

地热勘查主要技术方法及要求

第一节 区域地质资料的搜集和分析

地热资源的埋藏分布大多与区域构造断裂，基底埋藏分布，深部地层岩性等密切相关，广泛搜集区域地质构造资料及已有石油，煤炭的勘查资料，是开展地热勘查的必备工作，进而确定地热勘查区所处地质构造部位，基底埋藏特征、地层岩性特征、地热水储存和运移特征等，为地热勘查提供基础地质条件。

收集的资料主要包括以下几方面

- 1、1:20 万—1:5 万区域地质测量成果。
- 2、1:20 万—1:5 万重力、航磁、电法物探资料。
- 3、石油勘查成果资料，主要有地震勘查时间剖面及其解释推断剖面平面成果图件，勘探孔资料（钻孔柱状图、测井资料、参数井获取的各种参数）。
- 4、煤炭勘查资料，主要有地震勘查、钻探、测井、测温等成果。自治区在各盆地中大多进行了煤炭勘查，资料比较丰富。

第二节 航卫片解译

航卫片的解译可以判断地热勘查区地质构造基本轮廓及隐伏构造；可以显示泉群和地热溢出带位置，地面水热蚀变带的分布，热红外解译可判断地表异常分布等。在勘查面积较大，已有地质资料较少地区，可提供较多的地热地质信息。该方法在主要受断裂构造控制呈带状分布的地热田勘查中更加有效适用，应采用不同时段的高分辨率的数据源（如我国已启动高分辨率对地观测系统资源三号卫星数据）进行解译。

第三节 地热地质调查

一、地热地质调查的工作比例确定

地热地质调查比例尺调查阶段一般为 1:20 万—1:5 万，预可行性勘查阶段一般为 1:5 万，可行性与开采勘查阶段一般为 1:5—1:1 万。

二、不同类型地热田调查重点

1、主要受断裂控制的带状地热田，着重调查断裂带的位置、类型、规模、产状、断距、力学性质、活动性及断裂带附近节理裂隙发育程度、断裂带充填物、胶结情况，测定断裂带附近的地温及水化学成分，调查侵入岩、火山岩的分布、岩性及其与构造的关系，圈定地热异常区。

2、对层状分布的地热田，依据重力、磁法、电法及地震资料，确定盆地隆起与凹陷的范围、深度，判断沉积物的特征与变化规律，大致确定可能的热储层位、断裂构造的有无控热性。

3、进行井泉调查。对已有的井孔进行调查，尤其的深的井孔，了解其深度、揭露的地层、含水层位、水质、水量、水温情况。调查泉水成因、流量、温度及其随季节的变化、水质、泉附近有无泉华、泉华的性质。

4、进行水质调查。在井泉有控制性的采取水质化学分析样，分析与热水有关的化学组分。详见第四节地区化学测量。

三、地热地质调查内容与基本技术要求

（一）地热地质调查

调查地热田的地层岩性、构造特征、地热显示特征，确定可能的热储层、热储盖层、隔水层；调查热储层的岩性、厚度、埋深、分布、相互关系及边界条件，条件允许时应收集热储孔隙率、弹性释水系数、渗透系数、压力传导系数、热储压力（水头）；观测天然温泉的水温、水量；测试天然温泉的物理性质与化学成份、同位素组成、有益及有害成份。

调查至少采用与工作比例尺相同的地形图作底图，填图采用穿越法为主，辅以追踪法，用GPS等仪器定位，并将重要地质观测点绘于图上，以查明地层层序、厚度、岩性组合特征、分布范围、标志层、构造、构造形态、泉点分布等，对地层分界线、构造点和断层等，应沿线连续观察追索，详细记录和采集样品，观测点的记录要有代表性和控制性。地层标志层和找矿标志层，应用追踪法定点记录，控制连接。

填图单元划分到组或段，面积大于 0.05km^2 的第四系土层应圈定边界上图，

不专门定点观察描述，但其分布区地质路线经过处，应予以记录；直径大于 150m 的闭合地质体，长度大于 200m，宽度大于 1m 的线性地质体应有观察点、线控制，圈定上图，重点是断层构造带、裂隙发育带、构造形态的研究。

产状控制点结合附近地形地物，一般采用交会法确定。

地热调查中应系统采取水、气、岩土等样品进行分析鉴定。具体要求见“地球化学测量”一节。

（二）地温测量

地温测量分为地热井中地温测量与地表浅层地温测量，在地热地质调查中的地温测量为地表浅层地温测量。其主要目的是用于了解地温场在地下浅层的显示、了解地温场的平面变化及隐伏断裂的构造位置，同时可以综合定性判定断裂的导水导热性质，为地热勘探提供重要的地热信息。

1、主要受断裂构造控制呈带状分布的地热田

（1）首先系统测量工作区不同深度、不同地貌位置机民井的水温。

（2）在此基础上，有针对性的施工深度 10—15m 的测温浅孔，其测温孔密度能基本控制地温场的变化规律。测温孔深度应做气温与地温较长时间（一般一昼夜）试验，测温浅孔深度以孔内地温基本不随气温波动为限，垂向观测点距 1—0.5m，有条件时使用高精度测温仪，分辨率达到 0.05—0.003℃，绘制不同深度的地温等值线图。

（3）在有温泉出露的地区，地温测量可作为地热地质调查中的一种主要工作方法，有条件的尽量同时测量汞含量，结合汞量曲线一起绘制剖面曲线图或平面图。

2、层状分布的盆地型地热田

层状分布的盆地型地热田，热储埋藏深度大，部分地区实际测量地温效果往往不好。但地面调查仍应系统测量不同深度的机民井水温，并系统采取水化学分析样，重点测试与热水有关的化学组分，谋求寻找地热异常区。

三、地热地质调查应注意的主要问题

1、应在已有的区域地质资料和航卫片解译资料基础上进行，实地验证航卫片解译的重点问题，寻找地质露头，观察地热田的地层及岩性特征，地质构造、岩浆活动与新构造运动情况，分析地热勘查区地热形成的地质构造背景。

2、调查勘查区地表热异常分布特征及与构造的关系。

3、调查勘查区温泉出露及分布特征、泉水温度及流量变化特征及开发利用历史，调查勘查区内及其邻区已有地热井水温、水量、开采层段及地层岩性特征，地热水开发利用及动态变化特征。

4、对不同精度、工作目的和不同热储类型的地热地质调查，其工作内容应有所侧重。

4、地热地质调查点的定额，由于各工作区的情况不同，总体宜满足相应比例尺地质调查的定额。

四、提交的资料

1、实际材料图

2、野外记录本及野外手图

3、水井调查卡片

4、测温浅孔柱状图

5、测温记录表

6、水质分析一览表

7、水井调查一览表

8、阶段性成果

(1) 地热地质调查工作文字总结

(2) 地温等值线图

(3) 地质图及构造图，

(4) 地热异常分布图。

地热异常分布图应以地质图及构造图为背景，套合地温等值线图、化学组分分布图等与地热有关的其他图件，通过综合分析，圈定工作区地热异常区，指导下步地面物探与钻探工作。

第四节 地球化学测量

一、地热地球化学在地热资源勘查中的作用

地热地球化学是研究在地热活动过程中，在地下和地表形成的化学组分和地球化学现象，进而了解地热流体的形成原因和来龙去脉，预测地热资源勘查和开发利用前景。地热地球化学是地热资源勘查必须的手段之一，是地热开发利用时进

