

台湾地热温泉的开发利用与保护

龚士良

(上海市地质调查研究院, 上海 200072)

摘要 介绍台湾岛内地热温泉的分布和各地区地热温泉的基本特性, 以及温泉与地下热水的化学组成。台湾地热温泉主要用于理疗洗浴、冬季供暖与发电, 并作为生态旅游资源予以保护性开发。

关键词 地热 温泉 台湾

中图分类号 :TV213.9

文献标识码 :B

文章编号 :1004-693X(2004)05-0058-04

我国台湾省地处环太平洋地震带, 位于欧亚大陆板块与菲律宾板块相接触的活动带上, 地质历史时期火山活动与水循环活跃。台湾地热资源丰富, 名列全球第 15 位。岛内温泉的开发利用由来已久, 也较为普遍。笔者根据赴台学术交流与考察成果, 对台湾地区地热温泉的开发利用与保护作一简要介绍。

1 地热温泉的分布

台湾地区地热资源与火山活动密切相关, 地下存在明显的地温梯度, 大气降水入渗地下并经深循环加热而形成地热温泉。

台湾地热温泉区总共有 98 处之多, 由于大部分温泉区的温泉数都不止一个, 所以如果按个数统计, 总数可能在 200 个以上。

台湾地热温泉主要分布在大屯火山群以及中央山脉地区。大屯火山群有 13 处温泉区, 中央山脉及其周边地区有 83 处, 其中变质岩区共有温泉 70 处, 而其周边的沉积岩温泉区共计 13 处。另外在绿岛与龟山岛也各有 1 处温泉区。

大屯火山群位于台湾岛北端, 在地质构造上自成一体, 其由数十座圆锥形火山体组成, 至今仍残留一批火山遗迹。大屯火山群地热区地下热水温度在 150~300℃ 之间, 该区热水以酸性硫酸盐氯化物为主。该地区的温泉, 由西南至东北依次为新北投、大磺嘴(双重溪)、大庄(阳明山后山公园)、阳明山、竹子湖、小油坑、马槽、大油坑、三重桥、死磺子坪、工子坪、大埔、金山等 13 处, 大部分属于高温温泉及喷气孔, 形成长 18 km、宽约 3 km 的一个狭长温泉带。大屯火山群与绿岛、龟山岛(以喷气孔形式存在)的地热温泉均属于火山岩区, 温泉区总共有 15 处。

中央山脉纵贯台湾岛南北, 全长 320 km, 东西宽 80 km。而台湾本岛南北长 394 km, 东西最大宽度为 144 km^[1]。台湾中央山脉山峦起伏、高峰连绵, 其以变质岩为主, 地下热水温度高达 150~230℃, 热水属于碱性碳酸氢钠型。该地区共有温泉区 70 处, 温度一般在 66~99℃ 之间。温泉绝大多数分布在山谷低部河床之上, 周围多被高山所环绕, 形成高山深谷的地形特征, 且大多位于山脉或山脊分水岭的两侧, 这种分布形态说明温泉的形成明显受地形因素的控制。

中央山脉的外围地区以沉积岩为主, 温泉区共计 13 处, 主要分布在西部麓山带以及海岸山脉, 其中包括清泉(新竹县五峰上游)、苗栗县虎山(上岛)温泉、嘉义县关仔岭、中仑、台南县玉井、恒春四重溪以及海岸山脉安通、利吉(台东附近)等地。该区温泉的温度多在 30~65℃ 之间, 只有关仔岭较高为 84℃ (一度曾高达 91℃, 系在 1964 年白河大地震后测得^[2])。

2 地热温泉的特性

台湾地热温泉的基本特性见表 1, 典型地区温泉及部分地下热水的化学组成见表 2。

由表中监测数据可知, 台湾火山岩地区的温泉以酸性硫酸盐氯化物型热水为主, 另有一小部分温泉水系由蒸汽冷凝而成(死磺子坪地区), 其盐分浓度特别低, 相对而言 SO₄ 离子浓度较高, 那是蒸汽中 H₂S 氧化的结果, 此种冷凝成的温泉水仍属酸性。还有一种较少见的近中性中低温泉水(顶北投地区), 其盐分也偏低, 除了 SO₄ 离子浓度相对较高之外, 还有较多的 HCO₃ 与 Ca, 这种温泉水可能是由地下水渗入 CO₂ 气体并间接加热而成。

