

永定河(北京段)水利工程建设与管理发展历程研究

顾斌杰 王超 张邢超 毛莹 尚歆

(北京市永定河管理处 100165)

摘要 永定河是首都重要的防洪安全屏障,同时又是北京市重要供水河道、水源保护区和补给区。为除害兴利,永定河上修建了各类水利工程,以控制水流并防治洪涝灾害。水利工程利国利民,综合利用水利枢纽工程除承担防洪、生态治理保护等社会公益性职能,又有供水、发电等经营性任务。从永定河水利工程建设与运行发展历程可以看出,水利工程正从传统的单一工程效益向工程效益与生态效益相结合的模式转变,工程结构设计的多样化发展也与时俱进。

关键词 永定河 水利工程 工程效益 生态工程

中图分类号 TV51

文献标志码 A

文章编号 1673-4637(2015)03-0039-05

永定河是海河流域最大的河流,历史上的永定河为北京城的形成与发展提供了优越的地域空间,上游流域丰富的物产为北京城的建设提供了充足的资源,因而被称为北京的母亲河。历史上的永定河水量丰沛、风姿秀美,是一条与都城生活亲密接触的河流。金、元以后,永定河的水文特性发生变化,水害逐渐增多,威胁京城安全,因此,在永定河上修堤筑坝及各种水利工程成为各个朝代的大事^[1]。新中国成立后,永定河上建起了各类水利工程,为北京城建设提供了重要保障,随着外部大环境的变化,各类水利工程又经历了相应功能改造。在永定河管理处成立40周年之际,研究永定河流域内骨干水利工程的建设与发展,有利于总结经验教训,促进水利工程安全、可持续发展。

1 研究区概况

1.1 地质概况

永定河是北京的母亲河,全长748 km,由上游山西、内蒙的桑干河、洋河等多条河流汇集而成。永定河横穿太行山,连通延庆盆地和北京平原。历

史上,永定河上下游并不连通,永定河的形成时代是指延庆古湖和北京古湖连通的时间,通过其最早的沉积物泥砾岩为上新世形成来判断,大约在300万年以前^[2]。

永定河横穿北京西山,山峡段全长109 km,从官厅大坝到三家店出山口高差约350 m。永定河在山峡段切穿的地层从中上元古界到白垩系比较齐全。河流切割的最高层位为白垩系东领台组,岩性主要为凝灰岩、集块岩,夹有玄武岩。燕山运动对永定河所处地区的构造格局产生了重要影响。永定河流域继承了燕山运动形成的构造格架,总体构造线方向是北东向。永定河主要沿构造薄弱部位不断侵蚀下切形成。北西向的南口—孙河断裂和永定河断裂形成时代相对较晚,进一步将基岩切割成小的块体,并且控制着永定河、温榆河、拒马河等河流的形成与演化^[3-4]。

1.2 自然概况

历史上的永定河洪灾居北京各河洪灾之首,被列为全国四大重点防洪江河之一。永定河同时又是北京的重要供水河道、水源保护区和补给区。在北京城市

收稿日期: 2015-04-10

作者简介: 顾斌杰(1975—),男,高级工程师。

总体规划中,永定河被确定为“京西绿色生态走廊与城市西南生态屏障”。

根据《永定河绿色生态走廊建设规划》(2009年),北京境内的永定河分为官厅山峡段、平原城市段和平原郊野段等3部分。

官厅山峡段:官厅水库到三家店之间的峡谷河段,全长109 km,其中北京境内干流河道(从幽州入境至三家店)长约92 km,是北京的输水河道和地下水补给区。

平原城市段:从三家店至南六环路,全长37 km。历史上由于永定河河水含沙量高,上游泥沙淤积形成地上河,此段河道河底高程高出城区地面十余米。永定河洪水的特点是变化幅度大、洪水来势迅猛,历史上平原段河道经常决口、漫溢、改道。自官厅水库建成以来,洪灾事件发生频率逐渐减少。20世纪80年代以来,由于连年干旱,官厅水库下泄流量减少,使得下游平原地区地下水得不到有效补给,水位急剧下降,河道断流,环境恶化。

