

【水资源】

区域雨洪资源利用潜力及模式研究

刘德东¹, 谭乐彦¹, 刘国印¹, 朱 磊²

(1. 山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250013;

2. 宁夏大学 土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:面对水资源短缺的紧迫形势,挖潜利用好雨洪资源尤为重要。以聊城市为例,对雨洪丰枯遭遇情况、雨洪资源量、雨洪资源利用潜力进行了分析评估,提出了雨洪资源利用总体思路 and 主要任务。结果表明:边界河流与市内降水年和汛期丰枯遭遇“尚可”和“有利”组合在50%左右,总体而言,一半左右年份有较好的相机调引边界河流雨洪资源的条件;聊城市多年平均雨洪资源量为9.8亿 m³,多年平均雨洪资源利用潜力为5.4亿 m³;按市内、边界河流划分,不同年型聊城市边界河流和市内河流雨洪资源利用潜力占比为85%~91%,边界河流雨洪开发潜力大,应作为雨洪开发利用的重点方向;雨洪资源利用应注重“蓄、调、渗”综合措施的应用,发挥各类工程在时间上滞蓄、平面空间上调配、竖向空间上滞渗雨洪的作用。

关键词:雨洪资源量;雨洪资源利用潜力;丰枯遭遇;聊城市

中图分类号:TV213.9

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-1379.2019.09.017

Study on the Potential and Model of Regional Rain-Flood Resources Utilization

LIU Dedong¹, Tan Leyan¹, LIU Guoyin¹, ZHU Lei²

(1. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Jinan 250013, China;

2. School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Facing the urgent situation of water resources shortage, it is particularly important to tap potential rain-flood resources. Taking Liaocheng City as an example, the encounter of rain-flood, the amount of rain-flood resources, the potential of rain-flood resources utilization, the general idea and main tasks of rain-flood resources utilization were systematically analyzed. The results show that the “favorable” and “moderate” encounters years of boundary river and urban rainfall year of Liaocheng account for about 50%. Overall, about half of the years have relatively good conditions for diverting rain-flood resources from boundary rivers. The average annual rain-flood resources in Liaocheng is 980 million m³ and the average utilization potential of rain-flood resources is 540 million m³. The ratio of rain-flood resources utilization potential of boundary rivers is between 85% and 91% in different years, and the potential for rain-flood development in boundary rivers is large. When planning the utilization of rainwater resources, the diversion and utilization of rain-flood resources of boundary rivers should be fully considered.

Key words: amount of rain-flood resources; utilization potential of rain-flood resources; encounter of rain-flood; Liaocheng City

雨洪资源利用就是将雨洪作为一种资源,在保证区域防洪安全、经济可行、环境友好的前提下,通过工程措施和非工程措施,将雨洪转化为存蓄在地表或地下的水资源,供人类利用的过程或水事活动。利用好雨洪资源,既能缓解水资源短缺危机、减少洪涝灾害又能改善水环境和水生态,既能提高水资源可利用量和利用率又能促进生态文明建设,是一项一举多得的水管理措施。

雨洪资源利用是水资源开发利用的重要内容,从2005年以来,一直是国家级和省部级重大专项的研究热点,如“十一五”国家科技支撑计划项目“雨洪资源利用技术研究及应用”^[1],2015年水利部公益性行业科研专项“山东低山-平原区雨洪开发技术与示范”^[2]等,都从不同方面对雨洪资源利用涉及的理论和关键技术进行了研究,或正在进一步开展研究^[3],部分研究取得了丰硕的理论和成果。面对水资源短缺的

紧迫形势,将雨洪资源领域的研究成果用于指导各地雨洪开发利用实践有重大意义。为此,笔者面向地方需求,以聊城市为例,对雨洪资源量、雨洪资源利用潜力进行分析评估,提出雨洪资源利用总体思路 and 主要任务,以期聊城市和其他地区雨洪开发利用顶层设计和建设实践提供参考。

