

2-2 地表调查

2-2 地表调查

2-2-1 地质调查

地质调查是在第2次及第8次现场调查时实施的。

地质调查的内容是，在羊八井北部地区(即中尼公路以北的地区)和周围地区进行了地表踏勘，对航空照片进行了辨认分析，确定了地质层序和基岩，进行了地质构造、断裂系和蚀变带的调查，并采取了岩石试样。第1次国内作业和第4次国内作业的内容是，使用岩石试样进行了岩石薄片显微镜观察，X射线分析，热发光(TL)强度测量，流体包裹体测量。地质调查的地点位置如图2-2-1(1)，(2)所示。

(i) 地质层序，基岩调查

通过地表踏勘对地质层序和基岩进行了调查，确认了中国方面的地质调查的成果。羊八井地区和周围地区的地质状况如表2-2-1所示，地质图如图2-2-2所示。

特别是通过这次调查判明了如下事实，1) 确认了作为基岩的念青唐古拉群，是由东南侧(地堑带侧)的白垩纪花岗岩及白垩系与糜棱岩化带接触，生成了羊八井地区的构造带，2) 判明了第四纪砂砾层，是由构成高位地台的可能是中期更新世的砾层，与构成低位地台的后期更新世砾层及现代河床的完新世砾层所组成。

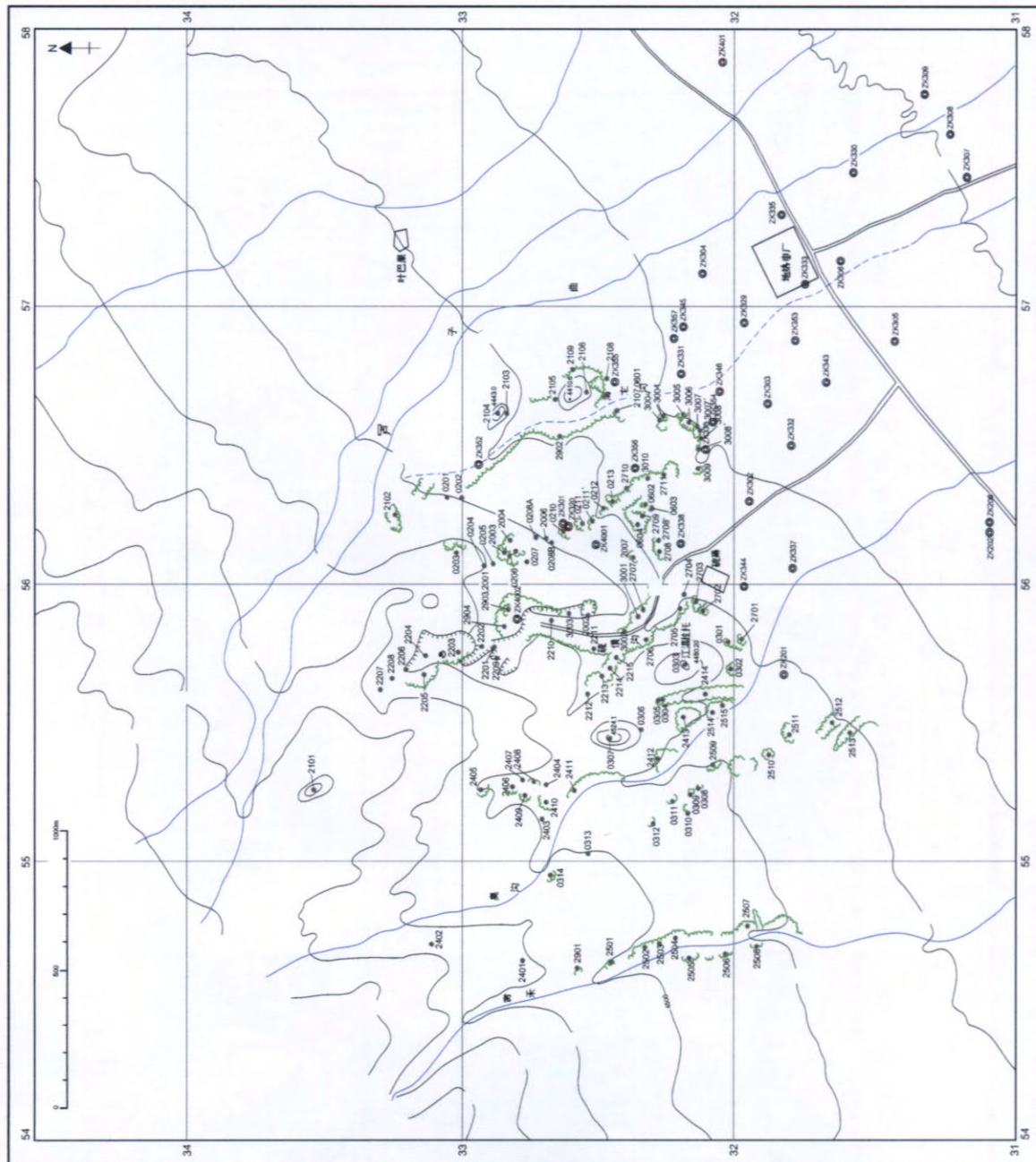
(ii) 地质构造和断裂系调查

更新世砾层是从西北方的念青唐古拉山脉得以补给并缓慢向东南方向倾斜着，不过在一部分地区由于断层使其变位向山脉方面倒转倾斜。

由地表勘查测定的64条断层的 π -极点图见图2-2-3，玫瑰花图见图2-2-4。测量到的断层大部分是位移量小的小断层，不过也有位移量大的断层(见图2-2-5)，称为断层F1~F10。这些断层是从中期更新世以后的地层发生位移而形成的，所以认定是活动断层。这些断层表示了羊八井地区的地壳变动(断层活动)是很活跃的。

测量到断层倾斜角在 53° 以上，从走向上被分为NNE-SSW系，NE-SW系，及N-S~NNW-SSE系的3个系统。观察数最多的断层是N-S~NNW-SSE系，大部分是切断水热蚀变带的小断层，位移量大的断层只有F2。其他9个断层属于NNE-SSW系和NE-SW系(表2-2-2)。

在本地区位移量最大的断层是断层F2，F2与断层F3一起构成断层带。断层F2是具右旋走滑性质的东南东倾斜的正断层，在断层的幅度超过50m的下盘上产生着许多次生小断层。在断层F2的下盘(西北)方完钻的ZK4002井在深度16m进入基岩，另一方面在大体同样高程的断层的上盘(东南)方完钻的ZK320井和ZK4001井分别在深度230m和240



LEGEND

- 2101 — locally number same as rock sample number
- ▲ — Number 2711 shows Sep.27th and 11th outcrop
- — Number 0602 shows Oct.6th and 2nd outcrop
- — locality of outcrop

图 2-2-1 (1) 地质调查地点位置图 (第 2 次现场调查)

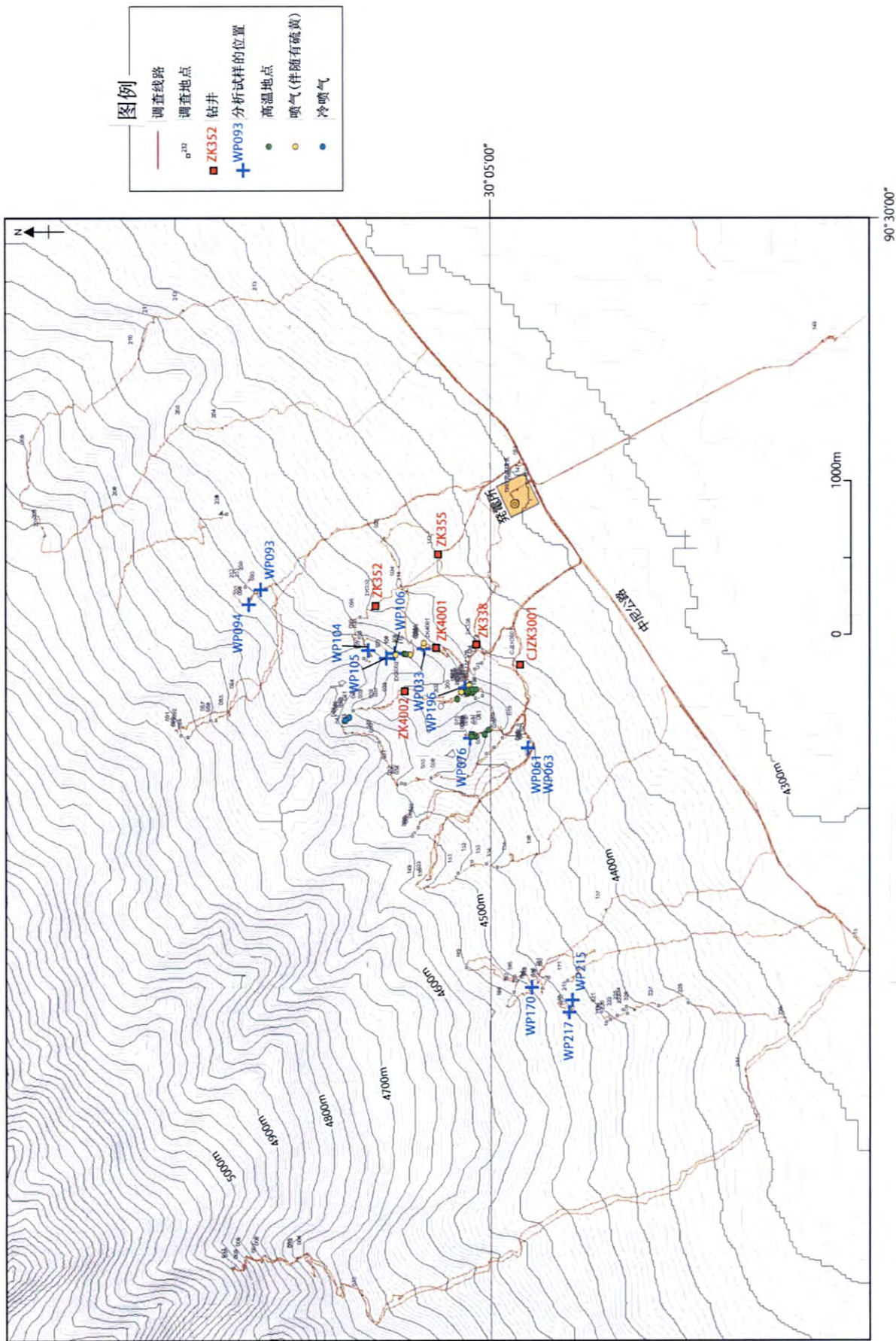


图 2-2-1-1 (2) 地质调查地点位置图 (第 8 次现场调查)

