

闽江上游“2005·6”暴雨洪水分析

金保明^{1 2}

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南平市水利局水政监察支队, 福建 南平 353000)

摘要:以南平市为例分析 2005 年 6 月 17~23 日闽江上游特大暴雨洪水的成因、特点, 指出近年来南平市洪灾频繁, 主要与该市扇形水系特性及气候变化异常有密切关系, 强降雨是造成洪灾的主要原因。提出应充分利用现有防洪工程措施和暴雨洪水预警系统、各种防洪预案、洪水风险图及城区防洪目标高程柱状图等非工程措施, 做到预警到乡, 预案到村, 提前预警、部署和防范。

关键词: 闽江上游; 暴雨洪水; 洪灾成因; 南平市

中图分类号: TV122⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2008)S1-0041-03

受低层低涡暖式切变线和地面静止锋共同影响, 2005 年 6 月 17 日傍晚至 22 日南平市出现了罕见的区域性暴雨、大暴雨天气过程, 局部降特大暴雨, 导致闽江上游南平以上流域发生特大洪水。

1 天气系统分析

从 2005 年 6 月 17~22 日的 500 hPa 位势高度场图看, 在中高纬度的亚洲上空长时间存在一脊一槽型环流, 其中贝加尔湖到青藏高原为一强大的高压脊, 我国东北到日本海一带有一低涡, 在我国东部有一明显的高空槽, 槽底一直延伸到我国长江中下游地区, 并且在长江中下游地区高空槽基本转为横槽。槽后为西北气流和冷平流, 有冷空气不断扩散南下影响到长江以南地区。从 6 月 21 日后期起中高纬度长波开始有所调整, 6 月 22 日高压中心已往东南方向移动, 到 6 月 23 日高压脊开始崩溃并快速东移减弱, 冷空气快速东移南下到福建省中南部地区, 强降雨区也随之南压到该地区, 福建省西北部南平市持续性暴雨天气过程结束。

中低纬度在西太平洋到南海有一稳定的东北—西南走向的副热带高压带, 基本上呈带状分布。副热带高压有 2 个中心, 强中心在 130°E 的西太平洋上空, 次中心在南海上空; 副热带高压脊线位于 120°E18°N 附近。副热带高压与横槽之间为大片暖湿气流, 高空急流位于广东到福建一带。可见中高纬度稳定的一脊一槽型及中低纬度适中的东北—西南走向的副热带高压带为这次持续性暴雨过程创造了

有利的环流条件。

2005 年 6 月 15 日 20 时, 在广东、广西沿海一带的 850 hPa 高度场上就有暖式切变线生成, 到 6 月 17 日 8 时暖式切变线已北抬至福建省邵武到福州之间, 暖式切变开始影响福建省中南部地区。另外从 6 月 18 日 8 时至 22 日 8 时从江西境内到福建省西部一带维持着低涡, 福建省西北部处在低涡中心东侧和低涡暖式切变南侧之间, 并且低空急流也开始出现。6 月 18 日 20 时低涡暖式切变北抬到接近 30°N 附近, 6 月 19 日 8 时开始低涡暖式切变南压至邵武站, 20~22 日低层低涡暖式切变就基本在邵武站一带南北来回摆动, 低涡暖式切变每一次的摆动都造成福建省西北部强降水天气过程的发生。

2 暴雨概况

福建省南平市“2005·6”暴雨过程发生在 6 月 17 日 17 时至 23 日 8 时, 历时 6 d。该次降水过程范围广、强度大、持续时间长、降雨总量大。全流域平均降雨量为 395 mm, 强降雨带在南平南部, 暴雨中心分布在光泽县岱坪和司前乡, 顺昌县上坂仔和岚下乡, 建瓯市房道镇和七里街一带^[1], 其中邵武板岭最大降雨总量达 703.2 mm, 过程雨量超过 500 mm 的有 4 个县市 9 个站点, 超过 400 mm 的有 41 个站点, 58.6% 流域面积的降雨量超过 400 mm, 主要站点过程雨量见表 1。其中建瓯市房道镇最大 1 小时降雨量为 57.5 mm(19 日 12:00~13:00), 3 小时降雨量为 125.5 mm(19 日 11:00~14:00), 12 小时降雨量为

