

NO.

日本国际协力机构

中华人民共和国西藏自治区电力工业局

中华人民共和国
西藏羊八井地热资源
开发计划调查
最终报告
简要版

2006年2月

日本国际协力机构
经济开发部

ED
JR
06-015

目 录

1 调查概要	1
1 — 1 调查背景	1
1 — 2 调查目的	1
1 — 3 项目概要及各阶段的工作内容	1
1 — 3 — 1 羊八井的位置和环境	1
1 — 3 — 2 本调查的年度展开	1
1 — 3 — 3 调查结果的概要	7
1 — 4 JICA 调查团的构成和合作方面的人员构成	8
1 — 4 — 1 调查的实施体制	8
2 调查结果的总结	10
2 — 1 西藏地热资源状况和电力情况	10
2 — 2 地表调查	10
2 — 2 — 1 地质调查	10
2 — 2 — 2 地球化学调查	13
2 — 2 — 3 电磁勘探 (MT 法)	14
2 — 2 — 4 2002 年 2 月时的地热系统模型和 CJZK3001 钻探位置的探讨	17
2 — 3 调查井 (CJZK3001 井) 钻探工程	19
2 — 3 — 1 工程的概要	19
2 — 4 钻井调查	24
2 — 4 — 1 钻井地质	24
2 — 4 — 2 井内检测	25
2 — 4 — 3 引喷作业	29
2 — 4 — 4 从钻井调查判明地热储集结构	32
2 — 5 原有深部井 (ZK4001 井) 的喷汽试验及结垢试验	35
2 — 5 — 1 喷汽试验	35
2 — 5 — 2 结垢试验	37
2 — 6 地热热储层的追踪调查	38
2 — 6 — 1 地化学的追踪調查	38
2 — 6 — 2 水位观测	40
2 — 7 地热系统模型	40
2 — 7 — 1 地质构造	40
2 — 7 — 2 热源	43
2 — 7 — 3 地下温度分布	48
2 — 7 — 4 地球化学模型	48
2 — 7 — 5 地热系统概念模型	48
2 — 7 — 6 地热数据库的建立和使用	49
2 — 8 地热资源量评价	49

2 — 8 — 1 资源量评价的方法	49
2 — 8 — 2 地热热储层的数值模型	50
2 — 8 — 3 天然状态数值模拟	50
2 — 8 — 4 历史匹配模拟	60
2 — 8 — 5 将来预测和地热资源量评价	60
 3 技术转让	76
3 — 1 技术转让的目的和目标	76
3 — 2 技术转让的方法	76
 4 地热开发计划	76
4 — 1 羊八井地热发电厂的主要问题及对策	76
4 — 1 — 1 蒸汽量的不足和发电输出量的降低	77
4 — 1 — 2 设备的不适合与陈旧	77
4 — 1 — 3 同时利用深部地热和浅部地热时存在的问题	77
4 — 1 — 4 结垢、腐蚀、不凝结气体	77
4 — 1 — 5 回灌	77
4 — 2 初步开发计划	78
4 — 2 — 1 基本计划	78
4 — 2 — 2 初步开发计划	78
 5 建议	80
5 — 1 提出此建议时的现状认识	80
5 — 2 整体建议	80
5 — 3 个别建议	80
5 — 3 — 1 勘探	80
5 — 3 — 2 热储层评价	81
5 — 3 — 3 钻探	81
5 — 3 — 4 地热发电设备和运行	81
5 — 3 — 5 数据的整理和灵活运用	82
5 — 4 总结	82

