

钻探—物探测井技术在覆盖区填图中的应用研究

谭春亮, 宋殿兰, 岳永东, 王 森, 林广利

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要: 钻探作为获取深部地质信息的最直接手段, 可查明第四纪地层序列, 确定基岩顶面埋深与起伏、验证推测模型、研究地质构造、圈定地质体间的重要接触关系, 服务于覆盖区填图。物探测井是一种科学有效的井内探测手段, 利用特定的岩性或岩性组合对应着特定的测井参数组合的特点, 利用测井参数组合可识别地层的岩性、确定地层的深度与厚度, 可进行地层划分对比等。钻探—物探测井技术的综合利用, 将提高覆盖区勘探效率, 降低勘探成本, 为下一步开展的覆盖区填图工作提供技术方法支撑。

关键词: 覆盖区; 地质填图; 浅层钻探; 物探测井

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2018)07-0044-04

Application Research on Drilling-Geophysical Logging for Geological Mapping of Overburden Area/TAN Chun-liang, SONG Dian-lan, YUE Yong-dong, WANG Sen, LIN Guang-li (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Drilling is the most direct means to obtain deep geological information, which can identify the sequence of Quaternary strata, determine the depth and fluctuation of the top surface of the bedrock, verify the speculating model, study the geological structure, delineate the important contact relation between geological bodies and serve the geological mapping of overburden area. Geophysical logging is a scientific and effective means of well detection. Based on the characteristics of specific lithology or lithological association corresponding to specific logging parameter combination, the formation lithology can be identified, the depth and thickness of the stratum can be determined and the stratigraphy subdivision and correlation can be preceded by using logging parameters. The comprehensive utilization of drilling-geophysical logging technology will improve the exploration efficiency in overburden area and reduce exploration cost and provide technical support for the geological mapping of overburden area in the next step.

Key words: overburden area; geological mapping; shallow drilling; geophysical logging

0 引言

随着经济社会和城市化的快速发展, 向覆盖区要资源、向地下要空间已经被提上发展日程。地质填图是地质工作中具有战略意义的综合性基础工作, 是一切地质工作的先行, 已完成的 1:5 万区域地质调查主要部署在基岩出露区, 对于广袤草原荒漠区、森林沼泽区等第四系覆盖区的地质填图, 因实施手段或表达方式难度较大还较少涉及。按照中国地质调查局编制的《1:5 万覆盖区区域地质调查工作指南》, 覆盖区是指第四纪堆积物连续分布且覆盖面积占图幅面积 50% 以上的地区, 其中覆盖层厚度 < 200 m 的称为浅覆盖区^[1]。浅覆盖区主要分布于第四纪盆地边缘、山间盆地、河网汇聚地等特殊地貌区^[2], 多为矿产资源富集、自然环境脆弱、科学

问题汇交的地区。同时, 这些区域多位于中、小城市地区及大城市边缘, 因此, 开展浅覆盖区填图既是能源资源调查的发展需求, 也是生态文明建设的发展需求。钻探作为获取深部地质信息的最直接手段, 可为覆盖区填制地质图与基岩地质图提供准确的地质与矿产信息。区别于矿产钻探, 覆盖区填图钻探有其自身特点: 第一, 以第四系、松散层钻进为主, 以基岩为目的层; 第二, 工区面积大, 孔位多。如我所承担的中国地质调查局二级项目“内蒙古中东部荒漠草原浅覆盖区 1:5 万填图试点”填图面积为 4531 km², 布设钻孔近 300 个; 第三, 钻孔多位于农牧区, 绿色勘探尤为重要。如何满足覆盖区填图需要, 形成一套既有效又经济的技术方法组合是一个新的研究课题。

收稿日期: 2018-01-18

基金项目: 中国地质调查局项目“内蒙古中东部荒漠草原浅覆盖区 1:5 万填图试点”(编号: DD20160062)

作者简介: 谭春亮, 男, 汉族, 1979 年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 硕士, 从事岩土工程勘查、钻探技术的研究与应用工作, 北京市海淀区学院路 29 号探工楼 206 室, bjtan1979@163.com。