173.5 mm(19 日 6 00 ~ 18 00)。24 小时最大雨量 :光
泽县岱坪村为 254.5 mm(18 日 8 00 至 19 日 8 00),司
前乡为 241.0 mm(18 日 6 00 至 19 日 6 00),邵武市桥
头为 204 mm(20 日 23 00 至 21 日 23 00),武夷山市曹
墩为 195.5 mm(18 日 8 00 至 19 日 8 00),建瓯市房道
镇为 192.0 mm(18 日 20 00 ~ 19 日 20 00)。

表 1 闽江上游“2005·6”暴雨主要站点逐日降雨量统计

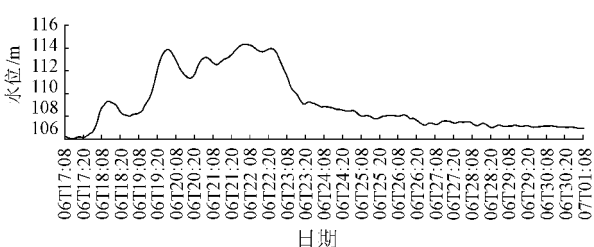
	mm						
站 名	17 日	18 日	19 日	20 日	21 日	22 日	合计
顺昌县上坂仔	60.5	38.5	172.5	79.0	175.5	71.0	597.0
建瓯市七里街	68.5	28.5	165.5	124.5	118.0	70.5	575.5
建瓯市房道	64.0	35.0	183.0	83.5	125.0	79.5	570.0
顺昌县郑坊	88.0	13.0	114.5	117.0	125.5	90.5	548.5
顺昌县光地	77.0	26.5	126.0	126.0	111.0	79.0	545.5
建瓯市小桥	62.5	38.5	154.0	110.0	83.0	88.0	536.0
邵武市桥头	83.0	13.0	111.5	86.5	179.0	51.0	524.0
顺昌院尾水库	105.5	9.0	112.0	121.5	73.5	93.5	515.0
邵武市板岭	73.3	68.5	175.5	149.0	208.0	28.9	703.2

3 洪水过程及特点

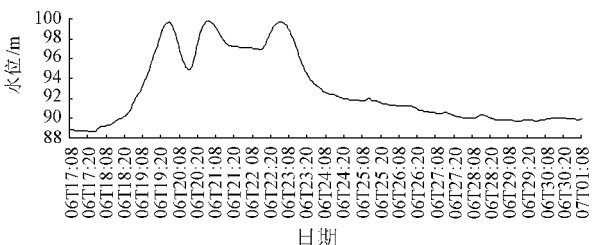
该次洪水过程 10 个县(市、区)各水文站均超警戒水位,南平市延福门、建瓯市七里街、东游、建阳城区、水吉、麻沙、松溪城区、顺昌洋口、邵武城区、光泽城区等 10 个站点超危险水位^[1]。6 月 17 日 20 时延福门水位开始起涨,起涨水位为 59.57 m;6 月 17 日 19 时洋口水位开始起涨,起涨水位为 106.14 m;6 月 17 日 23 时七里街水位开始起涨,起涨水位为 88.60 m。6 月 20 ~ 23 日,延福门、洋口出现了 4 次洪峰,七里街出现了 3 次洪峰,如表 2 和图 1 所示。延福门超危险水位历时 75 h,洋口为 87 h,七里街为 86 h。至 6 月 23 日 22 时七里街水位回落到 93.83 m(警戒水位为 94.00 m),24 日 15 时延福门水位回落到 65.95 m(警戒水位为 66.00 m),25 日 5 时洋口水位回落到 108.28 m(警戒水位为 108.30 m)。此次洪水特点如下:

表 2 闽江上游“2005·6”洪水 4 次洪峰水位统计

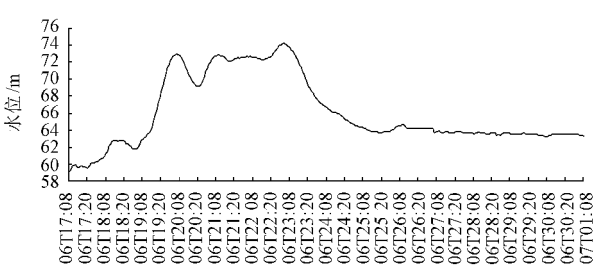
洪峰	站名	洪峰水位/m	出现时间	超危险水位/m
第一次洪峰	延福门	73.00	20 日 5 54	2.00
	七里街	99.75	20 日 0 36	3.75
	洋口	113.91	20 日 2 06	3.11
第二次洪峰	延福门	72.89	21 日 8 30	1.89
	七里街	99.80	21 日 2 00	3.80
	洋口	113.18	21 日 3 00	2.38
第三次洪峰	延福门	72.71	22 日 4 00	1.71
	洋口	114.34	22 日 4 36	3.54
第四次洪峰	延福门	74.24	23 日 4 00	3.24
	七里街	99.70	23 日 2 00	3.70
	洋口	113.96	22 日 21 00	3.16



