

# 复杂储层测井新技术（中国石油大学（华东））

## 1、实验室简介

复杂储层测井新技术（中国石油大学（华东））成立于 2011 年，实验室依托中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，主要研究成员由测井与信息工程系教师构成。该实验室从事当前国际测井界几个重要课题的理论方法、实验及数据处理研究，具有一系列开创性的科研成果，具有超前的学术思想，依托高校和企业将科研成果转化为先进的测井技术。

目前该团队有教授（博导）3 人，副教授 9 人，讲师 4 人，博士后 1 人，博士生 3 人，硕士生 15 人。学术带头人唐晓明教授，国家“千人计划”科学家，国际著名声学测井专家。

近两年，该团队承担国家自然科学基金、国家 863 计划、国家油气重大专项等共 5 项，企业合作项目 13 项，申请和授权国家发明专利 12 项。

## 2、研究团队

### ● 实验室主任及成员

**唐晓明**，教授，博士生导师，国家“千人计划”科学家，国际著名声学测井专家。从事地球物理（特别是声波）测井、岩石物理学、地震波传播理论等方面的研发工作，拥有美国专利 30 多项，申请中国发明专利 2 项，出版科研专著 1 部，译著 2 部，发表学术论文 130 余篇，获 Baker Hughes 特殊贡献奖、SPWLA 最佳论文奖等。其中“多分量横波远探测技术”、“随钻四极子横波测井技术”和“低密度水泥套管井的横波检测理论和方法”等科研成果具有开创性。



### 学习经历

1986-1990	麻省理工学院	理学博士
1982-1984	国家地震局	地球物理硕士
1978-1982	北京大学	地球物理学士

### 工作经历

2010-现今	中国石油大学（华东）	教授、博导、“千人计划”科学家
1994-2010	Baker Hughes 能源服务公司声学部	首席科学家、科技顾问
1990-1994	新英格兰研究所	研究科学家、麻省理工学院访问科学家

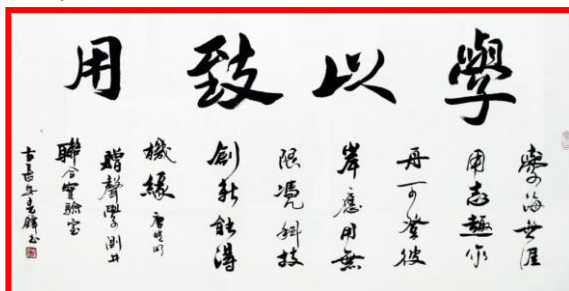
### 学术兼职

2001-2003	SPWLA	科技委员会委员
2007-至今	《Applied Geophysics》	编委
2010-至今	SEG	中国顾问

### 实验室成员

实验室有固定研究人员 17 名，是一支年龄分布合理的高学历、高职称、高水平的研究队伍。

### ● 实验室理念



### 3、科研设备

目前研究室具有多井地球物理模拟实验自动测量系统、软硬地层模型井测量系统和大功率声波变频及采集系统等多套大型参数测量系统。

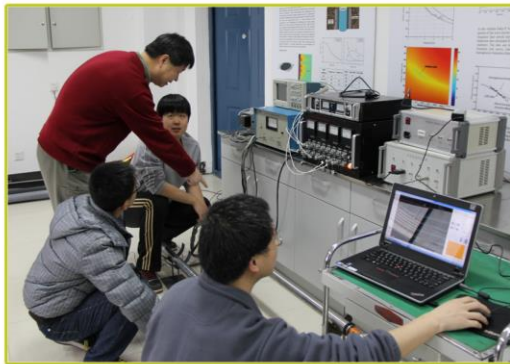


表 1 主要设备简介

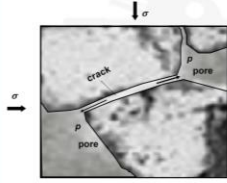
分系统	主要功能
多井地球物理模拟实验自动测量系统	固井质量评价、反射声波测井模拟及声速声衰减测量、交叉偶极评价地层各向异性模拟
软硬地层模型井测量系统	软地层地层横波测量、测井仪器样机测试
卧井实验模拟支持系统	水平井的声电物理模拟、反射声波测井模拟、随钻测井模拟
大功率声波变频及采集系统	具有任意周期、频率可调的正弦波及脉冲发射系统；具有 24 道高分辨率同步采集能力。