作者简介 龚士良(1965—), 男, 上海市人, 高级工程师, 从事城市环境地质研究。

表 1 台湾地热温泉基本特性

地区	温泉名称	温度/℃	pH 值	流量 (L·min ⁻¹)	围岩性质
大屯火山群温泉区	北投	100	1.6	1000	火山岩
	阳明山	80	2.1	1000	火山岩
	金山	84	2.5	2000	火山岩
	死磺子坪	94	3.9	量多	火山岩
	大油坑	96	1.4	100	火山岩
	七星山(小油坑)	97	1.7	200	火山岩
	东北部温泉区	礁溪	64	7.5	1600
圆山		41	7.3	50	冲积层
清水		99	9.9	2000	变质岩
梵梵		67	6.7	1000	变质岩
排骨溪		40		10	变质岩
田苦路		53	7.2	500	变质岩
土场		98	9.2	500	变质岩
寒溪		37	6.3	小	变质岩
五区		54	7.4	10	变质岩
四区		76	7.8	300	变质岩
乌帽		74	6.4	500	变质岩
大浊水		97	8.3		变质岩
臭乾		65	6.5	100	变质岩
茂边		99	8.2	量多	变质岩
龟山岛		> 100	< 3	量多	火山岩
西北部温泉区		乌来	83	7.1	> 500
	荣华	65	7.8	200	变质岩
	西棱	65	8.0	500	变质岩
	新兴	50	8.0		变质岩
	秀峦	45	7.0	100	变质岩
	清泉	42	7.9	100	沉积岩
东部温泉区	文山	68	6.8	700	变质岩
	万里	60	7.0		变质岩
	瑞穗	42	6.6	400	变质岩
	红叶	41	6.7	300	变质岩
	安通	64	8.8	800	沉积岩
	东里 1 号	38	4.4	5	沉积岩
	东里 2 号	44	8.2	10	沉积岩
	瑞源	50			变质岩
	虎山	47	7.9	10	沉积岩
	天狗	40			沉积岩
西部温泉区	雪见	50			变质岩
	谷关	62	7.6	300	变质岩
	马陵	68	8.0	1000	变质岩
	达见	62	9.1	500	变质岩
	咖啡园	38	8.6	5	变质岩
	瑞岩	40	7.0	30	变质岩
	红香	60	6.7	50	变质岩
	十八重溪	42	9.0	5	变质岩
	东埔	66	7.0	700	变质岩
	乐乐	79	7.5	200	变质岩
	后万大	54	8.7	5	变质岩
	后万大北溪	45	9.1	30	变质岩
	后万大南溪	64	7.0	50	变质岩
	春阳	64	7.6	500	变质岩
庐山	98	9.3	1500	变质岩	
精英	84	7.1	1000	变质岩	

绿岛系火山岛,其温泉(温度 56℃)位于海岸边,因有海水渗入并与围岩作用,结果产生与一般火

续表 1

地区	温泉名称	温度/℃	pH 值	流量 (L·min ⁻¹)	围岩性质
东南部温泉区	利吉	37	7.0	500	沉积岩
	桃林	85	8.0	量多	变质岩
	新武	70	7.5	60	变质岩
	雾鹿	92	8.9	量多	变质岩
	知本	60	6.6	1200	变质岩
	金峰 1 号	40	7.0	10	变质岩
	金峰 2 号	42	7.0	3	变质岩
	比鲁	70	7.2	1200	变质岩
	金仑 1 号	55	6.2	200	变质岩
	金仑 2 号	88	7.0	> 1000	变质岩
	金仑 3 号	92	6.5	> 500	变质岩
	旭海	43	7.6	100	变质岩
	中仑	56	8.0	600	沉积岩
	关仔岭	84	8.2	多	沉积岩
西南部温泉区	六重溪	38	7.8	100	沉积岩
	龟丹	35	7.8		沉积岩
	大武	62	7.1	200	变质岩
	多纳	57	6.7	300	变质岩
	新同	45	7.3	20	变质岩
	宝来	60	6.8	120	变质岩
	石洞	46	7.0	15	变质岩
	富园	63	7.0	200	变质岩
	高中	26	7.0	15	变质岩
	桃源	44.5	7.5	20	变质岩
	勤和	53	7.0	5	变质岩
	复兴	43	7.0	5	变质岩
	梅山	66	7.5	250	变质岩
	四重溪	50	7.9	50	沉积岩
绿岛	52	7.6	100	火山岩	