平原郊野段:从南六环路至崔指挥营出境,全长41 km,为游荡型地上河,河床高出堤外地面5~7 m,河床多为粉细沙地质,两岸险工较多。

永定河北京境内流域多年平均降水量约530 mm,其中,汛期降水量占全年降水量的75%~85%,暴雨常发生在每年主汛期(7月下旬和8月上旬),极易造成洪涝灾害。历史上的永定河是海河水系中含沙量最高的河流,多年平均沙量10~100 kg/m³,仅次于黄河。

2 水利工程结构型式与功能效益

永定河现有的水利工程主要集中建设于新中国成立后,按其功能进行分类,主要有4种:防洪、发电、灌溉和生态修复。

2.1 防洪工程

永定河的防洪工程建设,关系到区域经济的发展、百姓生活及社会安定等问题。防洪工程的巨大效益体现在能抵御一定标准的致灾洪水,减免民众与社会遭受损失。

官厅水库位于河北省怀来县和北京市延庆县境内,是新中国建设的第一座大型水库。官厅水库流域面积4.34万km²,初始设计洪水重现期为千年一遇,校核洪水为万年一遇,总库容22.7亿m³。官厅水库修建的首要目的是防洪,于1951年10月开工建设,1954年5月建成,主要建筑物有大坝、泄洪洞、溢洪道及引水式水电站,按1级建筑物标准设计。由于当时社会条件所限,大坝设计为黏土心墙

土石坝,最大坝高45 m。1979—1989年,为提高水库防洪能力,实施了溢洪道扩建和大坝加高工程。溢洪道进行了加宽并降低了堰顶高程;大坝在原有坝体基础上加高并加筑黏土斜墙坝,最大坝高加高至52 m,总库容增至41.6亿m³,校核洪水提高至可能最大洪水(PMF)。官厅水库在防洪、供水、发电方面发挥了综合效益。

官厅水库以下的官厅山峡是北京的暴雨中心区之一,区间山高坡陡,河道弯曲,汛期洪水峰高量大,传播时间快,给永定河下游两岸带来危险,在支流河道上修建的斋堂水库、苇子水水库,其主要功能是滞蓄官厅山峡区间的洪水。

斋堂水库位于官厅山峡内永定河支流清水河上,是一座以防洪为主,结合供水的中型水库,水库控制流域面积354 km²,总库容为5 420万m³。水库主要建筑物有:大坝、溢洪道、泄洪洞及输水管等。水库工程于1970年开工建设,1974年9月基本完工。大坝设计也是采用便于集中人力施工的黏土斜墙土石坝,坝顶高程初建时为470 m,1976年加高至470.5 m,最大坝高58.5 m,地基防渗采用混凝土防渗墙。岸边开敞式溢洪道位于大坝左坝头,最大泄洪流量为2 071 m³/s。泄洪洞位于大坝右侧,其最大泄洪流量为346 m³/s。输水管位于大坝右坝头,为斋堂地区村民提供生活用水。

苇子水水库位于官厅山峡下马岭北沟,是一座小(I)型防洪水库,控制流域面积39 km²,总库容为800万m³。水库主要建筑物有大坝、溢洪道、泄洪底孔、灌溉管及导流管等。工程于1974年开工建设,鉴于坝址河道狭窄,并且由于社会生产能力的提升,大坝设计为混凝土双曲拱坝,最大坝高58.6 m,坝顶长度135 m,坝顶宽度3.4 m,坝底最大宽度13.4 m。岸边开敞式溢洪道位于拱坝左坝头,其最大泄量为141 m³/s。泄洪底孔最大泄量为83 m³/s。水库建成后,由于上游地区天然降水偏少及坝体右侧山岩裂隙渗漏等原因,水库常年空库运行。

