

塔河 1 区三叠系下油组油藏精细地质建模

刘鸿博^{1,2}, 周文¹, 郑军¹, 张娟¹

1. 成都理工大学能源学院, 成都 610059

2. 四川水利职业技术学院, 四川都江堰 611830

摘要 塔河 1 区三叠系下油组油藏属大底水、薄油层、受构造控制的砂岩孔隙型块状底水未饱和油藏。目前存在的主要问题是生产井普遍见水, 含水上升过快、递减加大, 水平井产液剖面出现异常, 油藏总体动用程度偏低, 高含水后治理难度增大, 堵水措施有效率, 对油藏开发带来了严重威胁。因此有必要加强底水油藏地质特征的认识, 进行油藏精细描述, 建立适应油田开发调整的三维地质模型, 从而为油藏数值模拟打下良好的基础。该区块的地质建模过程, 采用目前较为先进的 Petrel 软件, 充分利用钻井、地震、测井、地层对比等信息, 结合夹层解释结果, 在孔渗曲线的基础上, 采用夹层建模和随机建模相结合的建模方法, 通过对各种随机模型的对比评价分析, 建立了接近油藏实际地质特征的三维精细地质模型, 从三维空间上识别出夹层的类型、厚度和分布, 认为塔河 1 区三叠系下油组油藏主要受到断层和夹层控制, 这为开展底水水侵模式研究打下了一定基础。

关键词 塔河 1 区; 三叠系; 下油组; 夹层; 地质模型

中图分类号 TE112.43

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)02-0086-05

Fine Geologic Modeling of Triassic Lower Oil Formation in the 1st Block of Tahe Oilfield

LIU Hongbo^{1,2}, ZHOU Wen¹, ZHENG Jun¹, ZHANG Juan¹

1. College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

2. Sichuan Water Conservancy Vocational College, Dujiangyan 611830, Sichuan Province, China

Abstract The reservoir of the 1st block of Tahe Oilfield is one with a complicated fault system and edge-bottom water in the lower section of the lower oil formation. At present, the main problem is the breakthrough water in production wells. Water volume is increased too fast with over-declined oil volume. Production fluid lateral section of the horizontal wells sees abnormal features. The overall production level of reservoirs declines. The treatment is difficult to find in the high water stage, and it is not very effective to block water. All above factors pose a serious threat to reservoirs. Therefore, it is necessary to study geologic characteristics of edge-bottom water reservoirs with a 3D geologic model. Petrel software is used for the 3D geologic modeling of this block, with a full use of data related to drilling, seismic conditions, well log and stratigraphic correlation as well as interbed's explanation and poroperm curve. Among various stochastic models, a 3D geologic model is chosen, which is close to the actual geological conditions. The type, thickness and distribution of interbed are identified in 3D. It is concluded that the reservoir of the 1st block of Tahe Oilfield is controlled by fault and interbed, which may serve as a geological basis for further studies of water invasion patterns.

Keywords the 1st block of Tahe Oilfield; Triassic; lower oil formation; interbed; geologic model

0 引言

储层建模是近年发展起来的可视化油气储层定量刻画与表征方法。它综合利用各种地质、地震、测井和动态数据, 利用地质统计学和建模方法预测储层参数空间分布, 建立定

量的三维可视化储层模型, 在油藏评价乃至油田开发的不同阶段都有广泛的应用。目前, 储层地质建模方法主要有确定性建模和随机建模两类。地质模型是指能定量表示地下地质特征和各种油藏三维空间分布的数据体^[1-6]。三维储层建模从

