

图 2—8—67 蒸汽流量的性状预测结果（情况 I—5：维持蒸汽流量 280t/h）

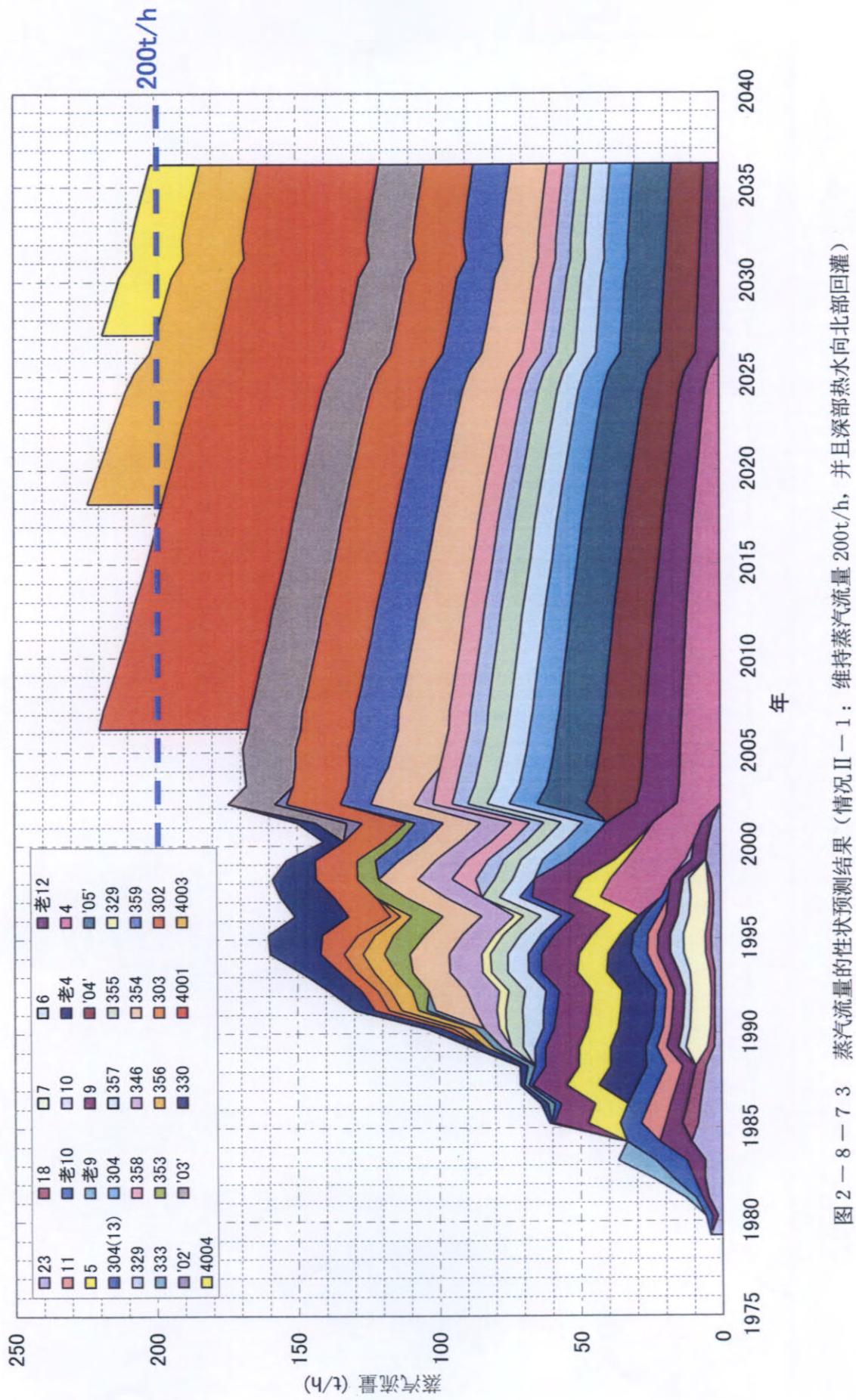


图 2—8—7 3 蒸汽流量的性状预测结果（情况 II—1：维持蒸汽流量 200t/h，并且深部热水向北部回灌）

