

# 水化学分析方法在水电站调压室渗水途径调查中的应用

李海华,程温莹,罗 丽,于 静

(成都理工大学环境与土木工程学院,成都 610059)

**摘 要:**利用水化学、稀土元素和碳氧同位素的分析方法探讨了小天都电站调压室可能的渗水途径。结合水电工程勘查及水文地质钻探获取的地下水文地质信息,查明了水电站水幕廊道和气垫调压室渗水的地下水类型和渗漏途径,为调压室的进一步灌浆处理提供了依据。

**关键词:**水化学;稀土元素;碳氧同位素;气垫式调压室

**中图分类号:**T742

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0259-04

## Application of Hydrochemistry Components Analysis to the Leakage Ways Research of Air-cushioned Surge Chamber in Hydro-Electric Power Station

LI Hai-hua, CHENG Wen-ying, LUO Li, YU Jing

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Based on hydrochemistry, REE, carbon and oxygen isotope analyzing, possible leakage way of the Air-Cushioned Surge Chamber is studied in the Xiaotiandu power station. Combined with hydrogeological information gained by exploration and hydrographical drilling, groundwater types and leakage ways under the water curtain corridor and Air-Cushioned Surge Chamber are found out, which provide the grouting engineering with more effective treatment.

**Key words:** hydrochemistry; REE; carbon and oxygen isotope; Air-Cushioned Surge Chamber

在水电工程施工过程中,经常会揭露地下水,给工程带来不便和安全因素。虽然当今的水文物探技术已经相当的发达,各种的地震勘探技术、电法勘查、地震雷达、可用于直接探测地下水的地质核磁共振技术。但是在探测范围较小、深埋地腹、详细地质构造不明确的情况下,这些方法的应用受到一定的局限。

地下水运动过程中与周围地质体发生离子交换、吸附解吸、氧化还原、溶解沉淀及成络作用等各种复杂的相互作用,地下水记录了流经途径的地质条件、水文地质条件等环境信息<sup>[1,2]</sup>。通过水化学资料分析可以提取有关地下水赋存环境、渗流途径、循环深度、质量能量交换等地质环境与水动力条件的重要信息,因而水化学成分分析法的使用是分析水文地质条件的重要途径<sup>[3,4]</sup>。相关的水化学及地球化学方法,可以对一些局部的水文地质现象给予解释<sup>[5]</sup>。本文通过水化学方法为查明渗水起源和途径提供了依据,对进一步的灌浆处理提出了相关的建议。

### 1 地质及水文地质概况

小天都电站位于四川省甘孜藏族自治州康定境内,系瓦斯河干流梯级开发的第二级,为低闸高水头引水式电站。布置于河流流向由 NEE 转至 NE 向的河道凸岸山体内部,河道凸岸前缘各洞室岩体为晋宁-澄江期浅灰色粗粒斜长花岗岩及深灰色花岗闪长岩。地下岩体内裂隙发育,裂隙及次级断层的发育状况,总体均以中缓倾角为特征,倾角多为 30~40°。裂隙错动带的宽度均不大,一般为 2 cm 左右。探洞中段的裂面宽度略大一些,多为 10 cm 左右。错动带多由角砾岩、碎裂岩及糜棱岩组成。洞室围岩内的所有这些层面构造大多渗水<sup>[6]</sup>。

该电站采用的调压室为气垫式调压,其长 80.0 m、宽 16.0 m、高 15.5 m,上覆岩石 135~270 m。由于调压室是没有经过衬砌的,在开挖过程中有水大量的渗出。为了保证气垫调压的效果,在调压室上方修建水幕廊道,拟在调压室上方形成伞状隔水岩体,以便在调压过程中形成高压水幕。为此在水幕廊道周围进行灌浆,同时还在灌注岩体下侧施工水幕孔群<sup>[7]</sup>。