收稿日期: 2009-10-10

作者简介: 刘鸿博, 博士研究生, 研究方向为油气田开发工程, 电子信箱: luckyhongbo@yahoo.com.cn

三维角度对储层模型进行定量研究,建立其三维模型,其核心是对井间储层进行多学科综合一体化、三维量化及可视化的预测^[7-19]。

塔河 1 区三叠系下油组油藏属薄油层、受构造控制的砂岩孔隙型未饱和块状底水油藏,天然底水能量充足,目前总井数 37 口,开井 37 口。匡建超等^[20]从塔河 1 号油田三叠系下油层组的特殊性出发,应用数值模拟方法模拟反演了油藏早期开发的地质特征,为油藏的进一步勘探开发决策提供了重要依据。冯兵等^[21]在综合地质、测井、地震解释成果开展约束反演及提高储层预测精度的基础上,对塔河油田三叠系储层展布和油藏特征进行了分析,认为塔河油田中三叠统中、下油组油藏主要受构造控制。目前该区块存在的主要问题是生产井普遍见水,含水上升过快、递减加大,水平井产液剖面出现异常,油藏总体动用程度偏低,高含水后治理难度增大,堵水措施有效率低,对油藏的开发带来严重威胁。因此,有必要进一步加深该大底水油藏的地质认识,开展影响水侵的地质因素研究,重点研究夹层的厚度和分布及断层的发育,进行油藏精细描述。

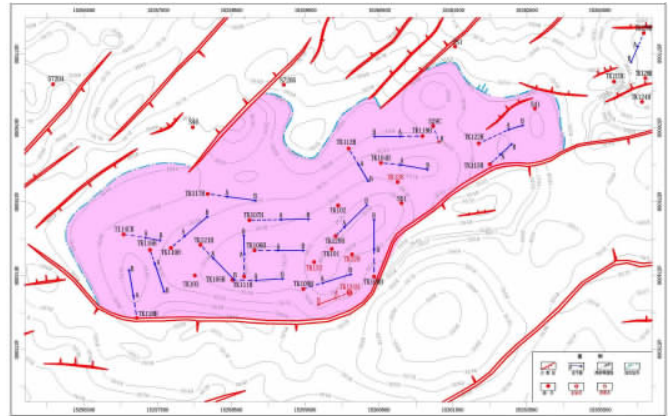
本研究在分析塔河 1 区三叠系下油组为目的层段油藏地质的基础上,点、面、体结合,静、动态研究结合,利用实际数据,建立符合该区域地质结构和物性属性的三维地质模型。由于塔河 1 区构造、沉积结构简单,可利用前人认识结果选用确定性建模方法来构建模型框架;储层参数分布建模需要的物性资料主要基于井点处的测井和岩心分析结果,井间物性信息需要进行预测获得。大量研究经验表明,井间物性参数的分布具有较强的随机性,很难将其分布规律用一种确定性的方法描述清楚,因此选用随机属性建模方法是常用方法。序贯高斯模拟方法用于连续地质现象的模拟,如孔隙度、渗透率分布模拟,比较实用。研究中,运用目前先进的断层模型建立技术、随机建模方法等,实现模型对比优选。值得一提的是,该层段分布有部分夹层,在建立地质模型时,将夹层单独考虑,这样得到的地质模型更接近储层的实际情况。

1 区域地质概况

塔河油田 1 区三叠系下油组油藏构造位于沙雅隆起中段南翼的阿克库勒凸起西南斜坡桑塔木构造上,东邻达里亚背斜构造,西接艾协克背斜构造,南邻满加尔坳陷,北与阿克库勒断块潜山背斜构造带相连。属大底水、薄油层、受构造控制的砂岩孔隙型块状底水未饱和油藏。塔河 1 区物源区地形坡降较小,携带大量陆屑入湖,补给量大且速度快,湖浪、潮流改造弱,在湖区形成高建设性辫状三角洲体系,沉积相对为单一。塔河 1 区下油组顶部构造为典型的低幅牵引背斜,长轴方向南西-北东向,背斜南翼稍陡,并被南北两组断层切割,背斜长轴 10.6km,短轴 2.1km,闭合面积 17.6km²,闭合幅度 38m。与断层的延伸方向一致。地层总体表现为东南高、西北低。背斜构造的北面被两条东西向北倾断层切割阻挡,断距分别为 18 和 14m,对边水有一定的阻挡作用,构造相对简

