

An aerial photograph of a large dam and reservoir. The dam is a long, straight concrete structure with a spillway on the right side. The reservoir is a large body of water behind the dam. The surrounding area includes some buildings, roads, and greenery.

辽宁省大伙房水库 输水工程建设管理

主 编 于本洋 马 岚
副主编 朱玉峰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

辽宁省大伙房水库 输水工程建设管理

主 编 于本洋 马 岚
副主编 朱玉峰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书着重介绍辽宁省大伙房水库输水工程建设管理的实践。全书共 3 篇 32 章, 综述篇 8 章, 内容涉及工程建设背景、工程设想与前期工作、科学决策、技术咨询、工程招投标、工程管理、工程建设过程等, 对国内外 TBM 隧洞进行了介绍。技术篇 18 章, 涵盖 TBM 隧洞工程建设采用的关键技术, 反映了大伙房水库输水工程隧洞建设的技术水平, 集成了隧洞工程建设的最新研究成果。工程管理篇 6 章, 从合同管理、工程质量管理、质量控制、安全生产和文明施工、投资控制、工程验收等方面系统地介绍了该工程的管理情况。

本书可作为大型调水工程、隧洞工程及其他水利工程建设管理人员参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

辽宁省大伙房水库输水工程建设管理 / 于本洋, 马
岚主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-5170-4733-9

I. ①辽… II. ①于… ②马… III. ①水库—过水隧
洞—隧道工程—水利工程管理—辽宁 IV. ①TV672

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第220770号

书 名	辽宁省大伙房水库输水工程建设管理
作 者	LIAONINGSHENG DAHUOFANG SHUIKU SHUSHUI GONGCHENG JIANSHE GUANLI
出版发行	主编 于本洋 马岚 副主编 朱玉峰 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 31.75 印张 753 千字
版 次	2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷
定 价	120.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写组

主 编 于本洋 马 岚

副 主 编 朱玉峰

主要编写人员 (按姓氏笔画排序)

于长生	马 凌	王立明	王国卿	曲宝玺
纪 鹏	杜士斌	李光波	李晓光	周 红
周林虎	赵明宇	高真伟	高菊茹	郭守坤
唐 震	黄 兵	梅志荣	曾庆国	

前 言

大伙房水库输水工程是辽宁省“十五”“十一五”期间水资源优化配置的战略工程，也是一项惠及超千万群众的重大民生水利工程。该工程充分发挥大伙房水库的调节作用，有效解决了辽宁中南部城市资源性缺水、工程性缺水、水质性缺水问题，初步构建了辽宁省东水西调的水资源配置格局。

工程前期工作开始于1985年，辽宁省水利厅在《修订辽河流域规划报告》中首次提出“东水西调”战略蓝图；1992年辽宁省水利水电勘测设计研究院开始工程选线、地质勘查等前期工作；1996年时任国务院副总理朱镕基提出“远水解远渴、近水解近渴”，同意辽宁省先上“东水西调”的决断；2001—2002年完成项目建议书、可研报告和初设报告批复；2003年6月主体工程开工，2009年9月工程完工。

工程建设期间，广大工程建设者始终秉承建设“国家级一流引水工程”“良性运行工程”和“环保工程”的目标，认真负责，顽强拼搏，大胆创新，克服了战线长、工期紧、地质条件复杂、技术难点多等困难，严格工程质量管理，坚持安全生产、文明施工，成功地化解了127次塌方和71次涌水，解决了TBM机头被卡和主轴承更换等尖端技术问题，安全顺利地通过了六河段、9号洞上游等被专家誉为难以通过的不良地质洞段。已完工程的施工质量均满足规范要求，创造了100.72km隧洞施工无安全生产责任事故的佳绩。TBM单机掘进平均长度近15km，接近国外TBM单机掘进的最高纪录；创造了日进尺63.5m、月进尺1111m的TBM掘进全国纪录；全线15个贯通面全部实现高精度贯通，最长贯通长度13.8km，误差13mm；TBM应用水平被水利部科学技术委员会认定为“居国内领先水平，与国际先进水平保持同步”。工程成果获得23项科技进步奖，其中TBM洞内组装转场、TBM地质超前预报等技术填补了国内空白。开工以来，输水工程及建设单位先后获得全国水利文明单位、全国水利系统文明建设工地、辽宁省文明单位、辽宁省“五一”

