

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

2006年2月

日本国际协力机构
经济开发部

ED
JR
06-013

序 言

按照中华人民共和国的请求，日本国政府决定对中国西藏自治区羊八井地区进行地热资源开发计划调查，并由日本国际协力机构实施了此调查。

本协力机构，从 2001 年 2 月到 2006 年 1 月，派遣以日本重化学工业株式会社的宫崎真一为团长，由该公司及地热工程株式会社、地热技术开发株式会社、有限会社八幡平工业的成员构成的调查团 9 次到现场。

调查团与中华人民共和国政府有关人员进行了协议，同时还进行了现场调查，回国后经过在日本国内工作，完成了本报告书。

本报告书不仅有助于中华人民共和国地热发电的开发，同时也希望对两国间友好关系的进一步发展发挥一定的作用。

在结束之际，对给予本调查协助和支持的各位，表示衷心的感谢。

2006 年 2 月

独立行政法人 日本国际协力机构
理事 伊泽 正

2006年2月

独立行政法人 日本国际协力机构
理事 伊泽 正 收

传达书

鉴于中华人民共和国西藏羊八井地热资源开发计划调查已经结束，在此提出最终报告书。本报告书总结了6年来与中华人民共和国有关机关共同工作的成果。

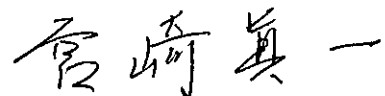
中华人民共和国西藏自治区的地热资源非常丰富，为了保护上古以来美丽的大自然，中华人民共和国政府为地热发电的开发投入了不少精力。从1977年开始，在羊八井地区中国方面使用自己的技术开始了地热发电，并使第一和第二地热发电厂成功运行。但是，到现在为止因为被开发利用的地热资源是浅部较低温的资源，发电输出量在逐渐较少，为此，通过本开发计划调查进行了深部地热资源的调查和资源量评价。本调查的结果是，羊八井地区的地热资源被评价为有连续发电大约2万kW的能力，并且在本调查中，与现场合作机关—西藏电力工业局一起制定了第三和第四地热发电厂的建设初步计划。西藏电力工业局在此初步计划的基础上，已经开始了建立新发电厂的活动。相信不久的将来新地热发电厂的建设能够实现。今年在西藏青藏铁路将开通，随着经济开发的进一步发展，能源需求也激增。有幸的是青藏铁路沿线蕴藏有非常多的地热资源，自治区政府希望在将来建设更多的地热发电厂。

在调查中，本调查团认真地进行了技术转让。特别是，高温深部地热井的倾斜钻井技术、用计算机进行热储层模拟和评价等，合作方面经过长期与调查团员的一边共同工作，一边进行了热情很高的学习。因为羊八井是合作方通过自己非常艰苦的工作进行的地热开发，并使发电厂运行，因此工作目的意识很高，对调查团的技术就象沙粒吸收水一样地进行了吸收。

希望本调查的成果和转让了的技术，能够继续保护西藏严峻且雄伟的大自然，同时也有助于今后经济的发展。

最后，对中华人民共和国的合作机关及有关各机关调查的真摯态度和协助，对贵机构的担当部门和现场中华人民共和国事务所的亲临指导和帮助，表示衷心的感谢。

中华人民共和国西藏羊八井地热资源开发计划调查团
团长 宫崎真一



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	
1-3-2	本调查的年度展开	
1-3-3	调查结果的概要	
1-4	JICA 调查团的构成和合作方面的人员构成	9
1-4-1	调查的实施体制	
1-4-2	调查团和合作人员的构成	
1-5	辞谢	9
2	调查结果的总结	15
2-1	西藏地热资源状况和电力情况	15
2-1-1	地热资源状况	15
2-1-2	电力情况	17
2-2	地表调查	21
2-2-1	地质调查	21
2-2-2	地球化学调查	46
2-2-3	电磁勘探 (MT 法)	64
2-2-4	2002 年 2 月时的地热系统模型和 CJZK3001 钻探位置的探讨	92
2-3	调查井 (CJZK3001 井) 钻探工程	103
2-3-1	工程的概要	103
2-3-2	2001 年调查井钻探工程 (钻探资材准备)	105
2-3-3	2002 年调查井钻探工程	105
2-3-4	2003 年调查井钻探工程	121
2-3-5	2004 年调查井钻探工程	136
2-4	钻井调查	157
2-4-1	钻井地质	157
2-4-2	井内检测	180
2-4-3	引喷作业	189

2-4-4	从钻井调查判明地热储集结构	215
2-5	即存深部井(ZK4001井)的喷汽试验及结垢试验	221
2-5-1	喷汽试验	221
2-5-2	结垢试验	245
2-6	地热热储层的追踪调查	259
2-6-1	地球化学的追踪调查	259
2-6-2	水位观测	296
2-7	地热系统模型	303
2-7-1	地质构造	303
2-7-2	热源	310
2-7-3	地下温度的分布	310
2-7-4	地球化学模型	312
2-7-5	地热系统概念模型	312
2-7-6	地热数据库的建立和使用	313
2-8	地热资源量评价	315
2-8-1	资源量评价的方法	315
2-8-2	地热热储层的数值模型	315
2-8-3	天然状态数值模拟	322
2-8-4	历史匹配模拟	348
2-8-5	将来预测和地热资源量评价	358
3	技术转让	419
3-1	技术转让的目的和目标	
3-2	技术转让的方法	
3-3	技术转让的内容	
3-3-1	地表地质调查技术	
3-3-2	电磁勘探技术	
3-3-3	钻井的钻探技术	
3-3-4	钻井地质调查技术	
3-3-5	测井技术	
3-3-6	地球化学调查技术	
3-3-7	喷汽试验技术	
3-3-8	地热热储层评价技术	

3-3-9	地热发电厂的建立计划技术	
3-3-10	日本国内培训	
3-3-11	研讨会 (拉萨报告会、北京报告会)	
3-4	技术转让的成果	
4	地热开发计划	429
4-1	羊八井地热发电厂的主要问题及对策	
4-1-1	蒸汽量的不足和发电输出量的降低	
4-1-2	设备的不适合与陈旧	
4-1-3	同时利用深部地热和浅部地热时存在的问题	
4-1-4	结垢、腐蚀、不凝结气体	
4-1-5	回灌	
4-2	初步开发计划	
4-2-1	基本计划	
4-2-2	初步开发计划	
5	建议	445
5-1	提出此建议时的现状认识	
5-2	整体建议	
5-3	个别建议	
5-3-1	勘探	
5-3-2	热储层评价	
5-3-3	钻探	
5-3-4	地热发电设备和运行	
5-3-5	数据的整理和灵活运用	
5-4	总结	
参考文献		448

