

文章编号: 1009-3850(2006)03-0089-04

北川县通口水电工程区岩溶发育特征探讨

王永利¹, 贾疏源¹, 倪师军¹, 张成江¹, 魏伦武²

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 研究区岩溶形态有溶沟、溶槽、溶斗、落水洞、溶蚀洼地以及大量的溶洞; 影响岩溶发育主要因素有地层岩性、地质构造以及地貌。坝址区岩溶具有分带性特点; 河床地带有利于岩溶的发育, 坝址右岸和左岸岩溶发育存在差异。

关键词: 通口水电工程区; 岩溶; 四川

中图分类号: P642. 252

文献标识码: A

通口电站位于四川省北川县通口河(湔江)中游段。区域出露地层包括志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系及第四系。库区出露岩层有碳酸盐岩、碎屑岩及碎屑岩与碳酸盐岩的过渡类型(如泥灰岩、灰岩、白云岩与薄层及条带状泥质岩类的互层岩体)^[1]。构造上, 水电工程区处于扬子陆块西缘, 龙门山前陆推覆-冲断带中的唐王寨推覆体西南端, 其南紧邻龙门山前缘冲断带, 其北侧被北川-映秀断裂所限。区内涉及的断层多为推复-滑复断层的断层面(图 1)。

库区及其下游河段广泛分布泥盆系、三叠系可溶性碳酸盐岩, 岩溶发育。岩溶形态丰富, 小的有溶沟、溶槽、石芽; 大的有岩溶洼地、漏斗、落水洞以及地下溶洞。因此查明岩溶发育特征及其影响因素, 对坝址的防渗有着重要的意义。

1 岩溶形态及分布

1.1 溶沟、溶槽

可溶岩分布区的溶沟、溶槽普遍发育。在坝区观雾山组第二、三、四段中灰岩、白云质灰岩分布区地表均能见到规模大小不同、深度不等的溶沟溶槽, 一般长几米至十几米, 深几厘米至 1m 多。地形平坦地带溶沟、溶槽被黄色粘土充填。坝家山南坡及通

口镇北公路边 F₂ 断层上盘中泥盆统观雾山组三段灰岩中溶沟、溶槽特别发育。溶孔与溶蚀裂隙分布于可溶岩表面, 呈星点状或网状, 多沿构造裂隙或风化裂隙发育。

2. 漏斗、落水洞

在库区左岸观雾山组分布区 35km² 范围内发现 151 个漏斗和落水洞。在溶蚀洼地中一般都发育有落水洞或漏斗, 是地表水潜入地下的垂直通道。坝家山挡风庙大漩坑洼地(高程 1270m)中有一漏斗, 直径 15m, 可见深度 10 余米。在坝区右岸谷坡高程 625~650m 的缓坡平台上发育数个落水洞, 洞径一般 3~5m, 深十余米, 16 号落水洞最深达 17m, 连通试验证明 19 号落水洞与 YD1 溶洞相连, 14 号落水洞与 YD07 号溶洞相连。

3. 溶蚀洼地

湔江河谷两岸发育大小不等的溶蚀洼地, 发育和分布具有以下特点: (1) 发育高程多在 1000m 以上; (2) 68% 的洼地分布在三叠系之中; (3) 发育方向以 NE45°—NE85°及 NW25°—NW75°为主; (4) 几乎全部分布在断层带及其附近。

