

doi: 10.11720/wtyht.2019.1151

王晓东,李祥新,宫进忠,等.京津冀基岩区地热资源远景的地球化学区划[J].物探与化探,2019,43(6):1246-1253.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1151>

Wang X D, Li X X, Gong J Z, et al. Geochemical regional planning of geothermal resource prospect in Beijing-Tianjin-Hebei bedrock region[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(6): 1246-1253. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1151>

京津冀基岩区地热资源远景的地球化学区划

王晓东,李祥新,宫进忠,史玲玲

(河北省地球物理勘察院,河北 廊坊 065000)

摘要: 利用区域地球化学资料,结合区域地质条件圈定地热远景区,可以对地热资源的潜力做出评价。根据资料研究,京津冀地区不同成因类型地热产地 As、Sb、Bi、Hg、F、Li、Sn、U、Th 等的低缓异常,对不同类型的地热区可能具有相应指示作用。各种类型地热区地球化学标型指示元素为:火山岩型 Li-F-As-U,侵入岩型 Sn-Bi-Li-Th-As,变质岩型 F-Th,沉积岩型 Hg-Li-As-U。根据相关分析,在地热水温度 T 与水系沉积物元素含量之间可建立回归方程,结果表明碱性岩浆热液活动和钼、银成矿作用的伴生产物为产热、导热岩层,沉积岩为隔热保温层。根据指示元素地球化学异常组合空间分布,京津冀基岩区共圈定地热远景区 50 处,这些远景区呈 NE、NW 和 EW 向展布,与深大断裂、燕山期中—基性岩浆岩分布关系密切。近年来的地热勘查活动证实,这一成果具有重要的指导作用。

关键词: 地热资源;地球化学;远景区划;京津冀基岩区

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2019)06-1246-08

0 引言

北京市和周边的天津市及河北省基岩区分布范围约 12 万 km^2 ,区域地热地质条件十分有利,由于勘查程度相对滞后,使其潜在资源的开发利用规模受到严重制约。因此,利用有效方法对地热资源有利区进行区划,对指导其有序的勘查规划和扩大开发利用规模有着重要的意义。

地球化学方法是一种经济、快速和有效的地热普查和评价手段,可为研究热储成因有关问题提供重要信息。笔者根据 1:20 万水系沉积物地球化学资料,对京津冀地热产区地球化学特征进行研究,讨论区域地球化学勘查资料在地热异常区圈定中的应用价值。

1 以往研究成果概述

1982 年以来,地质矿产部物化探所通过对全国

20 多个地区不同类型地热田的实验研究,发现 Hg、As、Sb、Bi 地球化学异常可以作为地热勘查的地球化学指标^[1-2]。1988 年,郑亚新、章铭陶等报道了云南高温热海热田土壤中的 Li、Rb 可用于圈定热田范围^[3]。1990 年,朱立新、朱炳球研究了西藏羊八井高温地热田及毗邻区 90 km^2 范围内 1:1 万土壤测量样品中碱金属地球化学分布特征,结果表明, Li、Rb、Cs 可以作为新的地球化学指标用于热田勘查,圈定热田范围,其作用与 Hg、As、Sb 和 Bi 浅海相指标类似^[4]。2011 年,江西省地质调查院通过鄱阳湖及周边经济区 1:25 万多目标地球化学调查资料,综合分析地热有关的特征指示元素异常或高背景的区域分布规律,结合区内地形、地貌、岩相古地理条件及断裂带、地震带、温泉带的展布规律,认为区内具有一定的寻找地热资源的潜力,根据地热场相关指示元素 C、S、N、P、As、Sb、Hg、F、Cl、Br、Ba、Pb、Zn 等的空间分布,以及生储热地层构造的空间展布特征,以区域深层土壤测量成果为依据,共圈定出 14 处与地热有关的异常,初步分析与研究发现:① 区内指示

收稿日期: 2018-04-08;修回日期: 2018-12-21

基金项目: 中国地质调查局项目“全国矿产资源潜力评价 河北省矿产资源潜力评价”(1212011121001)

作者简介: 王晓东(1959-),男,河北乐亭县人,高级工程师,地球物理勘查专业,长期从事物化探找矿和地热资源勘查及地下水资源勘查工作。

Email: hbwtxd@126.com

万方数据

地热异常的元素主要为 As、Sb、Hg、Ba、Br、S、Cl,其次为 F、I、B、Mn 等;② 地热地球化学异常大多数元素呈面型低缓异常或高背景,浓度分带一般不明显;③ 地热异常的分布与断裂构造吻合较高;④ 煤系地层、火山岩分布区是明显的产热优势区^[5]。2011 年,陕西省地质调查院根据西安地区多目标地球化学调查资料,发现在长安东大地第四纪地热分布区,深层土壤 B、Be、As、Sb 含量高于表层土壤,其异常与已知地热田空间对应关系较好,反映了地热田分布的规律性。在西安、咸阳、临潼、蓝田汤峪新近纪地热田分布区,深层土壤 B 含量高于表层土壤,深层土壤 B 异常与已知地热田空间关系较好,揭示了地热田的分布特征,据此对未知地热田进行了预测^[6]。

