

火山岩相的岩屑识别 ——以松辽盆地南部东岭探区为例

边伟华¹, 陈玉魁², 唐华风¹, 杨帝¹, 王璞²

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

2. 中国石油化工股份有限公司 东北分公司, 长春 130062

摘要:以松辽盆地南部东岭探区为例,建立了用火山岩钻井岩屑来确定火山岩亚相的方法和工作流程。首先辨别真假岩屑,然后用真岩屑制片并进行薄片鉴定。根据火山岩显微镜下的岩性、结构和构造特征与火山岩岩相和亚相的对应关系确定其所对应的火山岩岩相和亚相。岩屑法对于厚度在一个采样间距(1 m)以上的火山岩层段可以准确定出火山岩亚相,与岩心鉴定结果的符合率大于90%。此外,该方法亦可校正录井岩性。用该方法对东岭地区15口探井火山岩段的录井岩性岩相进行了识别校正,提高了井间岩性岩相和储层对比的精度。

关键词:真火山岩岩屑;岩屑取样;火山岩亚相识别;东岭探区

中图分类号:P588.14;P618.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5888(2007)06-1104-06

Volcanic Facies Identification with Cuttings - A Case Study in Dongling, Southern Songliao Basin

BIAN Wei-hua¹, CHEN Yu-kui², TANG Hua-feng¹, YANG Di¹, WANG Pu-jun¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Northeast Branch, SINOPEC, Changchun 130062, China

Abstract: A new method is proposed here to identify the volcanic subfacies/facies with the cuttings. The general flowchart is true cuttings selection cutting thin section preparation thin section observation with microscope subfacies/facies identification. The volcanic subfacies/facies finally is identified according to the typical characteristics of lithology, structure and texture observed under the microscope. The resolution equals to the cutting sampling interval (1 m, in general). The accuracy is more than 90% compared to the core observation. This method was effective to verify the lithology as well as the volcanic facies. It has been proved as an effective way to promote the resolution of inter-well lithology and facies correlation based on the applications in 15 wells in Dongling, Southern Songliao Basin.

Key words: true volcanic cuttings; cutting sampling; volcanic subfacies identification; Dongling area

收稿日期:2007-06-20

基金项目:国家“973”项目(2006CB701403)

作者简介:边伟华(1976-),男,河北藁城人,博士研究生,助教,主要从事油气地质研究,E-mail:Wei-huaBIAN@jlu.edu.cn

通讯联系人:王璞(1959-),男,黑龙江绥滨人,教授,博士生导师,主要从事油气地质勘查、火山岩储层和沉积学研究,Tel:0431-88502620,E-mail:WangPJ@jlu.edu.cn.

0 前言

近10余年来,火山岩储层受到越来越多的关注,大庆深层90%以上的天然气产于火山岩储层中^[1]。火山岩由于原生孔缝的发育和次生改造作用可以具有良好的储集物性^[2,3]。火山通道相火山颈亚相、侵出相内带亚相、爆发相热碎屑流亚相和喷溢相上部亚相是火山岩油气藏形成的最有利相带^[4,5]。火山岩勘探的重要内容之一就是识别火山岩相和亚相,寻找有利的储集相带。

随着埋藏深度的加大,钻井取心费用迅速增加。在东岭地区,火山岩储层埋深大多在1500 m以下,并且由于以往的取心目的层段以沉积岩为主,多口探井根本没有在火山岩层段设计取心,东岭地区火山岩平均取心率仅为3%左右(表1)。以很少的岩心资料为基础建立的地质地球物理模型由于缺少必要的模型校准条件,在进行单井及地震岩相预测时,其可信度比较低。依据仅占火山岩段3%左右的岩心资料所建立岩性和岩相地质模型来约束测井和地

表1 东岭地区钻井取心与岩屑录井对比

Table 1 Length comparison between core and cutting in Dongling area

井号	钻井揭示火山岩长度/m	火山岩取心长度/m	取心率/%	岩屑录井取样密度/m
SN101	161	0.00	0.0	1样品
SN108	104	3.60	3.4	1样品
SN109	224	0.00	0.0	1样品
SN110	249	0.00	0.0	1样品
SN111	60	0.00	0.0	1样品
SN115	64	4.33	6.7	1样品
SN116	371	6.27	1.7	1样品
SN180	258	22.18	8.6	1样品
SN182	185	0.00	0.0	1样品
SN183	149	5.00	3.4	1样品
SN184	93.8	0.00	0.0	1样品
SN185	40	8.29	20.7	1样品
SN187	162	15.85	9.8	1样品
SN188	128	6.30	4.9	1样品
SN189	25	1.31	5.2	1样品