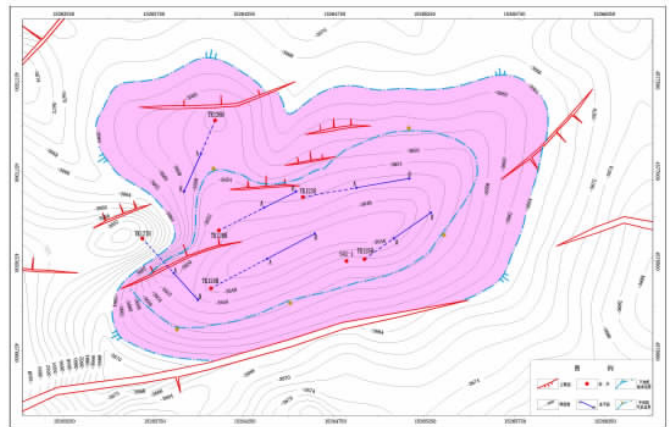
单。油气聚集于断块的高部位,含油条带宽 1400~2000m,长 7000m,地层北倾,倾角 1.3°~1.6°。主力油层下油组,底水厚度较大,底水能量充足,驱动类型为天然水驱、岩石和流体的弹性驱动。

塔河油田 1 区三叠系下油组油藏包含 1 区主体区和 S41-1 区两个区块(图 1),主力油层下油组,油藏埋深 4545~4583m。在三维精细建模的过程中,考虑该油藏大底水及隔夹层对水的阻挡等实际情况,利用确定性和随机性相结合的方法,对该区块进行模型建立。



(a) 塔河 1 区主要部分

(a) The 1st block of Tahe Oilfield (major part)



(b) S41-1 井区

(b) S41-1 well field

图 1 塔河 1 区(主要部分)和 S41-1 井区三叠系下油组油藏构造及含油面积

Fig. 1 Structure and oil area in Triassic lower oil formation in the 1st block of Tahe Oilfield (major part) and S41-1 Well Field

2 工作流程、数据准备及建模方法

2.1 工作流程及数据准备

采用 Petrel 软件进行三维储层地质建模,利用钻井、测井、地震和地层对比信息,采用不同方法建立构造及骨架模

型;利用单井夹层分布信息,采用确定性建模方法,建立夹层模型;结合测井二次解释结果(包括泥质含量、孔隙度、渗透率和含水饱和度),利用随机建模方法,建立属性模型。通过对多个模型的对比评价,优选出更符合塔河1区三叠系下油组的三维精细地质模型;经过模型的粗化,形成数值模拟研究所需要的三维地质模型。研究区沉积相较为单一,因此该模型未进行相建模。

建模的基础是数据的准备工作,需要准备的数据包括井位、井身轨迹、分层数据、测井曲线、地震构造解释和断层解释和夹层解释。同时,还需要准备试油试井数据、流体性质数据、测井二次解释数据和生产动态数据等。主要的操作流程如图2所示。



图2 三维精细地质建模流程图

Fig. 2 Flow chart of 3D refined geologic model

2.2 建模方法的选择

建模方法与技术是储层建模重要支柱。三维建模方法主要指井间参数的预测和插值,目前主要包括确定性建模方法和随机建模方法两大类。通常所用的线性插值、距离平方反比加权平均、克里金方法、地震储层预测属于确定性建模方法。这类方法的特点是输入一组参数只能输出一个结果,除克里金法外,不能反映不同成因类型储层的特点,其预测精度取决于已知数据点的多少。随机建模是利用一个地质体某一属性已知的结构统计特征,通过一些随机算法来模拟未知区这一属性的分布,使其与已知的统计特征相同,从而达到模拟储层非均质性,预测井间参数分布的目的。随机建模得到的不是一个确定的结果,而是多个可能的结果,一般称为等概率(地质)实现。

塔河1区三叠系下油组三维地质建模中,利用确定性建模进行构造及夹层模型的建立,再利用随机建模进行属性模型的建立。

3 精细地质建模

3.1 构造模型

精细的构造描述是油藏评价的基础,构造模型为后面的

属性建模提供三维骨架。构造模型主要包括圈闭类型、几何形态、断层分布、断层与储集层的空间配置关系、夹层分布等。

首先,进行断层骨架的构建,从构造图(图1)中可以看出,塔河1区断裂系统较为简单,断层延伸距离大都较短,除南部有一条大断层外,其他断层延伸长度均小于2km。塔河1区共有21条断层,利用构造图上的断层数据建立各个段层面,并通过地震解释的断层数据进行校正。由于研究区内断层没有接触和切割关系,因此建立的断层模型较为简单(图3)。