表 2-2-1 羊八井地区的地质层序综合表

地质层序	构成地质	主要地质事件
冲积层	砂砾	
晚更新世砾层	砂砾	受热液蚀变 形成高角度正断层
中更新世? 砾层	砂砾	受热液蚀变 形成高角度正断层
中新世火山岩类	安山岩·粗面岩等	形成念青唐古拉剪切带 (NSZ) (沿 NSZ 受糜棱岩化作用) 喜马拉雅期花岗岩侵入
渐新世~始新世火山岩类	流纹岩、安山岩、凝灰岩等	燕山期花岗岩侵入
白垩系 (K1, K2)	K2: 泥岩·砂岩、砂砾岩, 凝灰岩等 K1: 砂岩·页岩等	一部分白垩系发生较低程度广域变质作用
时代不详	糜棱岩	形成花岗岩质糜棱岩带
前震旦系念青唐古拉群 (An/Znn)	片麻岩、角闪岩等	较高程度广域变质作用

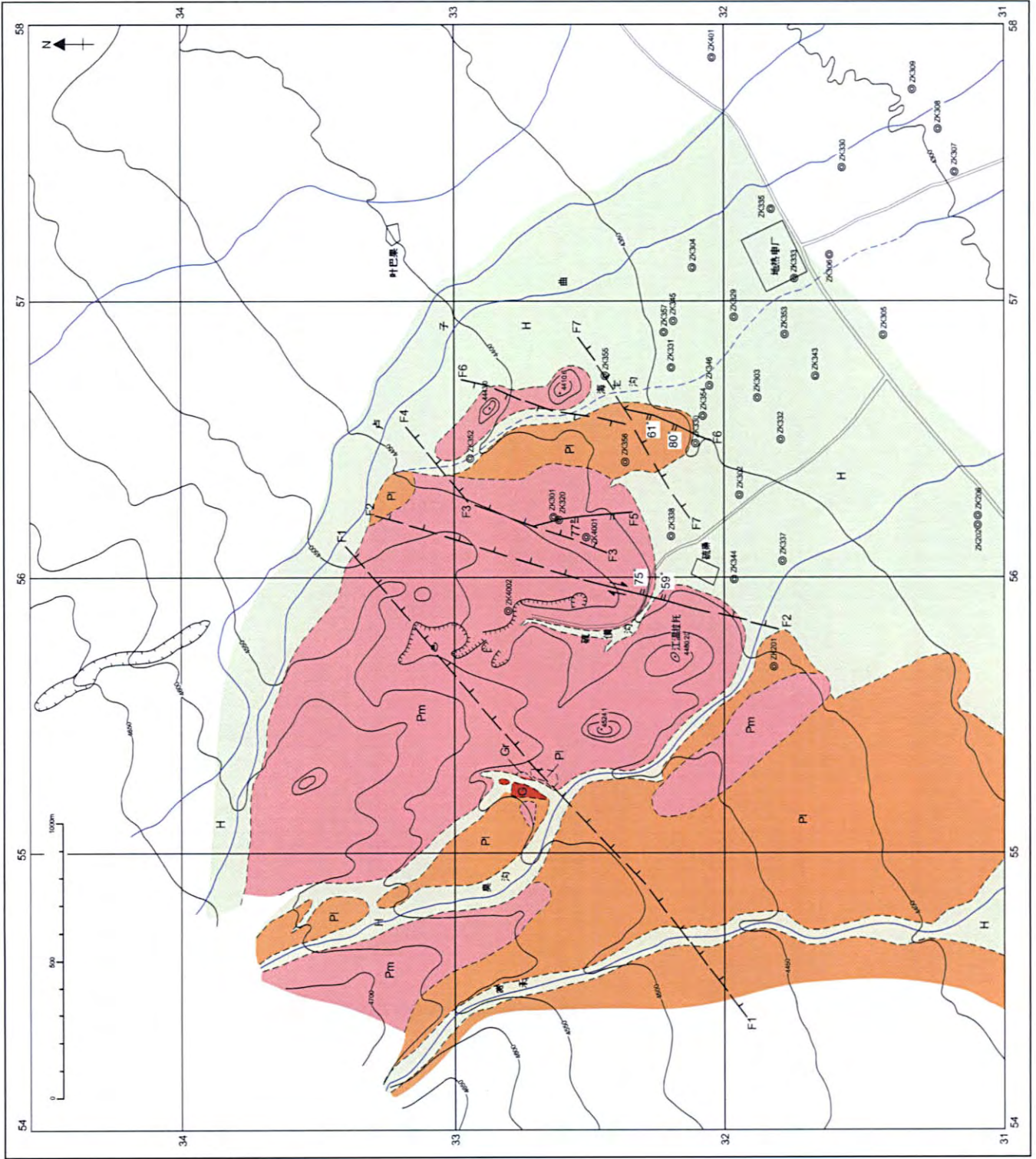


图 2-2-2 羊八井地热田地质图

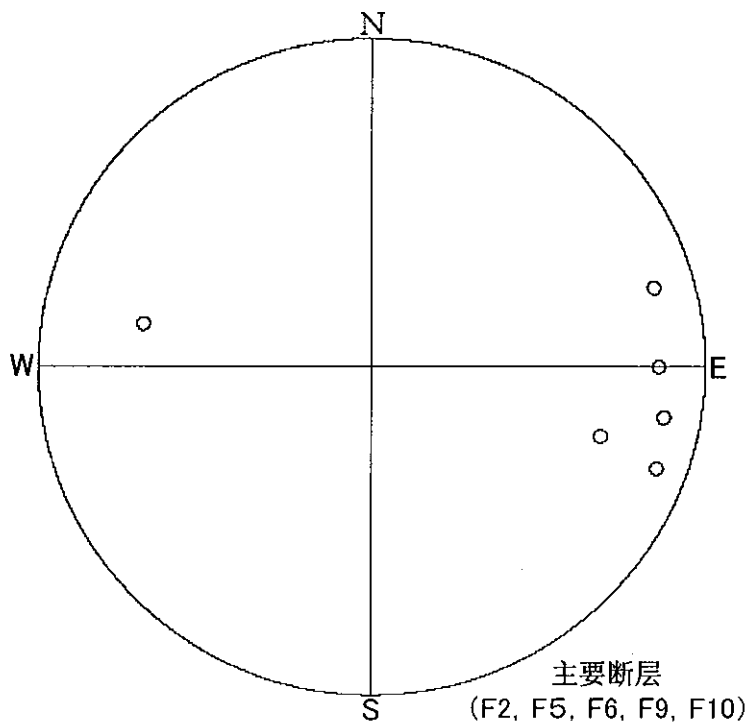
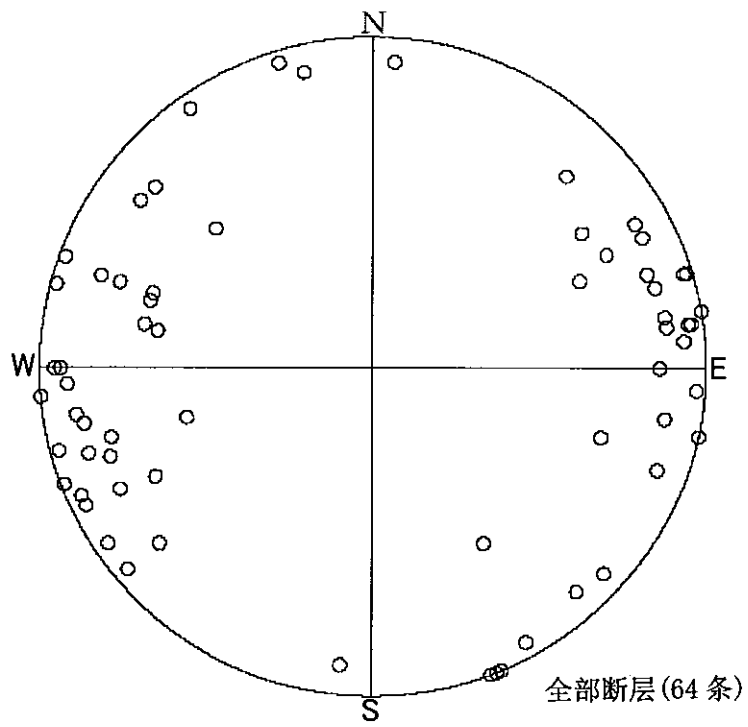