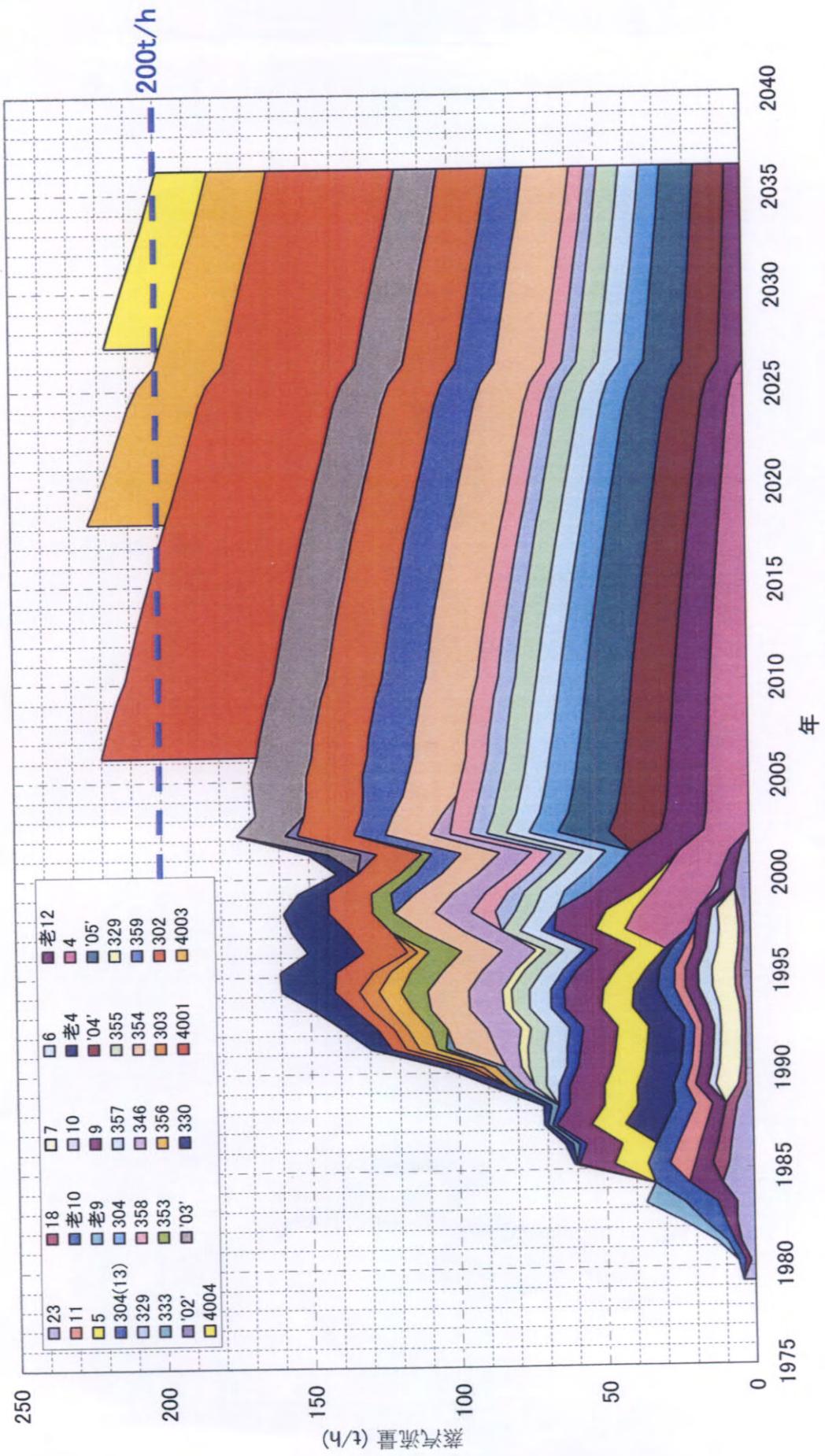


图 2-8-7 9 蒸汽流量的性状预测结果 (情况 II-2:  
维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部热水向地区中央部回灌)

