

文章编号: 1001-1986(2008)06-0012-05

北京平原区寒武系奥陶系钻井地层时代划分方法

柯柏林^{1,2}

- (1. 北京市地质勘察技术院, 北京 102218;
2. 北京市华清地热开发有限责任公司, 北京 102218)

摘要: 针对无岩心水井钻探地层时代划分的困难, 通过对北京市平原区寒武系和奥陶系层型剖面标志特征的分析, 识别了岩石地层单位的分层标志特征; 介绍了钻井岩屑地质编录的基本技术要求; 分析了岩石地层单位地球物理测井的物性标志特征。阐明, 通过岩屑地质编录结合物探测井能够较好地平原区钻井进行地层时代划分。

关键词: 寒武系; 奥陶系; 无岩心钻进; 地层时代划分; 地球物理测井
中图分类号: P624.5 **文献标识码:** A

Discussion on division of Cambrian and Ordovician strata on well drilling in Beijing plain area

KE Bai-lin^{1,2}

- (1. *Beijing Institute of Geo-exploration and Technology, Beijing 102218, China;*
2. *Beijing Huaqing Geothermal Development Co., Ltd, Beijing 102218, China*)

Abstract: Because of the difficulties in the division of strata on plug drilling, this paper based on the analysis of characteristics of profile symbol of the Cambrian and Ordovician in Beijing plain area identified the delaminating features of the rock stratum units, introduced the basic requirements of geological record of cuttings, analyzed the geophysical characteristics of geo-physical logging of rock stratum units. Finally, it is indicated that the technique of cuttings' geological record with geophysical logging can solve strata division in plain area.

Key words: Cambrian; Ordovician; plug drilling; division of formation times; geophysical logging

随着城市规模和经济的快速发展, 为解决供水和开发利用地热清洁能源, 北京市平原区钻探了数千 m 深的冷、热水井数百眼, 积累了大量钻井地质资料, 对推动基础地质和城市地质研究起到了重要的作用。钻进过程中及时准确地识别所钻遇地层的岩性和时代, 对指导钻进工艺和成井工艺能起重要作用。然而, 为提高钻井效率, 钻探几乎采用全面钻进的方法, 因此依靠岩屑地质录井准确划分地层时代非常困难^[1]。作者曾对北京上古生界石炭系和二叠系钻井地层时代划分方法进行了研究^[2], 本文以北京地区的地层时代特征为例, 对平原区钻井揭露的下古生界寒武系和奥陶系地层时代划分方法进行探讨。

1 层型剖面标志特征

1.1 地层系统划分

按北京岩石地层单位划分, 下古生界奥陶系和

寒武系划分为昌平组($\in \hat{c}$)、馒头组($\in_m$)、张夏组($\in \hat{z}$)、炒米店组($\in \hat{c}_m$)、冶里组(O_y)、亮甲山组(O_l)及马家沟组(O_m)^[3]。寒武系下统昌平组下伏与上元古界青白口系景儿峪组(Q_{nj})呈平行不整合接触, 缺失震旦系(Z)地层。奥陶系中统马家沟组上覆与石炭系中统太原组(C_l)呈平行整合接触, 缺失奥陶系上统(O_3)、志留系(S)、泥盆系(D)和石炭系下统(C_1)地层(表 1)。

表 1 北京地区下古生界岩石地层单位划分
Table 1 Division of Lower Paleozoic strata in Beijing area

界	系/统	组
上古生界	石炭系	C_2 太原组(C_l)
	奥陶系	O_2 马家沟组(O_m)
		O_1 亮甲山组(O_l)
		冶里组(O_y)
下古生界		$\in_3$ 炒米店组($\in \hat{c}_m$)
	寒武系	$\in \hat{z}$ 张夏组($\in \hat{z}$)
		$\in_m$ 馒头组($\in_m$)
		$\in \hat{c}$ 昌平组($\in \hat{c}$)
上元古界	青白口系(Q_n)	景儿峪组(Q_{nj})

