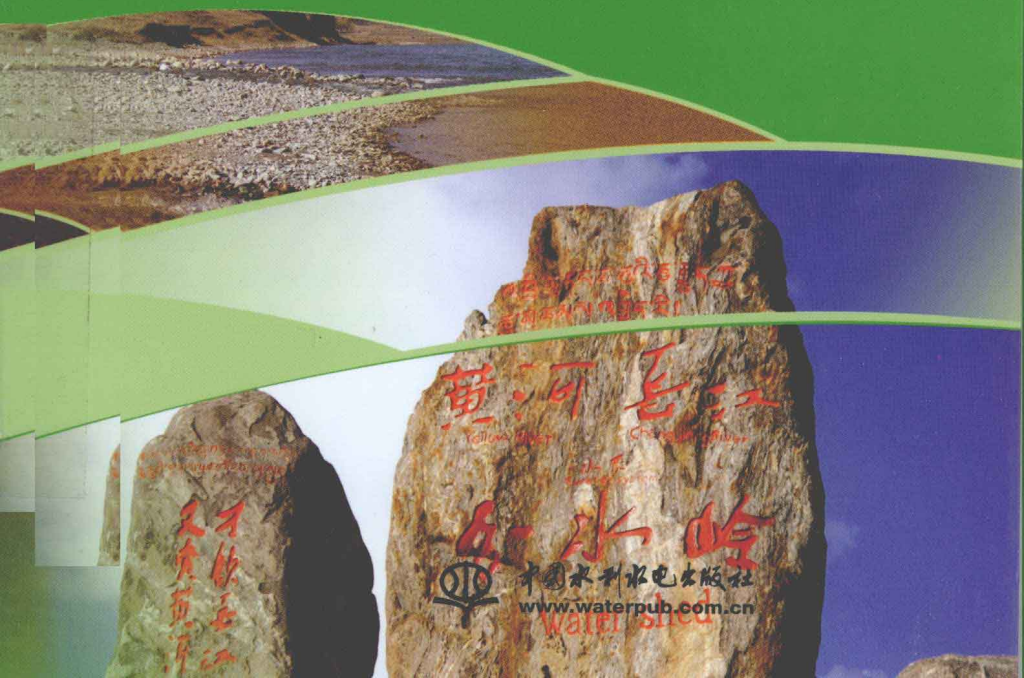


南水北调 西线工程的生态影响

田世民 王兆印 杨吉山 严登华 著



南水北调 西线工程的生态影响

田世民 王兆印 杨吉山 严登华 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从流域植被、滨河植被、湿地和底栖动物等方面研究了西线工程调水区的生态现状,分析了调水可能带来的不利影响,主要内容有:运用动力学模型模拟了调水区的植被和侵蚀状态,提出了植被生态修复的措施;分析了滨河植被的群落结构特征,对调水影响进行了定量化研究,揭示了河床泥沙对河床演变及滨河生态的影响机制;以底栖动物为工具,综合评价了调水河流的水生态现状,对底栖动物和栖息地面积之间的关系进行了定量化模拟。研究成果有助于人们进一步了解西线调水区的生态作用机制,为进一步研究及相关决策提供了技术支撑。

本书可作为水利及环境保护行业的科研和管理工作者,及热衷于水利和环保事业的其他人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

南水北调西线工程的生态影响 / 田世民等著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.3
ISBN 978-7-5084-8492-1

I. ①南… II. ①田… III. ①南水北调—水利工程—生态环境—环境影响—研究 IV. ①TV68②X321.2

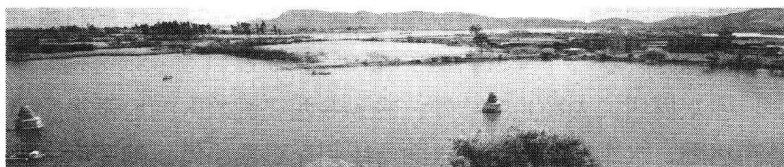
中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第052971号

