

300℃以上的高温区域(深度为 1,850m 时, 温度最高达 329.8℃), 在地壳浅部的某些地方可能有岩浆房形成。

在本地区由地下热源加热的高温流体从 ZK4002 井深部上升, 在 NSZ 附近高透水性发育区域形成了 Cl 浓度为 650mg/l, 硅岩温度为 260℃的深部热储层。而且, 流体从 NSZ 和高倾角正断层群交叉部位上升, 其中一部分与地表水混合形成了大规模的酸性蚀变带和硅华等。在北部地区由于地表水和深部热水混合, 形成了 Cl 浓度为 350-430mg/l, 硅岩温度为 170-180℃的浅部热储层流体。浅部热储层流体向东南部方面流动形成了 150℃左右的浅部热储层。

2-7-6 地热数据库的建立和使用

羊八井地区从 20 世纪 70 年代到现在进行了各种调查, 积累了许多调查数据。而且随着地热发电站的运行各种数据也非常多。但是这些数据只被整理为档案资料, 在分析地热热储层结构和评价热储层时很难被利用, 因此将来需要积累更多的数据。为此, 本开发调查计划利用计算机建立了地热数据库, 利用此数据库进行地热系统模型探讨和热储层评价工作。数据库软件是由日本的地热技术开发株式会社开发, 使用了在日本也被广泛应用的 G★BASE。

2-8 地热资源量评价

2-8-1 资源量评价的方法

在开发前天然状态下的地热热储层中, 热源加热产生的浮力驱使自然对流形成, 从而把地下深部的热量运送上来。而且, 由于生产蒸汽、回灌热水引起了质量的变化, 同时也引起了压力与流动的变化, 结果导致热储层内压力与温度的变化。在对地热资源妥善的开发计划探讨时, 用适当的定量化数值模型对地下的变化进行模拟解析是必不可少的。

在此, 通过下述 3 个阶段的 3 维模拟解析对羊八井地热田进行最优开发计划的探讨。

- ① 天然状态模拟解析
- ② 历史匹配模拟解析
- ③ 性状预测模拟解析

天然状态模拟解析是为了再现开发前热储层内发育的自然对流, 确定预测解析起点的初始状态。因为自然对流的发育状况反映热储层内外的温度分布, 本次通过 3 维热储层模拟再现了开发前的温度分布。据此, 可以对热储层内的 3 维透水性分布等进行定量推测。

历史匹配是利用天然状态下模拟解析得到的 3 维数值模型, 随着生产、回灌, 再现热储层压力、温度的变化, 并确定预测解析的起点。在解析过程中, 热储层内的 3 维透水性分布等更加细密化。本次根据羊八井发电记录推测的蒸汽生产量代入模型, 再现了热储层压力的历时变化, 以此模拟解析结果与本地区已经知道的现象和定性分析相比较来确定是否一致。

性状预测模拟是把根据天然状态模拟解析、历史匹配法细密化了的 3 维模型与井内流动模型共同来预测各种开发计划下压力、温度的变化及蒸汽生产量的变化。据此, 可使各种开发计划的优劣定量化。在此, 对在现有开发继续的情况、ZK4001 等深部井运转的情况, 还有增强发电输出能力的情况等各种开发计划, 热储层温度、压力及各生产井蒸汽生产能力的历时变化和追加井时必要的时期与井孔数等进行了解析。

2—8—2 地热热储层的数值模型

(i) 解析范围 网格分割 (图 2-8-3、图 2-8-4)

为了使流体流动方向上的误差最小,将地域的最大流动方向和解析范围的坐标轴相一致,坐标轴设定为 $N30^{\circ}W$ 。

西北—东南方向的解析范围设定在念青唐古拉山脉和东南地区的唐山山地的分水岭。东北—西南方向上的解析范围和西北—东南方向解析范围一样设为充分大。深度方向设定以羊八井地热田平均海拔 4,300m 为上边界,下边界到不影响深部井的足够深度,即海拔 0m。解析范围是 $(NE-SW) \times (NW-SE) \times (DEPTH) = 2.91\text{km} \times 5.48\text{km} \times 4.3\text{km}$ 。

对于数值计算用的网格,在温度梯度大的开发地区,中央部分割很密集(最小单位格子 $100\text{m} \times 300\text{m} \times 50\text{m}$),在热储层周围地区分割很粗。而且,网格分割是按照同一个格子里不能放入多孔生产井的流入点设定的。

(ii) 初始温度、压力分布

初始温度分布是根据地表温度 10°C ,解析范围下限海拔 0 m 处为 170°C ,用线性内插法求出。

(iii) 边界条件

上边界设定为和流体、热的移动相关联的开放体系。

侧向边界设定为与流体及热移动相关的封闭边界。

对于下边界,在下边界全域的热流量设定为 $0.10\text{W}/\text{m}^2$ 。此外,流体流入设定来自深部的流体沿 ZK4001 井和 ZK4002 井的深部断层上升。流入量最后设定为 $50\text{kg}/\text{s}$ 。

(iv) 岩石物性参数

岩石物性参数基本上参照 CJZK3001 井的岩芯物性试验(2005)。

(v) 渗透率分布

渗透率分布是在流体流动模型、地表蚀变带分布及温泉分布等调查结果的基础上作成后,通过天然状态下数值模拟及历史匹配模拟的校正,最终的渗透率分布图如图 2—8—7、10、16、20 所示。

