

2-8-4 历史匹配模拟

(1) 解析方法

(1) 条件设定

1) 蒸汽流量、热水流量

所谓历史匹配,就是对发电厂从运行开始到现在的生产、回灌进行数值计算,为了使温度、压力等的计算结果和实际的测量结果一致,而改良数值模型的工作。但是,因为羊八井地热发电厂没有测量蒸汽流量的经历,所以应该输入数值模型的生产量数据没有。为此,在这里,根据实际的发电输出量数据来计算蒸汽流量。图 2-8-30 显示了根据发电输出量计算各生产井喷汽流量方法的概略图。首先,根据各钻井测量的蒸汽流量和发电输出量的关系来近似求得蒸汽流量和发电输出量的关系(图 2-8-31)。其次,把蒸汽流量和发电输出量关系的近似式用于发电输出,分别求出 1 号电厂和 2 号电厂的蒸汽流量。对于 1 号电厂和 2 号电厂各自年平均发电输出量的历时变化和计算得到的实际蒸汽流量的历时变化分别见图 2-8-32、33。图中的蒸汽流量设定为能满足实际的发电输出量而必需的蒸汽流量。因此,从发电厂运行开始到现在的各个时段,在汽轮机合流的各生产井蒸汽流量相加后的总蒸汽流量,需要满足对应时段所必需的蒸汽流量。数值计算时为了达到所需蒸汽流量,推测了各钻井的喷气流量(蒸汽流量+热水流量)。从流入点到分离器假设等焓的情况下,1 孔井的喷汽流量设定的话,就能算出蒸汽与热水分离后的蒸汽流量。在全部的生产井都实施了此方法,为了使这些生产井的总蒸汽流量满足上述必要的蒸汽流量,在发电厂负责人提供的信息基础上,进行数值模拟的工作人员设定了各钻井的喷汽流量。推定的实际蒸汽流量和热水流量见图 2-8-34~37。此图表示是随着时间各钻井的蒸汽流量(热水流量)的累积图。累积面的最上部显示的是总蒸汽流量(总热水流量)。计算得到目前(2005 年)的蒸汽流量是,1 厂 58t/h、2 厂 109t/h,合计 167t/h。

2) 流入点

本地区的很多钻井因为地质和泥浆漏失资料很少,没有实施喷气时的测井,所以很难确定流入点的位置。在此分析中,对有地质柱状图等资料的钻井,根据这些资料推测了流入点,对没有资料的钻井,流入点的深度认为和周围钻井一样。另外,即使同一钻井名,有附带「老」和不附带「老」两种情况。附带「老」的是原井,不附带「老」的是在距离「老」钻井井口 10m 以内新钻的井。在本调查中因为没能得到不附带「老」的钻井的资料,所以把附带「老」和不附带「老」的钻井的流入点视为一样。推测的生产井流入点一览如表 2-8-2 所示

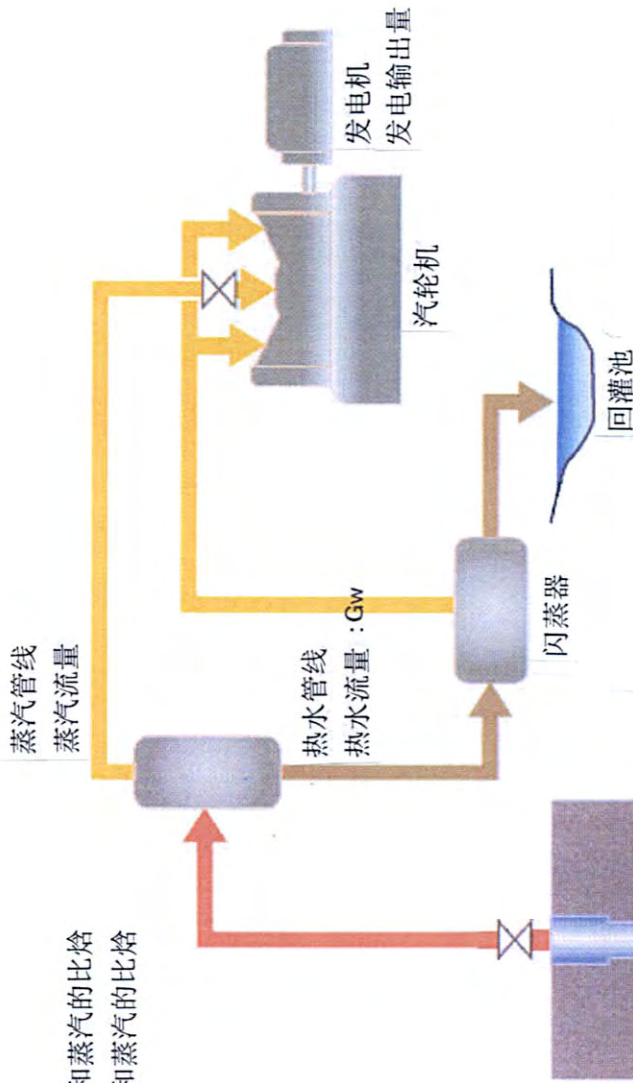
分离器

管线压力、

相对与管线压力 P 下饱和蒸汽的比焓

相对与管线压力 P 下饱和蒸汽的比焓

汽水分离后的干湿度



喷气流量(蒸汽流量+热水流量)

流入点温度

流入点温度 T_e 的热水比焓 H_w

从发电输出量计算各钻井喷汽流量(蒸汽流量+热水流量)的步骤

①从发电输出量和蒸汽量的关系式： $(\text{蒸汽流量}) = 0.013 \times (\text{发电输出量}) + 0.858$

算出流入汽轮机的总蒸汽流量(一次)。

②假设流入点到汽轮机入口之间为等热变化。1孔生产井的喷汽流量为 G_t 时，则生产井的蒸汽流量用下式计算。

$$G_s = G_t (H_w - h_w) / (h_s - h_w)$$

G_s ：分离之后的蒸汽流量

G_t ：喷汽流量(蒸汽流量+热水流量)