书 名	南水北调西线工程的生态影响
作 者	田世民 王兆印 杨吉山 严登华 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 (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	140mm×203mm 32开本 3.875印张 104千字
版 次	2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	20.00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

前言



南水北调工程是我国重大的跨流域调水工程，其东线、中线和西线工程的总体规划，将连接长江、淮河、黄河、海河四大流域，构建“四横三纵”的大水网，实现我国水资源南北调配、东西互济的优化配置。目前，东线和中线工程已相继开展并取得了卓有成效的进展。但原定于 2010 年开工的西线工程却在社会各界的广泛关注、辩论、探讨和质疑中放缓了脚步。

西线工程自 20 世纪 50 年代黄河水利委员会组织考察队始，至今将近 60 年，期间各相关部门做了大量的勘测、规划和研究工作，许多前辈和同仁在边远高寒缺氧的艰苦环境中对调水区和邻近地区开展了大量的基础工作，先后提出了《南水北调西线工程初步研究报告》、《雅砻江调水工程规划研究报告》、《南水北调工程总体规划》等一系列研究报告，为国家决策提供了有力的科技支撑。几代水利人呕心沥血的付出，为推动西线工程的实施做出了巨大贡献，并为进一步的研究奠定了坚实的基础。

目前，对工程的质疑来自诸多方面，其中最突出的是西线工程可能造成的一系列生态问题。西线工程调水区地处青藏高原东部边缘，海拔较高，气候严寒，区域生态系统较为脆弱，人们担心调水工程的修建会破坏当地的生态环境，引发生态灾害。这种担心和忧虑反应了人们保护自然环境的意识和诉求。社会的发展已经使人们充分认识到大自然是人类赖以生存的基础，与自然和

谐共处成为当今社会的主流意识，也是建设和谐社会的必要条件之一。另一方面，水利科技也要不断发展，跟得上时代的步伐，力求满足当今社会对水利事业提出的新要求，解决现代水利建设中的新问题。

引水枢纽（大坝）的修建，将改变西线调水区的地表水资源分布格局，水库形成的巨大水面可能引起局部小气候的变化，影响调水区内的坡面植被。调水后坝址以下河道径流量减少，洪水漫滩频率降低，漫滩面积减小，滨河生态将会有所响应：滨河植被的群落结构、河流与湿地的连通性及湿地内的生物多样性都将受到影响。此外，河道径流量的减少又将引起河流水生态的变化。

因此，研究西线工程调水区的生态现状，探讨各种生态要素之间的内在联系和耦合作用机制，分析和预测调水工程对调水区的生态影响，对西线调水工程具有重要意义。本书从流域植被、滨河植被、湿地及底栖动物等方面研究了西线工程调水区的生态现状，揭示了调水区各生态要素的相互作用机制，分析了调水工程对生态的不利影响及相应的对策。

在野外采样、样本鉴定与分析期间，清华大学段学花、徐梦珍、施文婧、张康、刘怀湘、江永梅、贾艳红、刘丹丹和刘乐给予了大量无私帮助。国际泥沙研究中心刘成教授对本书的写作给予了指导，北京市水利科学研究所王海潮博士参与编写了本书第一章，河南省水利勘测设计院刘香君对本书进行了校对工作。此外，本书得到国家“十一五”科技支撑计划项目重大课题（2006BAB04A08）“西线工程对调水区的生态环境影响评估及调控”的支持，在此一并表示感谢！

作者

2010年10月

目 录

序

前言

第 1 章 南水北调西线工程概况	1
1.1 调水区概况	1
1.2 调水方案	6
1.3 沿程调水系数	10
1.4 引水坝址处水文、气象特点	15
第 2 章 调水区坡面植被与土壤侵蚀动力作用关系	20
2.1 调水流域植被概况	20
2.2 植被—侵蚀动力学	25
2.3 调水区生态分区	31
第 3 章 滨河生态状况及与水分响应机制	46
3.1 湿地	47
3.2 滨河植被	52
第 4 章 河流水生态与水分耦合作用机制	83
4.1 底栖动物与河流生态	83
4.2 坝址下游底栖动物	85
4.3 底栖动物与栖息地面积	89
4.4 底栖动物与河床结构	100
4.5 结论	105
参考文献	107