2—8—3 天然状态数值模拟

(i) 条件的设定

天然状态数值模拟设定热储层压力、温度大体为准恒定,计算到 10 万年为止。

(ii) 计算结果

10 万年后的温度分布剖面图及热水流速矢量图(图 2—8—27)很好地再现了热水从 ZK4002 井深部上升后,在海拔 4,000m 以上的浅部变为水平方向流动,并流向南部地区的流体流动模型。而且,10 万年后温度分布平面图及热水的流速矢量图(图 2—8—28)的计算结果很好地再现了流体流动模型中浅部热储层的流体从西北方向向东南方向流动。

井内温度的测定结果与计算结果的比较见图 2—8—29。对于深部井 CJZK3001、ZK4001、ZK4002,浅部温度的计算结果虽然有些高,但与测定结果的温度分布大体一致。对于 ZK308 井,再现了在海拔 4,000~4,300m 左右的地层中流体向一侧流动情况。而且,对于南边界的南部生产井 ZK319,温度分布的测定结果与计算结果大体相一致。限制浅

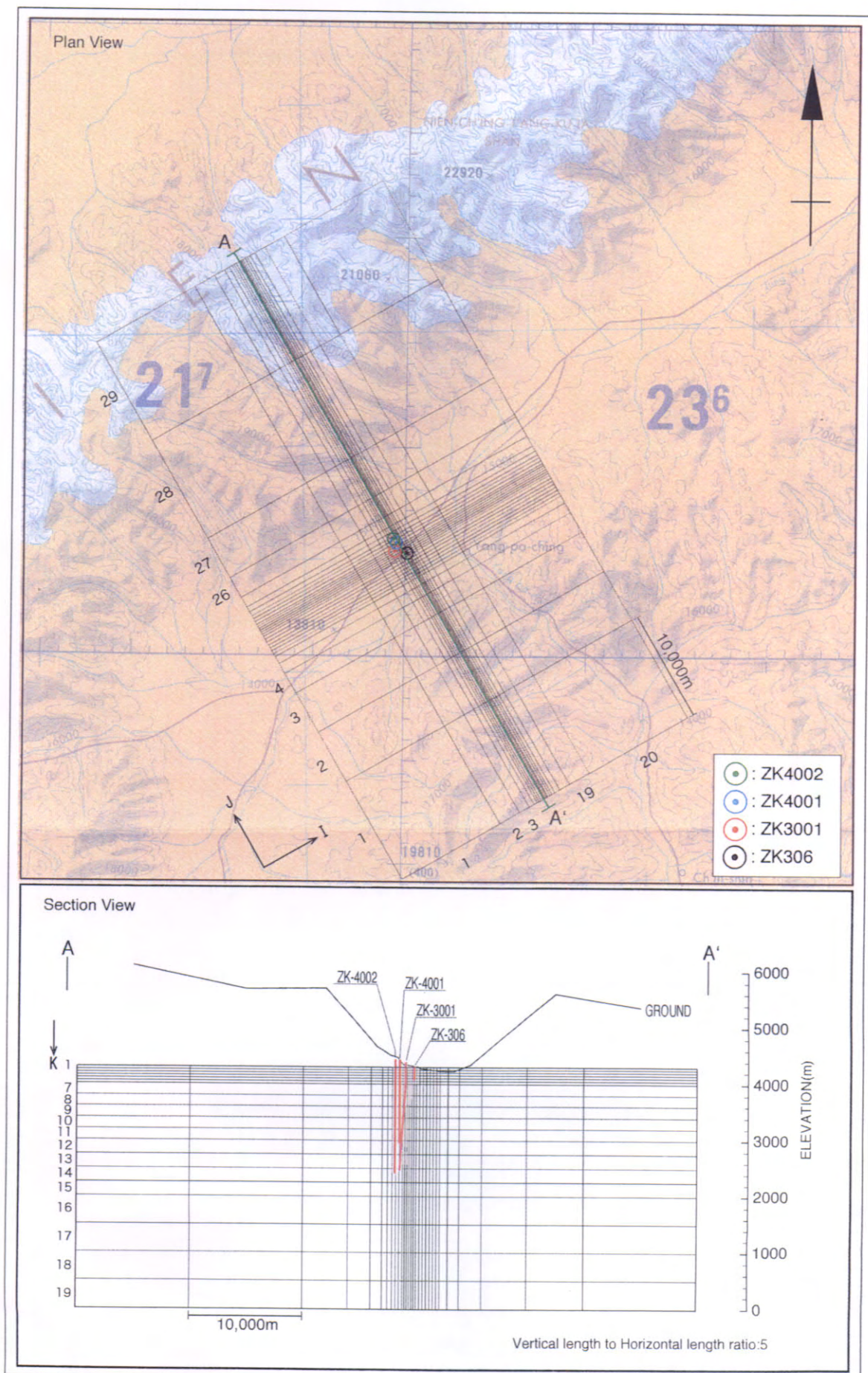
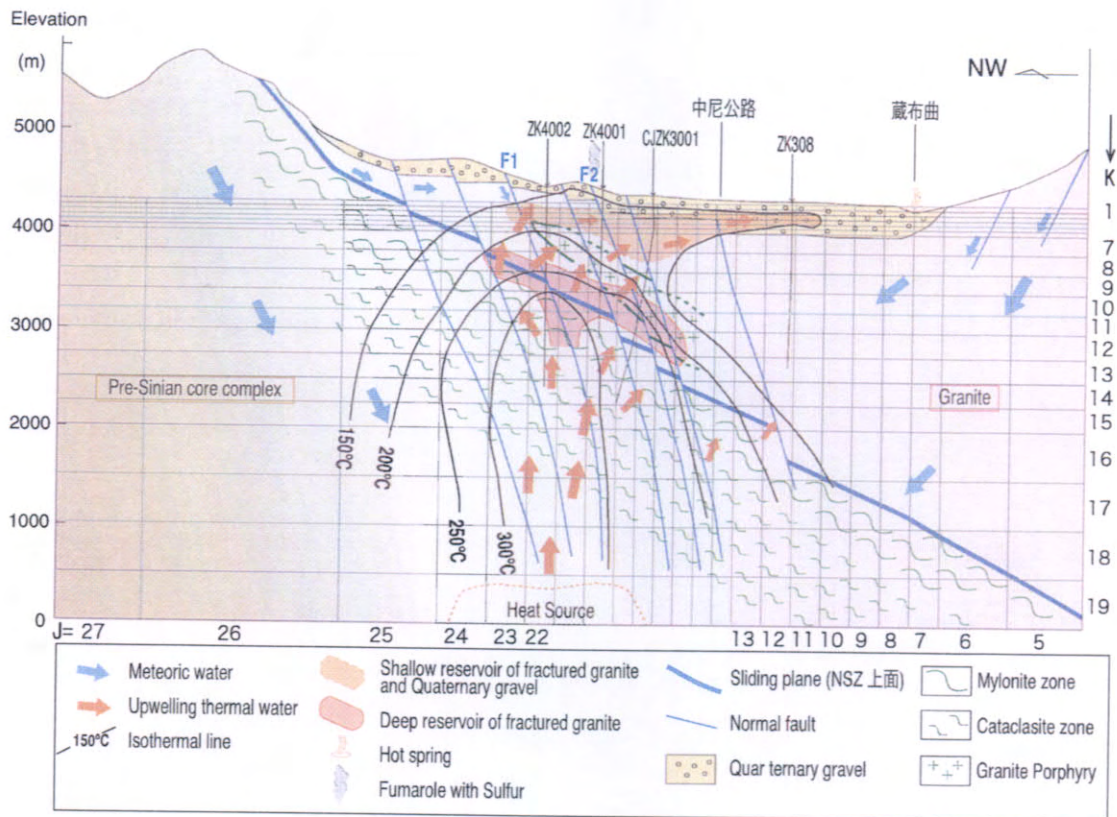