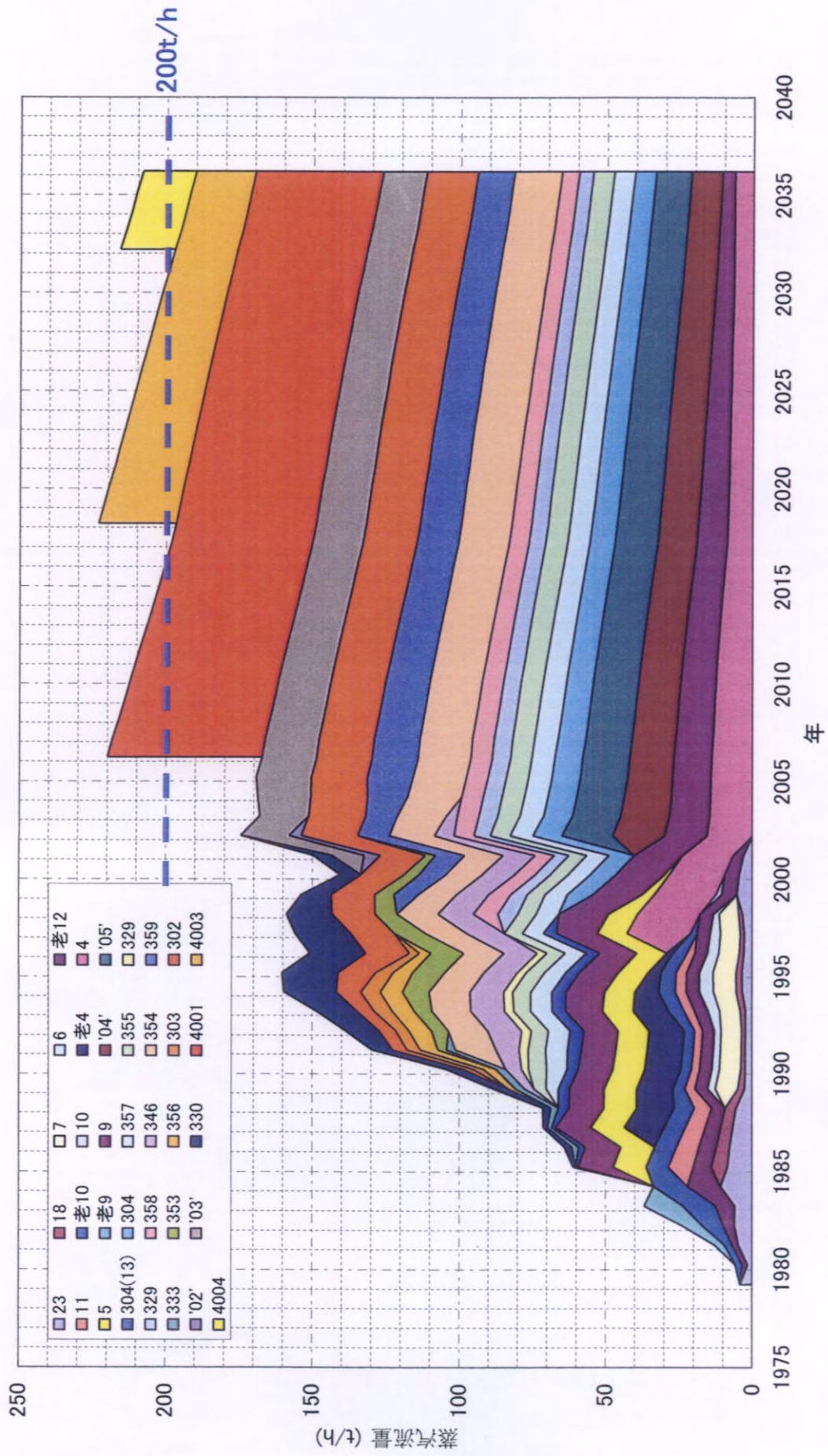


图 2—8—5 蒸汽流量的性状预测结果（情况 II—3：维持蒸汽流量 200t/h，并且  
深部井热水向地区南部回灌）

要 2 孔深部补充井。但是追加第 3 孔补充井的时间比上述两种情况要晚 5 年。与上述的两种情况相比较，由于浅部生产井流体温度下降较少，致使蒸汽流量降低量也减少。由于热水回灌，热储层压力上升，可看到回灌维持的正效应。从上述结果来看，在实际实施回灌的同时，本热储层有足够的实现蒸汽流量不低于 200t/h 的生产能力。

### (iii) 资源量评价的结论

资源量评价的结论如下所示。

- ① 羊八井地热热储层具有继续在浅部热储层进行现状生产的能力。
- ② 浅部热储层与追加的深部 ZK4001 井一起有继续生产的能力。
- ③ 浅部和深部加起来，可以生产 200t/h 的蒸气量。
- ④ 浅部与深部共同的蒸汽生产能力不是不可能达到 240t/h 但风险很高。
- ⑤ 浅部与深部共同的蒸汽生产可能不会达到 280t/h。
- ⑥ 即使进行回灌热储层的生产能力也不变。不论向羊八井地区北部、中部、南部任何地方回灌效果都一样。

## 3 技术转让

### 3-1 技术转让的目的和目标

本开发计划调查的目的是调查羊八井地区深部地热资源及评价资源量，同时把调查、钻探、评价等技术转让给中国方面。具体转让的重点项目包括：从地表上的地热调查技术、地热井钻探技术(特别是倾斜定向钻探技术)、热储层评价技术。

