

南水北调中线 大宁河补水工程区 区域地质与地质灾害

陈立德 陈州丰 邵长生 李旭兵 著

2.427.19
0



中国地质大学出版社

南水北调中线大宁河补水工程区 区域地质与地质灾害

陈立德 陈州丰 邵长生 李旭兵 著

中国地质大学出版社

内 容 提 要

南水北调中线大宁河补水工程区区域地质与地质灾害是在“大宁河流域环境工程地质调查评价”项目成果基础上完成的。书中介绍了测区区域地质条件及崩滑流等地质灾害的发育状况和基本特征,对拟建剪刀峡水库库尾发现的白鹿泥石流沟进行了初步的论述;对大宁河、堵河流域引水线路区岸坡稳定性进行了分段评价。分析了区域地质构造、新构造运动和活动断裂对引水路线工程的影响,认为位于引水线路区天然河道段的活动性青峰断裂对引水工程的影响有限。

本书在初步评价大宁河补水工程东线和西线各方案工程地质条件的基础上,认为一级泵站大昌八角丘取水口场址工程地质条件较好;在比较檀木与神基坪站址环境工程地质条件的基础上,提出了檀木较神基坪更适宜做西线方案剪刀峡水库库尾二级取水口的新认识。西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案自大昌八角丘至剪刀峡隧址区地表岩溶发育,岩溶滴水、涌泥是该隧洞段关键性工程地质问题;檀木至茅草坡深埋长隧洞存在高地应力至软岩流变、长隧洞局部高压滴水、局部岩溶滴水、近河断裂接触性岩溶滴水等工程地质问题。

西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案在控制性越岭隧洞长度及其可实现最短单洞长度、隧洞埋深、不稳定岩体洞段长度等方面具有一定优势。

本书适合从事相关工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

南水北调中线大宁河补水工程区区域地质与地质灾害/陈立德,陈州丰,邵长生,李旭兵著.
—武汉:中国地质大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-5625-2270-6

I. 南…

II. ①陈…②陈…③邵…④李…

III. 南水北调-水利工程-区域地质-研究-三峡;南水北调-水利工程-地质灾害-研究-三峡

IV. P642.427.19;P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 112242 号

南水北调中线大宁河补水工程区区域地质与地质灾害

陈立德 陈州丰 邵长生 李旭兵 著

责任编辑:张晓红

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cug.cn

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:220 千字 印张:8.625 图版:18 插页 3

版次:2008 年 7 月第 1 版

印次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-2270-6

定价:25.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

南水北调中线工程已经实施。按工程总体规划,中线工程将从丹江口水库调水。受丹江口水库库容和上游来水量的限制,远期调水量将不足以满足丹江口下游汉江沿线及南水北调工程沿线地区的用水需要,届时将从长江三峡水库或以下的长江干流引(补)水增加调水量。

中国地质调查局本着为国家重点工程提供前期服务的指导思想,安排开县小江引江济渭、大宁河引江济汉和香溪河引江济汉方案三条补水路线环境工程地质调查。大宁河环境工程地质调查评价属于这一总体工作部署下的一个工作项目。本书是在总结该项目成果的基础上完成的。

在项目实施和报告编制过程中,中国地质调查局水环部殷跃平研究员、张作辰研究员给予了密切关注。宜昌地质矿产研究所各相关部门也给予关心和大力支持,彭轩明研究员、潘仲芳高级工程师、鄢道平研究员、何龙清研究员、金维群高级工程师、胡光明高级工程师对项目的实施均十分关注,并多次深入现场指导检查工作。在对引水线路工程地质条件的调查和评价过程中,得到了“长江中游环境工程地质调查”计划项目的支持,期间还得到长江水利委员会徐瑞春高级工程师、孙云志高级工程师、中国水利水电科学研究院陈祖煜研究员等人的帮助。湖北省地勘局程伯禹高级工程师、陈国金高级工程师对项目的调查和评价工作提出了许多宝贵的建议。此外,霍志涛工程师协助本项目完成了数据库建设,崔放研究员协助完成了卫星遥感数据处理工作,王丽娟、李丽协助完成了有关图件的清绘工作,陈州丰完成了所有插图的最终修改清绘及定稿工作。项目实施过程中还得到巫溪县和竹山县政府相关部门的大力支持。对上述各部门、各位专家、领导、工作人员对项目的关注、支持及所付出的辛勤劳动,项目组在此一并致以谢意。

由于野外工作时间仓促调查区域广袤,需厘清的问题众多,知识面和专业面牵涉广,加之著者水平有限,拙作难免挂一漏万,谬误之处谨请批评指正。

著 者

2007 年 12 月

目 录

1 绪 言	(1)
2 区域地理与地质概况	(4)
2.1 气象水文	(4)
2.2 地形地貌	(4)
2.2.1 概述	(4)
2.2.2 大宁河流域地貌类型及其特征	(5)
2.2.3 堵河流域地貌类型及其特征	(6)
2.2.4 大宁河—堵河流域河谷地貌	(7)
2.3 地层岩性	(8)
2.4 区域地质构造	(12)
2.4.1 大宁河补水工程区分水岭及以南台地褶皱带	(12)
2.4.2 补水工程区分水岭以北台地褶皱带	(21)
2.4.3 补水工程区青峰断裂以北南秦岭褶皱带	(25)
2.5 新构造运动及地震	(25)
2.5.1 新构造运动的表现	(25)
2.5.2 地貌发育史及地壳变形	(27)
2.5.3 地震	(28)
2.6 水文地质及岩溶	(29)
2.6.1 地下水类型及富水性	(29)
2.6.2 地下水生成和运移规律	(29)
2.6.3 补水工程区主要岩溶形态简述	(31)
2.6.4 岩溶发育规律	(33)
2.6.5 岩溶发育强度分区	(36)
2.6.6 岩溶含水层划分	(36)
2.6.7 补水工程区各区段典型岩溶发育状况	(37)
2.6.8 隧址区主要岩溶问题综述	(39)
2.7 岩体工程地质性质及工程地质岩组划分	(39)
2.7.1 围岩物理力学性质分析	(39)
2.7.2 工程地质岩组划分	(40)