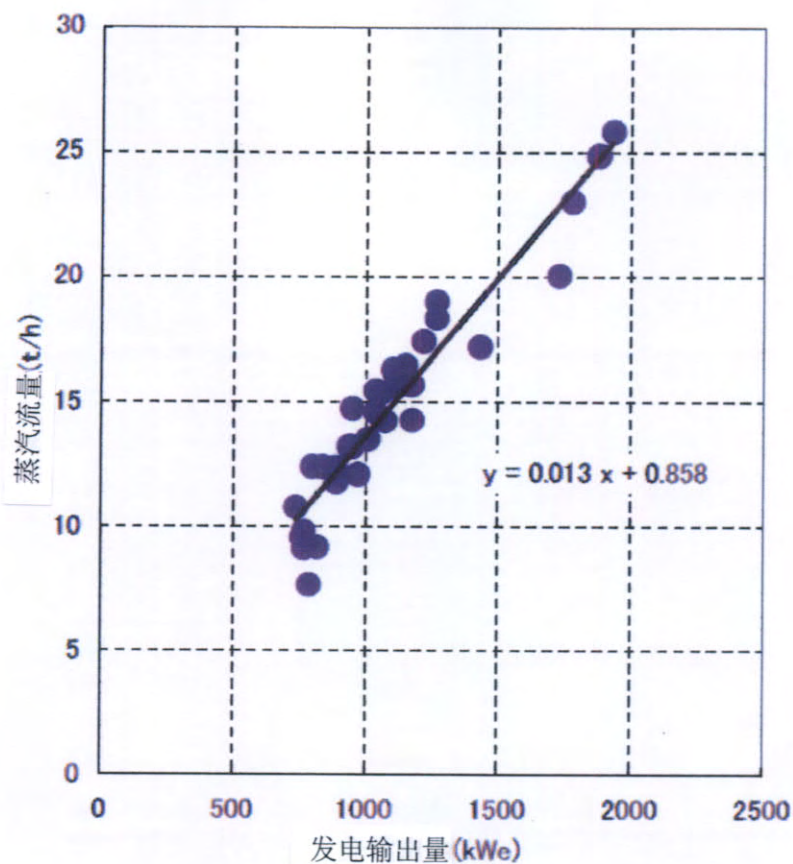
H_w ：流入点温度下热水的比焓

H_s ：分离管线压力下饱和蒸汽的比焓

h_w ：分离管线压力下饱和热水的比焓

③在所有的生产井实施了②，为了使计算总量与①算出的实际总蒸汽流量相等，调节②中各钻井的喷汽流量 G_t

图 2-8-30 各井内喷汽流量的计算方法概念图



Well No.	Max. T in well (°C)	Work T at WH (°C)	Work P at WH (bar)	Lip P (bar)	Total M.flow (kg/s)	Steam M.flow (kg/s)	Steam ratio (%)	Power (kWe)
ZK203	141	125	2.3	0.766	23.8	2.5	10.73	818.5
ZK204	147	122	2.3	0.716	21.2	2.5	11.95	767.3
ZK302	172	137	3.6	1.066	25.7	4.4	17.23	1124.2
ZK303	167	134	3.2	1.066	26.9	4.3	15.70	1109.9
ZK304	172	133	3.8	1.066	25.7	4.5	12.24	1109.9
ZK309	160	146	4.6	1.916	49.0	7.2	14.63	1948.8
ZK310	160	125	2.9	0.836	22.4	3.3	14.63	890.2
ZK311	157	147	4.7	1.716	45.6	6.4	14.00	1775.6
ZK312	149	138	3.7	1.116	32.0	4.0	12.36	1174.8
ZK313	161	131	3.3	0.966	25.2	3.7	14.85	1009.8
ZK314	160	131	3.5	1.106	28.9	4.4	15.09	1164.7
ZK315	152	127	3.1	1.856	20.1	2.7	13.17	761.2
ZK319	161	130	3.3	1.116	29.3	4.4	14.84	1174.8
ZK321	155	120	2.1	0.716	20.0	2.7	13.61	767.3
ZK324	160	147	4.3	1.816	47.1	6.9	14.66	1874.8
ZK325	155	143	4.1	1.666	45.0	5.6	13.60	1725.9
ZK327	152	116	2.6	0.916	25.9	3.4	12.98	971.9
ZK328	152	138	3.5	1.370	38.1	4.8	12.98	1430.4

