

水利水电工程技术

主编：顾 辉



气象出版社

水利水电工程技术

主 编：顾 辉

副主编：谢子书

气象出版社

内 容 提 要

本书辑《河北水利水电技术》1978~2000年以来发表的48篇论文,其内容包括水工建筑物设计理论及实践,水闸、泄洪洞、溢流坝等引水工程设计的先进理论及技术,水利工程的防渗、抗震、病险库的处理及工程修补等方面的综合论文,它是众多从事多年水工设计的专家、学者,根据自己的实践经验总结撰写的科技论文。

本文集总结了许多水利工程设计实例和经验,具有较高的实用和借鉴价值。

本书可供广大水利水电工程技术人员阅读及高等院校、科研、设计、施工、管理单位有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程技术/顾辉主编. —北京:气象出版社,2003.10

ISBN 7-5029-3651-3

I. 水… II. ①顾… ②谢… III. ①水利工程-文集②水力发电工程-文集 IV. TV-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088688 号

气象出版社出版发行

(北京市中关村南大街 46 号 邮编:100081)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcs@263.net

责任编辑:郭彩丽 刘厚堂 终审:章澄昌

封面设计:王伟 责任技编:都平 责任校对:时人

*

北京京科印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:24 字数:614 千字

2003 年 10 月第一版 2003 年 10 月第一次印刷

定价:62.00 元

编 委 会

主 编：顾 辉

副 主 编：谢子书

编 委：	王学广	崔献峰
	刘克岩	赵运书
	赵春锁	谢维义
	吴庆林	李继东
	高玉华	董功强
	朱 江	

序

进入 21 世纪,经济全球化进程不断加快,科学技术作为第一生产力,成了国际竞争的的决定性因素。科学的本质就是创新,没有创新就没有人类的进步,没有创新就没有人类的未来。

科学技术总是随着时代的要求不断前进的。每前进一步,都需要认真地总结和严谨地回顾。《水利水电工程技术》的出版,正是集合了众多专家、学者近 22 年来的研究成果和不少有益的经验。该文集作为近一时期的主要成果,展示了广大水利水电科技工作者的辛勤工作和智慧。

希望本书的出版对促进水利科技及学术的发展和实践应用有所裨益。

林 岸

2003 年 5 月 30 日

前 言

1978~2000年,是我国水利建设事业的重要发展时期。在此期间,河北省及省外的许多水利科技工作者,在实践中针对具体学术问题,研究并撰写了大量具有较高的理论水平和应用价值的论文,发表在《河北水利水电技术》(前身为《海河科技》)上进行交流和探讨。为了总结、交流和推广这些成果和经验,不断提高水利科技学术水平,我们从《河北水利水电技术》已发表的论文中遴选了48篇论文辑印成册,内容涉及引水工程、结构及水力计算,以及抗震加固、防渗、病险库处理等。

林皋院士在百忙中为本书作序。本书的出版也得到了上级领导及有关专家的关心和支持。在此一并敬致谢忱。

编 者
2003年6月12日

目 录

引 水 工 程

回顾四十年设计历程 展望创一流引江工程	孙尔超(3)
引滦入唐输水工程设计简况	河北省水利水电勘测设计院(6)
唐山碱厂陡河水库引水工程设计简介	河北省唐山市水利规划设计院(10)
麦热尔德一崩角水渠工程设计简介	河北省水利水电勘测设计院(13)
南水北调中线工程沙河倒虹吸结构计算方法	刘树玉 董翠云 黎光大(23)
南水北调中线工程总干渠膨胀土渠段设计	金晓萍(27)
浅谈长输水管线的设计与施工	刘金元(30)
尖庄扬水站改建工程设计回顾	张连梯(35)
蔚县壶流河北干渠改建工程设计简介	胡真莲 庞力军(39)
不过水围堰隧洞导流方案优化计算	张文友(41)
张庄倒虹吸工程设计简介	河北省水利水电石家庄勘测设计院(48)