1 研究区概况

聊城市位于山东省西部冀鲁豫交界处,总面积8 715 km²。市内地势平缓,河流众多,主要有徒骇河、马颊河和从边界流过的漳卫河、金堤河,黄河从东南边

收稿日期:2019-04-03

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201504054)

作者简介:刘德东(1980—),男,山东高唐人,高级工程师,博士,从事水资源及水利工程规划研究工作

E-mail: east_liu@foxmail.com

界流过。聊城市是农业大市,有位山灌区、彭楼灌区、陶城铺灌区和郭口灌区四大引黄灌区,水库、闸坝、泵站等水利工程 2 000 余处,其中:平原水库 10 座、泵站 320 处、闸坝 862 处。聊城市地处暖温带半干旱大陆性季风气候区,多年平均降水量为 560.6 mm^[4],降水时空分布不均,自东南向西北递减,年际与年内变化大,汛期(6—9 月)降水量占全年的 73.8%。全市多年平均水资源量为 12.07 亿 m³,人均当地水资源占有量为 200 m³,不到全国的 9%,属于严重缺水地区。根据水资源供需平衡分析,考虑从黄河和长江引水,现状水利工程条件下到 2035 年平、枯、特枯 3 种情况下缺水量分别为 4.8 亿、6.0 亿、6.3 亿 m³,缺水率分别为 20.4%、24.7%、26.3%,缺水形势严峻,开发利用雨洪资源是聊城市解决缺水问题的重要选择。

2 入境河流与市内雨洪丰枯遭遇分析

聊城市雨洪资源主要分布于市内徒骇河、马颊河及边界河流漳卫河、金堤河、黄河上,黄河分水指标固定,不做雨洪开发分析。为分析边界河流雨洪资源利用的可行性,对漳卫河、金堤河入境径流和聊城市降水之间的丰枯遭遇进行分析。

2.1 漳卫河实测入境径流与聊城市降水丰枯遭遇

漳卫河入境径流采用反映现状下垫面条件的临清站 1980—2013 年共 34 a 的径流资料,聊城市降水采用聊城站、阳谷站、临清站和茌平站的平均雨量,遭遇分析按照年和汛期两个时段分别进行。不同频率下漳卫河径流和聊城市降水分析结果见表 1。

表 1 不同频率下漳卫河径流和聊城市降水分析结果

频率/%	径流量/亿 m ³		降水量/mm	
	全年	汛期	全年	汛期
10	16.09	9.06	731.7	561.0
20	10.63	5.94	665.8	496.0
30	7.95	3.95	619.6	452.2
37.5	6.42	3.05	590.4	425.1
50	4.48	2.09	546.0	385.3
62.5	3.28	1.31	502.7	348.0
75	2.30	0.66	455.8	309.0
95	1.46	0.06	335.0	217.4
均值	7.00	3.61	551.7	397.4

根据旱涝等级资料和分级标准,按频率可分为丰、平、枯、特枯 4 级,其分级标准见表 2。

表 2 丰、平、枯、特枯分级标准

项目	丰	平	枯	特枯
对应频率/%	≤37.5	37.5~62.5	62.5~95	≥95
级别	1	2	3	4

按照以上分级标准,漳卫河 1980—2013 年 34 a 中丰水年为 15 a,占 44%;平水年为 14 a,占 41%;枯水年

为 4 a,占 12%;特枯水年为 1 a,占 3%。聊城市 1980—2013 年 34 a 中丰水年为 16 a,占 47%;平水年为 12 a,占 35%;枯水年为 4 a,占 12%;特枯水年为 2 a,占 6%。

为标示边界河流与聊城市降水之间丰枯组合情况,按照聊城市是否有利于漳卫河引水、利用漳卫河雨洪资源,将两者之间丰枯遭遇的 16 种可能情况分为有利、尚可、不利组合遭遇三大类,分别包括:①丰-特枯、丰-枯、丰-平、平-特枯、平-枯;②平-丰、平-平、枯-丰、特枯-丰;③丰-丰、枯-平、枯-枯、枯-特枯、特枯-平、特枯-枯、特枯-特枯。经分析,漳卫河年径流量与聊城市年降水量“有利”组合年数为 12 a,占 35%;“尚可”组合为 9 a,占 27%;“不利”组合为 13 a,占 38%。漳卫河年径流量与聊城市年降水量丰枯遭遇情况见表 3。