南水北调西线工程概况

南水北调西线工程简称西线调水，是从长江上游调水至黄河流域。通过在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上筑坝建库，采用引水隧洞穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山调水进入黄河，是长江上游的重大跨流域调水工程，对补充黄河水资源、解决我国西北地区干旱缺水的问题以及促进黄河的治理开发具有重大的战略意义。

南水北调西线工程将与西部大开发紧密结合，主要解决西北地区缺水问题，基本满足黄河上中游省（区）和邻近地区 2050 年前的用水需求，并相机向黄河下游供水，缓解黄河下游的淤积及生态问题。

根据 2002 年底国务院批示的《南水北调工程总体规划》，西线工程分为三期建设：第一期从雅砻江、大渡河及其支流调水 40 亿 m^3 ，第二期从雅砻江调水 50 亿 m^3 ，第三期从金沙江调水 80 亿 m^3 ，共调水 170 亿 m^3 。2005 年水利部下文，鉴于西北地区缺水量较大，将规划的第一、第二期工程合并，合并后仍称为西线一期工程，综合考虑调水影响及工程规模等因素，推荐调水量 80 亿 m^3 。

1.1 调水区概况

南水北调西线工程调水河流主要为长江上游的通天河、雅砻江和大渡河及其支流。调水区位于青藏高原东南部，海拔 3000~4500m，寒冷缺氧，年均气温较低，空气含氧量相当于海平面的 60%~70%。调水区东起松潘草地，西至楚玛尔河口，南临川西高原，北抵阿尼玛卿山，位于 $\text{E}94^{\circ}50' \sim 102^{\circ}30'$

和 $N31^{\circ}30' \sim 35^{\circ}00'$ ，面积近 30 万 km^2 ，区域地势由西北向东南倾斜。调水区在行政上分属于青海省的玉树、果洛与四川省甘孜、阿坝四个藏族自治州，以及甘肃省甘南藏族自治州的部分地区。在四川境内的调水区受季风气候和青藏高原地理环境的影响，自西向东分属高原寒带干旱区、高原亚寒带半干旱区、高原亚寒带半湿润区、高原亚寒带湿润区、高原寒温带湿润区等。调水区气温分布特点是西北部低，向东南方向逐渐升高。西北部通天河伍道梁站年平均气温仅 -5.6°C ，而在东南部的甘孜、壤塘一带，年平均气温分别为 5.6°C 和 4.8°C 。调水区 11 月至次年 4 月为冬半年，5 月至 10 月为夏半年。大部分地区日平均气温在零度以下的时间长达 5~8 个月，1 月平均气温多在 -5°C 以下，最低可达 -17°C 以下，极端最低气温在 $-30 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 。夏季平均气温不高，最高月平均气温出现在 7 月，一般在 10°C 左右，各地极端最高气温在 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。调水区降水分布不均，干湿季分明。西北部五道梁站年降水量仅 265.6mm，到东部壤塘、阿坝一带年降水量达 700mm 以上，全年降水 85%~90% 集中在 5~10 月。

南水北调西线一期工程位于青藏高原东部边缘地带，海拔 3500m 左右，调水河流包括雅砻江干流以及支流达曲和泥曲，大渡河支流色曲、杜柯河、玛柯河、阿柯河等七条河流。工程所在地区属高原寒温带湿润区，年平均气温 3.5°C 左右。冬季严寒，低温时间长，1 月平均气温多在 -5°C 以下，极端最低气温达 -33.9°C 。夏季较凉爽，平均气温不高，7 月平均气温一般在 10°C 以上，极端最高气温仅 29.4°C 。全年降水主要集中在 5~10 月，占年降水量的 90% 左右。

1.1.1 大渡河流域概况

大渡河古有沫水、金川、铜河等多种称谓，系岷江右岸最大支流，发源于青海省巴颜喀拉山脉果洛山南麓，流经果洛藏族自治州的久治、班玛两县，于四川乐山市汇入岷江。大渡河流域自然条件复杂，是一个藏族、汉族、彝族、回族、羌族等多民族居