山岩区温泉水不同的化学组成,其质量浓度分别为: Na 7880 mg/L、K 233 mg/L、Mg 270 mg/L、Ca 4590 mg/L、Cl 20524 mg/L、HCO₃ 49 mg/L、SO₄ 800 mg/L、B 11 mg/L、SiO₂ 49 mg/L 及 pH 值 7.0,其主要成分为氯化钙,类似的温泉水也在冰岛西南岸出现。

与火山岩区温泉完全不同的是,变质岩区温泉及地下热水属于碱性碳酸氢钠型,是水中 CO₂ 或碳酸与围岩(大部分属于变质泥岩)内的斜长石及绢云母作用的结果。至于沉积岩区温泉,除了中仑和关仔岭温泉含有较高浓度的碳酸氢盐与氯化物(可能与原生水及水中有大量 CO₂ 有关)之外,其他温泉水多属浓度不高的同型热水,其 pH 值也均接近中性。

3 地热温泉的开发利用

台湾对地热温泉的开发利用已有相当长历史,早在 17 世纪末叶来自福建的移民即在北投温泉区利用温泉水沐浴及医治皮肤病。1893 年德国人奥利曾在北投开设俱乐部,成为温泉旅社的开山鼻祖。两年后日军侵台,因日本对温泉利用已有较多经验,故促进了北投温泉的开发。台湾大规模开发利用温泉始于 20 世纪 50 年代初,至六七十年代达到极盛。

表 2 台湾地区温泉与地下热水的化学组成

地区	温泉 (地热井)	T /°C	pH 值 (25°C)	化学组分及其质量浓度/(mg·L ⁻¹)											摩尔比			
				Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Cl	HCO ₃	SO ₄	B	SiO ₂	K /Na	B /Cl	HCO ₃ /Cl	SO ₄ /Cl
大屯火山群	新北投泉	98	1.6	965	360	68.0	240	132.0	101	3400		2680	42.0	191	0.219	0.041	0.291	
	大磺嘴泉	70	1.6	301	14	2.1	13	2.0	15	273		1290	7.0	394	0.027	0.084	1.740	
	大磺嘴 E102 井	175	3.5	910	334	230.0	87	140.0	1362	5591		825		244	0.216		0.055	
	顶北投泉	46	7.6	7.2		65.0	117	1.0		92	367	185	0.3	113		0.009	2.30	0.740
	马槽泉	97	2.5	106	33	102.0	222	6.5	36	483		1231	7.1	190	0.180	0.048	0.941	
	马槽 E205 井	240	4.8	3734	659	467.0	509		140	9573		105		570	0.104		0.004	
	马槽 E208 井	293	2.0	982	144	1447.0	236	324.0	18270	33070		12110		1180	0.086		0.135	
	死磺子坪泉	94	3.9	9.3		13.0	14	21.00	23	14		430		140			11.000	
	大埔泉	90	2.4	545	77	50.0	70	26.0	20	1240		525	9.0	95	0.083	0.024	0.156	
	大埔 G401 井	106	3.7	2480	338	265.0	360	145.0	936	5720		1330	33.0	490	0.080	0.019	0.086	
变质岩区	乌来泉	84	6.8	486	27.0	1.0	5.0			26	1061		61	0.033		24.0		
	清水泉	99	9.7	923	39.0				0.5	6	681	10	30.0	289	0.025	16.00	66.0	0.60
	土场泉	98	8.7	710	15.0	0.3	1.7	1.7		13	2010	32		135	0.012		90.0	0.91
	土场 IT3 井	173	8.9	1090	22.0			0.8		38	2380	50	35.0	262	0.012	3.00	36.0	0.49
	土场 IT4 井	144	8.6	910	17.0	2.5	3.2	0.3		20	2214	14	17.0	157	0.011	2.80	64.0	0.26
	文山泉	44	6.5	97	7.5	42.0	196.0	0.5		11	298	614	1.0	45	0.045	0.30	16.0	21.00
	谷关泉	50	7.5	161	4.3	6.0	11.0	0.6		18	415	59	1.4	50	0.016	0.26	13.0	1.20
	庐山泉	88	9.4	516	16.0	3.6	4.4	0.3		20	1357	86	22.0	107	0.018	3.60	39.0	1.60
	瑞穗泉	57	6.0	103	1.2	5.1	56.0	0.7		17	444	10	1.2	48	0.007	0.23	15.0	0.22
	宝来泉	62	6.8	476	7.5	3.9	19.0			12	1322	4.5	3.1	52	0.009	0.85	64.0	1.40
	雾鹿泉	92	7.5	368	25.0	6.0	1.6	0.8		31	980	67	3.0	125	0.040	0.32	18.0	0.80
	多纳泉	57	6.7	219	3.5	0.8	2.0	1.7		12	620	23	1.1	48	0.009	0.30	30.0	0.71
	知本泉	62	6.3	435	9.5	11.0	4.0	0.5		8.5	1135	33	16.0	77	0.013	6.20	78.0	1.40
	金仑泉	50	6.2	150	6.7	11.0	37.0	2.2		1.0	537	47	3.6	51	0.026	12.00	312.0	17.00
沉积岩区	礁溪泉	54	7.3	200	8.8	3.2	15.0			48	580	11		45	0.026		7.00	0.085
	圆山泉	43	6.6	295	4.1	27.0	163.0			319	437	12		20	0.008		0.80	0.014
	清泉	39	7.9	425	5.6	41.0	11	0.6		24	1220	9.1	1.5	22	0.008	0.20	30.00	0.140
	中仑泉	56	7.0	9623	93.0	11.0	4.3	5.0		9576	10750	59	141.0	81	0.006	0.048	0.65	0.002
	关仔岭泉	84	7.9	3790	139.0	4.7	3.6			2556	5429	15	136.0	30	0.022	0.174	1.23	0.002
	龟丹泉	38	7.5	529	5.1	0.8	2.9			178	1164	6.1	4.4	18	0.006	0.081	3.80	0.012
	安通泉	64	8.5	505	40.0	0.1	88.0	3.9		664	73	370	2.1	45	0.047	0.01	0.06	0.206
四重溪泉	49	7.2	494	5.3	1.5	1.6	3.3		36	1306	13	2.2	60	0.006	0.20	21.00	0.130	

