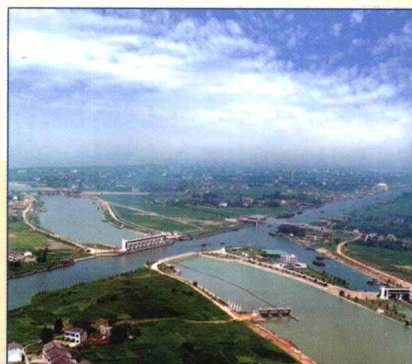


Shuili Shuidian

Gongcheng Jingyan Yu Anli Fenxi

水利水电工程经验 与案例分析

谷兆祺 马吉明 才君眉 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利水电工程经验 与案例分析

谷兆祺 马吉明 才君眉 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书汇集了清华大学水利水电工程系 50 余年来在科研、设计、生产过程中所积累的部分工程经验及可供借鉴的工程案例,作者主要是经验丰富的老一代教学科研人员。本书包括水资源规划、水利水电枢纽、土石坝工程、水电站工程、工程水力学以及工程经济等诸方面的内容,涉及到黄河、长江、淮河、海河等流域的江河治理工程以及更大范围内的水能资源、水资源的开发利用。

本书适于水利水电设计、施工、管理等单位的专业技术人员,同时可供水电类院校高年级学生、研究生及教学科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程经验与案例分析/谷兆祺,马吉明,才
君眉主编. —北京:中国水利水电出版社,2008

ISBN 978-7-5084-4948-7

I. 水… II. ①谷…②马…③才… III. ①水利工程—工
程建设—经验—中国②水力发电工程—工程建设—经验—
中国 IV. TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 139056 号

书 名	水利水电工程经验与案例分析
作 者	谷兆祺 马吉明 才君眉 主编
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)63202266(总机)、68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 74.75 印张 1772 千字
版 次	2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	145.00 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

作者名单

本书主要作者如下（以文章先后为序）

谷兆祺	马吉明	王恩志	雷志栋	杨诗秀
倪广恒	丛振涛	沈言琍	赵建世	王忠静
翁文斌	惠士博	谢森传	张思聪	唐莉华
吕贤弼	施熙灿	张明	廖松	徐千军
杜丽惠	王可钦	彭守拙	沈之良	梁海波
杨樾	胡家博	王君连	周景星	王清友
李仲奎	何成旆	彭天玫	陈敏中	张铜生
张富德	王琳	钟建文	黄继汤	刘天雄
才君眉	丁则裕	冯金铭	张永良	郑双凌
戚筱俊	姚汝祥	张受天等		

以上作者均为清华大学教师，其业务专长包括：水文水资源、水工结构工程、水电站工程、岩土工程、工程水力学、工程管理等。

前言

清华大学水利水电工程系成立于1952年院系调整之时，此前为清华大学土木工程系的水利组。

自清华大学水利水电工程系成立伊始，几代人一直秉承理论联系实际的优良作风和光荣传统。老一辈先生，如施嘉炆、张任、黄文熙、张光斗、黄万里、李丕济、陈梁生、夏震寰、陈祖东、钱宁等，他们在中华人民共和国成立前就参加过许多水利建设活动，实践经验丰富，理论功底深厚。在前辈先生的言传身教下，清华大学水利水电工程系第二代老师在极艰苦的条件下，怀着报效祖国、造福人民的崇高志愿，先后投身于北京永定河引水工程、北京密云水库、京郊小水库群、三家店、张坊等水利工程的建设之中；后来又相继参加了黄河上的水利水电工程建设和泥沙治理工程，如三门峡、东平湖、石洼闸、小浪底、龙羊峡、李家峡等，其中尤以密云水库工程更加锻炼人、教育人。当时正值全国“大跃进”时期，要求水库“一年拦洪，二年基本建成”，时间紧、条件差、任务重。而承担主要设计任务的青年教师刚毕业不久，尚缺少经验，他们在老一辈先生手把手的指导下，勇担重任，不但高质量地完成了任务，而且使自己的业务和思想品德也有了很大提高。

关于密云水库的建设，特别值得怀念的是敬爱的周恩来总理，他不顾国务繁忙，曾6次亲赴工地视察和听取汇报，从工程规划、设计，到施工中关键性问题的解决；从知识分子政策、人力资源调配，到施工物资的全国调拨支援，每一环节都凝聚着周总理的心血。甚至在1959年政治气氛紧张的庐山会议期间，周总理每晚都还要与密云水库工地通电话，了解工地20万干部群众抗洪抢险的紧急情况，并为之解决急缺物资的供应问题。如果没有周恩来总理的关心和支持，就不可能有密