1.1 调水区概况

住的地区，全长 1272m，流域面积 77601km²，河源至河口总落差 4180m，海拔自 4530m 降至 350m。

大渡河分东西两源，东源为足木足河，是大渡河的主流，西源为绰斯甲河。玛柯河和阿柯河于斜尔杂汇合后称为足木足河。玛柯河河流全长 261km，河道平均比降 6.2‰，是足木足河的正源。阿柯河河流全长 170.3km，河道平均比降 7.5‰。足木足河全长 397.5km，足木足水文站以上干流全长 367km，河道平均比降 4.97‰。色曲和杜柯河于雄拉汇合后为绰斯甲河，绰斯甲河干流全长 400.5km，平均比降 4.79‰，河谷呈 V 形。

按河道特征及降雨特性划分，双江口以上为大渡河河源地区，地貌主要为丘状高原；泸定以上为上游，属川西高地，主要为高原地貌；泸定至铜街子为中游，属川西南山地；铜街子以下为下游，属四川盆地丘陵区。河源至瓦尔达河段为宽浅形河谷，瓦尔达至双江口河段为 V 形河谷，双江口至乐山河段，除金川附近和石棉、汉源段较开阔外，其余均为峡谷形河道。其中双江口至铜街子河段，河床下切剧烈，河谷深狭，落差较大，水流湍急，是典型的山区河流。大渡河流域的水系组成见表 1-1。

表 1-1 大渡河流域主要支流

主干河道	大金川（大渡河上游）	大渡河（大金川以下）
支流	足木足河（支流阿柯河、玛柯河、梭磨河等）	热溪河等 3 条支流
	绰斯甲河（支流杜柯河、色曲、太阳河等）	折多河
	小金川	田湾河
	革什扎河	安顺河
	东谷河	南垭河
		流沙河
		尼日河
		官庙河

大渡河流域共跨 5 个纬度、4 个经度，地形、地势变化复杂，气候差异很大。上游属川西高原气候，海拔一般在 3000m 以上，年平均气温在 6℃ 以下，年平均降水量达 700mm 左右。高山峡谷地区海拔一般在 2800m 以下，年平均气温 6~12℃。金川、丹巴、泸定一带河谷较干燥，年平均气温 12~15℃，年降雨量 600~700mm。中下游属亚热带湿润区气候，四季分明，年平均气温一般为 13~18℃，年降雨量多在 1000mm 以上。中游西部及南部高地，年降雨量可达 1400~1700mm。大渡河属雨洪河流，其上游在春天有少量融雪补给。年径流主要集中在 5~10 月，占年水量的 79.3%~82%，7 月最丰，占年水量的 17.9%~19.6%。大渡河径流年际变化比较平稳，变动幅度小。

大渡河在大金川以上的泥沙来量较少，大金川以下随着流沙河、尼日河等含沙量较大的支流汇入，导致下游含沙量大增。全河泥沙主要来自丹巴以下的多雨区，特别是泸定县以下，植被较差，枯季干旱，蒸发量大，岩石风化强烈，人类活动频繁，水土流失严重，常有泥石流发生。其中丹巴至铜街子区间，年侵蚀模数高达 1080t/km²。干流各河段悬移质多年平均输沙量分别是：足木足站 210 万 t，大金站 424 万 t，泸定站 1084 万 t。由于已建水库具有一定的拦沙作用，大渡河口控制站福祿站的多年平均输沙量为 1850 万 t。

1.1.2 雅砻江流域概况

雅砻江是金沙江最大的一级支流，发源于巴颜喀拉山南麓，河源段位于青海省玉树藏族自治州称多县境内，自西北向南流至呷依寺进入四川境内，大抵由北向南流经四川甘孜、凉山两州，在攀枝花市的果堡汇入金沙江。干流全长 1571km，其中青海境内 196km，四川境内 1375km，流域面积约 12.8 万 km²。河口多年平均流量约 1890m³/s，年径流量约 600 亿 m³。甘孜以上为上游，上游地区地势较高，沿河多为草原宽谷，水流平缓，人烟稀少，居民多以牧业为主。甘孜一大河湾为中游，大河湾以下为下