技术转让的目标是，将来中国方面单独利用这些技术可以进行地热调查开发。

### 3-2 技术转让的方法

根据以下几点方法进行技术转让。

#### ① 技术转让研讨会

对中国方面的技术人员召开技术研讨会。在现场实际进行调查、钻探、热储层评价等工作时，在工作场地、调查团办公室、发电厂办公室等地召开研讨会。

#### ② 在岗培训

具体的技术是结合现场工作，边工作边培训。实际上在调查、钻探、热储层评价等工作中随时进行了。

#### ③ 日本国内的进修

邀请与本调查相关的西藏人员到日本进行进修。进修是通过在会议室进行讲义、到日本的地热发电厂和发电设备制造工场等地去实习、交换到相关机构的访问意见等。

## 4 地热开发计划

### 4-1 羊八井地热发电厂的主要问题及对策

下面对羊八井地热发电厂的现状、将来的主要问题以及对解决这些问题的基本思路给予记述。

#### 4-1-1 蒸汽量的不足和发电输出量的降低

- ① 现在，羊八井依靠地热发电的第一厂、第二厂的总装机容量为 24,180kW，但实际上年平均发电量在 12,000kW 到 13,000kW 左右。发电量的降低虽然与季节需求有关，但是主要原因在于所利用的浅部热储层的温度和压力降低，导致蒸汽量生产减少。
- ② 依靠浅部热储层可以维持现有的蒸汽生产状况，但超过目前的蒸汽生产是不可能的。
- ③ 另一方面，如果深部热储层可利用的话，深部和浅部热储层总计生产蒸汽大约为 200t/h，经评价是比较稳定而且可以实现的，今后逐渐增加深部热储层的利用是保证发电输出量增加的基本方法。