(a) 富屯溪洋口站



(b) 建瓯七里街站



(c) 闽江延福门站

图 1 闽江上游“2005·6”洪水水位过程线

a. 洪水峰高量大。洪水主要以建溪和富屯溪来水为主,富屯溪支流金溪来水量也较大,沙溪来水量不大,因此从洪水组合情况来看并非最恶劣。闽江南平延福门出现自 1936 年设站以来第三大洪水,洪峰水位为 74.24 m,超危险水位 3.24 m,相应十里庵洪峰流量 28600 m³/s,相当于 35 年一遇^[1],十里庵站最大 3 天洪量达 60.9 亿 m³,为历次洪水总量第一位,超过“98·6”洪水;富屯溪顺昌洋口水文站出现自 1936 年设站以来第三大洪水,洪峰水位为 114.34 m,超危险水位 3.54 m,其最大一天洪量为 10.19 亿 m³,最大 3 天洪量为 26.22 亿 m³,位居历次洪水总量第一位;建溪建瓯七里街站最大 3 天洪量为 22.38 亿 m³,仅次于“98·6”洪水,位居第二。

b. 复式峰形。2005 年 6 月 20 ~ 23 日,南平市主要水文站点反复超危险水位。延福门、富屯溪洋口站出现了 4 次洪峰(不含最初的小峰),七里街站出现了 3 次洪峰^[1],见表 2 和图 1。

c. 洪水涨率大,破坏性强。闽江延福门站最大洪水涨率达 0.8 m/h,松溪伏演站最大洪水涨率达 0.8 m/h,快速上涨的洪水破坏性强,造成严重的灾害。小流域的洪水涨率更大,如顺昌县境内的高阳溪、路兹溪、麻溪、仁寿溪、蛟溪,建瓯市顺阳乡溪东溪、房道镇高阳溪等小河流洪水暴涨,造成两岸的农

田、房屋及水利设施被毁严重^[1]。

4 受灾损失情况

闽江上游“2005·6”特大暴雨洪水给南平市造成了严重的损失。据不完全统计,全市10个县(市、区)受灾,因灾死亡48人、失踪17人、受伤2407人,倒塌房屋1.26万间、损坏房屋4.99万间,受淹县城1座(顺昌城区),直接经济损失达27.43亿元。在死亡的48人中,40人因山体塌方、道路塌方、泥石流等地质灾害死亡,7人被洪水淹死,其他死亡1人。此外水利电力通讯设施毁坏严重,道路多处坍塌中断,农业、工矿商贸企业损失严重。铁路因灾中断23次,京福高速公路水毁6处,205和316国道因道路中断发生52次较大范围堵车。

“2005·6”洪灾中,顺昌县、建瓯市、延平区部分乡镇遭受山洪的袭击,损失严重。如顺昌县高阳溪洪水漫进高阳乡政府大院和大街,高阳乡振科村半数以上房屋浸水受淹,地处鹭鸶溪上游的岚下乡,从郭城村至钱墩村沿溪大小灌溉水坝被洪水冲毁,地处鹭鸶溪中游的大历镇所在地被洪水淹没,河岸边的大历镇派出所综合楼等被洪水冲垮,该镇几乎所有的砌石拦河坝在洪灾中被冲毁。2005年6月19~20日建瓯市顺阳乡街面连续4次进水,其中以6月19日13:00受淹最重,最大进水深2.8m,造成沿岸房屋倒塌无数,小桥乡的霞抱、阳泽、后塘、上屯等村变成一片汪洋。19日上午延平区峡阳镇葛大村主要道路、葛大小学被洪水淹没,其中小学教室进水深达2m。

5 洪灾成因分析

5.1 强降雨是造成洪灾的主要原因

该次降水过程范围广、强度大、持续时间长、降雨总量大,暴雨中心主要分布在富屯溪和建溪流域的中下游,对顺昌县、建瓯市、南平市延平区影响最大。强暴雨是导致洪水泛滥的主要原因,给当地带来严重的损失。