图一览

图 1-3-1	调查地区位置图-----	2
图 1-3-2	羊八井地热地区位置图 (卫星图像) -----	3
图 1-3-3	羊八井地热地区位置图-----	4
图 1-4-1	实施体制-----	10
图 2-2-1 (1)	地质调查地点位置图 (第 2 次现场调查) -----	22
图 2-2-1 (2)	地质调查地点位置图 (第 8 次现场调查) -----	23
图 2-2-2	羊八井地热田地质图-----	25
图 2-2-3	羊八井地区断层的 π -极点图-----	26
图 2-2-4	羊八井地区断层的玫瑰花图-----	27
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 -----	28
图 2-2-6	羊八井地热田蚀变带分布图-----	31
图 2-2-7	断层与蚀变带的关系-----	32
图 2-2-8	由羊八井地热田热水蚀变矿物组合作成的蚀变分带图-----	39
图 2-2-9	羊八井地热田石英热发光强度比的分布图 -----	41
图 2-2-10	羊八井地区地表的均一化温度与盐浓度的关系图 -----	45
图 2-2-11	羊八井地热田流体包裹体的类型分布 -----	47
图 2-2-12	试样采取位置图-----	48
图 2-2-13	试样采取方法-----	49
图 2-2-14	三端元解说图-----	54
图 2-2-15	二成分相关图-----	57
图 2-2-16	气体浓度分布图-----	58
图 2-2-17	^3H 浓度分布图-----	59
图 2-2-18	Cl 浓度分布图-----	60
图 2-2-19	羊八井地区 MT 法调查测点位置图 -----	65
图 2-2-20	1 维解析结果 (测线 A) -----	67
图 2-2-21	1 维解析结果 (测线 B) -----	68
图 2-2-22	1 维解析结果 (测线 C) -----	69
图 2-2-23	1 维解析结果 (测线 D) -----	70
图 2-2-24	2 维解析结果 (测线 A) -----	72
图 2-2-25	2 维解析结果 (测线 B) -----	73
图 2-2-26	2 维解析结果 (测线 C) -----	74
图 2-2-27	2 维解析结果 (测线 D) -----	75

图 2-2-28	电阻率平面图 (标高 4,200m)	76
图 2-2-29	电阻率平面图 (标高 4,000m)	77
图 2-2-30	电阻率平面图 (标高 3,800m)	78
图 2-2-31	电阻率平面图 (标高 3,500m)	79
图 2-2-32	电阻率平面图 (标高 3,000m)	80
图 2-2-33	电阻率平面图 (标高 2,500m)	81
图 2-2-34	3 维解析结果 (测线 A)	84
图 2-2-35	3 维解析结果 (测线 B)	85
图 2-2-36	3 维解析结果 (测线 C)	86
图 2-2-37	电阻率平面图 (地表下 300-400m)	87
图 2-2-38	电阻率平面图 (地表下 900-1,000m)	88
图 2-2-39	电阻率平面图 (地表下 1,400-1,600m)	89
图 2-2-40	电阻率平面图 (地表下 2,000-2,250m)	90
图 2-2-41	电阻率平面图 (地表下 2,500-2,750m)	91
图 2-2-42	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	94
图 2-2-43	羊八井地热田布格重力异常图	95
图 2-2-44	羊八井地热田调查综合图 (2002 年 2 月作成)	97
图 2-2-45	羊八井地热田地热系统模型 (2002 年 2 月作成)	98
图 2-2-46	新观测井的预想剖面图 (2002 年 2 月作成)	101
图 2-3-1	2002 年 CJZK3001 钻探进度图	106
图 2-3-2	2002 年 CJZK3001 套管组合图	107
图 2-3-3	2002 年钻探设备配置图	110
图 2-3-4	2002 年 CJZK3001 井迹平面图 (原井段)	116
图 2-3-5	2002 年 CJZK3001 井迹剖面图 (原井段)	117
图 2-3-6	2002 年 CJZK3001 井迹平面图 (侧向钻进井段)	119
图 2-3-7	2002 年 CJZK3001 井迹剖面图 (侧向钻进井段)	120
图 2-3-8	2003 年 CJZK3001 钻探进度图	122
图 2-3-9	2003 年 CJZK3001 套管组合图	123
图 2-3-10	2003 年 CJZK3001 井迹平面图	132
图 2-3-11	2003 年 CJZK3001 井迹剖面图	133
图 2-3-12	钻探用井口装置	134
图 2-3-13	2004 年 CJZK3001 钻探进度图	137
图 2-3-14	2004 年 CJZK3001 套管组合图 (原井段)	138
图 2-3-15	2004 年钻探设备配置图	141

图 2-3-1 6	2004 年 CJZK3001 井迹平面图	144
图 2-3-1 7	2004 年 CJZK3001 井迹剖面图	145
图 2-3-1 8	2004 年 CJZK3001 套管组合图 (侧向钻进井段)	148
图 2-4-1	CJZK3001 蚀变分带图	163
图 2-4-2	ZK4002 蚀变分带图	167
图 2-4-3	CJZK3001 深度—均—化温度分带图	169
图 2-4-4	CJZK3001 流体包裹体的均—化温度与盐浓度的相关图	170
图 2-4-5	ZK4002 深度—均—化温度分布图	173
图 2-4-6	ZK4002 流体包裹体的均—化温度与盐浓度的相关图	174
图 2-4-7	各岩芯试样 X 射线分析确定的矿物相对强度 (石英指数换算)	181
图 2-4-8	CJZK3001 及 CJZK3001a 测井结果综合对比图	182
图 2-4-9	CJZK3001 PTS 测井结果 (2003 年)	184
图 2-4-1 0	CJZK3001 温度压力测定结果 (2004. 7. 21)	186
图 2-4-1 1	CJZK3001 旋转器测定结果 (2004. 7. 21)	187
图 2-4-1 2	测井结果的解释 (9 月 13 日无注水检测)	192
图 2-4-1 3	CJZK3001a 温度压力测定结果 (2004. 9. 14)	194
图 2-4-1 4	CJZK3001a 静止状态下的旋转器测定结果 (2004. 9. 14)	195
图 2-4-1 5	CJZK3001a 注水状态下的旋转器测定结果 (2004. 9. 14, 注水流速: 30 t/h)	197
图 2-4-1 6	CJZK3001a 注水状态下的旋转器测定结果 (2004. 9. 14, 注水流速: 60 t/h)	198
图 2-4-1 7	测井结果的解释 (9 月 14 日注水中检测)	199
图 2-4-1 8	CJZK3001a 温度压力测定结果 (2004. 9. 17)	201
图 2-4-1 9	CJZK3001a 静止状态下的旋转器测定结果 (2004. 9. 17)	202
图 2-4-2 0	CJZK3001a 注水状态下的旋转器测定结果 (2004. 9. 17, 注水流速: 60 t/h)	203
图 2-4-2 1	测井结果的解释 (9 月 17 日注水中检测)	204
图 2-4-2 2	测井结果的解释 (引喷时的总体情况)	206
图 2-4-2 3	CJZK3001 引喷作业 (1)	210
图 2-4-2 4	CJZK3001 引喷作业 (2)	211
图 2-4-2 5	CJZK3001 引喷作业 (3)	212
图 2-4-2 6	CJZK3001 综合柱状图	216
图 2-4-2 7	CJZK3001 调查综合剖面图	217

图 2-5-1	ZK4001 喷汽试验设备系统图	222
图 2-5-2	ZK4001 喷汽试验历时变化图 (1)(2)	228
图 2-5-3	ZK4001 喷汽特性图 (2004.12.13 第 1 次测定)	231
图 2-5-4	ZK4001 流量特性	236
图 2-5-5	ZK4001 喷汽特性图 (2005.7.13~15 第 2 次测定)	237
图 2-5-6	ZK4001 喷汽特性图 (2005.8.26~27 第 3 次测定)	238
图 2-5-7	ZK4001 喷汽特性图 (2005.10.8~9 第 4 次测定)	239
图 2-5-8	ZK4001 喷出试样照片 (1)(2)	241
图 2-5-9	ZK4001 喷出岩的流体包裹体均一化温度分布图	247
图 2-5-10	ZK4001 喷出岩的流体包裹体均一化温度与盐浓度的相关图	248
图 2-5-11	ZK4001 结垢、喷出试样的采取位置图	250
图 2-5-12	ZK4001 结垢试验时热水的采取位置图	253
图 2-6-1	地球化学试样的采取地点位置图	264
图 2-6-2	Cl-Ent 混合模型图	265
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (1) -ZK03-	266
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (2) -ZK04-	267
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (3) -ZK05-	268
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (4) -ZK21-	269
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (5) -ZK304-	270
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (6) -ZK309-	271
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (7) -ZK313-	272
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (8) -ZK324-	273
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (9) -ZK328-	274
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (10) -ZK329-	275
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (11) -ZK346-	276
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (12) -ZK354-	277
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (13) -ZK355-	278
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (14) -ZK357-	279
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (15) -ZK358-	280
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (16) -ZK359-	281
图 2-6-3	热水的化学性状历时变化图 (17) -ZK4001-	282
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (1) -ZK03-	283
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (2) -ZK04-	284