#### 4-1-2 设备的不适合与陈旧

- ① 现在第一厂、第二厂的发电设备分别是大约 25~20 年前、20~15 年前设计建设的，但是之后由于生产蒸汽的条件有所变化，现在的设备对浅部热储层生产蒸汽的条件已经不适合了。
- ② 发电设备陈旧。
- ③ 解决的基本办法是有必要更新现有的发电设备。

#### 4-1-3 同时利用深部地热和浅部地热时存在的问题

今后的十几年中，在羊八井可同时利用深部地热流体和浅部地热流体进行生产，但是存在着以下几点问题。

- ① 为了用现有的低压汽轮机对深部热储层的高压蒸汽发电则蒸汽压力必需降低。降低蒸汽压力来发电将造成能源的大量浪费。
- ② 深部热储层的高压蒸汽以高压状态送入到现在的低压母管中的话，低压的浅部热储层蒸汽就不能合流，使浅部地热资源的利用受到制限。
- ③ 因深部热储层和浅部热储层的流体化学成分不同，如果混合的话通常会快速结垢。
- ④ 解决这些问题的基本方法是，深部热储层的蒸汽和浅部热储层的蒸汽分开来输送，并且使用不同的汽轮机。

#### 4-1-4 结垢、腐蚀、不凝结气体

- ① 现在浅部生产井中由于碳酸钙垢附着于井内，需要进行定期的清理。从喷汽流体的化学分析结果判断，深部生产井(ZK4001)井内或者热储层内也结有碳酸钙垢。
- ② 在 ZK4001 井喷气试验期间，井口分离器后面热水箱的排水阀处确认结有硅岩垢。这一点显示了在利用深部热水的情况下，热水温度降低后沉淀硅岩垢的危险性较高。
- ③ 在长期喷气试验时进行的结垢试验中，几乎没有结垢，但是如果热水温度降低就有可能结垢。因此，在今后应及时实施结垢试验和防止试验等，并且必需采取相应的措施。
- ④ 喷气试验设备上结有非常薄的黝铜矿、黄铜矿及非晶质硅岩垢，由于管道内侧有表面涂层，所以对管道的腐蚀不会有太大的问题。
- ⑤ 深部地热流体中含有比浅部流体多许多的不凝结气体。为此，汽轮机后面的复水器备有大容量的气体抽出器以便保持较高的真空度，这一点是很重要的。

#### 4-1-5 回灌

废弃热水回灌到地下，对于保护环境、维持热储层压力是非常重要的，但是存在下面一些问题。

- ① 回灌的低温热水流回到热储层时，导致热储层温度下降，生产量减少。
- ② 深部高温热水的温度下降后回灌时，引起管道及回灌井内沉淀硅岩垢。

③ 深部高温热水在高温高压的状态下回灌时，如果回灌井的耐压性能不够，可能会引起蒸汽泄漏等事故。向浅部回灌时，从浅部热储层向地表也有蒸汽、热水泄漏的危险性。

④ 为了解决这些问题，进行回灌井能力的测定、结垢试验、高温回灌运作技术试验等，掌握适合羊八井实情的回灌技术是很重要。

⑤ 选择热水回灌的地点时回灌层的透水性必需要好。目前发现的可以进行热水回灌的有透水性的地方仅存在于浅部热储层。今后在寻找可以实施热水回灌的地方的同时，为了避开对生产的不利影响需要进行追踪试验等并调查回灌热水的状态等对策。