结构及水力计算

关于坝基连锁井防渗工程的探讨	河北省保定地区水利局(51)
陡河水库上游护坡为什么能在强烈地震当中经住考验	王育人(60)
用似柱法计算钢筋混凝土分叉管	刘立德 安成儒(65)
倾斜荷载作用下地基的极限承载力	顾慰慈(77)
短墙土压力的图解解析法	顾慰慈(89)
渡槽的形式与抗震性能分析	朱 和(96)
关于用迭代法计算多层刚架加快收敛速度的探讨	申继勤 孙秉文(100)
作用在非直线形墙面挡土墙上的土压力	顾慰慈(112)
圆弧形挡土墙的土压力计算	顾慰慈(121)
透水地基上有铺盖的心墙坝的渗透计算	顾慰慈(132)
倾斜荷载作用下地基的稳定性	顾慰慈(140)
偏心倾斜荷载作用下地基极限承载能力的确定	顾慰慈(155)
邱庄水库土石坝及砼防渗墙应力应变计算	郑玉琨 李胜军(169)
框格填渣坝的结构计算和经济分析	王文禧 郑旌辉 王郁海(182)
引滦横河渡槽结构型式选择及槽身结构计算法	张际周(192)
加筋土挡土墙设计方法概述	王正宏(201)
刚性挡土墙土压力的非线性分布解	顾慰慈(213)
钢筋混凝土受弯构件经济设计	周秋燕(221)

粘性填土的主动土压力·····	顾慰慈(229)
低压输水灌溉管网运行时的水力计算·····	韩会玲 程伍群(235)
浆砌石框格填渣坝应力分析·····	郑旌辉 纪清岩 王文禧(245)
组合式压力管的计算·····	顾慰慈(253)
第二共轭水深计算方法探讨·····	赵文忠(262)
坡坝形体的简化计算·····	张连梯(265)
土石坝固结计算中渗透系数的取值问题·····	顾慰慈 武全社(269)
考虑渗透系数变化时土石坝的固结计算·····	顾慰慈(273)
对粘土挡土墙稳定性的探讨·····	于子明 庞树江(281)

其 他

介绍一种三角桁架拱桥·····	阮庆邦(287)
大黑汀水库吹冰装置的设计·····	武士雄(299)
正交试验在工程中的应用·····	杨树存 王明山(302)
北方水工建筑物冻害防治技术的研究与实践·····	徐伯孟(308)
北方水工建筑物冻害防治技术的研究与实践(续)·····	徐伯孟(322)
北方水工建筑物冻害防治技术的研究与实践(续)·····	徐伯孟(329)
工程结构可靠度和近似概率极限状态设计法·····	赵鲁光(338)
风浪谱及其参数确定——FFT 法 ·····	杨秉正(355)
钢筋混凝土井柱网格丁坝导流排护岸工程·····	程战威 韩哲中(362)
空间板单元三维几何刚度矩阵的推求·····	徐学章(366)

引水工程

回顾四十年设计历程 展望创一流引江工程^①

孙尔超

(河北省水利水电勘测设计研究院, 天津 300250)

我国水资源不丰富,且自然分布很不均衡,南方水多,北方水少,与生产力布局极不适应。河北省大部地处海河流域,属缺水区。新中国成立后在党中央领导下,全省广大人民开展了大规模水利建设运动,特别是在毛主席发出“一定要根治海河”的伟大号召后,经过全面规划,综合治理,在各河系中、下游挖河筑堤,提高了防洪除涝标准;上游兴建水库、塘坝蓄水工程,增加了蓄水能力;广大平原山区打井修渠,提高了抗旱能力,在防洪灌溉、工业用水、城市生活用水、农业用水和航道水产等方面发挥了显著作用。有力地促进了工农业生产的发展。40多年来,共兴建大中型水库40座、小型水库580座、大中型闸涵99座、小型闸涵1400余座,大型排灌扬水站38座、中小型灌扬水站339座、20万 hm^2 大型灌区7个、2万 hm^2 灌区124个、千亩^②以上灌区352个,整治开辟河道53条、蓄滞洪区26处。这一伟大成绩,是在党中央和国务院关怀下,全省人民40年艰苦奋斗,几代科技人员辛勤工作所取得的丰硕成果,是造福于人民、造福于子孙后代的光辉历史篇章,将永远为人民称颂。