本简要版的章、节序号及图表序号与详细报告书相同。

由于本简要版的图表是从详细报告书中摘录的，没添加图表序号。

1 调查概要

1-1 调查背景

从二十世纪 70 年代开始,中国就用自己的技术对中华人民共和国西藏羊八井地热田开始了地热开发,自 1977 年 1MW 的地热发电成功以来,不仅增强了发电设备,在 1991 年还建成了装机容量为 24.18MWe 的地热发电站且一直运行到现在。羊八井地热发电站是位于西藏自治区藏中电网的主要发电站之一。但是,现在羊八井开发利用的地热热储层是地面下大约 200 米到 400 米的浅部热储层,由于热储层的生产能力不足,蒸汽生产量也在下降,发电量下降到 15MW 左右。中国为解决这一问题,从二十世纪 90 年代开始了深部地热资源的调查。虽然发现了深部地热资源,但是由于技术和资金上的限制,没能进行充分的调查及资源评价。在这一背景下,关于羊八井地区深部地热资源调查及其评价,中国向日本政府寻求技术支援。在 2000 年 7 月进行了项目形成基础调查。2000 年 10 月进行了开发计划调查的准备调查工作,并签订了实施细则和会谈纪要。2001 年 1 月选定了承担本开发计划调查的顾问公司即日本重化学工业公司。2001 年冬,开始了本地热资源开发计划的调查。

1-2 调查目的

本开发计划调查是在地表调查的基础上,查明赋存深部地热资源的地带,然后在该地带进行勘查井(倾斜钻进)钻探,以确认深部地热资源。并通过喷汽试验及热储层数值模拟,进行深部地热资源的资源量评价,同时,通过技术援助将这些技术转移给中国,以达到中国将来能进行地热开发利用的目的。

1-3 项目概要及各阶段的工作内容

1-3-1 羊八井的位置和环境

调查地区在广域上的位置见图 1-3-1、调查地区在卫星图片上显示的位置见图 1-3-2、羊八井地区的调查位置见图 1-3-3。

羊八井位于西藏自治区首府拉萨市(海拔标高 3600m)西北约 90km 的地方,海拔标高在 4300m 到 4500m 之间。行政规划上属于西藏自治区拉萨市当雄县羊八井镇。羊八井地处从西南向东北方向延长伸展的宽阔谷状低地,西北面为主峰高 7162m 的念青唐古拉山脉,东南面为海拔 6000m 以上的唐山。年平均气温为 2.5℃,空气稀薄约为海岸地区的一半。附近的低地为完全没有树木的草原,以放牧为主。羊八井位于西藏与外部连通的主要交通要道青藏公路和中尼(中国—尼泊尔)公路的岔道处,沿青藏公路正在建设中的青藏铁路预计 2006 年完成。

1-3-2 本调查的年度展开

本开发计划调查从 2001 年 2 月开始,到 2006 年 3 月结束。跨过 6 个年度,调查长达 5 年之久。这期间实施的工作按年度顺序表示在表 1-3-1,工作进度见表 1-3-2。