表 3 漳卫河年径流量与聊城市年降水量丰枯遭遇情况

组合情况	年数	所占百分比/%	组合情况判断
丰-特枯	0	0.0	有利
丰-枯	3	8.8	有利
丰-平	5	14.7	有利
平-特枯	0	0.0	有利
平-枯	4	11.8	有利
平-丰	5	14.7	尚可
平-平	2	5.9	尚可
枯-丰	1	2.9	尚可
特枯-丰	1	2.9	尚可
丰-丰	7	20.6	不利
枯-平	1	2.9	不利
枯-枯	3	8.8	不利
枯-特枯	0	0.0	不利
特枯-平	0	0.0	不利
特枯-枯	0	0.0	不利
特枯-特枯	2	5.9	不利

漳卫河汛期径流量与聊城市汛期降水“有利”组合为 7 a,占 21%;“尚可”组合为 10 a,占 29%;“不利”组合为 17 a,占 50%。漳卫河汛期径流量与聊城市汛期降水量丰枯遭遇情况见表 4。

表 4 漳卫河汛期径流量与聊城市汛期降水丰枯遭遇情况

组合情况	年数	所占百分比/%	组合情况判断
丰-特枯	0	0.0	有利
丰-枯	3	8.8	有利
丰-平	2	5.9	有利
平-特枯	0	0.0	有利
平-枯	2	5.9	有利
平-丰	5	14.7	尚可
平-平	5	14.7	尚可
枯-丰	0	0.0	尚可
特枯-丰	0	0.0	尚可
丰-丰	11	32.4	不利
枯-平	1	2.9	不利
枯-枯	3	8.8	不利
枯-特枯	0	0.0	不利
特枯-平	0	0.0	不利
特枯-枯	1	2.9	不利
特枯-特枯	1	2.9	不利

2.2 金堤河实测入境径流量与聊城市降水量丰枯遭遇

按上述方法对金堤河实测入境径流量与聊城市降水丰枯遭遇进行分析。金堤河年径流量与聊城市年降水量“有利”组合为 6 a,占 18%;“尚可”组合为 10 a,占 29%;“不利”组合为 18 a,占 53%。金堤河汛期径流量与聊城市汛期降水量“有利”组合为 6 a,占 18%;“尚可”组合为 9 a,占 26%;“不利”组合为 19 a,占 56%。

2.3 边界河流雨洪资源利用可行性分析

根据漳卫河径流量和聊城市降水量之间丰枯遭遇分析结果,漳卫河年径流量与聊城市年降水量“有利”和“尚可”组合共计 61%,汛期“有利”和“尚可”组合共计 50%,可知一半以上年份有相对较好的丰枯遭遇,漳卫河引水资源条件较好。根据金堤河径流量和聊城市降水量之间丰枯遭遇分析结果,金堤河年径流量与聊城市年降水量“有利”和“尚可”组合共计 47%,汛期“有利”和“尚可”组合共计 44%,可知接近一半年份有相对较好的丰枯遭遇,金堤河引水资源条件较好。总体而言,聊城市具有相对较好的漳卫河、金堤河相机引水条件,开发利用漳卫河、金堤河雨洪资源切实可行。