2 地热地球化学异常形成的机理

研究资料表明,地热地球化学异常元素随热流体以气体搬运的方式穿透覆盖在其上的沉积岩或火山岩层,上升至地表的后期运积物或风化物盖层中,形成异常现象。其形成机理是地下深部存在上升的气体流,当气流流通过地热田时会与部分与地热有关的元素和伴生元素的活动态部分(离子、胶体、超微细亚纳米和纳米颗粒)带到地表,其中一部分与地热地球化学异常有关的元素保留在土壤孔隙气体中,另一部分在地表被各种次生可溶盐类、黏土、氧化物、有机物或胶体物质所捕获。由于元素和气体一起迁移,且有沿微型通道垂直迁移的特点,从而形成顶部地热地球化学异常。

地热田异常分布模式与元素存在形式:热田勘查实践表明,地热田存在着多元素地球化学异常,异常元素在空间分布上具有明显规律。总体上存在两组元素:一组与热流体密切相关,如 Hg、As、Sb、Bi、Li、Rb、Cs、Au、Be、B 等,分布在热田上方,是热田勘查的直接指标;另一组分布在热田两侧或外围,如 Cu、Pb、Zn、Mn、Ni、Co 等。通常热田的温度越高,这种分带模式越明显。地热田类似于低温热液矿床,其异常元素相关关系明显,内带元素相关性较好。

除分布模式外,指示元素的存在形式对地热田资源调查野外工作方法设计和异常解释也有重要意义。通过对西藏、云南、北京等热田土壤样品热释汞的研究发现,汞有 3 种存在形式:吸附态(80~100℃)、氯化汞(100~260℃)和硫化汞(270~330℃)。大多数地热田土壤汞以吸附形式存在^[7]。

3 京津冀地区地热地球化学异常特征

地球内部蕴藏着巨大的热能,深部热能一般通过 2 种方式向地表传播,一种是通过不同岩层以热传导形式向地表传播,另一种是通过深大断裂及与之沟通的次级断裂,以水为载体形成深循环对流形式将深部热量传递到浅表。前者与热源深度和地质体的热导率有关,而后者密切相关于断裂构造体系的规模,其热流体深循环更易于将指示元素搬运至地表而形成异常。

京津冀地区是以地下热水为主的水热型地热异常分布区,分布于山区的 50 多个带状或脉状热水异常区以温泉或热泉出露于地表,主要为 25℃至 80~90℃的中低温地热异常。燕山—太行山山区所发现的温泉与热泉的热储层多为岩浆岩、片麻岩、断裂破碎带及裂隙发育带,呈脉状或带状分布,局部为沉积岩的层状裂隙,一般为弱透水盖层,在地下热水通过深部断裂循环而上涌出地表时,形成开放型热储。

燕山山地中低温地热区地下热水露头主要分布在燕山期岩浆岩接触带和次一级 NE 向活动断裂附近。赤城—滦平—平泉一线以北属于 EW 向隆起带,地下热水活动与 NW 向、NE 向、NNE 向和近 EW 向 4 组断裂构造有关,其交汇复合部位呈现出地下热水温度从西往东逐渐增高的趋势。该线以南为 EW 向沉降带,地下热水温度均低于 60℃。太行山山地受燕山运动影响,发育了 NW 向和 NNE 向两组断裂,后期又经伟晶岩脉的穿插,沟通了深循环的地下热水,热水多出露在太古宙变质岩和中—新元古界白云质灰岩、燕山期岩浆岩接触带^[8-9]。

地热田代表一定温度条件下的化学系统,其化学特征是该系统的液体相(水、汽)与周围固体相(围岩)之间最终到达平衡状态的反映,可以利用地球化学资料中的某些指标圈定地热田的范围、指示地下热流体的温度、分析热流体中化学元素的来源、确定水化学类型、预测深部热储构造的物理化学环境等^[10]。地热田可以划分出火山岩区、侵入岩区、变质岩区和沉积岩区 4 类地质背景,其热水温度以火山岩区最高(55.9℃),其次为侵入岩区(53.9℃),再次为变质岩区(51.4℃),最低为沉积岩区(33.9℃)。

根据京津冀地热区 1:20 万水系沉积物地球化学测量成果及 35 处地热田的分析,已知地热田所在区域多有不同元素的较明显的地球化学异常存在(表 1)。从表 2、表 3 中可知,不同地质背景地热产地的地球化学特征不同,As、Sb、Bi、Hg、F、Li、Sn、U、

表 1 京津冀地热区 1:20 万水系沉积物元素含量

Table 1 Sedimentary element content of 1:200,000 water system in Beijing-Tianjin-Hebei geothermal area

