

提高水文气象预报水平,发挥水库的最大潜力

To Raise the Level of Hydrometeorologic Forecasting, To Tap the Reservoir Potentialities

章 淹

(北京气象学院,教授 北京 100081)

庞炳东

(北京气象学院,副教授 北京 100081)

一、严峻的干旱与缺水形势

水是一种极为重要的宝贵资源,是地球上生命繁衍和人们生产生活不可缺少和不可替代的重要物质,也是制约经济和社会发展的的重要因素之一。

地球大陆上,干旱与半干旱气候区约占全球大陆面积的 1/3。而在我国干旱与半干旱气候区约占我国大陆面积的 1/2,是世界上干旱区面积较广、缺水较为严重的国家之一。不仅如此,我国也是水旱灾害频发的地区,并且水旱灾害不断地在时间和空间上交错出现,这是我国气候上的常态。据近 35 年的统计,我国旱灾所造成的损失远大于水灾,约占水旱灾害总损失的 64%。一般旱灾发生的面积广,持续时间长,后续效应久,救援的难度也比较大。

我国年径流总量为 27 115 亿 m^3 ,水资源总量在世界排第四位,但因人口众多,人均水资源占有量很低,相对来说,水资源是贫乏的,我国人均水资源占有量为 2 350 m^3 ,只相当于世界人均水资源占有量的 27%,是世界主要国家中最少的。统计世界 149 个国家,中国大陆地区人均水资源占有量排在第 110 位。由于我国大陆降水在时间和地域上分布很不均匀,北方人口稠密、工业集中的城市地区,人均水资源占有量仅为全国平均值的 6~11%。北方半干旱区的海河流域人均占有水量为 260 m^3 ,这仅比世界上最干旱的沙特阿拉伯的 180 m^3 稍多;比世界上其他干旱地区,如突尼斯、以色列、约旦、黎巴嫩、也门、阿尔及利亚、肯尼亚、布隆迪和苏丹等各国的平均值 360~830 m^3 还少。到 90 年代初我国 476 个城市中,缺水城市近 300 个,其中严重缺水城市就有 58 个,严重影响了人民的生活和工业的发展。近几年来,我国水资源紧缺与水质污染问题日益突出,特别是在现代化城市建与工农业生产发展的建设中,形势更趋于严重。全国年均缺水量约为 5

000 亿 m^3 。而首都北京的人均占有水量则更显不足,仅为世界人均占有量的 1/25,居全国 40 多个缺水城市的倒数第四位,居世界 120 多个国家首都和主要城市的百位之后。由于城市各类用水量在近期内仍将继续增长,水资源供需紧张局面会更加突出。

为了解决水资源供需紧张局面,人们长期以来过量开采地下水,造成地下水水位急剧下降,使大批水井报废、地面下沉、房屋裂缝、管道断裂、沿海城市海水倒灌,严重破坏了自然环境和生态平衡。北京市地下水漏斗已深达 30m 以上。济南市 1989 年春,地下水位降到历史最低水平,泉群连续干涸 18 个月,浅水井枯竭,只能从上百米深的深水井取水。山东省地下水位下降,地下水漏斗区面积达 1.5 万 km^2 ,海水入侵面积达 534 km^2 。80 年代以来,较严重的有大连、秦皇岛、莱州、龙口、宁海、北海等市,其中,大连市渤海沿岸 4 000 多眼水井被海水倒灌,2 000 多眼水井干涸,环渤海沿岸海水入侵面积已达 1 500 km^2 。一些地区地下水漏斗的边缘已接近海洋水体,一旦中间淡水屏障被打通,后果不堪设想。我国上海、天津、北京和西安等大城市甚至近海的无锡、苏州、湛江、宁波等 40 余座城市都因过量开采地下水而发生地裂和地面沉降。天津、上海两市最大累计沉降量分别达到 2.67m 和 2.63m。现在有些城市采用人工回灌地下水的办法,然而,由于地下水的循环交替缓慢,自净能力差,一旦遭受污染后果十分严重。深层地下水过分超采,短期内也是无法弥补的。在这种情况下,进一步开发利用地表水源,确实是当前我国很多缺水地区的一个既经济有益而又十分紧迫的问题。

二、发挥水库的综合效益, 防洪蓄水两不误

我国地处东亚大陆的东南部,季风气候盛行,

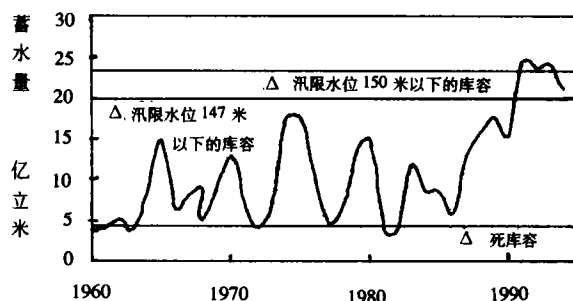
降水量集中出现于全年中相对较短的一段暖热时期,尤其是我国西北和北方的干旱与半干旱地区,一年之中绝大部分降水量往往集中发生于暖热季节的一、两场强降雨过程中,因此大范围地区易旱又易涝。即便是在较为近海的华北和黄河下游一带,主要的雨季一般也多出现于7月下半月至8月上半月的短期内。这种相对集中的强降雨既经常给我国带来不少洪涝灾害,同时又是一种珍贵的水资源,特别是在水资源紧缺或水环境污染严重的地区更加显得珍贵。因此,就全国很多地方而言,若不抓好每年短时丰水期甚至一、二场强降雨时的蓄水,以济枯期的水荒,就是一种严重的失误和浪费。相反,若能抓好丰水时期的“天赐”净水,无论是在补充水源之不足,改善水污染环境和防、抗旱上均是一种花费甚少而效益甚大的措施,或者说是一种非常经济的开源方法,也是一种特别适合我国国情的开发利用水资源的方法。

