

可能最大暴雨的地区组成研究

熊海星¹, 吴艳红², 晋明红¹, 华家鹏²

(1. 西南电力设计院 四川 成都 610021; 2. 河海大学水资源环境学院 江苏 南京 210098)

摘要: 为保证位于嘉陵江中游左岸阶地上某工程厂址的防洪安全, 对厂址流域的可能最大暴雨 (PMP) 进行研究, 为工程设计提供依据。厂址上游有两个对径流有重大调蓄作用的已建水库 (碧口、宝珠寺) 以及一个规划中的电站水库 (亭子口), 因此, PMP 的地区组成问题是研究厂址防洪的重要课题。本研究把“81·7”暴雨移置到设计流域中心, 计算厂址以上碧口、宝珠寺和亭子口 3 个区域相应的暴雨, 从而得出厂址流域可能最大暴雨的地区组成。

关键词: 可能最大暴雨; 暴雨移置; 暴雨放大; 暴雨地区组成

中图分类号: P333.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-764X(2006)S1-0007-03

1 国内外可能最大暴雨研究现状

可能最大暴雨 (PMP) 的估算方法是推求高风险水库工程和其他重要工程 (如核电站) 设计洪水的必要方法。美国是将 PMP 最早最多地用于设计洪水的国家, 其是以工程水文思路结合气象学知识来解决 PMP 问题的。根据数十种书刊、文献和因特网上获取的资料信息统计, 目前在世界上至少有 60 个以上的国家开展了 PMP 研究工作, 其中绝大部分是中低纬度的国家。

目前国内外在 PMP 估算^[1]方面是多种方法并存, 这些方法大体上可以概括为两大类:

a. 间接式。首先针对暴雨面积求出 PMP, 然后再设法转换成设计流域的 PMP。其主要步骤是: 高效暴雨 → 水汽放大 → 移置 → 外包 → PMP, 使用的方法主要是概化估算法。

b. 直接式。针对设计流域特定工程的集水面积直接推求 PMP^[2]。其主要步骤是: 暴雨模式 → 极大化 → PMP。使用的方法主要有: ①当地模式 (当地暴雨放大); ②移置模式 (暴雨移置); ③组合模式 (暴雨组合或暴雨时空放大); ④推理模式 (理论模式或物理模式)。

除了冰雪融解、冰坝溃决、山崩阻塞湖溃决和地震溃坝等形成的洪水之外, 绝大部分洪水都来自暴雨。了解暴雨成因, 可为正确选择 PMP 的计算方法及成果的合理性分析提供依据, 因此水文学家首先

把注意力放在暴雨的成因上。从暴雨的成因来看, 产生暴雨的天气尺度系统主要有热带风暴、冷锋、暖锋、准静止锋、切变低涡、西风槽、热带东风波扰动以及中尺度热带云团等。但对于特大暴雨来说, 往往是几种不同尺度、不同来源 (中纬度和低纬度) 的运动系统相互作用、上下叠加的结果^[3]。

随着观测仪器的改进和知识经验的积累, 对于产生一次暴雨的天气尺度系统目前已经有了比较清楚的认识。Takahashi^[4]研究了梅雨锋低空急流的发展机制。Ninomiya^[5]分析了梅雨锋暴雨的热力和动力作用等, 又取得了一定的进展。

2 问题的提出

梯级水库可能最大暴雨的推求方法目前有两种, 即“同频率”概念控制法和典型年法^[2]。“同频率”概念控制法是仿照设计洪水地区组成中同频率组成的概念来推求梯级水库的可能最大暴雨, 此方法的基本假定是上游和下游同时发生 PMP 而区间为相应暴雨, 或下游和区间同时发生 PMP 而上游为相应暴雨。“典型年法”是按相同典型年同倍比放大得到, 此方法的基本假定是梯级工程 PMP 的时空分布与典型暴雨完全一致, 只是在暴雨总量上放大 K 倍。这两种方法都存在较为明显的缺点。“同频率”概念控制法要求上游和下游流域同时达到 PMP, 区间为相应暴雨。实际上这种可能性很小, 尤其当多个梯级上下游水文气象条件差异较大时, 上下游各

流域均发生 PMP 几乎是不可能的。“典型年法”只是区间暴雨总量达到最大,而设计流域暴雨并未达到最大,因此,该方法存在明显不足。本次研究提出以暴雨移置放大方法直接求梯级工程的 PMP 及其地区组成。首先对历史暴雨路径进行分析,确定暴雨的移置中心,然后移置历史暴雨到移置中心并进行水汽放大,从而推求出某工程厂址的 PMP 以及各分区相应的暴雨。