图 2-8-3 解析范围和网格分割 (全体)



羊八井地熱田水熱系統概念模型圖

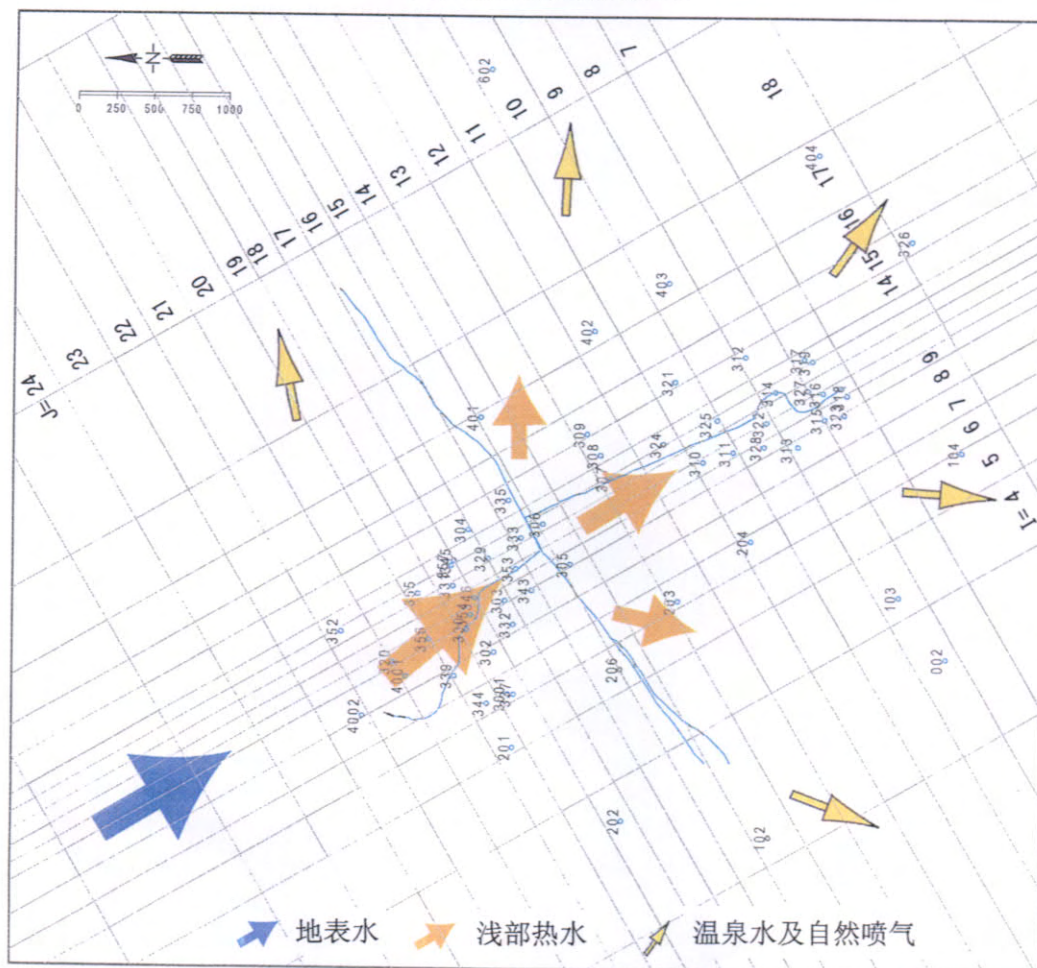


图 2-8-4 解析范围和网格分割 (中央)

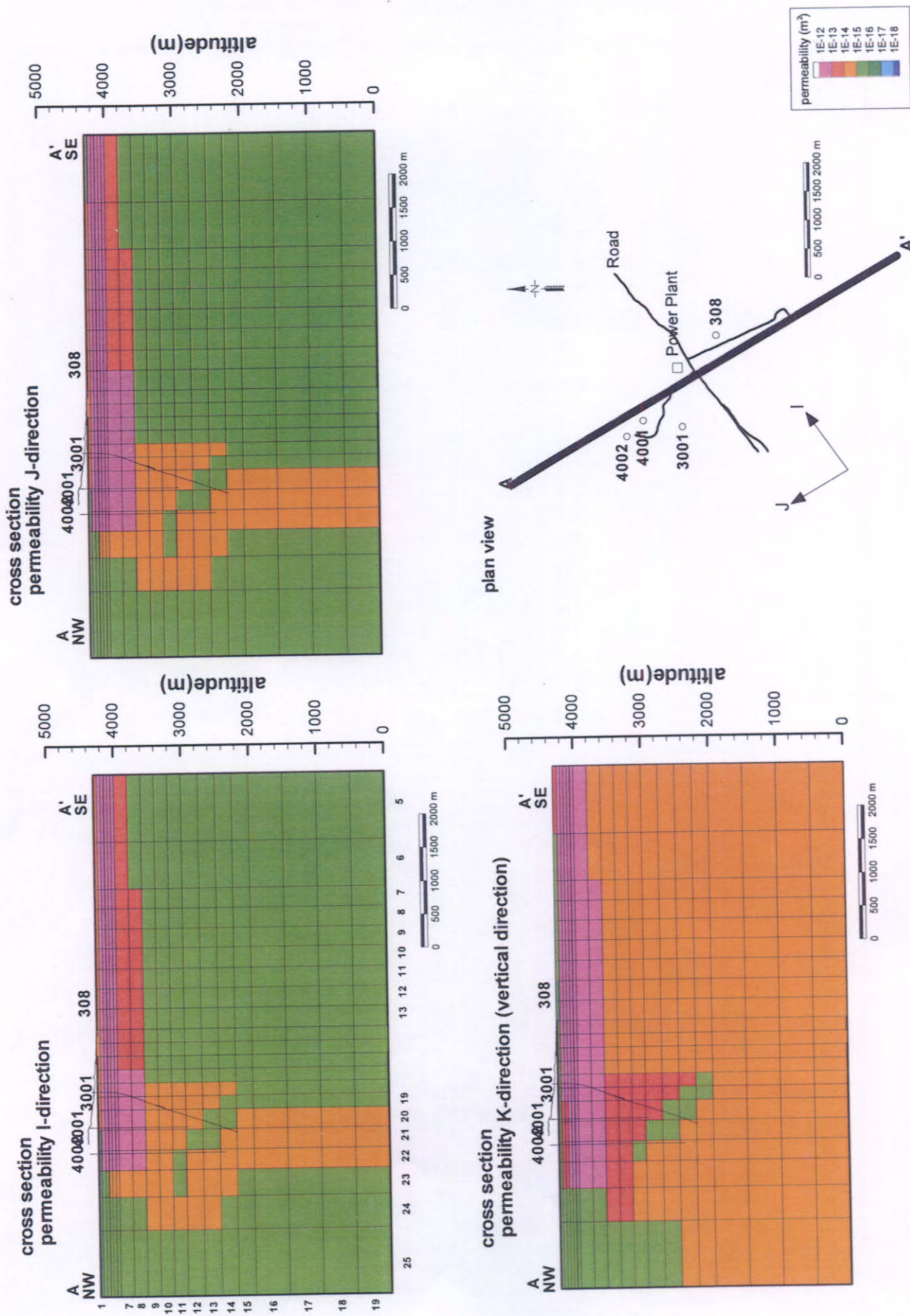


图 2—8—7 渗透率分布剖面图 (剖面 A—A')