地热区	地质背景	水温 /℃	$w(\text{As})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Sb})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Bi})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Hg})$ /10 ⁻⁹	$w(\text{F})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{U})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Th})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Li})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{Sn})$ /10 ⁻⁶	$w(\text{K}_2\text{O})$ /10 ⁻²	备注
围场热水汤	K ₁ d、ENh、断层	70.4	8.71	0.40	0.129	22	2160	2.68	13.6	39.0	2.20	2.84	火山岩区
围场老窝铺	K ₁ y、J ₃ W、ξοπK ₁ 、断层	29	15.4	0.61	0.11	30	1250	2.25	10.1	50.4	2.80	2.69	
承德前庙	K ₁ y、K ₁ X	42	6.00	0.51	0.15	20	520	1.25	9.30	29.0	1.56	2.40	
隆化唐三营	K ₁ y、K ₁ S、断层	36	3.69	0.42	0.079	12	400	1.10	7.76	27.5	1.20	3.51	
隆化茅荆坝	K ₁ d、断层	64	6.50	0.27	0.259	32	430	1.44	12.0	33.9	1.61	2.57	
隆化七家	K ₁ d、J ₂ C	90	5.83	0.50	0.150	12	440	1.06	19.0	25.4	2.72	2.93	
隆化汤池子	J ₃ z、ξοπK ₁ 、断层	90	5.03	0.42	0.129	20	880	2.04	8.96	68.7	1.44	3.41	
隆化南山咀	J ₃ z、K ₁ X、λJ ₃	78	8.47	0.42	0.070	32	190	2.49	7.92	23.8	1.92	1.99	
宣化坝口	J ₂ t	42	8.19	0.66	0.159	11	620	1.34	6.40	30.2	1.20	1.54	侵入岩区
丰宁张百万	J ₃ Bb、断层	76	15.3	0.53	0.88	18	620	2.25	8.60	29.5	2.10	2.35	
抚宁黑山咀	J ₃ Sz	38	5.00	0.53	0.20	32.4	440	1.89	23.2	33.0	9.10	3.43	
丰宁洪汤寺	J ₃ C、断层	60	3.01	0.28	0.126	24	376	0.92	8.00	25.2	1.00	2.97	
青龙汤杖子	J ₁ B、J ₁ Z	39.4	7.03	0.31	0.159	27	1080	1.89	12.3	45.0	1.23	2.20	沉积岩区
遵化汤泉	J ₁ S、Ar ₃ Z	56	7.00	0.68	0.189	13.8	618	1.29	9.50	42.5	42.5	2.11	
承德热河	J ₂ tch、Ar ₃ γgn	40	5.40	0.48	0.27	60	522	1.79	11.2	35.0	1.95	2.70	
平泉小寺沟	T ₁ l、断层	38	4.80	0.43	0.17	20	440	1.10	13.1	25.0	1.89	3.40	
峰峰梧东井田	O ₂ m	43	12.6	0.69	0.23	88	640	2.86	9.44	42.0	2.04	2.41	
玉田郭家屯	Jxw	25	13.0	0.45	0.209	49	720	1.78	13.8	66.2	2.21	2.36	
易县管头石门	Jxw	29	10.4	0.59	0.168	43	580	2.09	8.25	40.2	2.31	2.15	
滦平古北口	Chg、断层	34	8.60	0.46	0.15	25	640	1.60	10.7	27.0	1.82	2.70	
易县良岗南台	Chg、断层	28	6.59	0.28	0.091	20	660	1.70	7.50	36.1	1.40	2.14	变质岩区
平山孟贤壁	Pt ₁ Gt	64	8.76	0.21	0.224	23	500	2.08	9.98	34.2	1.12	2.52	
赤城塘子营	Ar ₃ δgn、J ₂ tch、断层	68.5	4.14	0.287	0.098	17	2000	1.48	14.2	36.5	1.00	2.44	
青龙八道河	Ar ₃ γδgn	28	2.69	0.31	0.129	24.6	630	1.29	10.0	26.0	1.63	2.59	
阜平温塘	Ar ₃ ηγgn、断层	64	3.66	0.24	0.112	20	1044	1.56	14.2	31.7	1.60	2.93	
邢台朱庄	Ar ₃ γ	52	3.20	0.21	0.098	27	384	1.79	10.35	22.5	1.09	3.29	
阜平下堡	Ar ₃ κγ、断层	61	2.63	0.19	0.126	15.0	676	2.29	9.00	23.8	1.47	2.02	
卢龙崔庄	Ar ₃ L、断层	53	4.89	0.34	0.18	17	440	1.70	11.0	20.7	0.98	2.62	
滦平马营子	Ar ₂ Togn、断层	27	2.70	0.27	0.09	31	640	1.29	3.40	25.0	3.58	3.40	
涞源南马庄	Ar ₂ Togn、Ar ₃ ηγgn、断层	34	5.83	0.39	0.098	19	800	1.79	19.5	30.3	2.31	2.79	
阜平台峪	Ar ₂ Togn、J ₂ Q	30	5.63	0.28	0.119	20	860	1.10	17.3	26.3	2.34	2.34	
阜平吴王口	Ar ₂ γf、Ar ₃ γ	62	5.75	0.36	0.098	14	780	1.70	8.25	26.6	1.12	2.34	
灵寿温塘	Ar ₂ Ch、J ₃ D、J ₃ G	56	3.66	0.25	0.091	16.0	940	1.29	18.75	14.5	1.61	2.29	
平山温塘	Ar ₂ Ch	54	5.79	0.49	0.133	43	600	2.57	11.48	30.2	1.34	2.64	
怀来奚家堡	Ar ₂ Sgc、断层	69	4.10	0.29	0.53	7.0	370	0.84	9.0	18.2	1.40	2.26	
全省均值			6.59	0.45	0.187	25.8	611	1.66	10.44	28.9	1.81	2.62	