劳动奖状等多项荣誉。

截至 2015 年年底，大伙房水库输水工程已累计调水近 24 亿 m^3 ，为二期工程向下游 7 座城市 15 个受水目标大规模供水和辽宁有效应对新中国成立以来罕见旱情奠定了坚实基础，保证了受水地区经济、社会、环境的可持续发展和千万百姓的饮水安全。

转眼之间，时间的车轮已经驶入 2016 年，昔日大伙房水库输水工程紧张忙碌的施工场景已归于沉寂，取而代之的是滔滔浑江水绘就的人水和谐新画卷。工程已投入运行 6 年，在社会效益、经济效益、生态效益日益凸显的今天，全面、客观、系统地总结工程实施过程中的成就、经验和问题，是辽宁水利人的责任所在。

本书集合了工程参建各方的经验和智慧，对大伙房水库输水工程建设与管理经验进行了总结。在编写工程中，参阅了许多现场施工记录、工作总结、技术报告、研究报告、工程验收资料，以及有关工程的论文、专著和交流材料等，在此对这些文献的作者表示衷心的感谢。

限于编写人员的水平，书中难免有不妥和遗漏之处，敬请同行专家批评指正。

编者

2016 年 5 月

目 录

前言

• 综 述 篇 •

第一章 工程建设背景	3
第一节 调入区和调出区基本情况	3
第二节 社会经济发展和水资源开发状况	4
第三节 工程建设必要性和任务	9
第二章 工程设想与前期工作	12
第一节 大伙房水库输水工程的设想	12
第二节 工程立项	13
第三节 工程前期工作	14
第三章 科学决策	20
第一节 工程总体方案的决策	20
第二节 重大技术问题的论证	24
第三节 资本金测算	30
第四章 技术咨询	33
第一节 工程地质情况	33
第二节 关键技术问题	37
第三节 应用技术特点	38
第四节 技术咨询与创新	43
第五章 工程招投标	50
第一节 招标组织机构	50
第二节 招标依据、招标准备和标段划分	50
第三节 招标文件编制	51
第四节 招标过程	52
第六章 工程管理	57
第一节 工程管理模式	57
第二节 工程建设期管理	58
第三节 工程运行期管理	60

第七章 工程建设过程	66
第一节 建设内容	66
第二节 施工准备	69
第三节 主要工程建设过程	70
第四节 施工期防汛度汛	73
第八章 国内外 TBM 隧洞施工情况	77
第一节 TBM 的发展概况	77
第二节 TBM 的性能及特点	81
第三节 TBM 应用现状	92
• 技 术 篇 •	
第九章 隧洞综合地质勘察技术	105
第一节 宏观地质勘察及隧洞选线	105
第二节 综合地质勘察技术	107
第三节 勘测成果验证	115
第十章 TBM 选型及施工方案的优化	118
第一节 TBM 法和钻爆法	118
第二节 TBM 的选型	124
第三节 出渣方式的选择	132
第四节 TBM 施工隧洞的支护型式	135
第十一章 TBM 施工隧洞支护技术	139
第一节 TBM 施工隧洞的围岩分级	139
第二节 TBM 隧洞围岩地质条件评价	142
第三节 TBM 施工隧洞支护参数	143
第四节 支护结构的计算	145
第十二章 开敞式 TBM 施工技术	152
第一节 施工工艺流程和掘进参数	152
第二节 关键技术	154
第三节 开敞式 TBM 参数特性	157
第四节 TBM 在不良地质条件下的施工	159
第十三章 TBM 长距离施工通风技术	164
第一节 通风系统及通风计算	164
第二节 长距离施工通风总体设计	167
第三节 自然风的利用	170
第四节 隧洞内环境监测	171
第五节 通风系统安装及运行管理	174