回顾建院40年历程,20世纪50年代和60年代初,在全省开展以蓄为主的兴建水库高潮中,我院虽处初创时期,但承担了陡河、西大洋、王快、东武仕、黄壁庄等10多座大型水库的勘测设计工作。坝型由均质土坝至20世纪70年代设计和兴建了大黑汀水库混凝土重力坝,20世纪80年代至90年代又设计和兴建桃林口水库碾压混凝土重力坝。不仅积累了丰富的设计、施工经验,而且培养锻炼了一批技术骨干,为我院的长远发展奠定了基础。

1964~1973年,河北省开展以排为主,整治开辟河道53条,兴建大中型枢纽、闸涵81座,大型扬水站23座,小型闸涵1300余座,桥梁786座(63100 km),形成根治海河的高潮。我院广大职工积极投入这一伟大工程,现场查勘,现场设计,首先打响了宣惠河这一仗,相继完成了黑龙港9条骨干河道、独流减河、大清河南支、潮白新河、永定新河、蓟运河、北京排污河、漳卫南运河等河道及其建筑物的勘测设计工作。在河道设计方面总结出两河三堤、挖河不见土、筑堤取土不见坑、弃土成田的经验。在水闸设计上,创出了升卧式闸门、河床式闸型等河北风格。

河床式闸型,闸室以阶梯式或斜坡式边孔同两岸连成一体,边孔可以过水,具有免除高大岸和翼墙、减小边载、水流条件好、泄流能力大的特点。升卧式闸门除能降低机架桥高度外,还具有平卧后、门上下过流的优点。为节省工程量,研究了分离式闸室;为解决闸室抗滑稳定性,采用了灌注桩基础;为满足多孔闸少数孔开启产生淹没水跃的要求,提出了综合式的消能型式等一批科研成果。如1971年漳卫新河修建的吴桥蓄水闸,采取了深槽建闸,利用桁架拱桥连

① 本文原载《河北水利水电技术》1996年第3期。

② 1亩=1/15 hm^2 。在现行法是计量单位中,亩是非许用单位。

接南北防洪大堤的总体布置型式。闸主体采用了河床式闸型式,分离式闸室,升卧式闸门。不仅满足了拦河蓄水、行洪排涝的要求,而且显著地降低了闸高,结构简单,造型美观,施工方便,节省了工程量,充分体现了河床式闸型、升卧式闸门的优越性,也说明该闸型更适宜宽浅式或复式断面洪水河道。1977年我院参加编写《水工设计手册》第25章《水闸》,从理论到实践都为河北省水闸设计打下了坚实的基础。

20世纪70年代和80年代,我院先后完成的引滦入还、引还入陡、突尼斯麦——崩水渠和引青济秦等输水渠道,均被评为优秀工程,并分别荣获省级一等和二等奖。引滦入还输水工程,设计流量为 $80\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,校核流量为 $100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,全长16.4 km。由土渠、石渠、一座渡槽、3条隧洞、4座埋管和一座电站组成,是我国一条大型输水渠道。尤其是它的建筑物,不但规模大,断面尺寸大,而且设计施工都达到了一流水准。500多米长的横河渡槽为单槽筒支矩形槽,槽宽10 m,高6.8 m,钢筋混凝土结构,是我省第一大渡槽;八一林隧洞长2000 m,扁门洞型,洞径9.0 m,是我省第一个采用锚喷作为临时支护和永久支护的隧洞;城西峪埋管为马蹄形钢筋混凝土结构,长400 m,断面尺寸为 $7.4\text{ m}\times 5.2\text{ m}$,埋深28 m,是我省断面最大、埋深最大、第一次采用滑模现浇混凝土的埋管。以上完建工程证明了我院有能力承担和完成南水北调中线工程设计任务,也有创一流设计的实力。

20世纪90年代的今天,在迎接建院40周年的时候,我院职工正在紧张地进行南水北调中线的勘测设计工作。南水北调中线工程是一项特大型跨流域调水工程,近期从丹江口水库引水,沿唐白河和黄淮海平原西部边缘,跨江、淮、黄、海四大流域,自流输水到北京、天津。主要解决京津冀城市生活和工业缺水,兼顾农业和其他用水。供水范围为京、津、冀、豫、鄂五省市。近期调水145亿 m^3 ,分配清泉渠11亿 m^3 ;陶岔渠首134亿 m^3 ,其中河南54亿 m^3 ,河北48亿 m^3 ,北京、天津各16亿 m^3 。

