

2 调查结果的总结

2-1 西藏地热资源状况和电力情况 省略

2-2 地表调查

2-2-1 地质调查

(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。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

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。

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。

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)。

(iv) 岩石薄片显微镜观察

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

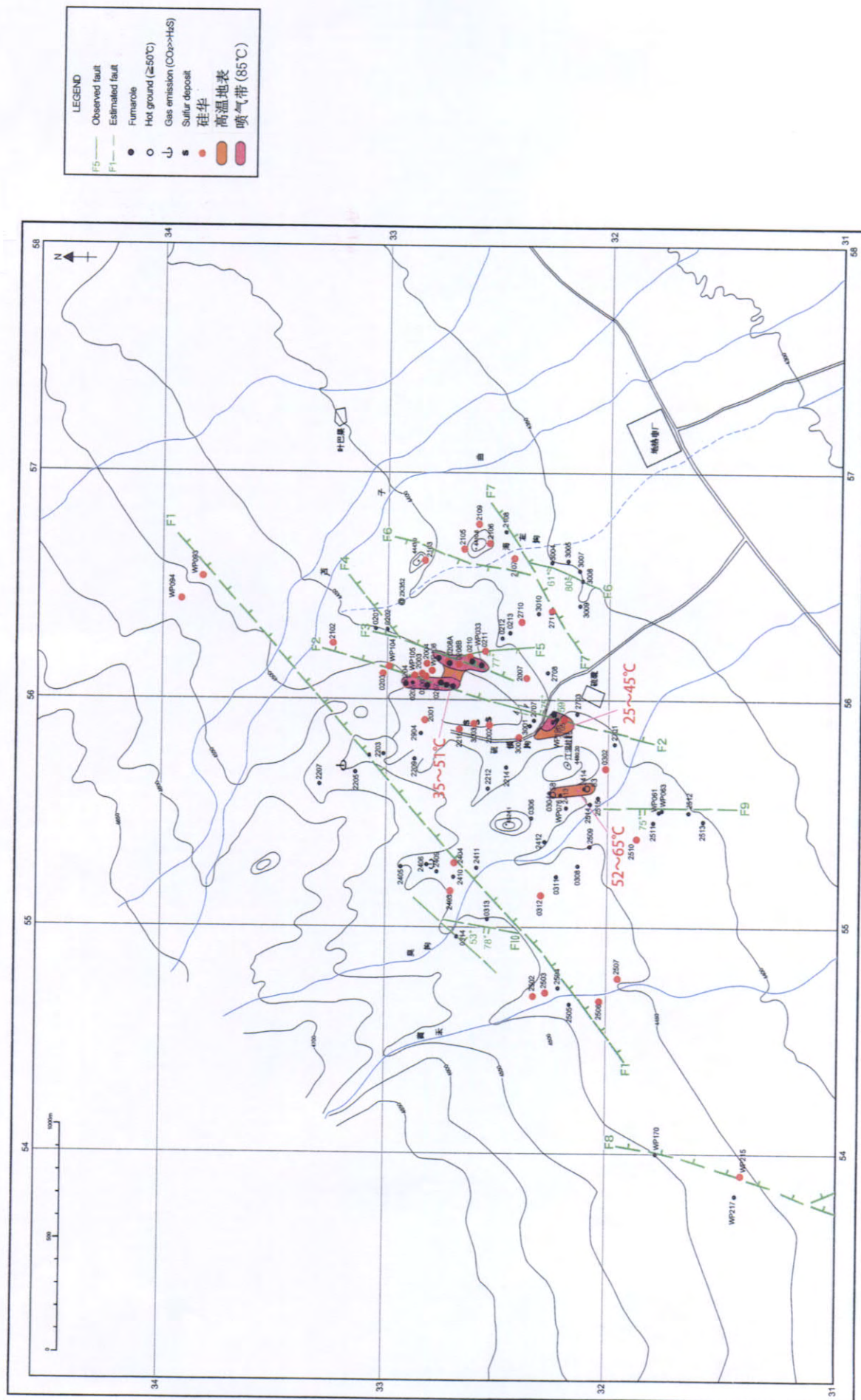


图 2—2—5 羊八井地热田的主要断层及地热的地表迹象分布图