游，中下游地区干支流多为高山峡谷，岸坡陡峭、水流湍急，沿河两岸人地稀少、交通闭塞。

雅砻江流域地处青藏高原东南部，介于金沙江和大渡河之间，南北跨越七个纬度，是我国西部横断山区的重要组成部分。流域北部河源地区为海拔 5000m 以上的高原，河流东西两侧均为海拔 4500m 以上的高山峻岭。河流下切强烈，自河源至河口高程由 5400m 下降至 980m，落差达 4420m，水能资源丰富。其径流由雨水、地下水和融雪（冰）组成，径流分布与降水分布趋势大致相同。

雅砻江流域属川西高原气候区，主要受高空西风环流和西南季风影响，干湿季分明，且在南北方向和垂直方向具有明显差异。11 月至次年 4 月为干季，5~10 月为雨季。流域内气温由北向南递增，北部干冷且少雨多风，多年平均气温 $-5\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，中部多年平均气温 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，南部干热，多年平均气温 $18\sim 21^{\circ}\text{C}$ ，河口一带接近亚热带气候。流域上中游地区多为森林覆盖，水土流失较轻，河流输沙量和含沙量较小。下游支流安宁河水土流失严重，河流输沙强度大。据实测资料，支流小金河、安宁河和干流洼里至小得石区间是雅砻江流域的主要产沙区，桐子林坝址处多年平均悬移质输沙量 4150 万 t，多年平均含沙量 $0.717\text{kg}/\text{m}^3$ ，中水年推移质年输沙量 75.3 万 t。

雅砻江支流众多，水系呈羽状分布，流域面积大于 100km^2 的支流有 290 条，其中面积大于 500km^2 的有 51 条，大于或接近 1万 km^2 的主要支流有理塘河、安宁河等。雅砻江流域水系组成见表 1-2。

表 1-2

雅砻江流域主要支流

河段	上游（甘孜以上）	中游（甘孜—大河湾）	下游（大河湾以下）
支流	洋涌（牙羊用沟）	麦曲	九龙河
	麻母河	霍曲	安宁河
	翁曲	热衣曲	乌木河

续表

河段	上游（甘孜以上）	中游（甘孜—大河湾）	下游（大河湾以下）
支流	各雍河	鲜水河 (支流泥曲、达曲、甲斯孔、拉曲)	
	玉曲	庆大河	
		霍曲河	
		吕曲	
		理塘河（支流卧龙河）	

1.2 调水方案

南水北调西线工程一期工程调水 80 亿 m^3 方案主要指标见表 1-3，调水工程路线布置如图 1-1 所示。

表 1-3 南水北调西线一期工程调水 80 亿 m^3 方案主要指标

序号	项目	单位	主要指标							
	坝址		热巴	阿安	仁达	洛若	珠安达	霍那	克柯	合计
1	调水河流		雅鲁江 干流	达曲	泥曲	色曲	杜柯河	玛柯河	阿柯河	
2	坝址年径流量	亿 m^3	60.72	10.31	11.49	4.12	14.45	11.08	6.06	118.2
3	多年平均 年调水量	亿 m^3	42	7	7.5	2.5	10	7.5	3.5	80
4	坝址高程	m	3527	3604	3598	3747	3539	3544	3474	—
5	死水位	m	3660	3640	3635	3758	3575	3570	3503	—
6	正常蓄水位	m	3707	3716.3	3703	3758	3634.2	3632.5	3503	—
7	死库容	亿 m^3	14.56	0.15	0.33	0.05	0.54	0.21	0.04	15.88
8	调节库容	亿 m^3	22.5	4.52	4.15	—	4.59	4	—	39.7
9	最大坝高	m	188	133	121	30	108	108	45	—