输水总干渠从丹江口水库陶岔渠首闸起,经江淮分水岭方城垭口,在郑州西穿越黄河,沿京广铁路西侧穿漳入河北;唐河北进入低山丘陵区 and 北拒马河冲积扇,过北拒马河后入北京市境至终点玉渊潭,全长1245.63 km,其中河南段708.59 km,河北段461.9 km,北京段75.14 km。天津干渠从河北西黑山分水至天津西河闸,全长143.6 km。沿线兴建各类型建筑物1852座。

总干渠渠首陶岔引水位147.2 m,终点玉渊潭水位49.14 m,总水头98.06 m,天津干渠渠道水位65.27 m,西河闸水位2.48 m。陶岔渠首、进河北、北京、天津的设计流量分别为 $630\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $380\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $70\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $70\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$;加大流量为 $800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $440\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $90\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $90\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ 。

南水北调中线工程为一等工程,主要建筑物为Ⅰ级建筑物,其他视其规模大小和重要性按Ⅱ、Ⅲ级建筑物设计。

总干渠渠道防洪安全标准为50年一遇洪水设计,100年一遇洪水校核;建筑物设计洪水标准按流域面积划分: $\geq 20\text{ km}^2$,100年一遇设计,300年一遇校核, $< 20\text{ km}^2$,50年一遇设计,100年一遇校核。

由上述不难看出,南水北调中线工程,不仅规模大,标准高,而且线路长,建筑物类型多,数量大,是一项复杂的系统工程。

总干渠穿漳后入河北境内,自漳河北岸至北拒马河中支南岸为河北段,设计水位91.3~60.3 m,水头31 m;设计水深6.0~3.5 m,加大水深6.5~4.0 m。各类建筑物640座。

我院负责邢石界(172+000)~冀京界(461+900)河北省北段289.3 km总干渠的初步设

计工作。其中土渠长 232.24 km,石渠 35.53 km,建筑物长 21.56 km,各类建筑物 425 座,其中大型交叉建筑物 33 座、隧洞 7 座、节制闸 9 座、退水闸 8 座、左岸排水 120 座、渠渠交叉 52 座、分水口门 24 处、铁路交叉 6 处、公路桥 156 座。

渠道有超过 20 m 的深挖方段,也有超过 15 m 的高填方段;建筑物有 2700 m 长的大流量大跨度的渡槽、2000 m 长大洞径的倒虹吸和隧洞,也有小流量大跨度的小型渡槽。289.3 km 长的总干渠,425 座不同类型、不同规模、不同标准的建筑物,不仅工作量大,而且难度大,这是建院 40 年来承担的最大、最复杂的工程设计任务。为确保工程设计质量,达到国家要求“四个一流”的水平,全院上下视此项任务为重中之重,成立了领导小组、协调组和总体设计组,健全了质量保证体系,决心发扬刻苦钻研、勇于创新、奋力拼搏的精神,学习掌握新理论、新技术、新材料、新工艺,研究新结构、新形式,全力以赴创一流设计,再创河北风格。

南水北调中线工程的勘测设计工作业已全面展开,为了实现争创一流设计的目标,我院采取了组织科技人员回访已建工程,总结成功经验,并外出调研,召开技术研讨会,与大专院校合作等方法,在反复深入研究总体布置的基础上,结合工程的具体条件和特点,进行了冰期输水,基础冻胀,桥、槽大跨度,倒虹吸,隧洞大洞径结构型和深挖、高填渠道施工工艺及措施的研究,并进行了多种方案的比较。尤其渡槽工程,不仅要进行单槽与多槽布置型式的比较,常态钢筋结构和高强混凝土预应力结构比较,还要不同结构、不同跨度的比较,以进行优选;对较长的渡槽还需要将优选结构型式进行组合后再进行方案比选。如长 2700 m、高 25 m 的漕河大渡槽,进行了跨度为 20~30 m 的简支多纵梁矩形槽,简支多侧墙矩形槽,简支 U 形槽,简支箱形槽,单跨为 40、50、60 的三跨连续梁矩形渠,42~60 m 跨度的上承式桁架拱矩形渠,40~72 m 跨度的倒悬——正拱拽撑中承式矩形槽和 30~42 m 跨度的下承式桁架拱矩形槽等不同结构型式的比较,而且还根据地形、地质条件进行了优化组合方案的比选推荐。