### 4、特色技术

- 含孔、裂隙介质的岩石物理及非常规储层的应用研究；
- 偶极横波远探测方法与技术；
- 随钻声波测井理论、实验测试及数据处理研究；
- 三维声波的理论方法、仪器设计及数据处理方法研究；
- 兰姆(Lamb)波的固井声波模拟和实验；

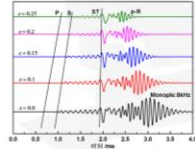
## 岩石物理学基础研究

### 1. 含孔、裂隙介质弹性波动理论

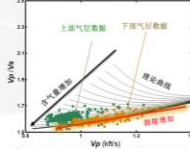


孔隙与裂隙相互作用模型：裂隙受声压 $\sigma$ 挤压变形，将其中的流体注入邻近的孔隙，引起孔隙压 $p$ 的改变并影响波的传播。

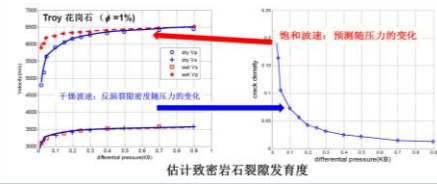
### 2. 波动理论应用研究



裂隙地层测井声场模拟



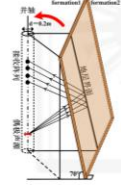
模拟含气页岩的纵、横波测井数据



估计致密岩石裂隙发育度

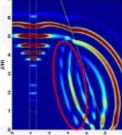
## 偶极横波远探测技术

### 1. 基本原理

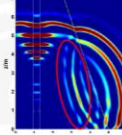


四分量偶极数据:  $4C(xx,xy,yy,yx)$   
 $xx = SH \cdot \cos^2 \phi + SV \cdot \sin^2 \phi$   
 $xy = -SH \cdot \sin \phi \cos \phi + SV \cdot \sin \phi \cos \phi$   
 $yx = xy$   
 $yy = SH \cdot \sin^2 \phi + SV \cdot \cos^2 \phi$   
 由四分量偶极数据得到SH和SV横波  
 $SH = xx \cdot \cos^2 \phi - (xy + yx) \cdot \sin \phi \cos \phi + yy \cdot \sin^2 \phi$   
 $SV = xx \cdot \sin^2 \phi + (xy + yx) \cdot \sin \phi \cos \phi + yy \cdot \cos^2 \phi$

### 2. 偶极反射声场数值模拟

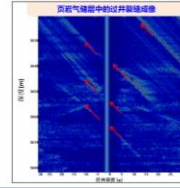
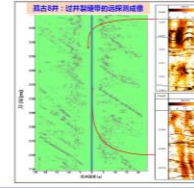


偶极声源激发下的SH反射声场快照



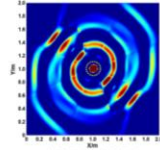
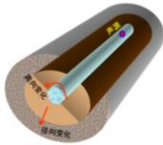
偶极声源激发下的SV反射声场快照