这期间调查工作的内容概述如下。

(i) 项目的开始准备

2000 年度实施完成。

(ii) 地表勘探

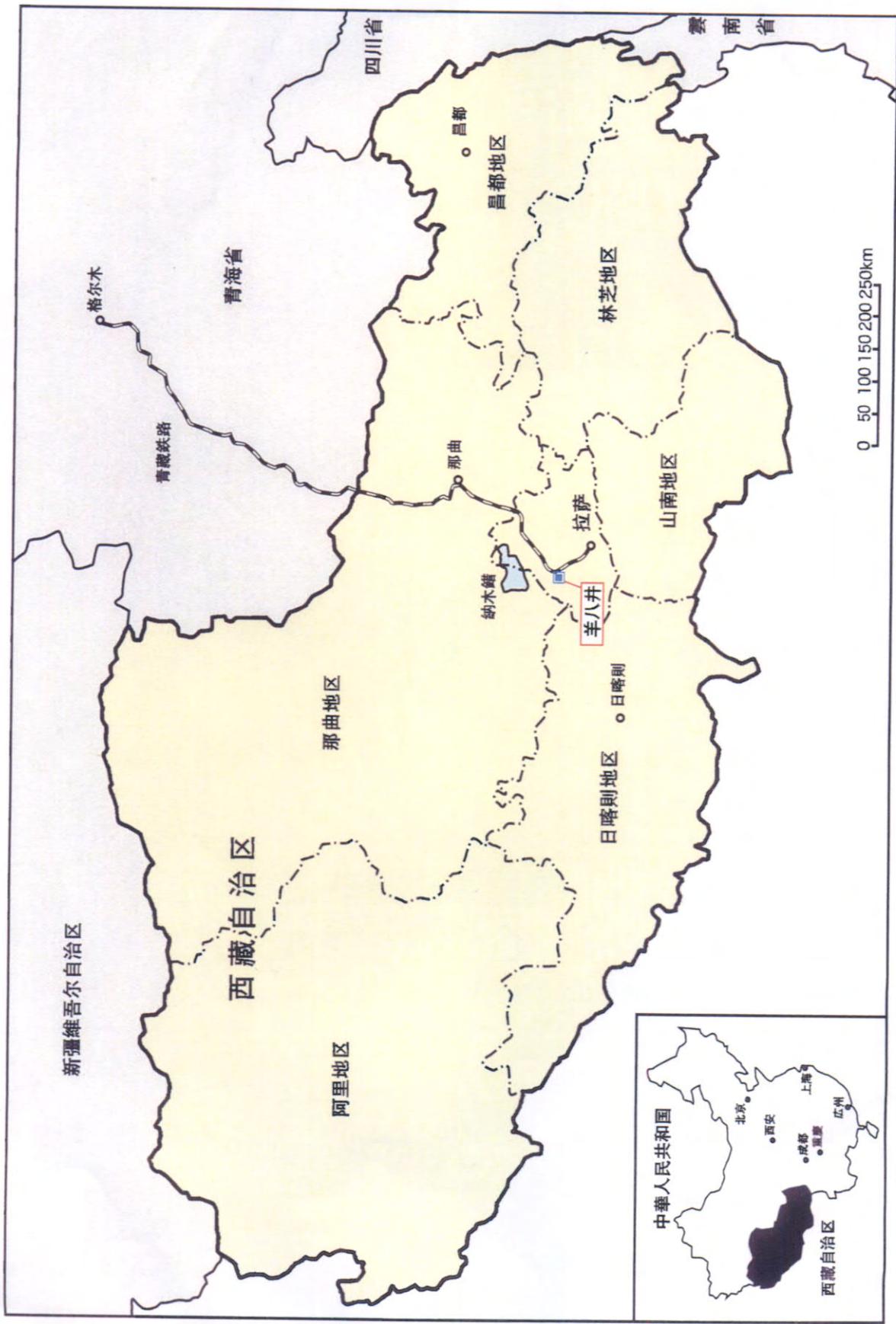


图 1-3-1 调查地区位置图

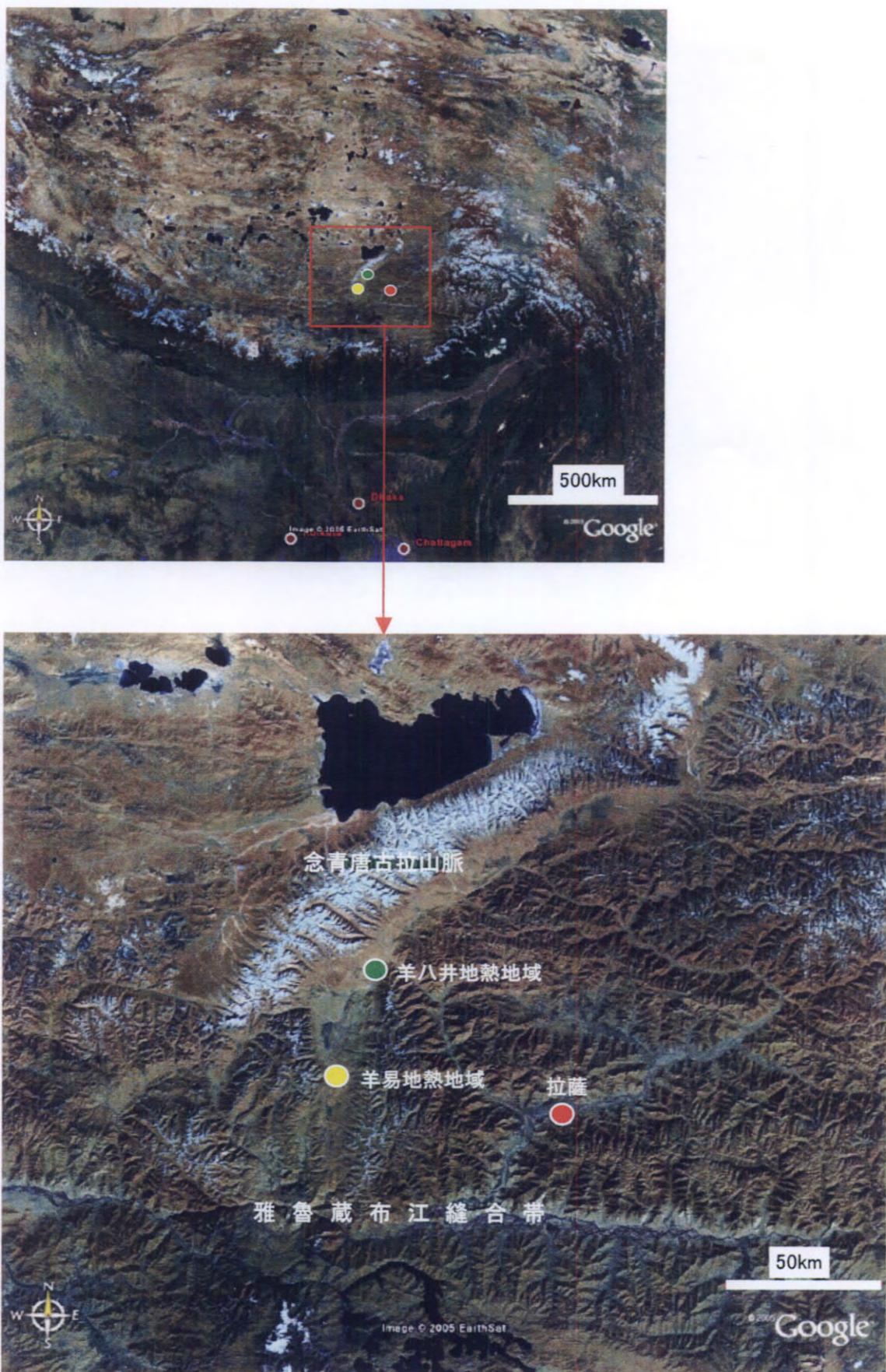


图 1-3-2 羊八井地热地区位置图（卫星图像）

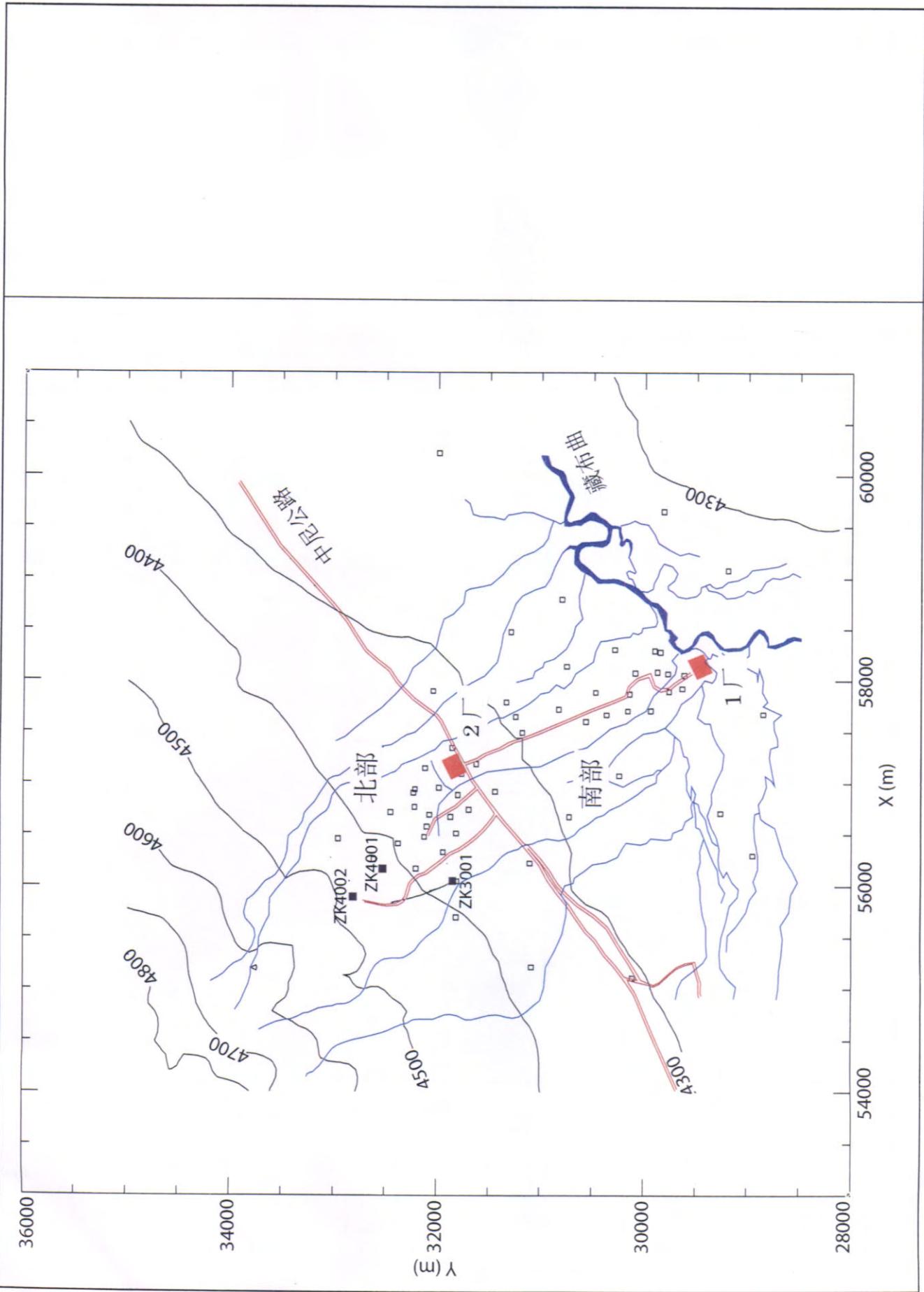


图1—3—3 羊八井地热地区位置图

表 1-3-1 中华人民共和国西藏羊八井地热资源开发计划调查 工作进度表

工作项目	调查时间	2000年度												2001年度												2002年度												2003年度												2004年度												2005年度											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3																					
国内准备工作																																																																									
地质调查、钻井地质调查																																																																									
地球化学、喷气流体化学调查																																																																									
电磁勘探 (MT法)																																																																									
建立地热系统模型、讨论钻井位置																																																																									
CJZ3001调查井钻井																																																																									
CJZ3001引喷																																																																									
CJZ3001测井																																																																									
ZK4001喷汽设备的设计、施工																																																																									
ZK4001喷汽试验																																																																									
周边钻井水位观测																																																																									
建立地热热储层模型																																																																									
天然状态模拟																																																																									
历史匹配模拟																																																																									
生产预测模拟																																																																									
综合评价、开发计划、建议																																																																									
编写报告																																																																									