图 2-8-31 发电输出量和蒸汽流量的关系

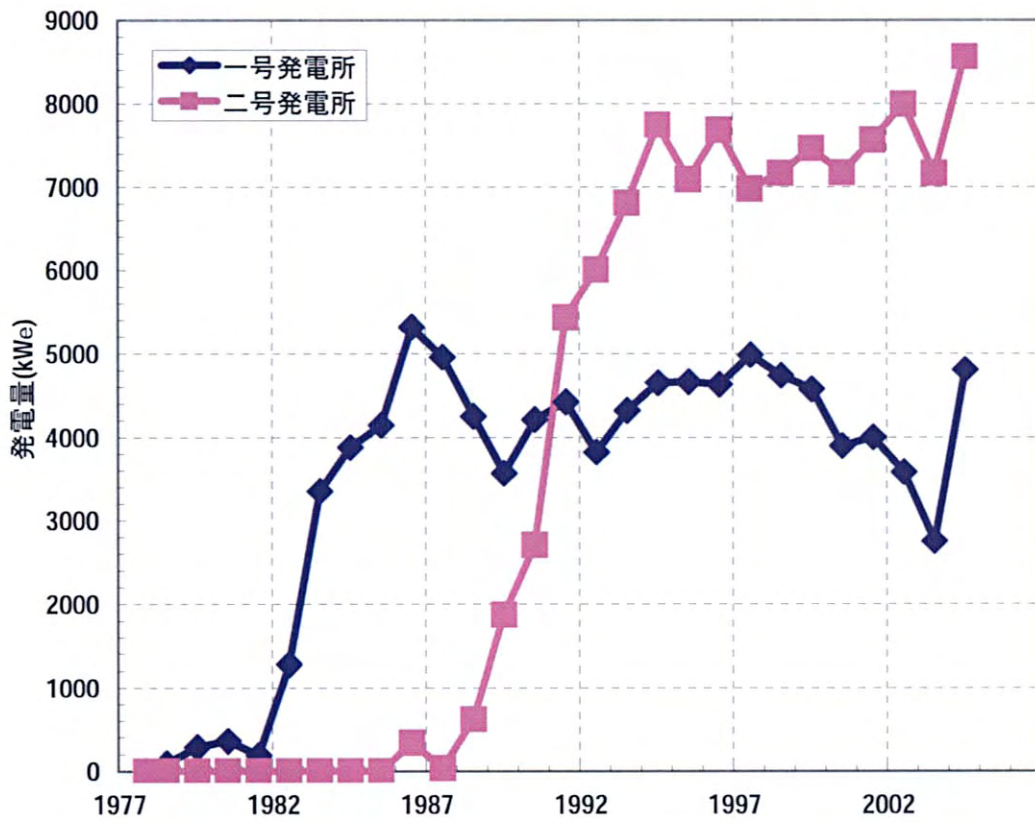


图 2 - 8 - 3 2 年平均发电输出量的历时变化

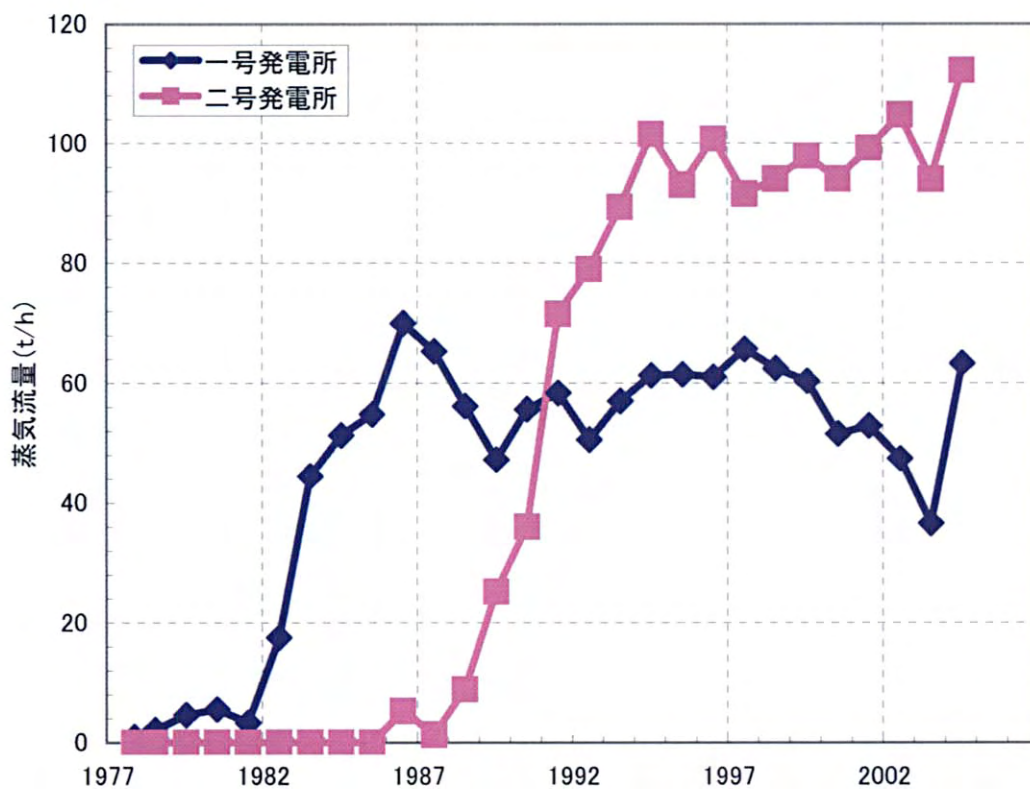


图 2 — 8 — 3 3 从发电输出量推测的蒸汽流量

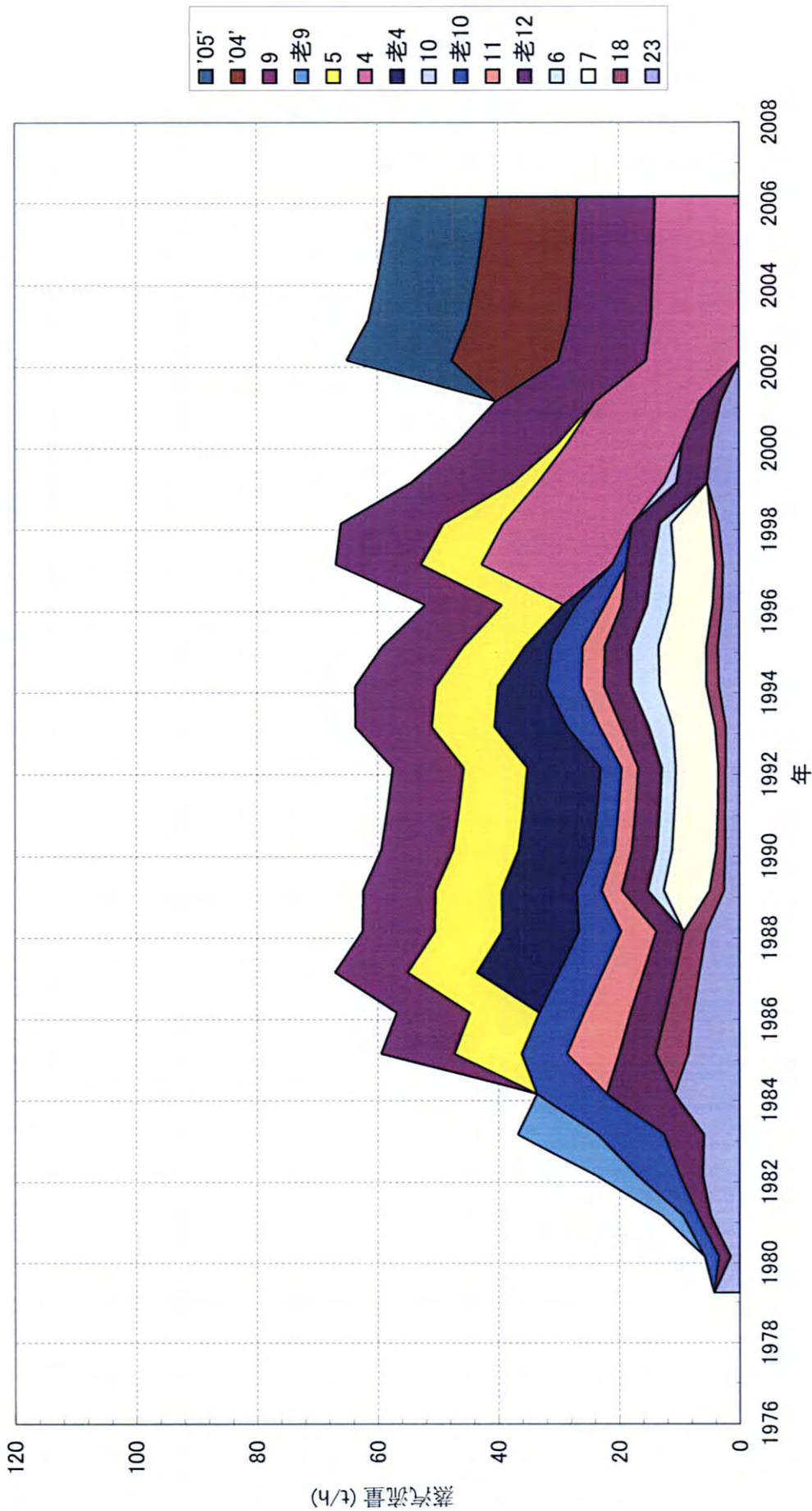


图 2—8—3 4 推测 1 号电厂的实际蒸汽流量

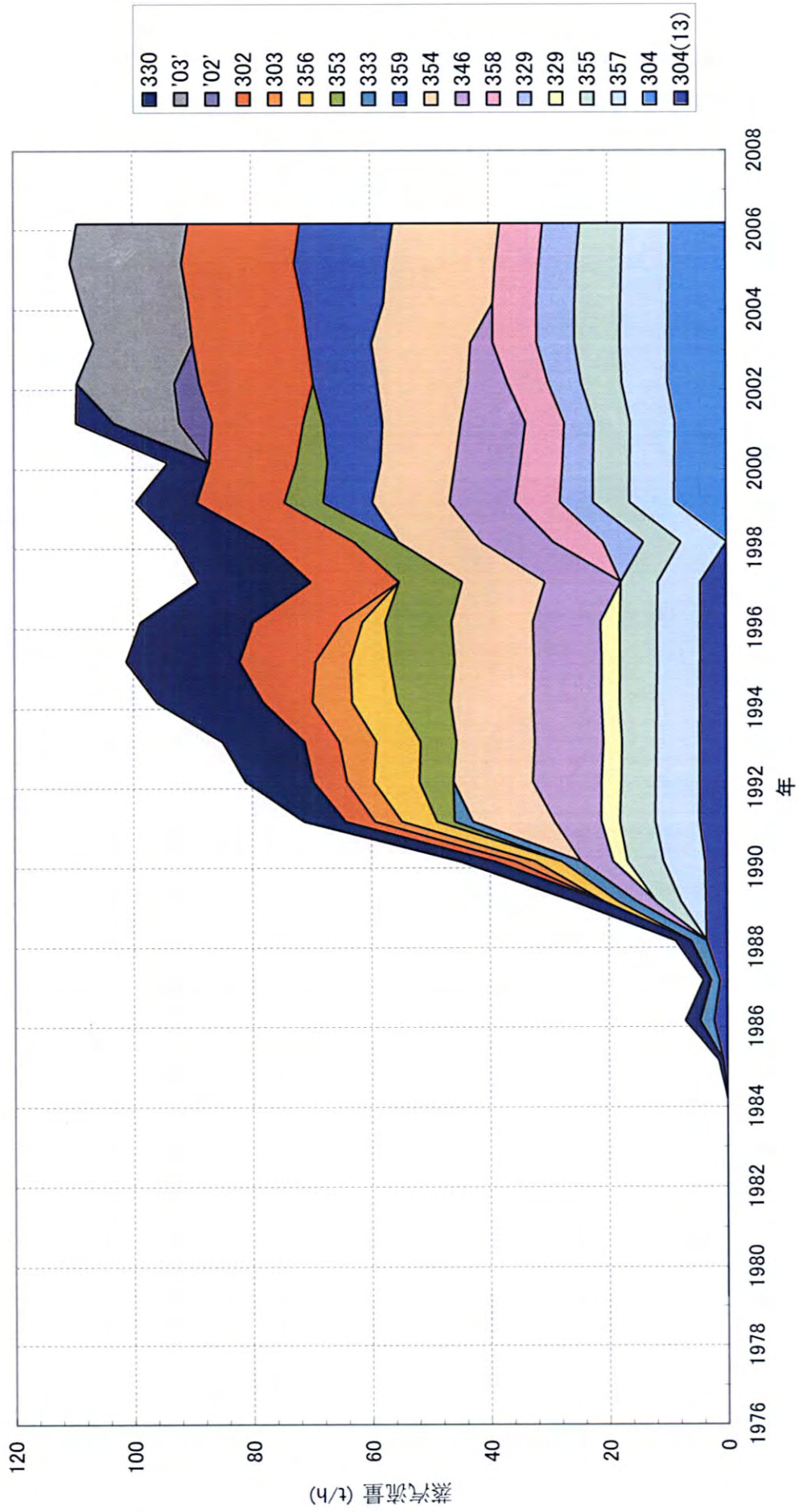


图 2—8—3 5 推测 2 号电厂的实际蒸汽流量

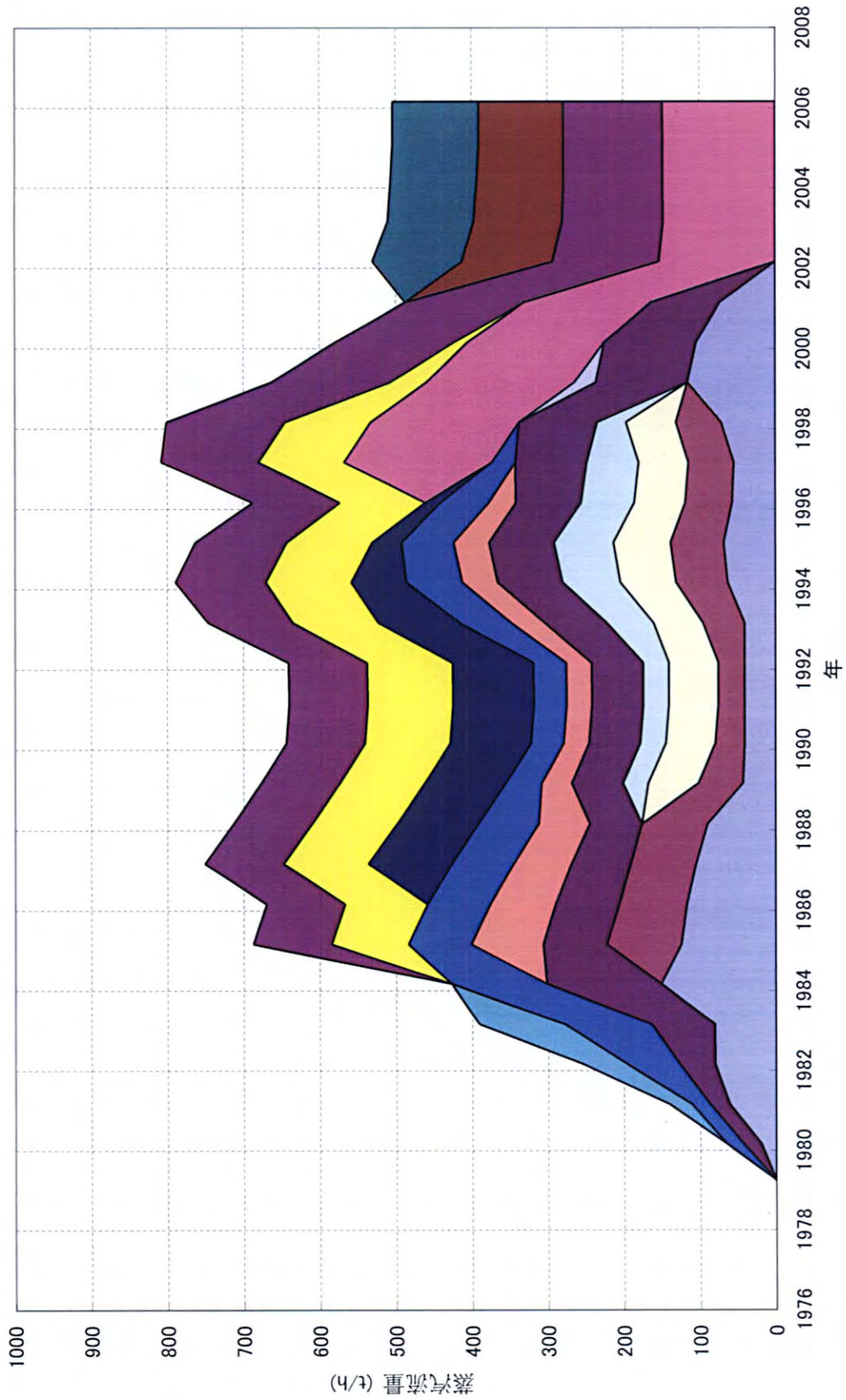


图 2-8-3-6 推测 1 号电厂的实际热水量

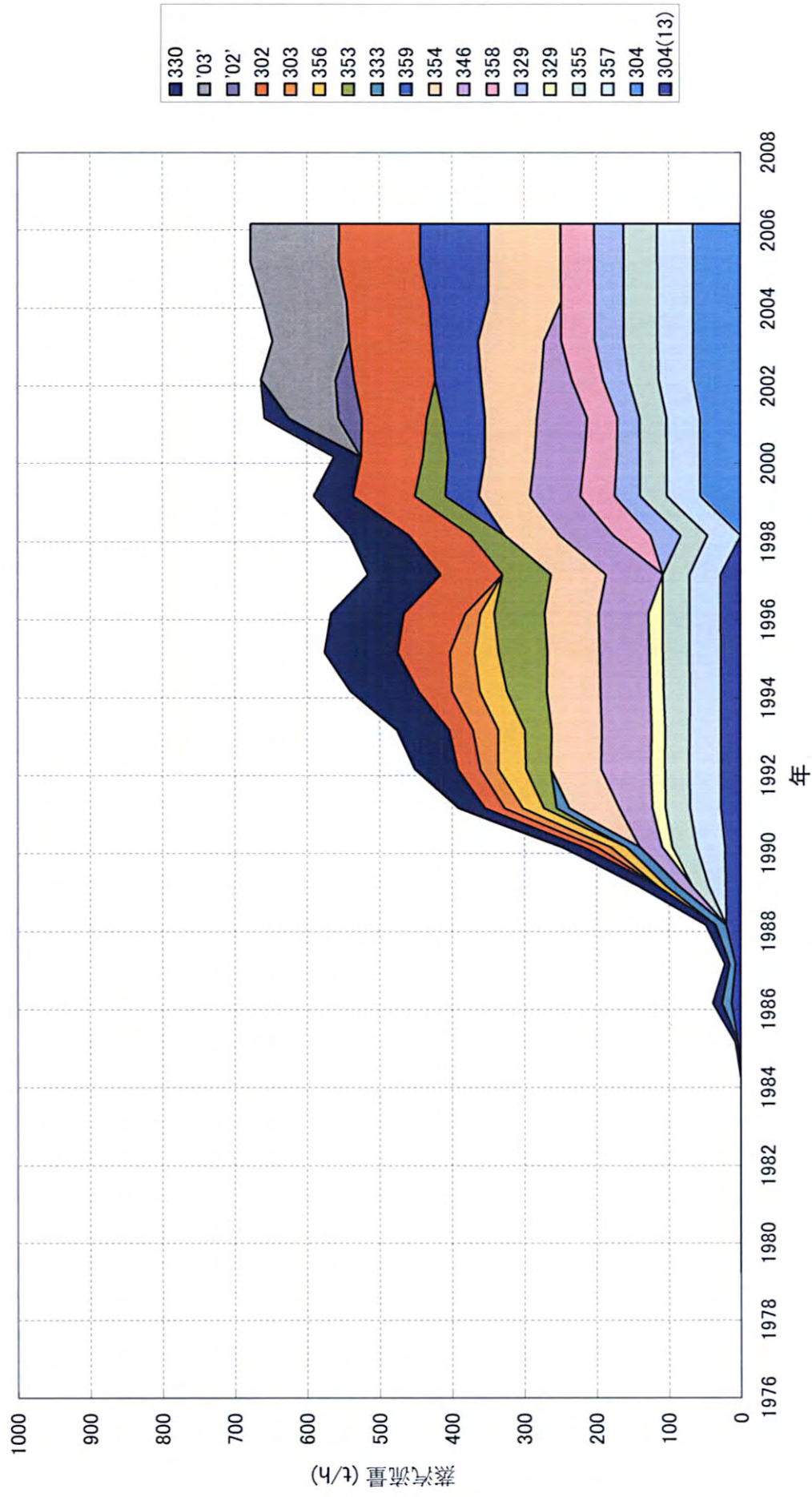


图 2-8-37 推测 2 号电厂的实际热水流量

表 2-8-2 流入点位置的设定

No.	生产编号	钻井名	生产开始年月	生产停止年月	井口海拔 (m)	流入点深度 (m)	流入点海拔 (m)	数值模型的层序编号 (K)	流入点设定的依据/备注
1	23	313	1979年4月	2001年10月	4, 283	77.93	4, 127	4	设井底附近为流入点
2	18	319	1984年5月	1988年10月	4, 284	133~156.93	4, 127~4, 151	4	根据地质柱状图在深度 133~156.93m 有硫化物充填发育的裂隙的记载
3	7	311	1988年5月	1998年12月	4, 286	81~82	4, 284~4, 285	3	记载有最初漏失是在地质柱状图 81~82m 处, 之后有喷气的记录
4	6	314	1988年6月	1998年9月	4, 284	100~180	4, 104~4, 184	4	温度测定结果的高温部位
5	老 12	12	1979年5月	2001年10月	不明	不明	不明	4	与周围生产井的流入点在同一深度