### 3. 偶极横波远探测技术现场应用



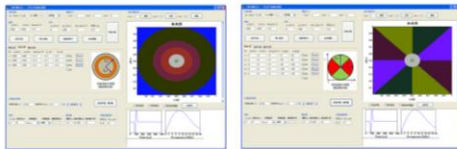
## 三维声波测井技术

### 1. 三维声波理论数值模拟



横切面声场快照

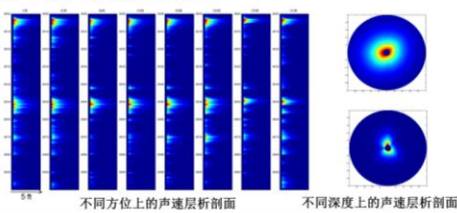
### 2. 三维声波井眼响应分析软件



径向分层建模及数值模拟

周向分层建模及数值模拟

### 3. 三维声波测井应用研究

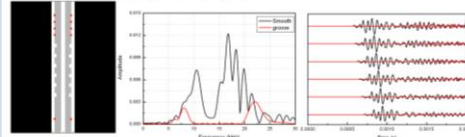


不同方位上的声速层析剖面

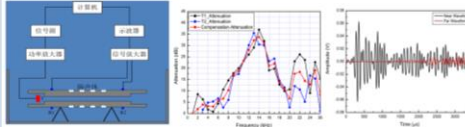
不同深度上的声速层析剖面

## 随钻声波测井技术

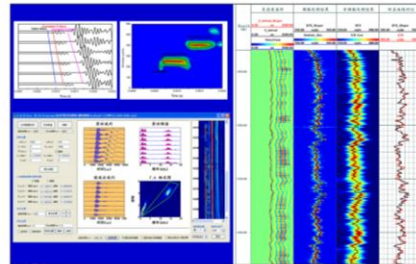
### 1. 随钻声波测井隔声体设计



### 2. 随钻声波测井隔声体实验测试



### 3. 随钻声波测井信号处理方法研究与实现



## 5、研究成果

近年来，实验室承担国家自然科学基金 2 项、省自然科学基金 1 项、国家油气重大专项 2 项、企业合作项目 13 项。研究室在国内外的核心及以上期刊发表论文 30 余篇，其中 21 篇被 EI 和 SCI 收录，申请及授权国家发明专利 11 项，软件著作权 4 项。

表 1 代表性科研项目

序号	项目名称	项目来源	项目起止时间	经费(万元)	负责人
1	含孔、裂隙介质岩石物理及声波测井基础研究	国家自然科学基金	2011-2015	60	唐晓明
2	随钻声波测井仪器声系及隔声体方法研究	国家油气重大专项	2011-2015	300	唐晓明
3	三维声波仪器设计及数据处理方法研究	国家油气重大专项	2011-2015	268	唐晓明
4	基于声反射的随钻声波识别储层界面的方法研究	山东省自然科学基金	2011-2014	4	陈雪莲
5	随钻声波测井仪器声系的最优化设计理论和方法研究	国家自然科学基金	2012-2015	26	苏远大
6	随钻声波测井关键技术	国家 863	2008-2011	70	苏远大
7	随钻声波测井隔声技术和信号处理方法研究	中海油田服务股份有限公司	2010-2012	165	苏远大
8	交叉偶极数据处理新方法研究	中海油田服务股份有限公司	2011-2012	145	唐晓明

表 2 科研成果奖励

序号	项目名称	项目完成人	获奖时间	获奖名称、等级
1	随钻声波测井隔声新技术	苏远大	2012. 11	山东地学科技创新奖一等奖
2	致密/裂缝型储集层的声波探测方法探讨	钱玉萍	2012. 06	山东省优秀学士论文

表 3 专利及软件著作权

序号	成果名称	专利号	专利类型	发明人
1	在井中发射并接收偶极横波的远探测方法	201110300994.5	发明专利	唐晓明等
2	一种泄露模式波反演软地层横波速度的方法	200710090386.X	发明专利	苏远大等
3	一种在钻铤上变径隔声的随钻声波测井方法与装置	201110299591.3	发明专利	唐晓明等
4	对套管井外地层声阻抗不连续界面检测的系统及方法	200810016233.5	发明专利	陈雪莲等
5	一种反演岩石裂隙参数的方法	201310097797.7	发明专利	魏周拓等
6	一种确定油气储层岩石裂隙发育度和流体性质的方法	201310175000.0	发明专利	唐晓明等
7	一种随钻声波测井装置和方法	201310107116.0	发明专利	魏周拓等
8	一种用于随钻声波测井的声源激励装置	201310149318.1	发明专利	谭宝海等
9	一种反演地层横波速度径向剖面的方法	201310175288.3	发明专利	苏远大等
10	利用频散校正提取套管波衰减率的方法	201310174996.3	发明专利	陈雪莲等
11	一种多功能的电阻率测井实验装置	201310124671.4	发明专利	谭宝海等
12	声波远探测测井反射波成像处理软件	2012SR049453	软件著作权	唐晓明等
13	偶极横波时差的频散校正处理软件	2012SR049437	软件著作权	庄春喜等
14	横波各向异性(横向各向同性 TI)的声测井数据反演软件	2012SR049291	软件著作权	庄春喜等
15	阵列声波测井数据的频率—波数(f-k)滤波处理软件	2012SR049457	软件著作权	庄春喜等

