

ZHONGXIAOXING SHUIGONGCHENG

JIANMING JISHU CONGSHU (SI)



中小型水工程简明技术丛书（四）

ZHONGXIAOXING YINDIAOSHUI GONGCHENG

JIANMING JISHU ZHINAN

中小型引调水工程 简明技术指南

黄国兵 苏利军 段文刚 刘建红 陈彦生 编著



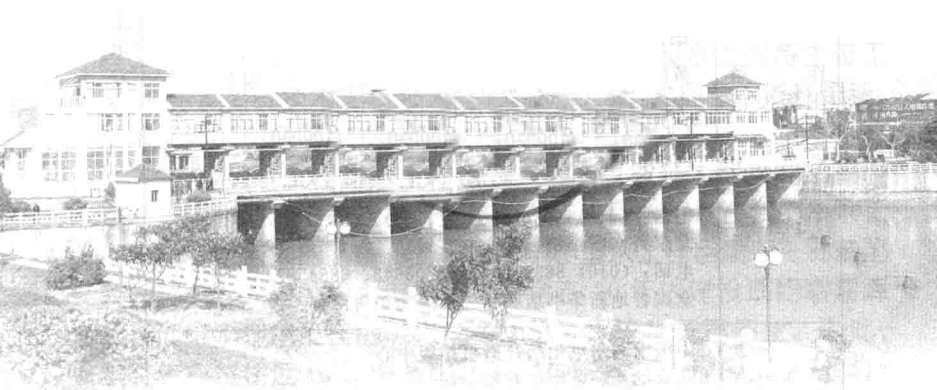
中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

《工程简明技术丛书（四）》

中小型引调水工程 简明技术指南

黄国兵 苏利军 段文刚 刘建红 陈彦生 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为“中小型水工程简明技术丛书”之一,采用通俗易懂的语言,系统地介绍了我国中小型引调水工程的相关知识,突出了现代引调水工程建设过程中具有的环境友好、生态健康、休闲娱乐等“人水和谐”的特点。全书共8章,分别介绍了我国中小型引调水工程的概念与分类,中小型引调水工程的地质勘察、规划、设计、施工、监理、监测、管理、质量评定验收等。

本书除适用于从事水资源与水利水电工程技术人员外,还可供相关领域的中职中专、大专院校师生和从事土木建筑与岩土工程的勘测、规划、设计、施工、监理、管理及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中小型引调水工程简明技术指南 / 黄国兵等编著

. — 北京:中国水利水电出版社,2013.12

(中小型水工程简明技术丛书;4)

ISBN 978-7-5170-1541-3

I. ①中… II. ①黄… III. ①引水—水利工程—指南
②调水工程—指南 IV. ①TV6-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第311005号

书 名	中小型水工程简明技术丛书(四) 中小型引调水工程简明技术指南
作 者	黄国兵 苏利军 段文刚 刘建红 陈彦生 编著
出版发行	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 (发行部)
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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 12.75印张 342千字
版 次	2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 著 者 的 话

2011 年中央 1 号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》开宗明义：“水是生命之源、生产之要、生态之基”，“人多水少，水资源时空分布不均是我国的基本国情水情”。

进入 21 世纪 10 年来，新形势下水利的地位越来越重要，水利的作用愈来愈给力。特别是利用水工程为现代农业发展创造条件、为生态环境改善给予保障系统、为国人安全与健康提供水资源与水文化支撑，已成为中华民族的共识并付诸行动。

“中小型水工程简明技术丛书”正是这一共识与行动的一个组成部分。它界定在中小型规模范围，分别从水库枢纽工程、水力发电工程、堤防工程、引调水工程、灌溉排涝工程、防洪工程、围垦工程、水闸工程、灌溉/排水泵站以及水土保持生态工程 10 个测度的技术做了简明介绍，旨在其技术理念的提升更新、技术工艺的规范作用、技术应用的与时俱进。

“中小型水工程简明技术丛书”之所以撇开大型水利工程而专注于中小型水工程技术，一是因为中小型水工程在我国水利工程中占有相当大的比重；二是因为中小型水工程目前存在的缺陷较为严重；三是因为大型水工程将会在 20 年内建设项目逐渐降低，而中小型水工程的“兴建—加固—兴建”循环不止。为此，编著者在过往近 10 年编著出版的“中国堤防工程施工丛书”18 册和“中国水工程安全与病害防治技术丛书”8 册的基础上，与中国水利水电出版社合作，共同策划并编著出版：