但是在施工结束后发现调压室仍然有渗水和涌水的现象,同时发现水幕孔中亦有涌水。据“四川省瓦斯沟气垫调压室地震层析成像报告”提供的资料,在水幕廊道内桩号 0+000.0 m~0+006.0 m 段,裂面普遍锈染,充填少量次生泥,岩体呈次块状~镶嵌碎裂状结构。主要结构面局部渗水。桩号 0+073.0 m~0+080.0 m 段,裂隙密集发育,岩体呈次块状结构,岩体完整性差,为Ⅲ类围岩。调压室内左边墙桩号 0+000.0~0+040.0 m 及 0+050.0~0+080.0 m 段裂隙发育,为Ⅲ类围岩,可见其渗水和裂隙有较大的关系。但是无法确定具体的渗水起源和途径。

### 2 分析方法

为了查明渗水的途径和来源,采集了地下水,包括调压室渗水和水幕廊道的水幕孔涌水。由于是在灌浆后采样,为了排除水泥对地下水的污染,对引水隧洞的渗水的采集即包括了有水泥衬砌的渗水点和无水泥衬砌的渗水点。为了与地下水对比,相应还采集了瓦斯沟河水及地表沟水。采样点位置和特征见图 1 和表 1。样品采集共 32 件,其中地下水 20 件(包括水幕廊道地下水 1 件、调压室地下水 3 件、其余 28 件为引水洞水样),河水 4 件,沟水 8 件。分析了主要的化学成分、稀土元素、碳氧同位素。

\* 收稿日期:2005-04-26

作者简介:李海华(1981-),男,环境工程专业硕士研究生。

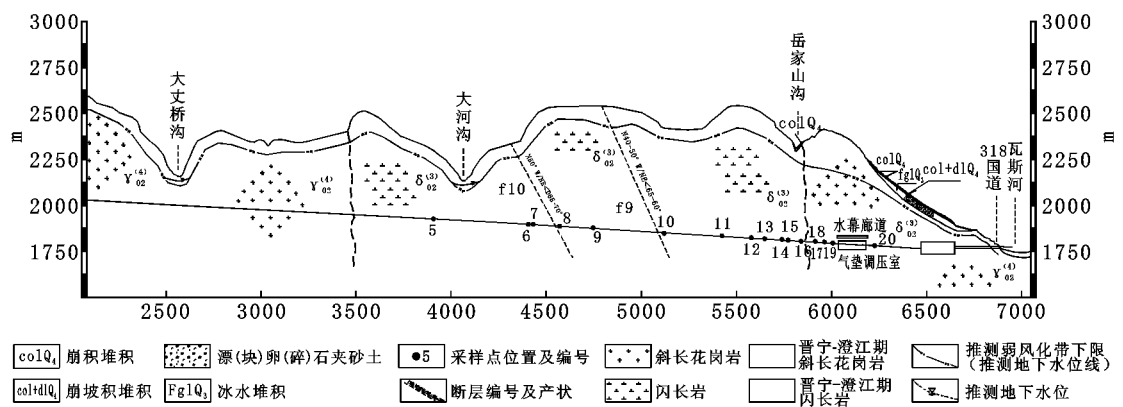


图 1 小天都电站水文地质剖面图及采样点分布图

2.1 水化学成分分析

从表 1、图 2 中可以看出,河水的水型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$ ,沟水的水型为  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$ ,而地下水的水型就比较的复杂,总的来看,有水泥衬砌的水型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$ ,没有水泥衬砌的水型为  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$ 。引水洞中绝大多数地下水(包括有水泥衬砌段和无水泥衬砌段的洞壁涌水)化学组分都比较接近,而有差异的点 19 号和 20 号,19 号点是最为接近水幕廊道伞形灌浆帷幕附近的渗水点,其水化学特点具有极高的 pH 值、电导率值、 $\text{Mg}$ 、 $\text{K} + \text{Na}$  离子含量也极高(图 2),20 点为引水洞的汇流水,除 pH、电导率较高外,并且  $\text{Cl}^-$  及  $\text{SO}_4^{2-}$  含量极高,这一特点的形成,显示地下水与水泥强烈的作用,并与地下水的混合、施工污染的影响有关。15,17,18 号点虽然为水泥衬