震资料解释,由于火山岩非均质性极强,势必会导致预测结果误差很大,甚至得到错误结论。所以,以岩心资料为基础的地质地球物理模型需要其它资料来

进行建模基础补充及模型校准。除岩心外,唯一可用的地下直接地质资料就是岩屑,拓展岩屑的应用领域是深层勘探的必由之路。

岩屑是在钻井钻进过程中,地下岩石被钻头破碎后由泥浆带到地面的毫米级岩石碎屑。和岩心一样,岩屑是地下岩石的最直观体现,可以如实反映地下岩石的岩性、岩相。长期以来,岩屑通常只是在录井过程中被用来进行荧光检测和参考性确定岩性等辅助性使用,之后多作为现场归档资料进入库房而束之高阁。与岩心相比,岩屑具有取样费用低、可连续取样等优点。按照录井行业标准,岩屑取样间隔一般为1 m,主要目的层位要加密到0.5 m,理论上岩屑是可以连续取样的。岩屑所蕴含的大量信息可以成为岩心信息必要的补充。

本文以松辽盆地南部东岭探区为例,研究用岩屑进行火山岩相判别的方法和流程,充分发掘岩屑的潜在价值,为火山岩单井岩相的研究提供一种新的手段。

1 真假岩屑的识别

现场录井中,岩屑被井筒内循环的泥浆由其原始产地带出,经振动筛过滤,按一定的频率取样、清洗、烘干后,经初步的岩性鉴定,分袋包装,待钻井作业结束后统一进入资料库保存。

理论上,取样袋中的岩屑应该与其所标示深度处的岩层严格一一对应。但是,由于取样过程中多种因素的影响,比如,延迟时间的误差^[6]、井壁垮塌、岩屑在泥浆中的重复循环、地层岩性的薄互层等,有时会使得真岩屑的识别变得比较复杂。所谓的“真岩屑”,是指能够反映其所标示深度处的真实地质情况的岩屑,其它的岩屑则统称为“假岩屑”。在自上而下观察岩屑时,首次出现的岩屑是真岩屑,重复出现的岩屑可真可假,要结合其它特征确定。相对于火山岩层段的假岩屑,火山岩的真岩屑一般在岩屑样品中至少占有一半以上的比例,“真岩屑”由泥浆直接带到地面,磨损较轻,岩屑保持棱角或次棱角状,一般具有比较锋利的边缘(图1)。斑状结构的火山岩岩屑有时可见有破碎的斑晶,与“假岩屑”的差别在于,“真岩屑”破碎斑晶的边缘经常有残余火山岩基质成分。

2 岩屑取样方案的设计

岩屑取样方案设计的合理与否直接关系到研究

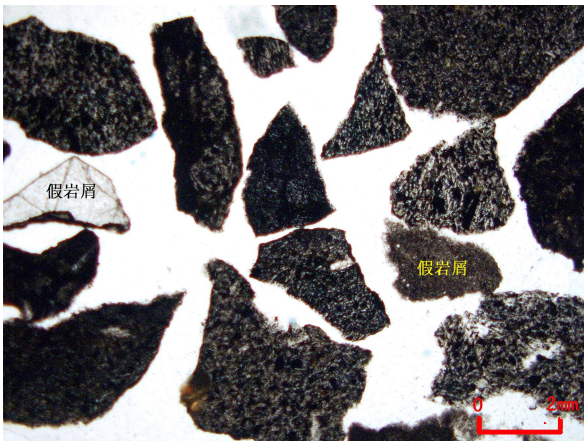


图 1 岩屑薄片真假岩屑识别(SN108 井, 2 666 m)

Fig. 1 Identification of true and pseudo cuttings in thin section (well SN108, 2 666 m)

结果的准确度和精度, 取样过密造成浪费, 而过稀则精度降低。在确定最终的取样方案之前, 火山岩层段在钻井中的位置必须先予以估计和确定。全井段中火山岩岩性段通常以测井的方法加以确定^[7, 8], 最常用的测井曲线包括自然电位、自然伽马、双侧向电阻率及声波时差 4 种曲线。在东岭地区, 营城组以流纹岩和流纹质凝灰岩等酸性火山岩为主。火石岭组则以安山岩、玄武岩等中基性火山岩为主。本地区火山岩段一般具有极高的电阻率值, 结合其它的测井曲线特征, 可以与沉积岩段明显区分开来。火山岩与沉积岩的界面结合声波时差曲线来加以确定。

