

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

a

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—XXXX

b

地热储层评价方法

Evaluating methods of geothermal reservoirs

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

c 文稿版次选择

d

—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX

国家能源局

发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 热储分类..... 1

4 不同勘查阶段热储评价要求..... 3

5 热储评价内容和方法..... 3

6 热储综合评价..... 5

7 热储评价成果..... 6

附录 A（资料性附录） 热储地质评价相关数据表..... 7



前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》给出的规定起草。

本标准由能源行业地热能专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院、中国石化集团新星石油有限责任公司、中国石油大学（北京）、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院、北京市地热研究院、天津地热勘查开发设计院、山东省地质矿产勘查开发局。

本标准主要起草人：张英 冯建赞 何治亮 周总瑛、鲍志东、杨永红、柯柏林、赵苏民、康凤新、李维然、李朋威。

本标准于2018年XX月XX日首次发布。



地热储层评价方法

1 范围

本标准规定了水热型地热储层（以下简称“热储”）的分类、评价要求、内容、方法和成果要求。
本标准适用于不同勘查阶段水热型地热资源热储的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 11615—2010 地热资源地质勘查规范
- DZ-T 0275.4—2015 岩矿鉴定技术规范第4部分岩石薄片鉴定
- SY/T 5165—2004 石油天然气地质编图规范及图式
- SY/T 5368—2016 岩石薄片鉴定

3 热储分类

3.1 热储温度分类

利用测井、出水温度、地热温标和地温梯度值等数据计算，获取热储的中部平均温度。热储温度类型划分见表 1。

表 1 热储温度类型

热储温度类型	温度 T ℃
高温热储	$T \geq 150$
中温热储	$150 > T \geq 90$
低温热储	$90 > T \geq 25$

3.2 热储岩性分类

热储岩性分为沉积岩、岩浆岩与变质岩三大类。根据地热流体赋存的岩石地层类型的研究程度，可进一步细分不同岩类的热储岩性。砂岩热储、碳酸盐岩热储、花岗岩热储、火山岩热储、变质岩热储等是常见的热储岩性类型。

3.3 热储储集空间类型分类

热储储集空间划分为孔隙、洞穴及裂缝等基本类型（表2）。常见孔隙、洞穴和裂缝复合型热储。

表 2 热储储集空间类型

热储集空间类型		孔隙长宽比	孔洞直径 D mm
孔洞	孔隙	1:1~<10:1	$D < 2$
	洞穴		$D \geq 2$
裂缝		$\geq 10:1$	

3.4 主要热储类型孔隙度分类见表3和表4。

表3 砂岩热储孔隙度类型

热储孔隙度类型	孔隙度 φ %
高孔	$\varphi \geq 25$
中孔	$25 > \varphi \geq 15$
低孔	$15 < \varphi$

表4 碳酸盐岩热储、花岗岩热储、火山岩热储和变质岩热储孔隙度类型

热储孔隙度类型	孔隙度 φ %
高孔	$\varphi \geq 5$
中孔	$5 > \varphi \geq 2$
低孔	$\varphi < 2$

3.5 主要热储类型渗透率分类见表5和表6。

表5 砂岩热储渗透率类型

热储渗透率类型	渗透率 K mD
高渗	$K \geq 500$
中渗	$500 > K \geq 100$
低渗	$K < 100$

表6 碳酸盐岩热储、花岗岩热储、火山岩热储和变质岩热储渗透率类型

热储渗透率类型	渗透率 K mD
高渗	$K \geq 100$
中渗	$100 > K \geq 10$
低渗	$K < 10$

3.6 热储厚度分类

利用野外测量、测录井、试井和地震资料解释等手段获取热储厚度数据，热储厚度类型分类见表7。

表 7 热储厚度类型

热储厚度类型	厚度 H m
厚层	$H \geq 100$
中等	$100 > H \geq 20$
薄层	$H < 20$

3.7 地热流体产量分类

利用抽水试验及邻区对比等手段获取热储的单井地热流体产量，单井地热流体产量分类见表 8。

表 8 单井地热流体产量

热储地热流体产量类型	最大单井地热流体产量 Q m^3/d
高产热储	$Q \geq 2400$
中产热储	$2400 > Q \geq 1200$
低产热储	$Q < 1200$

3.8 热储平面展布分类

按热储受地层岩性和断裂构造控制的平面展布特征，将热储分为层状热储和带状热储两大类。

4 不同勘查阶段热储评价要求

4.1 地热资源调查阶段

以地热远景区为评价对象，以明确热储类型和宏观分布为重点，利用地质、物探、化探、泉点、钻孔等资料，研究有利热储特征，指出有利热储可能分布区带，为地热资源远景评价和选择勘探方向提供依据。

4.2 地热资源预可行性勘查阶段

以地热系统或地热田为评价对象，以深入认识热储特征和分布为重点，利用地质、物探、钻探、产能测试等勘查成果，基本明确热储特征、成因类型与空间展布，确定有利热储分布区，为有利区带识别与评价提供依据。