砌洞壁的渗水,但其 pH、电导率较低,显示其为受水泥影响的地下水。总体上看,水幕廊道及调压室地下水的各种各种组分与引水洞中绝大多数地下水含量接近。

为了了解水样中阴离子及阳离子相对含量的特征,根据派柏(A. M. piper)三角图解分析,其结果如图 3 所示。根据阴阳离子的相对含量,首先可将河水、沟水与地下水(洞水)相互区别开来。表明地下水水化学组分与地表水(河水和沟水)有较大的差别。由于河水不可能成为该区地下水的补给源,而沟水可能成为补给源,因此其与沟水的差别便应该理解为:虽然沟水可能补给地下水,但是当沟水渗入地下之后,在岩体内进行了长期而缓慢的运移,与岩体反应,其化学组分已经发生了较大的改变。

表 1 小天都电站地表水和地下水水化学分析数据表

水样 编号	采样位置 (是否有水泥衬砌)	野外 编号	电导率	pH	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	TDS	水型
mg/L												
1	水幕廊道钻孔	D1	115	8.9	43.93	1.69	16.54	0.97	14.60	7.51	68.08	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
2	调压室 0+70	D16	94	8.5	34.17	1.13	10.52	0.97	11.53	8.90	54.93	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
3	调压室 0+80	D4	133	7.7	63.46	1.69	19.54	0.97	15.37	8.11	77.42	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
4	调压室 0+80	D21	134	7.7	63.46	1.69	19.54	0.97	15.37	8.11	77.42	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
5	引水洞 3910	D6	136	8.2	58.58	1.69	19.54	2.14	16.14	6.27	77.47	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
6	引水洞 4415	D2	145	8.1	41.49	3.10	13.53	6.81	30.74	5.81	83.13	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - \text{Mg}$
7	引水洞 4425	D3	150	8.2	43.93	1.69	22.55	1.94	32.28	5.40	88.23	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
8	引水洞 4590	D7	126	7.8	65.90	1.69	16.54	0.97	9.99	9.90	72.05	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
9	引水洞 4750	D8	91	7.5	48.82	1.13	12.03	0.97	7.68	7.17	53.39	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
10	引水洞 5110	D9	112	8.1	48.82	1.13	17.14	0.58	15.37	7.56	68.59	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
11	引水洞 5460	D10	132	8.3	53.70	1.69	18.04	1.56	17.68	8.00	76.21	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
12	引水洞 5585	D11	130	8.5	41.49	1.13	19.54	1.94	23.05	4.98	76.20	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
13	引水洞 5610	D12	114	9	17.09	0.85	16.54	0.97	23.05	6.41	68.37	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
14	引水洞 5780	D13	133	9.1	19.53	1.69	15.03	0.97	11.53	13.29	76.28	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
15	引水洞 5790(Y)	D14	139	8.2	63.46	1.69	21.04	1.94	15.37	6.39	80.57	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
16	引水洞 5830	D15	149	8.1	78.11	1.69	21.65	0.58	11.53	11.95	88.85	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
17	引水洞 5850(Y)	D20	180	8	97.63	2.26	22.55	1.94	15.37	17.91	111.24	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
18	引水洞 5900(Y)	D17	167	8	95.19	2.26	23.45	2.33	15.37	15.22	108.62	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
19	引水洞 6000(Y)	D18	420	10.4	0	1.69	21.04	6.81	3.84	56.07	207.07	$\text{CO}_3 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
20	引水洞水流汇合处	D19	180	8.8	24.41	6.77	13.53	1.94	42.27	23.83	112.55	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
21	大丈桥沟上段	G3	27	8	12.20	1.13	3.91	0.39	3.84	1.95	17.32	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
22	大丈桥沟中段	G2	26	8	12.20	1.13	3.91	0.39	3.84	1.95	17.32	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
23	大丈桥沟出口	G1	25	8	12.20	1.13	3.91	0.39	3.84	1.95	17.32	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca} - (\text{K} + \text{Na})$
24	大河沟上 250 m	G5	41	8	12.20	1.13	6.01	0.58	6.15	0.27	20.25	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
25	大河沟口上 150 m	G4	42	8	12.20	1.13	6.01	0.58	6.15	0.27	20.25	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
26	日地沟上 500 m	G8	36	8	13.67	1.13	5.71	0.19	3.84	0.80	18.51	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
27	日地沟口上 300 m	G7	45	8.9	13.67	1.13	7.22	0.19	3.84	0.92	22.53	$\text{HCO}_3 - \text{Ca}$
28	日地沟沟口	G6	36	8.1	13.67	1.13	5.71	0.19	3.84	0.80	18.51	$\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$
29	拦水坝上 70 m	H1	178	8.6	90.31	2.26	21.04	5.83	7.68	7.67	94.45	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$
30	大丈桥沟下 100 m	H2	184	8.9	85.43	3.10	24.05	5.83	15.37	8.45	106.72	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$
31	小水电站正下方	H3	167	8.5	87.87	2.26	24.05	2.92	11.53	8.82	95.91	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$
32	大河沟下 150 m	H4	164	8.5	87.87	2.26	24.05	2.92	11.53	8.82	95.91	$\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}$