1 技术方法研究

1.1 钻探在覆盖区地质填图中能解决的问题

钻探作为覆盖区填图工作中的一种重要技术手段,在填图中能解决的问题可归纳如下。

(1)调查第四系三维地质结构,通过获取第四系或覆盖层岩心,建立起覆盖层基本序列,进行地层划分对比。

(2)确定基岩顶面埋深、验证地质与物探推断的异常地质体、追踪和圈定重要的地质边界等。

(3)服务于能源资源调查,化探异常验证、成矿带隐伏区段的直接找矿等^[3-4]。按照钻进方式,钻探可分为取心钻进与非取心钻进,取心钻进主要包括提钻取心(回转、冲击、振动等)、绳索取心等工艺,非取心钻进主要包括全面钻进(牙轮、刮刀、螺旋等)、空气循环钻进(正循环、反循环、跟管)等工艺^[5-6]。非取心钻进工艺没有取心工序,钻进效率一般是取心钻进工艺的 3 倍以上,空气钻进效率更加显著。内蒙古中东部荒漠草原浅覆盖区填图试点已完成的 203 个钻孔中,非全孔取心孔 101 个,全孔取心孔 102 个,不同钻进工艺的平均钻进效率(含辅助时间)对比如图 1 所示。取心钻进取得的岩心和非取心钻机取得的岩屑分别见图 2 和图 3。

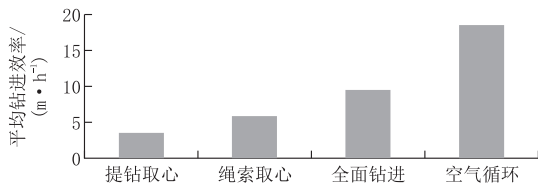


图 1 覆盖区填图中不同钻进工艺平均钻进效率对比



图 2 取心钻进获取的岩心

1.2 物探测井在覆盖区填图中能解决的问题

物探测井是在钻孔完成后,借助专门的仪器设备,沿井身测量并眼周围地层或井中介质的各种物理参数,得到各种地球物理测井曲线,不同的地层或地层组合对应着特定的测井参数组合,即对应着不同特征的测井曲线^[7-8]。以此为基础,一方面,利用



图 3 非取心钻进获取的岩屑

钻孔测井曲线的变化特征,可确定地层岩性、划分钻孔的地质剖面,弥补钻探取心率的不足等;另一方面,利用在相同地质背景下,各钻孔剖面的同一层系在各孔测井曲线上有相同或者相似的反应的特点,将各孔的测井曲线进行综合对比,确定不同位置的钻孔剖面中的同一层系在深度、厚度、岩性等方面的变化,物探测井技术已经广泛应用到煤田、石油、水文勘探等领域。

物探测井能解决的问题可归纳如下:(1)利用测井曲线实现岩性识别、划分地层,确定地层的深度和厚度;(2)利用测井曲线进行地层对比:在分析岩心、岩屑等资料的基础上,掌握不同性质的地层或地层组合在测井曲线上的显示特征,综合利用多口井的资料可进行地层对比;(3)利用测井曲线形态特征解释沉积环境:例如:自然伽玛(GR)、自然电位(SP)、电阻率(Ra)与岩层的粒度、分选性、泥质含量密切相关,而这几个量与沉积环境密切相关,所以可以利用 GR、SP、Ra 进行沉积环境分析。

1.3 钻探-物探测井技术方法的研究

如何在浅覆盖区填图中,实现钻探的经济性、实用性与有效性的有机统一,是地质行业专家关注的焦点,也是衡量能否把钻探作为覆盖区填图重要手段推广的主要依据之一。实施过程中,一方面,通过钻探技术本身来实现,如:依据覆盖层的特点、厚度和施工条件选择钻进方法,根据地质目的、取样要求,施工场地景观和地质条件、钻进方法、钻孔结构等因素选择钻机和钻具,优化钻进参数,及时调整冲洗液体系等来有效控制岩心采取率^[9],满足地质填图需求;另一方面,开展多种技术手段的综合研究,加强钻探与地质、钻探与物探等技术方法的综合利用,如:利用不同的岩性地层在物探测井曲线上的特征有明显不同的特点,部分钻孔通过“取心+物探测井”方式建立起标准地层单元,部分钻孔进行“不取

心+物探测井”,通过测井曲线与标准地层单元对比确定地层沉积序列,实现地层划分与对比等,以提高钻进效率,降低成本。因此,可将浅覆盖区填图钻孔

划分为两类:取心孔与非取心孔。不同类型钻孔的钻进方法、工作手段、研究目的不同(详见表1)。

通过合理匹配取心孔(周期较长、效率较低、

表1 浅覆盖区填图钻孔分类

钻孔类型	地质目的	钻探要求	钻进方法	配套手段
取心孔	第四系三维地质结构调查、建立覆盖层地层序列、隐伏地质体的采样等	要求高的岩心采取率,准确全面地提取地层沉积序列信息	提钻取心、绳索取心、冲击钻进、振动钻进等	测井(电阻率、自然电位、自然伽马等)
非取心孔	圈定基岩顶面埋深,验证推断、验证异常、控制重要的地质边界	提取残积层(找矿)与基岩顶面(填图)的岩性信息	全面(牙轮、刮刀)钻进、空气正反循环钻进等	测井(电阻率、自然电位、自然伽马等)