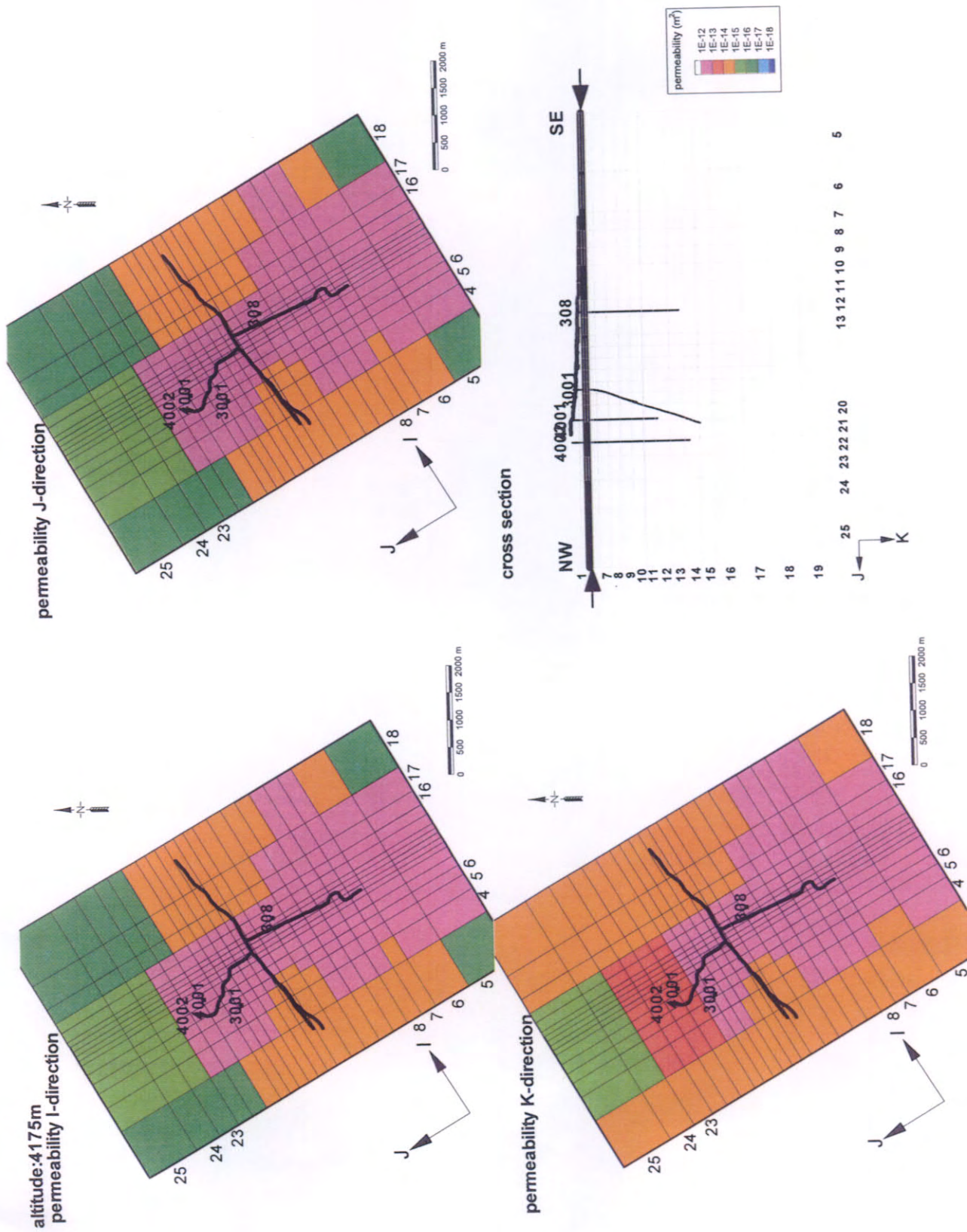


图 2—8—1 0 渗透率分布平面图 (海拔 4150~4200m)