6	11	328	1984年10月	1996年7月	4, 284	108	4, 176	3	无漏失记录, 井底附近设定为流入点
7	老 10	322	1980年3月	1997年8月	4, 283	108	4, 176	3	无地质柱状图, 井底附近设定为流入点
8	老 10	322	1998年10月	1999年10月	不明	不明	不明	3	与老 10 设定为同一深度
9	老 4	324	1986年8月	1996年6月	4, 290	90	4, 200	3	记载有在钻探到地质柱状图的 90m 处变为放空
10	4	324	1996年12月	不明	不明	不明	不明	3	与老 4 设定为同一深度
11	5	325	1984年9月	2000年4月	4, 285	95	4, 190	3	记载有在地质柱状图的深度 95m 处全部漏失
12	老 9	309	1980年8月	1983年10月	4, 298	203~214	4, 119~4, 130	5	根据记载, 在地质柱状图的深度 203~214m 有直立的裂隙
13	9	309	1984年9月	不明	不明	不明	不明	5	与老 9 设定为同一深度
14	"04"	"04"	2001年8月	不明	不明	不明	不明	4	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
15	"05"	"05"	2001年9月	不明	不明	不明	不明	5	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
16	老 13	304	1985年8月	1997年10月	4, 333	143	4, 190	3	深度 143m 以下漏失
17	13	304	1998年9月	不明	不明	不明	不明	3	与老 13 设定为同一深度
18	357	357	1988年10月	不明	4, 345	不明	不明	3	无地质柱状图, 与邻近的 ZK304 设定为同一深度
19	355	355	1988年10月	不明	4, 366	不明	不明	3	无地质柱状图, 与邻近的 ZK304 设定为同一深度