图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (3) -ZK05-	285
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (4) -ZK21-	286
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (5) -ZK313-	287
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (6) -ZK329-	288
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (7) -ZK346-	289
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (8) -ZK354-	290
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (9) -ZK355-	291
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (10) -ZK357-	292
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (11) -ZK358-	293
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (12) -ZK359-	294
图 2-6-4	蒸汽成分历时变化图 (13) -ZK4001-	295
图 2-6-5	水位观测结果	300
图 2-7-1	西藏当雄羊八井地区构造地貌形成过程模式图	304
图 2-7-2	羊八井地热田水热系统概念模型图	307
图 2-7-3 (1)	羊八井地热田调查综合图 (1)	308
图 2-7-3 (2)	羊八井地热田调查综合图 (2)	309
图 2-7-4	当雄羊八井盆地活动断裂构造模式图	311
图 2-8-1	数值模拟解析的概略流程	316
图 2-8-2	地热热储层数值模型建立流程	317
图 2-8-3	解析范围和网格分割 (全体)	318
图 2-8-4	解析范围和网格分割 (中央)	319
图 2-8-5	上边界的压力平面分布	321
图 2-8-6	下边界的质量流束分布	323
图 2-8-7	渗透率分布剖面图 (剖面 A-A')	325
图 2-8-8	渗透率分布平面图 (海拔 4250~4300m)	326
图 2-8-9	渗透率分布平面图 (海拔 4200~4250m)	327
图 2-8-10	渗透率分布平面图 (海拔 4150~4200m)	328
图 2-8-11	渗透率分布平面图 (海拔 4100~4150m)	329
图 2-8-12	渗透率分布平面图 (海拔 4150~4100m)	330
图 2-8-13	渗透率分布平面图 (海拔 4000~4050m)	331
图 2-8-14	渗透率分布平面图 (海拔 3800~4000m)	332
图 2-8-15	渗透率分布平面图 (海拔 3600~3800m)	333

图 2-8-16	渗透率分布平面图 (海拔 3400~3600m)	334
图 2-8-17	渗透率分布平面图 (海拔 3200~3400m)	335
图 2-8-18	渗透率分布平面图 (海拔 3000~3200m)	336
图 2-8-19	渗透率分布平面图 (海拔 2750~3000m)	337
图 2-8-20	渗透率分布平面图 (海拔 2500~2750m)	338
图 2-8-21	渗透率分布平面图 (海拔 2250~2500m)	339
图 2-8-22	渗透率分布平面图 (海拔 2000~2250m)	340
图 2-8-23	渗透率分布平面图 (海拔 1500~2000m)	341
图 2-8-24	渗透率分布平面图 (海拔 1000~1500m)	342
图 2-8-25	渗透率分布平面图 (海拔 500~1000m)	343
图 2-8-26	渗透率分布平面图 (海拔 0~500m)	344
图 2-8-27	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)	345
图 2-8-28	天然状态下温度分布平面图及热水的 流速矢量图 (计算结果)	346
图 2-8-29	井内温度分布 (计算结果与测定结果的比较)	347
图 2-8-30	各井井内喷汽流量的计算方法概念图	349
图 2-8-31	发电输出量和蒸汽流量的关系	350
图 2-8-32	年平均发电输出量的历时变化	351
图 2-8-33	从发电输出量推测的蒸汽流量	352
图 2-8-34	推测 1 号电厂的实际蒸汽流量	353
图 2-8-35	推测 2 号电厂的实际蒸汽流量	354
图 2-8-36	推测 1 号电厂的实际热水流量	355
图 2-8-37	推测 2 号电厂的实际热水流量	356
图 2-8-38	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)	359
图 2-8-39	历史匹配模拟热储层压力分布的历时变化 (第 3 层: 海拔 4150~4200m)	360
图 2-8-40	流入点温度的历时变化 (计算结果与地球化学温度的比较)	361
图 2-8-41	生产预测模拟计算 (无回灌) 时深部井的追加位置和顺序	364
图 2-8-42	生产预测模拟计算 (有回灌) 时深部井的追加位置和顺序	366
图 2-8-43	浅部生产井的回灌模式图	367
图 2-8-44	深部生产井的回灌模式图	368
图 2-8-45	蒸汽流量的性状预测结果 (情况 I-1: 维持生产井现状)	370
图 2-8-46	流入点区域的压力性状预测结果	

	(情况 I - 1: 维持生产井现状) -----	371
图 2 - 8 - 4 7	流入点区域的温度性状预测结果	
	(情况 I - 1: 维持生产井现状) -----	372
图 2 - 8 - 4 8	热水流量的性状预测结果	
	(情况 I - 1: 维持生产井现状) -----	373
图 2 - 8 - 4 9	蒸汽流量的性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	374
图 2 - 8 - 5 0	浅部井流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	375
图 2 - 8 - 5 1	浅部井流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	376
图 2 - 8 - 5 2	浅部井流入点区域的温度性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	377
图 2 - 8 - 5 3	浅部井流入点区域的温度性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	378
图 2 - 8 - 5 4	热水流量的性状预测结果	
	(情况 I - 2: 维持生产井现状+ZK4001) -----	379
图 2 - 8 - 5 5	蒸汽流量的性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	380
图 2 - 8 - 5 6	浅部井流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	381
图 2 - 8 - 5 7	深部井流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	382
图 2 - 8 - 5 8	浅部井流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	383
图 2 - 8 - 5 9	深部井流入点区域的温度性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	384
图 2 - 8 - 6 0	热水流量的性状预测结果	
	(情况 I - 3: 维持蒸汽流量 200t/h) -----	385
图 2 - 8 - 6 1	蒸汽流量的性状预测结果	
	(情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	386
图 2 - 8 - 6 2	浅部井流入点区域的压力、蒸汽流量性状预测结果	
	(情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	387
图 2 - 8 - 6 3	深部流入点区域的压力性状预测结果	
	(情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	388
图 2 - 8 - 6 4	浅部流入点区域的温度性状预测结果	

	(情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	389
图 2 - 8 - 6 5	深部流入点区域的温度性状预测结果 (情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	390
图 2 - 8 - 6 6	热水流量的性状预测结果 (情况 I - 4: 维持蒸汽流量 240t/h) -----	391
图 2 - 8 - 6 7	蒸汽流量的性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	393
图 2 - 8 - 6 8	浅部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	394
图 2 - 8 - 6 9	深部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	395
图 2 - 8 - 7 0	浅部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	396
图 2 - 8 - 7 1	深部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	397
图 2 - 8 - 7 2	热水流量的性状预测结果 (情况 I - 5: 维持蒸汽流量 280t/h) -----	398
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) -----	399
图 2 - 8 - 7 4	浅部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II - 1: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部热水向北部回灌) -----	400
图 2 - 8 - 7 5	深部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II - 1: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部热水向北部回灌) -----	401
图 2 - 8 - 7 6	浅部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 II - 1: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部热水向北部回灌) -----	402
图 2 - 8 - 7 7	深部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 II - 1: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部热水向北部回灌) -----	403
图 2 - 8 - 7 8	热水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) -----	404
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) --	405
图 2 - 8 - 8 0	浅部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II - 2: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区中央部回灌) -----	406
图 2 - 8 - 8 1	深部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II - 2: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区中央部回灌) -----	407
图 2 - 8 - 8 2	浅部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 II - 2: 维持蒸汽流量	