行环境评价的必要依据。

《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010)明确将地球化学勘查列入地热勘查的一种技术手段,我区在地热勘查中运用的比较少,只有个别项目对钻探岩芯做过水热蚀变研究,对地下水进行过相关的化学分析。

二、地热地球化学勘查一些基本方法

目前常用的地热地球化学勘查,常用的有土壤化学成分分析、气体测量、岩芯水热蚀变矿物成分分析、地下水与地热流体化学成分分析等。

1、土壤与岩芯化学成分测量

一般在基岩出露区和基岩浅埋深区进行,用以了解隐伏构造及地下热储情况。主要是对土壤中砷、汞、铊的探测,一般与氦、汞、氡、二氧化碳等气体同时进行。

有温泉出露的地方要进行泉华与水热蚀变进行取样分析测试。对地面泉华和钻井岩芯的水热蚀变,采集代表性岩样作岩石化学全分析和等离子体光谱及质谱分析或光谱半定量分析。采样密度随勘查阶段的深入应加密和增加检测项目。

地热流体向上运移至地表或接近地表处,由于温度、压力下降,热流体中的硅、钙、硫从热流体中析出沉淀,形成硅华、钙华、硫华,这些沉淀物反应了当时热流体在深处的温度。

硅华 $>150^{\circ}\text{C}$

钙华 $<150^{\circ}\text{C}$

硫华 $>100^{\circ}\text{C}$

水热蚀变矿物测试一般在温泉出水口附近、地热钻探岩芯中采取,进行薄片鉴定。

地热流体上升至地表或在热储中和岩石相互作用而形成新的矿物,这些矿物的形成反映了当时地热区的地温状况。

高岭石 $<150^{\circ}\text{C}$

绿泥石 150°C

浊沸石 $100-200^{\circ}\text{C}$

怀腊开沸石 $>200^{\circ}\text{C}$

利用蚀变矿物判断该地热区有无勘查前景时，还须对蚀变同位素年龄进行测定，越年轻越有前景。地热地质现象和化学组分，和晚近期岩浆活动有关，分析岩体，特别是分析岩芯的水热蚀变矿物对地热资源勘查还是有一定意义的。

2、气体测量

一般也在基岩出露区和基岩浅埋深区进行，用以了解隐伏构造及地下热储情况。气体测量的主要项目有氦、汞、氡、二氧化碳等，这些挥发性气体在地表形成异常，反映地下存在热储，特别观测通过断裂随热水上升到土壤中的氦、汞等气体。氦与 Rn、CO₂ 以及其它气体组合，可进行如下地质判断：

- (1) He 与 Hg、He 与 As 异常，表明地下有高温热储；
- (2) He 与 CO₂ 异常，表明深部有热储存在；
- (3) CO₂ 与 Rn 异常，有断裂带存在；
- (4) Rn 和 Ar 异常，表明基岩埋藏较浅。

3、地下水与地热流体化学成分测量

对勘查区的温泉和其他地热显示、已有深井，选择代表性地热流体样品作化学全分析和同位素测试。

在不同水力类型地下水与地热水中取样进行 F、SiO₂、B 等组份的测定，可以帮助确定地热异常分布范围。

选用泉华和地热流体中的某些化学组分、气体成分、同位素建立地热温标，利用地球化学温标来估算热储温度，预测地热田潜力。具体计算方法见《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010) 附录 A。

测定代表性地热流体，常温带地下水、地表水、大气降水中稳定性同位素和放射性同位素，可以推断地热流体的成因与年龄。

土壤化学成分测量和气体测量在我区目前在地热地质勘查中运用的比较少，还没有成熟的经验，具体采样密度、采样方法可根据实际情况确定。一般以剖面的方式进行采样，在可能的断裂带附近或明显的地热异常区，应加大采样密度。

地热井、地热异常井、温泉野外调查表格可参照表 2—1、2—2。

表 2—1 地热（异常）井野外调查表

编号				项目名称			
坐标		X:		Y:			
地理位置							
井口高程		m		地面高程		m	
地热井类型				矿床规模			
井 深		m		取水段管径		m	
管材类型				开采层段埋深		m	
单位降深流体产量		$\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$		开采层段范围		m	
建井日期				洗井情况			
施工单位				所属单位			
日开采量		m^3/d		日开采热量		J/d	
监测起止日期				监测项目			
取样情况				摄影编号			
主要用途及经济效益							
盖层地质年代				盖层岩性			
						盖层厚度 m	
热储地质年代				热储岩性			
						热储厚度	
流 体 特 征	井口温度		$^{\circ}\text{C}$		气温		$^{\circ}\text{C}$
	水位埋深		m		压力		Pa
	测井井内最高温度		$^{\circ}\text{C}$		测井井底温度		$^{\circ}\text{C}$
	流量		m^3/h		热量		J/h
井口地质环境							
开发利用状况				调查点平面位置示意图			
调查单位				调查人			
				调查日期			

第五节 地球物理勘查

我区在地热勘查常用的地球物理勘查方法主要有大地电磁测深法（包括可控源音频大地电磁测深(CSAMT)和音频大地电磁测深(AMT)）及二维地震。

大地电磁测深法与二维地震的具体技术要求见附件一、附件二。

第六节 地热钻探

一、地热井类型

按照《地热钻探技术规程》(2011讨论稿)，地热井分类如下。需要指出的是我区目前开展的地热钻探，凡是有开采价值的勘探孔，均为探采结合井，按照生产井的要求进行成井。

表 2—3 地热井类型

分类	类型	特 点 及 用 途
按热储分类	裂隙岩溶型热储地热井（孔）	赋存于基岩裂隙、溶隙中的地下热水。
	孔隙型热储地热井（孔）	赋存于新近系、第四系孔隙中的地下热水。
	勘探孔（井）	施工中要采取岩土样品、热水样品、蒸汽样品、测量低温和压力、进行产能试验等。
	生产井	深度按照热储层埋藏深度确定。取得可供发电或其它利用的一定数量的热水和蒸汽，采用油井套管程序和完井方法。
	探采结合井	兼有勘探孔（井）与生产井的用途。
	回灌井	与生产井配对的“姊妹井”，口径与套管程序按回灌量选定，钻孔结构力求简化。
按温度分类	高温地热井	温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ ，主要用于发电、烘干、采暖等。
	中温地热井	温度在 $90\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，主要用于发电、烘干、采暖等。
	低温地热井	温度在 $25\sim 90^{\circ}\text{C}$ ，主要用于洗浴、温室、养殖等。

二、地热钻探的总体要求

钻探工程控制要求见表 1—5。由于我区目前盆地型地热田只进行预可行性勘查，一个勘查项目只布置 1 眼地热井，规范规定的钻探工程控制要求主要作为确定地热资源量计算范围的依据。主要受断裂控制的带状热储勘查项目，钻探工程要按照规范要求布置勘探孔（井），勘探孔(井)数量满足相应阶段的勘查要求。