第十四章	TBM 施工连续皮带机出渣技术	176
第一节	连续皮带机运输系统	176
第二节	连续皮带接头硫化工艺	179
第三节	连续皮带机的使用及维护	181
第四节	支洞固定式皮带机	184
第五节	曲线段皮带机运行技术	186
第十五章	TBM 的施工组织管理技术	188
第一节	TBM 施工特点	188
第二节	TBM 施工组织管理程序	188
第三节	TBM 施工管理技术	192
第四节	TBM 的洞内组装	199
第五节	TBM 中间转场检修	206
第十六章	全环衬砌模板台车与 TBM 联合作业技术	208
第一节	联合作业模式	208
第二节	全环整体模筑施工工艺	209
第三节	台车总体设计及主要结构	210
第四节	台车的安装	212
第十七章	TBM 施工测量控制技术	222
第一节	洞内外控制网布设	222
第二节	TBM 段隧洞贯通误差统计	223
第三节	TBM 施工贯通测量误差估算	225
第四节	PPS 导向系统在 TBM 施工中的应用	232
第十八章	TBM 施工超前预报技术	235
第一节	超前地质预报概述	235
第二节	综合超前地质预报技术	235
第三节	HSP 声波反射法在 TBM 施工地质预报中的应用分析	242
第四节	HSP 法软、硬件系统的优化	247
第五节	HSP 法应用效果分析	249
第十九章	TBM 施工监测技术	252
第一节	常规监测方法	252
第二节	激光准直 TBM 隧洞净空位移监测法	253
第三节	SWL-ITBM 隧洞激光位移监测系统	255
第四节	净空位移特性及变化规律	259
第二十章	TBM 围岩等级划分标准和方法	266
第一节	不良地质体类型的划分	266
第二节	TBM 施工隧洞的围岩分级方法	268

第三节	TBM 施工隧洞围岩级别划分	270
第四节	TBM 施工隧洞围岩分级的应用	276
第二十一章	突发性地质灾害监测技术	278
第一节	突发性地质灾害的产生	278
第二节	地质构造内填充物	280
第三节	预测预报方法	281
第四节	实时监测系统的应用	284
第二十二章	复合衬砌防排水系统技术	286
第一节	新型防排水系统	286
第二节	混凝土自防水技术	290
第三节	衬砌接缝防水技术	297
第二十三章	突水突砂岩溶地层注浆技术	302
第一节	盖帽法灌浆技术	302
第二节	超前预注浆和超前管棚对接技术	306
第三节	全孔一次高压注 (HSC) 浆技术	308
第二十四章	高性能喷射混凝土及单层衬砌技术	313
第一节	高性能喷射混凝土	313
第二节	高性能喷射混凝土配合比设计	314
第三节	钢纤维喷射混凝土单层衬砌施工技术	317
第二十五章	隧洞衬砌施工技术	321
第一节	隧洞衬砌施工特点	321
第二节	隧洞衬砌施工方法	321
第三节	仰拱模板台车	324
第四节	衬砌混凝土的质量控制	325
第五节	混凝土垂直运输技术	326
第二十六章	弃渣场综合利用及生态环境保护	330
第一节	工程弃渣概况	330
第二节	弃渣场的综合利用	331
第三节	环境保护的实施	336