5.2 南平市扇形水系特性容易造成洪灾

南平市位于闽江上游,境内水系发育,河流密布,主要有建溪、富屯溪和沙溪三大支流,建溪、富屯溪流域面积为16396 km²和13733 km²,分别占闽江流域面积的26.9%和22.5%。这两条河流与其上游的崇阳溪、南浦溪、松溪、金溪、沙溪及其他众多小支流一起形成了纵贯南平市全境的树枝状扇形水系,各河流的坡降大、汇流快,洪水暴涨暴落,具有典型的山区性河流特征^[2]。该次暴雨中心主要集中在富屯溪和建溪的中下游,因此从富屯溪洋口和建溪

七里街到南平十里庵洪水传播时间只有6h左右,造成严重洪涝灾害,同时也给防汛救灾带来一定难度。闽江流域南平市以上河流水系见图2。

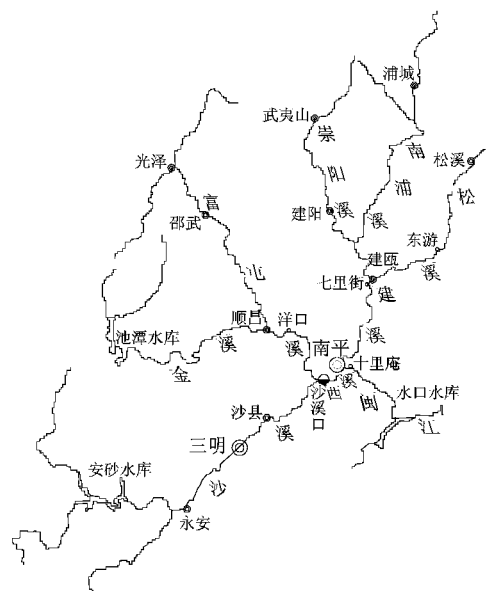


图2 闽江流域南平市以上河流水系

5.3 雨洪引发了严重的山洪及地质等次生灾害

南平市为多山地区,多数城市、乡镇均依山傍水建设,尤其是农村,大多位于山边、河边、低洼地带。由于山区暴雨强度大,山高坡陡,暴雨期间土壤含水量过于饱和,地质不稳定,往往会造成严重的山洪及地质灾害。“2005·6”洪灾中因山体塌方、道路塌方、泥石流等地质灾害造成的死亡人数占洪灾总死亡人数的83%。如:2005年6月19日,福建省道瓯政线(建瓯市到政和县省级公路)距建瓯市城关7km处一临时避雨点发生山体滑坡,导致3人被压埋致死。21日,顺昌县双溪镇张坑垅发生山体滑坡,滑坡体积约1000 m³,有6人被埋,经抢救1人获救,另外5人死亡。22日,延平区长富房地产开发公司7名员工进入长富大厦负二层水泵房关闭供水系统,因洪水冲垮大厦负一层围堰,大量洪水涌入,3人脱险,4人死亡。23日,205国道建瓯七里街路段突发山体滑坡,将正在行驶的一辆大客车和一辆货车推向河中,仅有8人侥幸逃生,其余23人全部死亡。

近年来南平市洪灾频繁,与大气环流和气候变化异常关系密切。此外闽江南平市以上流域水土流失严重,缺乏具有调节能力的控制性水库工程和有效的地质灾害预测、预报、监测手段,农民防范地质灾害的意识较差,城乡防洪标准低,也是造成洪灾损失严重的原因。

(下转第66页)

表 3 厂房结构不同区域最大温度应力值 MPa				
方案	上游面	左横缝面	进水口底板	尾水管底板
1	3.2	3.4	1.8	2.6
2	2.4	3.0	1.6	2.0