地热钻探从地热井设计、施工、钻进中的地质编录与完井的各种测试应满

足查明地热田的地层结构、地质构造、岩性、地温变化、热储的渗透性、地热流体压力及其物理性质和化学组份，取得代表性计算参数的需要。技术套管质量、口径、成井工艺等成井质量应满足设计产量、安装相关开采设备的要求。具体工作应遵循以下程序。

- 1、钻机设备选型应留有加深钻进深度的余地。
- 2、施工单位必须在接到开孔通知书、终孔通知书、测井通知书后方可进行相应阶段的工作。如有变更必须在接到变更通知书后再按变更要求施工。
- 3、在施工阶段，施工方应主动与工区技术负责联系，分析问题及时解决。终孔时要通知技术负责，项目承担单位必要时进行专家会商，确定是否签发终孔通知书。测井工作应提前通知测井人员进行准备，在规定的时间内进场。
- 4、钻探监理要跟踪钻探施工全过程，监督钻探施工是否按设计和规范进行，对关键环节现场签字验收。
- 5、施工方要认真填写班报表，对变层、调钻、漏浆等现象要认真记录。
- 6、在钻进过程中要有防有害气体喷出、防井喷等措施。
- 7、钻探施工结束后，必须进行全孔验收工作。施工验收结果将作为施工单位决算的依据。钻孔未经验收，钻机不得放塔搬迁。

三、地热钻井工程设计的基本要求

每口地热井均要编制《地热钻井工程设计》，编制依据主要为地质资料，其次为井场调查资料和相邻井（或邻区井）的钻井资料。应在施工单位总工程师的主持下，由地质、钻探技术人员共同编制，经单位内部审核后报项目承担单位，经专家评审合格，批准后方可实施。《地热钻井工程设计》的基本要求与具体的编写内容详见《地热钻探技术规程》（2011 讨论稿）6 条款。

钻井设计中有关内容应尽量以图表形式阐述，一些关键环节的钻探设计用表如下，表 2—4、5、6、7、8、9、10。

表 2—4 钻遇地层预测表

地层名称	底板埋深 m	地层厚度 m	主要岩性描述	施工难度提示

表 2—5 钻井主要设备和技术性能表

序号	名称		型号	载荷 KN	功率 KW
1	钻机				
2	井架				
3	天车				
4	游动滑车				
5	大钩				
6	水龙头				
7	转盘				
8	绞车				
9	钻井泵	1 号			
		2 号			
10	动力机	1 号			
		2 号			
		3 号			

表 2—6 井身结构设计数据表

开钻 次序	井段 m	钻头直径 mm	套管直径 mm	套管下深 m
一开				
二开				
三开				
四开				

表 2—7 钻井液性能设计

井段 m	钻井液类 型	密度 g/cm ³	API 粘度 s	泥饼厚度 mm	含砂量 %	PH 值	初切 pa	终切 pa

表 2—8 固井设计表

开钻 次序	井段 m	钻头直径 mm	套管直径 mm	套管下深 m	水泥 型号	水泥浆 密度 g/cm ³	水泥返深 m	封固段 m
一开								
二开								
三开								

表 2—9 地球物理测井

开钻次序	测量井段（m）	测井项目	比例尺	备注

表 2—10 套管强度校核表

井段（m）	段 长 （m）	钢 级 壁 厚 （mm）	单 重 （N/M）	段 重 （KN）	累 重 （KN）	安全系数		
						抗拉	抗挤	抗内压

四、地热钻井的地质观测与编录

1、钻探岩芯采取

基于我区地热研究程度非常低，现在开展的地热地质勘查以预可行性为主，多数地区尚无取芯钻井控制，取芯工作非常重要，按照“规范”要求，每一个地热田，应根据地热田规模建立代表性的地热钻井地层实物地质资料标准剖面。根据勘查实践，在预可行性勘查阶段，平均每 100m 至少取 1 次样，取样长度 3—5m，取样位置除了能建立实物地质资料标准剖面外，还应对盖层、热储及重要的地层分界有所控制。在温度较高的地热田要特别注意水热蚀变岩芯或岩屑的采

样和鉴定。

认真观察岩芯的岩性特征，判定岩石名称与时代，建议实测岩心的孔隙度、密度及渗透率、比热、热导率等参数并与测井资料进行比较。必要时可做部分放射性含量、古地磁同位素年龄测试、判定地热田地质历史及区域热异常背景。

(1) 岩芯采取率：每次取芯黏性土、胶结较好的砂岩、完整基岩平均不低于 70%；风化或破碎基岩平均不低于 40%；

(2) 岩芯收获率：在一般地层收获率 $\geq 90\%$ ；散碎地层 $\geq 50\%$ 。

(3) 岩芯要及时出筒，出筒后按顺序注上标记，依次排列在岩芯盒内。

2、岩屑录井

岩屑录井是地热钻探编录中的重要内容，一般取样间距为5m。取样均宜在振动筛下固定位置捞取，岩屑重量不少于500g。捞取后立即清洗干净，去掉杂物和掉块，及时进行深度标识、干燥，及时装袋。岩屑袋按井深由浅到深，自上而下顺序排列、装箱。地质条件、地质构造复杂及地层变化孔段，应加密取样，在加密取样地段必要时做井下鉴定。

每100m测量一次岩屑迟到时间，确保岩屑的真实性和代表性。岩屑取样时间=钻达时间+迟到时间。

3、钻时录井

记录井深、进尺、纯钻进时间、放空井段等。

4、钻井参数录井要求

记录钻压、转速、悬重、钻具组合、入井钻头、泵量、泵压等。

5、钻井液录井

每 8 小时测定一次钻井液性能，必要时加密测定，并记录。记录钻井液入井、出口温度，每 50m 测量一次，必要时加密测量。记录发生井漏的井深、层位、漏失量、漏速、处理井漏措施及井漏原因。记录发生井涌、井喷的井深、层位、涌水量、涌速、处理井涌措施及井涌原因。

6、钻井记录要求

钻进中应记录卡钻、井塌、顿钻、跳钻、蹩钻、坍塌、掉块、钻效改变等的井深、时间、原因及处理措施、结果等。钻遇含气层时应进行气测录井。记录发生逸气的井深、层位及逸气原因等。地层压力异常地层钻进时，必要时进行压

力录井。

总之开展岩屑录井、钻井液录井及钻时录井，观察冲洗液温度变化及漏失变化，详细记录钻井过程中的漏水，井喷、涌沙、逸气、掉块、塌孔、缩径等现象及出现时的井深和层位，进而分析热储特征及地热水赋存部位。

五、地热钻井冲洗液介质一般要求

地热钻井应合理使用冲洗液，盖层可根据地层情况采用不同比重、粘度、失水率的泥浆作为冲洗液，钻遇热储层后宜采用清水或无固相稀泥浆作为冲洗液。考虑热储层的压力条件，尽量采用近平衡钻进，以防堵塞和污染热储层。

六、孔斜的要求

除专门设计的定向井外，地热钻井应保持垂直，以降低井内事故和井壁管受磨损，在取芯和换钻头时必须进行孔斜测量。相应深度的井斜控制为：300m深度内（开采井泵室段）不大于1度；1000m内不大于3度；2000m内不大于7度，2000m以上终孔不大于10度。井深误差 $\leq 1/1000$ 。