	200t/h, 并且深部井热水向地区中央部回灌) -----	408
图 2-8-83	深部井流入点区域的温度性状预测结果(情况 II-2: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区中央部回灌) -----	409
图 2-8-84	热水流量的性状预测结果(情况 II-2: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且 深部井热水向地区中央部回灌) -----	410
图 2-8-85	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) -----	412
图 2-8-86	浅部井流入点区域的压力性状预测结果(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) -----	413
图 2-8-87	深部井流入点区域的压力性状预测结果(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) -----	414
图 2-8-88	浅部井流入点区域的温度性状预测结果(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) -----	415
图 2-8-89	深部井流入点区域的温度性状预测结果(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) -----	416
图 2-8-90	浅部井流入点区域的压力性状预测结果(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) -----	417
图 4-2-1	羊八井地热发电厂 初步开发计划 -----	432

表一览

表 1-3-1	西藏羊八井地热资源开发计划调查 工作年度展开	6
表 1-3-2	西藏羊八井地热资源开发计划调查 工作进度表	7
表 1-4-1	JICA 调查团的人员构成	11
表 1-4-2	西藏方面合作人员构成	12
表 2-1-1	西藏主要的地热利用	16
表 2-1-2	羊八井地热的开发历史	18
表 2-1-3	羊八井地热发电厂的发电设备	19
表 2-2-1	羊八井地区的地质层序综合表	24
表 2-2-2	地质图中断层性状一览	29
表 2-2-3 (1)	羊八井地区和周边地区岩石薄片显微镜观察结果	34
表 2-2-3 (2)	羊八井地区岩石薄片显微镜观察结果	35
表 2-2-4 (1)	羊八井地区 X 射线分析结果	36
表 2-2-4 (2)	羊八井地区岩石试样的 X 射线分析结果一览表	37
表 2-2-5	羊八井地区蚀变分带中蚀变矿物组合表	38
表 2-2-6	羊八井地区石英热发光强度比	42
表 2-2-7	羊八井地区石英斑晶中流体包裹体的类型	43
表 2-2-8	羊八井地区流体包裹体试验结果一览	44
表 2-2-9	分析方法	50
表 2-2-10	井内热水、温泉水及井内蒸汽分析结果	52
表 2-2-11	地表水分析结果	53
表 2-2-12	河流水分析结果	53
表 2-2-13	地球化学解析使用的数据	56
表 2-2-14	生产井喷出流体的流入点的化学组成计算结果	63
表 2-2-15	方解石的饱和度计算结果	63
表 2-2-16	有地热流体在流动的断层的评价	93
表 2-3-1	CJZK3001 钻探工程量表	104
表 2-3-2	主要钻探设备	109
表 2-3-3	2002 年 CJZK3001 钻头记录	112

表 2-3-4	CJZK3001 倾斜定向钻探计划、计算表	114
表 2-3-5	2002 年 CJZK3001 方位倾斜计算 (原井段)	115
表 2-3-6	2002 年 CJZK3001 方位倾斜计算结果 (侧向井段)	118
表 2-3-7	2003 年 12-1/4" 井泥浆漏失对策材料使用量	127
表 2-3-8	2003 年 CJZK3001 钻头记录 (8-1/2" 井段)	128
表 2-3-9	2003 年 CJZK3001 方位倾斜计算结果	130
表 2-3-10	2004 年 CJZK3001 钻头记录	142
表 2-3-11	2004 年 CJZK3001 方位倾斜计算结果 (原井段)	143
表 2-3-12	CJZK3001 泥浆漏失一览表 (深度 981~1,263m)	150
表 2-3-13	2004 年 CJZK3001 方位倾斜计算结果 (侧向井段)	154
表 2-4-1	CJZK3001 岩石薄片显微镜观察结果	158
表 2-4-2	ZK4002 岩石薄片显微镜观察结果	159
表 2-4-3	CJZK3001 X 射线分析结果	161
表 2-4-4	CJZK3001 蚀变矿物组合表	162
表 2-4-5	ZK4002 X 射线分析结果	165
表 2-4-6	ZK4002 蚀变矿物组合表	166
表 2-4-7	CJZK3001 流体包裹体试验结果一览	168
表 2-4-8	ZK4002 流体包裹体试验结果一览	172
表 2-4-9	密度、孔隙率测定结果	176
表 2-4-10	热传导率测定结果	177
表 2-4-11	比热测定结果	178
表 2-4-12	物性试验所用岩芯一览表	179
表 2-4-13	CJZK3001 空气扬程用空压机规格	207
表 2-4-14	CJZK3001 空气扬程引喷作业经过	209
表 2-4-15	CJZK3001 引喷时喷出热水的化学分析结果	213
表 2-5-1	羊八井 ZK4001 喷汽试验历时变化表	225
表 2-5-2	ZK4001 喷汽试验测定结果记录表	227
表 2-5-3	ZK4001 第 1 回特性试验结果表	230
表 2-5-4	ZK4001 长期喷汽试验记录表	232
表 2-5-5	ZK4001 特性试验结果表 (第 2 次, 第 3 次, 第 4 次)	235
表 2-5-6	ZK4001 喷出岩的岩石薄片显微镜观察结果	243
表 2-5-7	ZK4001 喷出岩的 X 射线分析结果	244

表 2-5-8	ZK4001 喷出岩的流体包裹体试验结果一览表	246
表 2-5-9	ZK4001 结垢试验片检查记录表	251
表 2-5-10	结垢试验热水分析结果	254
表 2-5-11	ZK4001 垢、喷出试样的 X 射线分析结果 (石英指数) 一览表	255
表 2-5-12	ZK4001 垢、喷出试样的 X 射线分析结果 (石英指数) 历时变化	256
表 2-6-1	井内喷出流体分析结果 (2001-2005) - 蒸汽、蒸汽凝结水	260
表 2-6-2	井内喷出流体分析结果 (2001-2005) - 热水	261
表 2-6-3	温泉水分析结果	262
表 2-6-4	地表水分析结果	263
表 2-6-5	河流水分析结果	263
表 2-6-6	水位观测记录	297
表 2-8-1	岩石物性值一览表	324
表 2-8-2	流入点位置的设定	357
表 2-8-3	无回灌生产预测模拟的条件设定、结果一览	363
表 2-8-4	有回灌生产预测模拟的条件设定、结果一览	369
表 3-3-1	北京报告会参会人员名单	427