图 2-2-3 羊八井地区断层的 π -极点图

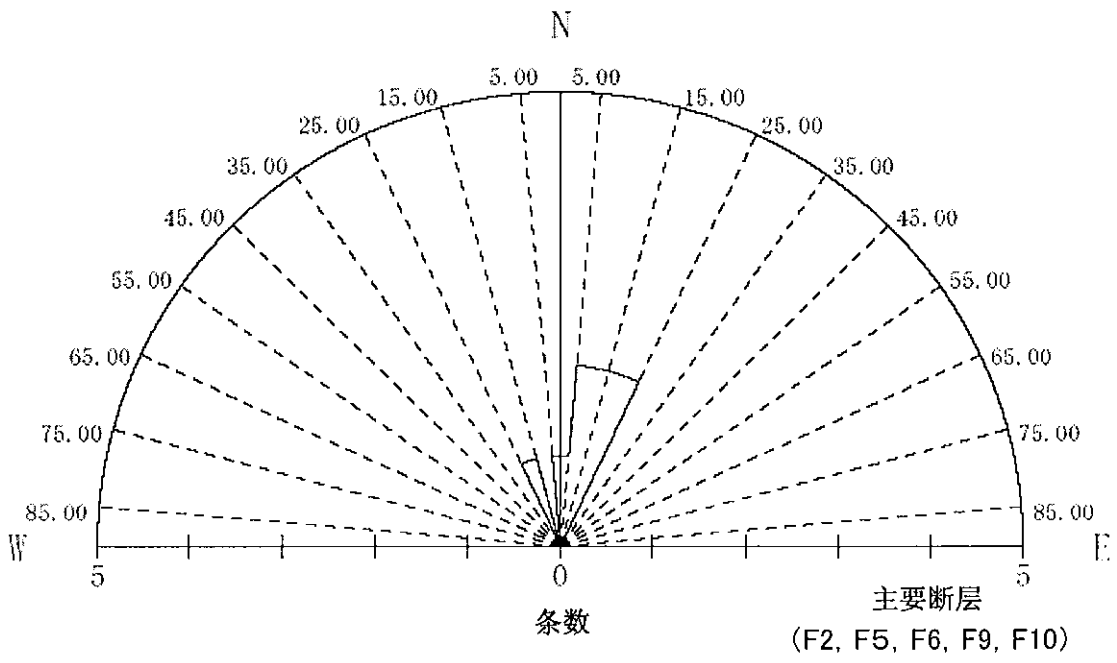
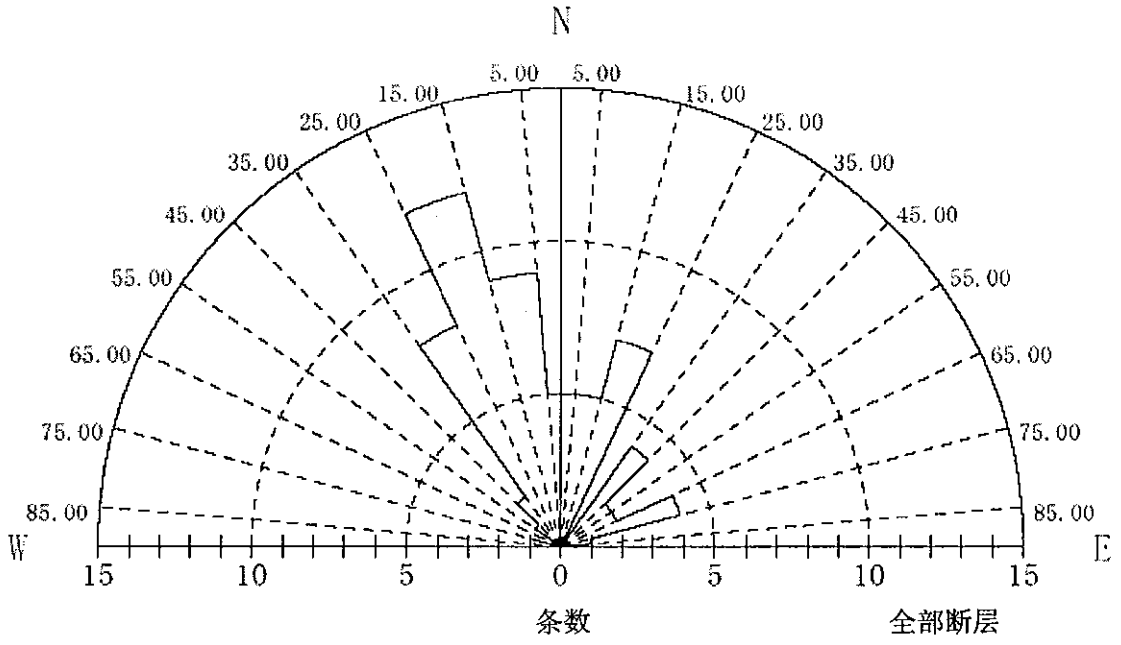