卢沟桥分洪枢纽位于丰台区卢沟桥地区,于1986年12月建成,卢沟桥分洪枢纽工程是永定河的控制性工程之一,由永定河拦河闸和小清河分洪闸两闸布置在同一轴线上,两闸均为钢筋混凝土结构,闸型为开敞式宽顶堰。两闸洪水设计标准均为50年一遇,校核标准为200年一遇。永定河拦河闸闸孔数量为18孔,闸孔总净宽216 m,设计过闸流量2 500 m³/s,校核过闸流量3 000 m³/s,最大过闸流量6 890 m³/s。小清河分洪闸15孔,闸孔总净宽180 m,遇百年一遇洪水可

分洪 $3730 \text{ m}^3/\text{s}$ ，敞泄最大过闸流量 $5660 \text{ m}^3/\text{s}$ 。卢沟桥分洪枢纽建成以来，虽然尚未经历较大洪水考验，但在官厅山峡建设控制性工程之前，其在永定河防洪体系中依然处于重要地位。

永定河滞洪水库由大宁、稻田和马厂3座水库串联而成，分别位于丰台区、房山区，于2003年底陆续全部建成，总库容8000万 m^3 。滞洪水库是永定河旁侧水库，属平原水库，利用其库容，可暂时蓄存上游小清河分洪闸分泄的超标准洪水，起到削峰作用。稻田和马厂水库均利用原河道内粉细砂筑堤，采用复合土工布及连锁板进行堤防护砌。卢沟桥分洪枢纽及永定河滞洪水库的主要功能是控制官厅山峡的洪水，使得永定河遇百年一遇以内洪水时，刘庄子口门不分洪，并且减少大宁水库向小清河分洪区分洪，解决右岸长辛店地区及良乡新城近42万人的防洪避险问题。

堤防工程是永定河防洪工程的重要组成部分。北京段的堤防总长122km，分别由门头沟段、石景山段、丰台段、大兴段及房山段组成。永定河的堤防建于历史上各个时期，结构型式不一，石景山段的堤防型式是由钢筋混凝土与砌石结合的防洪墙，堤防长度是9.7km；丰台段的堤防型式是砌石堤，堤防长度是11.3km；大兴段的堤防型式是复合土工布与连锁板结合护坡的土堤，堤防长度54.7km。河堤约束洪水，将洪水限制在行洪道内。大兴段的土堤曾于1956年过洪时发生决堤。20世纪90年代后期以来，永定河的堤防经历了多期治理，历史险工虽然得到了除险加固，但由于一直未经受洪水考验，仍是永定河的防汛隐患。

2.2 发电工程

永定河北京段除官厅水库建有引水式电站外，在干流河道上还建有珠窝、落坡岭2座以发电为主要功能的水库，2座坝型均为混凝土重力坝。

珠窝水库位于门头沟区雁翅镇珠窝村永定河主河道上，距官厅水库44km，于1958年7月开工，1961年2月竣工。水库按50年一遇洪水设计，500年一遇洪水校核。水库控制流域面积329km²，总库容1430万 m^3 。主要建筑物有拦河坝、溢洪道、泄洪孔(排沙孔)及输水洞。

珠窝水库大坝所处河宽约130m，拦河坝设计为混凝土重力坝，最大坝高33.2m。5孔溢洪道总宽60m，最大泄量2540 m^3/s 。泄洪孔分为左岸泄洪孔和右岸泄洪孔，其中：左岸泄洪孔最大泄量193 m^3/s ；右岸泄洪孔由导流底孔改建，最大泄量35 m^3/s 。输水洞型式为

钢筋混凝土发电引水洞，引水洞共2孔，直径为5.62m，最大泄量81 m^3/s ，经7.6km的隧洞引水至电站，水头95m。电站位于官厅山峡下马岭村附近，装机容量6.5万kW 1台。

落坡岭水库位于门头沟区王平镇落坡岭永定河主河道上，是下苇甸水电站的组成部分。工程于1970年10月开工，1975年12月竣工。水库按50年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核。水库控制流域面积1304km²，总库容365万 m^3 。主要建筑物有拦河坝、溢洪道和输水洞。