新中国成立后,我国已修建了各种水库 86 000 余座,占全世界的 53%,总库容 4 500 多亿立方米,其中大型水库 366 座,中型水库 2 499 座,总库容 4000 多亿立方米,初步实现了水资源的年内和年际调节。但因受技术、经济、历史遗留问题和社会条件的限制,还不能完全充分地控制全部洪水。几十年来,这些水库在防洪、蓄水、灌溉、发电和提供人民生活用水等方面都起了有益的作用。然而,在水资源短缺问题日益严峻、电力不足和科学技术发展的今天,我们认为,我国很多水库的兴利作用尚未得到应有的发挥,造成很大的水资源浪费,特别是对干旱和半干旱地区以及像首都这样的缺水城市而言,这部分水资源的意义尤其重大。全国 2 800 多座大、中型水库的建设,国家的投资和库区人民人力物力的投入甚为巨大,如果大量兴建的水库长此不能充分发挥其除害与兴利两个方面应有的作用,对国家来说,也是一种重大的损失。

我国降水特性决定了我国水资源时空分布的不均匀性,全国河川年径流中约有 2/3 以上是洪水径流。洪水径流集中发生在汛期,往往造成洪涝灾害。洪水发生时唯恐渲泄不及而不敢蓄水,致使降水不能有效地加以利用。我国洪水径流占年径流的比重大,水资源供需又相对紧张,因此千方百计把洪水转化为可利用的水量是十分必要的,而且也适合于我国自然与国情的特点。

目前我国的水库调度主要是考虑落地雨量的。如果在汛期不敢科学地拦蓄汛期径流,那么在汛期过后往往就没有多少径流可蓄了。这种调度运行方法致使水库经常处于“汛期不敢蓄水,汛后蓄水又不足”的工作状态。例如,河北省岳城水库建库 20 多年来,只有 6 年的来水量超过兴利库容,其中两年应蓄满却没能蓄满,十分可惜。1966 年周恩来总

理视察岳城水库时曾尖锐地指出:究竟是防御 50 年一遇的洪水重要还是年年遇到的灌溉供水重要?辩证唯物主义的观点是都重要;农业是基础,水库调度必须和灌溉很好地结合起来考虑。又例如,密云水库建库以来也是长期处于蓄水不足的状态。下图为密云水库建库以来历年 7 月初的实际蓄水量图。



密云水库历年7月初蓄水量图

从上图可以看出,密云水库死库容为 4.37 亿立方米,建库以来其中有 5 年动用了死库容。1990 年以前,尽管有 7 年入库总径流量大于多年平均值,然而,历年 7 月初的蓄水量均低于兴利库容。密云水库是北京市最主要的城市供水水源。密云水库多年平均入库年径流量为 14.9 亿立方米,147 米汛限水位以下的兴利库容为 15.5 亿立方米,用 β 值来表示多年平均入库年径流量与兴利库容之比,147 米汛限水位的 $\beta=0.96$,150 米汛限水位以下的兴利库容为 18.98 亿立方米, $\beta=0.76$,可见尚有足够大的库容可以将丰水年多余的水量存储于水库之中,以补枯年水量的不足。密云水库是一个很好的多年调节水库,80 年代,密云水库经历了建库以来最长的少水年段,1980~1993 年,14 年的平均入库年径流量仅为 8.6 亿立方米,即使每年把这些入库径流量全都拦蓄在水库里,也不会造成洪水灾害。密云水库入库径流量年内分配很不均匀,70% 的径流量集中在汛期 6~9 月份。按目前密云水库的调度方式,一般会失去很多蓄水机遇,未能充分利用汛期的水量,致使很珍贵的洁净水源白白浪费。为此,我们考虑若能改变目前水库的调度方式,采用新的调度原则和运用方式,采用水文与气象学相结合的方法,加强预报调度,可适当减少防洪库容,增加结合库容,这样既能满足水库安全和下游河道防洪的要求,又能增加水库的蓄水效益。80 年代密云水库发生建库以来最长的枯水年段,到 1991 年北京市的供水水源已经告急。1991 年 6 月 10 日,密云水库上游发生同期稀遇暴雨,导致水库水位急

