

基于 GIS 建立的设计暴雨强度信息系统

邵尧明*

(杭州市规划建设新技术研究推广中心 浙江 杭州 310012)

The Design of Rain - Storm Strength Information System Based on GIS Techniques

Shao Yaoming

摘要 研究运用水文学、测量学、计算机和 GIS 技术,采集了杭州地区 824 站年的降雨资料,对整个杭州地区设计暴雨强度空间分布进行了严密的分析研究,首次建立了杭州市设计暴雨强度信息系统,为杭州市各地的雨水排水工程规划建设和管理服务。

关键词 GIS ;暴雨强度 ;杭州市 ;空间分布

1 前言

GIS 系统具有强大的数据分析和空间分析功能,目前已广泛应用于城市中各种专业的分类管理,它可提供丰富快捷的查询、分析和统计功能,还具备城市水灾害防治、水灾害评价等多种功能。

近几年,世界上一些大城市频繁发生水灾害事件,我国的北京、上海、广州等大城市在 2004 年汛期,相继遭到暴雨袭击。城市不仅人口稠密,而且是高产值地区,水灾会造成很大损失。因此,城市型水灾害引起了人们的深刻反思。对城市型水灾害成因和防灾减灾对策已成为一个国际性的热点。引起城市水灾害的原因是多方面的。其中一个重要方面是雨水排水规划问题,而规划问题中的关键问题是城市雨洪计算的理论与方法,而城市短历时暴雨强度计算又是其中一个重要方面。从初步分析情况来看,目前城市雨水排水的设计暴雨标准、选样方法和频率曲线理论分布方面还有不少问题需要进一步探讨改进完善。为此,中国城市规划协会组织城市勘测专家委员会于 2001 年 8 月专程赴美进行了考察,对美国暴雨水管理模型(swmm)技术在我国城市试验应用研究展开了工作。浙江省科技厅、省建设厅非常重视该项研究,该项目于 2002 年度荣获浙江省人民政府科学技术进步二等奖,研究成果也得到了建设部的充分肯定。2004 年又下达了“杭州市设计暴雨强度信息技术研究”课题,进一步开展创新研究。

2 存在问题

杭州市设计暴雨强度信息技术是为设计城市雨水排水管网系统确定排水流量、提供技术参数的基础数据库系统,其精度如何直接影响雨水排放工程建设投资和运行的安全。虽然杭州市在前些年对此做了一些研究工作,但随着城市化进程的推进,城市范围的调整扩大,规划面积已达 3 068 km²,共设有 8 个地区,地形较为复杂。杭州市地跨南、北两个热量带,东临海,西连山,地形复杂多样,所以杭州的气候有明显的地带性差异。由于目前城市排水系统的设计已明显滞后,暴雨强度信息的匮乏会使排水规划设计、工程建设等有关精度受到限制,直接影响城市基础设施的顺利运行。此外,目前已编有的公式,相间已有 11 a 之久,引用天文学的基本理论,通过多年降水资料统计分析表明,杭州市的降水周期为 11.3 a,开展专题研究已显得十分必要。同时也囿于当时资料条件的限制,资料年份较短,频率分布模型选得欠好,统计方法欠优等原因,在实用上有所欠缺,无法满足现实需要。

3 研究方法

3.1 资料收集

充分利用 GIS 图属互联思想,将有关地物、地貌、雨型与降水分布关系进行全面、深入的调查,分析后选用了 23 个雨量站,它们绝大部分在杭州地区。为了协调与边界上的暴雨强度信息,也选用了部分杭州周边