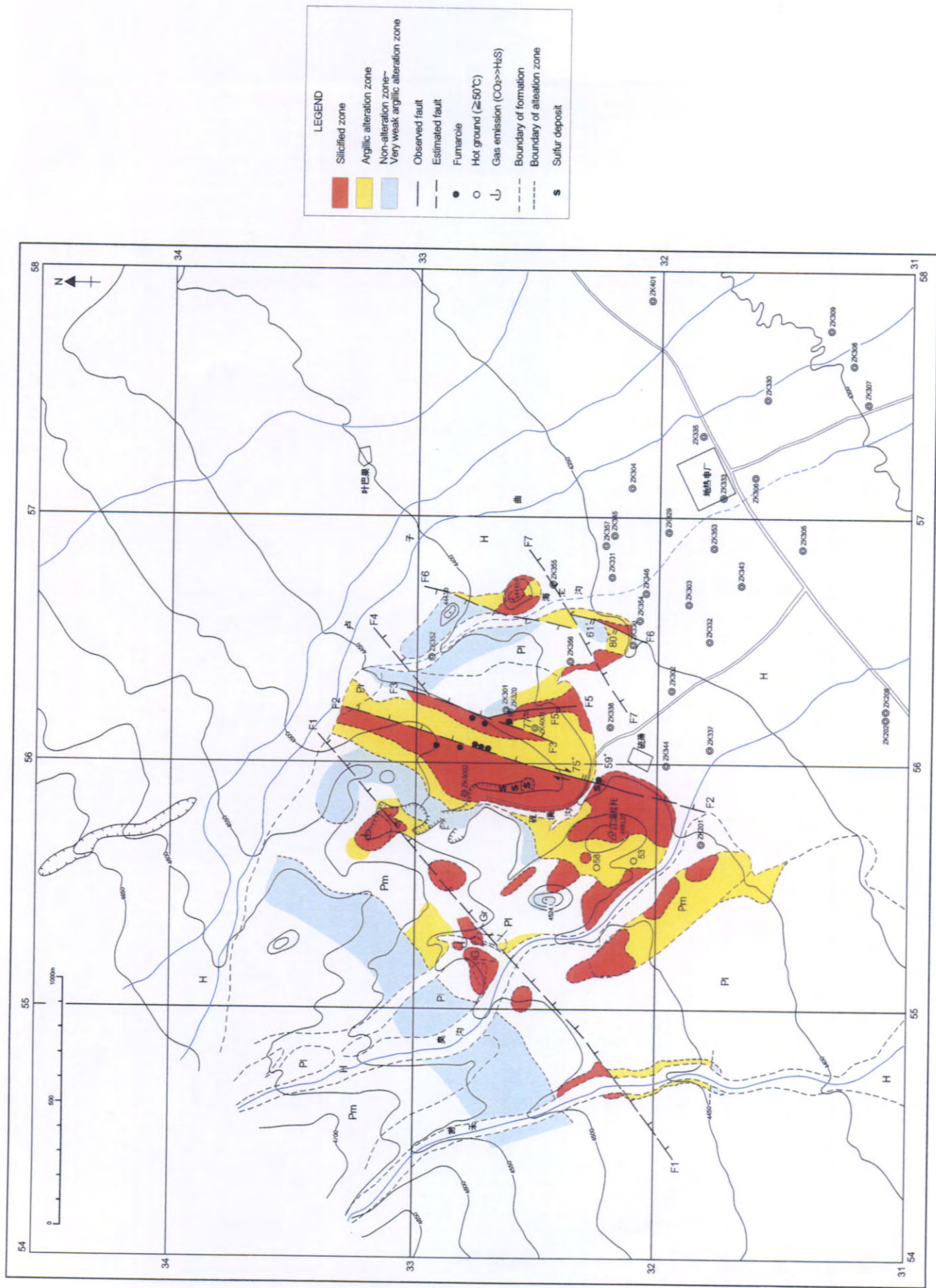


图 2-2-6 羊八井地热田蚀变带分布图

带, 羊八井地区的地热构造是在这个构造带上生成的。

(v) 根据 X 射线分析结果进行的蚀变矿物分带

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。

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。

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

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

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, 可以知道最新期的热水活动波及到整个地区。在断层 F 2 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) 浅部热水的起源