3 区域环境工程地质问题与地质灾害	(43)
3.1 大宁河流域环境工程地质基本概况	(43)
3.1.1 大宁河流域上游巫溪至白鹿段崩滑流发育的基本状况	(43)
3.1.2 巫溪县城附近高陡危岩崩塌发育状况	(43)
3.1.3 大宁河流域崩滑流发育的基本规律	(43)
3.2 堵河流域地质灾害发育状况及基本规律	(44)
3.2.1 堵河流域上游竹山以南地质灾害发育状况	(45)
3.2.2 堵河流域下游竹山以北黄龙滩库区地质灾害发育状况	(45)
3.2.3 堵河流域地质灾害发育规律	(47)
3.3 典型地质灾害体	(50)
3.3.1 白鹿泥石流	(50)
3.3.2 老屋场滑坡	(56)
3.3.3 兰英乡崩塌	(58)
3.3.4 岩溶塌陷	(59)
3.3.5 水土流失	(60)
3.4 “双溪堆积体”探讨	(60)
3.4.1 “双溪堆积体”的分布特征	(60)
3.4.2 “双溪堆积体”成分结构特征	(60)
3.4.3 “双溪堆积体”的成因	(61)
3.4.4 “双溪堆积体”的稳定性	(61)
4 大宁河—堵河流域岸坡稳定性评价	(62)
4.1 大宁河流域岸坡稳定性评价	(62)
4.1.1 岸坡稳定性划分标准	(62)
4.1.2 库岸稳定性分段评价	(62)
4.2 堵河流域岸坡稳定性评价	(68)
4.2.1 堵河流域竹山以上岸坡稳定性评价	(68)
4.2.2 黄龙滩库区岸坡稳定性评价	(77)
5 大宁河补水工程环境工程地质条件	(78)
5.1 大昌取水口场址环境工程地质条件评价	(78)
5.1.1 七里桥站址工程地质条件及评价	(80)
5.1.2 关门崖站址工程地质条件及评价	(81)
5.1.3 八角丘场址工程地质条件及评价	(83)
5.1.4 大昌取水口场址方案比选与综合评价	(86)
5.2 西线方案二级泵站环境工程地质条件及评价	(87)
5.2.1 檀木站址	(87)
5.2.2 神基坪站址	(89)
5.2.3 西线方案二级泵站檀木与神基坪站址方案比选	(92)

5.3	四个槽—椿树坪段环境工程地质条件评价·····	(93)
5.3.1	环境工程地质条件·····	(93)
5.3.2	工程地质条件及问题评价·····	(94)
5.4	西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案环境工程地质条件评价·····	(95)
5.4.1	椿树坪—剪刀峡隧址区工程地质条件评价·····	(95)
5.4.2	西线剪刀峡方案越岭隧洞工程地质条件评价·····	(100)
5.4.3	西线方案剪刀峡水库环境工程地质条件及评价·····	(106)
5.5	东线方案引水线路环境工程地质条件评价·····	(110)
5.5.1	东线龙背湾方案椿树坪二级泵站环境工程地质条件评价·····	(110)
5.5.2	东线方案椿树坪至兰英乡段工程地质条件·····	(112)
5.5.3	东线龙背湾方案越岭隧洞段工程地质条件及评价·····	(114)
5.5.4	东线松树岭方案越岭隧洞段工程地质问题评价·····	(118)
5.6	大宁河补水工程东西线方案环境工程地质条件对比及非地质因素探讨·····	(119)
6	结论及建议·····	(121)
6.1	结论·····	(121)
6.2	建议·····	(126)
后 记	·····	(128)
参考文献	·····	(129)
图 版		

1 绪 言

历经数十年的讨论研究,南水北调中线工程已经破土动工,先期进行的主体工程是丹江口水库大坝加高及其下游进京引水线路工程。然而,据有关推测,随着社会和国民经济的快速发展,到 2018 年,丹江口水库的水量将不足以保证南水北调工程沿线及汉江中下游地区的用水需要。随着南水北调工程的正式上马,为丹江口水库解决补充水源的工作近年就越发显得重要,并逐步形成了“近期引汉、远期引江”的认识。

在关于“远期引江”补水工程的各种讨论中,大宁河补水方案备受各方关注。

南水北调大宁河补水工程区涉及长江支流大宁河中上游和汉江支流堵河流域。在行政区划上,大宁河流域中上游辖属重庆市巫溪县和巫山县,堵河流域辖属湖北省十堰市竹山县、竹溪县、茅箭区、郧县、郧西县、房县以及神农架林区,地理范围坐标为:北纬 $31^{\circ}16' \sim 32^{\circ}45'$,东经 $109^{\circ}25' \sim 110^{\circ}36'$ (图 1-1)。