云水库“一年拦洪，二年建成”的奇迹出现。

1978年改革开放以后，国家非常重视知识分子的作用，清华大学水利水电工程系老、中、青三代教师都积极投入到祖国的水利水电建设中，特别是老教师，重新焕发了青春活力。从20世纪80年代起，清华大学水利水电工程系参加了三峡工程、南水北调工程、以及许多其他大中型水利水电工程的科研、设计、咨询、质量检查等工作，如三峡工程技术设计专题审查、国务院三峡工程质量检查等。在这些实际工作中，新、老教师得到了进一步锻炼，他们保持了严谨求实、密切联系实际的作风，不仅深入钻研理论，努力掌握现代科研、计算技术，提高科研水平，并能将创新成果应用到具体的生产实际中去。

需要指出的是，改革开放以前，左倾思想影响较重，写文章发表被认为是宣扬个人和追求名利，许多老教师因而不愿署名写文章，这致使许多有价值的成果和工程经验未能予以及时总结。现在，清华大学水利水电工程系以第二代教师为主体，组织编写了此书，将近50年来大家在科研、生产实践工作中取得的一些经验和教训总结出来，以便能为水利水电工作者提供一些有价值的资料。

本书的作者们大多是70岁以上的老教师，他们已经自豪地达到了蒋南翔老校长为清华学子们提出的“为祖国健康工作五十年”的目标，现在出版此书，愿为祖国的水利水电事业再贡献一些微薄之力。

本书仅是清华大学水利水电工程系50年来科研生产工作的一部分，也是作者们的一部分成果。鉴于有的成果尚不宜发表，或者有的已出版过专著，这些成果，未再收入本书。

需要说明的是，本书所涉及到的成果和相关工作，并非作者们单独完成，与此有关的前辈们多已作古；还有一些当时年轻的老师们，由于种种原因，英年早逝，他们中有吕应三、曹俊、周定邦、王树人、谢吉庭、阎凤高、陈先友、陈希哲、谢维蓊、李荣湘、柳树本等。我们活着的人，愿以这本书表达对他们的思念。

这本书也是作者们对支持他们工作的家人的一种感谢。作为水利水电工程系教师的家人，他们也为水利事业付出了艰辛，在此一并表示感谢。

本书为水利水电设计、施工、管理的单位的专业技术人员提供了真实的实践案例，能为他们在实际生产工作中提供有益的借鉴，同时也可供水利类院校高年级学生、研究生及教学科研人员参考。

谷兆祺

2008年1月

目 录

前言

第一部分 水资源规划篇

大西北可持续发展的关键环节——西北调水工程

.....	谷兆祺	马吉明	罗小青	钟建文	3
南水北调中线丹江口补水方案	谷兆祺	马吉明	钟建文		13
雅鲁藏布江水电开发构想	谷兆祺	王恩志	钟建文		25
塔里木河干流水资源的形成及其利用问题	雷志栋	杨诗秀等			36
对于旱区绿洲水资源可持续利用中的几个热点问题的认识	雷志栋	倪广恒	丛振涛	杨诗秀	46
叶尔羌平原绿洲盐均衡及早排的初步分析	杨诗秀	雷志栋	沈言琍等		51
黄河水量统一调度宏观经济效果评估	赵建世	王忠静等			56
决策支持系统在石羊河流域水资源规划上的应用	朱 强	王忠静	翁文斌等		66
青铜峡灌区续建配套与节水改造规划专题研究	雷志栋	惠士博	杨诗秀	谢森传	73
数字化流域及其在现代水资源规划中的应用		王忠静等			99
多目标多层次流域需水预测系统开发与应用	赵建世	翁文斌等			105
农业节水技术——高产高效冬小麦节水喷灌模式研究	谢森传	惠士博			111
基于多媒体 GIS 的城市防洪除涝决策支持系统的设计与应用	翁文斌等				117
气象卫星遥感技术在暴雨预报中的应用研究	王忠静	刘 权等			123
基于 GIS 和 RS 技术的土壤侵蚀快速调查研究	张思聪	唐莉华	徐海波等		128
海河流域生态环境质量评价	张思聪	吕贤弼	唐莉华		134
唐山市平原区地下水脆弱性评价研究	张思聪	吕贤弼	雷静等		141
北京市雨水利用	张思聪	惠士博	谢森传	吕贤弼	148
南水北调来水后北京市的水资源优化配置	惠士博	谢森传			153
北京市水资源供需矛盾及其解决途径探讨	施熙灿				156
北京市密云水库防洪调度随机模拟分析	张 明	廖 松	谷兆祺		171
北京市密云水库的错峰及削峰调度研究	廖 松	徐千军	谷兆祺		200