1996 年底我院将完成 155 km 的渠道、40 座大型交叉建筑物、9 座节制闸、8 座退水闸、103 座左岸排水、渠渠交叉建筑和 78 座公路桥的初设工作,1997 年底全部完成 289.3 km 总干渠和 425 座建筑物的初步设计工作。

我院广大工程技术人员决心不负国家的重托、人民的希望,在完成南水北调中线这一跨世纪宏伟工程的设计中,努力争创一流,交出人民最满意的答卷。

引滦入唐输水工程设计简况^①

河北省水利水电勘测设计院^②

1 工程概况

引滦入唐工程是由引滦入还输水工程、邱庄水库、引还入陡输水工程和陡河水库四大工程组成。引滦入唐工程每年可给唐山市和还乡河陡河中下游输水 5 亿~8 亿 m^3 , 从滦河大黑汀水库引水, 跨流域输入蓟运河支流还乡河邱庄水库, 再从邱庄水库穿过还乡河与陡河分水岭, 经陡河西支将水调入陡河水库, 然后再从陡河水库将水输入下游和唐山市市区, 供城市生活和工农业生产用水。

引滦入还输水工程位于唐山市迁西县和丰润县境内, 穿越滦河与还乡河分水岭, 全长 25.8 km, 原为向天津唐山二市输水的总干渠, 设计流量 $140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 校核流量 $160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。引滦入津单独引水后, 引滦设计量为 $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 校核流量为 $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。工程由明渠、渡槽、隧洞、埋管、水电站、公路桥和天然河道疏浚开卡组成。上段 12.5 km 为打通滦河与还乡河分水岭的新开渠线, 工程复杂艰巨; 下段 13.3 km 为天然河道疏浚开卡, 工程简单。投入运用后, 全线运行良好, 没有发现异常现象。

邱庄水库位于丰润县境内, 是蓟运河支流还乡河上的一座大型水库, 控制流域面积 525 km^2 , 多年平均年径流量 1.09 亿 m^3 。水库大坝为均质土坝, 主坝长 926 m, 最大坝高 28 m, 总库容 2.04 亿 m^3 。在引滦入唐跨流域调水中作为中转调节枢纽。该水库兴建时, 因坝基防渗处理不好, 坝基渗漏十分严重, 危及大坝和安全运用。水库加固从坝顶向下打了垂直防渗墙嵌入坝基岩石, 防渗效果十分显著。

引还入陡输水工程位于唐山市丰润县和新区境内, 穿越还乡河与陡河分水岭, 全长 25.4 km, 设计流量 $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。工程由明渠、隧洞、渡槽、公路桥、水电站和天然河道疏浚开卡组成。上段 12.2 km 为打通还乡河与陡河分水岭的新开渠线, 工程复杂艰巨; 下段 13.2 km 为天然河道疏浚开卡, 投入输水运用后, 局部岸坡地段有被冲刷。

陡河水库位于唐山市东北约 15 km, 控制流域面积 530 km^2 , 多年平均年径流量 0.75 亿 m^3 , 水库大坝为均质土坝, 主坝长 1700 m。为引滦入唐工程最末一级调节枢纽, 并为装机 155 万 kW 的陡河火力发电厂的冷却水池。

2 工程设计

引滦入唐输水工程由引滦入还输水工程和引还入陡输水工程组成。

引滦入唐输水工程自大黑汀水库引水, 途经邱庄水库至陡河水库, 全长约 52 km。途经 7

① 本文原载《河北水利水电技术》1994 年第 2 期。

② 本文由李思寿执笔。

条隧洞、6条埋管、16段明渠、2座渡槽、2座水电站以及桥闸涵等工程150多处,全部工程量超过1700万 m^3 ,其中石方开挖超过200万 m^3 (包括洞开石方39万 m^3)、混凝土54万 m^3 、各种砌石超过18万 m^3 。工程总投资为4.30857亿元。