图 2 - 2 - 4 羊八井地区断层的玫瑰花图

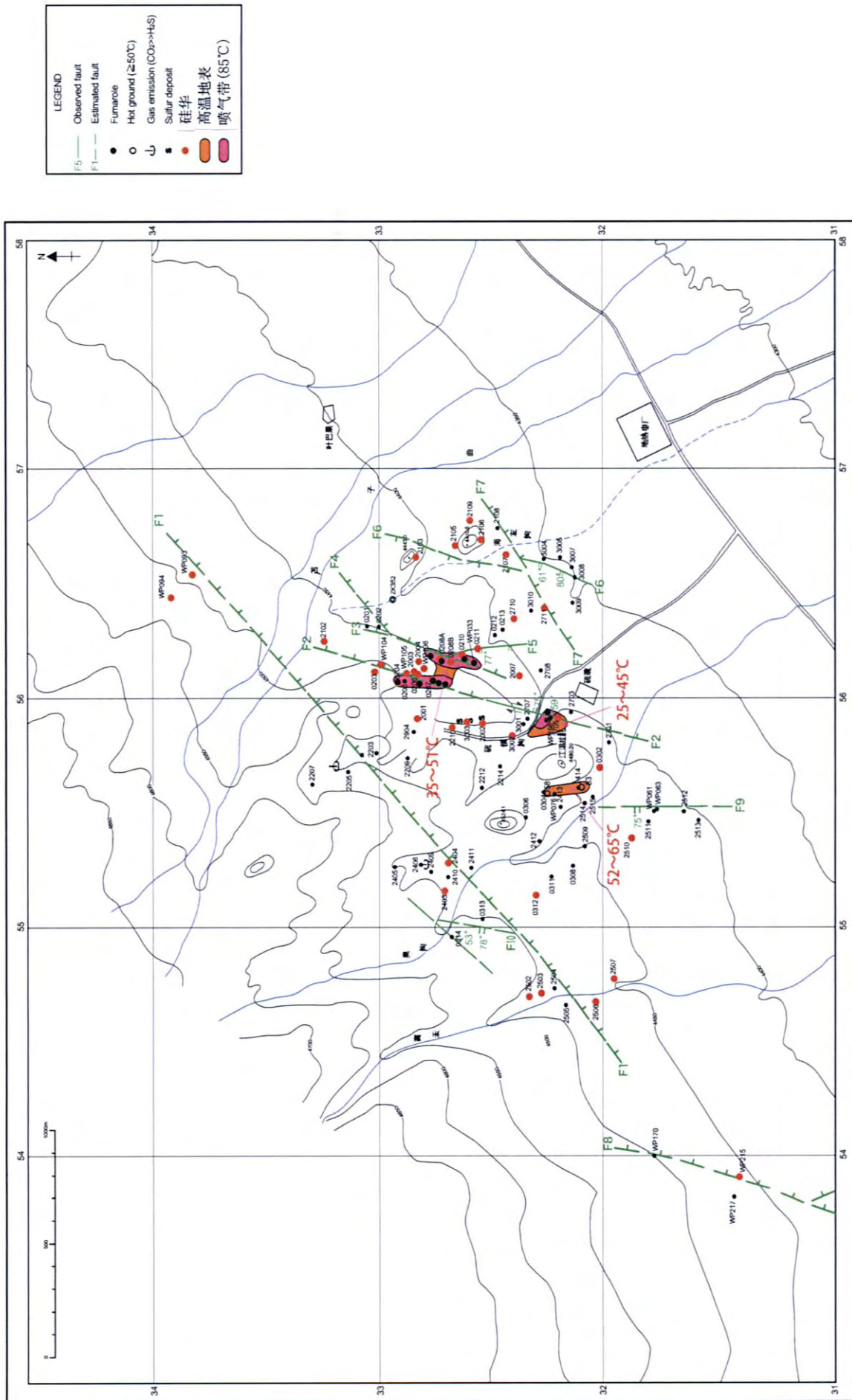


图 2-2-5 羊八井地热田的主要断层及地热的地表迹象分布图

表 2-2-2 地质图中断层性状一览

断层名	断层性状或推测依据	断层系统
F 1	推测断层。臭沟的基岩花岗岩在南侧消失、从花岗岩中NE-SW系小断层的分布推测断层向南部下降。硅化蚀变带呈NE-SW方向排列，沿断层有冷喷气（气态CO ₂ ）分布。	NE-SW系
F 2	实际存在的断层。测得断层倾斜方向为59°、75°。推断为右行走滑性质（45°的线条）的正断层。断层下盘方分布有幅度宽广的硅化带，且喷气大多带有硫黄（大约85℃）。	NNE-SSW系
F 3	推测断层。从细长的硅华带排列来推断。喷气分布在多个地方。	NNE-SSW系
F 4	推测断层。本来向东南倾斜的阶地面向西北逆倾斜，推断为阶地面受掀动向南下降形成的断层。	NE-SW系
F 5	实际存在的断层。测得断层倾向为77°。正断层。控制着蚀变带的分布。	N-S系
F 6	实际存在的断层。测得断层倾向为61°和80°。正断层。控制着蚀变带的分布。	NNE-SSW系
F 7	推测断层。断层F 6有位移、为了解释受掀动的阶地东南边界推测的断层。	NE-SW系
F 8	推测断层。由蚀变带（硅化岩，硅华）的延伸方向与阶地陡坎的方向推断。推测阶地陡坎是断层崖。	NNE-SSW系
F 9	实际存在的断层。测得断层倾向为75°。沿断层有5cm宽的硅化带。有断层面擦面。	N-S系
F 1 0	实际存在的断层。断层倾向为78°。正断层。没有热液活动的痕迹。附近分布有许多同样的正断层。	NNE-SSW系

m进入基岩，由此可见断层F2的上盘相对于下盘落差有200m以上。另外，ZK320井和ZK4001井的基岩边界附近的砾层在60~156m的层厚范围内产生硅化。

在念青唐古拉山脉东南方面发达的地堑带，从正南方开始以NNE-SSW的走向到达本地区后，在羊八井地区弯曲成NE-SW走向并进一步向东北方向延续。本地区发育的NNE-SSW系及NE-SW系断层，是各自在地堑带的南部和北部形成的断层系，可以认为，在羊八井地区两断层系是交叉的。

(iii) 根据肉眼观察结果进行的蚀变带调查

羊八井北部地区的地表地热显示为：①伴随有温度为85℃左右的硫黄的喷气带；②出现有地表温度为50℃以上的高温地区（图2-2-5）。前者沿断层F2，断层F3和F5的交叉部位附近分布。后者在江温拉托西侧，走向N10°W，长度150m的范围内分布。在羊八井北部地区没能确认有温泉流出。

羊八井北部地区的水热蚀变带广泛分布在更新世砂砾层，可划分为3个带：非蚀变~极弱的粘土化带，粘土化带，及硅化带。硅化带推测是热水上升的中心区域。（图2-2-6）。

在第8次现场调查时，利用羊八井北部地区的地面卫星图像，发现了更广范围的白色蚀变带。这一白色蚀变带具有显示过去有高温热水流出的硅华（非晶质硅石）的分布特征。硅华的一部分在砾层中完全胶结，显示了与硅化岩类似的形成性状；一部分为白色的细粒矿物，存在于砂砾层的孔隙中，显示了与白色粘土化带相类似的形成性状。

本地区的硅化岩，有因热水流动使岩石中的诸成分流失引起硅石（SiO₂）浓缩而形成的流失浓缩型硅化岩，和随着热水温度降低由热水中沉淀出硅石的沉淀型硅化岩等2个类型，本地区以流失浓缩型硅化岩占主体。硅化带中伴随有喷气孔或冷喷气孔。

很多硅化带是沿着断层分布着（图2-2-7）。硅化带可划分为断层的下盘方有着宽幅度强硅化的类型（Type A），和断层的上盘方有着强硅化的类型（Type B）。Type A'是硅化带的下盘方有着窄幅度硅化的例子。

本地区最宽广的硅化带是沿着NNE-SSW系的断层F2分布的（图2-2-6）。沿着断层F3分布的硅化带与其平行。这之外，沿着NE-SW系的断层F1，N-S系的断层F5，NNE-SSW系的断层F6也有硅化带生成。