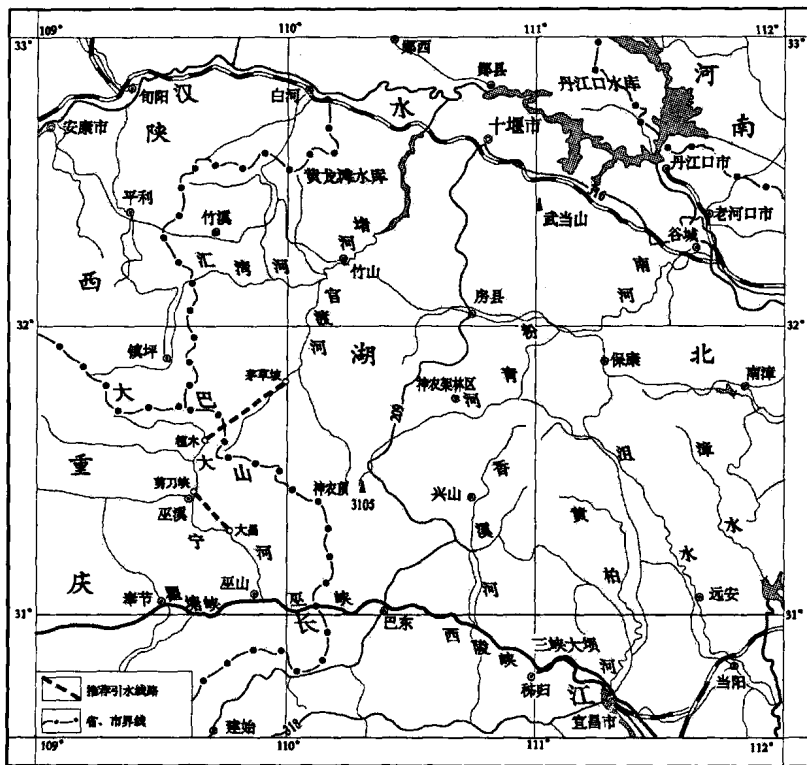


图 1-1 大宁河补水工程线路区交通位置图

三峡工程蓄水达到 135m 高程后,大昌以下形成了 20km^2 的内湖,而蓄水至 175m 高程后,内湖面积将增加到 40km^2 ,大宁河中下游大部分河段将具备通航和向上游逆向输水的条件。

考虑到大宁河引水方案具有一定的有利条件,有专家建议将南水北调中线补水工程的长江取水点定在大宁河,其中将取水口选择在中游大昌镇为各方所看好,并对此做了大量的论证工作。

黄伯明等(1999)提出了关于从三峡水库引水至黄河的新建议,设想自大宁河提三峡库水,穿越大巴山、入官渡河、堵河至丹江口水库。谷兆祺、马吉明(2002,2004)提出了将大宁河补水工程与抽水蓄能发电相结合的大宁河二级提水设想,指出了大宁河补水工程建设的新思路,引起广泛关注;随后中南电力勘测设计研究院、湖北省水利水电科学研究所分别从水能利用和工程建设方面做了初步的可行性规划论证。这样就逐步形成了大宁河补水方案的认识。

大宁河二级提水补水方案的基本构想为:取水口设于大宁河下游大昌镇,将大宁河水提扬后,经跨流域输水隧洞,引调至汉江支流堵河上游拟建的龙背湾水库,或者松树岭水库,再经潘口水库、小漩水库、黄龙滩水库等堵河梯级水库后,顺汉江注入丹江口水库。设想大致分东线西线共4个方案,各方案基本工程布置如下。

1. 东线龙背湾方案

方案的取水口设于大昌,出水口设于龙背湾水库库尾茅草坡。大昌八角丘一级泵站将大宁河水提扬至四个槽,达到420m高程,常家湾二级泵站,再次提水至582m,经椿树坪—兰英乡—茅草坡长隧洞,进入堵河支流官渡河上游的龙背湾水库库尾,茅草坡出水口高程530m。该方案引水建筑物总长55.6km。中南勘测设计研究院在《三峡水库补水工程规划研究报告》里的方案是自椿树坪沿杨溪河修建约18km的明渠,再进入越岭长隧洞。

2. 东线松树岭方案

方案的取水口设于大昌,出水口设于松树岭水库库尾七里沟。八角丘的泵站将大宁河水提至四个槽,达到468m高程,经短隧洞、明槽、明渠、旱渡槽、渡槽,在椿树坪自流进洞,经椿树坪—兰英乡—七里沟长隧洞,进入堵河支流官渡河上游的松树岭水库库尾,七里沟出水口高程394m。该方案引水建筑长74.8km。

3. 西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案

方案由大昌取水口、四个槽—椿树坪—剪刀峡隧洞、剪刀峡水库、檀木取水口、檀木至茅草坡隧洞构成。八角丘的泵站将大宁河水提至四个槽,达到385m高程,经四个槽—椿树坪—剪刀峡隧洞,将三峡水库的水调至大宁河上游的剪刀峡水库,剪刀峡水库水位360m。在剪刀峡水库库尾檀木经二级泵站提水达到566m,经檀木—茅草坡长隧洞,进入堵河支流官渡河上游的龙背湾水库库尾,茅草坡出水口高程530m。该方案引水建筑长共60.8km。该方案系笔者依据野外调查提出的将二级取水口设置在剪刀峡水库库尾檀木后,将原西线剪刀峡(神基坪—茅草坡)方案调整后形成的。

4. 西线剪刀峡(神基坪—茅草坡)方案

此方案与西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案的区别在于将二级取水口选择在剪刀峡水库库尾的神基坪,在剪刀峡水库库尾神基坪经二级泵站提水达到565m,经神基坪—茅草坡长隧洞,进入堵河支流官渡河上游的龙背湾水库库尾。该方案引水建筑长59.3km。

各方案提水泵站、引水线路、出水口基本结构如图1-2所示。

各方案规模参数见表1-1。

表 1-1 大宁河补水方案规模参数表

项 目	东线 龙背湾方案	东线 松树岭方案	西线剪刀峡方案			
			神基坪—茅草坡方案		檀木—茅草坡方案	
抽水泵站	大昌	大昌	大昌	神基坪	大昌	檀木
最大抽水流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	430	450	380	380	380	380
输水隧洞底宽/m	10	10	10	10	10	10
输水隧洞底深/m	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
输水隧洞长度/km	34	51	18	33	24.9	35.9
输水隧洞纵坡降/%	1.16	1.26	0.91	0.98	0.90	0.90
泵站前池最高水位/m	173	173	173	360	173	360
泵站前池最低水位/m	143	143	143	335	143	335
隧洞出水口高程/m	530	350	355	530	355	530
隧洞进水口高程/m	569.4	418.3	371.3	559.9	377.3	561.9
输水明渠长度/km	18.0	20.0	6.1	0.0	0.0	0.0
输水明渠纵坡降/%	1.0	1.0	1.0	/	/	/
最大扬程/m	462.2	313.1	252.2	242.9	252.2	244.9
最小扬程/m	417.2	268.1	207.2	202.2	207.2	204.2
泵站装机容量/ $\times 10^4 \text{kW}$	220	150	100	100	100	100
机组台数/台	8	6	4	4	4	4
单机容量/ $\times 10^4 \text{kW}$	27.5	25	25	25	25	25
泵站出水口高程/m	587	438	377	552	377	552