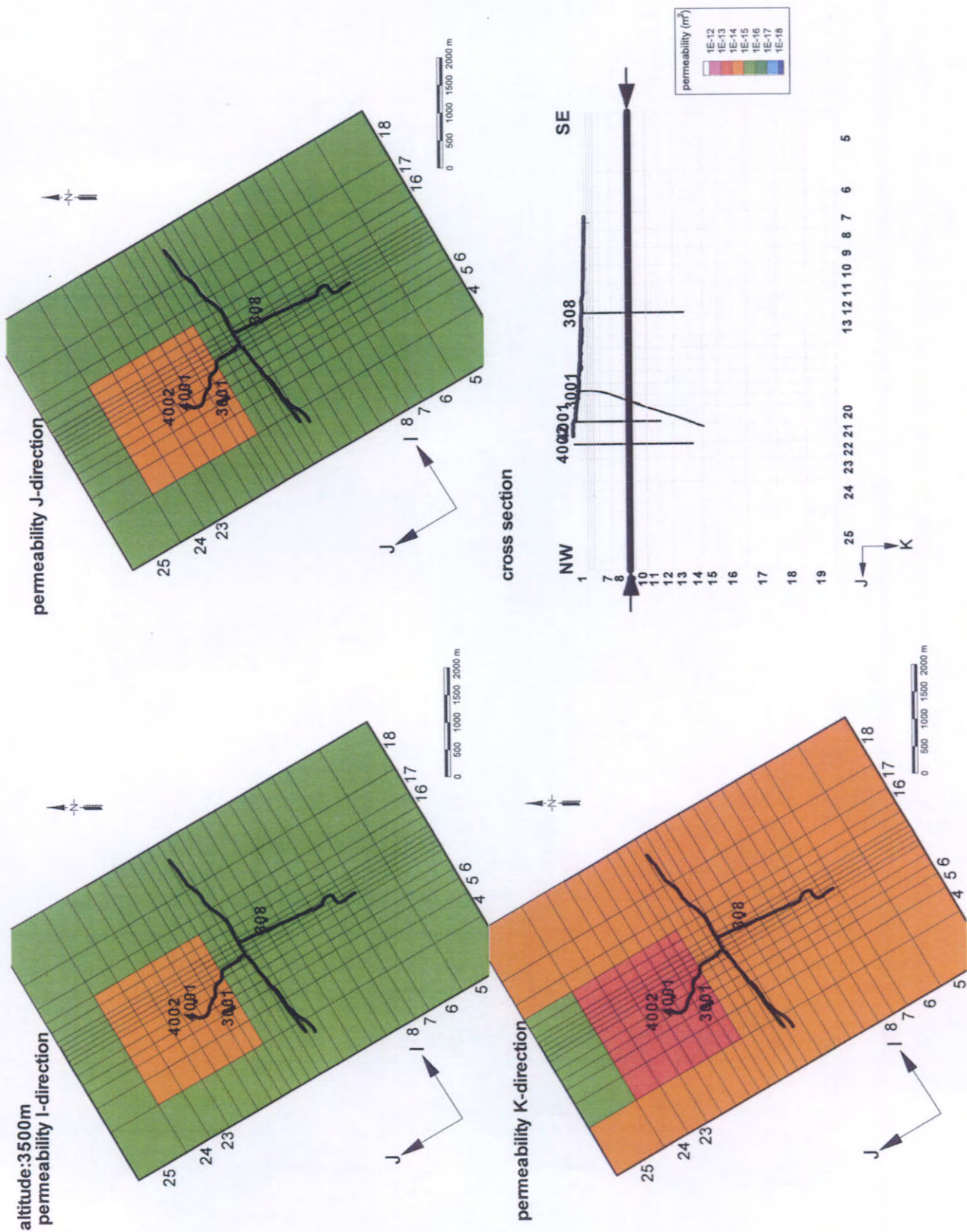


图 2-8-1 6 渗透率分布平面图 (海拔 3400~3600m)