注: ENh—汉诺坝组; K₁d—大北沟组; K₁y—义县组; K₁X—下窝铺单元; K₁S—三座店单元; ξοπK₁—粗面岩; J₃D—大黄山单元; J₃G—高尔沟单元; J₃W—五道川单元; J₃Bb—八步沟门单元; J₃z—张家口组; J₃Sz—双栅子单元; J₃C—陈家庄单元; λJ₃—潜流纹岩; J₂C—程子沟单元; J₂Q—清泉寺单元; J₂t—髫髻山组; J₂tch—土城子组; J₁B—白家店单元; J₁Z—赵杖子单元; J₁S—赵杖子单元; Jxw—雾迷山组; T₁l—刘家沟组; Chg—高于庄组; O₂m—马家沟组; Pt₁Gt—含石榴石变质花岗岩; Ar₂γf—元坊岩组; Ar₂Ch—城子沟岩组; Ar₂Sgc—桑干变质岩; Ar₂Togn—英云闪长质片麻岩; Ar₃Z—遵化岩群; Ar₃γgn—花岗质片麻岩; Ar₃δgn—闪长质片麻岩; Ar₃γδgn—花岗闪长质片麻岩; Ar₃ηγgn—二长花岗质片麻岩; Ar₃γ—片麻状花岗岩; Ar₃κγ—变质钾长花岗岩; Ar₃L—滦县岩群

表 2 京津冀不同地质背景地热区 1:20 万水系沉积物元素含量均值

Table 2 Mean value of sedimentary elements in 1:200,000 water system in different geologic backgrounds in Beijing-Tianjin-Hebei

成因类型	As	Sb	Bi	Hg	F	U	Th	Li	Sn	K ₂ O
火山岩型	7.54	0.470	0.137	20.1	766	1.74	10.56	36.4	1.85	2.65
侵入岩型	7.47	0.466	0.311	23.04	627	1.65	12.32	35.0	3.15	2.61
变质岩型	4.34	0.280	0.142	19.9	713	1.46	11.50	24.5	1.50	2.46
沉积岩型	8.77	0.480	0.184	43.6	600	1.85	10.57	38.8	1.95	2.55

注: 元素含量单位同表 1

表 3 京津冀不同地质背景地热区 1:20 万水系沉积物元素衬值

Table 3 Elemental lining values of 1:200,000 water system in different geologic background geothermal areas in Beijing-Tianjin-Hebei

成因类型	As	Sb	Bi	Hg	F	U	Th	Li	Sn	K ₂ O
火山岩型	1.14	1.04	0.733	0.779	1.25	1.05	1.01	1.26	1.02	1.010
侵入岩型	1.13	1.04	1.660	0.893	1.03	0.99	1.18	1.21	1.74	0.996
变质岩型	0.66	0.62	0.759	0.771	1.17	0.88	1.10	0.85	0.83	0.939
沉积岩型	1.33	1.07	0.908	1.690	0.98	1.11	1.01	1.34	1.08	0.970

Th 等的低缓异常对不同地质背景的地热区可能具有相应指示作用,指示元素分别为:火山岩区 Li-F-As-U,侵入岩区 Sn-Bi-Li-Th-As,变质岩区 F-Th,沉积岩区 Hg-Li-As-U。

从区内典型地热泉地球化学异常剖析图(图 1)可见,As、Be、Bi、B、F、Mo、Hg、U、Th 等对地热泉点有一定指示作用,它们多分布于地热泉一侧面,分带明显,套合较好,可能指示地热源区内的空间位置。

根据相关分析,在地热水温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 与水系沉积物元素含量之间可建立回归方程:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 485148x + 46.9, \quad x = (C_{\text{Mo}} \times C_{\text{Ag}} \times C_{\text{Na}_2\text{O}} \times C_{\text{La}} \times C_{\text{Bi}}) / (C_{\text{Co}} \times C_{\text{P}} \times C_{\text{B}} \times C_{\text{MgO}} \times C_{\text{CaO}}), \quad \gamma = 0.4832, n = 38,$$
其中 γ 为相关系数, n 为样本数。

根据元素地球化学性质,碱性岩浆热液活动和钼、银成矿作用伴生产物为产热、导热岩层,而变质岩、沉积岩为隔热层。

4 基岩区地热远景区划

根据指示元素地球化学异常组合分布,本区基岩区共圈定地热(含干热岩)远景区 50 处,这些远景区呈现 NE、NW 和 EW 向展布,与深大断裂、燕山期中基性岩浆岩分布关系密切,同时与平原区地热异常区分布规律协调一致(图 2)。区内主要远景区划的地球化学异常组合及地质特征如下。

4.1 16~25 号远景区

16~25 号远景区主要分布于沉积岩分布区,为 As-Sb-Bi-Hg-F-Li-Sn-U-Th 异常组合,规模在 375~2 600 km² 之间。远景区多处 在 NE 向、NW 向、近 SN 向、近 EW 向断裂构造发育地带,其中 17 号远景区处在八步沟门单元,双栅子单元和陈家庄单元的侵入岩分布区,规模为 2 600 km²,NE、NW 向断裂构造发育,有已知丰 1(76℃)、丰 2(60℃)、洪汤寺(60℃)、塘子营(68.5℃)4 处温泉;22 号远景区处于南大山单元、蛇盘兔单元、白家店单元、程子沟单元、汤家窝铺单元、三座店单元的沉积岩、侵入岩分布区,规模为 2 400 km²,NW、NE 向断裂发育,有已