1. 本表据《南水北调中线三峡水库(大宁河方案)补水工程规划研究报告》(中南电力勘测设计研究院, 2004)、《南水北调中线工程远期补水大宁河方案研究报告》(湖北省水利水电科学研究所, 2005)编制;
2. 西线剪刀峡(檀木—茅草坡)方案系笔者等提出, 该方案的规模参数参考其他规划研究方案。
3. 由于工程仅停留在规划论证阶段, 我方研究的线路侧重于地质条件的可行性, 比选的几个方案线路布局与前人方案略有不同, 故后文方案线路长度与本表略有出入, 不影响宏观论证。

2 区域地理与地质概况

2.1 气象水文

全区位于中纬度地区,处于我国南部亚热带与北部暖温带的过渡地带,基本属于亚热带季风气候,即春天天气多变,夏季湿热,秋季高爽,冬季干冷,具显著的垂直分带性和水平分带性,年平均气温随海拔的升高而降低。补水工程区年平均气温 $4.8\sim 12.5^{\circ}\text{C}$,无霜期 200d 左右。年降雨量在 $800\sim 1\,500\text{mm}$ 之间,七八月份为雨季,降雨量约占全年的 40%。森林覆盖率达 50%以上。

区内水系分属长江和汉江支流,河流有大宁河及其支流杨溪河、西溪河、东溪河,堵河及其支流官渡河、九道梁河及公祖河等。

大宁河流域属亚热带暖湿季风区,受秦岭和大巴山影响,流域内气候温和湿润,全流域多年平均降雨量为 $1\,097.6\text{mm}$ 。根据巫溪县气象站资料统计,近区多年平均气温 17.9°C ,气温随地面高程变化较大。流域内雨量充足,尤其巫溪以上流域多年平均年降雨量为 $1\,333\text{mm}$ 。

堵河流域属于北亚热带湿润性气候,受季风环流影响,气候交替明显。与同纬度相比,具有冬无严寒、夏无酷暑、云多雾大、日照较少、雨量充沛、风力较小等特征。由于北有秦岭为屏障,南又与巴山相隔,这样既有利于东南季风的深入,又可削弱北方冷空气的侵袭。因此区内四季分明,光热资源丰富,雨热同步,空气湿润。春季增温快,冷暖多变;夏季气温高,降水集中;秋季降温迅速,多有阴雨;冬季降水少。区内潮湿多雨,多年平均降雨量为 905.2mm 。

2.2 地形地貌

2.2.1 概述

大宁河补水工程区位于大巴山南北两侧,北面为武当山脉,南面接巫山山脉,东部与神农架接壤,全区为山岳地带,山脉走向与构造线大体一致。补水工程区内分水岭沿五尺沟—双王庙垭子一线分布,分水岭以南为大宁河流域,以北为堵河流域,均属长江水系。区内山高谷深,地貌以中山为骨架,分水岭一带最高海拔为 $2\,740\text{m}$ 。整体地势以分水岭为中心,向大宁河流域及堵河流域逐渐降低,呈现中间高、两端低的地貌特征。区内河流众多,大宁河、堵河是区内主要的水系。

大宁河流域地处四川盆地东南缘,大巴山、巫山和荆山山脉的接合部,地貌组合差异大,东部和北部靠大巴山、武陵山两座山脉,西北部和中部以丘陵、低山为主。大宁河全长 250km ,流域面积 $4\,180.87\text{km}^2$,是长江三峡段第一大支流;其中,巫山县境内主河道长 54.9km ,天然落差 90.7m ,平均比降 1.6% ,多年平均流量 $98.4\text{m}^3/\text{s}$;巫溪县境内主河道长 29.5km ,天然落差 54m ,平均比降 1.83% ,多年平均流量 $65.24\text{m}^3/\text{s}$ 。

大宁河流域中上游段位于南大巴山弧形构造挤压带,由一系列近 EW 向紧密线形褶皱和

冲断裂群组成。本区自印支运动褶皱隆起,四川运动进一步强烈挤压,造成今天的地貌骨架,水系亦随之产生。在弧形构造顶端因张裂隙发育而形成了区域主干河谷——大宁河。其地形地貌特征受区域地质构造和岩性的控制,地貌单元以构造—溶蚀(侵蚀)和溶蚀—构造为主,山势陡峻、河谷深切,峰丛林立。挽近期地壳间歇性的强烈上升,使大宁河流域地貌景观颇具特色,总体切割强烈,崇山峻岭连绵不断,悬崖峡谷到处可见,地形高低悬殊,地貌结构比较复杂。主要呈现出三个特点:一是地势起伏大,层状地貌分明。最高处大巴山的川鄂岭海拔 2 740m,大多为海拔 1 500m 以上的山地;由于地貌发育的阶段差异和新构造运动间歇性大面积抬升,形成多级层状地貌。二是地貌类型多样,以山地为主。北部为大巴山山区,东部、东南部和南部则属巫山、大娄山山区。三是喀斯特地貌分布广泛,发育典型的石林、峰林、洼地、残丘、落水洞、溶洞、暗河、峡谷等喀斯特景观。