1. 中小型水库枢纽工程简明技术指南；
2. 中小型水利发电工程简明技术指南；
3. 中小型堤防工程简明技术指南；

4. 中小型引调水工程简明技术指南；
5. 中小型灌溉排涝工程简明技术指南；
6. 中小型防洪工程简明技术指南；
7. 中小型围垦工程简明技术指南；
8. 中小型水闸工程简明技术指南；
9. 中小型灌溉/排水泵站简明技术指南；
10. 中小型水土保持生态工程简明技术指南。

10 册一套的“中小型水工程简明技术丛书”取之一线智慧即“中小型水工程技术”源于实践一线的经验总结与理论上升。该丛书既非“手册”，也非“标准”、“规范”，而是介于两者之间的“手册”提升与“标准”逼近“指南”，核心在于其技术方法的机理创新，重点放在技术如何有效地应用于中小型水工程建设及其加固管理上。

“中小型水工程简明技术丛书”，概念清新，结构严谨，简明扼要，通俗易懂，集知识性、实用性和可操作性于一体，为我国水资源工程建设及其维修加固提供中小型水工程技术支撑。

2012 年 2 月

前 言

引调水工程是为满足供水、灌溉、生态需水要求而兴建的跨水系、跨区域的水资源配置工程，是为补偿缺水（或引出多余的水）而更有效、更完全地利用水资源，从任何一个水源（河流、水库、湖泊、海湾、河口）取水并沿着河槽、渠道、隧洞或管道送给用户实现水资源区域再分配而兴建的工程，是解决水资源时空分布不均的最重要、最有效的方式。

由于全球降水模式不同，沙漠地区几乎没有降水，全球占陆地面积 40% 的干旱与半干旱地区的径流仅占全球径流的 2%；而最湿润地区的年降水量可达几米，亚马孙河的径流占全球径流的 16%；刚果—扎伊尔河流域的径流占非洲径流的 1/3。全球的淡水资源的时空分布也是极不均匀的。加拿大、美国阿拉斯加和大洋洲的人均占有水资源量为 17 万~18 万 m^3/a ；亚洲、中欧和南欧、非洲等人口稠密地区的人均占有水资源量为 0.12 万~0.5 万 m^3/a ；北非和阿拉伯半岛仅为 0.02 万~0.03 万 m^3/a 。目前，全世界有 76% 的人口居住在人均占有水资源量低于 0.5 万 m^3/a 的地区；有 35% 的人口居住在低于 0.2 万 m^3/a （缺水标准）或低于 0.1 万 m^3/a （严重缺水标准）的地区。我国有 45% 的国土处于降

水量少于 400mm 的少水地区，黄河、淮河、海河三大流域的径流量仅为全国的 6.6%，而耕地面积却占全国的 40%。我国水资源的年内、年际分布同样很不均匀，降水多集中在汛期，汛期的降水量达到全年的 70%~80%。

全球水资源时空分布的极不均匀，造成某些地区严重缺水，而另一些地区则遭受洪水灾害的威胁。解决缺水问题，需根据缺水的类型制定对策。缺水分为工程型缺水、水质型缺水和资源型缺水三种类型。工程性缺水地区，可通过兴建水利工程，改变水资源的时空分布，解决当地水资源的供需矛盾。水质型缺水地区，可强化污水治理，推进污水回用，节约水资源。而资源型缺水地区，除需加大节约用水力度，调整产业布局，优化用水结构，减少生活、工业、农业及环境对水资源的需求外，在节约用水达到一定程度后而无法进一步削减需水量时，还需兴建引调水工程，从区外调水，从根本上解决缺水区的水资源不足。

中小型引调水工程和大型、特大型引调水工程相比，尽管在规模、容量相对较小，用途相对较少，控制区域相对较窄，技术方案也相对简单，但是，依然是系统工程，涉及面依然较宽，依然涉及地质勘查、规划、设计、施工、监理等建设阶段问题和组织协调、水资源调度、环境保护、运行机制以及监测、维护等运行阶段的管理问题。编著者采用通俗易懂的语言，撰写了这本《中小型引调水工程简明技术指南》，从引调水工程的地质勘察、规划、设计、施工、监理、监测、管理等方面，给出了最新的技术指南，以供从事水资源与水利水

电工程技术人员参考使用，希望能有助于中小型引调水工程确保工程建设质量和高效运行机制的建立，充分发挥引调水工程的经济效益和社会效益。

本书采用整体讨论与分工合作的方式进行编著，第1章、第2章、第7章由黄国兵执笔；第4章第4.1～4.7节、第4.9～4.17节、第5章由苏利军执笔；第3章、第4章4.8节、第6章由段文刚执笔；第8章由黄河水利委员会设计院刘建红执笔。陈彦生对全书进行了统稿。

