

# 立体削洪与生态防洪

沈绍尧, 肖 波

(湖南省长沙市气象局, 长沙 410205)

摘要: 分析了利用空中、地面、地下等立体工程和生态措施进行削洪的可行性和有效性, 指出将被动的抗洪救灾的巨大经费用到积极的治山造林上来, 变洪水为宝贵资源的目标是可能逐步实现的。

关键词: 立体; 生态; 防洪

中图分类号: P333. 2; X171. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)02-0086-03

## Solid Relieving Floods and Ecological Flood Control

SHEN Shao-yao, XIAO Bo

(Meteorological Bureau of Changsha City, Changsha 410205, Hunan, China)

**Abstract:** The feasibility and validness of relieving floods by solid( aerial, ground and underground, etc) project and ecological measure are analyzed. It points out that its possible to achieve the goal of turning floods into precious resoures stepwise using the huge funds for resisting floods and providing disaster relief passively to administer mountains and plant trees positively.

**Key words:** solid; ecology; flood control

当前, 全球性的水荒和水资源危机日益严重, 就连长沙这样的南方多雨城市, 也要花巨资建设引水工程。“水比油贵”, 并非炒作。另一方面, 泛滥的洪灾, 又使世界蒙受巨大损失, 成为我们的心腹之患。世人能否变洪水为宝贵资源? 人类数千年来的这种美好憧憬, 在科技和社会日益进步的今朝, 有望逐步实现。

### 1 立体削洪

#### 1.1 空中削洪

空中水汽输送是地面降水的基本来源, 是一种宝贵资源, 但水汽输送的异常密集, 往往引发超强降水。空中削洪, 就是用现代高科技手段, 在异常的水汽输送带的上游进行人工干预, 使高度集中的降水提前在外围的干旱或半干旱地区降落一部分, 以减弱强降水中心的雨量和灾情, 又充分利用了水资源。这个设想是否痴人说梦? 不! 随着科技和经济的发展, 是可能逐步实现的。

首先, 使雨水提前在上游降落, 国内外已有许多成功实践。例如 1999 年 4 月 30 日晚, 昆明世博会开幕, 恰为雨区所制。当局遂决定在昆明外围 100 km 附近组织强有力的人工催雨, 使雨水提前降落, 硬是将雨拦截在昆明郊外, 保证了开幕式在皓月星空中举行。

其次, 随着气象卫星、多普勒雷达、数值预报等高科技手

段的进步, 对超强降水进行预先干扰的可能性增大, 这里的关键是“可能最大降水”(PMP)的预报。因为只有较为准确地预报某区 PMP 将达到异常(例如 500 mm)时, 人们才会下决心进行干预。我国研究 PMP 已有 20 多年历史, 提出了很多方法。为了说明问题, 这里简要介绍其中的水汽输送法。由大气水量平衡方程, 简化得下式:

$$R = \int_{t_1}^{t_2} \int_{p_0}^{p_L} \int_{L=0}^L \frac{v_i q_i}{g} dL dp dt \quad (1)$$

(1) 式的意义是在一定时间内降落在某一地区的总雨量近似于该区上空的水汽净输送量。(1)式也可用差分形式表示:

$$R = \sum_{t=t_1}^{t_2} \sum_{i=p}^{i=p_0} \sum_{L=0}^L \frac{v_i q_i}{g} \Delta L \Delta P \Delta t \quad (2)$$

式中:  $R$ —— $\Delta t$  时间中, 计算区域内的降水总量;  $i$ ——计算周界上所选的一些计算点,  $v_i$ ——计算点上垂直于周界的风速分量,  $q_i$ ——是点上的比湿,  $\Delta P$ ——相邻两层的气压差,  $\Delta L$ ——相邻两计算点的距离,  $\Delta t$ ——计算历时,  $g$ ——重力加速度。