从 δD 与 C1 浓度, C1 浓度与比焓的关系, 可以认为现在的羊八井地区的浅部热水, 是通过 ZK4001 井周围的深部热水和地表水混合而生成的。

(ii) 关于浅部热储层的北部地区向南部地区的热水流动

① 地球化学数据资料显示的倾向

从 C1 浓度和焓的关系, C1 浓度和 3H 浓度的关系, 以及 δD 和 $\delta^{18}O$ 的关系等确认了如下的倾向。

- 1996 年左右, 浅部热储层内的从北部地区往南部地区的流体流动状况, 从热水的比焓与 C1 浓度的相关关系得以确认。即从北部地区往南部地区的 C1 浓度和比焓共同减少着。
- 2001 年的浅部热水的 C1 浓度, 在北部地区和南部地区相同。南部地区的 ZK313 井的比焓比较低, 确认了为冷却传导。

② 羊八井地区地表水热显示及 C1 浓度

- 1982 年以前, 通过喷气活动, 由于蒸汽的放出引起浅部热水部分浓缩而使得热水中的 C1 浓度变得比较高的现象被确认。
- 现在地表的喷气和温泉渐渐消失没有发生 C1 浓度的浓缩。
- 2001 年的浅部热水, 在浅部热储层内地表水和回灌热液进一步得到混合的现象得不到确认。

③ 浅部热储层流体流动的推测

由以上的倾向和事实, 推测出现在的羊八井地区浅部流体流动状况如下。

- 浅部热储层的热水是以 ZK4001 井周围的深部热水为起源水, 跟地表水的混合而生成的。
- 从 2001 年的 C1 浓度及水的同位素比可以认为, 供给浅部热储层的流体及热源, 只单是从北部地区被供给的 ZK4001 井周围的深部热水和地表水混合而生成的。
- 从 1996 年左右的 C1 浓度和比焓的关系可以推测出, 1996 年左右为止时的浅部热水是从北部地区流向南部地区。
- 到 1996 年左右为止浅部热储层内的热水和地表水混合的现象得以确认, 不过 2001 年的浅部热储层没有直接浸入地表水。
- 比较 1996 年和 2001 年的 C1 浓度和比焓的关系, 可以确认在 2001 年, ZK313 井的热水为冷却传导, 因此推测出从北部地区向南部地区的热水流动, 在 2001 年时显得非常的少或可能不存在。
- 从 ^3H 浓度的经时变化可以推测出, 2001 年的北部地区的生产流体, 可能是伴随着主生产地区向北部转移引起热储层压力的下降, 使周围的旧热水返回流向北部地区。

(iii) 浅部热储层的现状

在北部地区供给浅部热储层的热水量, 相对于现在的浅部热储层的生产量来说是不足的。而南部地区的流体温度正逐渐下降, 不过, 这个温度的下降不是因为直接吸收冷地表水而发生急剧的温度下降。同时在北部地区也出现了热水供给不足的现象, 现在有可能是周围地区的流体向北部地区流动。

(iv) 地球化学平衡模拟结果

计算的结果, 各生产井的深部换算热水, 在流入点的状态中方解石为不饱和, 深部换算热水在不引起矿物沉淀的状态下进行传导, 在冷却到 100°C 为止时方解石也为不饱和。但是, 在闪蒸扩容(flash)后的 100°C 的热水组成的情况下方解石变成过饱和。因此, 热储层内流体在发生闪蒸扩容的情况下, 方解石有可能从热水中沉淀, 这实际上与浅部地热井内的方解石结垢沉淀的事实是吻合的。

2-2-3 电磁勘探 (MT 法)

(i) 调查概要

本调查是以弄清楚羊八井地区的电阻率构造, 得到有关深部地热热储层信息为目的。调查的各种内容如下。

- 1) 广带域 MT 法 (远距离参照点方式) 进行 4 条测线、60 个测定的测定。
- 2) 测定成分是水平电场 2 成分 (E_x, E_y)、水平磁场 2 成分 (H_x, H_y)

3) 电场的电极间隔为 70m、测定的频率为 100Hz~1,000 秒、测定时间在 20 小时以上。

(ii) 2 维解析 (图 2-2-42 参照)