从计算结果可以看出:由于冬季外界气温较低,厂房结构段底板混凝土收缩受到地基的约束作用,厂房底板内部产生较大的拉应力,而在夏季,外界气温较高,混凝土发生膨胀,厂房底板内产生压应力。坝段上下游面以及左横缝面温度应力相对较大,其原因是坝体表面温度受外界环境温度变化影响较大,表面应力主要是由内外温差引起的;尾水管底板附近温度应力值相对较大,是由于尾水管底板附近温度受外界环境温度变化影响较大,且该部位处于坝段中部,受到地基和间歇面的约束较大,而且气温年变幅较大,最大应力主要是由内外温差和约束双重作用引起的,运行期流道过水之后,坝体表面最大应力值相对减小,主要是因为水温年变幅比气温年变幅小,最大温差也相应减小,另外,由于混凝土的徐变影响,最大应力值逐渐减小,坝体表面温度应力受外界环境温度影响较大,应力随外界气温的变化呈简谐变化,最大温度应力出现在第一个冬季气温最低时期,蓄水之后,由于水温年变幅比气温年变幅小,加之混凝土的徐变影响,最大温度应力减小,坝体内部温度应力随着坝体温度的下降而缓慢增大,最大温度应力比坝体表面温度应力小得多,不是控制性温度应力。

4 结 语

a. 从方案 2 与方案 1 温度应力计算成果可以

(上接第 43 页)

6 防洪减灾措施

“98·6”特大洪灾后,南平市高度重视防洪工程建设,开展了大规模的江河整治、水库除险加固、修渠筑堤、小流域综合治理等工作,使南平市区防洪标准达 50 年一遇,其他县(市)防洪标准达到 20~30 年一遇,重要乡镇防洪标准达 10 年一遇。此外,南平市先后建立了闽江洪水预警系统、中尺度灾害性天气预警系统、防汛远程视频会议系统、10 县(市、区)城区重要河段洪水视频监控系统、台风实时监测系统、防汛水利信息一体化平台等暴雨洪水预警系统,制定或完善了各种防洪和防御预案(主要有城区防洪预案、乡(镇)和村级防洪预案、水库防洪调度预案、病险水库出现紧急情况下下游人员安全转移预

看出^[4-5]:方案 2 绝大部分区域应力值比方案 1 小,设置预留宽槽后,左侧后边墙上游段、进水口底板和尾水管底板 $\sigma_{y\max}$ 大幅度减小,尤其是宽槽附近的 σ_y 值减小更为显著,说明设置预留宽槽对降低温度应力是有效的。

b. 在厂房结构段中部预留后浇带虽然对温度应力有一定的影响,但由于施工进度及浇筑层厚度的影响,厂房结构段局部温度应力偏大,最大温度应力出现在坝段施工结束后的第一年冬天,建议在该时间内对流道和坝体表面采取保温措施,以减小内外温差,从而降低坝体表面和流道表面的最大温度应力,建议在温度应力过大的后浇带区域降低混凝土浇筑温度或使用 MgO 微膨胀混凝土。

c. 利用通用有限元分析软件建立模型,复杂的结构构造和施工过程都能够得到很好的模拟。将大型通用有限元分析软件与温度应力仿真专用程序联合应用于水电站厂房温度应力场仿真分析中,效果较好。

参考文献:

[1] 朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国电力出版社,1998.
 [2] 张晓飞,李守义,陈尧隆.碾压混凝土拱坝温度场计算的浮动网格法[J].土木工程学报,2006,39(2):126-129.
 [3] 李守义,陈尧隆,王长江.高碾压混凝土坝温度应力研究[J].西安理工大学学报,1997,13(3):226-231.
 [4] 李九红,何劲,简政,等.水电站表孔闸墩施工期温度应力仿真分析[J].水利学报,2002(9):117-122.
 [5] 陈尧隆,李守义.高碾压混凝土重力坝温度应力和防渗措施研究[R].西安:西安理工大学,1999.

(收稿日期 2007-06-11 编辑 骆超)

案、易滑坡地带人员安全转移预案、防台风预案、防漂船预案等)制作了洪水风险图和城区防洪目标高程柱状图等。这些工程措施和非工程措施有效提高了南平市防洪减灾的能力,在防御“2005·6”洪灾过程中发挥了重要的作用。特别是实施“预警到乡,预案到村”的做法,在“2005·6”暴雨洪水期间做到实时远程防汛会商,提前预警,提前部署和采取措施,各部门全力协作,及早转移,减少了人员伤亡,减轻了洪灾损失。

参考文献:

[1] 金保明.南平市“2005·6”特大暴雨洪水分析及防洪对策[J].中国水利,2006,15:42-43.
 [2] 金保明.80 年代以来闽北洪涝灾害概况及其成因[J].灾害学,2001,16(1):55-60.

(收稿日期 2007-07-24 编辑 方宇彤)