除北投温泉以外,台湾其他历史悠久的知名温泉区还包括阳明山、礁溪、谷关、庐山、关仔岭、安通、瑞穗、知本等地。

台湾因温泉利用的日益繁盛,逐步认识到地热资源综合利用的重要性。地热勘探调查于1966年初先期在大屯火山群区展开,后于1973年开始在中央山脉地区进行。采用地质调查、地热区1m深地温测量、电阻率法地球物理探测与钻井方式进行地热勘探,由矿业研究所和中油公司钻凿的450m与1500~3000m勘探井20余口,浅井勘探涌水量一般为10~20t/h,深井为40~100t/h。

台湾的地热温泉主要用于理疗洗浴、冬季供暖与发电。

台湾岛内地热温泉遍布,而且大多位于山水绮丽的风景名胜,青山翠谷,泉水溢成溪流,沸腾的

地热温泉自石缝涌出,磺气蒸腾,掀起层层云雾,别致的温泉旅社五步一楼、十步一阁,隐现于岩谷溪涧,其地热温泉已成为重要的旅游资源。

台湾地热也有相当的发电潜能,大屯火山群地热发电潜在在8万~20万kW之间,但该区热水为强酸性,存在腐蚀问题;另一方面,其大多处于国家公园内,由此限制了地热的大规模开发利用。该地区具有现实可能性的发电潜能约为10万kW^①。

中央山脉地区地热发电潜能也在10万kW左右,该处热水为碱性,对钢铁无腐蚀性,但存在碳酸盐结垢问题。而且该地区缺乏良好的储集层,因此热水的蕴藏量相对较为有限。目前台湾已在中央山脉地区的清水和土场建造了两座地热发电厂。1981年在清水地热区建立的试验电厂装机容量为3000kW,同年9月正式营运。发电初期全地区7口

① 陈肇夏. 温泉及地热资源. 台湾第11届工程地质技术应用研讨会论文集. 台湾新竹:台湾工业技术研究院能源与资源研究所, 2000.