2 维解析是采用 Smith and Booker (1991) 的 R R I 法的 2 维反演来实施的。

(1) 电阻率断面图

1) 测线 A

在测线的东侧 (测点 A 13 到 A 18 附近) 的地下数百 m 处确认了存在 $10 \Omega \cdot m$ 以下的低电阻率层。

2) 测线 B

以测点 B 13 为境界确认了电阻率构造的异常。

3) 测线 C

在测点 X 03~04 的地表附近确认了电阻率不连续区域的存在, 不过这个不连续区域在地下约 1.5 km (标高约 3 km) 处开始变得不明了。

(2) 电阻率平面图

从 2 维电阻率断面图作成了 6 个不同标高的平面图。

1) 标高 4200 m 的平面图

相当于地下约 300 m。 $10 \Omega \cdot m$ 以下的低电阻率区域只限定在测线 B, C 的西南部出现, $100 \Omega \cdot m$ 以上的高电阻率层在测线 B, C 的东边得以确认。

2) 标高 4000 m 的平面图

相当于地下约 500 m。 $10 \Omega \cdot m$ 以下的低电阻率区域只限定在测线 A, C 出现, $100 \Omega \cdot m$ 以上的高电阻率层只在测线 B 得以确认。

3) 标高 3800 m 的平面图

相当于地下约 700 m。数 $\Omega \cdot m$ 以下的低电阻率区域在测线 C 得以确认。 $100 \Omega \cdot m$ 以上的高电阻率区域在测线 B 的中心部出现。

4) 标高 3500 m 的平面图

相当于地下约 1,000 m。在测点 A 16 和测点 B 12 通过的方向上, 和测点 B 06 和测点 C 04 通过的方向上, 不论哪个都在 N E - S W 方向上确认了存在显著的电阻率不连续线。同时, 在测点 B 06~A 03 的高电阻率层中, 与其大体上成直交的 N W - S E 方向上确认了存在弱的不连续线。

5) 标高 3000 m 的平面图

相当于地下约 1,500 m。在标高 3,500 m 中存在的 2 条 N E - S W 方向的电阻率不连续线, 在此深度中变成 1 个明显的不连续线。同时, 在此标高中测点 B 06~A 03 的 N W - S E 方向上也确认了存在弱的不连续线。

6) 标高 2500 m 的平面图

相当于地下约 2,000 m。到标高 3,000 m 为止被确认的 N E - S W 方向的电阻率不连续线, 在此标高中在测点 B 08~C 07 通过的方向上向 N S 方向转变。高电阻率层中的 N W - S E 方向的不连续区域变成不明了。同时, 在测点 C 13~15 附近出现了 $10 \Omega \cdot m$ 以下的低电阻率区域。