3 雨洪资源量和雨洪资源利用潜力分析

目前,关于雨洪资源利用的概念国内外尚无统一定义,为便于分析,本文对雨洪资源利用的相关概念进行统一界定(见图 1)。

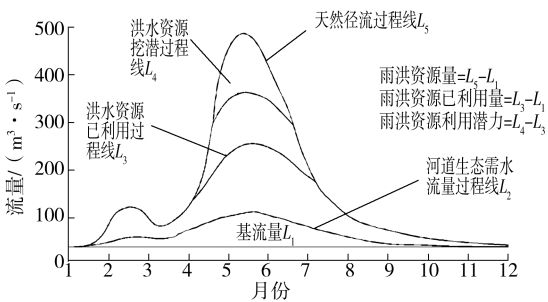


图 1 雨洪资源利用相关概念示意

(1)洪水:指河道内超过一定基准流量的大流量径流。

(2)雨洪资源量:指由降雨形成的河道雨洪径流总量^[5-6],其数值为扣除基流量后的河道径流量(图 1 中 L_5 与 L_1 之间的部分):

$$W_r = R_r - R_b \tag{1}$$

式中: W_r 为雨洪资源量; R_r 为河流径流总量; R_b 为河流基流量。

本文河道径流量 R_r 按照河道断面实测水文数据计算,河流基流量 R_b 按照多年平均最枯月径流量计算。

(3)雨洪资源已利用量(现状利用量^[7]):指在现状水资源开发利用能力下,一个流域或区域利用、损耗、蓄滞在区域内的雨洪资源总量(图 1 中 L_3 与 L_1 之间的部分)。

(4)雨洪资源利用潜力:指一定时期内,在保障河流健康和生态环境的前提下,对现有水利工程和非工程措施尚未能控制的那部分雨洪资源实施开发利用,最大可能利用的洪水资源量。该部分水量可根据河流现状实测径流量,在满足下游河流生态用水前提下,扣除汛期难以控制利用的峰量洪水,尚可开发利用的洪水资源量(图 1 中 L_4 与 L_3 之间的部分)。雨洪资源潜力计算公式为

$$W_p = R_r - R_e - W_s \tag{2}$$

式中: W_p 为雨洪资源潜力; R_e 为河流生态水量; W_s 为难以控制的大洪水量。

河流生态水量 R_e 按照 Tennant 法进行分析^[8]。根据聊城市河道径流特点,河道内 6—10 月生态需水量按照相应月份多年平均实测流量的 30% 计算,11 月—次年 5 月生态需水量按照相应月份多年平均实测流量的 10% 计算。难以控制的大洪水量 W_s 根据实践经验,分析统计 5 a 一遇以上洪水水量作为难以利用水量。

根据上述计算方法,采用反映现状下垫面条件的 1980 年以来实测径流量资料进行分析,聊城市不同降水量年型各河流雨洪资源量、雨洪资源利用潜力分别见表 5 和表 6。

表 5 聊城市不同降水量年型各河流雨洪资源量

万 m^3

降水量年型	市内河流			边界河流			雨洪资源总量
	徒骇河刘桥站	马颊河李奇站	合计	漳卫河临清站	金堤河范县站	合计	
多年平均	20 733	3 582	24 315	59 336	14 616	73 952	98 267
丰水年	31 870	7 870	39 740	55 151	22 825	77 976	117 716
平水年	22 640	4 095	26 735	102 539	13 163	115 702	142 437
枯水年	7 414	753	8 167	37 738	5 933	43 671	51 838
特枯年	1 736	48	1 784	3 930	6 378	10 308	12 092

按市内、边界河流划分,聊城市雨洪资源利用潜力多年平均为 54 067 万 m^3 ,其中:市内河流为 6 496 万

m^3 (占 12%),边界河流为 47 571 万 m^3 (占 88%)。丰、平、枯、特枯不同年型聊城市边界河流雨洪资源利用潜

力占比为 85%~91%,开发潜力大^[9-10]。规划雨洪资源利用工程时,除了考虑当地河流雨洪资源的挖潜外,还应充分考虑边界河流雨洪的调引利用。

表 6 聊城市不同降水量年型各河流雨洪资源利用潜力 万 m³

降水量年型	市内河流			边界河流			雨洪资源利用潜力总量
	徒骇河刘桥站	马颊河李奇站	合计	漳卫河临清站	金堤河范县站	合计	
多年平均	5 954	542	6 496	40 329	7 242	47 571	54 067
丰水年	8 146	940	9 086	42 538	9 521	52 059	61 145
平水年	6 931	282	7 212	52 016	8 238	60 254	67 467
枯水年	3 179	270	3 450	32 777	3 800	36 576	40 026
特枯年	571	28	599	3 576	4 518	8 093	8 693