七、地热井测井

地热测井是划分地层结构的重要手段，着重解决热储层段划分及主要含水层段位置，据此确定地热井身结构。获取不同层位的孔隙率，渗透率、含水率、含泥量、岩石密度及井内地温变化曲线等数据。因此，地热钻井过程中在下管前和完钻后，必须进行地球物理测井，不得漏测井段。否则不予野外验收。

1、测井的主要任务

地热测井任务与石油测井基本一致，包括：测井地层对比、油气水解释、测井地层层序分析、测井岩性分析、测井沉积相分析、测井储层特征及其参数研究、测井构造特征分析及地应力研究、测井与地震结合的储层横向预测等。地热测井对储层的参数研究相对石油测井少些。

2、测井前要达到以下要求：

- （1）测井前必须采用钻具和钻头通孔，防止测井探头遇阻和遇卡。
- （2）通孔至井底后开泵循环，使井内钻井液性能指标上下保持稳定和一致。
- （3）不允许井内有过高的固相含量和沉淀。
- （4）测井探头和电缆在起下过程中要缓慢匀速，防止产生抽吸作用。

(5) 注意井内液面变化，当井内液面下降时必须回灌泥浆，保持井内压力相对平衡。

3、测井的项目

(1) 测井项目应包括：井经、井斜、井温、放射性、视电阻率、固井声幅、侧向测井、补偿声波速度、微电极、自然电位、微梯度、泥浆电阻率、矿化度测井等项；钻遇热储层顶、底板及终孔时，应进行连续测温，测温前停钻时间不少于 24h。严重漏失井段测温的停钻时间应适当延长。

(2) 通过测井计算获得的热储及盖层的物理、水理性质，如渗透率、孔隙度、含泥量等。

4、测井应提交的资料

(1) 综合测井曲线。

(2) 测井综合解释。定量解释各地层厚度、埋藏深度、地层视电阻率、含泥量、有效孔隙度、饱和度、地层水矿化度及含水层渗透率，并用图表的形式表示。

(3) 提供井温成果数据表、井斜及方位数据表、井径变化数据表、固井质量即固井声幅解释结果等。

(4) 测井工作总结。

八、地热井洗井

洗井是地热井施工中的一个重要环节，在产能测试前一定做好洗井工作。钻井完工后，及时进行洗井，严禁滞留时间过长。

1、洗井方法及技术要求：抽水试验前必须采用机械、化学方法进行充分洗井。洗井应针对地层特征、钻井深度、使用泥浆的性质及稠度采用不同的方法。一般采用空压机或空压机与大型水泵联合震荡洗井，在产水量较小的碳酸盐岩地层，如在空压机洗井效果欠佳的情况下，需进行地层压裂、酸化处理。

2、洗井的效果检查

洗井应依据热储渗透条件及埋深、孔内情况，采用适宜的机械或化学方法清除孔内及热储层段井壁的泥浆、岩屑、岩粉等堵塞物，达到流体中悬浮物含量小于 1/200000（重量比），流体产量与压力下降保持相对稳定（前后比较变化小于 10%）。

洗井对比次数必须三次以上，相邻两次对比其单位涌水量平均相对变化小于 5%且达到水清砂净，方可进行抽水试验。

九、地热钻井的一些常用技术参数

为了在地热钻井中承担单位更好的监督井队的施工质量，将《地热钻探技术规程》（2011 讨论稿）中一些一般规定的参数摘录如下，同时也便于在设计编写、野外验收、成果报告编写与审查时查阅，个别数据或提法根据我区的实际情况作了适当的调整。

1、常用地热井井身结构

表 2—11 常用地热井井身结构

钻进	钻孔直径 mm	下入套管 mm
一开	444.5 (17 ½ in)	339.7 mm (13 ¾ in)
二开	311.1 (12 ¼ in)	244.5 mm (9 ⅝ in)
三开	215.9 (8 ⅝ in)	177.8 mm (7 in)
四开	152 (6 in)	裸眼或下入过滤管

注：1. 一开：一口井从井深为零开始钻进，称第一次开钻，简称一开；
2. 二开：表层套管固井以后再次开钻，称第二次开钻，简称二开；
3. 三开：技术套管固井以后再次开钻，称第三次开钻，简称三开；若技术套管有两层则以下钻进称为四开。
4. 地热完井的井径不宜小于152 mm (6 in)。

2、钻进方法选择

表 2—12 常用钻进方法选择一览表

选 用 方 法			适 用 范 围	优 点
取 芯 钻 进		普通硬质合金钻进	第四系松软地层及致密、完整可钻性 6 级以下基岩。	钻头加工容易，成本较低。钻进中操作简便，容易掌握。
		针状硬质合金钻进	硬且研磨性强、裂隙发育，可钻性 6 级~8 级的岩层。	钻进过程中针状合金胎块不断磨损，而出露的针状合金切削刃面积不变，为自磨式钻头。
		金刚石复合片钻进	软至中硬（可钻性 4 级~8 级）岩层。	钻速高、钻头寿命长、取芯率高、所需钻压小、孔斜小、钻孔质量高。
		金刚石钻进	孕镶金刚石钻头适用于可钻性 5 级~12 级岩层；天然表镶金刚石钻头适用于可钻性 4 级~10 级岩层。	钻进效率高，钻孔质量高，劳动强度低，钻探成本较低。
		液动冲击回转钻进	硬质合金冲击回转钻进适用于可钻性 5 级~6 级和部分 7 级的岩层；金刚石冲击回转钻进适用于可钻性 6 级~12 级坚硬致密地层。	提高钻进效率，减轻岩芯堵塞，缓解硬岩中钻头“打滑”问题。
		潜孔锤钻进		
全 面	冲击钻进	钢丝绳冲击钻进	第四系砂土、漂砾、卵砾石层及风化破碎基岩，大口径（一般 200mm 以上），钻孔深度一般不超过 300m。	设备、钻具简单，成本低，在砂土、卵砾石层浅孔钻进有良好效果。
		冲击反循环钻进		