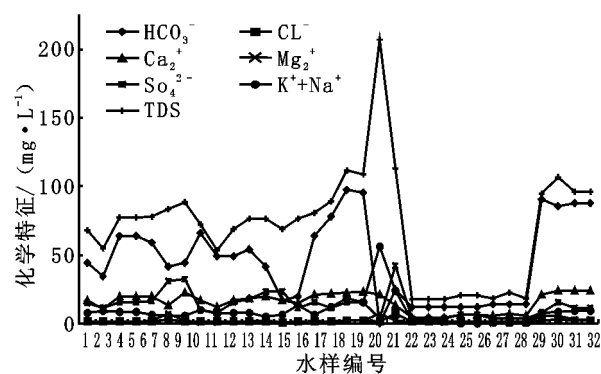


图 2 小天都电站地表水和地下水水化学特征变化曲线

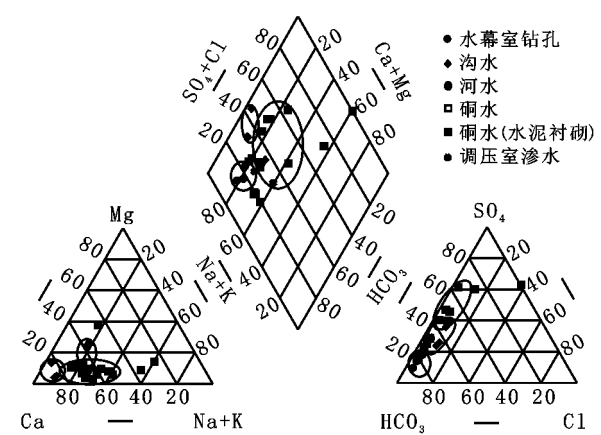


图 3 小天都电站地表水和地下水水化学 piper 三角图

根据小天都地区水化学的特征可以将天然水可划分为三类,瓦斯沟河水、山体地表沟水以及地下水(隧洞水)。地下水具有由山体地表沟水补给的特点。由于工程影响,地下

水不同程度受到水泥污染,包括衬砌体水泥及灌注体水泥污染。受水泥污染后地下水宏量化学组分变化较大。水幕廊道及调压室的涌水及渗水水化学特征极为相似(除调压室 0 + 70 m 处渗水差异略大),属于基本未受水泥体污染的地下水。

2.2 稀土元素特征分析

在自然界,天然水和岩石都含有一定量的稀土,并具有相应的分配模式。通过对水 - 岩体系中稀土元素的测定判断水 - 岩体系中稀土元素的起源,相互转移以及所处的地球化学环境。进而为地下水系的研究提供依据<sup>[10]</sup>。