在编写过程中，引用了国内的有关规范标准以及参考了相关的论文著作，在此一并表示感谢。

鉴于编著者水平有限，本书难免存在遗漏和不当之处，在此恳请读者不吝赐教。

编著者

2013年8月

【 目 录 】

编著者的话

前言

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 引调水工程的组成	3
1.3 国内外引调水工程简介	5
1.4 中小型引调水工程存在的问题	16
2 中小型引调水工程地质勘察	18
2.1 概述	18
2.2 规划阶段工程地质勘察	19
2.3 可行性研究阶段工程地质勘察	22
2.4 初步设计阶段工程地质勘察	27
2.5 技施设计阶段工程地质勘察	38
2.6 天然建筑材料勘察	41
2.7 中小型水闸工程勘察成果	42
3 中小型引调水工程规划	47
3.1 概述	47
3.2 水资源供需分析与配置	48
3.3 总体布局及工程规模	65
3.4 环境影响评价	68
3.5 经济评价	76
4 中小型引调水工程设计	92
4.1 概述	92
4.2 工程建设的必要性和任务	94
4.3 水文与工程地质	95

4.4	水资源供需分析与配置	98
4.5	总体布局及工程规模	99
4.6	工程布置及建筑物	104
4.7	水源保护	111
4.8	渠道系统设计	112
4.9	机电及金属结构	145
4.10	施工组织设计	151
4.11	征地移民	153
4.12	水土保持	154
4.13	环境影响评价	155
4.14	节能设计	158
4.15	工程管理	161
4.16	投资	162
4.17	经济评价	164
5	中小型引调水工程施工	167
5.1	施工导流	167
5.2	主体工程施工	178
5.3	施工交通运输	191
5.4	施工工厂设施	193
5.5	施工总布置	198
5.6	施工总进度	201
6	中小型引调水工程监理	207
6.1	概述	207
6.2	监理组织和监理人员	208
6.3	施工监理工作程序、方法与制度	212
6.4	施工准备阶段的监理工作	215
6.5	施工实施阶段的监理工作	216
6.6	保修期的监理工作	236

7 中小型引调水工程监测	238
7.1 概述	238
7.2 工程安全监测	239
7.3 水力要素监测	244
7.4 水环境监测	261
8 中小型引调水工程管理	304
8.1 中小型引调水工程的建设管理	304
8.2 中小型引调水工程的运行管理	356
引用标准编目	390
参考文献	391
后记	395

1 绪论

1.1 概述

1.1.1 引调水工程的定义

引调水工程是为满足供水、灌溉、生态需水要求而兴建的跨水系、跨区域的水资源配置工程，是为补偿缺水（或引出多余的水）而更有效更完全地利用水资源，从任何一个水源（河流、水库、湖泊、海湾、河口）取水并沿着河槽、渠道、隧洞或管道送给用户实现水资源区域再分配而兴建的工程，是解决水资源时空分布不均的最重要、最有效的方式。

1.1.2 引调水工程的分类

世界上已建和在建的引调水工程，其规模、容量、用途、技术方案、控制区域的自然地理条件千差万别。为便于进行与引调水工程有关的研究，可依据需要将各种各样的引调水工程按照不同的标准（指标）进行分类。

1.1.2.1 综合指标分类法

输水量（ W ）和输水距离（ L ）是径流调配工程最重要的特性。从调水系统的工程技术复杂性、造价和对自然环境影响的可能性来看，上述两个特性都是有意义的。因此，所有引调水工程最好是按综合指标进行分类。这个综合指标就是年调水量（ m^3/a ）与调水线路长度（ km ）的乘积 $WL [(\text{m}^3/\text{a}) \cdot \text{km}]$ 。按综合指标

进行的引调水工程分类见表 1.1-1。

表 1.1-1 按综合指标进行的引调水工程分类

调水类别	调水量 W (亿 m^3/s)	调水线路长度 L (km)	调水规模综合指标 WL (亿 $\text{m}^3 \cdot \text{km}/\text{s}$)
小型 (小规模)	<10	<100	<1000
中型 (中等规模)	$10\sim25$	$100\sim400$	$1000\sim10000$
大型 (大规模)	$25\sim50$	$400\sim1000$	$10000\sim50000$
特大型 (特大规模)	$50\sim100$	$1000\sim2500$	$50000\sim250000$
巨型 (巨型规模)	>100	>2500	>250000