东岭地区营城组的酸性火山岩仅有一层, 其厚度一般小于 10 m。火石岭组火山岩一般由巨厚的中基性火山岩组成, 可以划分为 3 个旋回, 其总厚度可达 400 m 以上。岩屑取样密度通常由单层火山岩厚度和研究区当前火山岩储层的研究程度共同决定: 单层厚度越小、研究程度要求越高, 则取样密度越大。由于录井和测井所确定的本区火山岩单层厚度通常大于 2~5 m, 且本区火山岩储层研究尚处于起步阶段, 以发现厚度大于 5 m 的火山岩储层为主要勘探目标, 所以, 本次设计的火山岩岩屑取样的最小间距为 2~4 m。对于厚度在 5 m 以下的火山岩层, 在距顶和底各 1 m 处及中间位置处共取 3 个样品。对于厚度在 5 m 以上的火山岩段, 依据测井曲线的变化特征, 在曲线变化界面上下各取 1 个样品, 在大套的曲线较稳定段每隔 2~4 m 取 1 个样品。

3 岩屑的加工

岩屑的加工是指将岩屑制成薄片以方便使用偏光显微镜来进行火山岩岩相的识别鉴定。以前将岩屑制成薄片时, 由于技术上的原因, 必须先利用放大镜将“真岩屑”逐粒挑选出来。这种工作费时费力, 且由于岩屑经过长期搁置, 其外表面会受到不同程度的风化, 单借助放大镜/实体显微镜观察其外表面特征, 不易区分真假岩屑。本次研究采用了两项国家发明专利技术: “岩屑快速铸坯方法”^[9]和“粘土或松散岩、砂薄片制样工艺”^[10], 在剔除了粒度特别大的岩屑和粒度极小的岩屑之后, 其余的岩屑可以在 0.5 h 内完成薄片制作。这两项专利技术的使用, 在一定程度上提高了工作效率。制成的薄片在偏光显微镜下观察, 也极大地提高了真岩屑的识别精度(图 1)。

4 岩相的识别

目前松辽盆地火山岩储层勘探中普遍采用火山岩相的 5 相 15 亚相的分类方案^[4]。经过长期摸索, 笔者优化出根据岩屑的岩性、结构和构造来判别火山岩岩相和亚相的识别标志和流程(图 2)。本区火山岩根据其结构和成分可划分为火山熔岩、次火山岩、角砾熔岩、火山碎屑岩和沉火山碎屑岩等几种类型。用经初步挑选后的岩屑所磨制的岩屑薄片仍可能混有假岩屑, 首先在显微镜下根据首次出现、主体成分及外部形态等原则再次确定“真岩屑”(图 1), 鉴定“真岩屑”岩性, 划分该层的火山岩岩石类型。然后在该岩石类型中找到“真岩屑”所对应的结构、构造和成分特征, 最终便可确定该岩屑所对应的火山岩亚相及火山岩相。例如, SN108 井 2 722 m 处岩屑薄片多个“真岩屑”为具有气孔构造的火山熔岩, 则该岩屑所代表的岩相为喷溢相的上部亚相。

除侵出相内带亚相和中带亚相外, 按照该流程图可以方便地区分出其它的 13 种亚相。侵出相内带亚相和中带亚相均为玻璃质结构的火山熔岩, 其区别主要是内带亚相的玻璃质火山熔岩为枕状、球状岩体的松散堆积, 而中带亚相的玻璃质火山熔岩为层状结构和致密块状构造。但是在岩屑的尺度上, 这两种亚相的上述特点很难区分开来, 只是偶尔在中带亚相的玻璃质火山熔岩中可见有不清晰的流纹构造。