剧上涨,入库洪峰流量超过建库以来的最大值。根据当时的降雨、水情信息和科学的分析计算,库水位将突破汛限水位,水库面临着是蓄、是泄的问题。学术界根据天气形势预报,提出了超汛限水位蓄水的意见,市防汛办公室发出了拦蓄全部入库洪水的调度命令,密云水库多蓄了近3亿立方米的水量,缓解了北京市供水紧张的局面。汛后,北京市水利局委托清华大学对密云水库设计洪水重新复核。清华大学与北京水文总站、密云水库、北京市水利设计院合作,延长水文系列16年,修正了水文参数,仍采用原有的调度原则,汛限水位由147.0米可提高到150.3米。经水利部审核,从1993年起,密云水库汛限水位按150米执行。由此,可多蓄3亿多立方米的汛期洪水。1996年利用密云水库的蓄水回灌了北京地下水,至7月底共回灌地下水0.65亿立方米,使密云县地下水位最大上升6.47米,顺义最大上升2.5米,怀柔沿河最大上升1.32米,通县地区上升1米左右。地下水回升范围822.6平方公里。不少学者认为,在确保防洪安全的前提下,密云水库仍然有超蓄汛期洪水的潜力可以挖掘。

三、利用汛期暴雨资源依赖 水文气象科学的进步

洪水是有一定规律性且有部分随机性的自然现象。但随着水文气象事业的发展,人们对一场3~5天暴雨过程产生不同等级洪水的判别方法和产生稀遇洪水的水文气象条件已经有了认识,可以利用连续的卫星、雷达等遥感资料,常规气象资料及陆面水情资料在洪水发生之前判断洪水的级别和稀遇洪水出现的可能性。大洪水来临之前1~2天内总是有前期征兆的。这种征兆对大流域的大洪水有预警作用。例如:密云水库流域历史上发生的大洪水都是由3~5天的天气尺度系统中的强暴雨产生的。如果几个天气系统重复出现则会形成特大洪水。近年来,气象部门开展了大量的研究工作,可以为有些重点水库流域提供24小时定量降水预报和3~7天左右的中期降水预报,还可以用雷达探测雨

情,给出实时降水量。使用遥感水文模型估计洪水,利用水文气象预报估算入库径流量,在洪水入库之前判断洪水级别是可以实现的。

在暴雨中期预报基础较好的流域,增加和加强水文气象预报做为水库调度的又一依据可以大大地提高对汛期降水的利用率。在汛期适当考虑超汛限水位蓄水的可行性,把汛期暴雨转化为可利用的水资源,能缓解城市水资源供需紧张的矛盾。

水库的汛限水位实际上是水库迎接设计洪水入库的起调水位。设计洪水的标准较高,枯水年和平水年的来水量远远低于设计洪水量,通过科技开发,一定的合理超蓄是可行和安全的。如遇较大的暴雨或设计洪水出现,则可将超蓄水量在预见期内安全下泄,保证在大暴雨或设计洪水入库之前,水库的水位下降到足以迎接该场大暴雨或恢复到汛限水位。

利用水文气象预报合理超蓄的水量为 W ,水文气象预见期为 τ ,水库下游河道允许安全泄量为 Q_0 。则有: $W=Q_0 \times \tau$ 。比如:海河流域密云、官厅、潘家口、岳城等26座大型水库的下游河道允许安全泄量 $Q_0=35\ 580\text{m}^3/\text{s}$,若预见期 $\tau=8$ 小时,按此计算,可合理超蓄汛期径流10.2亿立方米的水量。根据预报,出现暴雨前8小时,水库开始按 Q_0 放水,当暴雨径流入库时,超蓄的水量已全部下泄完毕,可确保水库的防洪安全。水文气象预报的预见期可以是气象预报的预见期,也可以是水文预报的预见期,利用水库上游水文站的信息判断入库洪水的等级亦可获得水文预报的预见期,利用水库上游水文站的信息判断入库洪水的等级亦可获得水文预报的预见期。随着现代通讯设施和手段的不断完善,获得水文预报的预见期是完全可以办得到的。

设计洪水和特大暴雨出现的机率非常重要,尤其是因为在干旱和半干旱地区这种暂时的超蓄量在大多数不出现稀遇洪水的年份里都可以转化为可利用的水资源。挖掘这种超蓄洪水的潜力是在确保防洪安全的前提下实现的。随着水文气象预报水平的提高,预见期的延长,这种潜力将会继续增大。

(责任编辑 刘先曙)

科技动态

新的催化剂和分子筛

据英国《新科学家》1997年4月5日报道,美国和荷兰的化学家研究出一种可以分离不同化学成分的分子筛和可以加速化学反应的催化剂,即有许多微孔的固化的凝胶体。

过去许多年来,化学家们用一种称为沸石的多孔材料作为分离各种分子的分子筛,但只有某种形状的小分子才能通过这些小孔。另外,沸石也能起催化作用和加

速化学反应,这是因为当分子被吸收在一个微小的空间内时,它的结构可能在某一点会稍有变化,从而使其更有活性。但沸石的孔形和尺寸范围有限,从而限制了其多用性。因此化学家希望创造一种其孔径范围可以人工控制的“可设计沸石”,即具有特制孔的固体。

现在华盛顿特区乔治敦大学的理查德·韦斯领导

(下转第62页)