(iv) 岩石薄片显微镜观察

岩石薄片显微镜观察，是通过在显微镜下详细观察岩石来明确本地区及周围地区的

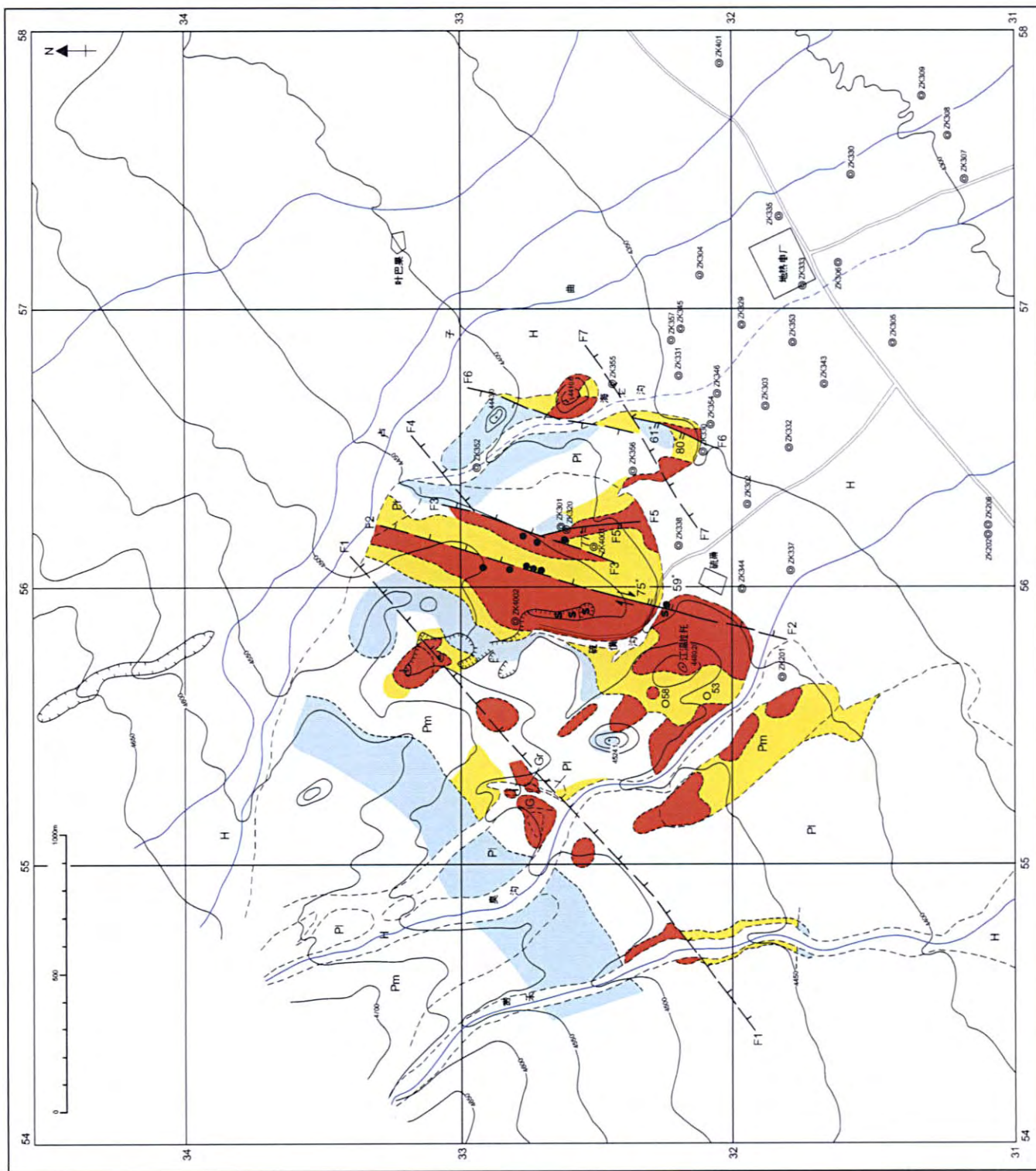


图 2-2-6 羊八井地热田蚀变带分布图

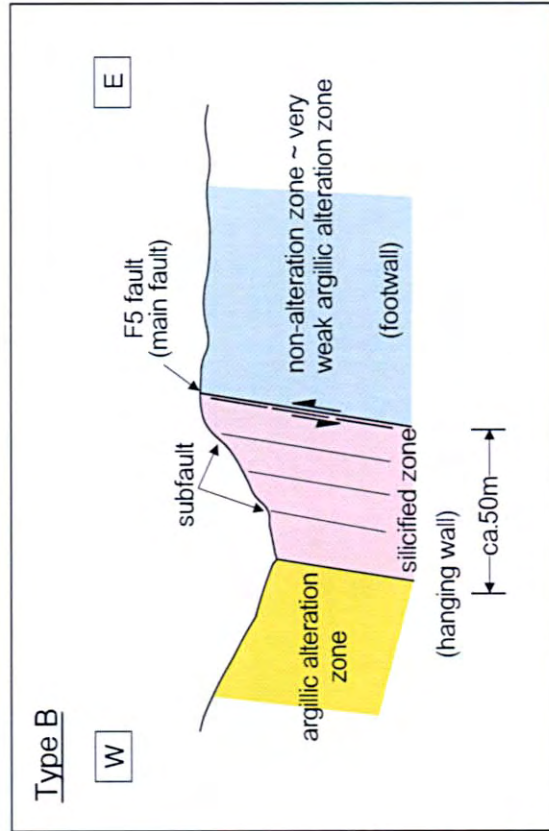
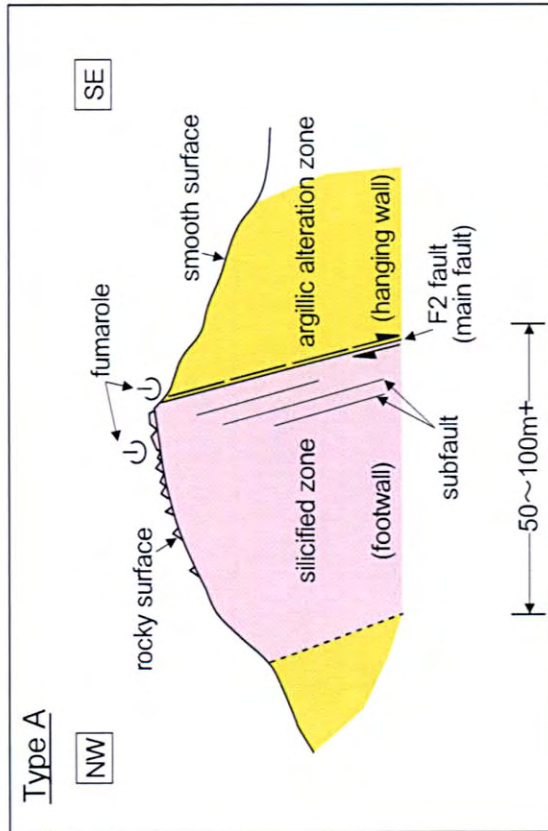
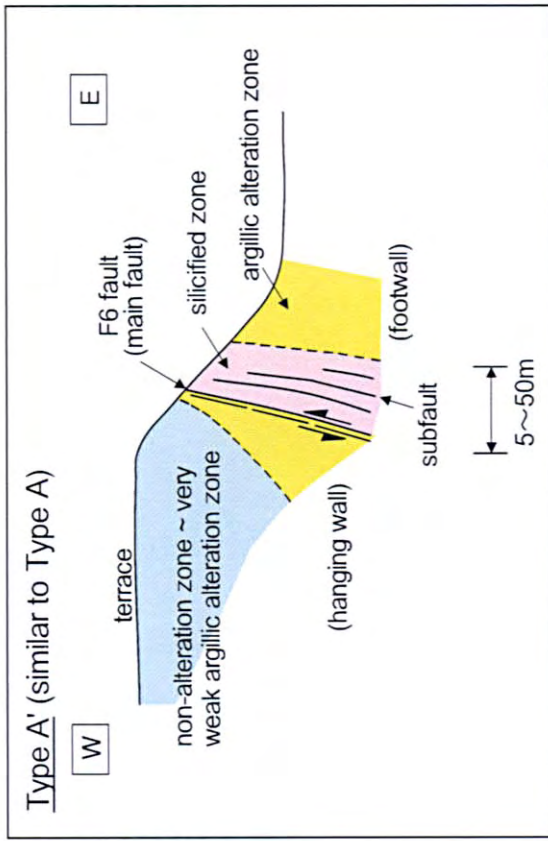


图 2-2-7 断层与蚀变带的关系

地质现象的性状为目的。岩石薄片显微镜观察结果如表 2-2-3 (1), (2) 所示。

通过显微镜观察确认了念青唐古拉山脉和地堑带的地质边界是老的花岗岩糜棱岩带, 羊八井地区的地热构造是在这个构造带上生成的。

水热蚀变带的岩石中, 硅华在沉积、胶结时, 长石类岩石被非晶质硅石所代替。

(v) 根据 X 射线分析结果进行的蚀变矿物分带

X 射线分析是以鉴定构成水热蚀变带的蚀变矿物, 按照蚀变矿物的性状及组合等弄清楚水热蚀变作用的特征和分布, 来判断地热流体上升的高温区域为目的。

通过 X 射线分析以下的矿物被鉴定。(表 2-2-4 (1), (2))。

粘土矿物: 蒙脱石(Smectite), 高岭石(Kaolinite), 迪开石(Dickite), 珍珠陶土(Nacrite), 绿泥石, 绢云母(Sericite)

沸石矿物: 斜发沸石(Clinoptilote), 束沸石, 浊沸石

硅石矿物: 非晶质硅石, α -方英石(α -cristobalite), 石英

硅酸盐矿物: 斜长石, 微斜长石, 正长石, 白云母, 黑云母

碳酸盐矿物: 方解石, 菱苦土石

硫酸盐矿物: 黄钾铁矾(Jarosite), 明矾石, 石膏

硫化矿物: 黄铁矿

氧化矿物: 锐锥石, 金红石, 赤铁矿

其他: 岩盐, 硫黄

在羊八井北部地区被鉴定的水热蚀变矿物, 是以酸性热水条件生成的矿物为主体, 同时原岩的残余矿物等也被检测出。

从蚀变矿物的生成状况和矿物组合, 本地区的蚀变带从流体上升区域的中心向周边地带可划分为, 硅化带→明矾石带→迪开石带→高岭石 B 带→高岭石 A 带→蒙脱石带等 6 个带(表 2-2-5)。蒙脱石带的外侧是非蚀变带。在此, 高岭石的(001)峰值可以区分为, 半价幅度宽广结晶度低的 A 带类型和半价幅度窄结晶度高的 B 带类型。另外, 表明热水活动活跃的斜长石完全消失带及表明有高温流体流出的硅华的分布与蚀变带的区划并没有关系。

在蚀变矿物形成带的图中, 显示了硅化带和明矾石带是流体上升区域的中心地带(图 2-2-8)。硅化带呈零星分布, 明矾石带却沿断层 F 2 与 F 6 在 NNE-SSW 延伸方向上分布。另外, 臭沟以西的硅化带与明矾石的分布范围还不明确。

表 2-2-3 (2) 羊八井地区岩石薄片显微镜观察结果

No.	Sample		Sedimentary rock & Accidental fragment										Igneous & Metamorphic rock							Alteration degree	Remarks							
			Crystal			Lithic			Texture	Phenocryst/ Main component/ Porphyroblast	Groundmass/ Accessory mineral	Alteration minerals																
			Qtz	Kfs	Pl	Ms	Mj	Zrn				Volume	Shape	Size (mm)	Rock type	Stb	Sm	Src	Kin			Lx	Lm	Amo	#1			
1	WP063	fault gouge (fault rock)	•				•	•			0.5-3	subangular	altered rock	foliated structure												5		
2	WP093	sand and gravel	○	•			•	•			0.1-1.0	angular - subangular	mylonite granitic rock altered rock	clastic							•	•	•	•	•	•	3 porous.	
3	WP094	sand and gravel	○	•			•	•			0.3-1.0	angular - subangular	mylonite granitic rock	clastic							•	•	•	•	•		3-4 porous.	
4	WP170	sand and gravel	○	•			•	•			0.2-2.0	angular - subrounded	mylonite granitic rock sandstone	clastic							○	•	•	•	•		3-4	
5	WP215	sand and gravel	•	•			•	•			0.2-3.0	subangular - subrounded	mylonite granite altered rock	clastic							•	○	•	•	•		3-4	

[Abbreviations]

Qtz: Quartz, Pl: Plagioclase, Kfs: K-feldspar, Ms: Muscovite, Mj: Mica, Zrn: Zircon, Stb: Stibite, Sm: Smectite, Src: Sericite (illite), Kin: Kaolin, Lx: Lencoxene, Lm: Limonite, Amo: Amorphous, #1: Cryptocrystalline minerals

[Volume]

30% <
10-30%
3-10%
< 3%

[Alteration degree]
1: unaltered - very weak
2: weak
3: intermediate
4: strong
5: very strong