动态汛限水位分析——密云水库及北京市其他大中型水库汛限水位研究	杜丽惠	225
新丰江等七座水电站水库群联合补偿优化调度研究	施熙灿	256
太湖、淮河、黄河综合治理中的经验与教训讨论	施熙灿	265
黄河三门峡工程规划、设计及运行中的经验与教训研究	施熙灿	276
水利水电规划模糊综合经济评价研究	施熙灿	289
水利水电工程规划的反思及技术创新	谷兆祺	296

第二部分 水利水电枢纽篇

密云水库一年拦洪两年建成的经验	谷兆祺	王可钦	309
潘家口水库的坝址选择	谷兆祺		329
黄河东平湖分洪区石洼闸改建	谷兆祺		345
引碧供水工程（北段）的通水实践和运用方式	彭守拙	周永发	谷兆祺
福建水口水电站船闸加固	谷兆祺		380
大吨位弧形闸门闸墩及牛腿设计中的问题	谷兆祺		386
北京市王家园水库过水土坝及其经验教训	沈之良		398
黄河三门峡水库第三次改建问题研究	谷兆祺	钟建文	彭守拙
施工导流隧洞设计施工经验	谷兆祺		427
青海沟后水库溃坝原因分析及应吸取的教训	谷兆祺	梁海波	435
密云水库第二溢洪道弧门更新换代设计介绍	杨 樾		445
密云水库白河发电洞进口改建工程	杨 樾		452
伊朗卡尔赫水利枢纽设计	谷兆祺	胡家博	468
伊朗卡尔赫工程软岩地基的坝型和坝基防渗措施	王君连		475

第三部分 土石坝篇

密云水库主坝震害和抗震加固	周景星	489
密云水库白河主坝防渗设施的分析	王可钦	517
密云水库走马庄Ⅳ号副坝下游坝坡加固工程	王清友	李仲奎
密云水库潮河枢纽施工导流经验总结	王清友	544
半城子水库沥青混凝土斜墙土石坝	何成旆	554
混凝土防渗墙	王可钦	563
塑性混凝土防渗墙	王清友	585
新型压力注浆的灌注桩——GBP 桩	王清友	傅文洵
密云水库白河主坝上游保护层地震滑坡分析	王清友	637
我国土坝滑坡的分析和探讨	王清友	645

用混凝土防渗墙控制北白岩土坝坝基覆盖层渗透变形分析	王清友	670
密云水库走马庄Ⅱ号副坝抗震加固稳定分析与计算	彭天玫	683
密云水库北白岩副坝抗震加固及防渗处理	彭天玫	693

第四部分 水电站篇

引水式水电站设计新概念及气垫式调压室	谷兆祺 彭守拙 王 琳 钟建文	705
大型钢筋混凝土地下分岔管的设计与施工	谷兆祺	734
地下厂房岩壁吊车梁的有限元分析和承载机理	彭守拙 陈敏中 谷兆祺 刘 颖 曹普发	743
长江三峡水电站厂房上部结构型式研究	张铜生 张富德	758
岔管及地下厂房洞群布置设计经验	谷兆祺	815
高强混凝土及其应用	谷兆祺 彭守拙 黄继汤	826
拟建的木格措抽水蓄能水电站设计优化研究	谷兆祺 王 琳 钟建文	831
地下厂房优化设计讨论	马吉明 夏渝莉 谷兆祺	841

第五部分 工程水力学篇

三峡水电站进水口体形优化对水电站运行质量和效益的影响	刘天雄 黄继汤	851
三峡水利枢纽泄洪深孔水力学问题研究综述	黄继汤	876
黄河小浪底水库孔板泄洪洞孔板消能工的水力学特性研究	才君眉 丁则裕 冯金铭	896
水布垭工程差动窄缝挑坎型溢洪道水力特性的试验研究	马吉明 张永良 郑双凌	920
空化与泄水建筑物壁面的空蚀	黄继汤	929
空化现象研究中高速摄影技术的应用	黄继汤	950
弧形闸门结构安全问题的探讨——结合密云水库第二溢洪道 弧形闸门更新设计所作研究	才君眉 杨 樾	963
隧洞斜卧式进水口胸墙过流的水力特性	马吉明 郑双凌	976
溢洪道水力设计要点	黄继汤	983
关于水工模型试验的相似性与比尺问题	黄继汤 刘天雄	1004