钻 进	刮刀 钻头钻进	第四系松软地层及中硬以下较致密、完整基岩钻进，不适用卵砾石层及破碎地层。	钻头加工容易，成本较低。
	牙轮钻进	第四系松软地层及完整、破碎、致密、研磨性岩石及卵砾石层，常用于不取芯钻进。	适用范围广、效率高，尤其在卵砾石及破碎地层钻进较其他回转钻进效果更好。
	PDC 钻头钻进	软至中硬岩层	PDC 钻头采用低钻压、高转速获得较高的钻速，可与螺杆钻具、涡轮钻具配合应用。
	气动潜孔锤正（反）循环钻进	基岩及第四系胶结、半胶结地层和卵、砾石层钻进。尤其适用于缺水或供水困难地区。	具有冲击和回转双重碎岩作用，孔底岩石受压小、钻效高，且不污染含水层、成井后洗井容易。
	气动潜孔锤跟管钻进	含有漂石、卵砾石不稳定第四系覆盖层，厚度一般<50m。	以潜孔锤破碎岩石，钻头超前钻进，套管随后紧跟，对易坍塌的卵砾石地层极为有效。
	气举反循环钻进	第四系砂土、砂粒层以及各类稳定性较好的基岩钻进，孔深>10 m 后使用，超过 50 m 后效果更佳，从理论上没有钻进深度限止。须保证充足施工用水。	钻井液上返速度快、洗孔彻底，孔内干净，钻进效率高，成井后洗井容易，对含水层没有淤塞作用。
	泵吸反循环钻进	第四系地层浅孔、大口径孔钻进，一般孔深<100 m，须保证充足的施工用水，砾径超过钻杆内径的卵石层不宜使用此方法钻进。	钻井液上返速度快、洗孔彻底，钻效高，钻进安全，成本低。
	液动冲击回转钻进	坚硬岩层钻进，常规钻孔口径。	具有冲击和回转双重碎岩作用；可以使用泥浆护孔，不受水位限制，能在深孔钻进。
	泡沫钻进	地层自稳性较好的热储层、漏失地层、高温地层钻进。	特别适用于地层较硬、高温、低压及漏失同时存在的地层。泡沫适宜在缺水地区、寒冻地区施工。
	喷射钻井	对机泵条件要求较高，泵压不宜低于 13MPa。	能有效克服泥页岩地层糊钻、泥包钻头。能大幅度提高软-中硬地层钻井效率。
扩 孔 钻 进	合金钻头扩孔钻进	黏土、砂土层、卵砾石。	同合金刮刀钻头全面钻进。
	牙轮钻头扩孔钻进	砂土层、砾、卵、漂石地层及基岩地层。	同牙轮钻头全面钻进。
	潜孔锤扩孔钻进	基岩地层	同潜孔锤正循环全面钻进

3、钻具组合的一般要求

表 2—13 钻具组合规格表

钻头直径 mm	钻 具 组 合
≥444.5	钻头+Φ 203mm钻铤+Φ 177.8mm钻铤+Φ 127mm钻杆。
311.1	钻头+Φ 203mm钻铤+Φ 177.8mm钻铤+Φ 127mm钻杆； 或钻头+Φ 177.8mm钻铤+Φ 159（或146）mm钻铤+Φ 127mm钻杆。
241.3	钻头+Φ 165mm（或Φ 177.8mm）钻铤+Φ 159（或146）mm钻铤+Φ 127mm钻杆； 或钻头+Φ 159（或146）mm钻铤+Φ 127mm钻杆+Φ 88.9mm钻杆。
215.9	钻头+Φ 159（或146）mm钻铤+Φ 127mm钻杆+Φ 88.9mm钻杆。

152.4	钻头+Φ 121mm钻铤+Φ 88.9mm钻杆。
-------	--------------------------

4、钻进参数选择

（1）钻压达到所钻岩石的破碎强度值为宜，并结合设备能力和钻具强度等安全因素合理选择。按钻头直径单位长度所需压力计算，在中硬以上较硬岩层中钻进宜采用 3 kN/cm~4kN/cm，在中硬以下较软地层中钻进可采用 1 kN/cm~3kN/cm。

（2）钻头外缘回转线速度以 0.8m/s~1.5m/s 为宜，遇卵砾石层或严重破碎地层可降低到 0.6m/s；地层完整、硬度较低、钻孔较浅、用常规口径钻进的转速为 70 r/min~200r/min，大口径为 30 r/min~60r/min。

（3）泵量以满足钻井液上返速度 0.1m/s~0.5m/s 为宜，条件允许时取大值。

（4）钻头接触井底后，在低钻压、低转速下（钻压 10 KN~30KN，转速 60r/min）跑合 0.5h 以上，造好井底形状后，方可逐步提高钻压和转速。

（5）应以钻头生产厂家推荐的钻压与转速的乘积为约束条件，不能同时使用最高钻压和最高转速。

5、取芯钻头选择

取心钻头可下表2—14选择。

表 2—14 取心钻头及适应性

钻头类型	适应性
硬质合金取心钻头	适用于软到中硬地层或胶结好的中硬至硬地层取心。
牙轮取心钻头	适用于均质的中硬至硬地层取心。
人造金刚石聚晶块取心钻头	适用于地层软硬变化频繁的井段取心。
表镶金刚石取心钻头	适用于均质的中硬至硬地层取心。
孕镶金刚石取心钻头	适用于硬至极硬地层取心。
复合片（PDC）取心钻头	适用于软到中硬地层取心。
三角聚晶取心钻头	适用于中硬到硬地层取心，能在 PDC 取心钻头与表镶金刚石取心钻头效果不理想的交界区域获得较好效果。
注：各类取心钻头直径一般有 75mm、76mm 、91mm、96mm 、110mm、122mm 、130mm、149mm、150mm、152mm、200mm、216mm、250mm、311mm 等，可根据需要选用或设计、制造其它外径的取心钻头。	

6、冲洗介质

（1）冲洗介质类型

冲洗介质类型与适用性见表表2—15。

表2—15冲洗介质类型与适用性一览表

冲洗介质类型			适用性
液体	清水		适于钻进完整、孔壁稳定地层。
	细分散泥浆		适于表层钻进、孔壁较稳定地层钻进。
	粗分散泥浆	钙处理泥浆	具有较好的抗盐、钙污染能力及对泥页岩水化具有较强抑制作用。钻进芒硝、石膏层宜用石膏泥浆。
		盐水泥浆	适于钻进含盐（NaCl）、碱（Na ₂ CO ₃ ）地层。
		钾基泥浆	适于钻进水敏性地层。
	不分散低固相（聚合物）泥浆		对地层适应性强，特别适于中硬地层钻进。
	无固相钻井液		适于稳定地层和一般的水敏性地层钻进。
	抗高温泥浆		适于钻进高温岩层。
	乳化泥浆		适于钻进含油地层、易漏地层，或提高泥浆润滑性。
	加重泥浆		井涌、井喷、水热爆炸时用于平衡钻进、压井。
气体	空气		适于钻进各类较稳定地层及干蒸气气储层。
气-液混合物	雾化气		空气钻进时钻遇湿地层，表面活性剂与水连同空气一同注入井内，以帮助岩屑分散。可用于钻进各类较稳定地层、干蒸气气储层。
	气水混合物		可用于钻进各类较稳定地层、漏失地层。分为清水+气正循环与气举反循环。气举反循环能有效保护热储层不被堵塞。
	泡沫		可用于钻进各类较稳定地层、漏失地层、干蒸气气储层。
	充气泡沫泥浆		将泡沫（或空气）随同钻井液注入井内，减轻孔底循环压力，减小孔底压持。可用于钻进各类较稳定地层、漏失地层。
	雾化泥浆		可用于钻进各类较稳定地层、漏失地层。

(2) 常规钻进冲洗液介质性能指标

常规钻进不同地层适用的冲洗介质性能指标可参见表2—16和表2—18。

表 2—16 常规冲洗介质性能指标

岩层性质	冲洗介质类型	钻井液性能指标				
		密度 g/cm ³	粘度 s	滤失量 ml/30min	pH 值	含砂量%
孔壁稳定的粘性土层、基岩层	清水、细分散泥浆或无固相钻井液	1.0~1.08	15~25	泥浆滤失量小于 23	泥浆 PH 值 8~10	小于 4
砂土层及粉、细、中、粗砂层	细分散泥浆	1.08~1.15	16~30	小于 20	8~10	小于 10
卵砾石、漂石	细分散泥浆	1.15~1.2	30~60	小于 20	8~10	小于 8