知青 1(28℃)、八道河(63℃)、汤杖子(39℃)共 3 处温泉;23 号远景区处于双栅子单元、后梆子沟单元分布区,NE 向断裂发育,有已知黑山窑(38℃)、大泥河(48.5℃)共 2 处温泉;24 号远景区处于髫髻山组大黄峪单元、高尔沟单元、榆树林单元、三道沟单元的火山岩和侵入岩分布区,规模为 768 km²,NE 向断裂发育,有已知涿 1(44.5℃)温泉 1 处;25 号远景区为大黄峪单元、榆树林单元分布区,NW 向、NE 向断裂发育,有已知涞 1(31℃)、阜 1(60℃)、阜 6(30℃)、阜 5(56℃)等 6 处温泉出露。

4.2 26~36 号远景区

26~36 号远景区均为 As-Sb-Bi-Hg-F-Li-U 异常组合,规模在 250~1 800 km² 之间,其中,29、36 号远景区为新太古代角闪斜长片麻岩变质岩区,27、34 号远景区为侵入岩区,32 号远景区为长城系沉积岩分布区,有 EW 向喜峰口深大断裂通过。远景区内 NW 向、NE 向、近 SN 向断裂构造发育。31 号远景区规模为 1 000 km²,为大北沟组火山岩、粗安岩分布区,NE 向断裂发育,有已知马营滦 2(27℃)、古北口滦 2(27℃)2 处温泉分布;33 号远景区为张家口组、大北沟组、义县组火山岩分布区,NW、NE 向断裂发育,规模为 1 800 km²,有已知围 2(29℃)、隆(78℃)、汤池子(90℃)温泉 3 处;36 号远景区为新太古代变质花岗岩、长城系、寒武—奥陶系沉积岩分布区,NE 向断裂发育,规模为 495 km²,有已知沙 1(51℃)温泉出露。

4.3 3~8 号远景区

3~8 号远景区均为 As-Bi-Hg-F 异常组合,规模在 240~480 km² 之间。4、5、8 号远景区为侵入岩区,7 号远景区为变质岩区,3、6 号远景区为火山岩分布区。NEE、近 SN、NW、近 EW 向断裂构造发育。其中,6 号远景区为火山岩分布,NW 向断裂发育,规模在 260 km²,其内有已知热水汤(70.4℃)温泉 1 处。

4.4 37~40 号远景区

37~40 号远景区均为 As-Sb-Bi-Hg-F-U-Th 异常组合,除 38 号远景区内有侵入岩分布外,其余均处在火山岩分布区,规模在 550~1 250 km² 之间。其