国内工作期间

国外工作期间

其它工作

编写报告

2001 年度实施完成了地质调查、地球化学调查、电磁勘探(MT 法)。

(iii) 勘查井(CJZK3001)钻探

在 2001 年度地表调查结果的基础上,选定了勘查井钻探的孔位,决定了勘查井的规格,完成了钻探准备工作。

从 2002 年度开始钻探,2002 年度完成了从地表至 403.2m 的钻探,2003 年度完成了 403.2~1903.93m 的钻探,2004 年度完成了深度为 1903.93~2254.5m 的钻探并且实施了侧向开窗井 877~1109.4m 的钻探。

(iv) 勘查井(CJZK3001)的井内调查

在 2002 年度到 2004 年度钻探的同时,实施了钻井地质调查和井内检测。在钻探结束后的 2004 年度实施了引喷。

(v) 原有深部井 ZK4001 井的喷汽试验

2003 年度筹备了喷汽试验设备,2004 年度进行了喷汽试验设备的安装工程。2004 年度和 2005 年度进行了长期喷汽试验和喷汽特性试验,同时实施了结垢试验。

(vi) 地热热储层的监测

从 2001 年开始,继续原有钻井的地球化学追踪调查,同时从 2004 年开始对原有钻井的水位进行连续观测。

(vii) 地热热储层评价

在 2001 年根据地表调查,建立了热储层模型,2004 年在勘查井的钻探结果、喷汽试验与热储层监测结果的基础上对热储层模型进行了改进。

从 2004 年开始,根据取得的数值,通过计算机模拟深层热储,建立了热储层参数模型,进行了天然状态下的模拟和历史匹配。2005 年实施了历史匹配模拟和生产预测模拟,对热储层的生产能力进行了评价。

(viii) 地热开发计划

在 2005 年度,在以往调查结果的基础上,探讨了地热开发计划。

(ix) 技术转移

从 2000 年度到 2005 年度在进行调查工作的同时,各种调查、钻探、评价技术传授给中国方面。

1—3—3 调查结果的概要

(i) 地表调查

①羊八井地区地热活动的中心是,以穿过北部的 ZK4001 井附近的断层 F2 为中心,向 NE-SW 方向延伸的地区。调查认为这一地区有高温地热流体从地下深部上升。

②在北部的地热活动中心地区,从深部上升的高温地热流体向地下浅部的东南方向流动,到达羊八井南部形成了浅部热储层。

③浅部热储层的地热流体是由深部热水与地表水(温泉水)混合而形成的,现在浅部热储层中地热流体的生产量与供给量几乎相平衡。

(ii) 勘查井钻探及井内调查

①深部勘查井(CJZK3001)是钻到 2254.5m 深处,而且从 877m 到 1109.14m 实施了侧向开窗钻进。

②在深部勘查井(CJZK3001)深度 235m~694m 左右,浅部热储层的测井温度大约为 150

℃，推测地层温度为 170~180℃。深部热储层存在于深度 981m~1503m。从 981m 到 1128m 之间，测井温度大约从 160℃ 急剧上升到 260℃ 左右，在此深度以下温度稳定在 260℃ 左右。1503m 以下可能不存在热储层。

③对 981m 到 1109m 的深部热储层试着进行了引喷但没能成功。考虑主要原因是在浅部套管的破损和在深部的井内堵塞。

(iii) ZK4001 喷汽试验

①在 ZK4001 井进行了长期喷汽试验。明确了井口压力在 1.5MPa 时，蒸汽流量为 50t/h、热水流量为 269t/h。在长达 3 个月的喷气试验期间，喷出量几乎没有发生变化。

②与喷汽试验同时进行的结垢试验中，几乎没有观察到结垢。但是查明了流体温度下降和有二氧化硅岩的结垢现象。

(iv) 热储层评价

①羊八井深部和浅部的热储层预计以 200t/h 的蒸汽流量可在 30 年间连续稳定的生产。

②有生产 240t/h 总蒸汽流量的可能性但存在风险，而生产 280t/h 总蒸汽流量的风险将非常大。

(v) 地热开发计划

①羊八井地区今后地热的开发适合于先利用浅部热储层再逐渐转向深部热储层的利用。

②考虑到现在运行中的第一、第二电厂处于老化时期，提出了以下的建设计划：在 2010 年停止第一电厂的运行，建设发电输出量为大约 6000kW 的第三电厂；到 2020 年停止第二电厂，建设发电输出量大约为 12000kW 的第四电厂。