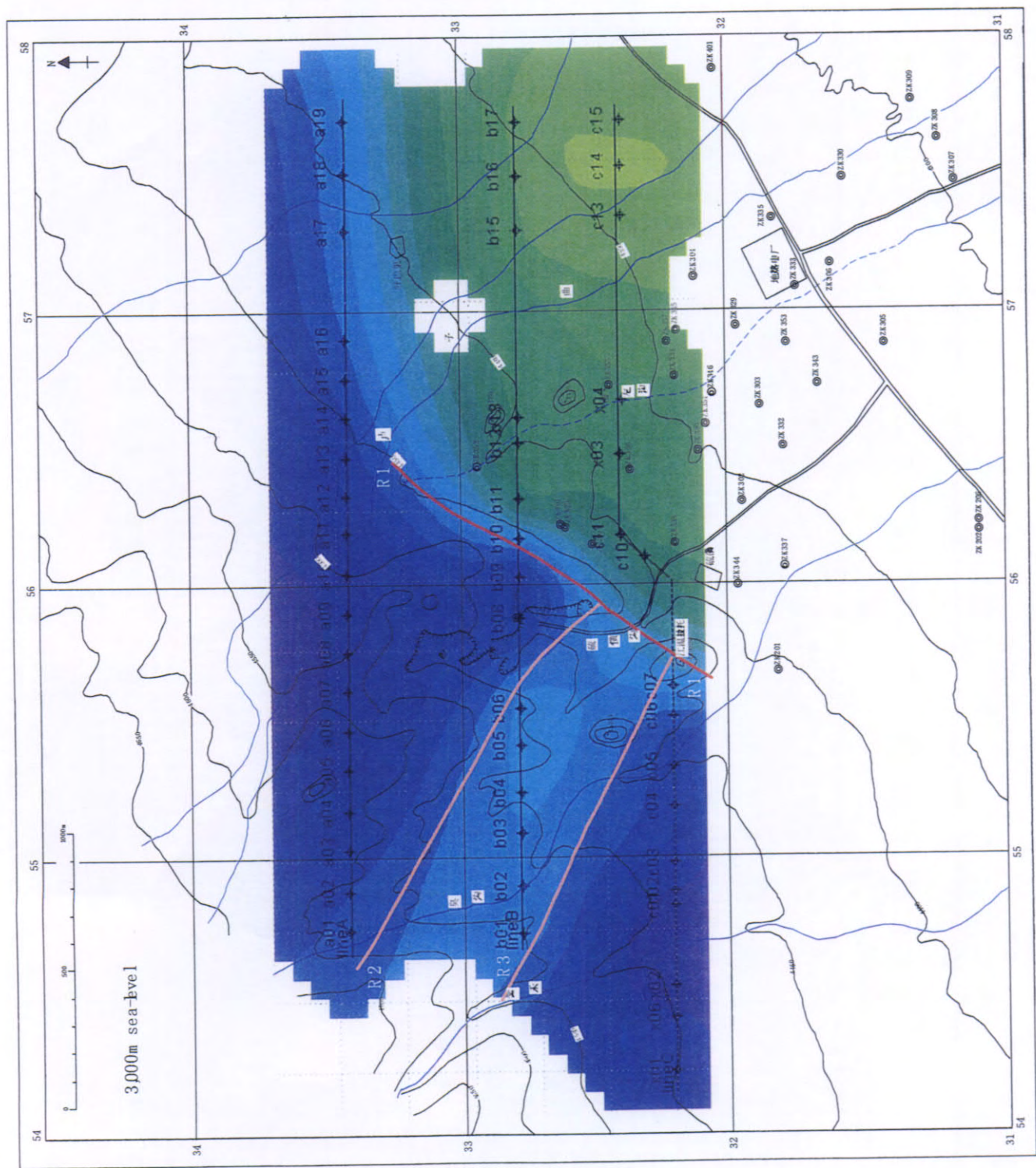


图 2-2-4 2 羊八井地热田标高 3,000m 处的电阻率分布与电阻率不连续线

(iii) 3 维解析

(1) 数据输入

3 维解析是采用 Smith and Booker (1991) 的 R R I 法的 3 维反演来实施的。

(2) 计算结果

各个测线都表现为与 2 维解析结果大体上相同的电阻率分布, 不过, 与 2 维解析结果相比 3 维解析结果电阻率分布更显得平滑, 在 2 维解析中被查出的电阻率不连续线, 在 3 维解析中表现为沿同一方向缓慢发生电阻率变化。

因为解析频率只采用到 50Hz 为止, 所以地表附近蚀变引起的低电阻率区域没有得到再现, 不过捉捕到了深度在 1km 以下的相当于花岗岩类的高电阻率构造, 与 2 维解析结果相同, 可以认为从北侧往南侧方向的花岗岩类的分布范围逐渐趋于狭窄倾向。同时, 花岗岩类内部的电阻率值也是越往南侧变得越低。

在平面图的地下 300~400 m 之间的测线 C 和测线 A 的中央部可以确认存在小规模的低电阻率区域。在地下 900~1,000 m 之间的西部地区可以看到 $100\Omega \cdot m$ 以上的高电阻率区域, 不过与 2 维解析结果相同, 在这个高电阻率层中确认了沿 NW-SE 方向上存在着比较弱的电阻率不连续变化区域。从这个不连续区域只在这个区间得以确认的情况来看, 很难说存在着规模很大的构造。从地下 1,400 m 开始, 高电阻率区域向 NE-SW 方向延伸并与东部的中电阻率区域连接。这个电阻率构造从地下 2,000 m 处开始消失。