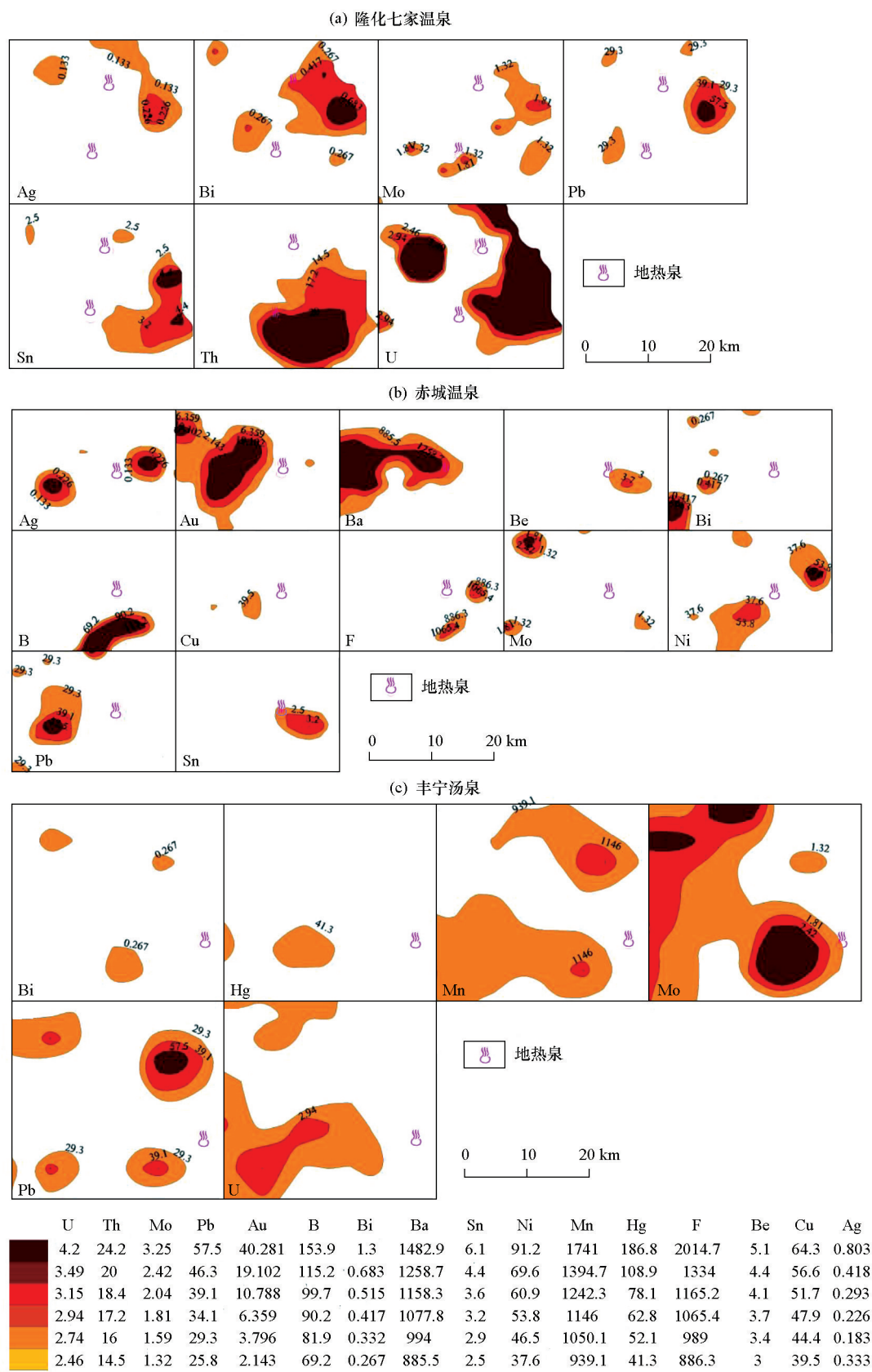


图 1 河北省典型地热泉地球化学异常剖析

Fig.1 Geochemical anomalies dissect map of typical geohat springs in Hebei Province

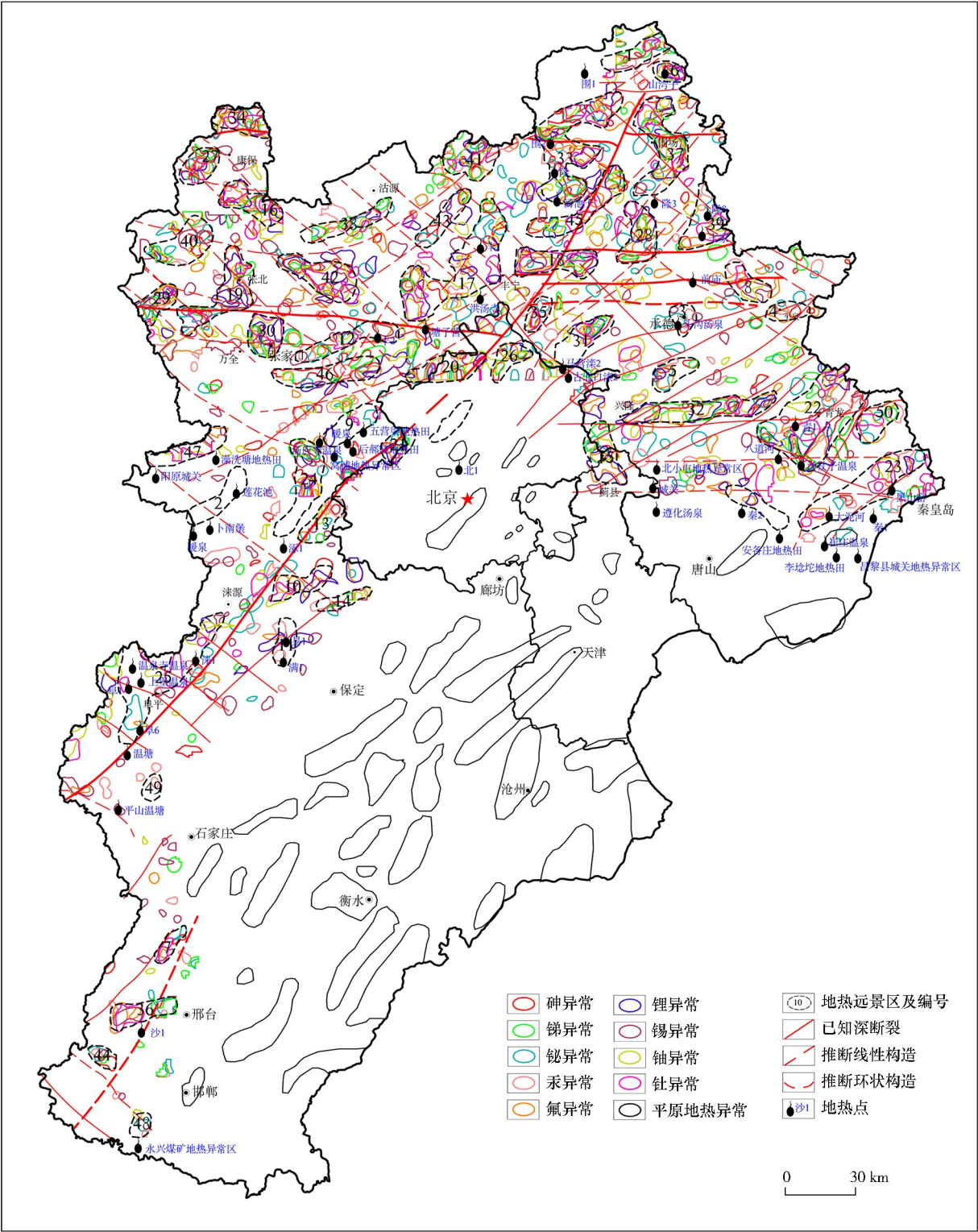


图 2 京津冀地热远景地球化学区划

Fig.2 Geochemical regional planning map of geothermal prospect in Beijing-Tianjin-Hebei