2.1 隧洞工程

引滦入还和引还入陡输水均为跨流域调水工程,穿山隧洞共7条。总长7839 m。除大岭隧洞是内径为5.5 m的圆形压力洞外,其他6条均为无压明流洞,由于洞线长、施工难度大,是跨流域调水工程中的控制性工程。

以往水工隧洞设计普遍采用普氏理论,把围岩看成是松散的破坏荷载,混凝土或钢筋混凝土结构承受。本次设计理论是采用新奥法理论,保护围岩,加固围岩,并使围岩成为结构物的组成部分,共同承受各种外力荷载。由于采用了这一理论设计与施工,不仅加快了施工进度,提高了施工期和运行期的安全度,而且节省了按传统设计所需的全部木材用量、大量混凝土和钢材,进而节约了大量投资。八一林和沙岭子二条隧洞,采用这一新的设计理论后,共节约投资1200余万元。八一林隧洞获得了水电部科技进步三等奖。

由于地质条件、施工设备和施工水平不同,各隧洞断面及结构型式也有所不同。引滦入还八一林隧洞是白云质灰岩山体,由于山体地应力长期释放,水平地应力和垂直地应力接近,岩石较为完整,施工设备又具备一次开挖成型的条件等,选用了扁城门全封闭锚喷结构洞型,洞宽9.0 m,洞高7.5 m。

沙岭子隧洞主要穿过石英砂岩山体,岩石坚硬性脆,节理裂隙发育,地质条件较差,为了减少开挖石方量,降低糙率,断面选用全封锚喷支护加钢筋混凝土组合结构洞型,洞宽6.5 m,洞高7.5 m。这两条隧洞,为了防止内水外渗和降低外水压力,在校核水面线以上打了孔距为3 m的排水孔。南观隧洞穿过砂质灰岩和泥灰岩互层山体,考虑到南观水电站回水要求和上接埋管,为便于施工,断面选用类马蹄形结构洞型,钢筋混凝土全封闭衬砌,洞底宽6.0 m,洞中腰宽7.4 m,洞高7.5 m。

全封闭锚喷结构支护参数:边顶拱采用 $\phi 22$ 锚杆,长2.25 m,行、排距为1.1~1.4 m;钢筋网,横向为 $\phi 8$,纵向为 $\phi 6$,钢筋网与锚杆连成整体;现浇混凝土底板采用 $\phi 22$ 抗浮锚杆,长1.5~2.0 m,行、排距1.0~1.4 m。喷混凝土厚度均为15 cm,并不得小于5 cm。南观隧洞混凝土衬砌厚度为80 cm,进出口为100 cm。

隧洞断层部位等不良地质地段,采用加长锚杆、加粗网筋、钢支撑、钢拱肋、加厚喷混凝土、现浇混凝土等措施,视地质条件不良程度等综合组合处理。例如,沙岭子隧洞进口的高17 m,长24.5 m,1400余立方米的大塌方,采取先喷后锚再挂网,用钢拱肋、钢支撑支撑已浇筑的钢筋混凝土结构,用步步为营、稳打稳扎的施工方法,逐步控制住围岩变形,再用二层楼式钢筋混凝土整体浇筑结构作为永久支护,使大塌方处理获得了成功。运行一直正常。

引还入陡大岭隧洞为内径5.5 m的圆形压力洞,地质为白云质含燧石结核及条带的砂质灰岩,局部夹极薄层泥质灰岩。洞身按地质条件采用50 cm和70 cm两种钢筋混凝土衬砌厚度。

新王庄和古人庄两条隧洞均是采用国产直径5.8 m试验掘进机施工的无压明流洞。新王庄地质为中厚及巨厚层白云质灰岩间泥质灰岩夹层,岩体完整,硬度低,很适应掘进机开挖,正常日进尺8~15 m,最高达23 m。古人庄隧洞地质由灰岩、砾岩、砂岩和页岩等构成。砾岩、砂岩质地坚硬,正常日进尺仅2~3 m。国产试验掘进机,某些部件技术还未完全过关,特别是刀