根据(2)式对淮河流域两次实例的计算结果表明, 计算值与实测雨量分别相差 5% 和 13%, 在长江上游差 7% 和 14%。

由于水汽输送是雨的根源, 所以任何超强降水必有异常

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-09-25

作者简介: 沈绍尧(1947-), 男, 高级工程师, 从事气象工作 30 多年, 在省市和国家刊物发表论文 30 多篇, 现主要研究减灾和生态建设等。

的水汽输送,由此推断的 PMP 是有科学根据的。比如,骇人听闻的河南“75·8”暴雨发生前,从沪、苏沿海经安徽至河南有一条明显的极为强盛的水汽输送带。如果当时能在苏皖及豫东等地区迅速组织强有力的人工催雨作业,使高度集结的水汽能在驻马店以东地区散落一部分,也许灾害就没有那么严重。

我国已有 40 多年的人工催雨实践,具备相当的人力、物力、财力基础,如果发现罕见的 PMP,完全可能在适当地区组织人工催雨的“快速反应部队”,进行空中削洪。

## 1.2 地面削洪

地面削洪就是利用一切工程措施,千方百计地就地蓄住雨水,把洪水削减在始发阶段,这是削洪的主体。

要把雨水就地蓄住,就必须把引起汇流的各个地表单元进行分解,一一采取措施。如在山丘上挖鱼鳞坑、竹节沟,水平壕沟,在溪河中筑防沙墙,在坡谷修山塘,在房前屋后修塘陂,改斜坡土为水平梯田,在水平旱土中挖沟作埂,以及利用稻田、鱼池蓄水等等。这些蓄水工程虽然不大,但投资小,数量多,容易施工,效果明显。如慈利县在坡长、坡度完全相同的条件下测定,横坡耕作、梯田耕作的水土流失量仅为顺坡(斜坡)耕作的 7.9% 和 2.2%。如果能一一落实,其削洪作用将极其巨大。

在广袤的丘岗平原,应结合产业调整,改造低洼地,增加鱼池、湖泊,扩大水生作物面积,尽可能修建屋顶花园、屋顶水池。这不仅有利于分散储水,减轻洪涝压力,而且极具经济和生态效益,是积极削洪的重要方面。

毫无疑问,各类水库是蓄水削洪、抗旱的主力。但过去修水库主要考虑抗旱,因此,今后除需在重要的超强降水多发区适当修建防洪水库外,应把工作重点放在改造、加固病险水库,清淤增容。在保证安全系数的基础上,尽量将水库扩容升级,提高综合效益。例如,浏阳洞阳水库是个储水约 700 万  $m^3$  的小( )型水库,在“97·6·7”特大暴雨中差点漫库。如果升为中型水库,可扩容 600 万  $m^3$ ,库区内仅需改建公路 100 多 m,无需其它拆迁,而储水削洪能力将增加 1 倍。

## 1.3 地下削洪

地下削洪即充分利用各种天然的地下水库,尽可能因地制宜地修建地下储水工程,达到削洪目的。

我国最早的地下水利工程当推新疆的坎儿井,集引水、储水、灌溉为一体,避免了地面蒸发,很科学,延用至少 2 000 多年。

我国北方,特别是黄土高原上的一些地方,近年来,建有许多储水地窖,暴雨时将径流引入地窖,既削了洪,又解决了日后天旱时的浇地和饮用水问题。其实,在南方的一些易旱又不宜建塘建库的山地丘岗,也可兴建集储水、削洪、喷灌滴灌为一体的地下蓄水工程(类似沼气池),小的几十百把方,大的几百方,因地制宜,开口于沟旁,便于进水。若每公顷丘岗地建 4 个容积为 67  $m^3$  的储水罐,则发生一般暴雨时,除去地表、植被吸纳外,所剩雨水将被这种地下蓄水系统储起来,不会产生汇流,即把山洪威胁就地削解了。这种系统洪可拦,旱可灌,四周复土,不占林地和耕地,无蒸发浪费,建造时