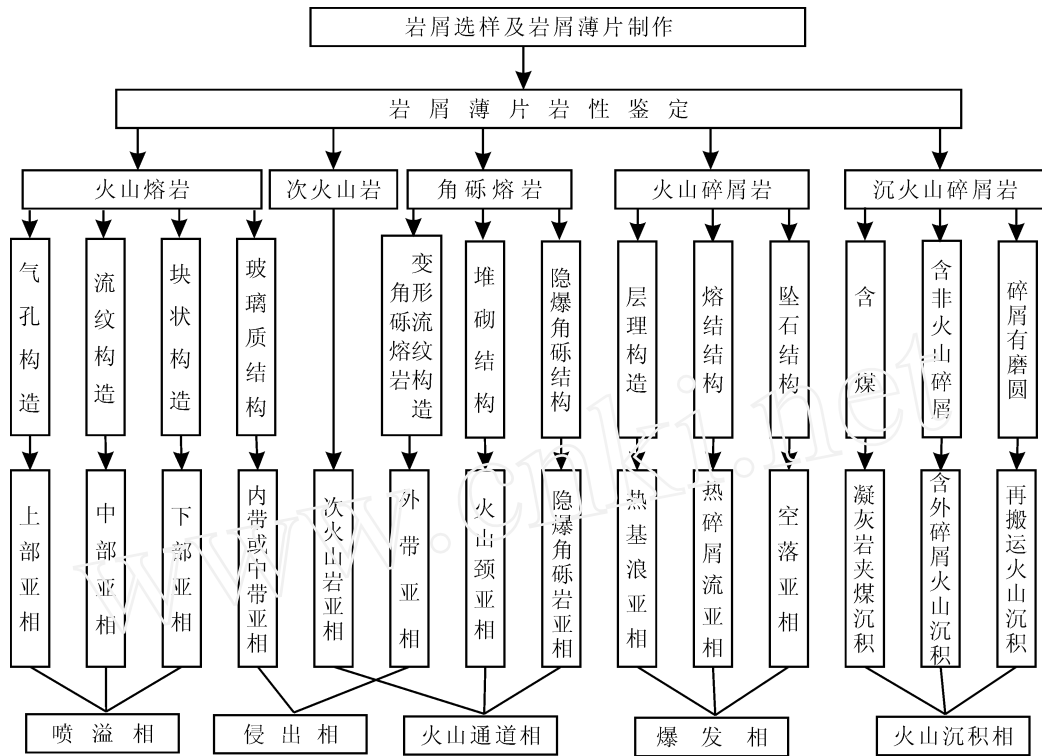


图 2 由火山岩岩屑鉴定火山岩相识别特征和流程图

Fig. 2 Characteristics and flowchart for volcanic subfacies/facies identification with volcanic cuttings

5 应用效果分析

应用岩屑法对东岭地区的 15 口钻井(表 1)进行了火山岩岩相划分。将划分结果与岩心观测结果对照(表 2), 火山岩亚相的总体符合率在 90% 以上。由于岩心观测描述的火山岩亚相的精度可以达到厘米级别以上, 远远高于本次岩屑取样密度, 因此在岩心上可以分辨出一些薄层火山岩亚相, 比如 SN180 井、SN187 井和 SN189 井中的火山通道相火山颈亚相, 由于其厚度低于岩屑法的取样精度而不能够得以正确识别。东岭地区火石岭组火山岩相比较复杂, 包括喷溢相下部亚相、喷溢相上部亚相、爆发相热基浪亚相、爆发相热碎屑流亚相、火山通道相火山颈亚相和火山沉积相。其中喷溢相总体占到近 88%, 爆发相占到近 11.2%, 其它相占 0.8%。

在实际应用中, 本文所述的岩屑薄片方法不仅可用于火山岩岩相的确定, 还可以用于包括火山岩在内的所有岩石类型的岩性鉴定, 在对录井岩性进行校正中可以发挥重要作用。本次研究发现东岭地区由于深层岩性复杂, 邻井间可对比资料匮乏, 致使

表 2 东岭地区火山岩相岩屑鉴定与岩心描述结果对比

Table 2 Volcanic subfacies/facies identified with cuttings and cores in Dongling area

井号	岩屑岩相	岩心岩相	岩心长度 / m	符合情况
SN108	爆发相热基浪亚相	爆发相热基浪亚相	3.60	完全符合
SN115	爆发相热碎屑流亚相	爆发相热碎屑流亚相	4.33	完全符合
SN116	喷溢相下部亚相夹爆发相热碎屑流亚相	喷溢相下部亚相夹火山通道相火山颈亚相	6.27	主体岩相符合
SN180	爆发相热碎屑流亚相	爆发相热碎屑流亚相	7.80	主体岩相符合
	喷溢相下部亚相	火山通道相火山颈亚相	1.70	不符合
	喷溢相下部亚相	喷溢相下部亚相夹火山通道相火山颈亚相(2 m)	8.03	主体岩相符合
SN183	火山通道相火山颈亚相	火山通道相火山颈亚相	5.00	完全符合
SN185	喷溢相下部亚相	喷溢相下部亚相	8.29	完全符合
SN187	爆发相热碎屑流亚相	爆发相热碎屑流亚相	8.50	完全符合
	爆发相上部亚相和下部亚相	爆发相上部亚相、下部亚相夹火山通道相火山颈亚相(1.2 m)	7.35	主体岩相符合
SN189	喷溢相下部亚相	火山通道相火山颈亚相(1.0 m) 和沉积岩	2.26	不符合