此外,区内复杂的地质构造、地层岩性都对地貌具有明显的控制作用,这使大宁河流域山高谷深的地貌更趋复杂。在区域主体褶皱隆升的基础上,局部地形倒置,背斜成谷,向斜成山,如四个槽、橙子岩、兰英乡等处为向斜山,而三汭溪、兰英乡、双阳等处则为背斜谷。

堵河流域位于鄂西北地区,系汉江中上游南岸的一大支流,发源于大巴山。堵河上游自泗河口开始分为两支,西支系干流称泗河,南支称官渡河。泗河流域面积为 4 848km²,河流长约 270km,其中陕西段为高山深谷,河床陡峻,平均比降为 7.2‰;湖北段河流弯曲,河床开阔,支流密布,平均比降为 3.9‰。官渡河流域面积为 2 961km²,河长约 120km,除 13km 长的驷头峡河段两岸悬崖陡壁,河谷窄深外,其余河床开阔,河流曲折,平均比降为 4.7‰。官渡河上溯至白河口又分为东西两支,东支为干流,称九道梁河,西支为公祖河。自公祖河茅草坡以下至黄龙滩水库,均为调水工程可以利用的天然河道。

堵河上游西南面被大巴山环抱,与大宁河为邻,东南位于大神农架北坡,与南河相隔,下游有武当山横卧其间。整个地势西南高,北东低。流域平均高程约 1 055m,上游西、南两源的分水岭平均高程 2 152m。

堵河上游展布青峰和田家—安康两条大断裂带,干流泗河流经南秦岭加里东褶皱带;官渡河流经扬子准地台。流域为构造剥蚀中低山区,河谷两岸以侵蚀堆积作用为主,谷深 300~600m,谷底基岩裸露。官渡河下游出露的岩石主要为古老的石英绢云母片岩、浅变质千枚岩、板岩等,河谷展布与岩层走向多呈直交或斜交。

2.2.2 大宁河流域地貌类型及其特征

根据地貌的成因、形态组合特征、绝对标高及相对切割深度,将本区地貌成因类型及形态划分为如下三种地貌区。

1. 构造—溶蚀(侵蚀)中山地貌区

分布于补水工程区的中部和南部,山顶高程一般 1 000~1 500m,相对高差达 500~800m;临近大宁河—堵河分水岭一带部分山峰高达 2 700m,相对高差达到 1 000~1 300m。本地貌区多为纯碳酸盐岩出露区,山体总体近东西走向,与区域构造线方向大体平行。大宁河、杨溪河横切构造线,因而河谷多为横向谷或斜向谷。全区岩溶普遍较发育,各种岩溶地貌形态,如峰丛洼地、岩溶槽谷(图版 I-1)和漏斗、落水洞、暗河、伏流、干谷、盲谷、悬谷等发育,为典型的构造—溶蚀地貌。在巫溪县兰英乡天子坡一带,岩溶发育,高程在 1 500m 左右的溶洞普遍可见(图版 I-2)。

2. 溶蚀—构造中山、低山地貌区

主要分布于大宁河流域北部和南部的大昌至龙溪镇一带,山顶高程一般 500~1 000m,相对高差达 300~500m;部分山峰高达 1 700m,相对高差达到 500~800m。该地貌区碳酸盐岩和碎屑岩地层相间分布,因此明显表现为岭谷相间的垄岗地貌,可溶岩岩溶中等发育,经溶蚀后成为谷地,而碎屑岩组成垄岗,其走向与构造线一致。这类地貌在大宁河流域分布局限。

3. 侵蚀堆积低山、丘陵地貌区

山顶高程一般 300~500m,相对高差 100~300m,多临近大宁河河谷地带分布,发育多级夷平面或阶地残留体;部分山峰高达 700m,相对高差 300~500m。大宁河两岸由于崩滑流等地质灾害发育,尤其是以泥石流堆积体规模巨大,形成各种泥石流堆积体。其中,历史泥石流堆积体甚至有一定程度的胶结而形成坚硬的砾岩——“双溪堆积体”。此外,见有二级阶地(图版 I-3~图版 I-4)零星分布于大宁河谷,主要在大昌镇附近。

2.2.3 堵河流域地貌类型及其特征

堵河流域山体宏伟高大,峰峦叠嶂,危石嶙峋,沟谷深切,森林茂密,高程各自逐渐向河谷降低。南部大巴山一带为高山区,地势较高,高程一般为 1 800~2 400m,最高海拔为 2 370.9m(位于黄龙山尖西 1 500m,黄龙山尖海拔为 2 341.0m)。北部均为低中山区,高程 700~1 200m,最高 1 825.7m(沧浪山),属于武当山脉和大巴山脉。

区内地形地貌受构造及岩性控制。堵河流域自元古宙以来,一直处于缓慢的上升阶段,长期遭受剥蚀,形成低中山丘陵和低中山地形。河流两岸以侵蚀堆积作用为主,形成一、二级堆积阶地和三、四级侵蚀堆积阶地。根据地貌的成因和形态的不同,把堵河流域划分为以下六个地貌区。

1. 构造侵蚀低中山地貌

位于补水工程区的南部大巴山山脉以北至青峰断裂以南地区,由古生界和中生界的碳酸盐岩、碎屑岩夹碳酸盐岩及碎屑岩等组成,主要出露古生界寒武系地层。山脉呈北东—北东—东西向展布,高程 700~1 500m,切割深度 350~500m。山顶多尖顶状,脊线呈锯齿状,起伏较大,山体较陡。局部为悬崖峭壁(图版 I-5)。河流发育,河谷狭窄,呈“V”字形。

大部分碳酸盐岩地层分布区都发育有落水洞、暗河(图片 I-6)、伏流、干谷、盲谷、悬谷等。这些地区,谷底基岩裸露,沟谷边坡地段可见少量的溶洞、溶沟等溶蚀现象。碎屑岩夹碳酸盐岩组成的地层中,岩溶不发育。在这些地区由于碎屑岩受到侵蚀、风化,常常会出现一些负地形地貌特征。