第六部分 其他工程及经济问题篇

广西省柳州市壶西大桥下游侧人行道坠落问题的报告——部分人行道挑梁 因附设自来水管道而破坏的附加水荷载分析	谷兆祺 黄继汤	1013
三峡库区白鹤梁题刻保护方案的探索	沈之良	1026
乐山大佛平台扩建和河堤修建方案的设计回顾	沈之良	1033
唐代著名它山堰工程——我国水利史上的奇迹	沈之良	1037

中国水利水电工程地质概述	戚筱俊	1044
北京市水利工程供水水价测算与改革研究	施熙灿	1060
国外及我国部分地区水价概况	施熙灿	1072
水利工程供水两部制水价模式设计	施熙灿	1081
长江三峡综合利用水利工程社会评价研究	施熙灿	1095
丹江口水利工程后评价研究	施熙灿	1106
新安江水电站经济后评价研究	施熙灿	1126
国际工程项目的投标	姚汝祥	1141
国际工程投标单价分析举例	姚汝祥	1162
项目实施的组织及管理	张受天	1169
关于东南亚金融风暴及经济复苏	张受天	1177

第一部分

水资源规划篇

大西北可持续发展的关键环节—— 西北调水工程

谷兆祺 马吉明 罗小青 钟建文

1 引言

我国多年平均年降水总量为 6.2 万亿 m^3 ，可通过循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m^3 。按 1997 年人口统计，我国人均年水资源量为 2220 m^3 。如果到 2030 年，全国人口增至 16 亿人，则人均年水资源量将降为 1760 m^3 ，与国际上公认的人均年水资源量 1700 m^3 的用水紧张标准非常接近。

按地域上考虑，黄、淮、海地区人多水少，人均年水资源量不足 500 m^3 ，工农业发展和人民生活水平的提高均会受到严重制约。大西北地区地广人稀，新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古西部地区总面积为 314.3 万 km^2 ，占全国总面积的 4.3%。目前人均年水资源量虽有 5200 m^3 ，但为了开发大西北，若将人口增加到占全国人口的 15%，那么人均年水资源量就会降至 1216 m^3 ，若考虑大西北为了改善生态环境，需要消耗大量的水，那么能供人民生活与工业生产用的水就很少了。

我国政府已批准了南水北调的宏伟计划，决定从东、中、西三线向北方每年总共调水 448 亿 m^3 （目前东、中线工程正在实施过程中），这些水主要是缓解了黄、淮、海地区的用水，河南南部、江苏北部、山东一部分也受到益处。但是广大的大西北地区，还未在受益范围之内。干旱缺水从长远来看，对大西北的发展是起决定性的约束作用的。因此，一方面要充分地利利用大西北地区的水资源；另一方面，也要考虑能否从临近水量稍多的地区——西南地区调一些水到大西北去。唯有这样才能真正实行西部大开发，才能在“再造一个山川秀美的大西北”方面有所建树。

本文将依据大西北地区的特点，提出大西北可持续发展的关键环节——西北调水工程的设想，供大家参考。

2 大西北的自然和社会特点

大西北是指我国新疆、青海、甘肃、内蒙古西部、宁夏 5 省（自治区）。这些地区具有如下主要的自然特点和社会特点。

2.1 极其干旱

中国科学院自然区划工作委员会采用干燥度来评定某一地区的干湿程度^[1]。

干燥度由式 (1) 求得

$$k = \frac{0.16 \sum t}{r} \quad (1)$$

式中: k 为干燥度; $\sum t$ 为日温不小于 10°C 持续期间积温的总和, $^{\circ}\text{C}$; r 为同期间的降水量, mm 。

由式 (1) 可见, 降雨量小, 干燥度大; 积温总和大, 干燥度也就大。

中国科学院提出, 干燥度大于 2.0 则为干旱地区, 不灌溉就不能农耕。其中干燥度 2.0~4.0 的地区为荒漠草原; 干燥度大于 4.0 为荒漠地带; 干燥度大于 32, 称为极端干燥区域, 天然植被呈极旱荒漠状态。