2-2-4 2002 年 2 月时的地热系统模型和 CJZK3001 钻探位置的探讨

以下的叙述是 2002 年 2 月时的地热系统模型的想法, 和在此基础上关于勘查井 (CJZK3001) 钻探位置的讨论。

(i) 地热流体是在显著的断层流动

热水流动较强的断层被推断为断层 F2(断层带), 西北(下盘)侧则透水性较高。

断层 F2(断层带)是通过用电磁勘探的 2 维解析, 在硫黄村附近, 本地区最明显的 NNE-SSW 系电阻率不连续线被检测出(图 2-2-4 2)。被确认的不连续线是从标高 4200m(大体上是地表)到标高 2500m, 为西北部位的高电阻率地区和西南部位的低电阻率地区的边界。而且, 根据重力调查, 重力值从西北部位向东南部位变低, 同样在硫黄村附近分布着 NNE-SSW 方向的密度不连续线(图 2-2-4 3)。这条密度不连续线也被认为显示了断层 F2(断层带)的存在。

另外, 根据蚀变带以及蚀变矿物带的分布, 确认了在本地区西部明矾石带的 NW-SE 方向分布。在这个蚀变带位移量大的断层没被确认, 但是从 NW-SE 系断层是本地区内发生频率最高的断层系; 根据电磁勘查的 2 维解析, 在西部存在 2 条 NW-SE 系的电阻率不连续线(R2 及 R3); 以及根据重力调查, 在西部存有 3 条 NW-SE 系的密度不连续线(G4, G5, G6), 推断在这些强蚀变带的地下深处可能存在有地热流体在流动的断层。而且, 从沿断层 F6 分布的硅化带以及明矾石带来看, 存在有地热流体流动的可能性。

(ii) 热源、地下温度结构及地热流体的上升区域

根据中国方面地下温度的分布图, 在标高 4200m、4000m、3800m 的羊八井北部地区的高温地区, 随标高温度儿本没有变化, 从硫黄村西北地区经 ZK4001、ZK320 井, 向 NE-SW 方向延伸 1.5km 左右。在标高 3800m 处, 高温地区中心的温度是 250℃ 以上。因此, 可