## 4 - 2 初步开发计划

### 4 - 2 - 1 基本计划

结合地热热储层的评价结果与上述所记诸问题，下述提议的基本计划认为比较妥当。

① 建议可以稳定生产的最终总蒸汽生产量为 200t/h 较好。此蒸气量比较适合高压汽轮机，使用优质的设备可以发电大约 20,000kW。

② 羊八井今后的地热发电建议从利用浅部地热转向利用深部地热，而且需要渐渐的转向。

③ 现在的第一发电厂到 2010 年左右因陈旧而不能使用，建议在这一时期建设利用深部地热的第三发电厂。

④ 现在的第二发电厂到 2020 年左右因陈旧而不能使用，建议在这一时期建设利用深部地热的第四发电厂。

### 4 - 2 - 2 初步开发计划

在上述基本计划的基础上，提出以下的初步开发计划。（图 4 - 2 - 1）

#### ( i ) 第三发电厂的建设

① 第三发电厂利用深部的高压蒸汽，装机容量建议定在 6,000kW 左右。

② 建议第三发电厂在 2010 年之前建成。2010 年停止第一发电厂的运作。

③ 2006 年到 2010 年，建议追加钻 1 孔深部生产井，同时使用此追加井与 ZK4001 井 2 孔深部生产井。

④ 2006 年到 2010 年钻回灌井，进行高温热水的回灌试验，并且确定回灌技术。

⑤ 2006 年到 2010 年，对其它的高压蒸汽利用发电技术进行研究及设计设备。

⑥ 2005 年以后也继续对热储层温度、压力、地球化学监测及发电厂蒸汽量等进行观测。

#### ( ii ) 第四发电厂的建设

① 第四发电厂利用深部高温蒸汽，预计装机容量在 12,000kW 左右。

② 第四发电厂在 2020 年之前建成。2020 年，停止第二发电厂的运作。

③ 2005 年以后，继续对热储层温度、压力、地球化学监测及发电厂蒸汽量等进行观测，并进行必要的地热调查，在这些数据的基础上到 2015 年左右再重新评价热储层。

④ 按照重新评价的热储层，决定 2015 年到 2020 年第四发电厂的发电输出量，并钻生产井、回灌井，组装发电设备。

#### ( iii ) 本开发计划的成效

本开发计划具有以下的几点成效。

① 现在，由于羊八井地热发电厂用的仅是浅部地热，发电设备容量尽管为 24,180kW，但实际的发电出力却在 13,000kW 左右。今后利用深部地热建立第三、第四发电厂，随着