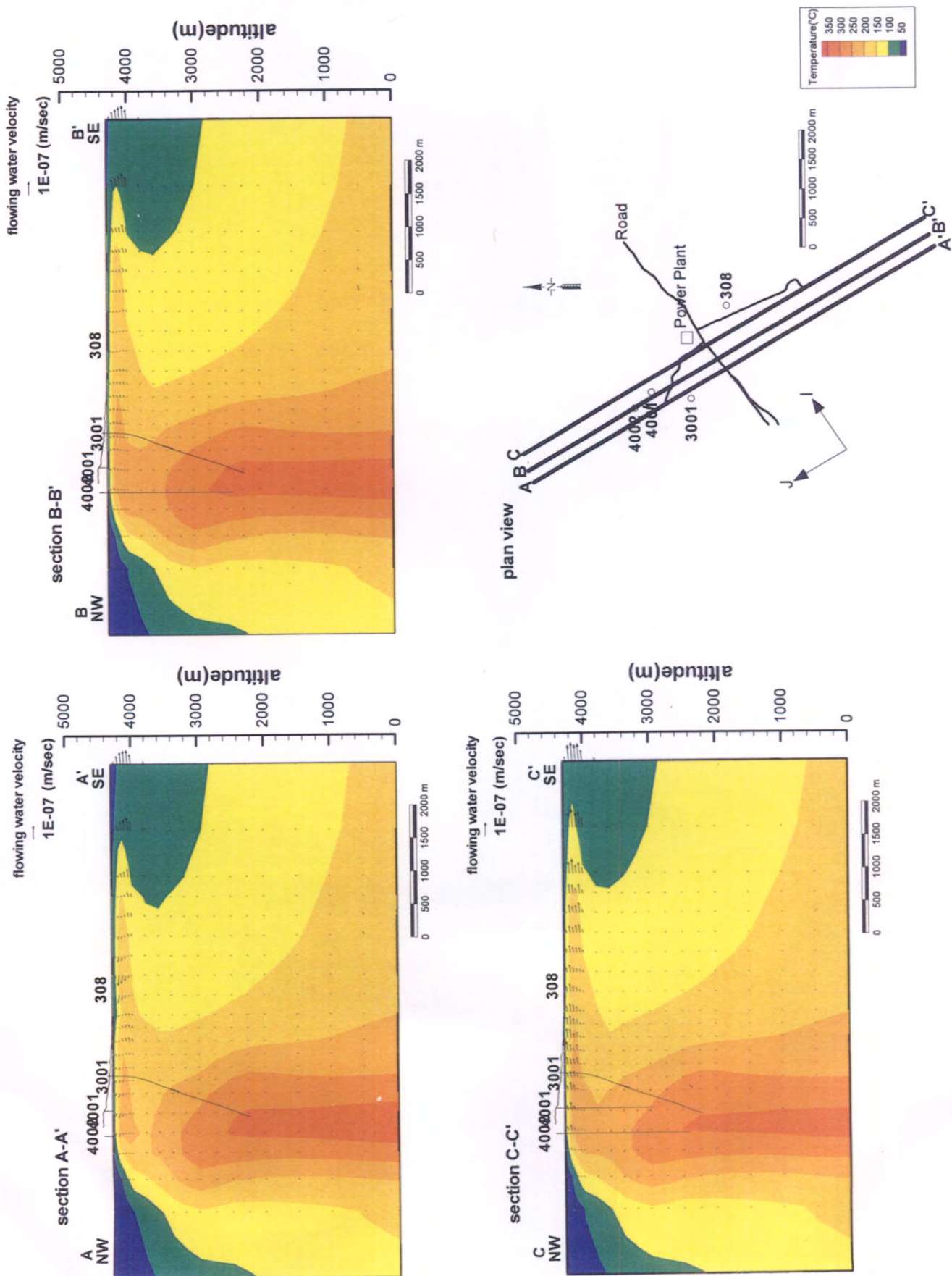


图 2-8-2.7 天然状态下温度分布剖面图及热水的流速矢量图 (计算结果)

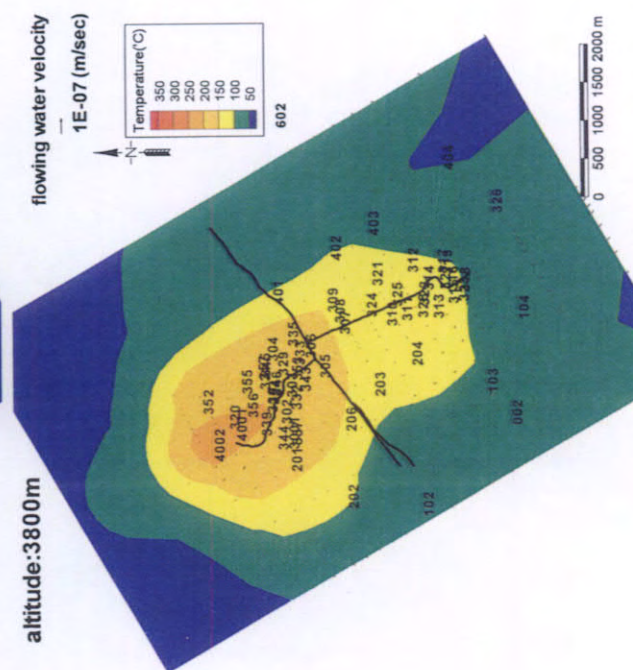