⊙ abundant
○ common
◊ sporadic
• rare

表 2-2-4(1) 羊八井地区 X 射线分析结果

Minerals Locality	Clay minerals			Zeolites			Silica minerals			Silicates					Carbonates		Sulfates			Sulfides	Oxides			Others	
	Smectite	Kaolinite	Dickite	Clinoptilolite	Stibite	Laumontite	Amorphous Silica	α -Cristobalite	Quartz	Plagioclase	Microcline	Orthoclase	Muscovite	Biotite	Calcite	Magnesite	Jarosite	Alunite	Gypsum	Pyrite	Anatase	Rutile	Hematite	Halite	Sulfur
2001gravel							0.6	4.4		0.6	3.8	1.0					22.1								
2001matrix							0.5	14.8		3.2	2.6	1.1					16.3		0.2						
2002							0.5	31.0			1.1						18.9								
2003		1.0					0.5	16.5				0.7					20.8					0.5			
2004		2.4					0.3	61.3									11.0				1.1				
2007		5.8					0.8	24.6		6.8	2.4	0.9													
2102							0.5	29.5		22.8	3.8	0.6	0.4												
2103	0.4	2.6					0.5	11.5	17.6	6.0	3.2	1.0	1.4												
2105		25.1					0.6	5.7			2.7	1.1	0.5												
2106							0.4	15.2		6.5	2.4	0.7								9.7					
2107		2.9					0.5	5.8		3.4	3.8	0.5								12.1					
2108	○	1.5						18.6	15.4	3.7	3.8	1.1	1.3												
2109								27.6		8.0	7.0	1.2	0.5												
2203	○	0.6			0.5			32.2	28.3	21.3	3.9	1.5	0.6												
2205	3.1	2.7						18.6	6.3	5.5	3.1	□	□					2.5							
2207	5.0	2.3		0.5	5.2			14.9	9.3	9.9	1.5	□	□												
2209	4.1	0.6		0.4	6.2			16.8	10.4	5.2	2.5	□	□												
2210		1.3				0.4		13.0		6.6	2.7	0.8								11.7					
2212	8.3	1.8		0.5	7.1			15.3	1.6	16.0	2.8	□	□												
2214	3.7	5.7			1.8			26.3		4.6	3.9	□	□			0.6									
2403						0.5		62.0	0.6																
2404						0.7		16.8		2.6	3.6	0.6	0.1	0.3	0.3				0.3					1.7	0.2
2405	9.6	1.5		0.6	7.3			16.1		5.1	6.6	□	□												
2406A		24.5						17.7				0.6	0.3							0.6					
2409		0.9						28.4		37.1		0.2													
2410		12.9	2.0					50.6				0.4													
2411			93.0					16.7				0.2													
2412		33.9						55.8																	
2413		2.0	81.4					6.1																	
2414		○						67.2																	
2502								29.9	15.8	10.1	3.8	1.4	0.9								1.6				1.2
2503						0.9		22.1		4.3	2.5	0.6	0.3												
2504		1.0	1.3					18.4		6.8	3.9	1.3	0.8												
2505	0.3	5.6						16.0	3.5	5.1	3.7	1.1	1.3												
2506		○				1.0		33.1				0.9				0.4							0.4		
2507						1.1		29.7													0.9				
2509		46.6						10.8				0.4													
2510		2.3				0.5		16.1				1.0													
2511		62.0						13.6				1.8													
2512		6.2					2.6	3.9		7.5	5.2	2.9													
2513		○						26.3	13.9	5.9	4.8	1.6	1.2												
2514			40.9					6.1				0.2	0.04												
2515		2.3	84.2					3.7																	
2701		68.0	3.2					9.4																	
2703		13.0						16.9				3.4													
2705		0.2				1.3		27.1																	
2707		53.1						11.1				0.4													
2708		10.0						10.8		0.6	1.8	0.7													
2710		0.4				0.6		73.1				0.2													
2711	○	○				0.5		20.1		12.0	7.1	1.4	0.8												
2904	8.7	1.3						22.6		25.4	7.9	□	□												
3001			41.0					41.3				0.6	0.3												
3002		0.3				0.5		61.6				0.4													
3003						0.6		16.9		6.8	2.9	0.6													
3004		3.9						15.3	14.8	6.1	3.1	0.4	1.2												
3005		5.5						18.3		9.2	3.9	1.2													
3007		5.6						18.4		19.5	5.5														
3008		0.9						10.6		1.5	2.8	0.8													
3009		4.1						13.4		2.6	2.4	1.2													
3010		1.4						34.8		10.6	5.7	2.1	0.9												
0201	○	1.2						13.4	20.2	6.6	3.2	1.1	0.8												
0202		3.1						17.1	16.5	9.4	2.5	0.7	1.1												
0203						0.9		29.7			1.8	0.8													
0204						1.1		18.8			0.9	0.3													
0205	0.6	3.7						17.5		13.4	4.4	2.1	0.3												
0212		7.2						10.3	10.2	4.1	3.2	1.1	1.0												
0213	1.2	4.0							17.9	14.6	4.7	1.8	1.8												
0302		0.2				0.8		0.9																	
0304		27.4						22.0																	
0306		59.7						27.2				0.5													
0308		○						107.3	2.5																
0311		○						116.3																	
0312						0.8		28.5	3.0	15.5	3.2	0.9	0.9												
0313		14.5						54.5				0.6	0.4												
0314		5.7	0.6					16.6	9.6	9.5	3.2	□	□												2.1

The values in this table show Quartz Index(QI).

QI=Im/Iq×100, Im:the strongest X-ray intensity of a mineral in the examined sample, Iq:the strongest X-ray intensity of pure quartz

○:detected by UT or EG □:detected by BULK, but not identified QI

表 2-2-4(2) 羊八井地区岩石试样的 X 射线分析结果一览表

矿物	粘土矿物			硅岩矿物			硫酸盐矿物			元素矿物	氧化物	
	蒙脱石	绢白云母	高岭石	珍珠陶土 and / or 石	石英	方石英	非晶质硅	斜矽石	微斜矽石			束矽石
采取位置												
WP033		○	0.5	104.3	英	石						
WP061		0.3	9.1	12.5	2.8							
WP063				3.5								
WP076		0.3		72.1								
WP093		2.0		31.8		201.9	2.5	15.8				
WP094		0.8		44.6		222.1		7.4				
WP094(细粒部分)		1.2	0.2	27.3		206.8	3.0	4.9	0.6			
WP104				53.7		260.8						0.6
WP105		0.8	○	13.0		335.8		5.4				2.0
WP106		0.9		40.7		252.1						5.6
WP170		4.1		24.3			2.5	19.4				
WP196		1.5		45.8				1.1				1.9
WP215	○	2.9		34.5		142.3		22.3				
WP217		3.8	2.2	22.8			11.5	21.3				
01092109(细粒部分)		0.5		14.1		756.9		7.7				
01092203(细粒部分)		0.9	0.2	21.9			8.6	8.5		0.2		
01092502(细粒部分)		0.9		21.1		176.5	7.1	4.3				
01093003A				12.1		242.5						9.0
01100208(包含红色部分)		0.6		24.8		253.2		4.7				0.5

表 2--2--5 羊八井地区蚀变分带中蚀变矿物组合表

zones minerals	Non-alteration Zone	Smectite Zone	Kaolinite Zone (A)	Kaolinite Zone (B)	Dickite Zone	Alunite Zone	Silicified Zone (other minerals QI < 2.6)
Smectite		████████					
Clinoptilolite		██████					
Stilbite		██████					
Laumontite (relic mineral)							████
Kaolinite		←████████████████████ broad peak ████████████████████→	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████	████
Dickite (incl. Nacrite)					████████████████████	████	
Alunite					████████████████████	████████████████████	████
Quartz					████████████████████	████████████████████	████████████████████
Amorphous Silica (sinter)	████	████	████	████		████	████
Calcite							████
Magnesite							████
Gypsum		████					████
Jarosite		████					████
Pyrite		████		████		████	
Hematite		████					
Sulfur						████	
Halite							████
α-cristobalite						████	
Anatase						████	████
Rutile						████	████

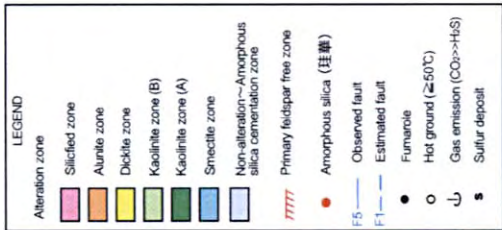
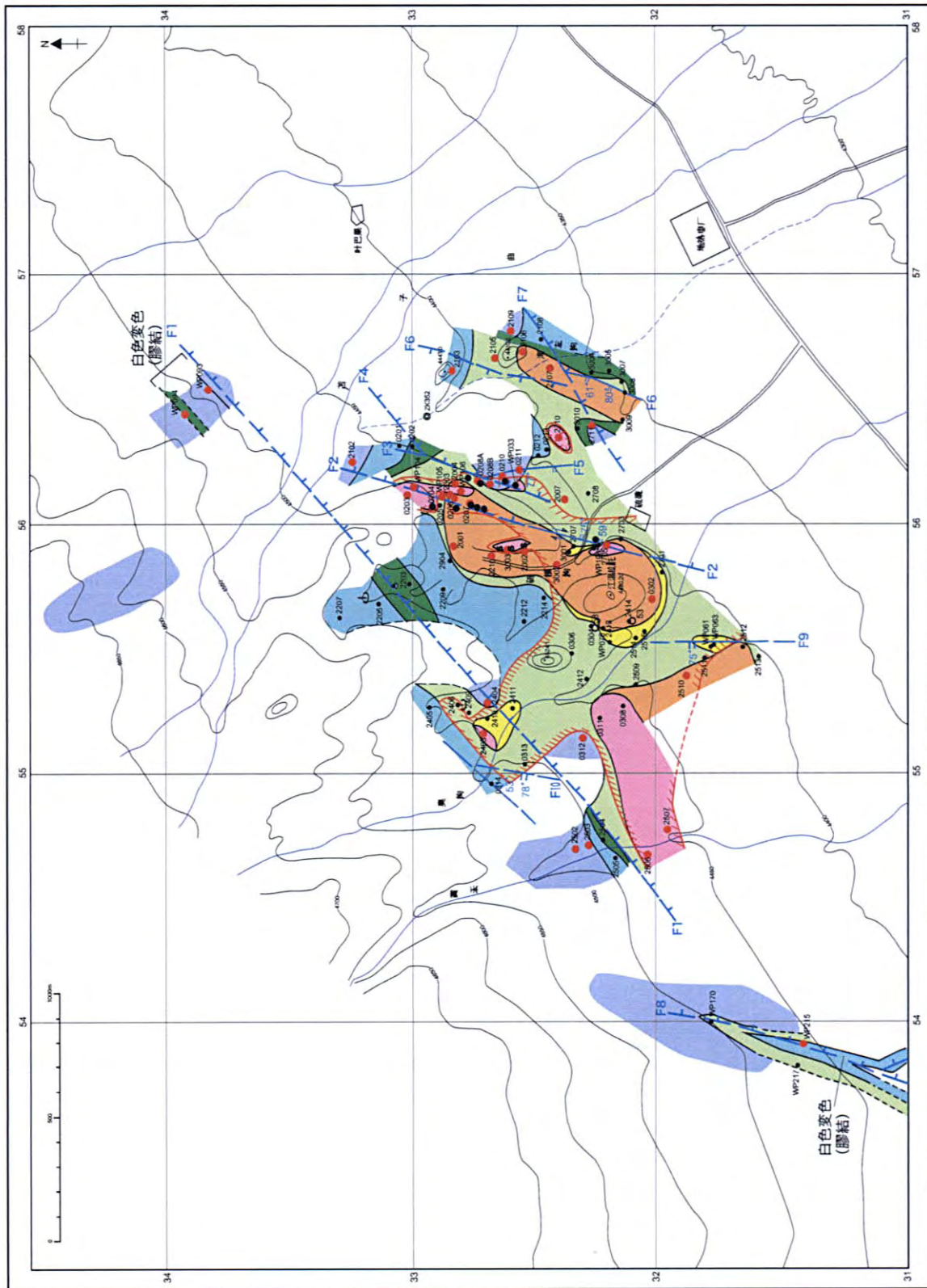