4 聊城市雨洪资源利用总体思路 and 主要任务

4.1 雨洪资源利用措施

结合聊城市平原区的特性,雨洪资源利用措施可归纳为“蓄、调、渗”3个方面。

(1)“蓄”:指在时间上滞蓄洪水,以备充分利用雨洪资源,主要措施包括建设平原水库、拦河闸坝、坑塘等工程^[11-14]。

(2)“调”:指在平面空间上调配洪水,分散利用雨洪资源,实现东西调配、南北互济、丰枯互补,措施主要为河渠湖库水系连通,通过引水、提水等工程措施将雨洪资源调入需水区^[15-18]。

(3)“渗”:指在竖向空间上滞渗雨洪,通过沟渠拦渗、自然洼地或人工湿地滞渗、增加城市透水面积入渗、采取水保措施涵养地下水源等方式蓄渗雨洪资源,改善地下水生态环境^[19-20]。

4.2 总体思路

按照“科学利用雨洪水,控制开采地下水,高效利用黄河水,积极引用长江水,鼓励采用非常规水”的水资源开发利用总思路,紧密结合聊城市当地市情水情特点,以提升水资源保障能力为目标,以“蓄、调、渗”为主要措施,构建“五横六纵,互连互通;库河同蓄,五水统筹”的雨洪资源利用工程总体格局,实现雨洪资源充分利用,为聊城市经济社会、生态环境的健康发展提供水资源支撑。其中:“五横六纵”指聊城市基本呈东西走向的5条主要河流(黄河、金堤河、徒骇河、马颊河、漳卫河)和6条南北走向的主干河渠(彭楼干渠、位山三千、位山二千、位山一千、南水北调干线以及规划建设的京杭运河干线);“互连互通”指规划的连通工程,实现聊城市主要河渠的互连互通;“库河同蓄”指充分利用平原水库及河道槽蓄作用拦蓄雨洪水;“五水统筹”指通过水系连通工程、平原水库、河道拦蓄工程等,实现对黄河水、长江水、当地水、金堤河水、漳卫河水5大水源的统筹利用。

4.3 主要任务

根据雨洪资源利用的总体思路 and 主要措施,结合

聊城市市情、水情、工情,确定聊城市雨洪资源利用主要工程建设任务,实现雨洪资源利用目标,为聊城市经济社会可持续发展提供坚实的供水安全支撑。

(1)建设运河开发工程,充分利用雨洪资源,实现灌溉、排水、旅游开发等综合效益。

(2)建设河道雨洪资源利用工程(包括河道拦河闸坝工程、河道扩挖工程及综合整治等),与生态河道、景观河道相结合,充分发挥河道拦蓄、蓄渗雨洪的作用。

(3)建设一批蓄水工程(包括平原水库工程、河道蓄水工程、沟渠拦蓄工程、坑塘蓄水工程等),发挥蓄水工程调蓄雨洪资源的作用。

(4)建设系列水系连通工程(包括河河连通、河湖连通、库渠连通、库河连通、塘渠连通等),发挥连通工程互通互济、优化调配的作用,为雨洪资源利用 and 防洪排涝提供顺畅通道。

5 结 论

(1)利用好雨洪资源,既能缓解水资源短缺危机、减少洪涝灾害又能改善水环境和水生态,既能提高水资源可利用量和利用率又能促进生态文明建设,是一项一举多得的水管理措施。