收稿日期: 2008-03-26

作者简介: 柯柏林(1965—), 男, 河北怀来人, 高级工程师, 从事水文地质及地热资源勘查和研究工作。

1.2 寒武系(ϵ)^[3-4]

1.2.1 昌平组(ϵ_c)

昌平组主要是灰色、深灰色厚层至块状豹斑状灰岩和细晶灰岩,顶部和底部发育白云岩和白云质灰岩。豹斑状灰岩是昌平组的标志特征。豹斑状是岩石风化面的宏观构造特征,钻井岩屑一般不能反映出豹斑特征,需要借助薄片岩矿鉴定分析。

昌平组与下伏青白口系景儿峪组为平行不整合接触,古风化壳不发育。昌平组底部普遍发育1~3 m土黄色含砾屑、砂屑的泥晶白云岩或角砾状白云岩,砂粒含量30%~40%;景儿峪组为浅灰、紫红、蛋青、黄绿色等杂色泥质灰岩,岩性比较单一,杂色是特征标志,与昌平组灰岩颜色差异明显。在遭受区域变质作用的地区,地热钻井揭露景儿峪组泥灰岩退色变质作用较强,颜色呈灰、灰白、淡灰绿色,岩石部分变质为板岩和大理岩。

区域上,昌平组出露厚度13.5~95 m,一般厚度50~70 m。

1.2.2 馒头组(ϵ_m)

馒头组主要以紫红色页岩、粉砂质页岩、粉砂岩夹白云岩为特征,一般由7~8个碳酸盐岩与页岩、粉砂岩韵律层组成。紫红色是馒头组的标志特征,与上、下层位颜色差别明显。在遭受区域变质作用的地区,地热钻井揭露部分页岩变质成了板岩,由于新生变质矿物硬绿泥石含量较高,岩石颜色为灰色、紫灰色、绿灰色。

馒头组与下伏昌平组为平行不整合接触,底部普遍发育土黄色角砾状白云岩、角砾状灰岩或风化壳砾岩、角砾岩。

区域上,馒头组出露厚度50~146 m,一般厚度120 m左右。

1.2.3 张夏组(ϵ_z)

张夏组以发育鲕粒灰岩为标志。下部为中-厚层灰色、深灰色鲕粒灰岩、条带状灰岩夹薄层灰绿色粉砂岩;中部为薄层灰绿色粉砂岩、泥质灰岩与鲕粒灰岩互层;上部为深灰色厚层鲕粒灰岩夹泥质条带灰岩和少量粉砂岩。在遭受区域变质作用的地区,地热钻井揭露鲕粒灰岩受重结晶变质作用影响,大部分地层鲕粒的轮廓形态已难以辨认,鲕粒灰岩变质为浅颜色的结晶灰岩,粉砂岩变质为浅灰绿色板岩。

张夏组与下伏馒头组为整合接触,以灰紫色鲕粒灰岩的出现作为张夏组的底界。

区域上,张夏组出露厚度194~222 m,一般厚

度200 m左右。

1.2.4 炒米店组(ϵ_{cm})

炒米店组以发育竹叶状灰岩为特征。下部为灰色、黄灰色中-薄层泥质条带灰岩夹竹叶状灰岩和少量鲕粒灰岩;中部为薄层灰绿色钙质粉砂岩、泥岩与泥质条带灰岩和竹叶状灰岩互层;上部为灰色、深灰色中-薄层泥质条带灰岩与竹叶状灰岩互层。地热钻井揭露该组泥质类灰岩遭受区域变质作用后颜色变浅,浅灰色、灰白色结晶灰岩发育。

炒米店组与下伏张夏组为整合接触,以深灰色厚层鲕粒灰岩结束,出现灰、黄、绿等杂色泥质条带灰岩、竹叶状灰岩作为炒米店组的底界。

区域上,炒米店组出露厚度147~244 m,一般厚度200 m左右。

1.3 奥陶系(O)^[3-4]

1.3.1 冶里组(O_y)