③对现在到将来热储层等的继续调查、开发计划的更加合理性提出了建议。

1 — 4 JICA 调查团的构成和合作方面的人员构成

1 — 4 — 1 调查的实施体制

本开发计划调查的实施体制见图 1 — 4 — 1。

日本方面的顾问会社日本重化学工业株式会社受 JICA 委託实施了调查。在实施调查时中国方面的业务机构为西藏自治区科学技术厅，共同实施开发计划调查的合作者是西藏自治区电力工业局。而对于特别的大工程，勘探井(CJZK3001 井)的钻探，日本重化学工业株式会社再委托西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队实施。

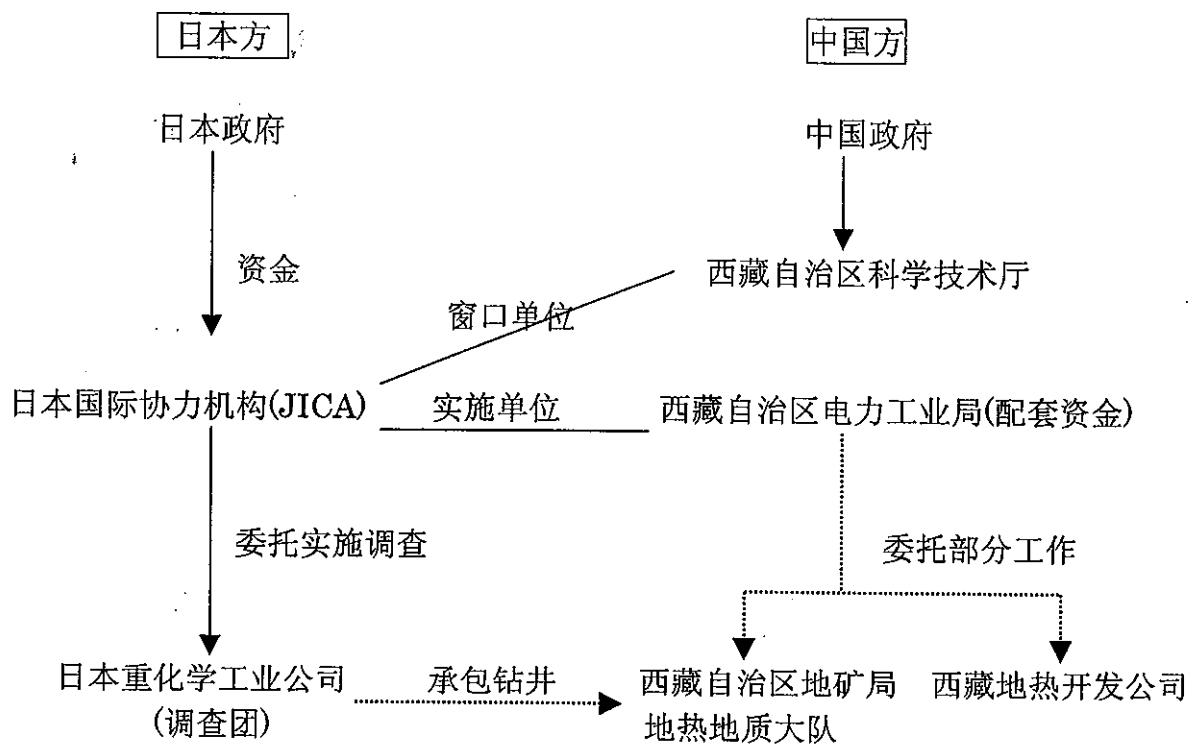


图 1-4-1 中华人民共和国西藏羊八井地热开发计划调查 实施构造图