具的高合金钢硬度不够,耐久性差,加上出渣设备不配套,不时出现非正常性损坏,必须返修或换刀具,拖延了施工时间。后期激光定向也失灵,垂直和水平偏差都较大。对隧洞施工来说,掘进机是一种先进技术设备,具有以下优越性:施工安全,定员少,管理方便,改善了劳动条件,缩短工期;对围岩扰动小,无超挖,糙率小,衬砌厚度小,这两条隧洞喷混凝土厚度均为 10 cm。随着国产掘进机质量的不断提高和完善,以上优点在加快进度和降低成本上体现出来。

南岭隧洞位于南岭鞍部,最大埋深不超过 23 m,属浅埋隧洞。洞身地质为厚层白云质灰岩,岩层中含燧石结核,岩面上覆盖有 3~4 m 厚红粘土夹碎石。洞身采用封闭圆拱直墙结构,洞宽 5.0 m,洞高 6.17 m,洞身钢筋混凝土衬砌厚度为 50 cm,不良地质地段厚度为 80 cm。

2.2 埋管工程

埋管是穿过滦河与还乡河分水岭第四纪地层的主要水工建筑物,具备防洪标准高、防止洪水入渠和污染、便于施工和便于管理等优点。是穿过分水岭地层的一种很好的水工建筑物。

引滦入还埋管共 6 段,总长 4115 m。除新立庄埋管为双方涵结构(高 6.5 m,单孔宽 4.0 m)外,其余各段均为类马蹄形(三心拱形)结构,高 6.37 m,底宽 6.0 m,中腰宽 7.4 m,管体均为钢筋混凝土结构。根据不同地质条件和埋深,埋管顶拱和底板的厚度也各有不同,岩基及埋深在 8 m 以下的顶拱厚 80 cm,底板厚 100 cm;土和沙基,埋深 80~12.0 m,顶拱厚 80 cm,底板厚 160 cm;埋深大于 13.0 m,顶拱厚 100 cm,底板厚 200 cm。赵庄埋管地基为细砂层,厚度达 20 m 以上,设计采用换基处理,以隧洞弃渣换砂层 2.0 m 厚并压实。

2.3 渡槽工程

引滦入还横河渡槽,全长 1385 m。槽身为钢筋混凝土双向板深梁固结组合整体受力结构,深梁既是槽身的挡水侧墙,又是荷载承重结构的主要组成部分之一,过水断面高 5.5 m,宽 10 m,孔跨 10 m,底板厚 70 cm,侧墙厚 60 cm,侧墙外壁每隔 2.0 m 加肋,肋厚 50 cm,肋顶设横向拉杆。槽身下部为重力墩。根据地质条件分为:基岩埋深小于 11 m,采用端承重力墩;基岩埋深在 11~22 m,采用井桩端承桩;基岩埋深大于 22 m,采用井桩摩擦桩。每个重力墩布置 2 排共 8 根直径 1.0 m 的混凝土井桩,井桩上冠承台帽梁联成整墩台。全渡槽 106 个重力墩,30 个井桩承台墩。地面矩形槽在基大部有厚 2~4 m 的细砂和粉质壤土,设计采用振冲碎石桩加固处理。

引还入陡王务庄渡槽,全长 653 m。槽身为钢筋混凝土简支板梁矩形槽结构,过水断面高 4.4 m,宽 6.0 m,孔跨 10 m,底板侧墙厚度均为 50 cm,考虑结构和人行通道需要,槽身顶部加设厚 20 cm 的盖板,成为封闭结构。渡槽下部为浆砌石重力墩结构。多数墩基坐落在承载力较高的砂卵石上,边墩及沟底采用端承低桩承台基础。

2.4 渠道工程

引滦入还土石渠总长 2340 m,其中石渠 1200 m,土渠 1140 m。石渠过水断面底宽 8.0 m,高 6.9 m,边坡 1:0.75;土渠过水断面底宽 5.0 m,高 6.7 m,边坡 1:2.5。土石渠一级马道以下全断面采用混凝土衬砌。设置纵横向排水系统,一级马道及以上边坡也都做了衬砌。