表 4 代表性学术论文

序号	作者	成果名称	杂志	检索	年份
1	唐晓明	含孔、裂隙介质的弹性波动统一理论	中国科学	SCI&EI	2011
2	唐晓明等	Integrated Acoustic Evaluation Of Reservoir Fractures: From Borehole Out Into The Formation	Petrophysics	SCI	2011
3	苏远大等	An equivalent-tool theory for acoustic logging and applications	APPLIED GEOPHYSICS	SCI	2011
4	苏远大等	随钻声波测井钻铤模式波衰减规律研究与隔声体设计	地球物理学报	SCI	2011
5	苏远大等	Estimating radial variation of unconsolidated formations using borehole leaky-P wave dispersion	SPWLA	国际会议	2011
6	唐晓明等	A cracked porous medium elastic wave theory and its application to interpreting acoustic data from tight formations	GEOPHYSICS	SCI	2012
7	唐晓明等	利用井中偶极声源远场辐射特性的远探测测井	地球物理学报	SCI	2012
8	陈雪莲等	孔、裂隙并存地层中的声波测井理论及多极子声场特征	地球物理学报	SCI	2012
9	魏周拓等	Numerical simulation of radiation, reflection, and reception of elastic waves from a borehole dipole source	GEOPHYSICS	SCI	2012
10	陈雪莲等	随钻单极子声反射测井数值模拟	石油学报	EI	2012
11	唐晓明等	Reciprocity in the radiation and reception of elastic waves from a borehole dipole source and its application to fast simulation of shear-wave reflection survey	GEOPHYSICS	SCI	2013
12	苏远大等	Mapping formation shear-velocity variation by inverting LWD quadrupole-wave dispersion data	GEOPHYSICS	SCI	2013
13	魏周拓等	慢速地层中具有方位指向性的偶极纵波远探测测井	石油学报	EI	2013
14	陈雪莲等	套管井中相控线阵声源激发声场的实验室物理模拟研究	声学学报	EI	2013
15	黑创等	LWD quadrupole dispersion characteristics of a prestressed	EAGE	国际会议	2012

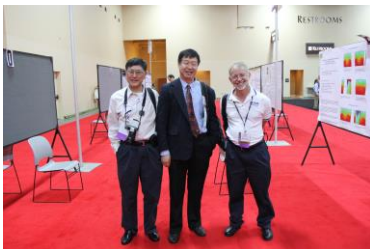
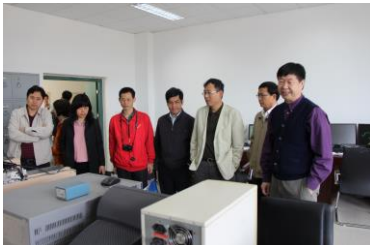
## 6、人才培养

实验室建设以来，形成了岩石物理、声波、电法、核测井方法，测井仪器，测井信息处理与解释等理论和实践教学环节；实验室现有博士后 1 人，博士 4 人，硕士 14 人。



## 7、合作交流

加强与国内外大学、研究所、实验室及油田等一大批学术机构合作交流，组织电法、声波和复杂储层测井国际研讨会，扩大实验室的学术影响。



联系人：唐晓明

地址：青岛经济技术开发区长江西路 66 号

邮编：266580

电话：(86-0532) 86983121

传真：(86-0532) 86983122