

层序地层特征与油气成藏关系 ——以塔中4油田为例

徐寅¹, 徐怀民¹, 牛玉杰², 赵红², 余皎凤²

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
2. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆库尔勒 841000

摘要 将层序地层学理论与油气成藏理论相结合, 从层序特征、沉积体系和油气成藏条件等方面探讨了塔中4油田CI油组层序地层特征与油气成藏模式。综合利用地震、测井及岩心资料, 开展塔中4油田CI油组层序地层学研究, 将其划分为2个三级层序、5个准层序组、9个准层序。在层序地层格架内进行沉积特征研究, 确立研究区发育潮坪和三角洲两类沉积体系。在层序及沉积特征研究基础上, 对油气成藏的要素进行分析, 确立沿断输导它源成藏模式。CI油组本身烃源岩不发育, 油气主要来源于下覆奥陶和寒武统烃源岩。储集层主要分布在SQ1及SQ2的海侵体系域。油气从烃源岩中沿着大断裂向上运移到CI油组成藏, 发育有岩性、断层-岩性及微背斜3种类型油气藏。

关键词 塔中4油田; CI油组; 层序地层; 油气成藏

中图分类号 TE122

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.01.003

Relationship Between Characteristics of Sequence Stratigraphy and Hydrocarbon Accumulation on CI Oil Formation of Tazhong 4 Oilfield

XU Yin¹, XU Huaimin¹, NIU Yujie², ZHAO Hong², SHE Jiaofeng²

1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. Research Institute of Exploration and Development, Tarim Oilfield Company, PetroChina Company Limited, Korla 841000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

Abstract Combined with the theory of sequence stratigraphy and hydrocarbon accumulation, the characteristics of sequence stratigraphy and hydrocarbon accumulation mode of CI oil group in Tazhong 4 oilfield are discussed which is based on the sequence characteristics and sedimentary system and hydrocarbon accumulation conditions, etc. Using the datum of seismic, well logging and coring, CI oil group in Tazhong 4 oilfield can be divided into 2 third-order sequences, 5 subsequences units, 9 parasequences, and both tidal and Delta depositional systems have been identified by research of faces in the trellis of sequence stratigraphy. On the basis of the sequence and sedimentary characteristics, hydrocarbon accumulation elements of petroleum geology are analyzed, and hydrocarbon accumulation along the fault-transporting allochthonous model has been established. For hydrocarbon sources rocks are hardly found in CI oil group, oil and gas comes mainly from the underlying Ordovician and Cambrian source rocks, reservoirs are mainly distributed in transgressive system tracts of SQ1 and SQ2. Oil and gas along the big break migrated up to CI oil group and accumulation. There types of reservoirs of lithologic hydrocarbon, faults-lithologic hydrocarbon and micro-anticline are developed.

Keywords Tazhong 4 oilfield; CI oil group; sequence stratigraphy; oil and gas accumulation

收稿日期: 2011-10-28; 修回日期: 2011-11-25

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX5001-3)

作者简介: 徐寅, 博士研究生, 研究方向为油气田开发地质, 电子信箱: xuyin209@163.com; 徐怀民(通信作者), 教授, 研究风向为油藏地质评价, 油田开发地质, 电子信箱: xuhuaimin@sina.com

0 引言

层序地层学作为一门独立的地质分支在 20 世纪 80 年代初期被引入中国并得到了长足的发展。解习农等^[1]认为,陆相断陷盆地受构造作用的控制明显,物源近、堆积快、突发事件沉积占比例较大,气候变化对沉积影响明显。魏魁生等^[2]认为含油气盆地中的生储盖层的组合发育与层序中的体系域具有一定的成因联系。纪友亮^[3]在陆相层序及其成因复杂性认识的基础上,综合分析了海平面变化、湖平面变化、沉积物供给、构造运动和气候等各种因素的影响,认为地层展布样式受控于可容空间和新增可容空间的形成速率。因为形成油气藏的诸如生、储、盖等地质要素在层序中均有一定的分布规律,因此层序地层学能够在油气勘探中发挥重要作用,曾被当作最先进的找油理论而广泛应用^[4]。