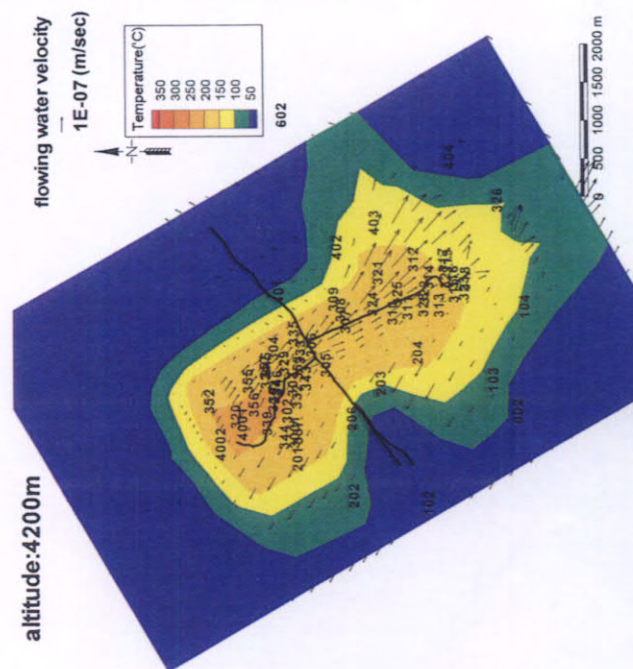
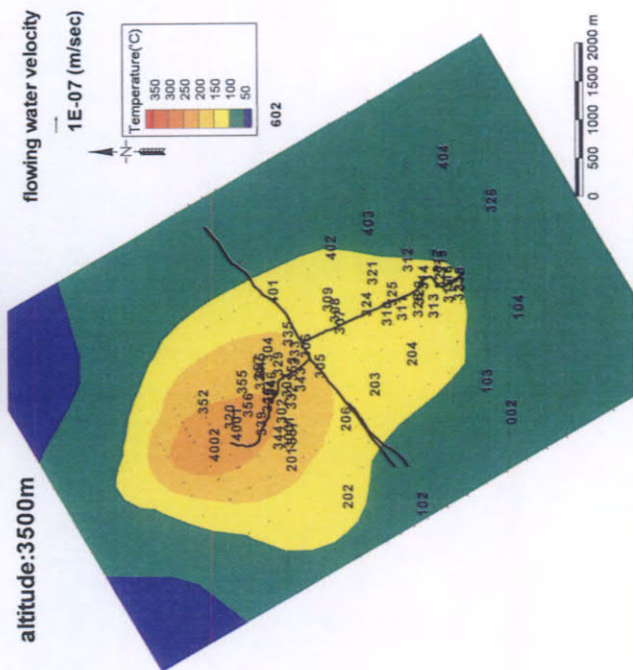
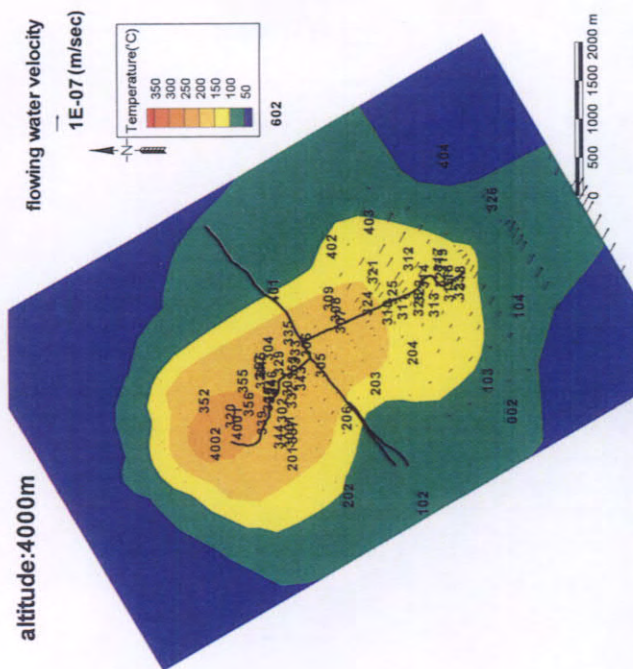