2. 构造剥蚀中山地貌区

位于青峰断裂以北至黄龙滩及堵河下游地区。由浅变质岩和岩浆岩组成,山脉多呈长垣状,走向基本与构造线延伸方向一致。高程 900~1 500m,最高达 1 825.7m(沧浪山)。河床切割深度 300~550m,沟谷和河流发育,河谷狭窄,呈“V”字形。谷底基岩裸露,沿层面裂隙及软弱夹层易产生崩塌,形成陡壁;坡麓地带,堆积着厚度不等的残坡积物,并赋存少量孔隙水。

3. 构造剥蚀低山丘陵地貌区

主要分布于补水工程区的最北端,即黄龙滩水库以北地区,由浅变质岩组成。山脉呈北西向,并向两边延伸。山体高程一般在 300~500m 之间,河床切割深度在 100~200m 之间。山脊相对较开阔,山顶一般呈浑圆状。坡角较小,约 20°,沟谷和河流发育,河谷宽而浅,呈“U”字形谷(图版 II-1)。

4. 构造侵蚀剥蚀低山地貌区

分布于堵河流域中部竹山县城一带。由于受北西向断裂的制约,形成天然廊道式地形。山脉主要由浅变质岩、浅变质岩夹碳酸盐岩和岩浆岩组成,高程500~1 000m,切割深度250~500m。山脉走向与构造线方向一致,山脊多呈长垣状,坡角 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。沟谷发育,多呈“V”字形谷,谷底基岩裸露(图版II-2)。

5. 侵蚀—堆积低山丘陵地貌区

分布于补水工程区堵河河流两岸,沿河两侧展布有一、二、三、四级阶地。

(1)一、二级阶地、漫滩:零星分布于补水工程区河流两岸,由第四系全新统亚黏土、亚砂土和砂卵石等组成,依附河流呈带状分布,高程分别为420~430m。二级阶地分布位置与一级阶地基本相同,呈不连续的带状分布,由上更新统黏土、亚黏土、细粉砂和砂卵石等组成。阶面起伏,宽100~1 200m,高出当地河床13~37m(图版II-3,图版II-4)。

(2)三、四级阶地:零星分布于堵河、马栏河两岸。马栏河三级阶地,阶面高程470~480m,高出当地河床50~60m,堵河三级阶地高程340~350m,高出当地河床80~90m;由中更新统黏土、砂卵石组成。四级阶地仅零星分布于堵河两岸的残丘上,高程370~380m,由下更新统砂砾石组成,高出当地河床120~130m。

6. 剥夷面

主要分布在黄龙滩至汉水一带的堵河两侧,该面保留较完整,高程在250~500m之间。为变质岩组成的剥蚀丘陵地貌形态。该地区为四级剥夷面,与三级剥夷面分界不明显。

2.2.4 大宁河—堵河流域河谷地貌

大宁河流域与堵河流域的河谷地貌形态主要受侵蚀切割强度、地质构造和岩性的控制,呈现束放相间的河谷形态。在泥岩、砂岩与泥岩互层,泥质灰岩与泥岩夹少量砂岩互层地区的河段多呈宽谷;在碳酸盐岩层、坚硬砂岩地区的河段多呈深切的“V”字形峡谷。纵向和斜向河段的河谷两岸一般不对称;横向河段和岩层平缓的河段河谷两岸大体对称。

1. 宽谷段

大宁河流域宽谷段主要在大昌—龙溪镇。由三叠系巴东组二段和三段的泥质灰岩、泥岩夹少量砂岩互层组成。主要为横向谷和岩层平缓的河段,河谷两岸较对称。河谷形态受岩性控制,呈“U”字形宽谷形态。三峡水库蓄水后,此段河谷江面宽300~1 000m。大昌八角丘一带河床高程约120m,往上游3.5km至七里桥,河床高程升至130m,河床比降为3‰。再往上游20km到巫山县龙溪镇,河床高程升至155m,河床比降为1.2‰。在大昌镇一带,沿大宁河两岸有不连续的I~II级的阶地。巫溪县双溪一带也为宽谷段,河谷由志留系砂岩,粉砂质泥岩等软岩构成,主要为横向谷,河谷形态受岩性控制,河床宽300~800m。另在上游前河乡、得禄坝、大河乡、大宁厂、徐家坝等地碳酸盐岩环境局部所夹碎屑岩区段和两河交汇处也发育少量宽谷地貌,但受两端坚硬岩体所限,宽谷在大宁河上游总体呈串珠状分布(图版II-5)。

堵河流域新码头以北的宽谷段岸坡主要为志留系地层和武当群地层(图版II-6~图版III-1)。在官渡以北的南秦岭加里东褶皱带以及田家—安康断裂带以北的武当隆起,进入浅切割区至丘陵区的河流,河谷形态一般由“V”形谷转变为“U”形谷,部分地段可见箱形谷。堵河流经补水工程区中部官渡—田家坝一带,由于底蚀作用减弱,河流以侧蚀作用为主导,河流蜿蜒,河谷平坦,河床宽阔,漫滩发育。

2. 峡谷段

大宁河流域峡谷段主要由三叠系嘉陵江组和大冶组及二叠系的碳酸盐岩层组成,多为横向谷或斜向谷(局部河段为顺向谷或逆向谷,如檀木一带),河段多呈深切的“V”字形或“U”字形峡谷,两岸多悬崖峭壁(图版Ⅲ-2~图版Ⅲ-5),谷底宽30~200m,相对切割深度400~800m。一般纵坡较陡,漫滩、阶地不发育。巫溪妙峡一带两岸有悬谷、暗河出露。白龙过江风景点即为暗河和大泉出口(图版Ⅲ-3)。

堵河流域峡谷段(大巴山—七里沟段),主要由古生界寒武系的碳酸盐岩层组成,多为横向谷或斜向谷。河段多呈深切的“V”字形或“U”字形峡谷(图版Ⅲ-6,图版Ⅳ-1)。谷底宽30~300m,相对切割深度为300~800m,纵坡较陡,河道顺直微弯,漫滩、阶地发育。