20	老 329	329	1989年8月	1997年3月	4, 328	不明	不明	3	无地质柱状图, 与邻近的 ZK303 设定为同一深度
21	329	329	1997年11月	不明	不明	不明	不明	3	与老 329 设定为同一深度
22	358	358	1997年10月	不明	不明	不明	不明	3	无地质柱状图, 与邻近的 ZK329 设定为同一深度
23	346	346	1988年6月	2003年10月	4, 335	不明	不明	3	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
24	354	354	1990年10月	不明	4, 338	不明	不明	4	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
25	359	359	1998年9月	不明	不明	不明	不明	4	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
26	333	333	1985年8月	1992年3月	4, 317	不明	不明	4	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
27	353	353	1990年8月	2001年10月	4, 322	不明	不明	5	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
28	350	350	1988年10月	1996年6月	4, 381	不明	不明	5	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
29	303	303	1989年9月	1995年9月	4, 333	266~277	4, 056~4, 057	5	根据记载, 在地质柱状图的深度 266~277m 有漏失
30	302	302	1989年9月	不明	4, 353	300	4053	5	根据电力检测, 在深度 300m 附近有大的变化
31	"02"	"02"	2000年8月	2002年9月	不明	不明	不明	4	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
32	"03"	"03"	2000年8月	不明	不明	不明	不明	5	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度
33	330	330	1984年9月	2001年11月	4, 358	不明	不明	5	无地质柱状图, 与周围钻井为几乎同一深度

生产停止年月为空格处是指钻井现在仍在运行

(2) 计算结果

图 2-8-38 显示了, 浅部井多数流入点所在的第 3 层(海拔 4, 150~4, 200m)热储层的温度平面分布以及热水流速矢量分布的历时变化。根据此图, 可以看出南部的温度随着生产逐年降低。而且也可以看出, 南部流体最初是由西北向东南方向流动, 现在却相反, 变为由东南向东北方向流动。在地球化学调查中, 从硅石浓度和 CL 浓度的变化来看流体来源的比例, 与深部热水相比较地表水(温泉水)的比例逐年增加, 从而推测地表水从浅部热储层周围流向热储层。根据数值计算算出的流体流动的逐年变化和根据地球化学调查推定的结果相吻合。

图 2-8-39 显示了同一深度热储层压力的逐年变化。从图中可以看出本地区中央的压力在逐年下降。

根据计算结果, 热储层温度、压力的逐年下降说明了南部井喷气停止和地表地热显示消失这些实际现象。

图 2-8-40 显示了流入点区域的温度和地球化学温度(根据硅石浓度推测的温度)的匹配结果。如前面所述, 由于本地区浅部井的流入点不详, 流入点区域的温度和实际相比较的地球化学温度所在的深度有可能不同。但是考虑到, 数值计算的流入点区域和实际的流入点都在浅部热储层, 所以认为两者可以做比较。综上所述, 将数值计算结果和地球化学温度相比较, 可以说两者大体上一致的。关于深部井 ZK4001, 根据在静止状态下的测井温度结果, 从温度较低这一异常现象推测了流入点, 因此可信度较高。将 ZK4001 井温度的计算结果和地球化学温度相比较, 两者很好地匹配。因此, 在历史匹配模拟中, 由热储层模拟计算得到的流入点附近的温度可以说大体再现了实际的热储层温度。