冶里组以粉晶、泥晶灰岩为主,颜色整体呈深灰色、灰黑色。下部为深灰色、灰色厚-巨厚层含云斑(豹斑状)泥晶-粉晶灰岩;中-上部为深灰色、灰黑色中-厚层含泥质条带、泥质条纹粉晶、泥晶灰岩夹竹叶状灰岩和黄绿色钙质页岩。灰黑色和钙质页岩夹层是冶里组的标志。

冶里组与下伏炒米店组为整合接触,以厚层含云斑灰岩出现与炒米店组薄层泥质条带灰岩为界。

区域上,冶里组出露厚度91~98 m,一般厚度90 m左右。

1.3.2 亮甲山组(O_l)

亮甲山组以发育燧石团块、燧石结核为特征。下部为灰黑色中-厚层泥晶灰岩、粉晶灰岩,含有燧石团块(结核)、泥纹、泥质条带,夹有少量页岩;中-上部为浅灰、黄灰及灰黑-深灰色中层含燧石团块白云岩,夹有白云质灰岩。燧石团块具有多色特征,有黑色、黄色、白色、玫瑰色、烟色、灰色等。

亮甲山组与下伏冶里组为整合接触,以灰黑色巨厚层含燧石团块白云质灰岩出现与冶里组灰黑色含泥质纹层灰岩、页岩为界。

区域上,亮甲山组出露厚度170~330 m,一般厚度200 m左右。

1.3.3 马家沟组(O_m)

马家沟组为一套灰岩和白云岩类地层,岩性比较复杂,但岩性在区域上比较稳定。主要为灰色、深灰色、灰黑色厚-巨厚层泥晶灰岩、花斑状、豹斑

状灰岩、泥质条带灰岩、白云质灰岩和灰质白云岩,夹少量钙质页岩,底部普遍发育准同生角砾状灰岩。

马家沟组与下伏亮甲山组为平行不整合接触。马家沟组底部一般发育厚 2~4 m 的土黄色含陆源碎屑泥晶白云岩,亮甲山组顶部岩性为深灰色灰质白云岩。

马家沟组上覆与石炭系太原组平行不整合接触。在马家沟组灰岩风化剥蚀面之上一般发育有太原组的底砾岩和(或)铁铝质岩(相当于山西式铁矿和 G 层铝土)。底砾岩的砾石成分以石英岩为主(约占 70%),次为燧石和硅质灰岩。铝土矿富集铀($10.08 \times 10^{-6} \text{ g/g}$)和钍($34.4 \times 10^{-6} \text{ g/g}$)放射性元素^[5]。

区域上,马家沟组出露厚度 300~498 m,一般厚度 400 m 左右。

2 钻井岩屑地质编录

2.1 岩屑地质编录

地热井、水井广泛采用全面钻进方法钻进,地层岩石由于牙轮钻头的刻磨,随钻井液携带出地表的岩石一般呈几 mm 的岩屑,准确识别岩屑的岩性比较困难。地质录井人员除要具备丰富的地质基础知识和实践经验外,对难以肉眼识别的岩性需要取样进行显微镜岩矿鉴定。岩屑录井的基本技术方法有样品采集整理、岩屑描述内容、岩屑描述的注意事项、岩性分层原则、岩屑上返迟到时间的计算^[6]。并尽可能粘贴岩屑实物剖面^[1]。一般要求岩性描述达到 2 m 精度,遇有特殊岩性要加密取样描述。岩屑样品中一般或多或少混有上部井段地层的岩石,不能完全代表取样深度的岩性,从而将混入的岩屑准确剔除是非常重要的。

2.2 岩石组合归纳

钻探过程中要根据岩性描述记录绘制比例尺为 1/500 的地层岩性柱状图,有条件时应粘贴岩屑实物剖面,便于直观分析归纳岩石组合规律并与地球物理测井曲线对比。钻探进尺到一定深度后要进行岩石组合的归纳,形成按地层特征规律描述的表格记录。实际钻井岩屑地质编录经验表明,根据岩石组合、分层界面岩性、厚度、颜色等标志,基本上可大概确定寒武系和奥陶系各岩石地层单位(组)的分层界线。