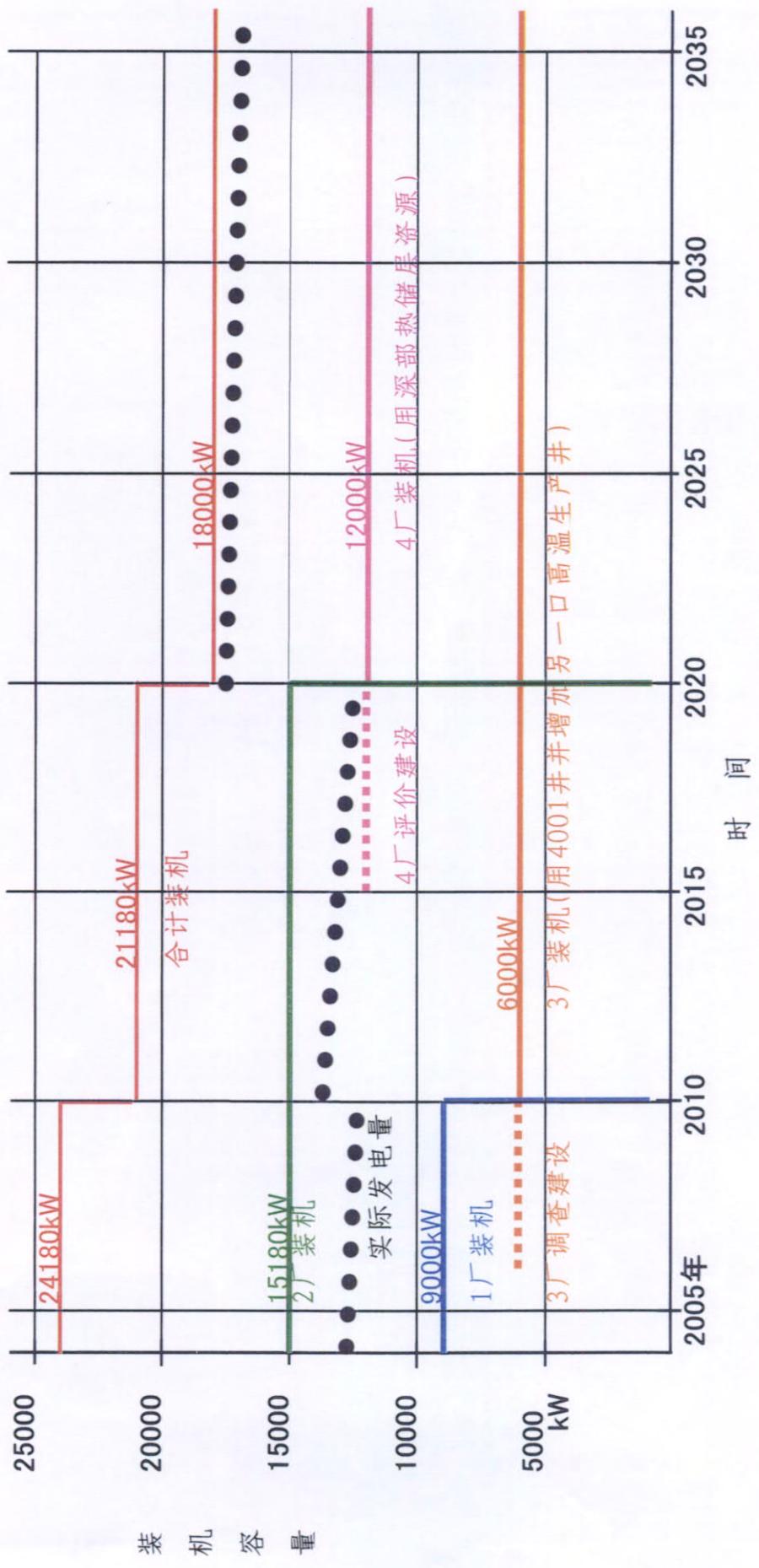


图 4-2-1 羊八井地热发电厂 初步开发计划

实际发电量的增加，发电设备的利用效率也会有所提高。

② 目前羊八井地热发电厂已经陈旧，这样也可以逐渐更新发电设备。

③ 仅现有的 ZK4001 井的蒸汽量就可以满足第三发电厂的输出量，另外追加 1 孔深部生产井就可以加强运行的稳定性。

④ 第四发电厂的建立到 2020 年前完成，利用深部地热发电的经验及在新的调查、研究成果的基础上，可增强运行的合理性、投资的安全性等。

## 5 建议

### 5—1 提出此建议时的现状认识

羊八井地热发电厂自调查开发以来已经过了 30 多个年头，在当地从事工作的人员对地热开发利用拥有非常丰富的经验。特别是从迄今为止进行的技术开发上，能够自行解决问题，显示有较高的技术能力。但与世界地热发电先进国家相比仍有差距。

### 5—2 整体建议

#### ① 数据的获取

在钻探和发电厂运行中继续获取数据是很重要的(进行监测)。

#### ② 数据的管理

数据实行统一整理、管理是很重要的。

#### ③ 数据的灵活运用

为了解决问题和增进效率，通常在数据的基础上进行综合分析是很重要的。

#### ④ 设备、机械材料、人才的充实

为获取数据及进行钻探等工程时，设备、机械材料、人材的备有是很重要的。

### 5—3 个别建议

认为特别重要的事项建议如下。

#### 5—3—1 勘探

##### (1) 基本地形图的必备

① 地形、地热井、管道等位置的正确测量，羊八井开发地区的 1/5000 左右的详细地形图的必备是很重要的。

##### (2) 地球化学调查

① 为了对蒸汽、热水进行正确的化学分析，改善取样技术并保持确定的方法取样是很重要的。

② 继续对生产井喷出的蒸汽、热水的地球化学特性实施监测是很重要的。这种调查费用低且对于监测热储层与解决地热发电厂运行时出现的问题，效果是比较好的。

##### (3) 勘查井调查

① 在勘查井钻探的同时，根据岩屑进行地质调查是很重要的。特别是流体包裹体的调查，费用低而成果却较大。

② 在勘查井钻探的同时，实施充分的测井是很重要的。特别是根据钻探完成后马上进行的 PTS 测井，对于正确把握泥浆漏失深度及在停留时间充分后把握热储层温度是很重要的。