从以上的匹配结果来看, 可以说本数值模型大体再现了目前羊八井地区的热储层。因此, 可以认为后面将进行的生产预测模拟的结果也是可以信赖的。

今后, 为了建立精度高, 值得信赖的数值模型, 需要重新实施蒸汽流量、热水量测定, 进行静止状态下井内温度、压力的测定, 实施压力、地球化学监测, 为了使计算结果与这些测定结果相匹配, 希望进一步改进数值模型。

2-8-5 将来预测和地热资源量评价

这里的生产预测模拟是通过各生产井蒸汽生产量的变化, 对热储层的生产能力进行评价。因此, 在计算时, 具体各生产井的破损、堵塞等钻井的寿命没有考虑。而且, 这里所记述的并不是各生产井继续生产的实际情况。这一点仅供参考, 敬请注意。

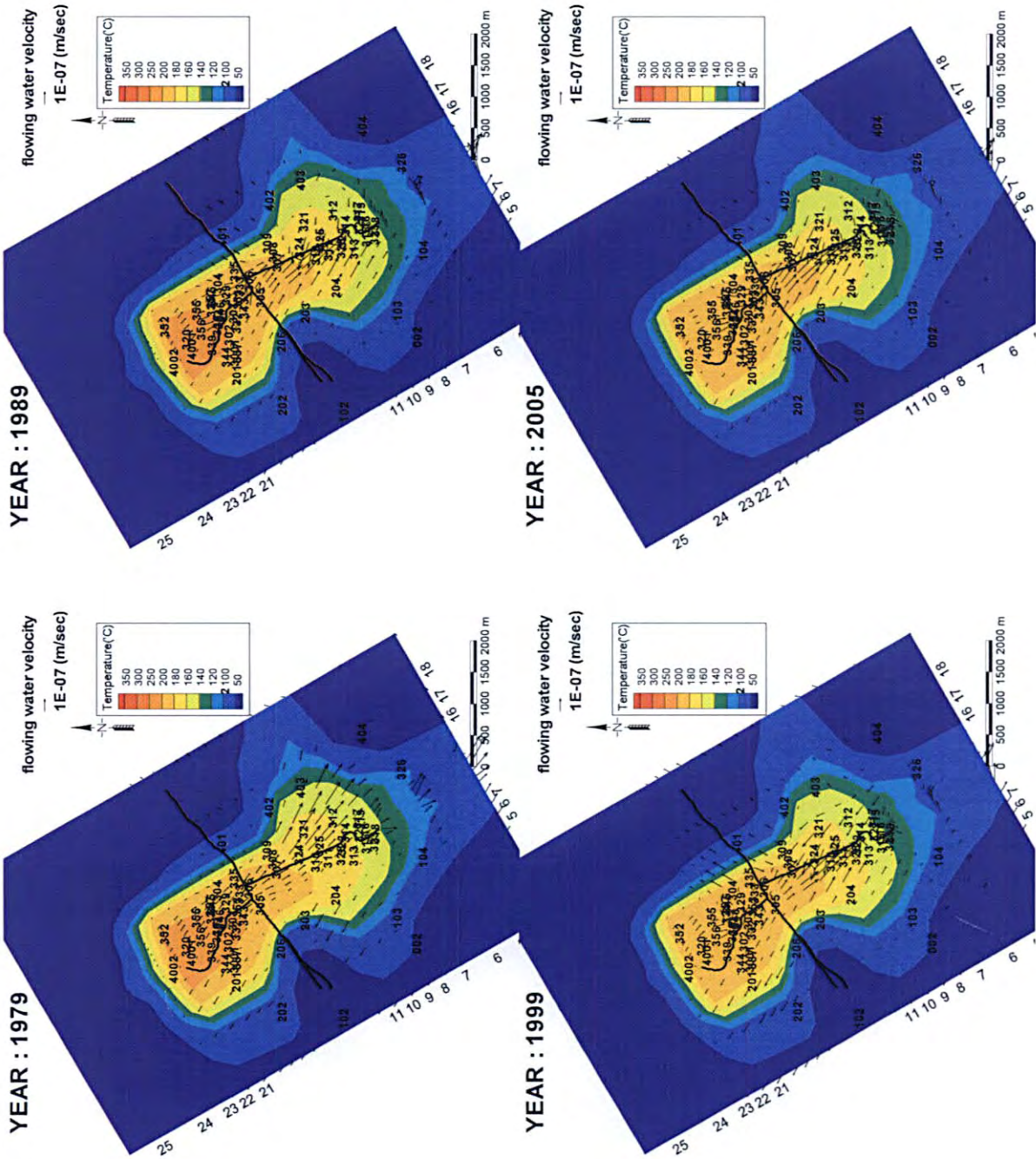


图 2-8-3-8 历史匹配模拟热储层温度分布的历时变化 (第 3 层: 海拔 4150~4200m)