成本较高)与非取心孔(周期短、效率高、成本低)的数量,结合物探测井技术,可在满足地质工作需求的前提下,减小取心钻探工作量,同时,通过合理的选用物探测井方法,结合钻孔轨迹参数,亦可确定岩石结构面产状等技术难题^[10]。

2 钻探-物探测井技术应用效果

以“内蒙古中东部荒漠草原浅覆盖区1:5万填图试点”填图工作区敖汉旗布设的取心孔 ZKD9 孔

与非取心孔 ZKD9-1 孔为例,介绍钻探-物探测井技术方法在浅覆盖区填图中的应用效果。ZKD9、ZKD9-1 孔处在同一个地区、相邻的钻孔位置,测井参数选择视电阻率(R_a)、自然电位(SP)、自然伽玛(R_a)、密度(Pb)(如图4)四类,从不同的测井参数及对比中可提取多种地质信息,如:岩性特征、分层、地层厚度、泥质含量等,为覆盖区填图提供准确的地层信息,再结合面上物探、钻探取心等资料实现更客观的地质认识、分层对比等。

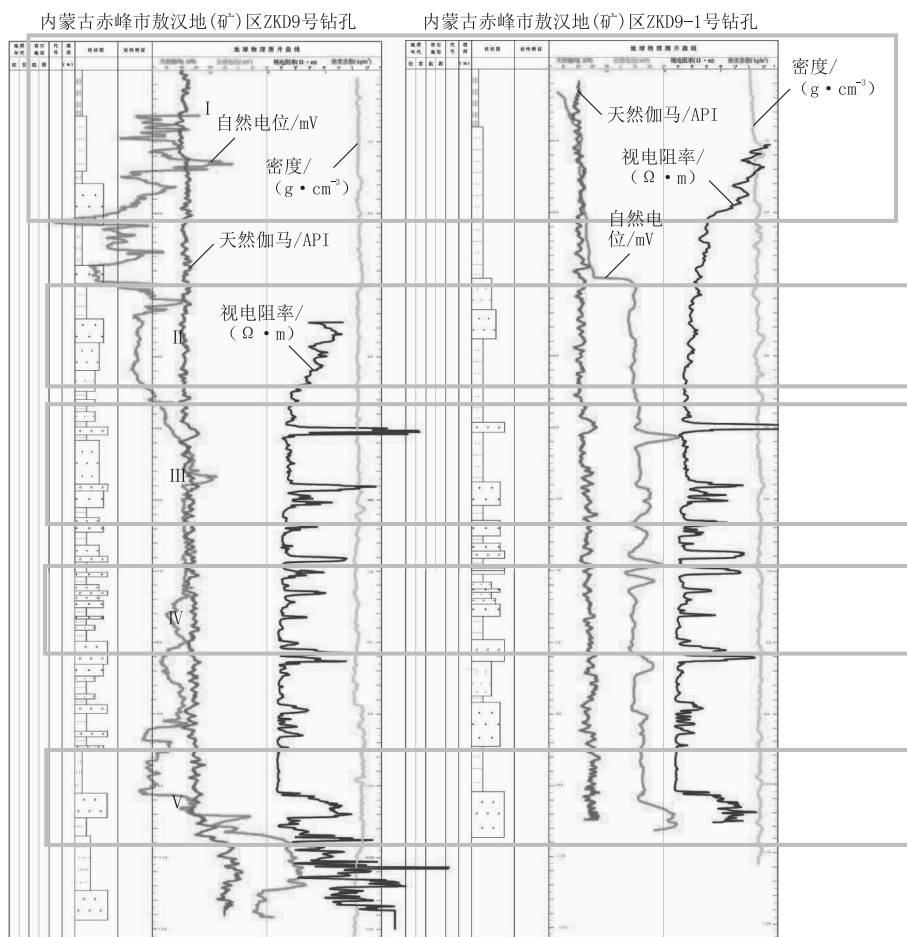


图4 取心钻孔 ZKD9 孔与非取心钻孔 ZKD9-1 孔的地球物理测井曲线对比

I 层: 钻孔 0~30 m 为乌尔吉组风成砂土、砂质黄土, 较松散, 自然伽玛表现出明显的负值, 表明盖层渗透性较强, 同时表现出较高的视电阻率值, 密度值相对较低; II 层: 30~59 m, 为浅棕红色赤峰黄土, 成分上以粘土为主, 该层在测井曲线中显示自然伽玛明显升高, 视电阻降低, 整体波动平稳, 明显不同于层 I; III 层: 59~82 m, 为赤峰黄土与下覆大塔卜乌苏组黄土之间夹杂的砂砾石层, 表现出显著的视电阻率跳跃起伏特征, 自然电位不稳定, 说明该层成分不稳定; IV 层: 82~101 m, 大塔卜乌苏组棕红色黄土, 成分以红色粘土为主, 含砂, 砾石等碎屑物, 自然电位值总体平稳以高值为主, 视电阻率整体稳定, 局部跳跃, 推测由含砂、砾石引起; V 层: 101~106 m, 为基岩层, 岩性为花岗岩, 自然电位和视电阻率明显升高, 界面显著。

通过上述试验, 表明同一层位在各孔测井曲线上有相同或者相似的反映, 物探测井可以有效识别不同的覆盖层及覆盖层与基岩界面, 通过测井曲线的对比, 能发现各孔剖面中的相同层位, 并可研究他们在深度、厚度等方面的变化, 连接不同钻孔剖面可对覆盖层及基岩进行对比, 说明地质问题。

3 结论

钻探作为获取深部地质信息的最直接手段, 可为覆盖区填图提供准确的地质信息与实物资料; 测井是一种成熟的物探技术方法, 在油气、煤炭等行业中已广泛应用。在覆盖区填图中将钻探与物探测井技术有机结合, 按照物理学和地质学的规律, 结合取心、化验测试资料等, 可减少钻探取心工作量, 提高勘探效率, 降低勘探成本。