石渠基本坐落在强风化角闪斜长片磨岩地基上,渠底现浇混凝土厚度为 15 cm,伸缩缝间距 10 m;渠边坡采用锚杆挂网喷混凝土或浇筑混凝土,厚度分别为 15 cm 和 25 cm。 $\phi 16$ 锚杆,长度 1.5 m,行、排距分别为 2.0 m 和 1.5 m。 $\phi 8$ 钢筋网,间距为 20 cm $\times$ 20 cm。渠道与冲沟交

会及基岩垭口处,渠底浇筑 50 cm 厚的钢筋混凝土,两侧浇筑混凝土重力式挡土墙。

土渠主要坐落在砂卵石、细砂地基上。底板浇筑 15 cm 厚混凝土,伸缩缝间距 5 m。一级边坡混凝土衬砌分浇筑和预制两种,厚度分别为 15 cm 和 12 cm,伸缩缝间距与底板一致,纵缝设在两坡脚和两侧边坡中各 2 条。渠底和边坡均设 60 cm 厚反滤垫层,由里及表为中砂、粗砂和碎石,厚度分别为 15 cm、15 cm 和 30 cm。

土石渠底板下反滤垫层内埋设内径为 50 cm 的纵向无砂混凝土排水管 1 条,纵坡为 1/2000,横向与伸缩缝下的碎石沟连通,将渗漏水排出渠外,这对防止混凝土板冬季冻胀破坏起着明显的作用。土石渠挖深多在 12~22 m,边坡每升高 6.0 m 设一级马道,边坡为 1:2,坡面以六角形混凝土框格护砌。渠上口筑小埝防止地面水入渠。

引还入陡土石砂渠总长 7985 m,其中土渠 4357 m,过水断面分别为底宽 6.2 m,高 6.0 m,边坡 1:2;底宽 6.5 m,高 4.5 m,边坡 1:2;石渠 1342 m,过水断面分别为底宽 6.5 m,高 4.5 m,边坡 1:0.5;底宽 3.5 m,高 4.5 m,边坡 1:1;底宽 3.0 m,高 4.5 m,边坡 1:0.5;砂渠 2286 m,过水断面为底宽 6.5 m,高 4.5 m,边坡 1:2.5。

土渠一级马道以下边坡和渠底均用 30 cm 厚的浆砌石衬砌。下垫 45 cm 厚反滤层,伸缩缝间距为 10 m。二、三级马道坡面用植物覆被保护。

石渠混凝土衬砌厚度为 15 cm,边坡加设 $\phi 20$ 锚杆挂网与岩面连接,锚杆长 1.5 m,间距 1.5 m, $\phi 8$ 钢筋网,间距 25 cm $\times$ 25 cm。伸缩缝间距为 5.6 m,纵缝设在两坡脚。

砂渠普遍挖深 10~15 m。一级马道以下全部衬砌。深渠底板浇筑 15 cm 厚混凝土,下设 85 cm 厚反滤层。边坡用 200 号水泥砂浆衬砌 12 cm 厚混凝土预制板,板下设 60 cm 厚反滤层;浅渠底与坡均衬砌 30 cm 厚浆砌石,反滤层厚度分别为 45 cm 和 70 cm。深渠伸缩缝间距为 5.0 m,浅渠伸缩缝间距为 10.0 m,纵缝设在两坡脚和两边坡中央,共 4 条。渠底设纵向无砂混凝土排水管 1 条内径 20 cm,将渗漏水排在渠外。二、三级马道坡面用干砌石衬砌护面。

2.5 河道工程

引深入还南观水电站尾水渠接淤泥河,淤泥河由南观至岩口段长 3.7 km,原河床断面小,河道弯曲,用做常年输水需加疏浚,裁弯取直,通过设计流量水位低于两岸地面 1.0 m 以下,设计过水断面宽 12 m,水深 2.5 m,边坡 1:2,纵坡 1/780。河道断面底与边坡用 25 cm 厚浆砌石衬砌。在长 9.6 km 的还乡河段,通过 $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 设计流量只需局部开卡,少数村庄临河岸坡险陡、重点护岸,沿河部分路基填高及兴建必需的桥梁。

引还入陡进入陡河西支后,下行 13.2 km 入陡河水库,河段通过 $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 设计流量时,基本不出河槽,只需在个别村岸加以护砌及做小型排水工程。