注 表中径流量数据由 1960 年 6 月至 2005 年 5 月径流系列得出。

1.2.1 大渡河调水方案

大渡河流域共规划了四个引水枢纽，即色曲的洛若引水枢纽、杜柯河的珠安达引水枢纽、玛柯河的霍那引水枢纽以及阿柯河的

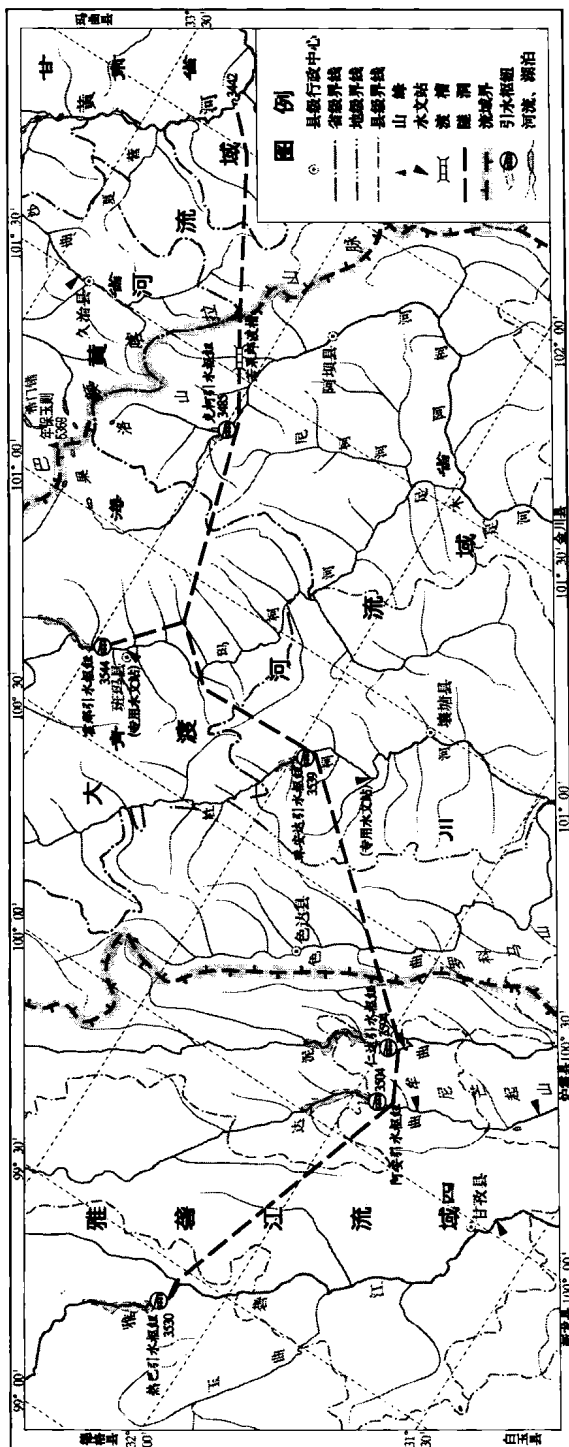


图 1-1 南水北调西线一期工程平面布置图

克柯引水枢纽，引水枢纽分布如图 1-2 所示。

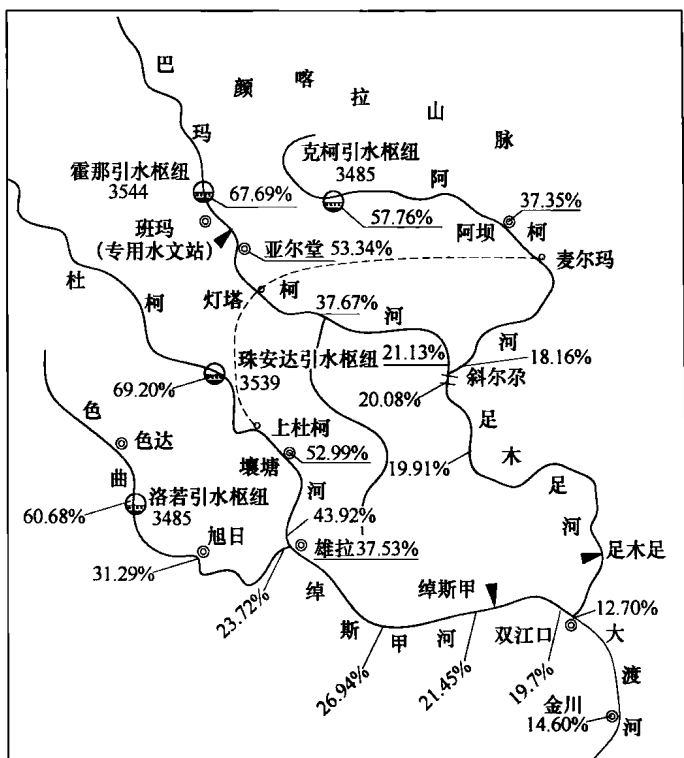


图 1-2 大渡河引水枢纽分布与沿程调水系数

洛若引水枢纽处的多年平均径流量为 4.12 亿 m^3 ，规划调水量 2.5 亿 m^3 ，占多年平均径流量的 60.68%；珠安达引水枢纽处多年平均径流量为 14.45 亿 m^3 ，规划调水量 10 亿 m^3 ，占多年平均径流量的 69.20%；霍那引水枢纽处多年平均径流量为 11.08 亿 m^3 ，规划调水量 7.5 亿 m^3 ，占多年平均径流量的 