(1) 在相同地质背景下, 利用钻探+综合测井可构建第四纪地层空间的结构模型; 通过钻探取心+测井建立标准孔地层剖面与地层测井曲线, 不取心钻孔通过测井与标准孔测井曲线对比, 以确定地层

的岩性、深度、厚度等。

(2) 利用钻探+测井进行地层对比: 首先, 详细分析钻探岩心、岩屑等实物资料, 掌握不同地层或地层组在物探测井曲线上的显示特征, 然后利用多个孔的测井资料进行地层对比, 确定同一层位在不同钻孔中的深度变化、厚度变化等, 建立连井剖面, 说明地质演化过程。

(3) 钻探+测井技术方法的综合研究及应用, 发挥了不同手段的技术优势。测井减少了钻探取心工作量, 弥补了部分钻孔取心率不足, 降低了人为判断的误差等。另外, 不取心钻孔可采用空气钻进工艺, 效率更高且无需泥浆, 更加符合绿色勘探的发展要求。

参考文献:

- [1] 中国地质调查局. 1:5 万覆盖区区域地质调查工作指南(试行)[Z], 2017.
- [2] 孔牧. 浅覆盖区机动浅钻在化探工作中的应用[C]//中国矿物岩石地球化学学会. 中国矿物岩石地球化学学会第 15 届学术年会论文摘要集(3), 2015.
- [3] 李向前, 赵增玉, 程瑜, 等. 平原区多层次地质填图方法及成果应用——以江苏港口、泰县、张甸公社、泰兴县、生祠堂镇幅平原区 1:50000 填图试点为例[J]. 地质力学学报, 2016, 22(4): 822-836.
- [4] 卢猛, 何远信, 宋殿兰, 等. 草原浅覆盖区浅钻取样技术的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(11): 1-6.
- [5] 谭春亮, 宋殿兰, 岳永东, 等. 钻探技术在放汉旗浅覆盖区 1:5 万地质填图中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(12): 43-47.
- [6] 吴文飞, 欧汉森. 浅析复杂覆盖层钻探工艺技术及应用[J]. 资源环境与工程, 2013, 27(4): 513-514, 521.
- [7] 陈德海. 综合物探测井在地质调查中应用[C]//上海市地质学会. 上海市岩土工程检测中心论文集(1995-2005). 1995.
- [8] 李唐, 吴仙明, 钟升明, 等. 应用综合测井曲线进行地质解释的一些体会[J]. 四川地质学报, 2011, 31(S1): 73-74.
- [9] 孙满军, 冯基东, 杨振雷, 等. 浅谈第四系复杂地层钻探技术[J]. 吉林地质, 2010, 29(2): 151-152.
- [10] 石永泉, 代常友. 钻探方法确定岩体结构面产状[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, (1): 120-123.