4.3 地热资源可行性勘查阶段

以有利区带或区块为评价对象，主要利用详细的物探勘查、地热探采井等成果，详细开展微观尺度与宏观尺度相结合的热储特征研究及预测，为地热资源/储量评价、地热项目开发方案制定等提供依据。

4.4 地热资源开采阶段

以地热开发项目区为评价对象，结合地热项目的钻井、热储工程、动态监测与评价等工作，建立热储模型，开展热储参数评价研究，为开发方案调整和提高地热项目管理水平提供依据。

5 热储评价内容和方法

5.1 热储温度

利用单井测温获取的热储温度和地温梯度等参数，结合地热流体温度特征，研究热储温度场在横向及纵向上的变化特征。采用热储中部温度或热储温度的平均值作为热储温度。没有实测数据时，选用区域地温梯度或地热温标计算温度数据，推算热储温度。

5.2 热储岩石学特征

利用野外地质剖面、钻井地质剖面的地质描述和薄片鉴定相结合的方式确定热储的岩石类型和岩相变化。岩石学特征描述按照DZ/T 0275.4—2015和SY/T 5368—2016的规定执行。

5.3 热储储集空间特征

综合利用露头、岩心观察测井、地震以及铸体薄片、电子显微镜、压汞等分析资料，研究不同岩类储集空间类型、组合类型，进行孔、洞、缝的统计及描述，判断热储孔洞缝发育的有效性及其规模。碎屑岩主要研究原生孔隙、次生孔隙、裂缝及组合情况，碳酸盐岩、岩浆岩和变质岩主要研究孔、洞、缝类型及特征。

5.4 热储物性特征

结合岩心和野外露头观察结果、岩心样品实验室测量数据、测井解释数据、降压和放喷试验等资料，分析热储孔隙度、渗透率。结合岩心观察结果、录井资料、钻具放空长度、钻井液漏失数量和速度，判断缝洞发育情况。开展热储综合地质研究，确定热储孔隙度、渗透率、缝洞发育及其在横向、纵向上的变化特征。

5.5 热储热物性特征

以热储热物性试验数据为基础，研究热储比热容、热导率及其在横向、纵向上的变化特征。

5.6 热储产能测试

开展降压试验、放喷试验和回灌试验等，通过测试获得地热流体温度、产量、水位变化、采灌比及热储的渗透性等参数。具体要求按照GB/T 11615—2010执行。

5.7 热储发育主控因素

5.7.1 地热资源调查和预可行性勘查阶段

在分析研究区域地质构造背景基础上，针对沉积盆地、隆起山地、火山岩浆活动等构造单元区，重点研究热储构造的形成发育特征。

沉积岩热储应确定沉积环境，研究热储埋藏与隆升过程中发生的成岩作用，分析热储所处的成岩阶段、成岩共生序列和成岩历史，解释热储岩性及物性变化规律，研究不整合面、风化壳、古剥蚀面及构造裂缝对热储物性的影响。

岩浆岩热储应查明岩浆活动情况及其发育的地质时代；分析确定火山岩体或侵入体，确定有利火山岩及侵入岩岩相，研究其在埋藏及抬升过程中物理、化学条件变化对热储储集空间的改造和构造裂缝对热储储集性能的影响，明确有利热储的横向及纵向分布规律。

变质岩热储应研究区域不整合面导致的风化、淋滤作用和多期构造运动对裂缝形成和分布的影响，变质变形作用对构造面理的形成及改造过程，同时也要研究深部流体作用对热储储集空间的影响。

5.7.2 地热资源可行性勘查和开采阶段

针对沉积盆地、隆起山地、火山岩浆活动等不同构造单元区，详细研究热储构造的特征。

沉积岩热储应开展沉积体系和成岩作用研究。沉积体系研究应确定热储沉积相类型，分析沉积相与热储物性的关系，确定有利沉积相。碳酸盐岩进行成岩阶段和成岩环境划分，评价各种成岩作用对不同孔隙形成、发育和消亡的影响，确定成岩次序与孔隙演化的关系。

岩浆岩热储应首先开展岩浆旋回、期次和地质时代研究，之后进行岩相划分、岩相空间分布预测、岩相和储集条件关系研究，确定有利岩相，最后进行后生改造作用研究，确定有利的后生改造作用类型。

变质岩热储研究区域不整合面导致的风化、淋滤作用产生的次生孔隙，多期构造运动产生的改造裂隙，深部流体对储集空间的影响，确定变质岩古潜山储集体分布特征。

5.8 热储描述与分布预测

5.8.1 地热资源调查阶段

在野外剖面、钻井地质剖面上确定热储集中分布的地层层段或热储地质体部位，应精确到组、段级地层。

钻孔控制、主干地震剖面或电法剖面反演预测热储。解释热储顶、底界面深度的起伏变化，建立热储分布格架。重力、磁力、电性和地震资料联合反演预测热储空间分布和储集性能的变化。预测热储中部温度及地温场特征。