落坡岭水库大坝所处河宽约220m，拦河坝设计为混凝土重力坝，最大坝高19.5m。溢洪道分为左岸坝顶溢流和右岸坝顶溢流。其中：左岸坝顶溢流最大泄量1200 m^3/s ；右岸坝顶溢流最大泄量3830 m^3/s 。输水洞型式为钢筋混凝土发电引水洞，岸边式进水口引水流量76 m^3/s ，经2.4km隧洞引水至电厂，水头46.2m。电站位于官厅山峡下苇甸村附近，装机容量1.5万kW 2台。

2.3 生态工程

进入21世纪以来，水利工程建设有了新的定位要求。水利工程建设从过去单纯的施工管理转变为施工、生态环境、安全生产的全面管理；从过去单纯考虑工程效益转变为寻求工程效益与生态效益的有机结合。在水利工程建设中，努力减少对环境的不利影响，并结合工程建设，寻求生态环境的后发效益。

2009年，北京市委、市政府审议通过了永定河绿色生态发展带建设规划，将以防汛为主要功能的永定河规划建成长172km、面积约1500km²的生态走廊。通过工程措施，新增水面1000hm²、绿地9000hm²，每年回补地下水1亿 m^3 。门城湖、莲石湖、园博湖、晓月湖、宛平湖以及水体循环管线等“五湖一线”工程于2011—2013年相继建成，自上而下形成溪流—湿地—湖泊连通的河流生态系统，建成了各具特色的生态及人文景观，为两岸五区创造了优美的生态水环境。传统的堤防工程只强调了岸坡的结构稳定、行洪安全等问题，一定程度破坏了河流的生态功能。为了恢复河流生态功能，“五湖一线”工程采用新型的生态护岸技术，将生态学、水力学、景观学结合起来，实现了清水长流、风光秀丽的和谐景观^[5]。

“五湖一线”工程在永定河主河道内不修建大型水工建筑，通过修建橡胶坝、梯田式跌水及柔性护岸等设施，实现河道分级蓄水，使有限的水资源形成更大

的水面环境。

橡胶坝相比传统挡水建筑物，减少了混凝土与钢材的使用，工程与周边环境的适应性强；同时，橡胶坝操作灵活，解决了河道汛期防洪过流与形成水面的矛盾。永定河水系的橡胶坝、跌水以及生态护岸都给永定河沿岸的生态带来了巨大的效益。黑水河橡胶坝所处河宽约300 m，工程设计3个坝段，直线布置，每个坝段长约80 m，坝袋采用充水橡胶袋，设计充水高度3.5 m，回水长度约1.1 km，形成景观水面31 hm²；卢沟晓月湖橡胶坝所处河宽约500 m，工程设计5个坝段，呈圆弧形布置，每个坝段约60 m，坝袋采用充水橡胶袋，设计充水高度3.5 m，回水长度约1.1 km，形成景观水面40 hm²。

梯田式跌水是遵循河道纵向行洪的要求而设计的，跌水挡水高程原则上不高于规划河底高程，每道跌差不超过0.5 m，跌水上游设计为缓坡。亲水区域水深小于0.5 m，并考虑到堤内、外和上、下游景观的整体效果。通过多座曲线形跌水的变化，塑造以溪流、湿地、河岸和湖面为主体空间的多种生境，层层的梯田同时具有曝气、缓坡沉沙功能；同时承担行人交通功能，实现“人在水上飞”的意境，达到功能与形式的有机结合^[6]。

柔性护岸适用于河道的横向水体连通与交换：扦插柳枝、连柴捆、渗透型连锁砌块、卵石及砂卵砾石缓坡等护岸形式被广泛用于“五湖一线”工程。这些护岸形式以柔克刚，利于植物生长和防止水流冲刷^[6]。

针对当前有限的水资源量，对河道进行减渗处理，是必要的工程措施。在永定河生态修复工程建设中，因地制宜采取了土工膜减渗、膨润土防水毯减渗以及复合土生态减渗等3种减渗方式，选取了适当的减渗范围，仅在局部蓄水区域采取减渗措施，满足了雨水资源入渗回补地下水的要求^[6]。