1 调查概要

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

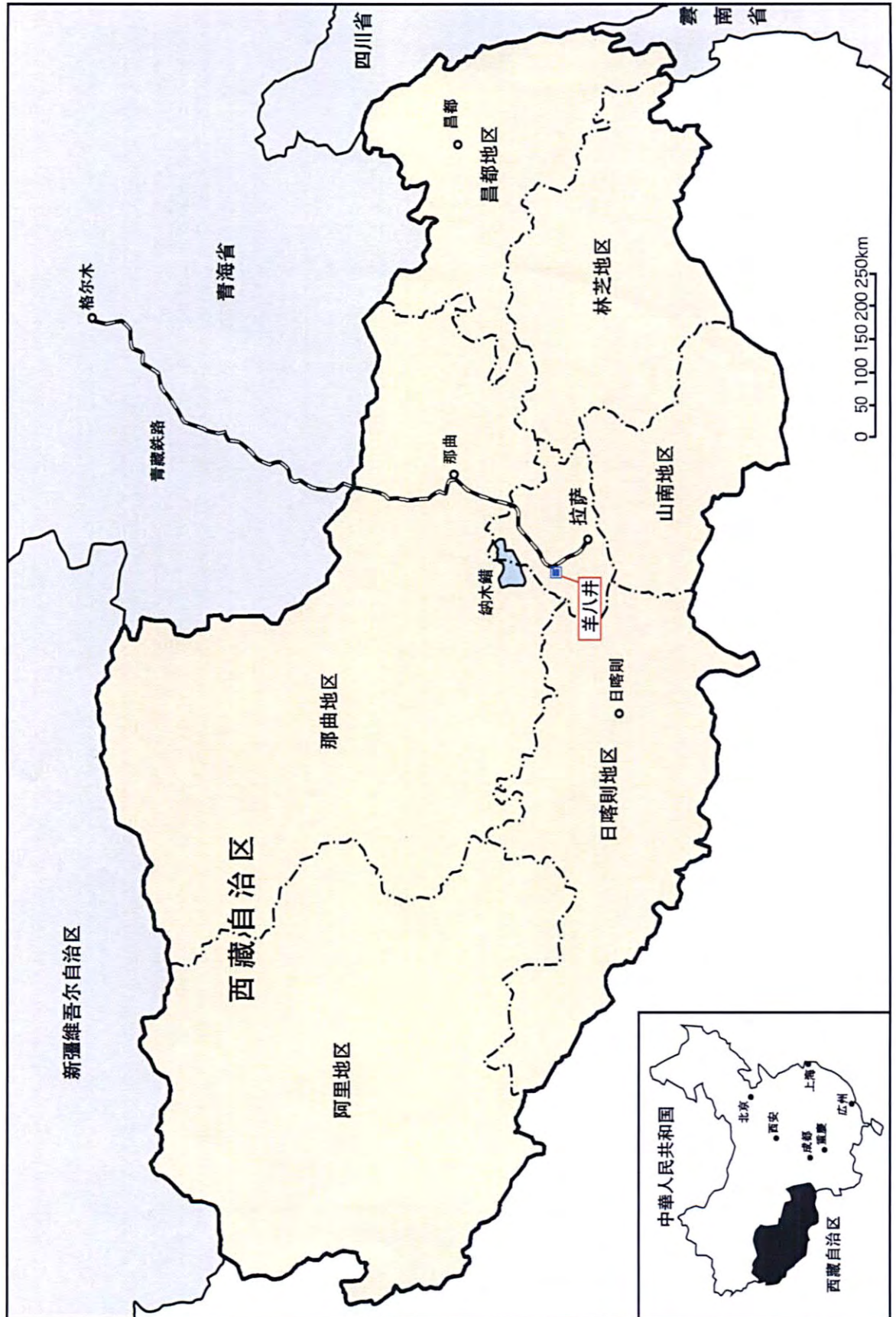


图 1-3-1 调查地区位置图

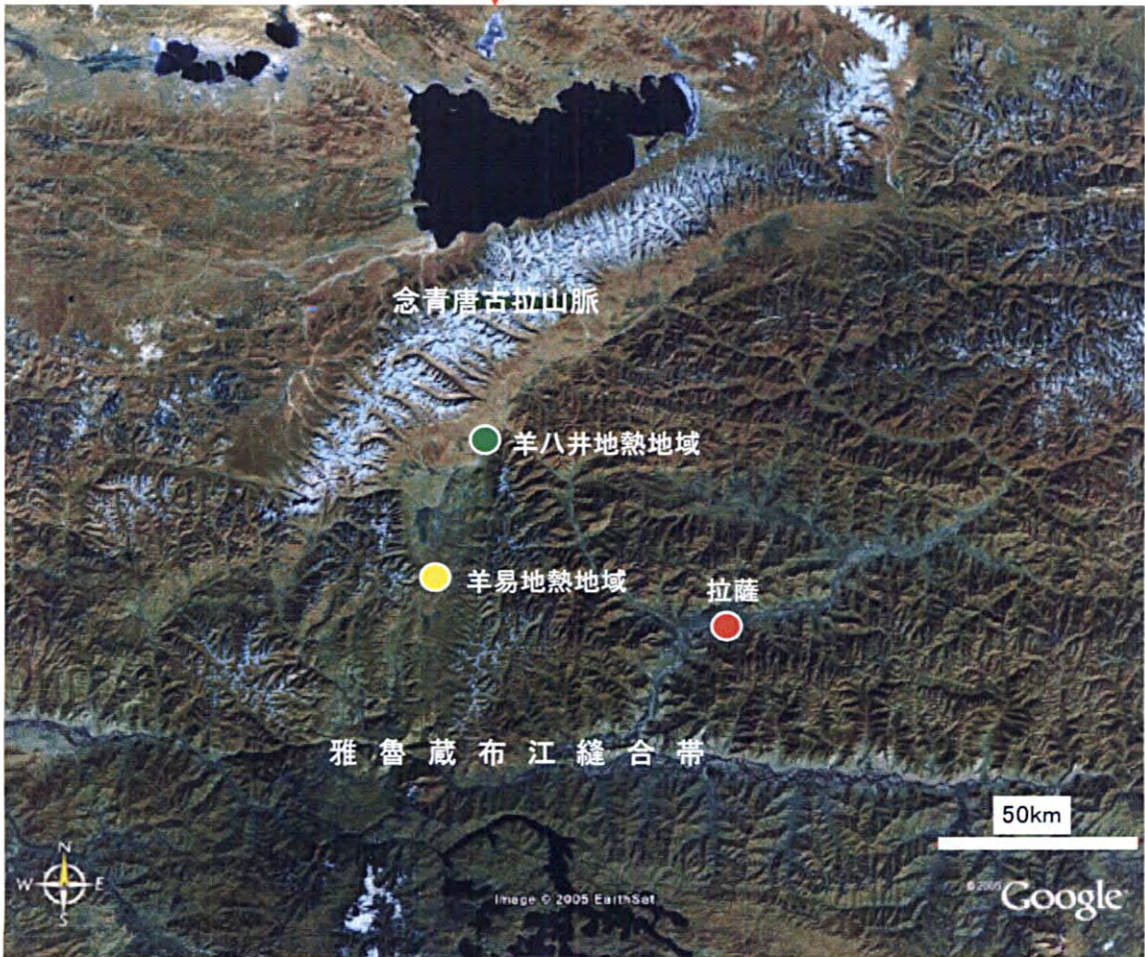
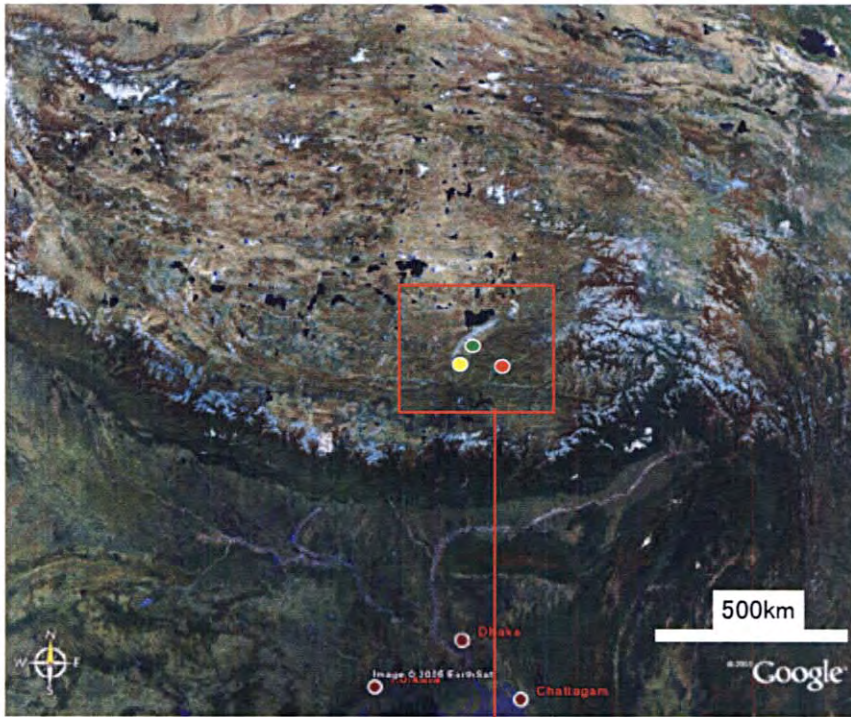