4. 溶洞

本次共调查 23 个溶洞, 由表 1 可知: 主要分布在河谷地带, 坝区湔江右岸分布较为集中。此外在

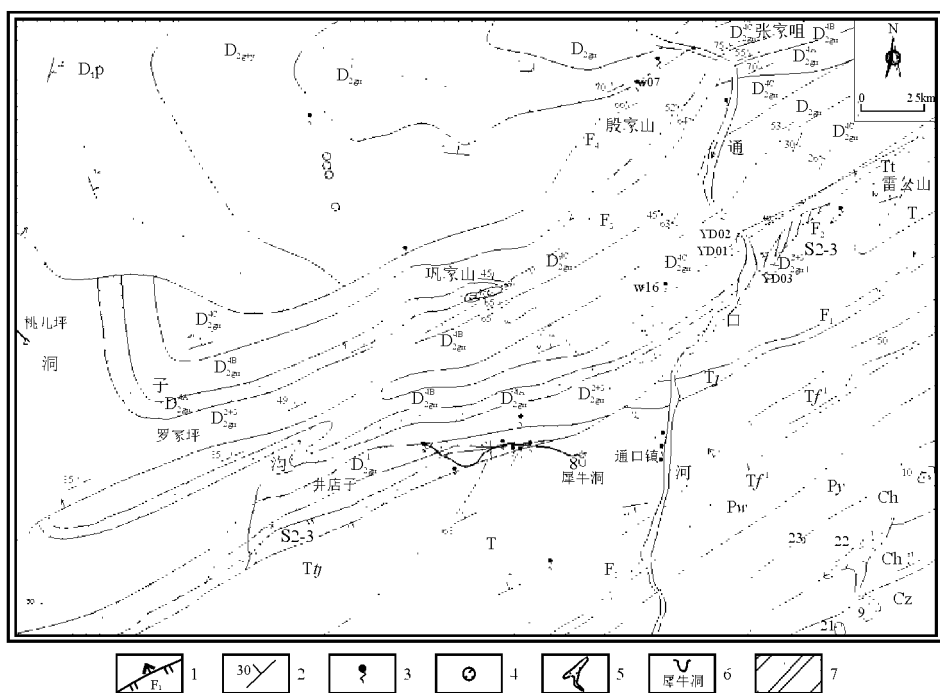


图1 通口电站水文地质略图

S₂₋₃, 中上志留统页岩砂岩; D_{1p}, 平驿铺组砂岩夹页岩; D_{2g+y}, 甘溪组泥灰岩和养马坝组砂岩灰岩互层; D_{2gn}, 观雾山组; D_{2gn1}, 观雾山组第一段砂岩页岩互层; D_{2gn2+3}, 观雾山组第二、三段灰岩泥灰岩; D_{2gn4A}, 观雾山组第四段下部灰岩; D_{2gn4B}, 观雾山组第四段中部灰岩; D_{2gn4C}, 观雾山组第四段上部白云灰岩互层; Cz, 总长沟组灰岩; Ch, 黄龙组灰岩; Py, 阳新组灰岩; Pw, 吴家坪组灰岩; Tf, 飞仙关组页岩; Tj, 嘉陵江组白云岩; Tl, 雷口坡组白云岩; Tj, 天井山组灰岩白云岩。1. 断层及编号; 2. 岩层产状; 3. 泉; 4. 漏斗; 5. 溶蚀洼地; 6. 溶洞及编号; 7. 隔水层

Fig. 1 Simplified hydrogeological map of the Tongkou hydropower station

S₂₋₃ = Middle—Upper Silurian shale and sandstone; D_{1p} = sandstone intercalated with shale in the Pingyipu Formation; D_{2g+y} = intercalations of marl in the Ganxi Formation and sandstone and limestone in the Yangmaba Formation; D_{2gn} = Guanwushan Formation; D_{2gn1} = intercalations of sandstone and shale in the first member of the Guanwushan Formation; D_{2gn2+3} = limestone and marl in the second and third members of the Guanwushan Formation; D_{2gn4A} = limestone in the lower part of the fourth member of the Guanwushan Formation; D_{2gn4B} = limestone in the middle part of the fourth member of the Guanwushan Formation; D_{2gn4C} = intercalations of dolostone and limestone in the upper part of the fourth member of the Guanwushan Formation; Cz = limestone in the Zongchanggou Formation; Ch = limestone in the Huanglong Formation; Py = limestone in the Yangxin Formation; Pw = limestone in the Wujiaping Formation; Tf = shale in the Feixianguan Formation; Tj = dolostone in the Jialingjiang Formation; Tl = dolostone in the Leikoupo Formation; Tj = limestone and dolostone in the Tianjingshan Formation. 1 = fault and its number; 2 = stratial occurrence; 3 = springs; 4 = funnel; 5 = corroded depression; 6 = karst cave and its number; 7 = impermeable bed

库区及其下游河谷亦可见到较大的溶洞。调查区岩溶发育下限深度; 河床80m, 左岸60~70m, 右岸100m, 溶洞最低发育高程528.77m。

2 岩溶发育的控制因素

1. 地层岩性

岩溶发育于可溶岩内, 而碎屑岩等非可溶岩岩溶不发育^[2,3]。坝区、库区及其西南边鱼洞子沟流域的大片地区分布志留系、泥盆系、三叠系。其中志留系、泥盆系之平驿铺组及观雾山组第一段为石英砂岩夹页岩, 岩溶不发育, 另外观雾山组第4段下部1

至3层以薄层泥质灰岩、碳质页岩为主, 含薄层灰岩, 岩溶不发育; 三叠系飞仙关组为页岩, 岩溶亦不发育。其余地层为灰岩、白云岩或白云质灰岩岩溶发育, 这些岩层虽然为可溶岩, 但岩溶发育强度仍有差异。比如: 观雾山组第四段上部以中厚层白云岩为主, 为白云岩灰岩互层段, 岩溶发育强度较低; 而观雾山组第四段中部以中厚层—厚层状细、微晶灰岩为主, 夹生物灰岩、瘤状灰岩, 少量白云岩的层段, 岩溶强发育。坝区及库区(观雾山组第四段出露区)调查的溶洞约80%发育于四段中部, 并且较大的洞穴均集中于该层段中。