注:符合率 = (完全符合长度 + 主体符合长度) / 岩心总长度 = 93.8%。

表 3 东岭地区部分井段岩性经岩屑校正结果

Table 3 Correction of logging lithology with cuttings in Dongling area

井号	井段/m	原录井岩性	岩屑薄片校正后岩性
SN182	2 413 ~ 2 419.5	白云岩	安山岩
	2 422 ~ 2 442	白云岩	安山岩
SN183	2 318 ~ 2 323	安山岩	泥岩
SN184	2 335 ~ 2 358	白云岩	泥岩
	2 546 ~ 2 566	流纹岩	安山岩

少部分非取心段的录井不可避免地出现了一些问题,对此笔者进行了岩屑法校正,其代表性误差列于表 3。虽然问题井段很少,但这些录井岩性问题曾经一度给本区地质研究和深层勘探带来诸多困扰。例如,白云岩在断陷期地层录井的出现表明,当时的沉积环境为滨浅海或湖相蒸发环境,这与松辽盆地当时广泛发育的火山-沉积环境显然不同^[11, 12]。深层岩性的校正回归,尤其是不同岩石大类之间的校正,使得东岭地区的深层火山岩面貌清晰显现,与邻区的对比关系也逐渐明确。营城组火山岩以中性火山岩为主,火石岭组火山岩以中基性火山岩为主。本区校正后的岩性与松辽盆地北部深层地层在地层序列上有很好的可比性,为借鉴高研究程度邻区的火山岩勘探经验奠定了良好基础。

6 结 论

真假岩屑的识别是确定火山岩亚相的基础,在自上而下依次观察岩屑过程中,“首次出现”、“主体岩屑”和“尖棱角状”是识别真岩屑的主要标志。岩屑取样方案的确定主要取决于火山岩层的自身厚度和本区的研究精度。单层厚度越小、研究程度越高,则取样密度就越大。具体取样点必须结合测井曲线的变化趋势加以确定。用岩屑确定火山岩相和亚相的工作流程为:选取真岩屑并制片,鉴定岩屑岩性和结构构造,按流程最终确定岩相和亚相。该方法在东岭地区 15 口钻井中应用结果表明,岩屑薄片所显示的岩相与取心段的符合率在 90% 以上。

参考文献(References):

- [1] 舒萍,曲延明,王国军,等. 松辽盆地火山岩储层裂缝地质特征与地球物理识别[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,37(4):726-733.
SHU Ping, QU Yan-ming, WANG Guo-jun, et al. Ge-

ological features and geophysical detection of fractures in the volcanic reservoirs of the Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006,37(4):726-733.

- [2] 蔡国钢,张坤,刘立,等. 辽河盆地东部凹陷中部火山岩储层特征研究[J]. 海洋石油,2003,23(2):32-37.
CAI Guo-gang, ZHANG Kun, LIU Li, et al. The reservoir characteristics of the middle section volcanic rock of the eastern sag on Liaohe Basin[J]. Offshore Oil, 2003,23(2):32-37.
- [3] 刘万洙,王璞 2,门广田,等. 松辽盆地北部深层火山岩储层特征[J]. 石油与天然气地质,2003,24(1):28-31.
LIU Wan-zhu, WANG Pu-jun, MEN Guang-tian, et al. Characteristics of deep volcanic reservoirs in northern Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003,24(1):28-31.
- [4] 王璞 2,迟元林,刘万洙,等. 松辽盆地火山岩相:类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2003,33(4):449-456.
WANG Pu-jun, CHI Yuan-lin, LIU Wan-zhu, et al. Volcanic facies of the Songliao Basin: classification, characteristics and reservoir significance[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003,33(4):449-456.
- [5] 王璞 2,吴河勇,庞颜明,等. 松辽盆地火山岩相:相序-相模式-与储层物性的定量关系[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(5):805-812.
WANG Pu-jun, WU He-yong, PANG Yan-ming, et al. Volcanic facies of the Songliao Basin: sequence, model and the quantitative relationship with porosity & permeability of the volcanic reservoir[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006,36(5):805-812.
- [6] 杨明清. 颗粒等效直径对岩屑迟到时间的影响和校正[J]. 录井工程,2005,16(4):40-43.
YANG Ming-qing. The influence and correction for lagged time with cutting equivalent diameter[J]. Mud Logging Engineering, 2005,16(4):40-43.
- [7] 魏斌,陈建文,李长山,等. 徐家围子断陷火山岩岩性的测井识别技术[J]. 特种油气藏,2003,10(1):73-75.
WEI Bin, CHEN Jian-wen, LI Chang-shan, et al. Logging identification technique of volcanic rocks in Xujia-weizi fault depression[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2003,10(1):73-75.
- [8] 张福功. 辽河盆地东部凹陷中段火山岩岩性测井评价