图 1 - 3 - 2 羊八井地热地区位置图（卫星图像）

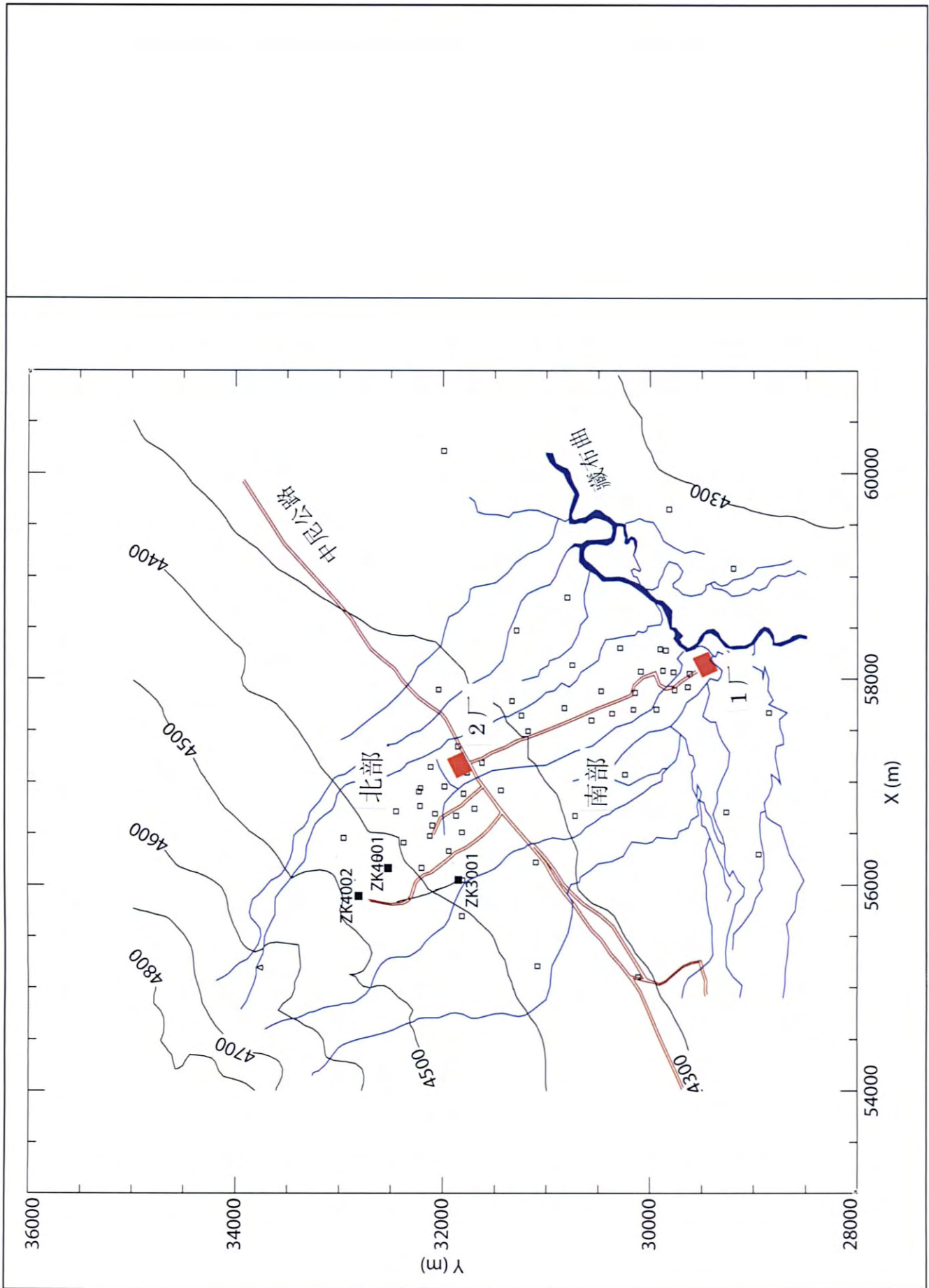


图 1-3-3 羊八井地热地区位置图

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

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

(1) 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。

(2) 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(SiO₂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。

(3) 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 个月的喷汽试验期间，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时有二氧化硅岩的结垢现象。

(4) 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。

(5) 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 委托实施了调查。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。

1-4-2 调查团和合作人员的构成

承担本开发计划调查的顾问会社日本重化学工业株式会社在 2000 年度，2001 年度受 JICA 委托实施了调查，2002 年 2 月因日本重化学工业株式会社提请了会社更生方案，失去了受委托的资格，2002 年度、2003 年度，重新委托东北地热能源株式会社实施调查。到 2004 年日本重化学工业株式会社的公司重组计划得到认可，恢复了受托资格。2004 年度、2005 年度日本重化学工业株式会社再度受 JICA 委托实行了调查。调查期间，因为日本重化学工业株式会社与东北地热能源株式会社是相互联系的，因此在实施调查的这 6 年间调查团的主要成员基本没变。调查团的人员构成见表 1-4-1，西藏方面合作人员的构成见表 1-4-2。