2. 地质构造

野外调查和统计资料显示库区及坝区岩溶均在断层带或褶皱核部附近发育。溶洞统计中有60%发育在断层附近;洼地统计中100%发育在断层附近。洼地长轴方向绝大部分为NE-SW向,溶洞的延伸方向大多亦为该方向。坝区附近看,巩家山断层(F_3)通过库区左岸张家咀—郭家厂一带发育溶洞和数个洼地,通过巩家山时,在高程近1300m的山顶上发育洼地和漏斗(图2);又如,坝区YD03溶洞发育在通口断层(F_2)的下盘,鱼洞子沟的犀牛洞和老鹅洞也发育于 F_2 断层侧旁。

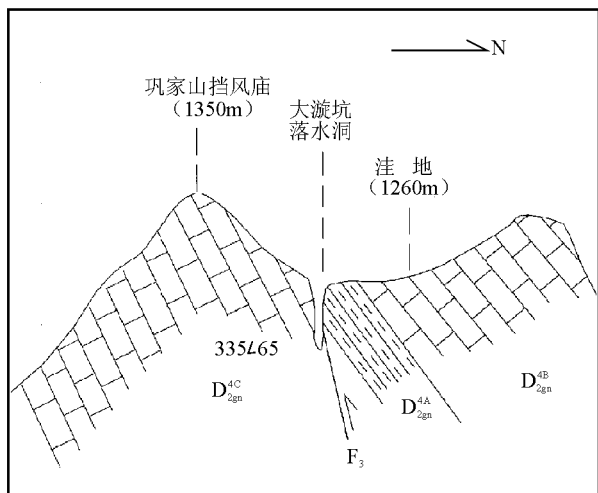


图2 巩家山挡风庙 F_3 断层及溶蚀洼地剖面示意图

Fig. 2 Sketch of the fault F_3 and corroded depression in Dangfengmiao, Gongjiashan

另外,褶皱核部岩层剧烈弯曲变形,核部有脱空现象,横张和纵张裂隙发育,地表、地下水容易渗入,所以在这些部位岩溶发育。例如库首的蝙蝠洞就发育在蝙蝠洞背斜核部。

3. 地貌

水库区为侵蚀溶蚀中山峡谷地貌,山顶遗留剥夷面,狭谷呈大致对称的“V”型河谷,阶地不发育,零星见有残留的三、四级阶地,一级阶地仅见于库尾地段。溶洞发育受层状地貌控制明显,显示发育的多期性。23个溶洞有11个形成于II级阶地时期,6个形成于II级阶地时期, I级阶地时期发育4个(含二条暗河),其余的为剥夷面时期形成的溶洞(高程>700m)。

地形地貌决定着地下水补给与排泄区的位置,通过控制地下径流的方向,影响岩溶管道乃至地下暗河的发育。

上述各控制因素不是单方面起作用的,常常是

各方面的因素综合作用的结果。

3 岩溶发育特征

根据上述调查资料,结合地质、地貌特征可将坝址区及邻谷岩溶发育特征,概括为如下主要的几个方面。

1. 坝址区河谷岩溶具有分带性

坝区岩溶的发育,总体具有分带性。从上到下可以分为:包气带(垂直渗入带)、季节变动带、饱水带(水平径流带)、深循环带。

包气带(垂直渗入带):发育于近地表附近,岩溶形态以垂直形态为主,如溶隙、落水洞。大气降水沿垂直裂隙或漏斗、落水洞渗入。

受涌江控制的水平循环带(饱水带):地下水流向涌江作水平方向流动,径流条件好, CO_2 含量高,多发育溶洞、暗河等水平通道,岩溶发育强度随深度增加而减弱。坝区标高545~529m的出水点属此带。

季节变动带(垂直、水平交替带):处于垂直渗入带的水平循环带之间为地下水最高水位与最低水位之间的季节变动空间,它的厚度可反映岩体的岩溶化程度和不均一性。水流以垂直下渗为主,丰水季节饱水,水流呈水平运动,故该带垂直和水平的岩溶形态兼具。右坝肩发育的YD01—YD02岩溶系统及其它孤立溶洞下部处于该带。(较高部位水平洞穴为早期水平循环带岩溶)深循环带:在河床底部,地下水向河床底部排泄形成的溶洞及溶隙,如在电站基坑开挖中已发现的直径约1.5m的溶洞,介绍,2003年5月初,该区降雨后约5小时,该溶洞涌出浑水,表明该溶洞以特殊的通道系统与就近岸坡的溶蚀管道相通。