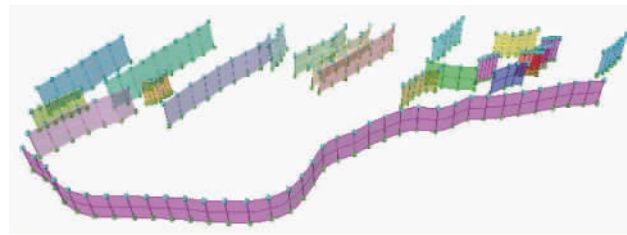


图3 塔河1区下油组断层模型

Fig. 3 Fault model of lower oil formation in the 1st block of Tahe Oilfield

其次,建立构造层面,以37口井的地质分层数据为基础,参考地震反演结果,建立精度较高的5个层面构造——下油组顶面、1小层底面、2小层底面、3小层底面和4小层底面(图4)。

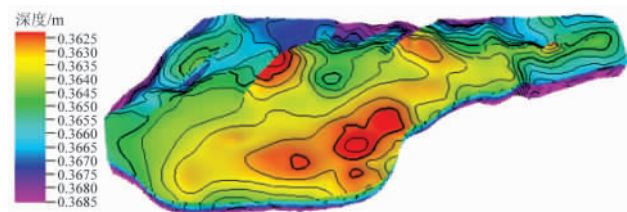


图4 塔河1区下油组构造模型

Fig. 4 Structure model of lower oil formation in the 1st block of Tahe Oilfield

3.2 模型网格

本模型的网格均采用正交网格系统,平面网格步长设定为20m,共划分了148518个网格;纵向上步长设定为1m(其中夹层的步长设定为0.2m),共划分了99个微层,总网格数达到14703282个。

3.3 几何模型和夹层模型

位于小层砂体之间的特低渗与非渗透岩层以及小层砂体内部的相对低渗透层或非渗透性岩层,对地下流体具有一定隔绝能力或遮挡作用,对油藏开发有很大影响,尤其是对底水渗流的影响。正确评价夹层的分布情况,对油藏数值模拟有着重要作用。

根据岩心、钻井、录井等资料的综合分析,塔河1区三叠系下油组主力油层中夹层主要有三类,即灰质砂岩类夹层、泥岩类夹层和泥质岩类夹层(包括泥质粉砂岩、泥质细砂岩、

粉砂质泥岩)。夹层的实现办法较多,本研究将其纳入地层模型来实现。具体实现思路如下:将1,2,3,4小层内具有一定连片分布的主要夹层当作一个层考虑,通过 Structural Modeling 里面的 Make Zones 导入夹层顶面构造和夹层厚度分布建立相应的夹层模型。建立的夹层模型如图5所示。从图5中可看出,夹层分布较为零散,夹层厚度很薄,一般都不到1m,因此,精细的夹层模型可以单独对夹层进行纵向上的网格划分,细化夹层的属性特征,精确体现夹层对流体的阻挡作用,这样也可以严格控制夹层的孔渗属性。

3.4 属性模型

储层属性模型主要是对油藏储层各种属性的特征及其在三维空间中的变化规律进行建模。利用测井二次解释的孔、渗、饱数据,应用随机模拟方法,实现储集层属性地质模型。

属性模型的建立过程需要对数据进行分析,调整变差函

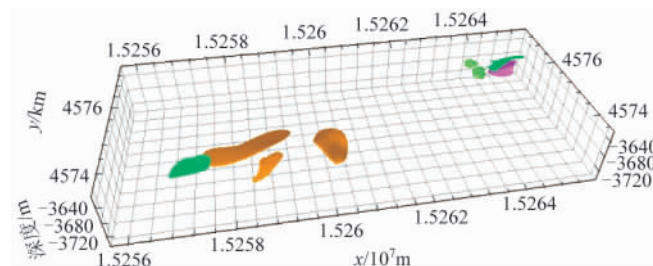


图5 塔河1区下油组夹层模型
Fig. 5 Interbed model of lower oil formation
in the 1st block of Tahe Oilfield