中 37 号远景区内为火山岩大北沟组、义县组分布区,NW 向断裂及燕山期火山机构发育,有已知隆 3 (36 ℃)温泉 1 处;39 号远景区为程子沟单元侵入岩分布区和义县组火山岩 分布区,EW 向深大断裂发育,有已知数据 (64 ℃)、七家 (90 ℃)、前庙 (42

℃)等 3 处温泉。
4.5 41~43 号远景区
41~43 号远景区均为 As-Sb-Bi-Hg-Li-Sn-U-Th 异常组合,均为火山岩分布区,NE 向断裂构造及燕山期火山机构发育,规模在 450~1 100 km²。

4.6 已知热泉远景区

2 号远景区:有 As 异常,远景区规模 460 km²,为髫髻山组火山岩、侏罗系中统侵入岩和松散堆积物分布区,NE 向断裂发育,有已知莲花池(20℃)、卜南堡(38℃)、暖泉(19.5℃)共 3 处温泉及热异常出露。11 号远景区:有 As-Li-Hg-Sn 组合异常,远景区规模 420 km²,为沉积岩高于庄组、雾迷山组分布区,NE 向断裂发育,已知易 1(28.0℃)、满 1(29.0℃)2 处温泉出露。12 远景区:有 As-Sb-Bi-F-U-Th 组合异常,远景区规模 650 km²,为沙厂单元、石盘口单元侵入岩分布区,赵杖子单元火山岩分布区和次火山岩潜石英正长斑岩分布区,ES 向深大断裂发育,有已知 68℃ 温泉 1 处。47 远景区:有 As-Sn-U-Th 组合异常,远景区规模 500 km²,为沉积岩和侵入岩分布区,NE 向断裂发育,内有已知阳原城关(20℃)热异常和澡洗塘(42℃)温泉各 1 处。

综上,根据区域地球化学异常相关指示元素划分的 50 处基岩区地热资源远景区,有 15 处远景区内含有至少 1 处已知热泉,所规划远景区均具有相同或相近的地球化学异常特征及地质特征,具有有利地热地质条件。区划成果显示,远景区的分布与深大断裂、构造岩浆岩带等地质要素大致吻合,成群、成带、规模较大的特征明显,说明京津冀基岩区存在可观的地热资源潜力前景。

5 部分远景区地热勘查效果

划定的 50 个远景区尚未进行过系统的综合勘查工作,但其中的 6 个远景区局部勘查成果均可说明区划远景区具有形成地热资源的有利条件和资源潜力。

1) 15 号远景区天津蓟县盘山一带:北小屯地热异常区,由井温调查圈定热异常面积约 5 km²,验证井深 812.7 m,出水量 73.66 t/h,井口温度 41℃;蓟县城关地热异常区,井温调查圈定热异常面积约 15 km²,验证孔深 2 086 m,水温 40℃,单井涌水量 1 776 m³/d。

2) 19 号远景区张北县城一小二台一带:常温层温度小于 6℃,在 100 km² 调查区圈定热异常 8 处,总面积为 29.4 km²。其中,三普加气站 50 m 深度水温为 36.3℃,李元村 24 m 深度水温为 17.5℃。在县城西部的海子洼通过物探勘查定井,钻探深度 1 800 m,出水温度 44℃,出水量 20 t/h。

3) 29 号、40 号远景区尚义县:在大营盘西平庄村井温调查时,在用水井发现 25℃ 热异常(约 20 m

深)。

4) 16 号远景区沽原县西部九连城一带:井温测量 50 km²,常温层小于 6℃(20 m 深度),圈定峰值大于 10℃ 的明显地热异常 2 处,面积分别为 1.5 km² 和 2.5 km²,指示了深部热储的存在。

5) 38 号远景区沽原县莲花滩乡茂盛沟,发现水温为 16℃ 的明显异常(常温层为 5.5℃ 左右)。经 CSAMT 测量,热异常对应深部较大规模断裂构造,显示了构造裂隙型热储的特征。

上述热异常区均位于地球化学指示元素异常圈定的基岩区地热资源远景区内,说明地球化学指示元素异常对基岩区热储的勘查规划具有指导意义。

6 结语

通过本次京津冀地区地热资源调查研究,笔者总结出了几点地热资源的勘查要点。基岩区的地热资源勘查应首先对选区的地质及物化探等基础资料进行综合分析,对构造裂隙型或山间盆地型的地热地质条件做出判断,制定有针对性的勘查技术方案,对潜在资源进行有序勘查。调查阶段应以专项地热地质调查、综合物化探勘查等手段,查明热异常分布及深部地质结构、断裂构造、隐伏岩体等地热地质条件,按源、通、盖、储四要素推测深部热储富集区(带),划定重点勘查区;重点勘查区勘查主要以确定潜在热储构造(构造裂隙型)或热储层(山间盆地型)的分布范围和埋藏深度为目标。选择综合方法的同时,侧重运用电磁法等较大勘探深度的物探方法,对深部控热和储热地质构造(层)做出判断;根据勘查成果,通过有利位置的钻探勘查验证,为热储资源潜力初步评价和进一步的勘查规划提供依据。

参考文献(References):

[1] 朱炳球,余映河,朱立新. 地热勘查中一种有前景的地球化学方法[J]. 物探与化探,1983,10(5):258-265.
Zhu B Q, Yu Y H, Zhu L X. A promising geochemical method in geothermal exploration[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1983, 10(5):258-265.