图 2—8—2 8 天然状态下温度分布平面图及热水流速矢量图 (计算结果)

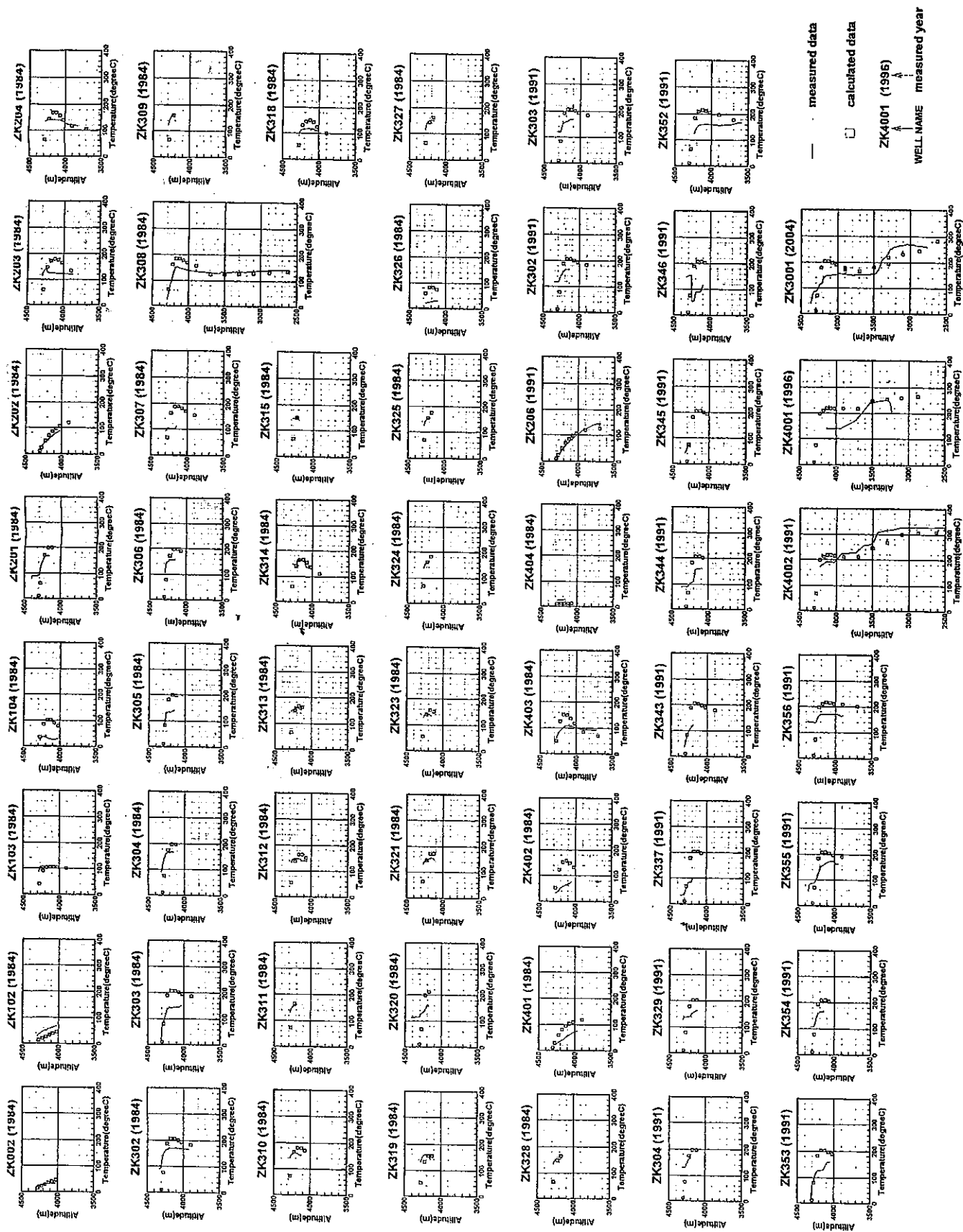


图 2-8-2-9 井内温度分布 (计算结果与测定结果的比较)