67.69%；克柯引水枢纽处多年平均径流量为 6.06 亿 m^3 ，规划调水量 3.5 亿 m^3 ，占多年平均径流量的 57.76%，规划从大渡河流域调水共 23.5 亿 m^3 。

1.2.2 雅砻江调水方案

雅砻江流域规划有 3 个引水枢纽：干流的热巴引水枢纽、达

1.2 调水方案

曲的阿安引水枢纽和泥曲的仁达引水枢纽，引水枢纽分布如图 1-3 所示。

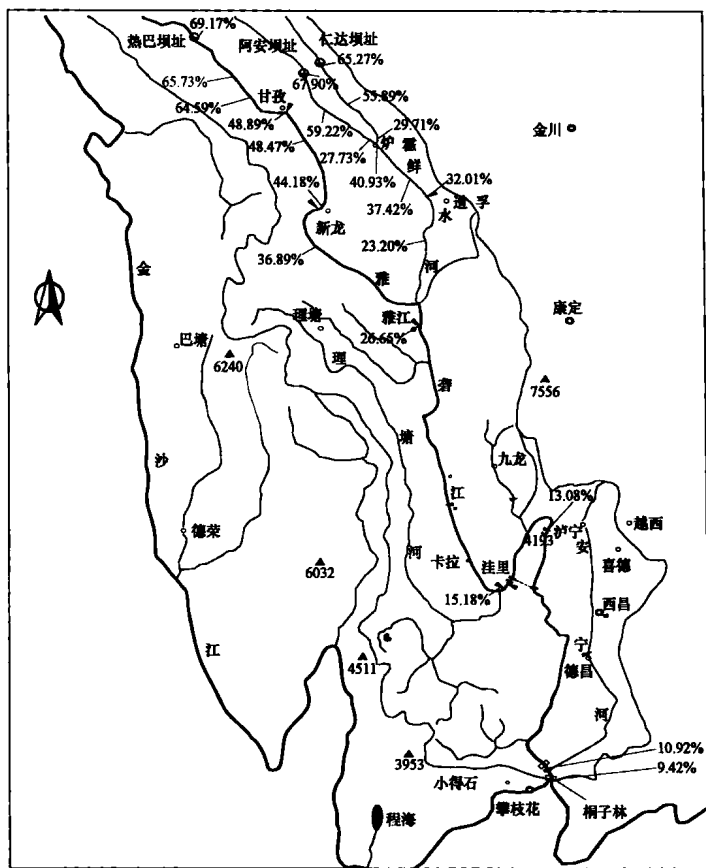


图 1-3 雅砻江引水枢纽分布与沿程调水系数

热巴引水枢纽处的多年平均径流量为 60.72 亿 m^3 ，规划调水量 42 亿 m^3 ，占多年平均年径流量的 69.17%；阿安引水枢纽处多年平均年径流量为 10.31 亿 m^3 ，规划调水量 7 亿 m^3 ，占多年平均年径流量的 67.90%；仁达引水枢纽处的多年平均年径流量为 11.49 亿 m^3 ，规划调水量 7.5 亿 m^3 ，占多年平均年径流量的 65.27%，规划从雅砻江流域调水共 56.5 亿 m^3 。