(2)将聊城市边界河流 and 市内降水丰枯遭遇的16种可能组合分为有利组合、尚可组合、不利组合三大类。经统计分析,年和汛期两个时间尺度漳卫河年径流量与聊城市降水量“尚可” and “有利”遭遇组合分别为61%、50%,金堤河径流量 and 聊城市降水量之间“尚可” and “有利”遭遇组合分别为47%、44%,总体而言,一半左右年份有相对较好的调引边界河流雨洪资源的气象水文条件。

(3)聊城市多年平均雨洪资源量约为9.8亿m³,多年平均雨洪资源利用潜力约为5.4亿m³。按市内、边界河流划分,市内河流雨洪资源利用潜力为6496万m³(占12%),边界河流为47571万m³(占88%)。不同年型聊城市边界河流雨洪资源利用潜力占比为85%~91%,开发潜力大。规划雨洪资源利用工程时,

除了考虑当地河流雨洪资源的挖潜外,还应充分考虑边界河流雨洪的调引利用。

(4)雨洪资源开发利用应注重“蓄、调、渗”综合措施的应用,发挥各类工程在时间滞蓄、平面空间上调配、竖向空间上滞渗雨洪的作用。

参考文献:

- [1] 王宗志,程亮,刘友春,等.流域洪水资源利用的现状与潜力评估方法[J].水利学报,2014,45(4):474-481.
- [2] AL-ISMAILY H, PROBERT D. Water-Resource Facilities and Management Strategy for Oman[J]. Applied Energy, 1998, 61(3): 125-146.
- [3] 王银堂,胡庆芳,高长胜.流域雨洪资源高效开发利用技术及示范[J].中国环境管理,2017(3):113-114.
- [4] 孙贵军.聊城市雨洪资源利用及发展对策[J].山东水利,2018(12):22-23.
- [5] 高雅玉,张新民,于惠.GIS技术在陇东沟道雨洪资源可利用量分析中的应用[J].中国水利,2015(19):62-64.
- [6] 田晋华,张新民,高雅玉.西峰区沟道雨洪资源可利用量研究[J].水资源与水工程学报,2016,27(6):83-88.
- [7] 王银堂,胡庆芳,张书函,等.流域雨洪资源利用评价及利用模式研究[J].中国水利,2019(15):13-16.
- [8] 门宝辉,刘昌明.Tennant法计算标准的修正及其应用[J].哈尔滨工业大学学报,2008,40(3):479-482.
- [9] 凌新,聂士展.聊城市徒骇河雨洪资源分析[J].山东水利,2017(4):11-13.
- [10] 轩华山,高广东,聂秋月.聊城市引用金堤河雨洪资源研究[J].人民黄河,2010,32(6):69-72.
- [11] 贾玉玲,于瑞涛.沧州雨洪资源潜力分析与兴利调控有效途径[J].水科学与工程,2010(增刊1):42-43.
- [12] 吴新玲.充分利用雨洪资源促进河系可持续发展[J].水科学与工程,2013(增刊1):23-25.
- [13] 王坤,杨同春,徐征和.多级闸门调控下徒骇河流域雨洪资源利用[J].南水北调与水利科技,2017,15(2):50-57.
- [14] 徐建军.深圳市雨洪资源利用方式分析[J].中国农村水利水电,2007(5):14-15.
- [15] 郭胜利,郭成.雨洪资源的利用与管理[J].水科学与工程,2010(增刊1):29-30.
- [16] 郭永辰.雨洪资源的利用与管理[J].南水北调与水利科技,2014,12(6):27-28.
- [17] 毛慧慧,李木山.海河流域的雨洪资源利用[J].海河水利,2009(6):7-9.
- [18] 陈长华,张雪玲,岳现美.济宁市雨洪资源利用模式效益分析及问题研究[J].中国水利,2014(17):25-27.
- [19] 杜付然,王婉莺.城市防洪及雨洪资源利用探讨[J].河南水利与南水北调,2017(11):21-22.
- [20] 刘中培,迟宝明.大连市地下储水空间雨洪资源利用模式[J].水利水电科技进展,2010,30(1):35-39.

【责任编辑 张华兴】