3 地球物理测井解释

为了弥补岩屑地质录井资料所反映客观岩石地

层的不足,以及岩屑上返迟到时间难以准确计量和控制,同时为了取得含水层特征和岩石地层的物性资料,地热井、水井一般均要进行地球物理测井。常规的测井项目一般包括视电阻率、自然伽马、自然电位、井斜及井温等。钻井实践中,利用视电阻率和自然伽马曲线与岩屑地质录井资料对比能较好地对应地层时代进行划分,尤其对确定岩石地层单位的分层界面具有较高的准确性。对于遭受区域变质作用较强的地层,一般变质岩的电阻率较沉积岩的会增大,层型剖面地层时代的岩性差异产生的测井视电阻率差异会降低,从而导致依靠视电阻率测井曲线分层的困难。由于岩石中的放射性元素随变质作用迁移很弱,依靠自然伽马曲线地质分层效果更好。自然伽马曲线的标志层在一定沉积环境相近的区域上对比性较好^[7-8]。

图 1 为北京门头沟区某地热井的地球物理测井曲线解释成果。由于寒武纪和奥陶纪时期区域沉积环境变化不大,该井的测井曲线特征与北京其它地区基本一致,对寒武系和奥陶系具有较好的代表性。

a. 昌平组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈低值特征,幅值变化很小,平均 8 API 左右,反映了昌平组主要为低放射性灰岩的岩石组合特征。由于昌平组与馒头组不整合接触,沉积间断的地质历史时期有利于岩溶作用,溶洞、裂隙极为发育,受低视电阻率地下水的影响,视电阻率曲线幅值相对较低。

上元古界界儿峪组顶部泥灰岩自然伽马曲线较昌平组呈相对高值特征,差异十分明显。昌平组底界测井曲线标志为自然伽马曲线由低向高变化异常半幅值点的深度。

b. 馒头组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈高值特征,幅值变化相对较大,20~130 API,反映了馒头组为高放射性泥岩夹低放射性灰岩、白云岩的岩石组合特征。馒头组视电阻率表现为相对低阻特征,是低电阻率泥岩地层特征的反映。

昌平组为低放射性灰岩,馒头组底界测井曲线标志为自然伽马曲线由低向高变化异常半幅值点的深度。

c. 张夏组测井曲线特征

自然伽马曲线中-下部总体呈中值特征,上部呈低值特征,幅值变化相对较大,8~90 API,反映了张夏组中-下部主要为低放射性鲕粒灰岩、灰岩与相对高放射性粉砂岩呈夹层或互层,上部主要为厚层