[2] 朱炳球,张锦茂,朱立新,等. 热田勘查中新的地球化学指标[J]. 物探与化探,1984,11(6):332-340.
Zhu B Q, Zhang J M, Zhu L X, et al. New geochemical indicators used in geothermal exploration[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1984, 11(6):332-340.

[3] 郑亚新,章铭陶,朱炳球,等. 云南腾冲热海热田痕量元素分带研究[J]. 地质科学,1991(2):137-147.
Zheng Y X, Zhang T M, Zhu B Q, et al. Study on trace element zoning in the hot sea heat field of Tengchong, Yunnan[J]. Geolog-

ical Science,1991(2):137-147.

[4] 朱立新,朱炳球. 西藏羊八井热田的碱金属元素研究[J]. 物探与化探, 1990,14(1):55-61.
Zhu L X, Zhu B Q. Study on alkali metal elements in Yangbajing Tibet geothermal[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1990,14(1):55-61.

[5] 马逸麟,梅丽辉,卢先锋,等. 鄱阳湖区地热、油气资源潜力分析[G]//肖桂义,秦爱华.多目标区域地球化学调查与评价文集.北京:地质出版社, 2011:189-192.
Ma Y L, Mei L H, Zhu X F, et al. Analysis of geothermal and oil and gas resources potential in Panyanhu area[G]//Xiao G Y, Qin A H. Multi-target regional geochemical survey and evaluation. Beijing: Geological Publishing House, 2011:189-192.

[6] 王学平,王会锋,尹宗义,等. 土壤地球化学在地热田预测中的应用[G]//肖桂义,秦爱华.多目标区域地球化学调查与评价文集. 北京:地质出版社, 2011:198-203.
Wang Xu P, Wang H F, Yin Z Y, et al. Application of soil geochemistry in geothermal field prediction[G]//Xiao G Y, Qin A H. Multi-target regional geochemical survey and evaluation. Beijing: Geological Publishing House, 2011:198-203.

[7] 谢学锦,李善芳,吴传壁,等. 二十世纪中国化探 1950~2000 [M]. 北京:地质出版社, 2009:181-183.
Xie X J, Li S F, Wu C B, et al. Chinese chemistry in the 20th century 1950 ~ 2000 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009:181-183.

[8] 刘鹤峰. 河北省地质矿产环境[M]. 北京:地质出版社, 2006: 714-719.
Liu H F. Hebei Province's geological mineral environment [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006:714-719.

[9] 张德忠. 河北地热[M]. 北京:地质出版社, 2012.
Zhang D Z. Hebei geothermal [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012.

[10] 师刚强. 浅析地球化学理论及方法在地热水资源开发中的应用[J]. 地球科学进展, 2012, 27(增刊):402.
Shi G Q. Analysis on the application of geochemical theory and method in the development of geothermal water resources[J]. Advances in Earth Science, 2012, 27(S):402.

Geochemical regional planning of geothermal resource prospect in Beijing-Tianjin-Hebei bedrock region

WANG Xiao-Dong, LI Xiang-Xin, GONG Jin-Zhong, SHI Ling-Ling
(Hebei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, China)

Abstract: By using regional geochemical data in combination with regional geological conditions to determine geothermal prospect areas, researchers can evaluate the potential of geothermal resources. Data research shows that geochemical characteristics of geothermal areas of different genetic types in Jingjinji are different. The lower mild anomalies of As, Sb, Bi, Hg, F, Li, Sn, U, Th and other elements may have corresponding indication effects to different types of geothermal areas. Various types of geothermal geochemical indicator elements are as follows: Li-F-As-U for volcanic rock type, Sn-Bi-Li-Th-As for invasive rock type, F-Th for metamorphic rock type, and Hg-Li-As-U for sedimentary rock type. According to the correlation analysis, the regression equation can be established between the geothermal water temperature T and the sediment element content in the water system sediments. It is indicated that the alkaline magmatic hydrothermal activities and the associated products of molybdenum and silver mineralization are heat-producing and thermal-conductive rock formations, whereas the metamorphic rocks and the sedimentary rocks constitute the insulation and heat preservation layers. According to the spatial distribution of the combination of geochemical anomalies of the indicator elements, a total of 50 geopotential or dry-hot rock prospect areas were delineated in bedrock areas of Jingjinji. These prospective areas show NE, NW and EW distributions, which are closely related to the deep huge faults and the Yanshanian medium-basic magmatic rocks. Meanwhile, they are consistent with the distributions of geothermal anomalies in the plain areas. In recent years, geothermal exploration activities show that this result has played an important guiding role.

Key words: geothermal resources; geochemistry; prospect regional planning; bedrock areas in Beijing-Tianjin-Hebei

(本文编辑:蒋实)