图 2-2-8 由羊八井地热水蚀变矿物组合而成的蚀变分带图

硅华几乎覆盖了整个羊八井北部地区。可以确定沿断层 F 1 大约有 4 km。这可以从过去高温流体从很大的范围内流出及在砂砾层中流动来说明。

蚀变带分布范围很广，但从目前的地表地热显示（图 2-2-5）与蚀变带分布来看，本地域的主要热水上升区域是沿 NNE-SSW 方向延伸，沿断层 F 2 分布的。

（vi）热发光(Luminescence)（TL）强度测量

热发光（TL）强度测量，是使用水热蚀变带中的石英粒子将积蓄放射线量作为热发光值（积分发光量）来测量的，在高温地热地区采用测量积蓄放射线量的衰减状况，其目的是用来判定高温的热水上升区域范围。

本次测量所使用的样品，是第四纪砾层中包含在砾石里的石英斑晶。一部分的样品是采用基质(Matrix)中的石英。为了避开由于太阳光引起的积蓄放射线量的减少，测量是使用了地表下 10~15cm 采取的岩石样品。评价发光量的标准岩石，是使用羊八井村庄入口处的未蚀变的白垩纪花岗岩（图 2-2-9 的样品 2601）。以这个发光量为 100% 时的各样品的相对量来表示各样品的强度（表 2-2-6）。发光强度测量的结果如图 2-2-9 所示。

发光强度值比较低的区域是沿断层 F 6 与 F 1 的地带。另外，在 ZK4001 附近（即断层 F 3 延伸部位）与 ZK4002 附近较低处也有分布。这些地区可能受到来自地表以下的热源的影响较强烈。

（vii）流体包裹体测量

流体包裹体测量，是测量包在水热蚀变带中的石英里的流体包裹体的均一化温度和盐浓度，其目的是用来判定高温高盐浓度流体的上升区域范围。

本地区地表石英中的次生流体包裹体有 4 个类型（表 2-2-7）。流体包裹体的测量结果见表 2-2-8，均一化温度与盐浓度的关系如图 2-2-10 所示。

类型 1 是单液相包裹体，分布在愈合裂纹(Healed cracks)中，表现为薄板状的不规则形态。类型 2 是液相包裹体，分布在愈合裂纹中，表现为稍有厚度的不规则形态。类型 3 是液相包裹体，分布在愈合裂纹中，表现为成群或单独分布，接近负结晶形的形态。类型 4 是含有液相 CO₂ 的包裹体，表现为有的单独存在，也有的呈不明显的直线排列分布的接近负结晶形的形态。

从包裹体的形状可以认为，通过现在的地热活动生成的包裹体属于类型 1 和类型 2，而且类型 1 是最新期的。从本地区整个地区都生成有类型 1 的事实，可以知道最新期的

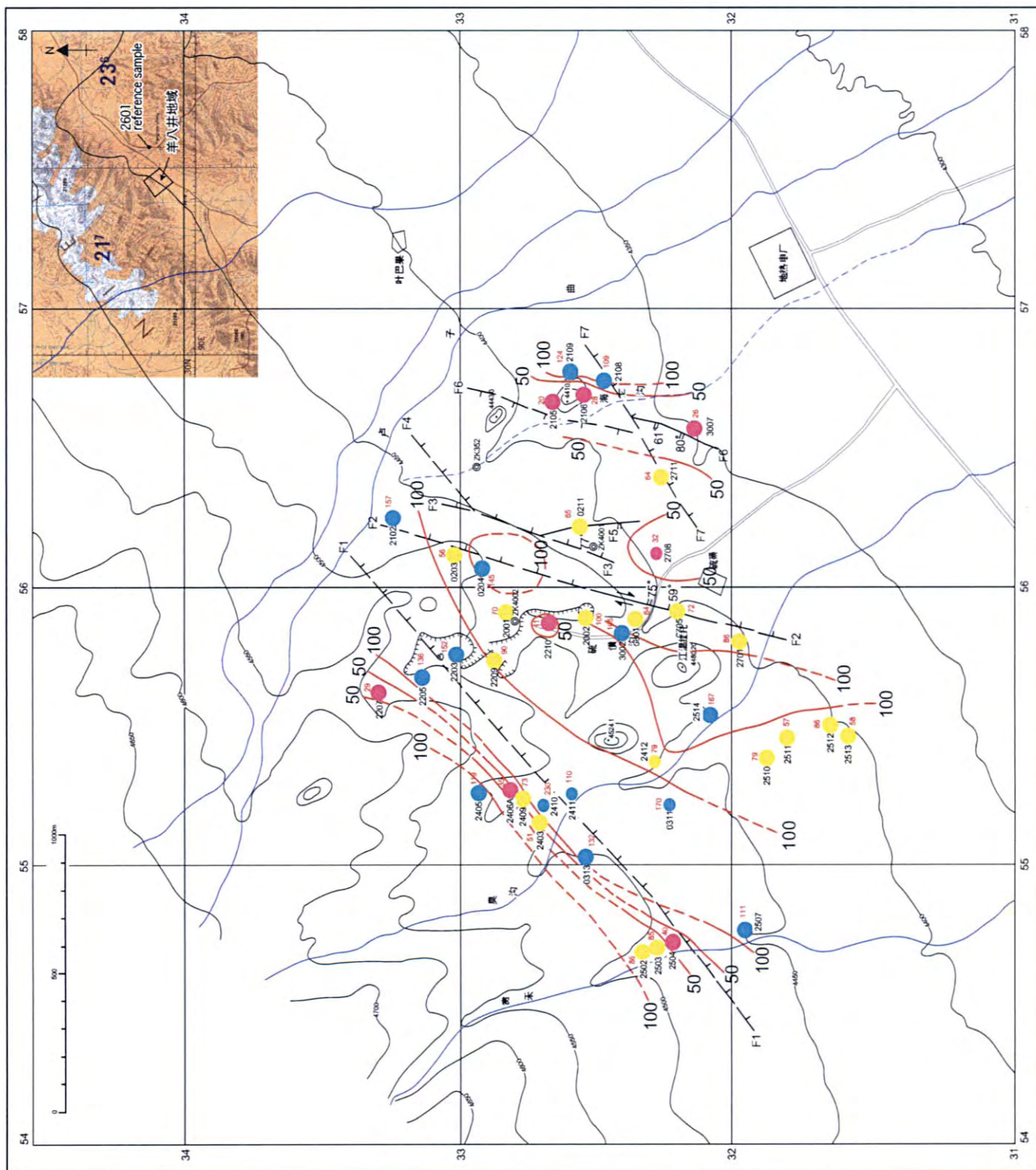


图 2-2-9 羊八井热田石英热发光强度比的分布图

表 2-2-6 羊八井地区石英热发光强度比

试样采取位置	相对强度 (设试样2601为100)
2001砾	70
2002	100
2102	157
2105	20
2106	28
2108	109
2109	124
2203	152
2205	136
2207	29
2209	90
2210	41
2403	51
2405	119
2406A	35
2409	73
2410	230
2411	110
2412	79
2502	86
2503	85
2504	40
2507	111
2510	79
2511	57
2512	86
2513	58
2514	167
2601 (标准试样)	100
2701	86
2705	72
2708	32
2711	64
3001	64
3002	105
3007	26
0203	56
0204	145
0211	65
0311	170
0313	132

表 2-2-7 羊八井地区石英斑晶中流体包裹体的类型

Type (all secondary inclusion)	Type1	Type2	Type3
Relative chronology (by textural position and shape)	recent ←————→		
Occurrence	healed crack		
Shape	irregular(feather, synapsus, amoeba etc, ordinarily with hornlike rim)	irregular~partially irregular (rarely negative crystal)	crack, cluster, solitary
thickness	very thin, platy	platy~expanded	nearly negative crystal
Th(L-V)*	< boiling point (about 90°C)	n.d.~362°C	131~343°C
Tm(ice)**	-0.8~+0.1°C (very low salinity)	-5.5~+0.2°C (very low to low salinity)	-17.0~+0.4°C (low to high salinity)
Characteristics	monophasic liquid	liquid rich (sporadically~trace: very low V/L to monophasic liquid by necking down)	liquid rich
necking down	in progress?	in progress?~finished	finished