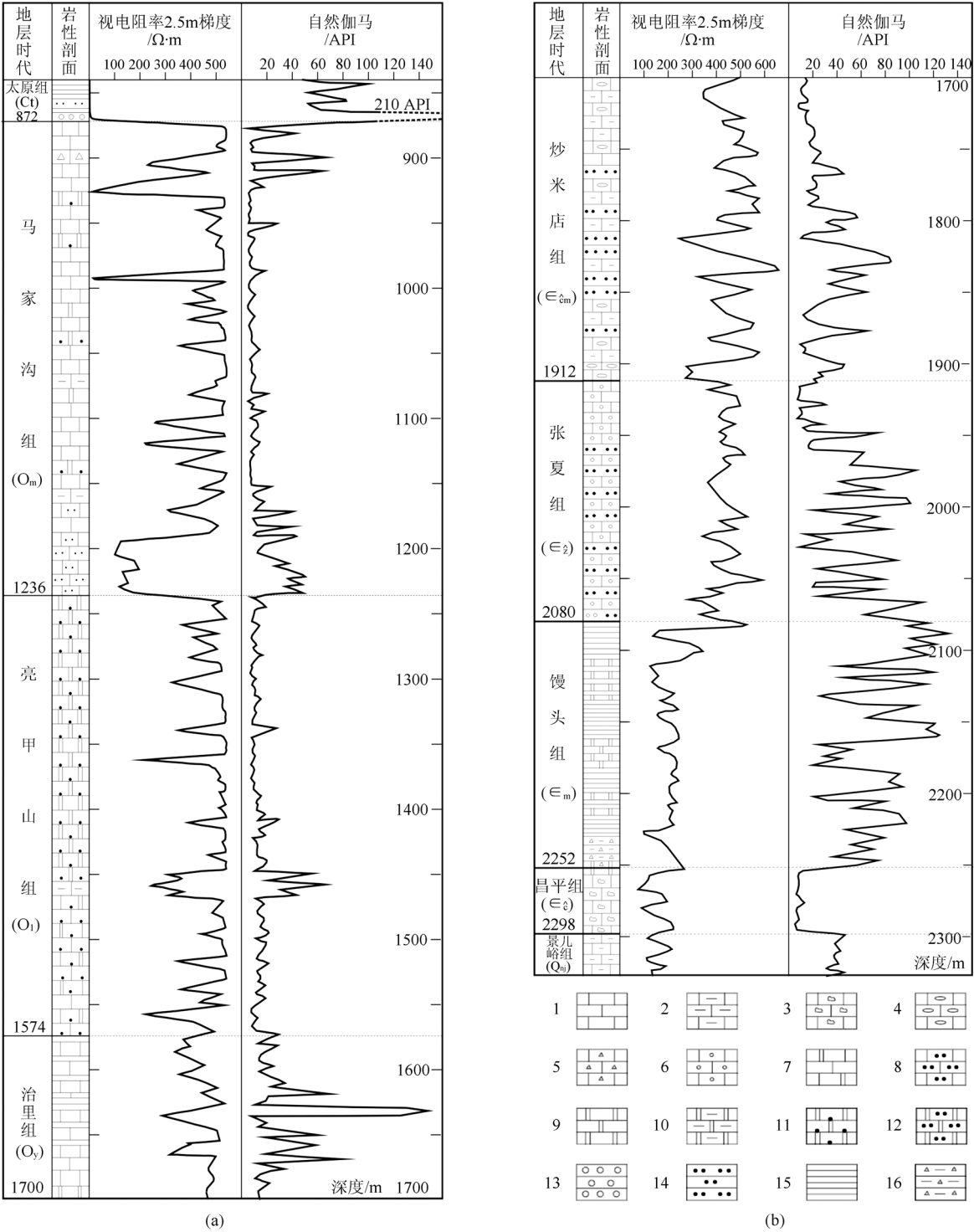


图 1 物探测井曲线解释成果图

Fig.1 Explanation results of geophysical logging curves

a— $\phi 311$ mm 孔径; b— $\phi 216$ mm 孔径

1—灰岩; 2—泥质灰岩; 3—豹斑状灰岩; 4—竹叶状灰岩; 5—角砾状灰岩; 6—鲕粒灰岩; 7—白云质灰岩; 8—砂质灰岩; 9—白云岩; 10—泥质白云岩; 11—含缝石结核白云岩; 12—砂质白云岩; 13—砾岩; 14—粉砂岩; 15—页岩; 16—泥质角砾岩

鲕粒灰岩的岩石组合。视电阻率曲线总体呈中-高阻特征，峰、谷差异变化相对较小，是高电阻率灰岩类地层特征的反映。

张夏组底界测井曲线标志为：视电阻率曲线慢

头组顶界呈低阻，张夏组底界呈高阻，差异十分明显；自然伽马曲线呈由高向低渐变过渡，馒头组顶部为厚层泥岩高放射性特征，张夏组底部为薄层粉砂岩与灰岩中等放射性特征。

d. 炒米店组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈中部高两端低的曲线形态特征,自然伽马值 10~80 API,反映了炒米店组地层中部高放射性粉砂岩含量高与上、下部低放射性泥质类灰岩含量高的岩石组合特征;视电阻率曲线总体呈中-高阻特征,峰、谷差异变化相对较大,是炒米店组泥质类灰岩岩性杂、变化大的反映。