虽有一定费用,但一次投资,长期使用,功能多样,实际上合算。

在平原都市,结合人防、消防、道路、园林、绿化、管道等工程建设,大规模地建设地下储水工程,也是时代的要求。因为城乡的自然地表日益被房屋、水泥坪、沥青路面等不透水层所侵占,而在自然地表中,雨水能大部渗入地下,真正形成流水的,仅有 50% 左右。自然地表大幅度减少,不仅地面容易积水成潭,而且随着地层渗水少,地下水位下降,可导致地面下沉,使洪涝等灾害增多。所以必须想法让那些不能自然渗入的雨水重返地下。比如某工程占地 10  $hm^2$ ,其中减少自然地表 5  $hm^2$ ,按年雨量 1 400 mm 的 50% 折算,年内共减少雨水下渗量 35 000 t,就得用建地下储水工程或修湖泊、鱼池等方式使之回归地下。又如修水泥或沥青公路时,除考虑造绿化带吸纳雨水外,多余的形成水流的雨水能否由沉泥井来承担一些,即尽量把沉泥井造深、造大、造密。此外,还可充分利用溶洞、阴河、废矿井、农压机井等地下水库。

以上措施不仅能分流储存大量雨水,削洪减灾,恢复地下水水位,遏制地面下沉,而且可大大缓解水危机—将地下蓄水用于灌溉、降温,供工业、交通、消防、园林、绿化等部门利用,还可作城市环境用水,如洗车、路面洒水等,并可反复使用,多级使用。因此,大规模修建地下储水工程,确是节水型社会的需要。

## 2 生态防洪

### 2.1 林草植被的奇妙储水功能

林草能把雨水变为土壤径流、母质层径流、地下径流,显著减少地面径流,增加枯水期流量。那么,林草植被的储水功能到底有多大呢?

据前苏联学者巴索夫所测,草原每平方米的吸水量为 59.4 L,林区为 290 ~ 600 L,相当于每公顷储水 2 900 ~ 6 000  $m^3$ ,林冠约阻截降水 10% ~ 20%。

我国常用多少森林相当于一个 100 万  $m^3$  的水库来说明问题,但说法多种,或说 667  $hm^2$ ,或说 3 333  $hm^2$ ,让人无所适从。我们按下式试作推算:

$$S_h = S_l + S_k + S_g \quad (3)$$

式中:  $S_h$ ——森林涵养水源能力;  $S_l$ ——森林土壤储水量,按国家林业局中南规划院的研究成果,将森林土壤分作 0.2 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm、40 ~ 60 cm 等三层取样,测得湖南 6 类森林一次性降水的土壤吸水量为 584 ~ 1 359  $m^3/hm^2$ ,算术平均值为 1 081  $m^3/hm^2$ ;  $S_k$ ——地面枯落物吸水能力,按中国林科院的测定数据,最大为 240  $m^3/hm^2$ ;  $S_g$ ——林冠截留,按  $(S_l + S_k) \times 10\%$  估算,算得湖南 6 类森林一次性降水的涵养水源的能力  $S_h$  为 906 ~ 1 759  $m^3/hm^2$ ,其平均值为:

$$S_h = 1081 + 240 + 132 = 1453 (m^3/hm^2) \quad (4)$$

如果要知道多少公顷林地( $m$ )的蓄水量相当于 1 座 100 万  $m^3$  的水库,则按  $m = 1 \times 10^6 m^3 / S_h$  计算,求得较好林地、较差林地的  $m$  分别为 568.5  $hm^2$  和 1 103.8  $hm^2$ 。平均为 653.6  $hm^2$ ,与“600 公顷林地”之说相近。

需要指出的是,上述数据是在一次性降水、森林土壤吸

水层为 0 ~ 60 cm 深的条件下估算的。实际上,连阴雨、甚至连续大雨或暴雨的事时有发生,雨水可慢慢地、长时间地向 60 cm 以下,甚至几米几十米以下的土层渗入。研究数据表明,1 m 深的土层可含水 90 ~ 198 mm(我国黄土高原可达 200 mm 以上),可知 1 hm<sup>2</sup> 3 m 深的土层,其含水量约为 2 700 ~ 5 700 m<sup>3</sup>,这个数据与巴索夫的测定值相仿。由此算得每 370 hm<sup>2</sup> 3 m 深土层的含水量就相当于 1 个 100 万 m<sup>3</sup> 水库的蓄水量,多么惊人的土壤水库!而这一切都要有林地拦截、吸纳、下渗雨水这个基本条件。造林就是修水库,真真切切!