1-5 辞谢

在实施本开发计划调查时，得到了国际协力机构，特别是主要承担者经济开发部第二组的资源、省能源小组的指导与大力支持，在中国得到了中华人民共和国事务所的帮助，

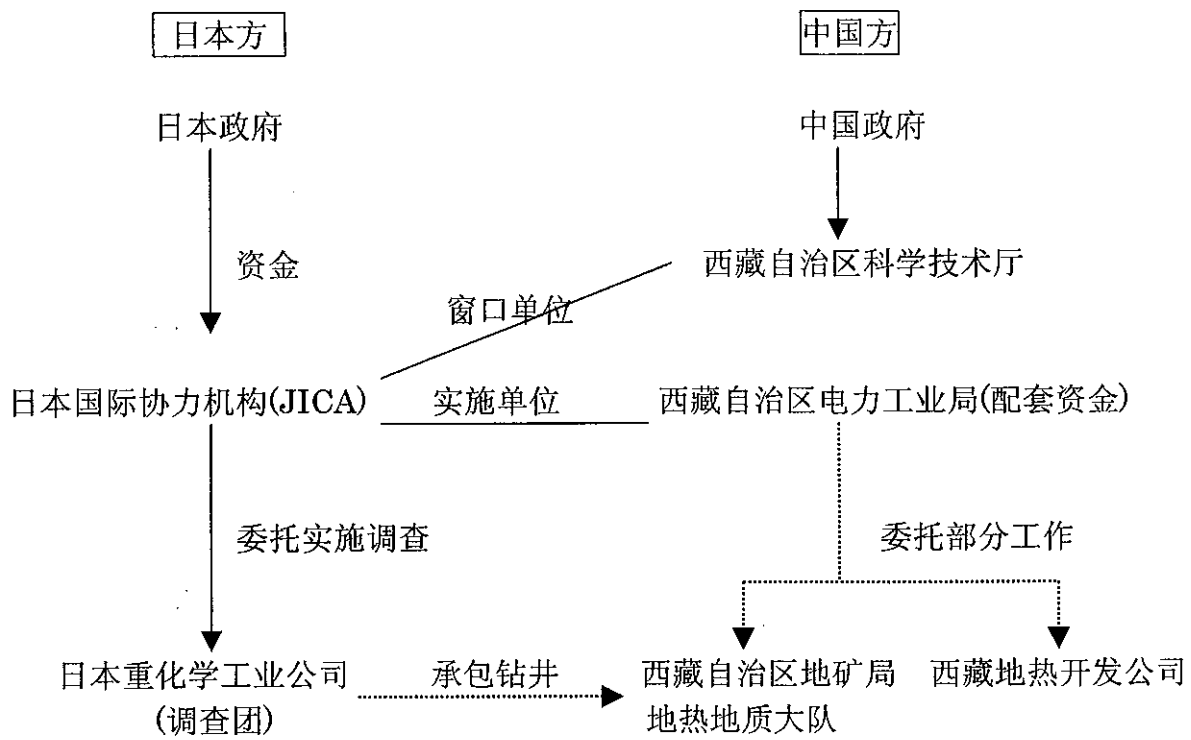


图 1 - 4 - 1 中华人民共和国西藏羊八井地热开发计划调查 实施构造图

表 1 - 4 - 1 JICA调查团员人员构成

担当	氏名	所属	担当年次
业务主任, 调查团长 总括/地热开发	宫崎 真一	日本重化学工业株式会社 (東北地热能源株式会社)	1~6
调查团副团长 测井·资源量调查	花野 峰行	日本重化学工业株式会社 (東北地热能源株式会社)	1~6
地质调查·钻井地质A	土井 宣夫	日本重化学工业株式会社	1,2
同上	加藤 修	日本重化学工业株式会社	3
同上	井出 俊夫	日本重化学工业株式会社 (東北地热能源株式会社)	4,5,6
地质调查·钻井地质B	荒井 文明	地熱工程株式会社 (補强)	6
地球化学调查/环境调查	菱 靖之	地熱工程株式会社 (補强)	1~6
电礫勘探(MT法) A	山根 一修	地熱技术开发株式会社 (補强)	1,2
电礫勘探(MT法) B	魏 强	日本重化学工业株式会社	1,2,3
同上	谷地 正一	地熱技术开发株式会社 (補强)	1~6
同上	Vittorio Bernard	地熱技术开发株式会社 (補强)	2
调查井钻井A	木崎 有康	日本重化学工業(株)	1~6
调查井钻井B	阿部 茂	地熱工程株式会社 (補强)	3,4
喷汽试验	积永 信彦	日本重化学工业株式会社 (東北地热能源株式会社)	1,2,3,4
同上	丹野 修	有限会社八幡平工业 (補强)	5,6
热储层解析A	小松 亮	地熱工程株式会社 (補强)	1~6
同上	梶原 竜哉	地熱工程株式会社 (補强)	6
热储层解析B	佐藤 啓	地熱工程株式会社 (補强)	6

表 1 - 4 - 2 西藏方面合作人员的人员构成

担当	氏名	所属
总负责	曾毅	西藏电力工业局 生产技术部 高级工程师
地质调查	多吉	西藏地质矿产勘查开发局 院士 (地热地质大队)
	陈健	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	赵福龙	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
电磁勘探	靳宝福	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	范小平	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	王建品	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 工程师
	拉巴次仁	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 工程师
	西绕	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 工程师
地球化学调查	杜少平	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	谢鄂军	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	彭瑞玲	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	陈健	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	许多龙	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 热网专工 工程师
钻井	陈健	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	谢鄂军	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	赵福龙	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
喷汽试验	蒋勇	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 总工程师
	许多龙	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 热网专工 工程师
	谭金群	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 热田监测员 助理工程师
热储层评价	柳承志	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 副厂长 工程师
	许多龙	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 热网专工 工程师
	王大宏	西藏电力工业局 生产技术部 工程师
	扎西	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 运行助理工程师
	谭金群	西藏地热开发公司 羊八井地热发电厂 热田监测员 助理工程师
	陈健	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师
	谢鄂军	西藏地质矿产勘查开发局 地热地质大队 高级工程师

在此表示深切的感谢。在西藏现场调查时，得到了西藏自治区电力工业局、西藏地热开发公司、西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队等多方面的火力协助和支持，在此深表谢意。

2 调查结果的总结

2-1 西藏地热资源状况和电力情况

2 调查结果的总结

2-1 西藏地热资源状况和电力情况

2-1-1 地热资源状况

(i) 西藏地热资源的分布

中国中低温的地热资源非常多,但高温地热资源仅赋存于西藏自治区、云南省及四川省。从地球科学的角度来看,这些地区受印度板块与欧亚板块发生冲突形成的西藏高原隆升和喜马拉雅山脉影响,在大范围上全部属于地中海—喜马拉雅地热带。西藏自治区位于此地热带的中心,在区内的700处查明附近有地热活动。而且,根据《滇藏地热带(1999)》介绍,西藏地热资源赋存区域为,高温地热资源(150℃以上)地区有129处,中温地热资源(90~150℃)地区有31处,低温地热资源(90℃以下)地区有135处。

西藏地热主要分布在西藏自治区的南部,特别是从日喀则到尼木,穿过羊八井至那曲有地沟的地区,分布着非常丰富的高温地热。这些地区位于拉萨附近,是西藏政治、经济、文化的中心地带,也是从西藏通向外部的主要交通要道—青藏公路和目前正在建设中,预计2006年完成的青藏铁路的经过之处。因此在这些地区地热资源的利用已经迅速发展,而且是将来最为期待的地热开发利用地区。关于西藏地热资源的分布特征将在第2.7章中详述。

(ii) 地热资源的利用状况

在西藏传统上早有利用温泉沐浴的习俗,在70年代已经开始把地热用于发电。主要的利用状况见下表2-1-1。随着目前西藏经济的发展,在能源不足,中国整体上温泉利用急剧增长等背景下,特别是随着青藏铁路的即将开通,可以预见西藏地区将来的发展,因此对地热资源的利用寄予很高的期望。

(iii) 羊八井的地热发电开发利用经过及状况

羊八井的地热调查开发从1975年开始,在1977年利用300kW的地热试验发电设备发电成功,同一年安装了发电容量为1000kW的第一号地热发电机组并开始发电。从1981年到1985年安装了3台国产3000kW地热发电机组,建成了羊八井第一地热电厂。之后在1986年安装了日本富士电机制的发电容量为3180kW的地热发电机组作为第二电厂,而且从1988年到1991年安装了4台国产3000kW的地热发电机组,建成了第二电厂。因为已经废弃了最初的300kW发电设备和1000kW的地热发电机组,第一地热电厂现有3台发电机组,装机为9,000kW;第二地热电厂有5台发电机组,总容量为15,180kW,两电厂的总

表 2 - 1 - 1 西藏主要的地热利用

地热发电利用	地区名	发电开始时间	设备容量	发电设备类型	备注
	羊八井	1977年	24.18MW	二次扩容	
	那曲	1993年	1MW	中间介质	停止中
	朗久	1980年初	1MW	一次扩容	停止中
	羊易	下一期开发最有力的地区			

温泉利用	地区名	特征
	羊八井	利用地热发电厂废弃的热水。温泉游泳池、娱乐设施、温室栽培、养鱼
	宁中	温泉游泳池、娱乐设施
	日多	温泉游泳池、娱乐设施、旅馆。修建中
	谷露	开发中

发电量达 24,180kW。实际上,到 1995 年左右随着设备的技术改造平均总发电量有所增加,但是 1995 年以后几乎稳定在 13000kW~12000kW,且持续运行。