数和随机建模方法优选。经过评价优选,塔河1区下油组采用序贯高斯模拟方法,利用球状模型,对孔隙度、渗透率进行建模(图6)。从图6中可看出,渗透率有较好的方向性,能够反映出物源方向。

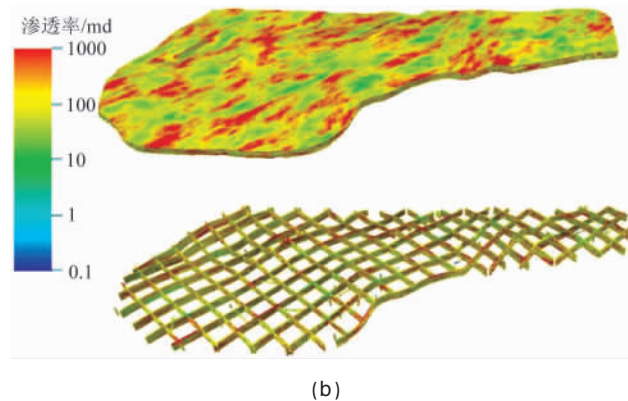
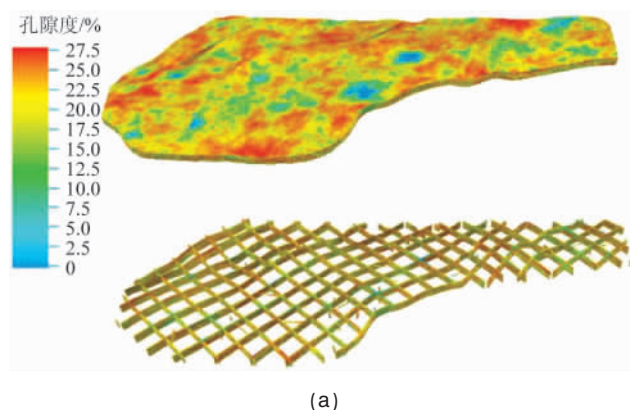


图6 塔河1区下油组孔隙度(a)、渗透率(b)模型
Fig. 6 Porosity (a) and permeability (b) models of lower oil formation in the 1st block of Tahe Oilfield

4 结论

准确的基础数据、构造的复杂程度以及断层与层面的相交关系,是三维精细地质建模的重要依据。该区块建模,利用确定性建模和随机建模结合以及趋势面生成层面的方法,充分运用有限的地质资料,建立各层模型。同时,根据夹层的分布,将夹层考虑在模型中,有效地反映了夹层的分布情况和物性分布情况,能够真实反映实际地质情况。

参考文献 (References)

- [1] 石晓燕. Petrel 软件在精细地质建模中的应用 [J]. 新疆石油地质, 2007, 28(6): 773-774.
Shi Xiaoyan. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2007, 28(6): 773-774.
- [2] 裴亦楠. 储层地质模型十年[J]. 石油学报, 2000, 21(4): 45-48.
Qiu Yinan. *Acta Petrolei Sinica*, 2000, 21(4): 45-48.
- [3] 裴亦楠. 储层地质模型[J]. 石油学报, 1991, 12(4): 55-62.
Qiu Yinan. *Acta Petrolei Sinica*, 1991, 12(4): 55-62.
- [4] 吴胜和. 储层建模[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.

- Wu Shenghe. *Reservoir modeling* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [5] 赵政璋. 储层预测技术及应用实例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
Zhao Zhengzhang. *Reservoir prediction technique and application examples* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [6] 王志章, 石占中. 现代油藏描述技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
Wang Zhizhang, Shi Zhanzhong. *Modern reservoir description technology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999.
- [7] 胡向阳, 熊琦华. 储层建模方法研究进展[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2001, 25(1): 107-112.
Hu Xiangyang, Xiong Qihua. *Journal of China University of Petroleum: Natural Science Edition*, 2001, 25(1): 107-112.
- [8] 杨辉廷, 颜其彬. 油藏描述中的储层建模技术 [J]. 天然气勘探与开发, 2004, 27(3): 46-49.
Yang Huiting, Yan Qibin. *Natural Gas Exploration and Development*, 2004, 27(3): 46-49.
- [9] 汪中浩, 章成广. 低渗透砂岩储层评价方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
Wang Zhonghao, Zhang Chengguang. *The evaluating method of ultralow*