## 2.2 森林植被的显著削洪调峰能力

由于良好的森林植被能够涵蓄大量雨水,分散地面径流,使之大量转入地下,即使下大暴雨,大部分雨量也能截留在山上,不会一下雨就涨水,因而能明显地减弱下游洪峰,使细水长流,这就把分布极为不均的雨水有效地“扯匀”了。

据四川省林科院的多年测定,在降水量相同的条件下,采伐迹地小沟洪峰流量比森林小沟多 200% 以上,汇流时间缩短 10 h。又据四川省盐亭县林山公社 1975 ~ 1978 年的径流实测资料,下暴雨时,林地地表径流仅为裸露地的 1/14。湖北黄冈水保站在 6 年生松栎混交幼林中对比测定,林地比荒坡地地面径流削减 73%。

对东北小兴安岭林区的原始红松林的观测资料也表明,降水后 3 ~ 5 h,雨水流量才缓慢增加,第 5 h 后增加较快,第 10 h 才达到峰值,且洪峰流量仅为无林区的 27%。

可见,地无分南北,良好的森林植被都能显著地削减和滞缓洪峰,从根本上削减旱、涝灾害对人类的威胁。

## 2.3 林草植被惊人的滞沙保土作用

由于林草植被能够隔离雨点对地表的直接冲击;枯枝落叶和密如蛛网的根系又把地下的土壤和沙石层层包裹;众多的树干如坚实墙垒,能改变被冲刷物的速度和运动路径,甚至阻断泥石流;因而林草植被有惊人的保土作用。据四川省调查,由林地流出的泥沙量仅是无林地的 1/44。湖南省也有测定数据:当雨强为平均 48 mm/h 时,林地比裸露地的泥沙冲刷量减少 99.13%。草地同样有很强的保土能力。我国的测定数据是:雨大时,农闲地的土壤冲刷量为 675 g/m<sup>2</sup>,草地为 9.3 g/m<sup>2</sup>,仅为农闲地的 1.38%;狗牙根草地比玉米地的保土能力大 300 倍!

## 2.4 森林既能增加年雨量,又能抑制夏季暴雨

由于林区湿度大,植株及枯叶中又有许多冰核活性物,有利水汽凝结,因而雨量比无林区一般要多 10% ~ 30%。然而,据湖南省气象科研所欧阳惠研究员等人对雪峰山东西两坡实际雨量的多年研究,发现冬、春、秋三季林区比无林区雨量要多 4% ~ 44%。夏季则不然,森林对过境的大雨和暴雨过程有明显的减弱作用,如从 7 月的暴雨统计看,西坡黔阳城(海拔 190 m)为 194 mm,而林区铲子坪(海拔 760 m)反而只有 165.3 mm。按一般规律,铲子坪比黔阳地势高 570 m,年雨量应多 400 mm(每上升 100 m,年雨量增加 60 ~ 80 mm)左右。之所以暴雨量反而减小是因为夏天林区气温较低,其对积雨云的抑制作用,已超过了正常的森林增雨作用。

## 3 对工程、生态措施削洪减灾作用的有效性评估

### 3.1 山丘区

设长 10 m、宽 2 m 的山地挖长 5 m、宽深各 0.6 m 的竹节沟,则此 20 m<sup>2</sup> 的地带内可蓄水 1.8 m<sup>3</sup>,相当于全部吸收 90 mm 的暴雨。如果结合退耕还林、农业产业化建设,能在 50% 的山地上挖有类似的鱼鳞坑、水平壕沟,则可有效蓄水 45 mm。在另外的 10% 的地方,利用各种地下储水系统,平均储水 5 mm。这样,50 mm 的降水被就地拦蓄在“小而群”的各种工程内。如果山丘区的森林覆盖率达 75%,当出现 145 mm 的大暴雨时,根据(4)式,还可就地蓄水 109 mm,仅有 36 mm 降水可能成为径流。