• 工 程 管 理 篇 •

第二十七章	合同管理	341
第一节	主要依据和内容	341
第二节	合同管理程序	342

第二十八章 工程技术管理	355
第一节 主要设计变更.....	355
第二节 重大技术问题处理.....	364
第三节 科研试验与研究.....	417
第四节 技术研讨.....	427
第五节 工程建设中的经验.....	427
第二十九章 工程质量、安全控制	436
第一节 工程质量管理体系和质量监督.....	436
第二节 工程项目划分.....	441
第三节 质量控制和检测.....	444
第四节 施工质量的评定.....	459
第五节 安全生产与文明工地.....	462
第三十章 投资控制	470
第一节 资金管理与合同价款结算.....	470
第二节 投资控制的方法和内容.....	474
第三十一章 竣工验收技术鉴定	476
第一节 通水验收安全鉴定.....	476
第二节 竣工验收技术鉴定.....	479
第三十二章 工程验收	482
第一节 工程验收管理.....	482
第二节 专项工程验收.....	485
第三节 竣工验收.....	490
参考文献	493

• 综 述 篇 •

第一章 工程建设背景

辽宁省大伙房水库输水工程是辽宁省“十五”“十一五”期间重点基础设施建设项目，位于辽宁省东部本溪市桓仁县和抚顺市新宾县境内，是将桓仁水库的发电尾水，利用西江和凤鸣两座水库作为调节池，经输水隧洞自流引至新宾县境内的苏子河汇入大伙房水库，再经大伙房水库反调节后，向辽宁中南部地区的抚顺、沈阳、辽阳、鞍山、营口、盘锦、大连7市提供城市生活和工业用水。

工程设计引水流量 $70\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均年调水量 17.88 亿 m^3 。工程地理坐标为东经 $124^\circ 30' \sim 125^\circ 32'$ ，北纬 $41^\circ 10' \sim 47^\circ 57'$ 。

第一节 调入区和调出区基本情况

一、流域概况

(1) 调入区：抚顺、沈阳、辽阳、鞍山、营口、盘锦、大连7市。浑河、太子河属辽河流域，原是辽河左侧的两条主要支流，现已成为独立水系。两河毗邻，分别发源于千山山脉滚马岭和红石砬子山，两河呈平行状自东流向西于三岔河处汇合，始称大辽河，经营口市注入渤海。浑河全长 415km，流域面积 11481km^2 ；太子河全长 413km，流域面积 13883km^2 ；大辽河流域面积 1962km^2 。浑河沈阳以上、太子河辽阳以上为山区，两河山区面积占总面积的 65%。

(2) 调出区：本溪市桓仁县。浑江流域，位于吉林省的南部和辽宁省的东部，其西部与浑河、太子河相邻。河流全长 435km，集水面积 15414km^2 ，属山区河流，全河蜿蜒于山谷之间，两岸山势陡峭，河道中多急滩，比降较大。

二、气象

浑河、太子河、大辽河和浑江流域均属温带季风型大陆性气候，冬季严寒、干燥，夏季温热、多雨。

浑河、太子河地区多年平均气温在 $5\sim 9^\circ\text{C}$ 之间，各河自下游向上游递减，全年气温 1 月最低，7 月最高。

浑江地区全年有 4~6 个月的气温在 0°C 以下。夏季炎热而短，极端最高气温可达 40°C 以上，年平均气温 6°C 左右，从上游往下游逐渐增高。

工程区 1 月平均气温 -14.2°C ，气候分区为严寒地区。

三、年径流

浑河、太子河和浑江流域的径流补给主要来自降水，浑河和太子河各地点径流深自上

游向下游递减，河口以上多年平均年径流深在 250~270mm 之间，且浑河地区普遍小于太子河地区。

浑江各地点径流深自上游向下游递增，桓仁以上多年平均年径流深为 441mm，远大于浑河、太子河。年际间径流的丰枯变化较大，各站最大与最小年径流量比值在 3.7~7.83 之间，浑河比太子河大，浑江桓仁站最小。径流量年内分配极不均匀，各站 7—8 月径流量占全年比重为 50% 左右，见表 1-1。