按照上述综合指标分类法，截至 2002 年，依据《国外调水工程》所统计到的国外 345 项引调水工程，7 项为特大型工程，综合指标为 $50000\sim250000(\text{m}^3/\text{a}) \cdot \text{km}$ ；21 项为大型工程，综合指标为 $10000\sim50000(\text{m}^3/\text{a}) \cdot \text{km}$ ；85 项为中型工程，综合指标为 $1000\sim10000(\text{m}^3/\text{a}) \cdot \text{km}$ ；其余均为小型工程。现在世界上已有的大多数引调水工程属于小型工程和中型工程，且主要是用于灌溉。目前土壤改良总渠基本上都是局域调水系统，其引调水的科学依据及其对环境的影响体现在灌溉对河流流域水量平衡和水资源作用等问题上。除了土壤改良工程之外，多数由通航运河实现的流域内和跨流域引调水工程也属于小型引调水工程类。在大多数情况下，在缺水地区和多水地区建成的渠道有时将几个水系连在一起，且具有很长的距离。由通航运河实现的调水量一般很小，取决于船舶过闸的用水量。这类引调水工程即使是跨流域的，也不会对环境造成很大的影响。

1.1.2.2 其他分类方法

(1) 水文地理标准分类法。按照水文地理标准即水系之间的水流再分配性质，可将引调水工程分成三大类：局域的、流域内的和跨流域的。

1) 局域引调水工程：指在同一条河流流域内进行引调水的工程，是从河流中取水供给局部干旱地区，或是从过度潮湿地区

向水道排水。一般这种类型工程调水量不大，在干旱地区最常用。一些大型的改良沼泽化土壤的排水渠道以及各种向最近的水道干线排放城市和居民点区域洪水的管渠系统也归属于此类。局域引调水工程的线路长度一般不超过 100~200km。

2) 流域内引调水工程：指在具有独立出入湖泊、海湾或海洋的河流流域范围内，或在它们的水文地理网的任何区段之间越过当地局域分水岭进行径流再分配的工程。这类引调水工程的取水、用水及排放用过的水均是在同一个水文地理网范围内进行。流域内引调水工程的线路长度一般不超过 500km。

3) 跨流域引调水工程：指在具有独立出入海洋和湖泊的河流流域之间进行水量的再分配的工程。现在世界上运行的大量大型引调水工程都属此类。这类工程的线路长度变化范围很大，从几十公里到上千公里。

(2) 自然地理条件分类法。按照自然地理条件，在取水区、输水区和用水区，调水可能是在同一个自然气候区域范围内进行地区内的水量再分配，也可能是在两个或几个自然气候区域之间进行水量交换的跨地区调水。当然这种调水的规模应当是很大的。

(3) 行政区划标准分类法。按照行政区划标准，上述所有形式的河川径流调配可以是在不超过一个国家国界范围内进行的，也可能是在两个或几个相邻国家进行水量交换的跨国工程。如 20 世纪 60 年代美国设计的将加拿大的河水调往美国乃至墨西哥的“北美水电联盟工程”。

(4) 目标用途标准分类法。按照目标用途可以把引调水工程分为用于供水、航运、水力发电、灌溉、过湿地区排水以及解决所有或几个地区水问题的综合系统。

1.2 引调水工程的组成

引调水工程由水源工程、输水工程和供水工程组成。

1.2.1 水源工程

水源工程通常取决于取水区的自然地形条件、水文特性、取水量等因素。在地形许可、来水量又大时，可仅设置取水建筑物。取水建筑物结构虽各不相同，但均应保证设计容量和调水工况，并满足生态环境保护的要求。在自然调节性能好的多水水源取水，常用无坝式取水建筑物或者用低坝取水建筑物和捻堤，可减少供水水道（水域）的自然生态环境的破坏；在平原的多水地区，一般不建筑高坝，避免形成大面积淹没和沼泽化发展。在供水河流不能保证所需要的调水量时，需建造水库甚至是梯级水库，对河川径流进行季调节和多年调节。当取水建筑物位于水库下游时，为充分利用水能资源，一般会在水库大坝上设置水电站，以获得更好的经济效益。当水库规模较大时，需考虑对供水河流及其流域的水文情势和自然生态条件造成的负面影响。为了形成自流注入渠道的条件，一些水源工程，需设置水泵站，用水泵汲水来克服水头差。