厂区地表、地下水稀土含量有很大的差异,集中反映在稀土总含量的变化上(图 4)。按总稀土含量(REE),可将天然水分两类:其一为 REE < 15 mg/kg 的地下水(其中仅含 1 件河水样品),另一类为 REE > 15 mg/kg 的沟水及河水其中仅含 3 件地下水。总体上看地下水贫稀土,而沟水及河水富稀土。这是由于偏氧化环境有利于稀土在水中的富集。水幕廊道地下水(1 号)属于贫稀土一类,具有该区循环较深地下水的特征,而调压室地下水属于富含稀土一类,具有沟水(大丈桥沟)补给的特征。于是可以推测水幕廊道和调压室(0 + 80)的地下水应分属于两个不同的体系,水幕廊道地下水与厂区地下水主要含水带有较密切的联系,而调压室地下水(0 + 80)主要获得就近地表沟谷水的补给。

根据轻、重稀土的相互关系(即轻、重稀土分异特点),可分为三个区(图 5):即河水区(H)、地下水区(D)和沟水区(G),河水及地下水轻重稀土含量稀土分异具有线性变化特征,但二者不重合。水幕廊道涌水(1 号)位于 D 区中部,显示其轻重稀土的分异特征与地下水一致。沟水之轻、重稀土的分异不具规律性(G 区),以富含轻、重稀土为特征,调压室渗水处于该区,表明其轻、重稀土分异特点与沟水一致,进一步显示其受沟水就近补给的特征。

表 2 小天都电站地表水和地下水稀土含量及碳氧同位素数据表

水样 编号	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	<sup>13</sup> C <sub>PDB</sub> / ‰	C/ ‰	<sup>18</sup> O <sub>PDB</sub> / ‰	O/ ‰
mg/ kg												
1	1.29	0.87	2.07	0.2	0.03	0.03	0.07	0.01	- 13.311	0.003	- 12.709	0.012
3	6.75	4.14	8.2	0.69	0.01	0.09	0.24	0.03	- 19.121	0.02	- 11.502	0.024
4	21.24	4.14	14.75	0.91	0.02	0.09	0.18	0.02	- 20.422	0.002	- 12.473	0.004
6	0.2	0.4	1.24	0.08	0.01	0.01	0.04	0.005	- 17.015	0.012	- 16.616	0.013
7	0.19	0.42	0.89	0.1	0.01	0.02	0.04	0.005	- 14.565	0.152	- 13.45	0.173
10	9.25	3.64	10.08	0.81	0.01	0.11	0.14	0.01	- 0.319	0.006	- 8.971	0.009
12	4.28	2.44	4.51	0.67	0.01	0.12	0.12	0.01	- 14.156	0.033	- 12.286	0.044
17	0.16	0.36	0.95	0.1	0.01	0.02	0.02	0.005	- 9.19	0.005	- 12.075	0.012
23	6.43	3.64	5.53	0.87	0.1	0.17	0.22	0.03	- 18.556	0.016	- 23.48	0.014
25	15.96	4.57	9.36	1.38	0.21	0.19	0.13	0.02	- 24.637	0.005	- 21.405	0.011
27	5.64	4.65	6.78	1.38	0.32	0.14	0.13	0.02	- 13.419	0.005	- 19.464	0.005
29	1.01	0.99	1.18	0.2	0.02	0.01	0.01	0.001	- 4.332	0.006	- 14.42	0.023
30	4.46	5.84	5.86	0.89	0.12	0.11	0.13	0.02	- 5.137	0.004	- 14.362	0.011
31	4.39	4.49	5.9	0.63	0.07	0.06	0.12	0.02	- 3.6	0.005	- 14.231	0.014