地热生产井每小时供应 500t 热水,其中约 75t 转变为蒸气供电之用,当时每小时最高发电量为 2100kW。但至 1989 年 6 月间,热水总产量已降至 105 t/h,其中约 26t 转变为蒸汽,仅能发电 500 kW 左右。热水产量日渐萎缩,原因并非由于水源枯竭,而是深部热水溶有大量 CO₂,当热水上升至井口附近时,由于压力下降太多,导致热水中 CO₂ 大量逸出,pH 值升高与碳酸钙的过饱和,结果在井口、井壁或生产裂隙内产生碳酸盐沉淀,堵塞通路降低产量。另一方面,清水地区地热区储集层的渗透率偏低,难以生产大量热水,故该处电厂因不敷成本而于 1995 年前后关闭。

1986 年 2 月台湾工业技术研究院能源与资源研究所在土场地区建造了一座 300 kW 的小型地热电厂,利用热交换器的二元系统发电,至今运转正常。

鉴于大屯地热区集中在国家公园内,而中央山脉地热区地形起伏大,钻井不易、施工困难,故地热发电仅作为本区部分能源补充。由于地热发电的综合效益偏低,现有条件下仅 10%~15% 的热能转化为电能,其余多被废弃,远未物尽其用。

目前台湾地区地热温泉的开发利用,更多地用于改善人们生活品质,作为休闲旅游的重要景观与理疗资源,同时作为房屋与温室的冬季供暖。1999 年台湾推出“温泉开发管理方案”,将温泉开发作为旅游观光产业的重要组成部分,而旅游观光产业是 21 世纪台湾最重要的产业之一。目前每年约 400 万人次至台湾地热温泉区旅游休憩,预期未来每年可达约一千万人次。

4 地热温泉的开发保护

由于近年来台湾地热温泉开发日盛,开发利用渐呈多元化和无序化。台湾尽管温泉资源丰富、得天独厚,但温泉区缺乏整体规划、公共设施及道路交通不完善,而且缺乏统一的专职管理机构,温泉区资源与土地所有权的归属不清,没有一个完整的资料库、温泉用途狭隘、未考虑温泉的永续性利用等弊端逐步显露。

由此有识之士建议推进立法,对地热温泉进行保护性开发利用,不以工业利用为主要目的,而更多地用于改善人们生活品质,作为休闲旅游的重要景观与理疗资源,同时作为房屋与温室的冬季供暖,从而显著提高热能的使用率,达到善用天然资源的目的。

1999 年推出的“温泉开发管理方案”,目的即为改善温泉区的品质,将温泉的开发利用,从传统的沐浴,逐步引导向休闲游憩与提供理疗转化,并由此促进休闲农业的发展。中央山脉地热区将统筹规划,建立假日休闲旅游胜地,以逐步缓解交通便捷地区假日人满为患的窘境,同时促进地热温泉资源利用与保护的协调统一。

参考文献:

- [1] 中央人民广播电台对台湾广播部. 台湾省地图册[M]. 北京:中国地图出版社,1996.
- [2] 龚士良. 台湾地震灾害及其环境地质问题[J]. 灾害学, 2002(4):76~81.

(收稿日期 2003-09-02 编辑 高渭文)

欢迎订阅《人民黄河》

《人民黄河》由水利部黄河水利委员会主办,中文核心期刊,水利系统优秀科技期刊,中国期刊方阵“双效期刊”,《中国水利水电科技文献数据库》、《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《万方数据——数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》全文收录期刊,并被《中国水利水电文摘》、《环境科学文摘》、《中国地理科学文摘》、《中国地质文摘》等列为固定收录对象。内容涉及防洪、治河、水文、泥沙、水资源、水土保持、灌溉、水利水电工程等多门学科,可供水利水电及相关专业的科技人员、高等院校师生,特别是治黄工作者及广大关心治黄的人士阅读参考。

《人民黄河》创刊于 1949 年,月刊,国际标准开本 16 开,国内外发行,每月 20 日出版。2005 年《人民黄河》将以崭新的面貌面向广大读者,信息量加大,内容将更丰富!每期定价 6.00 元,全年共 72.00 元;国内统一刊号 CN41-1128/TV,国际标准刊号 ISSN 1000-1379。

《人民黄河》为自办发行。国内订购处:《人民黄河》编辑部(地址:郑州市金水路 11 号,邮编:450003;电话:0371-6022902、6022409;传真:0371-6025672;电子信箱:rmhh@yellowriver.gov.cn;开户行:河南省郑州市交行政二支,开户:黄河水利委员会新闻宣传出版中心,账号:6020149028852)。国外订购处:中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱,100044,国外代号 M738)。