3. 曲流河

堵河流域田家坝镇至官渡镇一带,由于地处扬子地块北缘南秦岭造山带和前陆褶冲带的地表分界线,断裂构造发育,新构造时期,各断裂带不同程度地控制河谷发育,并分别切割山原期夷平面、切错河流水系轨迹,既表现为一定的垂向位移,也存在一定的水平位移。这些因素造就了这一带堵河优雅的曲流河景观,形成的“九转回肠”“太极八卦”等众多河曲景观(图版Ⅳ-2,图版Ⅳ-3)。

2.3 地层岩性

以青峰断裂为界,补水工程区分属扬子地层区和南秦岭地层区两个分区地层单元。

扬子地层区分布面积占补水工程区的55%,包括大宁河流域中上游、大巴山脉和堵河流域上游地区,出露震旦系至三叠系(缺失泥盆系、石炭系)一套碳酸盐岩与碎屑岩地层(表2-1),其中碳酸盐岩分布面积占85%,而陆相中生界多被剥蚀而不完整。在前河背斜以南地区主要出露中生代三叠系地层,部分地段出露古生界二叠系地层;剪刀峡以北地区主要出露古生界地层,分布有寒武系、奥陶系、志留系和二叠系地层,而三叠系大冶组和嘉陵江组地层分布局限。在黄龙山断裂以北至湖北竹山龙背湾水库(堵河流域上游)一带主要出露古生界寒武系地层,龙背湾水库至青峰大断裂一带出露大面积的志留系地层,龙背湾、松树岭水库坝址都在这一带。沿河两岸分布有Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级堆积阶地,并残留有Ⅳ级基座阶地,高程分别高出当地河流水面5~8m、10~15m、25~31m、40m以上。

南秦岭地层区分布面积占补水工程区的45%,主要包括青峰断裂以北的堵河流域中下游,出露中元古界武当群,上元古界跃岭河群,震旦系上统,古生界寒武系、奥陶系、志留系,中生界白垩系上统及新生界第四系地层(表2-2)。堵河流域展布的田家-安康断裂把补水工程区内南秦岭地层区分为南秦岭加里东褶皱带和武当隆起地层小区。

(1)南秦岭加里东褶皱带,为青峰断裂和田家-安康断裂之间,堵河支流泗河、南支官渡河流经本区,区内地层为寒武系—志留系碎屑岩,主要岩性为硅质岩、云母片岩、板岩及砂岩、炭质千枚岩夹灰岩。在竹山县田家坝一带,沿田家-安康断裂带,沉积有白垩系红色陆相碎屑岩地层。

(2)武当隆起位于田家-安康断裂带以北,出露地层为元古宇武当群的结晶片岩,主要岩性有云母石英片岩、石英岩、中酸性火山岩、绿泥片岩、钠长片岩等,潘口水库坝址就在此处。

表 2-1 大宁河流域扬子地层区地层简表

年代地层		岩石地层单位			岩 性 简 述	厚度/m
系	统	组	段	代号		
		崩积物		col Q	块石、碎石	
		滑坡堆积物		del Q	碎石土、黏土	
		坡积层		dl Q	碎石土、黏土	
		残积层		el Q	黏土、粉质黏土夹强风化原岩块	
		洪积层		pl Q	混杂堆积的黏土、粉质黏土、砂及次圆状的砾石、卵石、漂石	
		冲积层		al Q	黏土、粉质黏土、砂、砾石、卵石、漂石	
三 叠 系	上 统	须家河组		T _{3x}	底部灰色薄层粉砂岩夹泥岩,上部灰白色厚层长石石英砂岩	>60**
		巴 东 组	四段	T _{2b} ⁴	紫红色夹浅灰色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩夹细砂岩,下部及顶部夹泥灰岩	180.8*
	三段		T _{2b} ³	下部为浅灰色中厚层颗粒灰岩、泥粒灰岩及灰泥灰岩,含腕足类、双壳类、腹足类及海百合茎,发育斜层理;中部浅灰色中薄层泥粒灰岩、灰泥灰岩夹少量钙质泥岩、粉砂岩,含双壳类、菊石,发育水平层理;上部为泥粒灰岩、泥灰岩夹白云岩	>141.3*	
	二段		T _{2b} ²	紫红色夹浅灰色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩夹细砂岩,局部夹含铜砂岩,下部及顶部夹泥灰岩,中下、上部夹风暴潮角砾岩,含植物化石	86.0*	
	一段		T _{2b} ¹	浅灰、灰黄色中厚层泥灰岩、薄层白云岩夹钙质泥岩,含双壳类化石	68.6*	
	中 统	嘉 陵 江 组	四段	T _{1j} ⁴	浅灰色厚层、中薄层白云岩夹多层盐溶角砾岩,中上部夹泥粒、颗粒灰岩	53.4**
			三段	T _{1j} ³	浅灰色薄层夹中层灰泥、粒泥灰岩,遗迹化石非常发育,底部为蠕状砂屑颗粒灰岩,下部夹白云岩,中部夹含燧石条带灰泥灰岩	102.0**
			二段	T _{1j} ²	浅灰色中薄层白云岩夹灰质白云岩、藻纹层白云岩、盐溶角砾岩组合,含石膏结晶	175.8**
			一段	T _{1j} ¹	底部为中薄层白云岩(局部夹盐溶角砾岩),其上为浅灰色厚层瘤状灰岩,中薄层灰泥灰岩、粒泥灰岩、生物扰动泥灰岩等,顶部为白云岩化核形石泥粒灰岩	68.3**
		大 冶 组	四段	T _{1d} ⁴	浅灰色厚层砾屑、砂屑颗粒灰岩、蠕粒灰岩、泥质条带灰岩,遗迹化石丰富	15.0*
			三段	T _{1d} ³	浅灰色薄层灰泥灰岩,生物扰动强烈,水平层理、纹层构造,“蠕虫状”构造发育。下部含少量钙质泥岩夹层;上部单层加厚,并含丰富的遗迹化石;顶部出现中厚层灰泥灰岩	306.1*
			二段	T _{1d} ²	下部灰色厚层灰泥灰岩,砾屑灰岩夹薄层灰泥灰岩,夹黄绿色钙质泥岩	39.4*
			一段	T _{1d} ¹	浅灰色中薄层灰泥灰岩与黄色深灰色钙质不等厚互层	48.6*
	下 统	吴家坪组		P _{2w}	灰色薄—中厚层燧石条带生物碎屑灰岩	45.8
		龙潭组		P _{2l}	灰色厚层泥岩、砂岩、根土岩夹煤层,底部见厚层含砾粗粒杂砂岩	15.5
		茅口组		P _{1m}	浅灰色厚层、巨厚层生屑泥粒灰岩,含少量燧石团块,花斑状构造发育	69.2
		栖霞组		P _{1q}	黑色薄—厚层瘤状灰岩,含燧石条带或团块	163.6
		马鞍山组		P _{1mn}	灰白色中层细粒石英砂岩,灰黑色碳质泥岩及煤层	
志 留 系	下 统	纱帽组		S _{1s}	补水工程区纱帽组仅残留底部紫红色夹绿色薄层粉砂质泥岩、薄层粉—细砂岩。但是特征明显,易于识别	105.3
		罗惹坪组		S _{1lr}	灰绿色薄层粉砂岩与粉砂质泥岩不等厚互层,发育水平层理。沙纹层理,生物扰动构造	550.0
		新滩组		S _{1xt}	灰绿色页岩、含粉砂质页岩含泥质粉砂岩、泥质细砂岩、灰黄色中厚层状细砂岩(仅见于龙背湾一带)	785.0