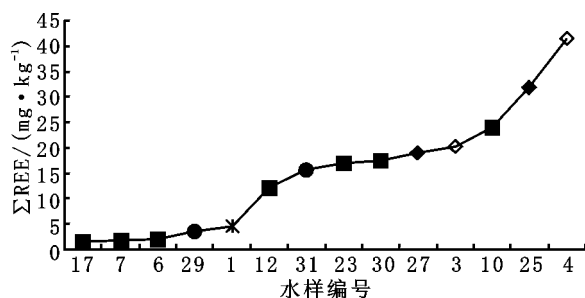
2.3 碳氧同位素特征分析

天然状态下水中 H<sub>2</sub>O、CaCO<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub>、HCO<sub>3</sub> 等的反应物和生成物间达到同位素平衡。处于化学反应的平衡状态。在同一地质 - 水文地质环境下,水中所含碳酸盐的碳、氧同位素组成应该相同,可根据地下水中碳酸的碳、氧同位素组成判断地下水是否处于同一环境。

根据 <sup>18</sup>O 和 <sup>13</sup>C 关系首先将河水(H)、沟水(G)分别可以划分出来并与地下水区别。对于地下水总体上看,有可

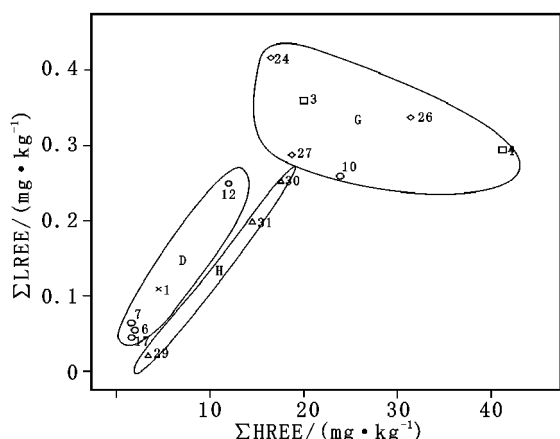
以分为两类:其一为包括水幕廊道涌水(1 号)在内的大多数地下水(D),其 <sup>13</sup>C 和 <sup>18</sup>O 具有线形变化的特点。然而调压室(0 + 80)渗水,在图上(点 3、4)远离该地下水组(D),表明水中碳酸的碳、氧同位素组成与厂区一般地下水相区别,也与水幕廊道涌水相区别。导致这种差别的原因应该有二:其一,地下水(与水幕廊道相比)属于不同的地下水系。特别是其具有较负的 <sup>13</sup>C 值,而与沟水相似,显示调压室渗水保存了沟水补给的特点。另一个原因是调压室样品是采集洞

室顶篷的滴水。水滴在滴落过程中洞室内的空气  $\text{CO}_2$  可能与水滴发生同位素交换。这种交换作用导致调压室滴水中的碳酸同位素组成发生变化。但是碳氧同位素的特征,仍然表明调压室滴水与水幕廊道滴水不是同一起源、同一水系的地下水。



硐水; 河水; 沟水; 调压室渗水; ×水幕廊道钻孔水

图 4 小天都电站地表水和地下水总稀土含量排序图



硐水; 河水; 沟水; 调压室渗水; ×水幕廊道钻孔水

图 5 小天都电站地表水和地下水 LREE/HREE 关系图

### 3 综合分析结果

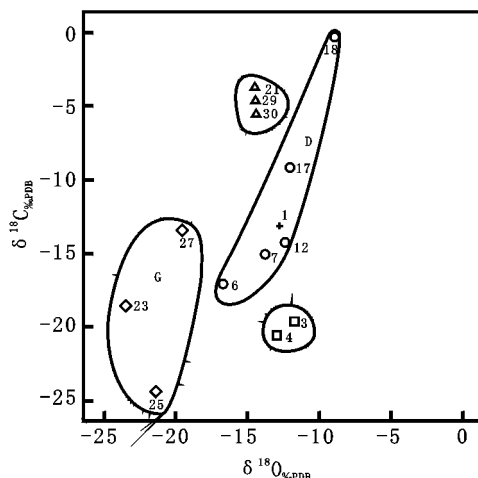
(1) 通过在水幕廊道用高锰酸钾做了示踪试验,发现在调压室内有多处的高锰酸钾紫红色液体流下,说明水幕廊道和调压室是连通体系。