5.8.2 地热资源预可行性勘查阶段

根据沉积相图或岩浆岩相图预测有利储集体几何形态与分布。

根据钻井、地震资料联合编制热储等厚度图。

根据岩心分析、测井解释、井震标定、热储反演，确定热储物性分布。

根据区域地温场资料和钻井测温资料，编制热储中部温度等值线图等图件。

5.8.3 地热资源可行性勘查阶段

结合区域地质概况、地层划分、构造演化、岩浆发育、地温场演化、水文地质特征等，进行单井岩性、岩相、热储储集空间、成岩作用、裂缝发育特征、物性、热物性、非均质性等描述。

根据井震标定、地震资料进行热储反演，进行评价区热储空间展布预测。

编制热储中部温度等值线图和热储地温梯度等值线图。

编制热储所在的地层或岩体的平面及空间分布预测图、热储平面及空间分布预测图。

建立热储地质模型。

5.8.4 地热资源开采阶段

以钻井资料为主确定构造图并核实断块划分，全区地层对比、沉积相研究。

编制分层（段）储盖组合分布图，建立热储数据库，形成热储三维地质模型。

综合开采与回灌动态资料，进行热储参数动态精细评价、地热流体产能历史拟合与预测评价。

6 热储综合评价

6.1 选择热储评价参数

利用地质统计法从反映热储特征的大量参数中，选定参与热储分类评价的主要参数和辅助参数。主要参数为热储温度，热储物性（孔隙度、渗透率），热储产能。辅助参数为孔隙结构（孔隙与裂缝的不同组合类型）、储层的非均质性（即层内非均质性、层间非均质性和平面非均质性）、热储厚度、热储

占地层厚度的比例。

6.2 进行单井热储评价

在单井上取得热储相关参数，按照其特征进行热储分类和评价。

6.3 建立热储概念模型

在进行单井热储评价的基础上，应用多井钻井和地震资料进行热储平面分布分析，并建立热储概念模型。钻井较少时应用热储对比剖面对比横向变化，建立热储二维地质模型。条件具备时应做热储厚度平面图，建立热储三维地质模型。

6.4 进行分区块、分层段的热储综合评价

包括储集体的分布范围、厚度以及横向上的可对比性，岩性、岩相、储层物性、热物性、孔隙结构、非均质性、温度、地热流体产能等，确定有利热储分布。

7 热储评价成果

7.1 评价报告

热储评价报告应包括以下主要内容：

- a) 热储发育地质背景及勘探程度介绍；
- b) 热储各项评价内容详细描述；
- c) 热储综合评价结果与分类。

7.2 附图

应附以下图件，并按照 SY/T 5615—2004 规定的格式编绘：

- a) 热储综合评价综合柱状图，包括热储厚度、温度、岩石学、储集空间类型、岩石物性、岩石热物性等信息；
- b) 热储特征横向对比剖面图；
- c) 热储顶面埋深等值线图；
- d) 热储参数（中部温度、孔隙度、渗透率、厚度、单井地热流体产量等）等值线图；
- e) 热储地温梯度等值线图
- f) 热储综合评价图。

7.3 附表

应附以下表格，格式参见附录 A：

- a) 热储地质评价基础数据表；
- b) 热储地质评价关键参数表。

附 录 A
(资料性附录)
热储地质评价相关数据表

A.1 热储地质评价基础数据表

热储地质评价基础数据表格式见表 A.1。

表 A.1 热储地质评价基础数据表

构造单元		
目的层系/地质体		
岩石学特征	岩石名称	
	主要矿物成分及百分含量	
	成岩作用、沉积构造、特殊岩石组构特征等	
岩相特征	岩相类型	
	岩相分布及演化特征	
分布特征	热储单层及累计厚度	
	横向分布范围和纵向厚度变化特点	
	热储顶底板埋深特征	
储集空间特征	宏观孔洞缝发育特征	
	微观裂缝发育特征	
	微观孔隙结构特征	
储集物性特征	孔隙度大小及其横向和纵向变化特征	
	渗透率大小及其横向和纵向变化特征	
地热流体特征	地热流体产量, m^3/h 或 m^3/d	
	地热流体温度, $^{\circ}\text{C}$	
热物性特征	比热容大小及其横向和纵向变化特征	
	热导率大小及其横向和纵向变化特征	
地温场特征	大地热流值, mW/m^2	
	盖层地温梯度, $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 或 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$	
	热储地温梯度, $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 或 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$	
	热储温度, $^{\circ}\text{C}$	

A.2 热储地质评价关键参数表

热储地质评价关键参数表格式见表 A.2。

表 A.2 热储地质评价关键参数表

构造单元	
目的层系/地质体	
热储中部温度，℃	
孔隙度，%	
渗透率，mD	
热储厚度，m	
热储厚度占地层厚度的比例（%）	
单井地热流体产量，m ³ /h 或 m ³ /d	