##### (4) 喷气试验

① 喷气试验对于蒸汽和热水的分离并进行测定是很重要。为此，准备移动式的试验设备也很重要。

② 为了进行喷气试验的数据处理，对于压力如能确切掌握流量换算法，在有效利用试验结果的基础上效果则比较好。

### 5-3-2 热储层评价

#### (1) 生产回灌记录

① 对生产井、回灌井的温度、压力、流量继续测定，作为生产回灌记录保存下来是很重要的。

② 在发电厂继续测定蒸汽流量是很重要的。

#### (2) 热储层监测

① 继续测定热储层压力是很重要的。因为水位观测费用低，对多孔勘探井继续实施观测比较有效果。对于重要的观测井建议用毛细管式压力计实施连续观测。

② 对于若干孔生产井、回灌井，建议在定期检查等的停产期间内，每年继续实施温度、压力的检测。

③ 继续进行生产流体的地球化学监测是很重要的。

### 5-3-3 钻探

#### (1) 资材、机械材料的配备

① 在钻探时，对常使用的钻杆和钻头等机械材料经常进行检查、配备是很重要的。特别是，由于钻杆和钻头等的损坏引起的事故，损失较大，这对防患于未然是很重要的。

② 水泥和泥浆漏失防止材料等常用资材有必要准备足够的数量，以便在需要的时候马上就可以使用。由于资材不足引起钻探作业的停止，不仅在经济上有较大的损失，而且与大的钻探事故也相关联。

#### (2) 钻探技术

① 做到钻探工程的工程管理井井有条，在资材、机械材料的购置等方面不至于造成浪费，这是很重要的。

② 今后在对深部高温热储层钻探时，用泥浆冷却设备等进行充分的高温对策是非常重要的。

#### (3) 数据的获取和整理、灵活运用

① 把握漏失位置，不仅是生产回灌的目的，对于安全地进行钻探也是非常重要的。泥浆漏失现象、钻进率的变化、水泥固结的记录等对于判断泥浆漏失位置有用的数据应该经常注意获取、整理、灵活运用。

② 在钻探的重要时期，建议进行 PTS 测井等，并就钻井内的温度和泥浆漏失位置等进行确认。

### 5-3-4 地热发电设备和运行

#### (1) 调查、试验、研究

① 今后在羊八井，随着高温的深部地热流体与低温的浅部地热流体的共同使用，有可能在流体流动输送的稳定性、合流问题、结垢、腐蚀等方面出现比迄今为止更大的问题。为

了解决这些问题，进行及时、恰当的试验、研究是很重要的。

② 蒸汽热水管道设备可以测定温度、压力、流量，继续对这些方面进行测定是很重要的。

③ 两相流的流量测定不太容易，但用化学追踪方法费用较低，建议灵活运用此方法。

### 5—3—5 数据的整理和灵活运用

① 对全部的调查数据、运作数据、监测数据等作一个数据库，进行认真整理是很重要的。

② 不仅在新建发电厂等大工程时，即使为了日常问题的解决，恰当地灵活运用数据，进行问题的探讨也是很重要的。

### 5—4 总结

羊八井地热发电厂的技术人员已经充分拥有解决问题的能力，但是数据不足是最大的问题，获取数据的方法和手段有待完善。平常获取充分的数据并进行整理，在数据的基础上进一步探讨解决问题的方法是很重要的。

为了保持西藏地热资源的合理开发与持续发展，建议将地热资源的开发利用列为西藏自治区发展规划。