新疆塔里木盆地、青海柴达木盆地、巴丹吉林、腾格里沙漠, 这些地区年降水量均在 60mm 以下, 这些地区的干燥度 k 均大于 16.0, 而北疆准格尔盆地年降水量超过 100mm, 干燥度略小。因此, 我国西北部干旱区大致如图 1 所示。由图 1 可见, 新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古西部地区大部分均为干旱区。

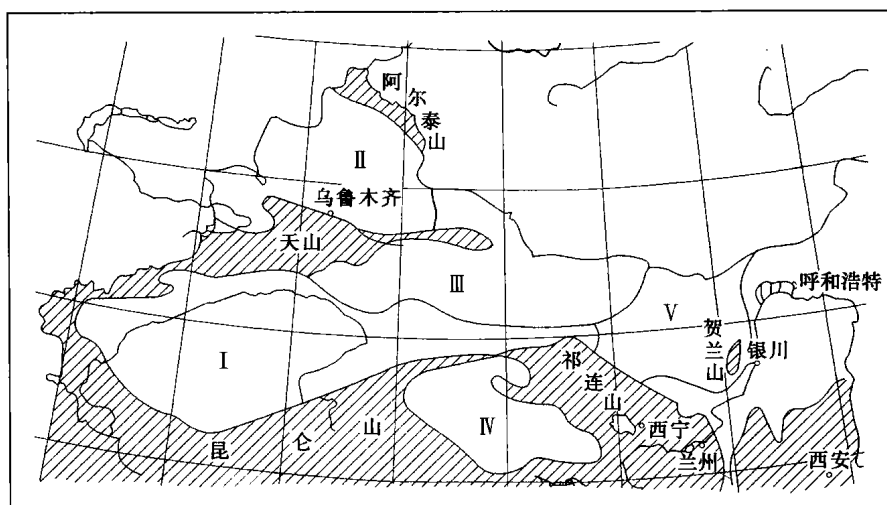


图 1 中国干旱地区略图

I—塔里木盆地沙漠和戈壁; II—准格尔盆地沙漠和戈壁; III—新疆、甘肃毗邻地区戈壁;

IV—柴达木盆地戈壁和沙漠; V—阿拉善沙漠和戈壁

从图 1 中可见, 新疆阿尔泰山区、天山山区、昆仑山区, 以及青海、甘肃交界的祁连山区雨雪较多, 不属于干旱地区。

在干旱地区, 水资源是头等大事。有水, 才能发展; 没有水, 就只能是荒漠, 一切难以发展。因此, 要发展大西北, 最重要的环节之一是要解决好水资源的问题。

2.2 地广人稀, 少数民族多

新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古西部地域辽阔, 总面积约达 314.3 万 km^2 , 占全国总面积的 32.7%。但这个广大地区内人口稀少, 总计仅约 5614 万人, 占全国人口的 4.3%, 平均每平方公里仅为 17.9 人, 为我国东部人口稠密区的 $1/22$ ^[2]。

在大西北聚居着许多少数民族,有蒙古、维吾尔、回、哈萨克、藏、塔吉克、裕固、东乡等几十个民族。除甘肃省外,其他各区都是少数民族自治地区。

2.3 目前还相对贫困

由于自然条件相对较差,又由于历史上的种种原因,大西北地区在1949年后虽有极大的发展,但和全国其他地区相比,仍相对落后贫困。

我国东部较发达地区每万人有铁路1.8km,而大西北地区每万人有铁路不足0.2km,差9倍多。

我国东部较发达地区每万人有公路38km,而大西北地区每万人有公路不足5.8km,差6倍多。

1999年全国各省(自治区,直辖市)为国家创造的财富行列中,大西北5省(自治区)均在最后8名之内。这5省区共创造财富约3004.6亿元(其中内蒙古按1/3计入),只相当于广东一省的35.5%,而大西北5省(自治区)面积是广东省的17.5倍^[2]。