2.4 灌溉工程

水利是农业的命脉，灌溉工程建设是发展农业的重点。永定河上灌溉工程的修建历史悠久。

戾陵堰、车箱渠是北京城有记载的首座灌溉工程。据历史记载，魏嘉平(250年)修建戾陵堰、车箱渠，开始利用永定河水发展灌溉。这项工程由两部分组成：(1)在永定河支流高粱水上修建堰体作为挡水工程，堰体用石笼砌成，高1丈(大约为2.3 m)、长30丈、宽70余步(约为100 m)，工程设计充分考虑了永定河不同年份、不同季节水量差别大的特点，枯水季节可以蓄水，提高水位，洪水季节堰顶可以

溢流行洪；(2)在石景山和黑头山之间的垭口处，开凿山梁修通1条渠道，因渠道横断面形似车箱，故命名为车箱渠^[7]。

戾陵堰的构筑材料，史书未有详细记载，推测应是就地取材，用当地盛产的柳条和荆条编织成笼，将河床中的大块卵石置入其中，再将石笼按下宽上窄的断面，纵横交错排列形成牢固的堰体。从曹魏时期嘉平二年到北魏孝明帝年间，戾陵堰、车厢渠引水工程存续了300余年，每年灌溉农田百万余亩，在古代水利工程中的地位可与都江堰相媲美^[7]。

除此之外，近代北京的农业灌溉用水也与永定河息息相关。1954年，官厅水库建成后，水量得以调节，先后发展农田自流灌溉。在三家店以下直接引用永定河水的有石景山、大宁等7个灌区；通过永定河引水渠供水的有海淀、朝阳、大兴及通州等区，控制灌溉面积6.13万hm²。近代修建的引水灌溉工程常用预制构件现场拼装，更多的则是采用现浇钢筋混凝土建成输水渠道。

3 水利工程的运行与发展

水利工程的建设与运行不是一劳永逸的，在其生命期内必须落实专职运行机构，进行细致维护，保证工程运行安全。另外，工程服务区内社会发展带来的功能拓展需求，也需要对水利工程进行功能改造。

3.1 官厅水库改扩建

官厅水库自建成以后由于泥沙淤积和水文复核等因素，水库防御洪水的标准实际降为250年一遇；另外由于使用年久等原因，1986年被水电部确定为“病险水库”^[8]。

官厅水库的安危直接关系到下游京津冀地区人民的生命财产安全。水利部北京勘测设计研究院、水利规划总院以及北京市相关部门为确保工程安全，先后提出了《永定河洪水复查报告》《官厅水库提高防洪标准研究报告》《官厅水库拦河坝加高初步设计》《官厅水库改建工程技施设计报告》等技术文件。经水电部批准，官厅水库于1966—1987年实施了除险加固工程，坝顶高程由485 m提高到492 m，总库容由22.7亿m³增至41.6亿m³^[8]。

3.2 斋堂水库除险加固

斋堂水库于1970年开工建设，1974年正式验收。水库建设期间和建成后，针对裂缝漏水等问题，分别进行了针对性的处理。1972年10月大坝填筑至458 m高程时，先后发现大坝南北两端斜墙裂缝，1973年3

月，通过回填黏土进行压实，并在斜墙表面铺设了0.4 mm厚的塑料薄膜。1978年4月，在430 m高程平台上发现2处塌坑，经开挖检查确定主要是由于混凝土防渗墙接缝张裂漏水，引起斜墙破坏造成；1978年10月，通过对漏水接缝做了豆石混凝土止水键，对2坑之间未处理的接缝和水平向漏水洞，用水泥浆埋管灌浆办法加以处理。

2003年，水利部组织全国大中型水库除险加固，斋堂水库列为首批改造项目。2003年11月，北京市水利规划设计研究院编制的《斋堂水库安全评价报告》对斋堂水库的安全隐患进行了全面排查。2005—2006年，斋堂水库实施了全面的除险加固，主要包括扩建上游坝基混凝土防渗墙、坝坡翻新、引水系统改造以及新建信息化管理系统等内容^[9]。