层						
流砂、涌水地层、坍塌掉块地层	加重泥浆	1.2~1.7	25~80	小于 15	8~10	小于 8
水敏地层	钾基泥浆、聚合物泥浆	1.08~1.2	20-30	小于 10	8~11	小于 4
漏失岩层	堵漏泥浆	1.03~1.08	20-30	小于 15	8~11	小于 8
	泡沫泥浆	小于 1	基浆 20-30	基浆小于 15	8~11	小于 4

表 2—17 常规冲洗介质性能指标

岩层性质	冲洗介质类型	空气与气-水混合物			
		密度 kg/m ³	上返速度 m/s	空气体积比%	备注
基岩层、孔壁较稳定的粘性土层	空气	1.29	15~25	100%	无水、干孔
	雾化气	1.8~2.3	15~25	99.95%	潮湿地层、捕尘
	泡沫	5	10	99.5%	孔壁较稳定地层、漏失地层
	气水混合物	100 以上	10	80%左右	漏失地层、热储层

7、直井井底水平位移

一般直井井底水平位移应符合表 2—18 要求。对有特殊要求的井，要在设计中说明，以设计要求为准。

表 2—18 直井井底水平位移要求

完钻井深 m	井底水平位移 m
≤1000	≤30
≤1500	≤40
≤2000	≤50
≤2500	≤65
≤3000	≤80
≤3500	≤100
≤4000	≤200

一般直井全角变化率应符合表 2—19 要求，对有特殊要求的井或井段，要

在设计中说明以设计要求为准。

表 2—19 直井井段每 30m 最大全角变化率

井段	井 深 m			
	1000	2000	3000	4000
≤1000	≤1° 40′	≤1° 15′	≤1° 15′	≤1°
>1000-2000		≤2° 10′	≤1° 40′	≤1° 15′
>2000-3000			≤2° 10′	≤2°
>3000-4000				≤2° 30′

8、管材的基本要求

- (1) 常用管材有石油套管、无缝钢管、螺旋和直缝高频焊管、PVC-U 塑料管。
- (2) 过滤管主要有桥式过滤管、梯形丝过滤管、贴砾过滤管、钻孔缠丝管、铣缝式 PVC-U 塑料管等。
- (3) 井深大于 1500m 或腐蚀性较强的地热井，宜选择石油套管；过滤管选择石油套管—缠丝（梯形丝）双层过滤管，不得使用单层桥式过滤管或梯形丝过滤管。
- (4) 井管连接主要有丝扣和焊接两种类型。推荐使用丝扣连接方式，焊接连接时，井深不易超过 1500m。
- (5) 对于基岩稳定地层可根据具体情况裸孔成井；对于破碎掉块地层必须下入井壁管或过滤管，过滤管可视情况选择钻孔式或条缝式等。
- (6) 泵室段井管直径应满足下入开采泵和测量的要求，深度应满足与开采量相应的动水位的要求。
- (7) 全井下管时，必须在底部有 15~30m 沉淀管。

9、填砾

- (1) 填砾主要适宜 1200m 以浅的地热井。当井深大于 1300m 时，宜采用贴砾过滤管或携砾过滤管。
- (2) 填砾时必须采用循环水填砾法。
- (3) 填砾必须人工缓慢投入，不允许同时向井内投入大量的滤料。出现

“架桥”时立即停止投砾，待循环正常和处理架桥后再进行填砾。

10、止水

(1) 1200m 以浅孔隙型地热井一般选用半干粘土球止水，粘土球可为球状或圆柱状，但最大尺寸不得超过井径和井管环空间隙的 1/2。

(2) 超过 1200m 的地热井可根据情况选用膨胀橡胶或膨胀橡胶—普通橡胶联合止水。止水位置应在最上部过滤器顶端，数量在 2 组~4 组。

(3) 裂隙岩溶型地热井一般采用水泥固井方法止水。

11、固井

(1) 表层套管固井时，水泥浆一般应返至地面，采用钻井泥浆泵即可完成。候凝时间不可小于 48h。

(2) 技术套管固井时，水泥浆返高应不低于 400m，套管重叠段宜用水泥封固严密。候凝 36h 要进行试压，压力不小于 3MPa，稳定时间不少于 10min。

(3) 水泥标号不宜小于普硅 P.O 42.5；当固井段深度大于 2000m，宜采用油井专用水泥。

(4) 水泥浆密度一般控制在 $1.75 \text{ g/cm}^3 \sim 1.80 \text{ g/cm}^3$ 。

(5) 井管内水泥塞高度宜控制在 10m~30m。

(6) 固井深度超过 1200m 时，最好采用专用水泥固井车和水泥浆储罐车，保证固井时的连续性。

十、地热钻探资料提交

地热钻探提交的资料主要有：

1、地热井完井报告。

2、地热井柱状图（包括成井结构）。

3、测井曲线。

4、测井解释资料，包括各层厚度与岩性、矿化度、渗透率、孔隙度、含水饱和度、含泥量、井温、井斜、井径等。

5、钻进录井各种记录。

6、岩心采取记录、送样记录、样品分析表等。

7、止水、固井、钻进、孔斜、简易水文观测、洗井等各种记录。

8、钻孔班报表。

第七节 地热井产能测试

地热井完井后应进行产能测试，包括降压试验、放喷试验和回灌试验等，各类地热勘探孔与开采（回灌）井都应进行测试，通过测试取得地热流体压力、产量、温度、采灌量比及热储层的渗透性等参数。

一、抽水试验设备

抽水设备有空压机、潜水泵等。温度超过 50℃ 时宜采用高温潜水泵。

二、低温热水井降压试验

依据勘查的需要，分为单井、多井和群井降压试验，我区由于多数项目属于预可行性勘查，只进行单井降压试验。

（一）抽水试验设备的选择及准备工作

根据洗井、试水情况，选择扬程、出水量、耐温度、功率等技术指标相适宜的水泵型号。检查观测水位、水量、水温等用品和工具，

工作人员必须明确试验的目的、方法，做好记录，并在现场绘制必要的草图。一切按预定方案执行，试验中发现问题及时纠正。

（二）单井抽水试验

抽水试验前需由专业部门制定抽水试验方案，其技术要求应满足勘查规范中单孔、多孔抽水试验要求，依据热储类型确定抽水试验的方法和试验要求，实施部门严格按照方案进行。

1、抽水试验方法：浅埋深的基岩裂隙性热储试水，尽量采用已有的热水井，必要时可施工少量的观测孔，做非稳定流抽水试验。对盆地型孔隙裂隙（第三系）热储和深埋深基岩裂隙（包括岩溶裂隙）型热储采用稳定流方法。

2、稳定流抽水试验：该方法通过涌水量及所对应的井中水位降深计算热储层水文地质参数，并通过抽水降深与其对应的涌水量关系，建立 $Q-f(S)$ 曲线方程，推算单井最大涌水量。

为确定 $Q-S$ 曲线形态，一般进行三次降深试验，反向抽水，先进行最大降深（ $S_3=S_{max}$ ）抽水试验，其后为中、小降深，降深比例分别为大降深的 2/3 和 1/3 左右。基于所有的勘探井均作为生产井，抽水试验延续时间比“规范”要求长些。小降深延续时间 12h，中降深延续时间 48h，最大一次降压的延续时间不