表 1-1 调入区、调出区各河多年平均地表水资源量 单位：亿 m³

分 区	河 流	地 点	多年平均年径流量
调入区	浑河	大伙房	15.95
		沈阳	22.53
		邢家窝铺	28.41
		三岔河	28.73 (含内水 0.32)
	太子河	观音阁	10.87
		本溪	16.52
		参窝	22.85
		汤河	2.96
		辽阳	25.10
		三岔河	37.22
	大辽河	河口	1.57 (内水)
调出区	浑江	桓仁	45.66
		凤鸣	50.80
		东方红	54.52
		回龙山	55.68
		太平哨	58.36
		浑江河口	73.97

第二节 社会经济发展和水资源开发状况

一、社会发展状况

(1) 调出区：现状水平年 1999 年流域内总人口为 176.68 万人，其中吉林省为 129.52 万人，辽宁省为 47.16 万人。耕地面积 10.66 万 hm²，其中：吉林省为 5.42 万 hm²，占 50.8%，辽宁省为 5.24 万 hm²，占 49.2%。在耕地面积中水田为 2.03 万 hm²。大牲畜 30.31 万头，小牲畜 67.55 万头，林地面积 85.6 万 hm²，牧地面积 683hm²。1999 年浑江流域工农业总产值为 130.56 亿元（1990 年不变价），其中工业产值 101.11 亿元，农业产值 29.45 亿元。在工农业总产值中，吉林省为 95.14 亿元，辽宁省为 35.42 亿元。

(2) 调入区：辽宁省的经济发达地区，不但是全省的商品粮基地，更有工业发达的城市群，是国内著名的老工业基地。沈阳等 7 座城市的人口都在 100 万人以上，其中沈阳、鞍山和抚顺的人口都超过 200 万人。新中国成立以后，经过 50 多年的建设，该区已形成了以沈阳为中心的工业密集、商业繁荣、科技和文教发达的辽宁省中南部城市群，成为以钢铁、煤炭、电力、机械、石油、化工等重工业为主的工业基地。1999 年现状水平年，该区内的总人口为 1442.1 万人，其中城镇人口 1006 万人，占总人口的 69.8%；耕地面积 105.59 万 hm^2 ，其中水田 32.1 万 hm^2 ，占耕地面积的 30.4%；有大小牲畜 387 万头。1999 年工农业总产值为 3326.6 亿元（1990 年不变价），其中工业总产值 3173.4 亿元，占工农业总产值的 95.4%。农业总产值 153.2 亿元。

二、水资源开发利用现状

(1) 浑江流域位于吉林省的东南部、辽宁省的东部，西与辽河中下游的太子河、浑河流域相邻。河流全长 435km，流域集水面积 15414 km^2 。浑江为山区性河流，天然地表径流量即为该流域内的水资源总量。浑江流域天然年径流量为 73.97 亿 m^3 ，人均水资源占有量为 4187 m^3 ，亩均水资源占有量为 4625 m^3 ，是水资源较为丰富的流域之一。

浑江流域以水能开发利用为主，目前已建成桓仁、西江、凤鸣、东方红、回龙山、太平哨、双岭、金哨 8 座水电站，总装机容量 487.75MW，占总藏量的 76.2%，多年平均年发电量为 13.01 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

浑江流域现状水平年国民经济各部门用水量为 6.95 亿 m^3 ，经浑江流域水资源供需分析，在满足全流域国民经济各部门用水的情况下，多年平均浑江流域年入鸭绿江水量为 68.83 亿 m^3 ，现状浑江流域水资源开发利用程度为 9.39%。由此可见，浑江流域虽然水资源较丰富，但目前水利开发利用程度较低，绝大部分水资源都仅用于水能开发利用后流入鸭绿江。

(2) 浑河、太子河流域多年平均年径流总量为 67.52 亿 m^3 ，多年平均年地下水资源量 28.32 亿 m^3 ，扣除重复计算量 17.39 亿 m^3 ，该区的多年平均年水资源总量为 78.45 亿 m^3 。人均占有水资源量为 544 m^3 ，亩均占有水资源量为 495 m^3 ，仅相当于全国人均、亩均占有量的 1/4。区内水资源贫乏，是我国严重缺水地区之一。