从 1977 年发电开始到现在,用于地热发电的地热热储层在深度 200m~400m 左右非常浅的地层,热储层温度大约在 160~180℃,与世界上其它的地热发电站相比较,利用的是温度较低的地热资源。为此,自 1992 年起,在羊八井开始了深部地热资源的调查,在中国自己进行调查的同时,从 1992 年到 1995 年联合国 UNDP 也进行了调查。其中于 1993 年,在羊八井北部地区钻了 ZK4002 井,在钻探深度为 2006.8m 处温度高达 329.8℃,但是没能实现连续喷气。1996 年,在 ZK4001 井钻到 1495.09m 深度时,最高温度达 251℃,在同时进行的连续 15 天喷汽试验中,喷出大约 300t/h 的蒸汽和热水。从而确认了在羊八井北部的深部地层中存在有高温地热热储层。但之后,由于资金以及调查技术不足的缘故,没能进一步展开深部地热资源的调查,在 2000 年,中国方面提出希望得到 JICA 协助的要求。

羊八井地区地热发电开发利用调查的过程见表 2-1-2。羊八井地热发电设备的概要见表 2-1-3。

2-1-2 电力情况

(i) 西藏电力工业

西藏自治区的发电网、送电网、配电网与中国内地不相联,形成了独立的电力网。电力事业由西藏自治区政府的事业机关西藏自治区电力工业局承担。由于中国的电力工业在实行企业化,西藏电力工业局也逐渐过渡到西藏电力公司,但是目前电力工业局与电力公司仍并存,人员配置上均为兼职。

关于地热发电事业的承担方面,地热资源的调查、钻探等由属于国土资源部的自治区政府事业机关西藏地质矿产勘查开发局地热地质大队承担,地面上蒸汽设备和发电设备的所有权和运营管理是由电力工业局的子公司西藏地热开发公司负责。

(ii) 西藏电力供求的现状和未来

西藏中部电网包括拉萨市、日喀则地区、山南地区、那曲地区和林芝地区。其中拉萨市、日喀则地区和山南地区是西藏政治、经济、文化等发展的中心地区。那曲地区是西藏高原北部畜牧业的中心地区,林芝地区位于西藏高原的东南部。其中,拉萨市、日喀则地区、山南地区的电网已经接通,2004 年那曲地区也接上了 110kV 的送电线。

到 2003 年末,西藏中部电网的装机容量为 220.31MW,其中通常的水力发电占 106.13MW(48.1%),蓄能水电占 90MW(40.9%),地热发电占 24.18MW(11%)。

表 2 - 1 - 2 羊八井地热的开发历史

年	月	事 项
1975	7	羊1孔(ZK316)钻探, 在38.89m钻探时喷出湿润的蒸汽。
1977	9	中国的第一个1000kW级地热发电机组(羊八井1号试验发电机组)试运行成功。
1981	11	羊八井第一地热电厂第2号3000kW发电机组开始运行。
		同时完成了羊八井到拉萨间110kV的高压送电线。
1982	7	联合国和意大利的专家团访问羊八井, 实施了第一期合作项目(CRP/81/001)的工作计划。
1982	11	羊八井第一地热电厂第3号3000kW发电机组开始运行。
1985	9	羊八井第一地热电厂第4号3000kW发电机组开始运行。
1986	3	从美国和日本引进的3180kW发电机组开始发电。(第二地热电厂第5号机组)
1987	7	羊八井地热发电技术研究获得国家科学技术进步一等奖。
1988	12	羊八井第二地热电厂第6号3000kW发电机组开始运行。
1989	2	羊八井第二地热电厂第7号3000kW发电机组开始运行。
1989		联合国的第二期CPR188/007项目开始。
1990	12	羊八井第二地热电厂第8号3000kW发电机组开始运行。
1991	2	羊八井第二地热电厂第9号3000kW发电机组开始运行。
1992	8	西藏高温地热开发利用国际会议在拉萨召开。
1993		完成羊八井北部深部井ZK4002。2006.8m。最高温度为329.8℃。
		没能连续喷气。
1994	12	羊八井地热电厂年间发电量突破1亿千瓦。
1996	10	完成羊八井北部深部井ZK4001。深度达1495.09m。最高温度为251℃。在连续15天的喷气试验中, 确认压力为15kgf/cm ² 、流量在300t/h左右。
2000	7	日本JICA实施了项目形成的基础调查。
2000	10	日本JICA实施了开发计划调查的准备调查。签署了协议纪要。
2001	3	开始了JICA开发计划调查的现场调查

表 2-1-1-3 羊八井地热电厂的发电设备

发电厂	机组 编号	运行开 始年	发电设备 容量(kW)	发电方式	1次蒸汽 压力(atA)	2次蒸汽 压力(atA)	排气压 力(atA)	汽轮机厂家	发电机厂家	备注
第一发电厂	1	1977	1,000	一次扩容						停止中
同上	2	1981	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
同上	3	1982	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
同上	4	1985	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
第二发电厂	5	1986	3,180	二次扩容	1.7	0.5	0.08	富士电机	富士电机	
同上	6	1988	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
同上	7	1989	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
同上	8	1990	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	
同上	9	1991	3,000	二次扩容	1.7	0.5	0.08	青岛汽轮机厂	济南生建电机厂	

西藏中部地区是西藏政治、经济、文化、宗教等的中心，人口较多、经济发展速度也较快。从长远发展来看，随着国家西部大开发政策的推出，国家计划在道路、航空、铁路、邮政、通信等基础设施的建设方面增加投资。而且，计划大力发展以中药材和农畜产品为主的加工业、矿产业、林业、建筑建材业、旅游观光业 5 大产业。在其它方面，为了自治区经济的发展和国防建设的需求，从 2001 年开始预计于 2006 年完成的青藏铁路也正在建设中。铁路建成后，将进一步促进沿线和西藏整体的经济发展。

到目前对电力的需求及将来预计的需求情况如下。从 2001 年到 2005 年对电力的需求(电量)每年以 15.7% 的速度增加，从 2006 年到 2010 年预计年需求量增加 12.1%，从 2010 年到 2015 年预计年需求量增加 7.1%。因此，从目前来看，西藏中部地区对电力需求的增加非常快，但是新建发电站很少，出现了电力供不应求的情况。

鉴于对电力需求的增加，在查明了资源量等情况后，应将地热资源开发利用列入西藏自治区能源发展规划。

西藏的水利资源非常丰富。自治区全部的水利资源量在理论上可达 20.14 万 MW，占全国的 1/3，居全国首位。从技术方面看，可开发量为 11 万 MW，占全国的 20%，仅次于四川省居全国第二位。在目前，西藏以水力发电为主，但是水力发电的发电量调整能力较差，特别是枯水期发电量严重不足。而且，羊湖蓄能水电站本来计划是在电力需求较少的季节利用多余的电力抽水，以便在电力需求较多的季节发电，但实际上，即使是电力需求较少的季节也没有剩余的电力，不可能进行抽水。

西藏的太阳能也很丰富，西藏大部分地区的年日照时间达 1500~ 3400 小时，太阳辐射总量为 6000~8000MJ/m²，与西藏自治区内水利资源在分布上具有一定的补充关系。但是，利用太阳能并不能满足大规模的电力需求。而且，自治区内煤炭资源非常贫乏，煤质也较差，利用价值很低。青藏铁路完成后虽然具备有从自治区以外的其它地方运送煤炭建火力发电站的条件，但在标高 3500m 以上用煤炭进行火力发电时，煤炭的燃烧率差，环境问题也不可忽视。

在上述条件下，作为西藏将来的能源，丰富且绿色的水力发电和地热发电被寄予很高的期望。