如果在 10 000 hm<sup>2</sup> 山丘区有若干个总容量为 800 万 m<sup>3</sup> 的小型水库和总容量为 200 万 m<sup>3</sup> 的山塘,则可完全拦截相当于 100 mm 的大暴雨;如在每 20 万 hm<sup>2</sup> 范围内有若干个总容量为 1 亿 m<sup>3</sup> 的中型水库,则又可蓄 50 mm 暴雨。当在 100 万 hm<sup>2</sup> 国土上有 3 亿 m<sup>3</sup> 的大型水库,可拦蓄相当于该地域内普降 30 mm 大雨的雨量。

不难推算,在一个地市范围内,如果有上述水库功能,森林植被覆盖率又达到 75%,即使一次普降 339 mm 的特大暴雨,也能有效地就地蓄住所有降水,不至于给下游造成灾害。当然,水库不可能完全空库,就按库容的 50% 计算,也能有效蓄住 249 mm 的特大暴雨。

### 3.2 平岗区

平岗区的主要地表是稻田、耕地、林地和水域等。如果所有稻田短时内能平均蓄水 100 mm,林地蓄水按(4)式为 145 mm,鱼池、荷塘、湖泊等水域平均储水 200 mm,则平岗区一次性有效蓄水将超过 100 mm,加上向河流排泄约 50 mm,则当发生 150 ~ 200 mm 的大暴雨时应当不会造成大的洪涝灾害。

## 4 几点措施建议

### 4.1 改变观念,走出误区

首先要解除“无为”观念。一些人认为“大暴雨,有什么办法?”抱这种观念,就必然进入“听天由命”的误区。实际上,从人民和国家的根本利益出发,我们必须,而且可能在工程削洪、生态防洪方面有所为,取得实质性进展。

其次,破“大锅饭”观念,走出重防轻治的误区:

“防汛是第一大事”,关键时不惜一切工本,反正是国家的钱。这种吃大锅饭的观念,导致一些人重防轻治,消极等待,汛期过后,又风平浪静。痛定思痛,我们应把工作重点从下游突击抗洪转到上游、特别是源区的工程削洪和生态防洪中来,把被动的救灾、防汛的巨大费用用到积极的治山造林上来。

### 4.2 分散蓄水,群力群治,层层落实

建议将所有的能引起径流和汇流的地域小单元,一一分解,科学规划,逐块落实蓄水削洪措施,包括生态措施和各种工程措施,做到 200 mm 以内的大暴雨过程能就地消化,最

(下转第 92 页)

有多有少、价值不等,但有了它,就有了与外单位交流信息资料的条件,对促进业务工作的开展是非常有益的。在日常业务工作中,为了提高业务水平,取长补短,引进和推广先进实用技术,常采用‘走出去、请进来’的工作方法,学习和借鉴别人的先进经验,搜集为我所用的信息资源。就做具体工作而言,掌握足够的信息和参考资料,是有效开展工作的前提。如我们在制订《水土保持项目管理办法》时,就派人到项目管理比较先进的县、市考察和学习,吸取他们在项目管理中的成功经验,并科学结合本区实际,终于制订出了操作性较强的《水土保持项目管理办法》。同时我们在接待来访者时,他们也会向我们索要一些资料回去参考。由此可见,将档案资料通过整理后进行交流,使其具有更为广泛的利用价值,是促进水土保持事业发展的重要手段,是互相取长补短、交流信息的窗口。

## 5 执法监督的佐证

水土保持执法监督工作涉及的面大、范围广,所形成文件材料具有种类多、内容杂、作用大等特点,它的形成主要是水行政主管部门在从事水土保持行政管理的过程中形成的文字、图、表、声像等文件资料。根据其执法特点,一般形成以

下三类别。一是水土保持行政案件,主要包括一些违犯《水土保持法》的案件。如陡坡开荒,破坏植被,破坏水土保持设施等,在查处过程中必须有立案、取证、查处等必要的法定程序,在查处过程中所形成的有关文件(包括调查取证、处罚文书、听证、复议、上诉、处理结果等)必须严格建档备查,方能体现执法的公正;二是水土保持行政管理,包括由水土流失引起的赔偿、赔偿金额纠纷的行政处理等;三是水土保持方案审批管理包括从事与水土保持开发利用有关的生产建设单位和个人的水土保持方案。前两项具有较强的政策性,后者具有较强的技术性。因此,它不仅是全面、真实、客观地记载执法工作的佐证,还有利于提高执法工作的水平和质量,总结经验和吸取教训,利于保持执法的公正性,接受社会的监督,起到继往开来、承前启后的作用。所以说档案管理是执法工作的有力佐证。

