30 单元格为例,Excel VBA 代码见表 2。

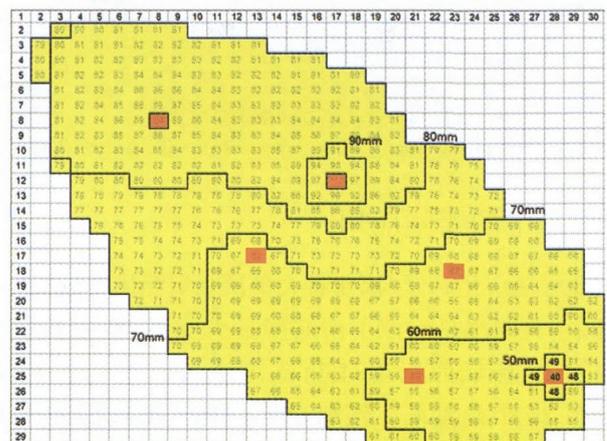


图 4 某降水量单元格区域边界(等值线)
Fig.4 The sideline of cells (isolines) with value GE designated

表2 Excel VBA实现绘制等值线图的代码 (举例)
Table2 Excel VBA code of grid method (an example)

步骤说明	Private Sub 绘制等值线()
第一步, 首先将降雨量大于90mm的单元格字体标记颜色。	For i = 1 To 29
	For j = 1 To 30
	Cells(i, j).Font.ColorIndex = 0 If Cells(i, j) >=90 Then Cells(i, j).Font.ColorIndex = 15 End If Next j Next i
第二步, 逐行扫描, 绘制颜色变化的左右两个单元格中左单元格的右侧边界线。	For i = 1 To 29
	For j = 1 To 30
	If Cells(i, j).Font.ColorIndex <> Cells(i, j + 1).Font.ColorIndex Then Cells(i, j).Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous End If Next j Next i
第三步, 逐列扫描, 绘制颜色变化的上下两个单元格中上单元格的下侧边界线。	For j = 1 To 30
	For i = 1 To 29
	If Cells(i, j).Font.ColorIndex <> Cells(i + 1, j).Font.ColorIndex Then Cells(i, j).Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous End If Next i Next j End Sub

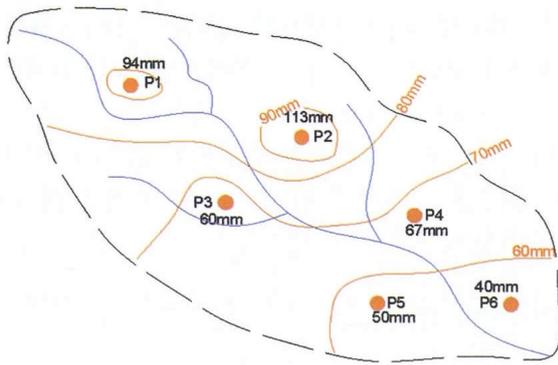


图5 网格单元法绘制的降水量等值线图
Fig.5 The precipitation contour map drawn with grid method

5 工作中的实际应用

此方法应用在了“福建省大樟溪水资源供需分析”^[2]项目中。大樟溪是闽江下游右岸最大支流,发源于德化县戴云山,流域面积4 843km²,干流总长234km,流域内分布21个雨量站。网格单元法将该流域划分成了58×94大小区域,共计2 980个单元格。采用Excel软件计算的结果($L_y=20$)见图6、图7,从图中实测雨量

点数值和等值线图结果可见,网格单元法初步绘制的等值线图较为合理。

6 特点及优缺点

本文介绍的网格单元法包括插值计算和计算机实现手段两方面的内容。首先,各单元格降水量计算采用简便的“距离倒数加权法”,计算过程简单,易于实现,且“特殊”区域单元格降水量计算可由设计人员主观控制。其次,应用Excel软件实现,Excel软件本身不具任何的专业计算能力,但可方便地实现“网格单元法”构想;等值线边界可方便的用某些单元格“勾勒”形成,降水量计算公式即在单元格中,修改、赋值自由,可体现流域内“特殊”区域的降水量特征。

可见,本文探讨的方法有如下特点:①建模简便,Excel中的VBA程序代码十行左右即可完成功能;②计算过程具有可控性,可实现“特殊”区域降水量的计算要求;③输入输出、绘图方便简单,基本在Excel中完成,易于获取降水量等水文原始数值信息,有Excel初步知识即会使用,降低了应用门槛。