4 当前水利工程运行管理存在问题与对策

4.1 工程管理体制亟待改革

永定河流域内水利工程的管理，目前仅有大中型工程纳入市级管理。即便是市管大中型水利工程，个别也存在管理机构不健全、管理及技术人员不足及专业性不强等问题；另外，流域内水利工程还存在由多行业、多部门分别负责、综合协调性差等问题，客观上造成管理不善。

水利工程管理单位建立严密的管理体系和完善的管理制度，可促进工程综合效益的发挥，甚至会扩大、延伸、发展其效益。多年来，正反两方面的实践证明，运行管理是水利工程管理系统中不可分割的组成部分，是规划意图、建设质量的最终检验，是经济、社会及生态效益的综合体现^[10]。

目前，我国的水利工程运行维护已经形成了统一的行业标准，工程维护机构要严格按规范进行维护保养，及时消除隐患，保证工程安全运行。同时，要学习新的技术，引进新的设备，在原有资源基础上，不断改善运行环境，从而提高工程整体的运行能力。

在行政管理上，建立全市统一的流域管理机构，统筹流域内工程安全运行、防汛组织是解决管理问题的改革方向。

4.2 老旧工程维护资金不足

对于水利工程而言，建设是基础，管理是关键。永定河的骨干水利工程大多建于20世纪六七十年代。受当时条件限制，存在防洪规划不够科学、工程设计标准不高、配套设施不够完善等问题。另外，

由于运行维护资金投入不足，工程后期维护工作没有得到有效开展，致使很多设备因缺乏维修保养而无法正常工作。

2012年“7·21”特大暴雨自然灾害给北京水务系统的水利工程安全运行敲响了警钟，水利工程的建设与运行维护均得到了政府的高度重视，建设与维护资金也逐步得到了增加。

5 结束语

水利工程是有生命力的，定期的保养与维护是结构工程以及相关设备能够安全运行的重要保障；合理调节和分配使用水资源，可以统筹发挥水利工程的防洪、供水、排水和发电效益；通过不断引进新技术、新材料、新工艺，可以提高水利工程管理水平，并拓展功能发挥，这些都是水利工作者长久的任务。

对于水利工程的运行维护，政府及行业管理部门要监督水库、大坝注册登记以及定期安全鉴定，落实日常维护与除险加固资金，理顺资金投入体制机制，使水利工程管理逐步走上法制化、规范化道路。

参考文献

- [1] 吴文涛. 历史上永定河筑堤的环境效应初探[J]. 中国历史地理论丛, 2007, 22(4): 13-20.
- [2] 蔡向民, 郭高轩, 栾英波, 等. 永定河形成时代研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(1): 167-174.
- [3] 李华章. 北京地区第四纪古地理研究[M]. 北京: 北京地质出版社, 1995: 135-136..
- [4] 易明初. 新构造运动及渭延裂谷构造[M]. 北京: 北京地震出版社, 1993: 101-109.
- [5] 朱文星, 邓卓智. 简述永定河城市段的生态修复 [J]. 水利科技与经济, 2012, 18(2): 19-21, 37.
- [6] 杨琼, 张敏秋, 周志华, 等. 永定河绿色生态走廊建设工程中减渗方案的设计与思考[J]. 北京水务, 2011(2): 1-3, 15.
- [7] 李善征, 刘延恺, 龚秀英. 灵陵堰、车箱渠位置的新释读和寻迹[J]. 北京水务, 2011(5): 36-39.
- [8] 王金林. 官厅水库的历程[J]. 北京水利, 1996(3): 17-19.
- [9] 欧阳建, 魏陆宏. 斋堂水库土坝上游塌坑原因分析及除险加固设计 [C]//中国水利学会 2008 年学术年会论文集. 北京: 2008, 185-193.
- [10] 张基尧. 大中型水利工程建设管理的实践和体会 [J]. 中国工程科学, 2011, 13(8): 22-25, 79.

(责任编辑: 林跃朝)