炒米店组底界测井曲线标志为:视电阻率曲线张夏组顶界呈高阻,炒米店组底界呈相对低阻,差异比较明显。自然伽马曲线由低向高变化,张夏组顶部厚层鲕粒灰岩为低放射性曲线特征,炒米店组底部泥、砂质类灰岩为相对高放射性曲线特征。

e. 冶里组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈尖锯齿状变化的低值特征,自然伽马值 8~80 API 左右,反映了冶里组主要为低放射性灰岩夹薄层高放射性页岩的岩石组合特征;视电阻率曲线总体呈中-高阻特征,峰、谷差异变化较大,视电阻率低值部分是页岩夹层的反映。

冶里组底部与炒米店组顶部岩层的物性特征相近,测井曲线分界特征不明显,相对炒米店组顶部的自然伽马曲线幅值较冶里组底部稍高一些。

f. 亮甲山组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈低值特征,曲线幅值变化很小,上部白云岩段较下部灰岩段放射性幅值稍低,幅值 7~20 API,反映了亮甲山组主要为低放射性灰岩、白云岩的岩石组合特征;视电阻率曲线总体呈高阻,峰、谷差异变化相对较小,是主体高阻灰岩、白云岩地层特征的反映。

亮甲山组与冶里组顶部岩层的物性特征相近,测井曲线分界特征不明显,冶里组顶部含有页岩夹层,相对冶里组顶部自然伽马曲线幅值较亮甲山组底部稍高一些。

g. 马家沟组测井曲线特征

自然伽马曲线总体呈低值特征,曲线幅值变化很小,7~20 API,反映了马家沟组主要为低放射性灰岩、白云岩的岩石组合特征;视电阻率曲线总体呈高阻特征,峰、谷差异变化相对较大,是主体高

视电阻率灰岩、白云岩地层以及相对低视电阻率岩溶裂隙发育特征的反映。

马家沟组底部泥、砂质陆源碎屑含量较高,呈相对高放射性、低视电阻率特征,分层标志比较明显。

马家沟组顶部高视电阻率、低放射性与石炭系太原组低视电阻率、高放射性标志层非常明显^[2]。

4 结语

全面钻进方法大大提高了钻井工程项目的效率,但由于缺乏地层岩心样品,准确识别地层岩性和划分地层时代非常困难。全面钻进方法钻井划分地层时代,需要首先熟悉钻井区域地层层型剖面的标志特征,在认真进行岩屑地质录井的基础上,再结合地球物理测井资料划分地层时代,能够较准确地卡准地层界面的深度。通过研究分析建立的地层测井曲线标志特征,对指导其它类似地层条件钻井地层划分和研究测井地层学规律具有重要的作用。在总结研究北京地区多眼地热钻井揭露的寒武系和奥陶系测井资料的基础上,发现测井曲线的地层标志特征是基本一致的,测井曲线标志层具有较好的区域对比性。

参考文献

- [1] 柯柏林. 水井钻探岩屑地质编录方法探讨[J]. 城市地质, 2007, 2(4): 33-36.
- [2] 柯柏林. 北京石炭系二叠系钻井地层时代划分探讨[J]. 地质与勘探, 2008, 44(3): 91-94.
- [3] 北京市地质矿产局. 北京市岩石地层[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1996.
- [4] 北京市地质矿产局. 北京市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [5] 阎敦实, 于英太. 京津冀油区地热资源评价与利用[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2000.
- [6] 胡凌志, 郑国海. 地热井钻进岩屑录井技术方法探讨[J]. 城市地质, 2007, 2(3): 48-50.
- [7] 王惠廉. 综合地球物理测井[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [8] 尉中良, 邹长春. 地球物理测井[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [9] 李世忠. 钻探工艺学: 下册[M]. 北京: 地质出版社, 2005.