目前,该方法主要局限于“辅助”绘制等值线,其结果是 Excel 单元格区域的边界,还需要人工将其反映在纸图上;和所有其他辅助手段一样,最终等值线是否

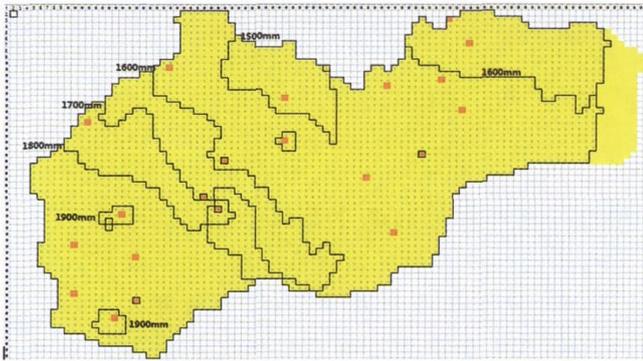


图6 大樟溪流域网格单元法模型及等值线成果

Fig.6 The grid method model of DAZHANGXI Basin with its result

7 结语

实现降水量等值线图的“自动”绘制,需要不断探索,并与实际工作相结合。本文探讨的方法即是从水文水资源规划设计的需要出发,实践探索出的一种简便、高效、客观、可行的绘制降水等值线图方法。该方法的核心是单元格降水量的计算,如何找出适用于工作流

域的计算方法,需要深入研究。

参考文献:

- [1] 陈民,闻人雪星,汪学全,等.海河流域水资源量调查评价[R].水利部海河水利委员会,中水北方勘测设计研究有限责任公司,2005.(CHEN Min, WENREN Xuexing, WANG Xuequan, et al. Investigation and assessment of the water resources in the Haihe River basin [R]. Haihe River Water Resources Commission, China Water Resources Beifang Investigation, Design & Research Co. Ltd, 2005. (in Chinese))
- [2] 史世平.福建省大樟溪流域水资源供需分析[R].水利部水利水电规划设计总院,中水北方勘测设计研究有限责任公司,2010.(SHI Shiping. Supply and demand analysis of water resources in Dazhangxi River basin of Fujian Province [R]. General Institute of Water Resources & Hydropower Planning and Design, China Water Resources Beifang In-

合理需要工作人员根据经验判断。另外,该方法仅使用了“距离倒数加权法”计算各单元降水量,还有必要深入研究更加适合的插值方法。

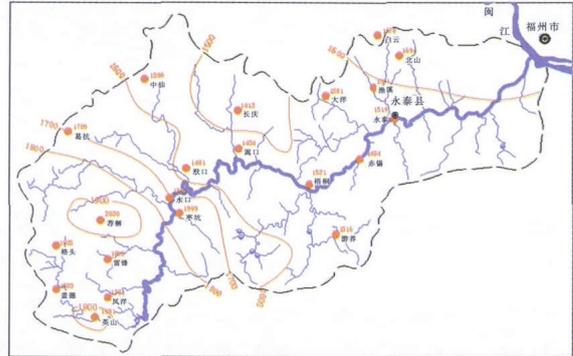


图7 网格单元法绘制的大樟溪流域多年平均降水量等值线图

Fig.7 The precipitation contour map of DAZHANGXI Basin drawn with grid method

vestigation, Design & Research Co. Ltd, 2010. (in Chinese))

- [3] SL278-2002,水利水电工程水文计算规范[S].(SL278-2002, Calculating Criterion of Water Conservancy and Water Electricity Engineering Hydrology[S]. (in Chinese))
- [4] 文雅,郭治兴.应用 Win-Surfer 软件绘制降水等值线图[J].土壤与环境,2002,11 (4).(WEN Ya, GUO Zhixing. Application of Win-Surfer software in drawing precipitation isoline map [J]. Soils and Environment, 2002, 11(4). (in Chinese))
- [5] 王云辉,伍远康.一种实用的降雨量等值线计算机绘法[R].浙江省水文勘测局.(WANG Yunhui, WU Yuankang. A practical method for computer rainfall isoline drawing [R]. Hydrology Survey Bureau of Zhejiang Province. (in Chinese))
- [6] 谢伙生.降水量等值线图自动绘制的新方法 [J].福州大学学报(自然科学版),2000,6 (3). (XIE Huosheng. A new method for automatic drawing rainfall contour map [J]. Journal of Fuzhou University (Philosophy and Social Sciences), 2000, 6(3). (in Chinese))
- [7] 范银贵.空间插值方法在绘制降水量等值线图中的应用 [A].第五届全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会学术论文集[C].2002. (FAN Yingui. Application of spatial interpolation method in drawing precipitation isoline map [A]. Proceedings of the 5th Academic Symposium of National Outstanding Young Meteorologists [C]. 2002. (in Chinese))

A New Method of Drawing Precipitation Isoline

FENG Yupeng, LI Jie, FENG Deguang

(China Water Resources Beifang Investigation, Design & Research Co., Ltd, Tianjin 300222, China)

Abstract: There are various computer-aided methods and softwares for drawing precipitation isolines, besides manual methods. We propose a new method complete drawing the precipitation isolines with grid method on computer. Comparing with the traditional method, it is more objective. We divided a watershed into a finite number of units. According to the precipitation value of all the precipitation stations and their location, we calculated all the units of precipitation with a certain numerical methods. Then, we used a certain numerical unit area boundaries as isolines. Finally, we completed drawing the precipitation isolines of the watershed.

Key word: precipitation; isoline; grid method