由此可见,我国东西部发展的差距相当大,而且事实表明,如不采取强有力的措施,这种差距还有继续扩大的趋势。

然而大西北地区并不是注定必然贫困落后的,它拥有十分丰富的天然资源,煤、油、天然气、金属非金属矿藏的许多品种之储量都占到全国储量的一半以上。新疆、内蒙古西部的煤都比山西的储量还多,并且很多可以露天开采。西气东送的起点,就在新疆南部库尔勒轮台县。塔里木盆地不断发现大油田,例如近年发现的若羌大油田,可开采的储量就在亿t以上。甘肃是世界闻名的有色金属富矿区,青海的钾盐等矿产也是全国第一。因此,大西北地区具有极大的发展潜力。目前,国家已提出要开发大西北,在政策上要做出倾斜,在基本建设的投资上也已大大加强了。第二步就是要大力开发水资源,因为水是各行业所必备的条件。

3 大西北的水资源概况

大西北总体来讲虽然十分干旱,但当地仍有相当丰富的水资源。要开发大西北,当然首先要用好当地的水资源。

3.1 新疆地区水资源简况^[3]

新疆全区平均年降水量为147mm,居于全国各省(自治区,直辖市)的末位。但由于面积大,境内高山多,全区年平均降水总量达2429亿m³,居全国各省(自治区,直辖市)第10位。新疆山区的面积约为71万km²,其平均年降水量达288mm,全部山区降水量为新疆全部降水总量的84.3%,而广大平原区降水量很少,北疆准噶尔盆地边缘年降水量100~300mm,而南疆塔里木盆地边缘年降水量在80mm以下。且末、若羌一带不足20mm,吐鲁番盆地托克逊县仅有7.1mm。因此,新疆北部、西北部降雨稍多一点,南部、东南部则绝对干旱,山区降雨降雪稍多一点,而平原地区,几乎全是荒漠。

新疆的山区,北部为阿尔泰山,中部为东西向的天山,南部则为昆仑山。从山上由降雨及融雪形成的河流,少数经额尔齐斯河、伊犁河流入境外,其余大部分是在区内逐渐消失的内陆河流。新疆全区年径流总量约为884亿m³,流出国境的约233亿m³。新疆西北部分地表水资源总量达737.5亿m³,占全疆地表水总量的93%,而东南部分地表水资源

量仅 55.5 亿 m³，仅占全疆地表水总量的 7%。

新疆地下水资源总量为 395 亿 m³，其中南疆部分约 228 亿 m³，北疆部分约 167 亿 m³。地下水总量中每年可以补充，即可以永续开采的总量，仅为几十亿 m³。

因此，全疆地表水、地下水资源总量约为 878 亿 m³。

新疆冰川冰储量约为 25836 亿 m³，占全国冰川总储量的一半。每年新疆冰川消融所形成的径流量约为 178.6 亿 m³，占全疆地表水资源总量的 22.5%。

新疆境内年径流量在 10 亿 m³ 以上的大河共 10 条，天然径流量见表 1。

表 1 新疆各主要河流天然径流量

河流名称	天然径流量 (亿 m ³ /a)	河流名称	天然径流量 (亿 m ³ /a)
伊犁河	170	和田河	44.2
额尔齐斯河	119	开都河	33.4
叶尔羌河	74	渭干河	21.9
阿克苏河	78.4	玛纳斯河	12.8
喀什喀尔河	42	乌伦古河	10.7

全疆年径流量 1 亿~10 亿 m³ 的河流共 66 条，年总径流量近 200 亿 m³，占全疆总径流量的 23.7%。全疆年径流量在 1 亿 m³ 以下的河流 487 条，径流量合计 82.9 亿 m³，占全疆总径流量的 9.4%。新疆的降水量多集中在 4~9 月，融雪也是在夏季。往往春季干旱，夏季暴雨洪水，秋季水又不够用。由以上的简述可知：

(1) 新疆本区的水源主要来自山区，西北部稍多，东南部最干旱。降雨融雪多集中在夏季，春、秋、冬水少。河流较分散，源自山区，流入平原沙漠之后就消失了。有两条大河流至境外。

(2) 要开发新疆、持续发展新疆的经济、文化，首先要解决水源问题，并且要先用好新疆本地的水资源，然后也要尽可能从外地调入一些水量。

(3) 新疆最缺水的地区是平原、荒漠地区，尤其是东部和南部。一年之中春、秋季节最缺水。这些地区一旦有水，和全区一样都有很大的发展潜力，因此对新疆的水资源在时空上要做一些调节。