* Th(L-V): disappearance temperature of bubble in liquid-rich inclusion

** Tm(ice): final melting temperature of ice in the presence of vapor phase

n.d.: non determined

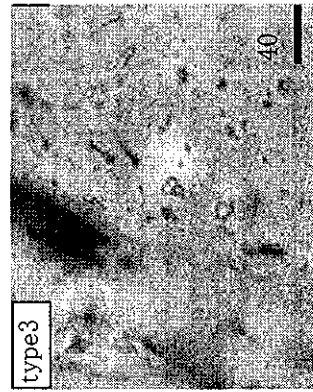
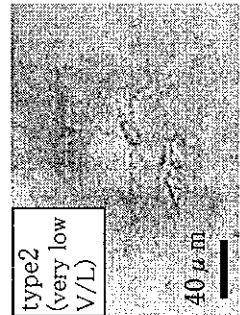
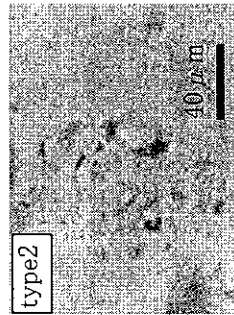
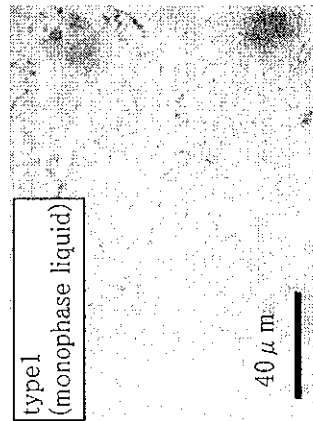


表 2-2-8 羊八井地区流体包裹体试验结果一览

locality	mineral	occurrence	number of measured crystals	Th (L-V) (°C)				Tm (ice) (°C)				remarks	types of observed inclusions
				number		maximum	average	number	minimum	maximum	average		
				liquid only*	total	liquid only*	total	liquid only*	total	liquid only*	total		
2001	Quartz	phenocryst	2	13	164	220	282	9	-0.9	3.3	1.3	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2
2002	Quartz	phenocryst	1	12	325	203	259	1	-4.3	-4.3	-4.3	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2, 3
2102	Quartz	phenocryst	2	21	348	159	259	7	-1.7	-1.6	-1.7		2
2105	Quartz	phenocryst	1	22	313	181	235	3	-3.1	-2.6	-2.9		2
2106	Quartz	phenocryst	1	15	181	167	207	2	-1.2	-1.2	-1.2		2
2108	Quartz	phenocryst	1	13	261	177	229	11	-0.3	0.0	-0.1		2
2109	Quartz	phenocryst	1	21	229	124	250	4	-2.0	-0.4	-1.4	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2
2203	Quartz	phenocryst	2	23	350	liquid only*	323	6	-3.9	-0.1	-1.4	Liquid-only inclusions and CO ₂ -liquid bearing inclusions are also observed.	1, 2, 3, 4
2205	Quartz	phenocryst	1	21	323	liquid only*	283	7	-5.5	0.0	-3.7	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2
2207	Quartz	phenocryst	1	16	283	liquid only*	191	5	-3.7	0.0	-2.6	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2, 3
2209	Quartz	phenocryst	1	13	191	170	174	5	-0.1	-0.1	-0.1	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2
2210	Quartz	phenocryst	1	17	284	liquid only*	264	10	-2.5	0.9	-1.7	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 3
2403	Quartz	phenocryst	1	18	230	liquid only*	230	15	-5.5	0.0	-2.5	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2
2405	Quartz	phenocryst	1	18	298	liquid only*	298	15	-5.8	0.0	-1.8	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2, 3
2406A	Quartz	phenocryst	1	17	199	liquid only*	199	6	-5.5	1.3	-2.9	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2
2409	Quartz	phenocryst	1	20	228	172	189	20	-17.0	-0.1	-5.2	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2, 3
2410	Quartz	phenocryst	1	25	157	232	226	21	-2.5	5.8	-1.2	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2
2411	Quartz	phenocryst	1	18	131	198	167	19	-6.8	-0.2	-2.6		2, 3
2412	Quartz	phenocryst	1	23	303	216	245	4	-6.7	-5.2	-6.0	Liquid-only inclusions and CO ₂ -liquid bearing inclusions are also observed.	1, 2, 4
2503	Quartz	phenocryst	1	10	248	145	199	3	-1.2	-1.1	-1.1	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2
2504	Quartz	phenocryst	1	17	238	173	195	17	-1.5	-0.5	-1.0		2, 3
2507	Quartz	phenocryst	1	20	293	77	192	20	-1.2	-0.7	-0.9		2, 3
2511	Quartz	phenocryst	1	17	194	254	215	11	-1.3	-0.2	-0.6		2, 3
2512	Quartz	phenocryst	1	16	228	343	285	17	-3.7	-0.3	-3.2	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 3
2513	Quartz	phenocryst	1	21	203	235	224	25	-2.2	-1.4	-1.9	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2, 3
2514	Quartz	phenocryst	1	10	242	99	142	6	0.2	5.9	3.5	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2
2701	Quartz	phenocryst	1	24	300	liquid only*	300	3	-0.4	-0.1	-0.3	CO ₂ -liquid bearing inclusions are observed. Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 4
2705	Quartz	phenocryst	1	16	294	211	265	17	-5.7	-2.1	-3.6	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2, 3
2708	Quartz	phenocryst	2	19	84	280	208	18	-1.9	-0.2	-1.0	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2, 3
2711	Quartz	phenocryst	1	10	219	280	245	4	-1.7	0.1	-1.1	Liquid-only inclusions are also observed.	1, 2
2904	Quartz	phenocryst	1	13	200	liquid only*	200	9	-0.8	0.6	-0.5	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2
3001	Quartz	phenocryst	1	16	155	318	192	12	-3.8	-0.1	-1.0		2, 3
3002	Quartz	phenocryst	1	15	130	232	201	18	-0.6	6.1	0.8	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2, 3
3007	Quartz	phenocryst	3	22	315	121	315	21	-5.4	-1.2	-4.5	Liquid-only inclusions and CO ₂ -liquid bearing inclusions are also observed.	1, 2, 4
0203	Quartz	phenocryst	1	18	301	liquid only*	301	21	-3.2	0.1	-2.9	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2, 3
0204	Quartz	phenocryst	1	17	279	liquid only*	279	12	-1.6	3.6	-0.8	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 2
0206	Quartz	phenocryst	1	16	285	liquid only*	285	10	-4.4	1.8	-1.5	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	1, 3
0211	Quartz	phenocryst	2	10	169	362	232	3	-3.0	-0.1	-1.2		2
0311	Quartz	phenocryst	1	11	285	liquid only*	285	4	-1.6	-0.2	-0.6	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2, 3
0313	Quartz	phenocryst	1	13	330	liquid only*	330	5	-1.4	4.4	1.3	Ice in liquid-only inclusion is metastable.	2, 3

Th(L-V):disappearance temperature of bubble in liquid-rich inclusion

Tm(ice):final melting temperature of ice

liquid only*: This shows liquid monophase inclusion which has possibility to be formed below the boiling temperature.

--:non determined

热水活动波及到整个地区（图 2-2-11）。在断层 F2 的东西两侧只生成类型 1 和类型 2，存在着早期的包裹体消失区域。这表示此区域的热水活动度可能很高。

2-2-2 地球化学调查

(i) 调查内容

地球化学调查的内容有 4 项：对地球化学监测所用试样的采取、分析进行指导；试样的采取及分析；对中国方面所有的地球化学资料的详查及流体地球化学模型的建立。

(ii) 调查方法

(1) 地球化学监测所用试样的采取及分析指导

① 试样采取

在第 2 次现场调查时，将在日本被普遍采用、具有代表性的试样采取方法通过实际工作向中国方面技术人员进行了技术指导。

② 分析

对于地球化学监测中重要的热水中的 Cl 和 SiO₂ 浓度分析，蒸汽中的 H₂S 和 CO₂ 浓度分析，进行了分析指导。关于分析方法，一方面通过实际工作向中国方面技术人员进行技术指导，同时为了准确地进行技术指导，将拍摄的分析工作方法图象作成 CD-ROM 提供给中方。

(2) 试样的采取及分析

① 试样的采取

试样的采取是与中国方面技术人员一起进行的。取样地点数为，地热井的热水及温泉水：10 个地点；地表水：5 个地点；河流环境水：3 个地点；地热井的蒸汽：8 个地点。试样采取位置如图 2-2-12 所示，试样采取方法如图 2-2-13 所示。河流环境水的采取是为了确认从羊八井地热电厂流放到河流里含有 As 和 Hg 的热水对环境的影响，方法设计书中本来没有这个项目，但是在中国方面的要求下得到实施。同时，对于地热井的蒸汽采取，由于中国方面希望进行技术指导的要求比较强烈所以改为从第 2 年度开始实施。

② 分析

现场采取的试样运回日本进行了分析。分析方法如表 2-2-9 所示。

(3) 对中国方面所有的地球化学数据资料的详查