1.3 沿程调水系数

各调水河流引水枢纽下游支流较多,根据黄河勘测规划设计有限公司的相关研究^[1],对规划的七处坝址而言,在距离坝址下游14km即有较大支流汇入,距离坝址10km左右,水量汇入为0.5亿~5亿 m^3 ,相当于调水前坝址处径流量的5%~15%;距坝址下游30km左右水量汇入为1亿~7亿 m^3 ,相当于调水前坝址处径流量的10%~15%;距坝址下游50km左右,水量汇入为2亿~15亿 m^3 ,相当于调水前坝址处径流量的20%~70%。以克柯坝址为例^[1],调水后坝址处流量为2.56亿 m^3 ,从坝址到下游9.5km的沃央沟口沿程增加水量0.62亿 m^3 ,到下游21.5km的若果郎沟口,新增加水量1.68亿 m^3 ,到下游26km的克尔柯克沟口,新增加水量2.19亿 m^3 。

为了解调水量占年径流量比例的沿程变化,引入断面调水系数的概念,定义断面调水系数为该断面以上的总调水量与断面处年均径流量的比值,即

$$D_w = \frac{\sum \text{断面以上调水量}}{\text{断面处年均径流量}} \quad (1-1)$$

通过式(1-1)可以计算调水河流控制断面处的调水系数,从而了解调水系数的沿程变化。

大渡河流域调水系数 D_w 的沿程分布见表1-4,大渡河河口处的调水系数为4.95%。将表1-4中的断面用距坝址距离代替,得到表1-5。根据表1-5可绘制大渡河流域调水系数沿程分布曲线,如图1-4所示。雅砻江流域调水系数 D_w 的沿程分布见表1-6,雅砻江河口处的调水系数为9.42%。同样地,用距坝址距离代替表1-6中的断面,得到表1-7,调水系数沿程分布曲线如图1-5所示。

由于各坝址距河口的距离不一样,为清晰地表达调水系数的沿程变化,图1-4和图1-5中以控制断面距河口的距离为横坐标,并采用逆序坐标。

表 1-4 大渡河流域调水系数沿程变化

引水枢纽	洛 若		珠 安 达			霍 那			克 柯		
	色 达 县		壤 塘 县			班 玛 县			阿 坝 县		
控制断面	年径流量 (亿 m ³)	调水系数 (%)	控制断面	年径流量 (亿 m ³)	调水系数 (%)	控制断面	年径流量 (亿 m ³)	调水系数 (%)	控制断面	年径流量 (亿 m ³)	调水系数 (%)
坝址处	4.12	60.68	坝址	14.45	69.20	坝址	11.08	67.69	坝址	6.06	57.76
旭日断面	7.99	31.29	壤塘县城	18.87	52.99	亚尔堂	14.06	53.34	阿坝县城	9.37	37.35
色曲汇口	10.54	23.72	壤塘、色达县界	22.77	43.92	青海、四川界	19.91	37.67	阿柯河汇口	19.27	18.16
雄拉	33.31		37.53%			玛柯河汇口	35.5	21.13			
壤塘、金川县界	46.4		26.94%			斜尔杂	54.77		20.08%		
绰斯甲河与马尔康县界	58.28		21.45%			阿坝、马尔康县界	55.26		19.91%		
绰斯甲河汇口	63.45		19.70%			足木足河汇口	86.61		12.70%		
金川断面	160.96					14.60%					
泸定水文站	277.78					8.46%					
锦街子断面	460.78					5.10%					
大渡河口	474.75					4.95%					