续表 2-1

年代地层		岩石地层单位			岩 性 简 述	厚度/m
系	统	组	段	代号		
志留系	下统	龙马溪组		S ₁ l	砂质页岩,泥质页岩,碳质页岩,硅质页岩夹细砂岩	<30.0
奥陶系				O	深灰色瘤状灰岩、泥质灰岩、页岩互层(补水工程区奥陶系厚度较小,不足60m,本书把奥陶系合并成一个工程地质岩组)	<60.0
寒武系	上统	三游洞组		Є ₃ sn	青灰色厚层、块状石灰岩,白云质石灰岩和硅质灰岩,顶部有燧石结核	270.0
	中统	覃家庙组		Є ₂ qn	浅灰色薄—中厚层硅质白云质灰岩、泥灰岩和泥质白云岩,中部夹紫红色薄层泥岩、泥质白云岩	83.0
	下统	石龙洞组		Є ₁ sl	灰黑色厚层石灰岩及白云质石灰岩,雪花状构造发育	102.6
		天河板组		Є ₁ t	薄—厚层泥质条带鲕状灰岩	102.8
		石牌组		Є ₁ sp	灰绿色泥岩、粉砂岩、细砂岩段;灰色、深灰色薄层灰岩、泥质条带灰岩、灰岩夹泥灰岩段,构成小旋回。下部以黄、灰绿色泥岩和粉砂岩为主,上部以灰岩为主,夹碎屑岩	91.0
		水井沱组		Є ₁ s	黑色页岩、硅质页岩夹石灰岩及砂质页岩,含磷矿	710.0
震旦系	上统	灯影组		Z ₂ dn	厚层白云岩,硅质白云岩,含燧石条带及结核	10.0 未见底

注: * 厚度自测; ** 厚度据邻区 1:5 万巫山县幅区域地质报告

表 2-2 堵河流域秦岭地层区地层简表

年代地层		岩石地层单位			岩 性 简 述	厚度/m
系	统	组	段	代号		
第四系	全新统			Qh ^{al}	黄色细砂岩、砾石、黏土层	
	更新统			Qp	褐黄色黏土、细砂、砾石层,夹淤泥透镜体,含 Fe、Mn 结核	
白垩系	中统		砂岩段	K ₂ b	细砂岩、含砾砂岩、砾岩	490
			砾岩段	K ₂ a	砖红色砾岩、角砾岩	175
志留系	中统	竹溪组		S ₂ zh	底部紫红色夹绿色薄层粉砂质泥岩、薄层粉—细砂岩;下部灰绿色薄层细砂岩、粉砂质泥岩夹薄层岩屑石英砂岩;中上部中厚层细粒石英砂岩、粉砂质泥岩夹含磷砂岩及多层风暴介壳岩	>153.4
	下统	梅子堖组	上段	S ₁ m ²	灰绿色薄层粉砂岩与粉砂质泥岩不等厚互层,发育水平层理、沙纹层理,生物扰动构造	>1 007.3
			下段	S ₁ m ¹	灰绿色页岩,含粉砂质页岩,含泥质粉砂岩,泥质细砂岩、灰黄色中厚层状细砂岩	1 326.9
		大贵坪		S ₁ d	砂质页岩,泥质页岩,碳质页岩,硅质页岩夹细砂岩。碳质板岩、含碳石英绢云母板岩、深灰色泥质板岩夹硅质板岩	53.5
奥陶系				O	黄绿色条纹状绢云石英千枚岩,石英绢云千枚岩,上部夹薄层泥灰岩	101.4~ 265.7
寒武系	中上统			Є ₂₋₃	绢云千枚岩、钙质板岩、结晶灰岩呈不等厚互层,下部含碳质板岩	33.4~ 185.6
	下统			Є ₁	上部绢云石英千枚岩,含碳细晶灰岩;中部碳质板岩;下部黑色硅质岩夹含碳重晶石岩及白云质灰岩透镜体	57.1~ 187.1