(2) 根据以上地下水水化学特征可以对水幕廊道 - 调压室附近的地下水划分出两个地下水系并可简称为水幕廊道水系和调压室水系。二者的宏量化学组分比较相似,主要差异表现在稀土含量、碳氧同位素方面。水幕廊道水系水因稀土含量较低,碳、氧同位素组成与厂区一般地下水的一致,而

#### 参考文献:

- [1] 王大纯, 张人权, 等. 水文地质学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [2] 韩冬梅, 梁杏, 张晓伦. 水化学分析方法在水电工程勘探中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2004, (12): 110 - 113.
- [3] Toth J. Groundwater as a geological agent: an overview of the causes, process, and manifestations[J]. Hydrogeology Journal, 1999, (7): 55 - 59.
- [4] Mazor E, Drever J I, Finley J, et al. Hydro chemical implications of groundwater mixing: an example from the southern Laramie Basin, Wyoming[J]. Water Resources Research, 1993, 29 (1): 102 - 105.
- [5] 李庚阳. 国外水文物探技术的新进展[J]. 西部矿探工程, 2005, (9): 77 - 79.
- [6] 方光达. 水电站气垫式调压室应用现状和主要设计问题[J]. 水利发电, 2005, (2): 44 - 47.
- [7] 高卫东. 水化学在矿井突水水源判断中的应用[J]. 矿业安全与环保, 2001, (5): 44 - 45.
- [8] 郭启良, 王海忠, 张志国. 小天都水电站气垫调压室洞壁围岩的高压透水性测量研究[J]. 水利发电学报, 2005, (1): 102 - 106.
- [9] 冷鸿斌. 小天都水电站气垫式调压室工程地质条件研究[J]. 地质与勘测, 2005, (1): 22 - 25.
- [10] 凌其聪, 刘丛强. 水 - 岩反应与稀土元素行为[J]. 矿物学报, 2001, (1): 107 - 114.

具有厂区较深循环地下水的水化学特征;调压室水系水具有受较近沟谷地表水补给的特征,其稀土含量及碳氧同位素组成均与沟水有较多的相似性。



硐水; 河水; 沟水; 调压室渗水; ×水幕廊道钻孔水

图 6 小天都电站地表水和地下水碳酸  $^{18}\text{O}$  -  $^{13}\text{C}$  关系图

(3) 结合水幕廊道及调压室附近的水文地质条件可建立如下模式:在水幕廊道及调压室附近存在水化学特征有明显差异的水力联系较弱的两个地下水系,其一在水幕廊道端壁前方的岩体,受断裂控制,相对富水,地下水压力较大,得以从岩体内涌出,灌浆帷幕没有彻底的截断这条裂隙相对集中的富水体系。远离该水系存在另一地下水系,包括 3、4 号点(调压室 0+80)、2 号点(调压室 0+70 m)及被前述被高锰酸钾溶液连通的含水通道。该水系含水裂隙发育相对分散,但与就近的地表沟谷贯通性较好。

### 4 结论

(1) 通过水化学成分和水化学类型以及 piper 三角图分析可以排除受水泥污染的地下水,并且可以将天然水分为三类。但区分不出水幕廊道钻孔水和调压室水是否为同一水系。

(2) 通过稀土分析和碳氧同位素分析,结合现有的地质资料,显示在水幕廊道 0+80 岩体内尚存在裂隙相对发育的一条构造带,是引起水幕廊道钻孔涌水的主要原因,这条构造带可能会引起调压室渗水。其他的渗水是分散裂隙控制的,对调压室的影响不大。

(3) 水幕廊道 0+80 端的帷幕灌浆深度不够,在现有的基础上应该继续灌浆,直至水幕孔的涌水停止。