3 流域基本情况及水文气象资料

工程厂址位于嘉陵江中游,大坝以上河流长度 751 km,流域面积 7.47 万 km²。平均海拔 1 500 ~ 2 000 m 左右,处在四川盆地的边缘,偏南风易入侵,水汽供应充分,雨量丰沛,年雨量约 1 000 mm,植被一般。降雨主要发生在 6 ~ 9 月份,70%集中在 7 ~ 8 月份。5 月份太平洋副热带高压开始西伸北移,此时主要雨区在川东,但已影响到中、下游地区。6 ~ 7 月副热带高压活动较强,冷暖气流常在嘉陵江中上游交汇,川西北出现大暴雨,暴雨时间短,但强度大。

推求可能最大降雨不仅需要流域水汽流入方向的地面和高空的露点、可降水、风速、风向,而且还需要本流域及周边流域特大暴雨资料及典型大暴雨资料。资料选择不仅考虑水汽流入方向,而且考虑单站的抽样误差,高空气象站选择西昌站、重庆站、南充站和宜宾站 4 站作为代表站。为了提高样本的代表性,收集了尽可能长的实测资料及 1961 ~ 2002 年共 42 年控制站最大洪峰流量发生的当天和前 2 天共 3 d 的面雨量及相应时间的地面露点、700 hPa 最大风速、风向和可降水资料^[6]。为避免统计高空气象特征值瞬时值的随机性,本次统计露点、风速、风向和可降水均采用时段的平均值。

4 典型暴雨分析

1981 年 7 月 9 ~ 14 日,在四川境内发生了一次大面积暴雨。雨区主要在嘉陵江、涪江、沱江以及岷江与渠江部分地区。暴雨中心广元上寺站雨量 489.6 mm。本次暴雨的特征是笼罩面积大、空间分布比较均匀、中心强度不突出、雨量时程分配比较集中。暴雨主要影响系统分两个阶段:前一阶段,即 9 ~ 10 日,为东西向切变线带低涡;后一阶段,即 11 ~ 14 日,主要是西南低涡,由于西南涡发展强烈、深厚且影响范围广,其中心轴线近于垂直,低涡深厚的辐合上升运动,与进入长江中、上游的冷锋相结合,引起强对流发展,造成大暴雨。同时,由于稳定的环流形势,使低涡移动速度缓慢,12 ~ 14 日低涡一直徘徊在四川省境内,致使本区大面积的强暴雨得以持续。

5 暴雨移置放大推求可能最大暴雨

推求可能最大暴雨采用暴雨移置放大的方法,先移置后放大。暴雨移置放大的移置对象为“81·7”罕见特大暴雨,放大方法采用水汽放大。暴雨移置改正采用流域形状的改正、水汽改正、高程水汽改正^[6]。

5.1 移置可能性分析

“81·7”暴雨发生在本设计流域,其最大 1 d、3 d 和 6 d 暴雨的中心广元上寺位于厂址流域中心附近,两者经纬度相差不到 0.5°。由于移置对象与设计流域为同一流域,两者的地理、气候、地形条件一致,天气成因和暴雨时面分布基本相同,使厂址选择“81·7”暴雨作为移置对象依据充分。本次研究不仅分析“81·7”暴雨移动路径,还分析本地区历史上所发生的特大暴雨中心位置,以更好地确定“81·7”暴雨的移置位置。

本次研究把“81·7”暴雨中心移置到与原暴雨中心相距很近的厂址流域中心,其移置幅度经度和纬度均不超过 0.5°,移置幅度均较小。移置后对雨图轴向进行适当旋转,使所形成的设计断面的洪水达到可能最大。

5.2 移置改正

5.2.1 流域形状改正

将移置对象的暴雨等值线按上述雨图安置办法定位,原封不动地搬移到设计流域,使雨量受到设计流域边界形状的控制,即为流域形状改正。

5.2.2 地理改正

地理改正又称位移改正或位移水汽改正。此为不考虑高程差异,仅考虑位移距离,即因地理位置(经纬度)上差异而造成的水汽条件不同所作的改正。这种改正按设计流域和暴雨原地的最大露点来进行。其计算公式如下:

$$K_1 = W_{Bm ZA} / W_{Am ZA} \quad (1)$$

式中:K₁ 为位移水汽改正系数;W_{Am}, W_{Bm} 为移置区 and 设计流域的最大可降水量,mm;ZA 为移置区地面高程。

流域中心距移置对象暴雨中心广元上寺的经、纬度相差不到 0.5°,两者经纬度差别很小,因此无需进行地理改正。

5.2.3 高程或入流障碍高程水汽改正

高程或入流障碍高程水汽改正指移置前后两地区地面平均高程不同或水汽流入方向障碍高程差异使入流水汽增减而作的改正,计算公式如下:

$$K_2 = W_{Bm ZB} / W_{Bm ZA} \quad (2)$$

式中: K_2 为高程或入流障碍高程水汽改正系数; Z_B 为设计区地面或障碍高程。

移置前相应于设计流域面积平均高程与移置后相应于设计流域面积平均高程相近,无需进行高程改正。

5.3 暴雨放大

“81·7”暴雨是我国实测的一次强度大、历时长、面积广的特大暴雨,水汽条件非常充沛,但从“81·7”暴雨的代表性露点与历史最大露点比较,或与水汽源地的海温相比,可以看出“81·7”暴雨的水汽含量并没有达到可能的最大值,因此有必要进行水汽放大。