1.2.2 输水工程

输水工程是从水源工程取水输送给用户的中间环节，输水方式包括渠道、隧洞、地面或地下（或水下）管道、沿河道、逆河道、用形成水库链的方法靠壅水高差把水送到上游，用水泵克服水头差等。渠道有灌溉渠道、通航运河、引水发电渠道、输水渠道、引水渠道和排水渠道等，大型调水系统干渠一般具有综合用途，而整个调水系统可能包括各种用途的渠道。输水隧洞常用于山区与分水岭交叉情况。管道用于调水量不大的工程，可使所调的水与外部作用隔绝，保持原有的水质，且在最小的程度上改变调水线路的景观。逆河道输水是用人工方式造成反向流动，会引起水力形态过程、流速流向、泥沙输移性质和造床过程的改变，问题十分复杂。

1.2.3 供水工程

供水工程的供水建筑物随调水目的和用途不同而不同。为农

业灌溉调水，在用水区要按照干、支、斗、农、毛的灌溉渠道等级体系，建设大量的灌溉配水渠网；为城市和工业调水，需把调来的客水输送到城市的自来水厂进行净化处理，然后送入城市的自来水供水管网；为工矿企业调水，一般把水送到目的地的蓄水设施，由工矿企业自行建设本企业所适用的供水工程。传统的灌溉系统，通常采取土渠自流到灌溉土地，现代引调水工程，则将大坝、水电站、水库、各种拦水和防水设施、水泵站、渠道、隧洞、管道、渡槽、堤坝、倒虹吸管等联合应用于引调水工程中。

1.3 国内外引调水工程简介

1.3.1 国外著名引调水工程

1.3.1.1 巴基斯坦西水东调工程

巴基斯坦西水东调工程是当今世界上调水量最大的工程。依据 1960 年印、巴两国签订的《印度河条约》，巴基斯坦从西三河，即印度河干流、杰卢姆河、奇纳布河分水，每年有地表径流 1665 亿 m^3 ，约占印度河径流量的 80%；印度从东三河，即拉维河、萨特莱杰河、比阿斯河分水，每年约分水 407 亿 m^3 。按《印度河条约》，需兴建西水东调工程，即从西三河调水到东三河，解决东三河下游的灌溉等用水问题，印度为巴基斯坦修建调水工程提供 6206 万英镑补偿，如图 1.3-1 所示。

工程于 1960 年开始实施，到 1977 年基本建成。主要工程包括 2 座大坝、6 座大型拦河闸、1 座倒虹吸，新建 8 条调水连接渠道，沟通东西 6 条大河，工程总投资 21.9 亿美元，主要建设工程如下：

(1) 水源工程：由 2 座水库构成。一个是塔贝拉水库，建于西三河的印度河干流上，其坝体是世界上最大的土石坝，1975 年完工，1976 年投入运行，坝高 148m，总库容 137 亿 m^3 ，有效库容 115 亿 m^3 ，水电装机 350 万 kW，工程具有灌溉、发电、防洪等综合效益；一个是曼格拉水库，建于杰卢姆河上，其大坝



图 1.3-1 巴基斯坦西水东调工程示意图

是巴基斯坦第一座大型土坝，坝高 116m，1967 年完工，总库容 73 亿 m^3 ，有效库容 66 亿 m^3 ，水电装机 100 万 kW，具有灌溉、发电、防洪等综合效益。

(2) 调水工程：由 8 条新建调水渠和 2 条改建调水渠组成。8 条新建输水渠，构成 3 个西水东调工程系统，将西三河水调往东三河：①印度河干流调水系统，有两条调水线路，一是从劫希马闸上引水到杰卢姆河，引水渠长 101km，引水流量 $614\text{m}^3/\text{s}$ ；二是从当萨闸上引水到奇纳布河，引水渠长 61km，引水流量 $340\text{m}^3/\text{s}$ 。②奇纳布河调水系统，分三段，一是从奇纳布河特里木闸上引水到拉维河锡德耐闸上，引水渠长 71km，引水流量 $312\text{m}^3/\text{s}$ ；二是从锡德耐闸上引水到萨特莱杰河梅尔西闸上，引水渠长 100km，引水流量 $283\text{m}^3/\text{s}$ ；三是从萨特莱杰河梅尔西闸上引水到巴哈瓦尔河，引水渠长 16km，引水流量 $110\text{m}^3/\text{s}$ 。③杰卢姆河调水系统，也分三段，一是从杰卢姆河腊苏尔闸上引水到