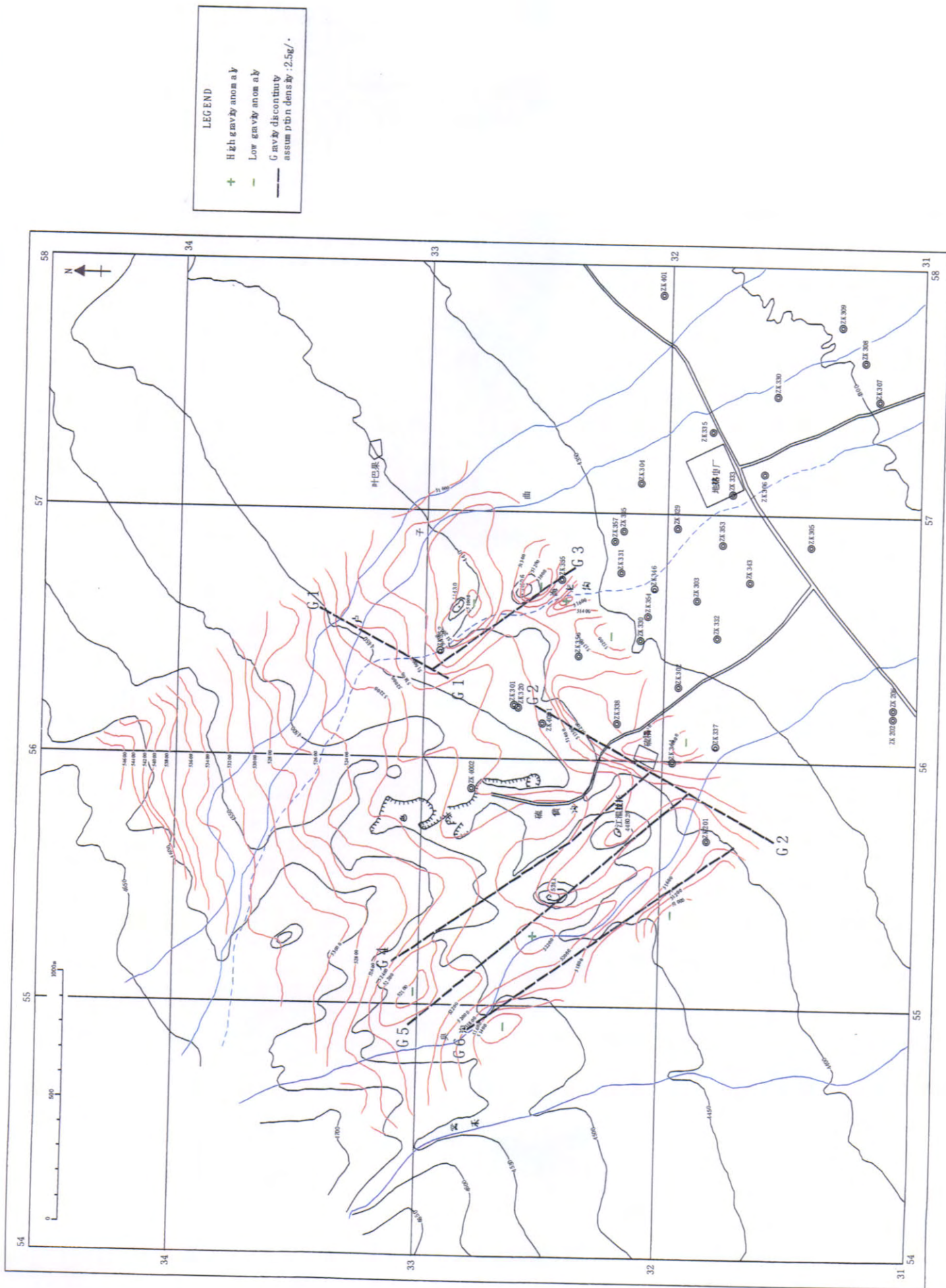


图 2-2-43 羊八井地热田布格重力异常图

(出处:西藏地矿厅地热地质大队)

以认为热水对流的上升区域是高温地区。

(iii) 勘查井(CJZK3001)钻探位置的研究

第2次现场调查和第1次国内工作得到的结果是, 高温地热流体的上升区域是沿着断层 F2(断层带)NNE-SSW 乃至 NE-SW 方向延伸的地区。不是沿着断层 F2(断层带)的 NNE-SSW, 而是向 NE-SW 方向伸长的区域。得出的结论是, 这些地区在深部地热开发上是最有前景的地区。(图 2-2-44~46)。

根据这一结论, 对于新勘查井的钻探目标和钻探地点的想法如下。

●钻探目标:

①在标高 3,800m 以上已知的高温地区, NNE-SSW 系的断层 F2(断层带)和被认为与此相当的电阻率不连续线以及密度不连续线的深部推测为到达深部地热流体上升的通道处钻探。

②断层 F2(断层带)伴随着向右旋正断层向东南方向 70° 左右倾斜。为此在断层深部, 因为向东南侧有错位, 所以在断层的东南方(上盘)一侧钻探比较有利。

●井口位置:

①在通过浅部热储层的时候, 预计有很多的泥浆漏失发生。所以为了钻探在短期内完成, 希望浅部热储层的漏失部位较小。

②在倾斜钻进时, 由于耐热使用井底发动机, 选择起点深度(KOP)的地下温度较低的地点为好。

关于以上的基本想法, 在 2001 年 12 月的第 3 次现场调查(前期)中, 与中国方面达成了协议。而且在此之后, 日本方面研究得到的井口位置、目标位置、钻井规格的详细记述如下。

- | | |
|---------|--|
| 1) 井口位置 | 在羊八井北部地区的地形图中的坐标值
东经 56,050m、 北纬 31,850m |
| 2) 目标位置 | 井口位置基准
方位: MN20W (磁北基准)
偏距: 564m (在垂直深度 1,904m)
方位的容许范围: $\pm 20^\circ$ |
| 3) 钻井规格 | K O P: 180m
最终倾斜角: 20° |

2-3 调查井(CJZK3001 井)钻探工程

2-3-1 工程的概要

调查井钻探工程是委托西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队实施的。调查井 CJZK3001 钻探工程的实际业绩进度见表 2-3-1。

(i) 2001 年工程的概要(钻探资材的准备)

调查井钻探准备工程, 准备了从深度 0~1,505m 钻探所需要的部分资材。

(ii) 2002 年工程的概要(从深度 0 m 到 403.2 m 钻进)

在对 17-1/2" 井段钻探时, 从 235m 开始多次遇到了泥浆全部漏失层, 漏失钻进到 488.9m。用灌注水泥进行泥浆漏失对策, 但是在水泥清理中, 卡住了清理工具。虽然