2. 河床地带有利于岩溶的发育

河床地带处于侵蚀基准面附近,该处地下水流集中,水交替强烈,同时也是地表水与地下水相混合的地段,故有利于岩溶的发育。坝轴线右坝肩发育YD01—YD02溶洞系统,在河水面以上0~50余米处,并有YD07—YD09、YD22、YD03(右岸)等相对孤立的溶洞相伴发育。另外在河谷右岸高程625~650m缓坡平面上发育数个与该带溶洞相通的落水洞。在左岸尚未揭露10m以上的溶洞,只在ZK64号钻孔在573~578m高程揭露了两个直径2m的溶洞。另外,基础开挖在近左岸谷底揭露溶隙和溶洞。

3. 坝址右岸和左岸岩溶发育特征存在差异

坝区溶洞右岸比左岸发育,贯通性好,延伸长,溶洞呈管道状,短轴状,袋状,YD1和YD2溶洞通过裂

隙相互联通,谷坡上部还有多个落水洞与之相通。同时右岸岩溶的发育,受地层层位控制明显,庞大的YD1、YD2洞穴体系几乎均限制在观雾山组第四段的第六层内,并且该体系的岩溶形态受岸边水流体系控制明显,并伴随河床的不断下切而向深部推移。

左岸溶洞少,规模小,多为孤立分散的溶洞,如ZK64钻孔中遇到的两个小溶洞。同时在观雾山组第四段4至7层还广泛揭露含水溶蚀裂隙。

造成左、右岸岩溶发育特征差异的原因,主要与左岸谷坡附近有 F_2 断层通过,由于断层破碎带的影响,干扰了岩溶发育受地层及地貌的控制作用。

4. 鱼洞子沟内有深部岩溶发育

鱼洞子沟斜交切割复杂的地质构造体及地层走向^[1]。从龙归寺至通口河一段,发育有两个明流段和两个伏流段:

鱼洞沟内溪水明流段和伏流段交替出现,伏流出口即明流段的源点为岩溶大泉,伏流入口即明流的消失点,为谷底落水洞。因为河谷发育于可溶岩之上,可溶岩内部发育深部岩溶而导致伏流的形成。深部岩溶的发育,现缺乏勘探资料,难于具体描述,但可利用岩溶控制因素予以推测,地下岩溶洞穴和溶隙应主要受岩性和构造控制。

从地质构造特点看,鱼洞子沟的该二明流一伏流段,均位于甘竹垭推覆盘构成的向斜构造内,因此组成向斜构造的甘溪组和养马坝组层系、观雾山组二、三段层系应是影响伏流段岩溶发育的重要因素。

5. 坝址区及邻谷岩溶沿断裂带发育

如前已述断裂是岩溶发育的控制因素,并且沿 F_2 及 F_3 断层,有较大规模的洼地、落水洞及溶洞发育,虽然该区缺乏专门的深部钻探,但仍可推测在 F_2 及 F_3 断层带附近的地下深部可能有深部岩溶洞穴及溶隙发育。

4 结 论

通口水电工程区,岩溶形态有溶沟、溶槽、溶斗、落水洞、溶蚀洼地以及大量的溶洞;影响岩溶发育主要因素有:地层岩性、地质构造以及地貌;水电工程区岩溶发育特征如下:坝址区岩溶具有分带性特点;河床地带有利于岩溶的发育;坝址右岸和左岸岩溶发育特征存在差异;鱼洞子沟内有深部岩溶发育;坝址区及邻谷岩溶沿断裂带发育。

一同参加工作的还有李晓、杜其良、唐光洁、吕端甫、于静、王能峰、钟国华等,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 钟国华,等.北川县通口电站连通实验研究[J].水文地质工程地质,2004,(1):57-59.
- [2] 王大纯,等.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1986.
- [3] 成杰,等.水利水电岩溶工程地质[M].北京:水利水电出版社,1994.

Development of the karsts in the Tongkou hydropower station, Beichuan, Sichuan

WANG Yong-li¹, JIA Shu-yuan¹, NI Shi-jun¹, ZHANG Cheng-jiang¹, WEI Lun-wu²

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: Abundant karsts are developed in the construction site of the Tongkou hydropower station, Beichuan, morphologically including corroded gully, solution groove, corroded funnel, sinkhole, karst cave and corroded depression which are controlled by lithological, geological, structural and geomorphological features. These karsts display zonal distribution along the river valleys and faults. In Yudongzi gully, deep-seated karsts are also observed.

Key words: construction site of the Tongkou hydropower station; karst; Sichuan