因移置对象为“81·7”高效暴雨,放大方法只需采用水汽放大,不作动力因子的放大。暴雨放大公式如下:

$$R_m = W_{Bm} Z_B / W_B Z_B R \tag{3}$$

式中: R_m 和 R 为可能最大暴雨及典型暴雨量,mm; W_{Bm} 和 W_B 为设计区最大可降水量及典型暴雨可降水量,mm。

设计区最大可降水及典型暴雨可降水是通过高空气象站的露点资料统计计算得到的。经计算,厂址流域水汽放大系数 $K = 1.16$ 。由厂址流域历年的暴雨资料分析,本流域的大暴雨一般最多持续 3 d,故本次研究只对 1 d 和 3 d 的移置暴雨进行放大,最大 3 d 以外的暴雨不放大。计算结果见表 1。

表 1 暴雨移置放大成果

流域名称	原“81·7”典型暴雨/mm			可能最大降雨或相应可能最大暴雨/mm		
	1 d	3 d	6 d	1 d	3 d	6 d
碧口	24.9	36.4	40.1	58.4	100.6	114.4
宝珠寺	29.8	44.8	49.0	76.5	119.1	137.8
亭子口	51.5	83.3	92.8	77.3	159.4	189.7
三坝厂址	56.7	107.4	130.3	69.0	156.0	193.2

6 可能最大暴雨地区组成成果的合理性分析

1981 年 7 月嘉陵江中上游发生了一次历史上罕见的特大高效暴雨(简称“81·7”暴雨),这是我国有雨量资料以来著名的大暴雨之一。厂址流域中心离“81·7”暴雨中心经、纬度相差不到 0.5°,且“81·7”暴雨有完整的 1 d、3 d、6 d 暴雨等值线图,移置放大在本流域有非常优越的条件。本次研究把“81·7”暴雨移置至流域中心,则厂址流域面雨量可达到最大,经水汽放大得到厂址流域的 PMP。同时可得到碧口、宝珠寺、亭子口的相应 PMP 成果。因此,对梯级水库 PMP 的地区组成问题的研究,采用移置放大方法先推求出设计流域的 PMP,则其他地区相应的

PMP 可以相应求出,采用这种方法推求 PMP 的地区组成成果更为合理。

“典型年法”是按相同典型年同倍比放大得到的,一般实测典型暴雨很难达到高效特大暴雨,典型暴雨不能反映 PMP 的地区组成。“同频率”概念控制法对推求 PMP 的地区组成问题有更明显的缺点,它假定上下流域同时发生 PMP 或区间流域同时发生 PMP,这种假定本身不易达到,对于解决多级水库的 PMP 地区组成问题,这种假定与实际情况更不符合。而本文所推荐的通过移置高效特大暴雨再经改正和放大的方法,可以较合理地反映该流域发生 PMP 的地区组成。

参考文献:

[1] 邹进上.可能最大暴雨研究的进展[J].自然杂志,1980,3(11):815-816.
[2] 王国安.可能最大暴雨和洪水计算原理与方法[M].1版.河南:黄河水利出版社,1999.
[3] 詹道江,邹进上.可能最大暴雨与洪水——概念和方法的新发展[J].水文,1987(6):2-3.
[4] TAKAHASHI M. A note on 2-dimensional simulations of the low-level jet associated with the Baiu front using a nonhydrostatic convecting model. J Meteorol Soc J. 1989, 67: 937-948.
[5] NINOMIYA K. Characteristics of the Baiu front as a predominant subtropical front in the summer northern hemisphere. J Meteorol Soc J. 1984, 62: 880-894.
[6] 华家鹏,杨惠,王达雨,等.江坪河水电站可能最大暴雨研究[J].河海大学学报:自然科学版,2004,32(5):523-525.

(收稿日期:2005-12-23 编辑:高建群)

· 简讯 ·

中国水利学会 2006 学术年会将在合肥召开

中国水利学会 2006 学术年会将于 11 月 5 ~ 7 日在安徽省合肥市召开。600 余名国内外水利专家、学者和科技工作者将参加这一一年一度的水利科技盛会。本次年会的主题为“节水型社会建设——科技工作者的历史责任”。本次年会将分为大会主会场、分会场和技术考察三个部分。大会的主会场部分包括开幕式、主旨报告和特邀报告。分会场部分共设 5 个分会场,分别为农村水利分会场、水文分会场、滩涂湿地保护与利用分会场、泵及泵站分会场和国际分会场。年会的技术考察活动将安排两条线路进行技术考察,一条是治淮骨干工程临淮岗,一条是淠史杭灌区。

(编辑部供稿)