总之,档案管理是水土保持业务工作的一个重要组成部分,档案管理好与坏,直接反映一个单位的整体素质和业务水平。因此我们在抓水土保持业务工作的同时,要进一步加强档案管理,使我局档案管理上一个新的台阶。

(上接第 88 页)

大限度地蓄水于山,蓄水于林,蓄水于土,在每个小单元内变洪水为宝贵水资源。这应该成为削洪治水的重点。

### 4.3 建立自然地表被侵占后的雨水下渗补偿制度

自然地表日益减少,雨水自然下渗的生态平衡规律被不断打破,将带来一系列严重后果。为了给雨水以出路,我们必须建立自然地表被侵占后的补偿制度。凡减少雨水自然渗入的,建设项目中必有切实的补救措施,才能允许开工。

### 4.4 动用一切现代科技,特别是高科技手段

如在病险工程探测和外险中用 3S 技术,继善探测仪等。水利工程特别是核心工程中尽量使用纳米材料等新材料、新技术。天气探测、预报和气象、水文、水利调度更是高科技投资重点。此外,我们还要利用生物工程,筛选、培养抗洪作物,特别是抗洪树种,让植被在蓄水、保水、保土中发挥更大作用。如马桑、松树等深根林木,就能有效抗御滑坡和泥石流。

### 4.5 修好防洪水库

在加固、管理好现有各类水库的基础上,应突出削洪、抗旱、生态、旅游、养殖等综合效益的协调。在重点暴雨区,应适当新建或改造提升水利工程,如浏阳社港镇平江河(含黄浒、三星、三义等 3 个村)地处幕阜山支脉龙头尖脚下的超强降水多发区,1998 年的大洪水中,所有田土基本全被冲毁。后

参考文献:

- [1] 李明熙. 估算可能最大降水的几种水文气象方法[J]. 气象科技资料, 1978(2): 1- 8.
- [2] 王永安, 等. 湖南主要森林类型水源涵养能力研究[J]. 湖南林业, 1999(3): 12.
- [3] 张家诚. 给水资源算算账[J]. 气象知识, 1994(4): 4- 5.
- [4] 江泽慧, 等. 长江、嫩江、松花江特大洪水后的反思[J]. 森林与人类, 1998(5): 24- 30.
- [5] 任天任, 等. 莫让水土流失成为一大自然灾害[J]. 气象科技情报, 1991(3): 20- 36.
- [6] 欧阳惠, 等. 山地降水特征及其森林对降水的影响[J]. 湖南气象科技, 1997(1): 6- 11.

建有 5 m 高的柳家坝,主要用于防沙。若将此坝提升为小( )型水库,水面长 1 km 多,仅需搬迁一户 5 口之家,但可多蓄水约 60 万 m<sup>3</sup>,不仅能解除当地的水患,而且能减轻下游几个村的水旱灾害。

### 4.6 把空中削洪提到议事日程

空中削洪,尚未见到国内外的报道。但我们认为,如果发生罕见的“75·8”式的超强降水,一般削洪防洪措施难于奏效,我们应该加紧研究,适时试验,可以考虑由现在的“人影办”组织实施,国家予以重点支持。比如湘中以北出现持续暴雨,湘南往往干旱。如果在湘南的某些地区实施强有力的人工催雨,则在解除湘南干旱的同时,也削减了湘中以北的洪涝。

### 4.7 多建自然保护区

由于禁伐天然林,全国有 100 多万林业职工面临转向。乡镇的林管站也有若干个职工,上面拨来的经费人均仅 1 000 元左右,怎么办?回答很直率:靠滥禁!为了真正落实国务院生态防洪精神,全面封山,就必须结合产业调整,尽可能建立各种自然保护区,努力发展森林旅游、森林疗养,培育优质苗木,开拓森林野菜野果等新的森林产业,让滥禁者变为护林人。