目前，在浑太河上先后修有大伙房、观音阁、参窝、汤河等大型水库，1999 年调入区城市现有取水工程 1371 处，日取水能力达 845.9 万 m^3 。其中地表水取水工程 46 处，日取水能力达 394.7 万 m^3 ；地下水取水工程 1325 处，日取水能力达 451.2 万 m^3 。此外辽宁电厂有地表水取水工程 1 处，日取水能力达 27.3 万 m^3 。

根据现状调查分析，1999 年国民经济各部门需水量为 81.53 亿 m^3 ，其中城市生活与工业用水 27.30 亿 m^3 ，县乡镇工业与生活用水 3.78 亿 m^3 ，农业灌溉 48.45 亿 m^3 ，农村人畜用水 1.21 亿 m^3 ，大辽河压盐用水 0.79 亿 m^3 。经地表水、地下水资源供需平衡结果分析，地表水在现有工程与区间径流及回归水充分利用情况下，尚不能满足现状工农业用水的需要，工业缺水达 2.86 亿 m^3 ，农业缺水 4.75 亿 m^3 。地下水除大辽河尚有极少量余水外，浑河、太子河流域地下水已过量超采达 3.66 亿 m^3 ，现状水平年地表水、地下水总缺水量 11.27 亿 m^3 。

三、工农业节水情况

1999 年调入区城市生活用水量为 7.65 亿 m^3 ，供水人口为 868.4 万人，城市人均日综合用水量为 202L/人，各市居民用水户水表安装率已达到 90% 以上。与国外发达国家部分城市人均日综合生活用水量 244L/人比较，调入区城市生活用水水平除特大城市沈阳略高以外，其他城市都低于发达国家部分城市生活用水水平。调入区 7 市平均工业重复利用率达到 82.3%，工业万元产值取水量平均为 129 m^3 /万元。除个别行业外，调入区各市主要工业行业节水水平在全国处于平均或先进水平。

辽宁省 60 年代开始研究水田节水灌溉，到 80 年代，水稻旱种技术及其他节水措施得到迅速发展，采用由大水漫灌改为浅湿灌溉等一系列的节水措施，节约了大量灌溉水量，水田灌溉定额由 1980 年 16500 m^3/hm^2 降至 1999 年的 13624 m^3/hm^2 ，取得了节水增产的好效果。

四、水资源开发利用规划

水资源开发利用规划是指经济的发展、社会的进步在充分考虑节约用水和充分挖掘本省水源潜力的基础上还需增加的供水量。

根据预测，设计水平年 2020 年，浑江流域总需水量为 13.31 亿 m^3 ，通过调水前浑江流域水资源供需分析，在满足本流域的各项用水后，平衡余水 65.31 亿 m^3 ，从水资源利用的角度看，2020 年浑江流域水资源利用率仅为 18%，利用率比较低，除满足本流域需水外，2020 年还有 65.31 亿 m^3 的多余水量流入鸭绿江，因此可以考虑调往浑太河地区，以满足浑太河地区发展用水要求。

依据辽宁省和有关市的“十五”计划以及国家分“三步走”发展战略，预测调入区城市工业总产值由 1999 年的 1249.6 亿元增加到 2020 年的 6104 亿元（1990 年不变价），年递增率为 7.8%。因调入区水资源紧缺，实行计划用水和节约用水、提高工业用水重复利用率、降低万元产值用水定额是缓解水资源危机的有效办法。经预测 2020 年调入区城市平均工业用水定额由现状的 129 m^3 /万元降为 45.1 m^3 /万元。调入区不同水平年需水量预测汇总见表 1-2。

表 1-2

调入区不同水平年需水量预测汇总

单位：亿 m^3

项 目		1999 年	2020 年
城市	工业与生活	26.65	42.08
	辽宁电厂	0.65	1.07
	小计	27.30	43.15
县乡镇	县镇工业与生活	0.77	1.43
	乡镇工业与生活	1.70	3.19
	村办工业	1.31	3.31
	小计	3.78	7.93