* 收稿日期 2005 - 07 - 19

作者简介 邵尧明(1958—)男,高级工程师,主要从事规划建设科技研究工作。

地区的雨量站。这些雨量站均为国家站,建设年代早,全能满足本课题的研究工作需要(详见表1)。资料系列长,观测工作规范,雨量记录资料质量高,完

选用雨量站情况一览表

表1

序号	站名	站址	坐 标		设站年份	资料年数	水系	性质
			东经	北纬				
1	黄湖	杭州市余杭区黄湖镇	119°48'	30°27'	1930	34	北苕溪	国家站
2	瓶窑	杭州市余杭区瓶窑	119°58'	30°24'	1931	34	东苕溪	国家站
3	临平	杭州市余杭区临平	120°18'	30°25'	1931	34	杭嘉湖区	国家站
4	中村	杭州市西湖区转塘	120°02'	30°09'	1960	34	钱塘江	国家站
5	闻家堰	杭州市萧山区闻家	120°10'	30°08'	1951	34	钱塘江	国家站
6	临浦	杭州市萧山区临浦	120°15'	30°02'	1958	38	西小江	国家站
7	闸口	杭州市闸口大通桥	120°08'	30°12'	1922	45	钱塘江	国家站
8	拱宸桥	杭州市拱宸桥	120°08'	30°20'	1931	24	杭嘉湖区	国家站
9	七堡	杭州市江干区彭埠	120°16'	30°18'	1953	34	钱塘江	国家站
10	仓前	萧山区南阳	120°24'	30°16'	1954	34	钱塘江	国家站
11	余杭	杭州市余杭区余杭	119°56'	30°17'	1922	40	南苕溪	国家站
12	塘西	杭州市余杭区塘西	120°11'	30°29'	1931	27	杭嘉湖区	国家站
13	临安	临安县城关镇	119°43'	30°14'	1936	33	南苕溪	国家站
14	钱清	绍兴县钱清镇钱清	120°25'	30°08'	1931	34	曹娥江	国家站
15	盐官	海宁市盐官镇(嘉)	120°33'	30°24'	1928	37	钱塘江	国家站
16	德清	德清县城关镇大南门外	120°05'	30°33'	1930	43	东苕溪	国家站
17	潭头	诸暨市湄池镇潭头	120°18'	30°55'	1952	33	钱塘江	国家站
18	横畈	临安县横畈镇	119°45'	30°20'	1932	34		国家站
19	富阳	富阳县城关镇	119°58'	30°30'	1931	39	钱塘江	国家站
20	桐庐	桐庐县城关镇	119°40'	29°49'	1933	32	钱塘江	国家站
21	平湖	平湖县平湖镇	121°01'	30°36'	1951	39		国家站
22	绍兴	绍兴县绍兴镇	120°35'	29°59'	1929	39		国家站
23	诸暨	诸暨市诸暨镇	120°14'	29°43'	1929	44	钱塘江	国家站

表1 这些雨量站的原始雨量资料,均为自记雨量记录,资料基础好,计算途径合理,成果质量高,而且记录年数均在20 a以上,除拱宸桥和塘西两站以外,绝大部分雨量站的记录超过30 a。

3.2 单站暴雨强度公式推导

(1)作为基础工作,本课题研究,按照暴雨强度公式推导及地区暴雨强度等值线绘制的需要,完成了824站年雨量资料系统收集和整理工作,为研究工作奠定了一个比较好的基础。

(2)降雨历时和降雨重现期,目前暴雨分析一般采用5、10、15、20、30、45、60、90、120 min 9个历时。这次研究考虑到,为与不久前建设部组织审查通过的“城市雨水排水管网系统设计技术研究”课题成果配套应用需要,增加了150、180 min 2个历时。降雨重现期,目前一般采用0.25、0.33、0.5、1、2、3、5、10 a 8个频率,这次研究考虑到,设计降雨重现期有提高的趋势,同时选用站资料条件较好,因此扩大到100 a,但重点仍为≤20 a的重现期雨强的分析。

(3)选样方法目前多为年多个样法,这是历史上形成的。因为较早年代时,雨量观测年数还较少,统计分析又必须有较大的样本容量,因此只得采用年多个样法(年超大值法、超定量法与年最大值法)。但随着观测年数的增加,资料条件的改善,采用年最大值法又成为可能。国外已广泛采用年最大值法进行选样。这次研究根据各站雨量资料条件,采用了年最大值法的选样方法。

(4)与选样方法相联系的理论频率分布问题,现行暴雨分析中,指数分布为泊松分布。通过研究分析比较,建设部已对我们的研究成果评审认为:“本研究从普及、推广、实用的角度出发,在收集大量实测数据的基础上,采用不同选样方式进行比较验证,提出了用年最大值法配合指数分布模型推导暴雨强度公式的方法,较传统方法工作量减少,又能保证较高的精度,在理论与实践上有所创新,主要研究成果处于国内领先水平。”本次研究发现,杭州地区各站的短历时暴雨强度分布更吻合指数分布:

$$F(X) = \int_{\beta}^x f(x) dx = 1 - e^{-\alpha(x-\beta)} \quad (1)$$

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)} \quad (2)$$

式中 X 为暴雨强度; β 为雨强下限; $f(x)$ 为机率密度函数; $F(X)$ 为机率分布函数。

这次研究,各单站暴雨强度公式推导中均采用指数分布曲线。

$$(5) \text{ 参数推求 } q = \frac{167A_1(1 + clgP)}{(t+b)^n} \quad (3)$$

暴雨强度公式中的 4 个待定参数即 b, n, A_1, c 采用“高斯—牛顿法”求解,这一方法收敛速度较快,精度较高。

3.3 杭州地区暴雨强度等值线绘制



图1 暴雨强度等值线图

暴雨强度等值线绘制是采用距离加权趋势法,只需找出同一等值线上的所有像素点,这些点必然构成该等值线。计算中需要的数据是各个雨量观测站点的坐标和设计暴雨强度计算数据,即 (x_i, y_i, q_i) ,其中 q_i 代表第 i 个点设计暴雨强度,共有 24 个雨站测点。同时给出将要绘制的强度等值线,等值线图绘制是建立在 GIS 电子地图之上的,比如从 q_0 开始,每相差 Δq_0 的强度就绘制一条等值线,共绘制 m 条等高线。另外已知将要显示的屏幕区域的大小,这里用 $(StartX, StartY)$ 表示该区域的左上角 $(EndX, EndY)$ 表示该区域的右下角。根据设计暴雨强度公式计算数据绘制 1~100 a 9 个重现期、5~180 min 11 个时段的整个杭州市的暴雨强度空间分布,等值线区间强度以各种颜色来表示,以分颜色表示雨强的大小(见图 1)。

4 成果精度评价

按照《室外排水设计规范》(GBJ14—87)共计算重现期在 0.25~10 a 时,在一般强度的地方,平均绝对均

方差,不宜大于 0.05 mm/min。在较大强度均方,平均相对均方差不宜大于 5%。通过 24 个暴雨强度公式均方差的计算分析,合格率达 97.5%。23 个暴雨强度公式计算值与求解的分布面的最大较差值为 0.065,市区 3 068 km² 范围内平面分布平均相对均方差为 4.95%,具有良好的平面控制精度。

5 应用实例

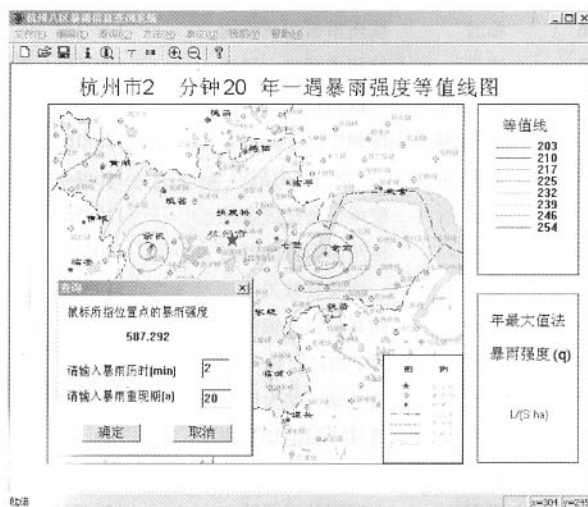


图2 杭州地区暴雨强度信息系统界面

基于 GIS 技术建立的杭州市设计暴雨强度信息系统,为杭州市的城市雨水排水规划(新区雨水排水工程规划和老区雨水排水工程的改造规划)提供信息技术支持。系统运行于 Windows 平台,用户只需安装设计暴雨强度信息系统软件即可运行。图 2 显示了系统运行的主界面,对话框定义指定的规划建设区域,分别输入设计重现期 (a) 和设计降水历时 (t) ,即可得到该区域的设计暴雨强度 (q) 或暴雨强度 (i) 成果。

6 结论

通过杭州市设计暴雨强度信息系统的使用表明,基于 GIS 技术建立的设计暴雨强度信息系统是规划设计、城市建设、城市暴雨水管理的强大信息工具,并以 GIS 的方式绘制、定义区域性暴雨强度信息,实现了不同频率条件下各历时的设计暴雨强度信息成果,能在城市型水灾害预警和正确应急处置方面发挥重要作用,夯实了城市抗灾应变基础。同时也为城市规划、雨水排水工程的改造扩建及城市雨水利用等方面提供了强有力的技术支撑。该系统对实现城市可持续发展改善人居环境和提高城市防灾减灾能力,将起到积极的推动作用并产生更大的社会效益和经济效益。