- 方法研究[J]. 海洋石油, 2005, 25(4): 80 - 83.
- ZHANG Fu-gong. The study of lithology log evaluation method in volcanic rock of middle segment of eastern sag of Liaohe Basin[J]. Offshore Oil, 2005, 25(4): 80 - 83.
- [9] 刘万洙, 王璞, 孙少波, 等. 岩屑快速铸坯方法: 中国, ZL200310110027. 8[P]. 2006 - 02 - 15.
- LIU Wan-zhu, WANG Pu-jun, SUN Shao-bo, et al. An accelerated cutting casting method: China, ZL200310110027. 8[P]. 2006 - 02 - 15.
- [10] 孙少波, 王璞, 刘万洙, 等. 粘土或松散岩、砂薄片制样工艺: 中国, ZL200310115946. 4[P]. 2006 - 04 - 26.
- SUN Shao-bo, WANG Pu-jun, LIU Wan-zhu, et al. A new technique for thin section preparation with clay or loose rock debris & sands: China, ZL200310115946. 4[P]. 2006 - 04 - 26.
- [11] 殷进垠, 刘和甫, 迟海江. 松辽盆地徐家围子断陷构造演化[J]. 石油学报, 2002, 23(2): 26 - 29.
- YIN Jin-yin, LIU He-fu, CHI Hai-jiang. Evolution and gas-accumulation of Xujiaweizi depression in Songliao Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(2): 26 - 29.
- [12] 陈均亮, 蔡希源, 林春华, 等. 松辽盆地北部断陷盆地构造特征与幕式演化[J]. 石油学报, 1999, 20(4): 14 - 18.
- CHEN Jun-liang, CAI Xi-yuan, LIN Chun-hua, et al. Tectonic characteristics and episodic evolution of the northern fault depression in Songliao Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 1999, 20(4): 14 - 18.

《工程勘察》征订启事

中文核心期刊《工程勘察》(月刊)

刊号: CN11 - 2025/ TU 邮发代号: 2 - 832 单价: 15 元 全年价 180 元

《工程勘察》杂志创刊于 1973 年 8 月, 由中国建筑学会工程勘察分会和建设综合勘察研究院设计院共同主办, 为中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊。

本刊内容涵盖四大专业: 岩土工程与工程地质、地下水资源与环境、测绘与地理信息工程和工程物探。创刊 30 余年来, 坚持“理论联系实际, 面向工程实践”的办刊宗旨, 面向工程勘察实践, 面向广大科研、设计、教学、工程等技术人员, 以刊登技术交流方面的文章见长。现设有“学术研究”、“工程技术”、“信息园地”等栏目, 是工程勘察信息与技术交流的优秀平台。为丰富杂志内容, 提高论文质量, 扩大杂志的影响, 本刊每年都将根据读者和行业技术发展的需求适时开展多种形式的学术活动, 深受广大作者和读者欢迎, 为工程勘察领域的技术发展和进步做出了积极的贡献。

《工程勘察》杂志为大 16 开本, 每月 1 日出版, 国内外公开发行人, 全国各地邮局均可订阅。

《工程勘察》杂志兼营广告, 收费合理, 具有一定规模, 是展示企业形象、介绍新技术、提高产品知名度的良好平台。

本刊地址: 北京市东城区东直门内大街 177 号 邮编: 100007

联系电话: 010 - 64043313 E-mail: gkcz@cgis.com.cn; newsroom@geot.com.cn