3.2 内蒙古、甘肃、宁夏、青海几个省(自治区)水资源情况

内蒙古西部地域辽阔，但水资源不多。最西部为巴丹吉林沙漠，向东依次为腾格里沙漠和库布齐沙漠。这个地区年降水量很少，只有从南面河西走廊、祁连山下来的几条河。这些河自西向东依次为疏勒河、黑河、石羊河，另外还有黄河。前两条河近几年因上游用水较多，下游经常断流，黄河在甘肃、宁夏、内蒙古这一段年径流量约为 250 亿~324 亿 m³，是比较稳定的水源，因此形成银川附近及内蒙古河套，以及沿黄河一带的灌区，这里是有名的塞外江南。

甘肃西部为河西走廊，它的南沿为祁连山，山上有冰川积雪，形成许多小河，下游有许多孤立的绿洲，由西而东有敦煌、嘉峪关、酒泉、高台、临泽、张掖、金昌、武威等城镇，但这些绿洲的水资源量都有限。

甘肃东南端，靠近秦岭一带降雨量稍大，不属于干旱地区，甘肃最东部天水、庆阳一

带也是有名的干旱贫困地区。

宁夏面积为 6.6 万 km^2 ，黄河由西南转向北流出境，在这一段的多年平均年径流量为 324 亿 m^3 。沿黄河一带靠黄河供水、灌溉，水资源困难不大。但宁夏南部固原一带是全国有名的干旱、贫困地区。

青海面积 72 万 km^2 ，全省人口 443 万人。它是我国长江、黄河两大河流的发源地。长江源头在青海内这一段称作通天河，多年平均年来水量为 124 亿 m^3 。黄河在青海内的多年平均年径流量约为 250 亿 m^3 ，青海西半部为柴达木盆地，总面积约 12 万 km^2 ，是非常干旱的地区，有一些水量不多的内陆河，流入盆地中的咸水湖。由以上介绍可知，内蒙古西部、甘肃、青海、宁夏各省（自治区）面积很大，约 160 万 km^2 ，但水资源不多。长江、黄河源头虽有 400 多亿 m^3 的年径流量，但大部分将提供下游地区的用水。

4 向大西北调水的必要性

4.1 要开发大西北，全国平衡发展，必须解决、改善西北水资源问题

大西北地区国土面积占全国的 1/3 左右，资源丰富，但目前还相对落后。一个国家要高度发展，必须充分开发出它的大部分资源，使全国能平衡发展。而要发展必须要有水，有水才能有人生活，才能发展一切工业、农业。而西北的全部水资源只占全国的 4.4%，是全国最干旱、最困难的地区。东西发展的差距越大，贫富差距就越大，社会政治稳定的问题也会增多。要想长治久安、民族和睦、国泰民安，必须努力开发西北地区。解决与改善其水资源状况，使之有持续发展的基础。

4.2 要制止生态环境恶化，必须改善西北水资源状况

我国华北地区每年春季经常会发生沙尘暴，狂风夹带沙尘，不仅有害于农作物的生长，对人民的健康也极为不利。自 1949 年以后，沙尘暴情况曾逐年有所减弱，但自 20 世纪 80~90 年代以来，沙尘暴的危害又越来越严重。到 2001 年，全华北扬沙沙尘暴的事件总共发生 32 次^[4]。

经国家环保总局公布的研究结果显示，沙尘暴源区既来自境内也来自境外，境内区主要有 3 个：内蒙古浑善达克沙漠中西部、阿拉善巴丹吉林沙漠和塔克拉玛干沙漠。这 3 个源区中后 2 个都在大西北的范围之内。

为减轻沙尘暴的危害，专家提出四项措施：一是植树造林，在京津地区建设生态屏障；二是在内蒙古中西部浑善达克地区退耕、禁牧，恢复和保护草地资源，建设防风林；三是在鄂尔多斯地区保护水资源和天然绿洲，控制沙化地扩大；四是推动荒漠化防治规划^[4]。

植树造林，保护绿洲，控制沙化地扩大，防治荒漠化，哪一项都离不开水。所以要合理利用与调配当地现有的水资源。但当地水资源很少，还得设法由外地调些水来。

因此，要改善我国北方生态环境，防止沙漠化、荒漠化扩大，保证能持续地发展，必须设法调一些水到大西北，改善那里的生态环境。

4.3 要保证我国持续发展，必须不断地发展农业，开发大西北是一条可能的途径

我国目前已有 13 亿人口，虽然推行计划生育政策，但人口还会有增长。预计到 21 世纪中叶，人口最多将达 16 亿人之多。但是土地是有限的，不但不会增加，反而会因为建