- permeable sandstone reservoir [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [10] 欧阳明华, 谢从娇. 精细油藏描述中的储层建模[J]. 新疆石油学院学报, 2004, 16(1): 47-51.
Ouyang Minghua, Xie Congjiao. *Journal of Xinjiang Petroleum Institute*, 2004, 16(1): 47-51.
- [11] 王家华, 张团峰. 油气储层随机建模 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
Wang Jiahua, Zhang Tuanfeng. *Stochastic modeling of reservoir* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.
- [12] 孙立春, 余连勇, 柳永杰, 等. 三角洲沉积砂体骨架模型及储层属性地质模型的实现——以渤海某油田为例[J]. 中国海上油气, 2006, 18(3): 178-182.
Sun Lichun, Yu Lianyong, Liu Yongjie, et al. *China Offshore Oil and Gas*, 2006, 18(3): 178-182.
- [13] 尤少燕, 时应敏, 乔玉雷. 利用多尺度资料进行油藏地质建模——以樊 124 区块为例[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(3): 15-17.
You Shaoyan, Shi Yingmin, Qiao Yulei. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2005, 12(3): 15-17.
- [14] 张世明, 万海艳, 戴涛, 等. 复杂油藏三维地质模型的建立方法[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(1): 9-11.
Zhang Shiming, Wan Haiyan, Dai Tao, et al. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2005, 12(1): 9-11.
- [15] 李彬. 鄂尔多斯盆地超低渗透储层地质建模研究[D]. 北京: 中国地质大学能源学院, 2007.
- Li Bin. *Modelling study of ultra-low permeability reservoir in the ordos basin* [D]. Beijing: School of Energy Resources, China University of Geosciences, 2007.
- [16] 孙致学, 鲁洪江, 孙治宙. 油藏精细地质模型网格粗化算法及其效果 [J]. 地质力学学报, 2007, 13(4): 368-375.
Sun Zhixue, Lu Hongjiang, Sun Zhizhou. *Journal of Geomechanics*, 2006, 18(3): 368-375.
- [17] Alabert F, Modot V. Stochastic models of reservoir heterogeneities: Impact on connectivity and average permeabilities. SPE24893[C]/SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Washing D C, 1992: 355-370.
- [18] Fussell L T, Fussell D D. An iterative technique for compositional reservoir models[J]. *SPE Journal*, 1979, 19(4): 211-220.
- [19] Karsten P, Narasimhan T N. A practical method for modeling fluid and heat flow in fractured porous media [J]. *SPE Journal*, 1985, 25 (1): 14-26.
- [20] 匡建超, 张峭楠. 塔河 1 号油田三叠系下油组储层早期开发地质特征研究[J]. 钻采工艺, 2007, 30(4): 72-74.
Kuang Jianchao, Zhang Shaonan. *Drilling and Production Technology*, 2007, 30(4): 72-74.
- [21] 冯兵, 蒋进勇. 一体化解释在塔河油田三叠系油藏预测中的应用[J]. 石油物探, 2003, 42(3): 384-388.
Feng Bing, Jiang Jinyong. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2003, 42(3): 384-388.

(责任编辑 吴晓丽)

加入全国学会 注册个人会员登记号

中国科协所属的全国学会有192个, 如中国数学会、中国光学学会等, 您加入了自己所属学科的全国学会了吗? 您拥有个人会员登记号了吗?

如果您已经加入某一全国学会, 请赶快注册个人会员登记号, 它将使您:

- 通过个人会员管理系统方便地浏览学会概况, 登记个人参加学术活动、发表专著等信息, 发表意见和建议, 查看学会相关信息。
- 参加所加入的全国学会举办的学术活动, 可获得注册费等方面的减免优惠。
- 在《科技导报》发表学术论文, 将获得交纳版面费的优惠, 可以8折优惠价订阅《科技导报》。