少于 168h, 若流体压力稳定较快, 可适当减少试验时间。观测水位每小时波动小于 5-8cm 视为稳定。

(三) 多井非稳定流抽水试验

指 1 个抽水孔带一个或多个观测孔的抽水试验。

多井试验资料除满足单井试验的各项要求外, 还应能确定降压影响半径、井间干扰系数等参数。该方法一般在地热田可行性勘查中采用, 可做稳定流或非稳定流抽水试验。

该类型的抽水试验应主要注意以下几点:

1、与常温水抽水试验不同, 为了评价单井稳定产量, 做非稳定流抽水试验也要进行 2~3 次降深抽水试验, 最大降深试验延续时间不小于 168 小时 (视具体情况在水温稳定情况下, 应满足两个对数周期), 中、小降深延续时间分别为 24、12 小时即可。

2、利用大降深试水资料进行热储层水文地质参数计算。中、小降深试水资料求取热水静水头。

3、抽水试验结束前, 必须取全分析水样一组。

4、最大降深试验结束, 立即进行水位恢复观测。恢复水位观测按非稳定流方法进行, 拐点出现后再观测 3-5 个数据即可结束, 但最好水位恢复观测时间与最大降深抽水延续时间一致。

5、抽水试验观测具体要求

(1) 抽水试验过程中, 要求水温、流量及主井和观测孔水位同步观测。抽水前准确观测水头埋深及静水水面温度。

(2) 稳定流观测时间为抽水开始后第 5、10、15、20、25、30、40、60、80、120min, 之后每小时观测一次。

(3) 非稳定流观测时间为抽水开始后第 1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、35、40、50、60、80、100、120min, 之后每 30min 观测一次。

(4) 水位观测单位为米, 数据精确到厘米。

(5) 流量和水温观测数据精确到十分位 (小数点后一位)。

5、资料整理

(1) 检查记录表, 对水位、水量、水温、观测时间等数据, 要进行审查、

校对，发现有误可根据情况进行修正，并誊清一份存档。

（2）静水（头）位埋深修正

抽水前测得的静水位埋深，是未开采前保持的静止水位埋深。即水温自上而下逐渐增高的水柱，它不能代表抽水状态下的静水位埋深，必须修正成抽水时上下形成统一热力场的热静水头埋深，才能与观测的水位埋深、水量、水温相匹配进行参数计算。校正公式参见第三章第二节。

（3）绘制抽水曲线图

涌水量历时曲线： $Q-t$ 曲线

降深历时曲线： $S-t$ 曲线

$S-lgt$ 曲线

$q-f(Q)$ 曲线及 $Q-f(h)$ 曲线

计算参数时所需要的相应曲线

（四）群井抽水试验：

群井抽水试验：指在同一热储内，在两个或两个以上地热井中同时进行的抽水试验，一般在地热田可行性勘查阶段或开采阶段中采用，结合地热资源开采方案进行。根据我区的地热勘查情况，在浅埋深的基岩构造裂隙热储中，利用已有的地热开采井或专门施工地热井，可进行群井抽水试验。做群井抽水试验应施工 1—2 个观测孔。

一般先做 1 个抽水井非稳定流抽水试验，另一个抽水井做观测孔，然后做群井一次最大降压的稳定流或非稳定流试验，降压试验流量尽量接近井的拟开采量，群井抽水试验延续时间不少于 240 h，水位恢复时间与抽水延续时间最好一致。试验资料要求能确定地热流体动力场的变化及其边界条件，为资源计算与评价、确定合理开采方案提供资料。

（五）抽水试验资料提交

抽水试验应提交一下资料：

- 1、静止水文观测记录。
- 2、洗井效果检查记录。
- 3、试抽记录
- 4、抽水试验原始记录。

- 5、抽水试验曲线。
- 6、抽水试验参数计算表。
- 7、抽水试验小结。
- 8、抽水试验验收单。

三、中、高温地热井放喷试验与地热回灌试验

由于在我区地热勘探中比较少，如果开展时，具体要求参照相应的规范要求进行。

四、地热流体与岩土试验分析

在地热井中必须按照“规范”要求及地热流体的用途，系统采取地热流体样和岩芯测试样。根据勘查实践，为了对比研究，除了在地热井中采取，还应在有代表性水井与泉水中采取。

（一）各类样品采取与测试项目的基本要求

1、地热流体全分析样：在全部地热井和代表性泉点均应采取，地热井的样品，应有外检样。

分析项目：主要阴离子（ HCO_3^{-1} 、 Cl^{-1} 、 SO_4^{-2} 、 CO_3^{-2} ）、阳离子（ K^{+1} 、 Na^{+1} 、 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} ）、微量元素和特殊组分（F、Br、I、 SiO_2 、B、Al、Pb、Cs、Fe、Mn、Li、Sr、Cu、Zn、 HBO_2 、 H_2SiO_3 等）、气体成分（ CO_2 、 H_2S ）放射性元素（U、Ra、Rn）及总 α 、总 β 放射性、pH值、溶解性总固体、硬度、耗氧量等。对温泉和浅埋热储应视情况增加污染指标如酚、氰等的分析,并根据不同用途增加相关分析项目。

2、气体分析：凡有气体逸出的地热井（泉）均应采取；中高温地热井应采用井下压力采样器取样。

分析项目：应尽可能包括： H_2S 、 CO_2 、 O_2 、 N_2 、CO、 NH_4 、 CH_4 、He、Ar等。

3、微量元素、放射性元素（U、Ra、Rn）、毒性成分的分析：在全部地热井和代表性泉点均应采取，地热井的样品，应有外检样。

4、同位素测试样

一般在地热流体、不同深度的地下水、地表水、大气降水分别采取。

（1） ^{13}C 、 ^{14}C 、 ^{34}S 应在地热流体中采取。

(2) T (H^3)、D (H^2) 和 O^{18} 在地热流体、不同深度的地下水、地表水、大气降水分别采取。

(二) 各类样品的取样方法及保存方法

各类样品的取样方法及保存方法依据《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010) 附录 B, 摘录如下。

1、原样流体样

(1) 分析项目: 测定流体中所有阴离子、绝大多数阳离子、硬度、碱度、固形物、消耗氧、pH 值及物理性质。

(2) 取样方法: 原样流体, 不加任何保护剂。

(3) 取样方法、容器及规格: 可采集在硬质细口磨口玻璃瓶(下称玻璃瓶)或没有添加剂的本色聚乙烯塑料瓶或桶(下称塑料桶)中, 采样体积 1500mL~2 000mL。可将瓶置于水面以下灌装或用塑料管或胶皮管引流至瓶中。瓶口应留出 10 mL 左右的空间, 然后将瓶盖密封。测定流体中 SiO_2 、B 的原样, 必须用塑料瓶采集, 体积 200mL。不添加任何保护剂。

2、酸化流体样

用于放射性元素与微量元素分析。

(1) 流体中 U、Ra 及微量元素测定:

以两个容积分别为 1500mL 和 500mL 的塑料桶采集流体样后, 在采样现场分别往流体样中加入 5mL 和 3mL (1+1) HCl, 摇匀、密封。

(2) 总 α 、总 β 测定:

用 2500mL~5000mL 塑料桶采样(视矿化度高低决定取样量), 每 1000mL 流体样中加入 (1+1) HCl 4mL。

3、碱化流体样:

用于测定酚、氰。

用 500mL 玻璃瓶, 在样品中加入 2g 固体氢氧化钠(NaOH), 摇匀, 使 pH > 11, 并尽量在低温条件下保存, 于 24h 内送检,

4、稀释流体样

中、高温地热井或显示点测定 SiO_2 的流体样, 为防止高浓度 SiO_2 的聚合或沉淀, 宜在取样现场将流体样用无硅蒸馏水作 1:10 的稀释处理, 采样体积

50mL~100mL, 瓶口密封。

5、浓缩萃取流体样

中、高温地热流体铝的分析样品宜野外萃取。萃取方法: 取 400mL 过滤后的流体样置入 500mL 的梨形分液漏斗中加 5mL、20% 浓度的盐酸羟胺 ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) 溶液, 使溶液中的 Fe^{3+} 变为 Fe^{2+} , 以避免对萃取的干扰。加入 15mL、1%浓度的邻菲罗啉 ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) 溶液, 如果样品中有 Fe^{2+} 则溶液变成红色 (邻菲罗啉亚铁), 摇匀静置 30min。加 5mL、1% 8-羟基喹啉 ($\text{C}_9\text{H}_7\text{NO}$), 测溶液的 pH 值, 滴加 (1+1) NH_4OH 调整溶液的 pH 值, 使由酸性到碱性, 并使处于 pH 值等于 8~8.5 之间, 这对铝的氰合物最稳定。滴入的 NH_4OH 可先浓后稀, 如滴入过量, 则再滴 HCl 将 pH 调节好。再加 20mL 甲基异丁基甲酮 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$), 摇匀萃取 1min, 静置, 使其充分分离后, 排去下层溶液, 将表层甲基异丁基甲酮溶液装入干燥小瓶密封, 代表浓缩了 20 倍的 Al 测定样品。

6、现场固定流体样

测定 H_2S (总硫) 的流体样, 用 50mL 玻璃瓶, 在样品中加入 10mL、20% 醋酸锌溶液和 1mL、1mol/L NaOH , 摇匀、密封。对 H_2S 含量较低的地热流体可适当加大取样量, 减少醋酸锌溶液加入量。

测定 Hg 的流体样, 可用 100mL 玻璃瓶或塑料瓶, 加入体积含量 1% HNO_3 和 0.01% 重铬酸钾, 摇匀、密封。

测定 Fe^{++} 的流体样需防止采样后氧化为 Fe^{+++} , 在 250mL 样瓶内先加入 1:1 H_2SO_4 2.5mL, 硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5g, 瓶口密封, 可保存 30 天。

7、测定 Rn 气流体样

用预先抽成真空的专用玻璃扩散器, 采样时将扩散器置于流体下 (至少将水平进口管置流体下), 打开水平进口的弹簧夹, 至流体被吸入 100mL 刻度时, 关闭弹簧夹, 记入取样月、日、时、分。如果没有专用扩散器, 可采用 500mL 玻璃瓶装满 (不留空隙) 密封, 同时记下取样的月、日、时、分, 立即送实验室测定。

8、气体样品

逸出气体试样的采取均利用排水集气法与普通玻璃瓶取样法, 具体取样方法见《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010) 附录 B。

9、卫生指标测定样

卫生指标测定一般只在浅埋深的带状热储地热井或温泉的地热流体中采取。

流体样要用经灭菌处理的 500mL 广口磨口玻璃瓶采取，采取时不需用流体样洗瓶，严防污染。采样后瓶内应略留有一定空间，及时密封，低温保存，并及时送往卫生防疫站检验。

10、同位素测定样

测定流体中放射性同位素 T (H^3) 的样品，用 500mL 玻璃瓶，取满流体样品，不留空隙，密封。

测定流体中稳定同位素 D (H^2) 和 O^{18} 的流体样，用 50mL~100mL 玻璃瓶或塑料瓶，取满样品，尽量在流体液面以下加盖密封，不留空隙。

测定流体中 ^{14}C 、 ^{13}C 需要专门制样。

第八节 动态监测

一、地热动态监测的基本要求

按照《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010) 的要求，动态监测应贯穿地热资源勘查、开采的全过程。拟投入勘查开采的地热田，应及早建立地热流体的动态监测系统，掌握地热流体的天然动态与开采动态。

二、地热动态监测的具体要求

我区地热勘查与开发刚刚起步，还没有建立动态监测体系。

1、主要受断裂构造控制呈带状分布的地热田

这类型地热田，有些开采历史较长，但均没有系列监测资料。

(1) 预可行性勘查阶段，应选择1~2个代表性地热井（泉）进行监测，了解地热田的天然动态规律；

(2) 可行性勘查阶段，应对地热田的各热储层分别设立2~3个动态监测点，了解地热田各热储的动态差异及其变化规律；

2、呈层状分布的盆地型地热田

对施工的探采结合的地热井进行监测。

三、监测内容、延续时间与观测频率的要求

1、各动态监测井应准确测定井口标高及井位坐标,各项动态监测资料应及时进行分析,有条件时存入数据库。

2、监测延续时间为一个水文年。

3、监测内容：地热流体压力、温度、地热流体天然流量（包括地热井的自流量）、地热流体化学成份。

4、监测频率：地热流体压力、温度监测宜每月 2~3 次；地热流体化学成份监测，宜每年 2 次。

5、对已投入开采的地热田，应系统调查热田开采量、回灌量与地热田热储压力的变化，为地热资源计算与评价提供依据。

动态监测表格参照表 2—20、表 2—21 表 2—22。

表 2—20 地热井动态监测记录表

[illegible]

--	--	--	--	--	--	--

表 2—21 温泉动态监测记录表

[illegible]

--	--	--	--	--	--	--

表 2—22 地热井（温泉）流体质量监测数据表

调查点编号		样品编号		室内编号			
取样日期		测试单位					
测试日期		取样深度		m		肉眼可见物	
透明度		色度				嗅	
味		水化学类型					
总硬度 (CaCO ₃)		永久硬度 (CaCO ₃)		暂时硬度 (CaCO ₃)			
负硬度 (CaCO ₃)		总酸度 (CaCO ₃)		总碱度 (CaCO ₃)			
溶解性总固体		矿化度		pH 值			
游离 CO ₂		侵蚀性 CO ₂		可溶性 CO ₂			
K ⁺		NH ₄ ⁺		Cu		Sr	
Na ⁺		Fe ²⁺		Pb		Ba	
Ca ²⁺		Fe ³⁺		Zn		U	
Mg ²⁺		NO ₃ ⁻		Cd		Ra	
Cl ⁻		NO ₂ ⁻		Mn		Th	
SO ₄ ²⁻		F ⁻		Ni		B	
CO ₃ ²⁻		HPO ₃		Co		Se	
HCO ₃ ⁻		H ₂ SiO ₃		Cr ⁶⁺		Mo	
HAsO ₃		SiO ₂		总 Cr		As	
O ₂		HBO ₂		V		Rn	
N ₂		CO		W		Rb	
NH ₄		CH ₄		Hg		Cs	
Ar		He		Br		Li	
H ₂ S		挥发酚		氰根		Al	
I		总 α		总 β		Ge	



www.docin.com