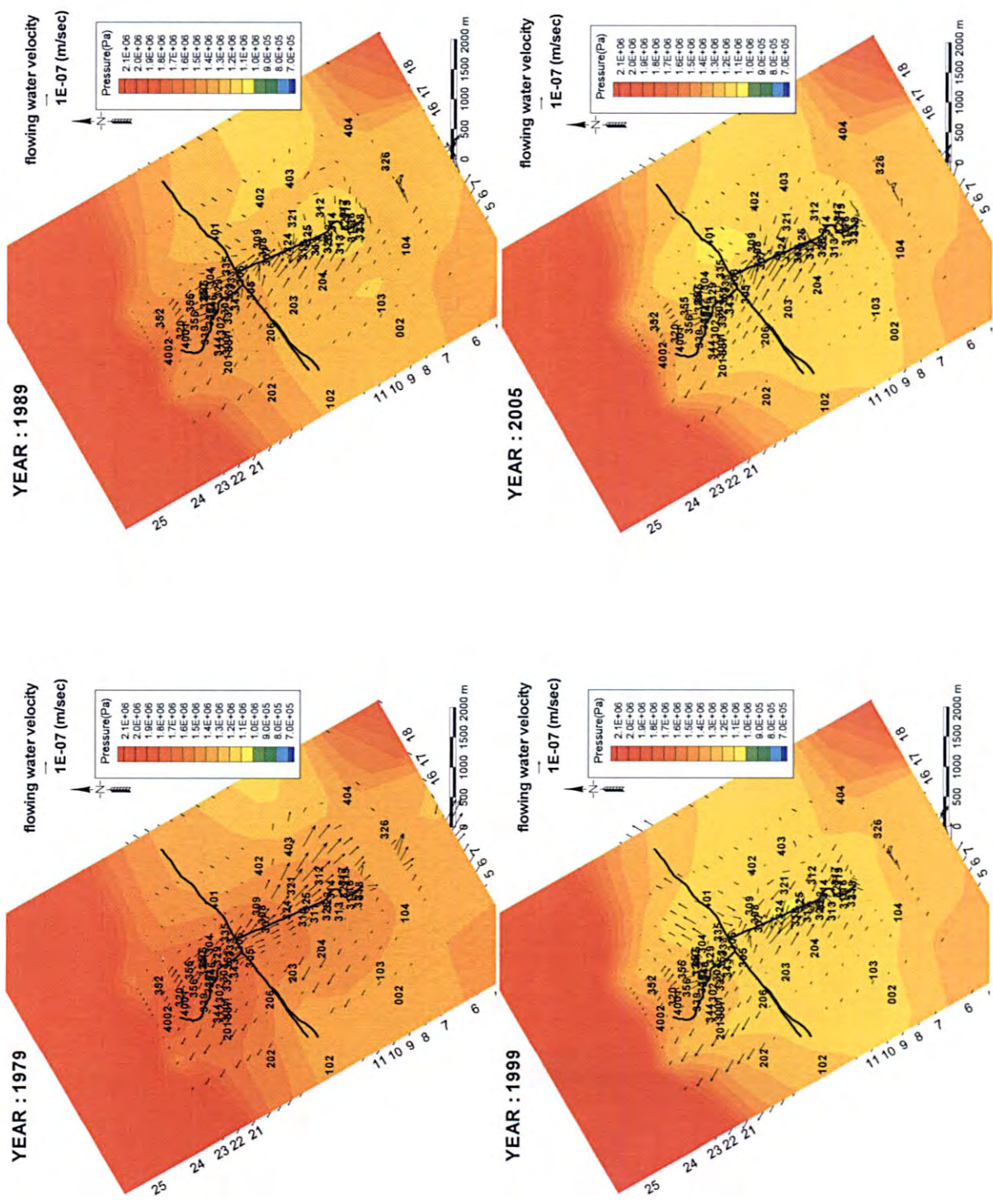


图 2—8—3 9 历史匹配模拟热储层压力层分布的历时变化 (第 3 层: 海拔 4150~4200m)

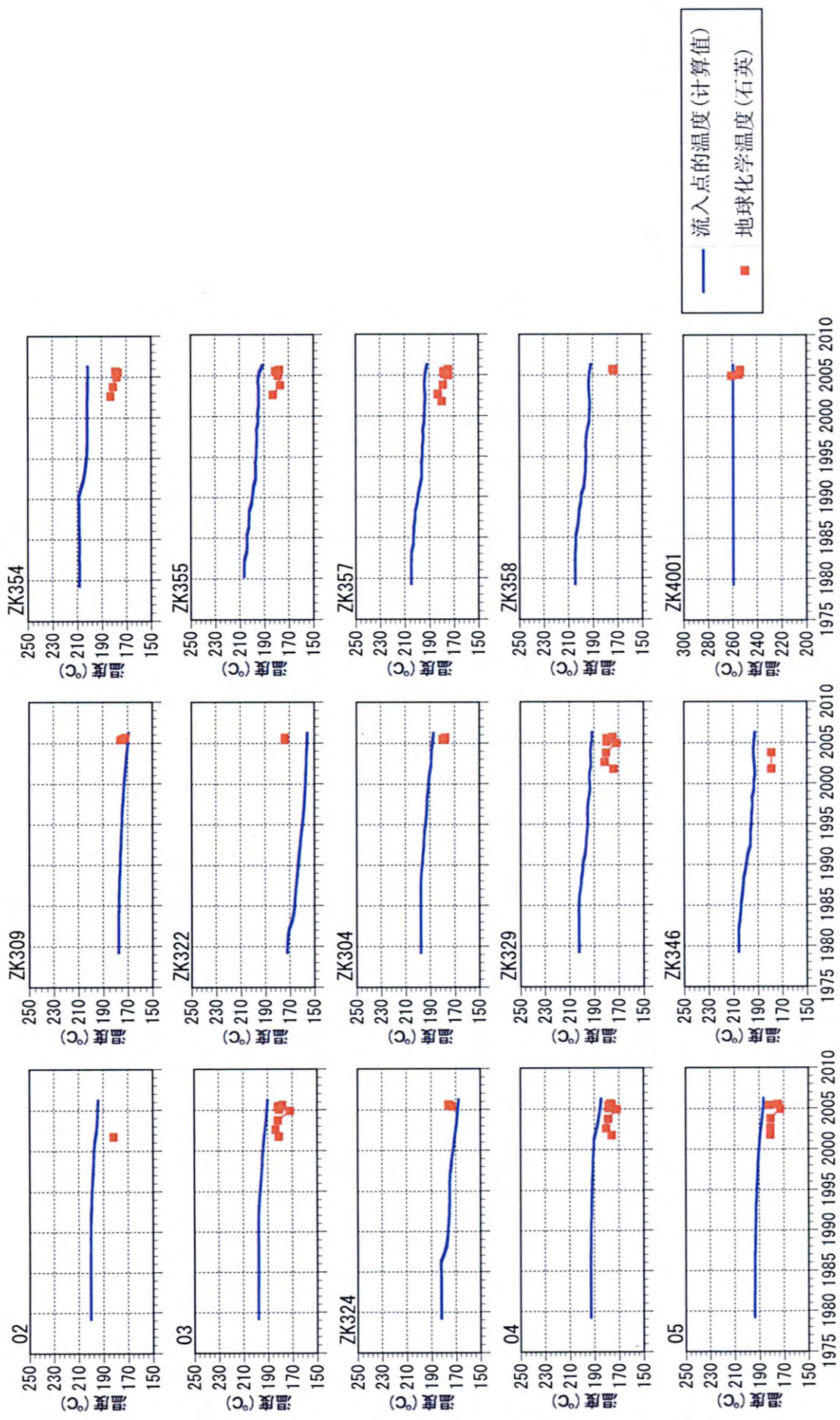


图 2—8—4 0 流入点温度的历时变化 (计算结果与地球化学温度的比较)