CI 油组是塔中 4 油田重要的产油层段,属海陆交互相沉积,沉积环境、油水关系均较复杂,开发形势较为严峻。利用常规的岩性对比容易造成地层充填形式的混乱,对油水关系也认识不清。前人对塔中 4 油田尤其是 CI 油组层序及沉积方面所做工作相对较少^[5-7],而且随着油田开发的不断深入,需要对地下地质情况进行更深入的研究认识。因此,本文运用层序地层学理论和方法,建立研究区等时地层格架,明确格架内沉积物充填演化规律,在此基础上探讨地层层序特征与油气成藏地质要素、成藏类型的关系,进而深入分析油气成藏模式,以期对油田的滚动开发起到一定的指导作用。

1 区域地质概况

塔中 4 油田地处新疆且末县境内,塔克拉玛干大沙漠腹地,构造位置处于中央隆起带塔中隆起中央断垒带上(图 1)。主要含油层系为石炭系海相、海陆过渡相地层。构造整体表现为一组受南倾逆断裂控制的呈北西—南东走向的长轴背斜群,主断裂位于构造北翼,发育有 TZ402、TZ422、TZ401 3 个局部构造,高点间以鞍部相接或断层分割。



图 1 塔中 4 油田构造位置示意图

Fig. 1 Structure location diagram of Tazhong 4 oilfield

石炭纪地层沉积于早海西运动抬升剥蚀形成的古地貌背景之上。石炭纪早期,海侵超覆沉积了东河砂岩段早期地层;其后发生填凹补平,东河砂岩段沉积中后期古地貌高差变小,沉积稳定,沉积了下泥岩段、生屑灰岩段、中泥岩段和标准灰岩段海相地层。

CI 油组沉积早期,发生一期较强的构造运动,沉积区抬升,局部形成古隆,以泥质为主的上泥岩段超覆沉积于标准灰岩段之上。砂泥岩段和含灰岩段沉积时期,构造活动相对较弱,地貌高差小,沉积相对稳定,以海陆过渡的潮坪、辫状河三角洲沉积为主。

2 层序地层格架的建立

层序的界面是一个不整合面或与之可对比的整合面。不整合型界面是常见且重要的界面类型,反映地层之间较大的沉积间断,往往存在地表剥蚀的证据,是层序级单元的划分依据。

三级层序的界面多为不整合面或与之相对应的整合面。三级层序反映的是沉降速率与沉积速率的变化,与沉积环境的变化相关联,在垂向上表现为沉积相的转变,平面上表现为沉积相的迁移,因此三级层序的界面又可以是为沉积相带的转换面。

上述两种层序界面研究区均有发育。在 CI 油组沉积早期,曾发生一期较强的构造运动,地层抬升,局部形成古隆,上泥岩段超覆沉积于标准灰岩段之上,形成不整合面,将 SQ1 与下覆地层区分开来,属 I 型层序界面。界面上下地层测井曲线出现突变。划分 SQ1 与 SQ2 的局部不整合面,属于沉积体系转换面,为 II 型层序界面。界面上下地层测井曲线亦存在明显的突变现象。

体系域指一套同期的、沉积机制基本一致的沉积体系。根据反映水位变化的初始海泛面和最大海泛面,三级层序内还可划分出低位体系域(LST)、海侵体系域(TST)及高位体系域(HST)。海泛型界面包括最大海泛面和一般海泛面。最大海泛面是在盆地基底下降明显、海平面上升达到最大位置时形成的沉积界面,界面上下的沉积序列、准层序叠置样式存在差异。常规测井曲线响应上,界面之上地层表现为伽马高值、自然电位负异常、电阻率低值等特点。一般海泛面代表了低一级次的海平面升降变化旋回,其沉积物特征变化相对不明显。界面上部地层在常规测井曲线上表现为自然伽马相对低值,自然电位靠近基线。

本次研究以层序地层学与沉积学理论为指导,综合利用岩心、测井、地震等多方面资料,井震标定结合区域构造演化特征,在已经建立的三级层序格架内,运用岩性叠置方式划分识别出了 2 个最大海泛面和 6 个一般海泛面。最终将塔中 4 油田 CI 油组划分为 2 个三级层序、5 个准层序组、9 个准层序,建立了塔中 4 油田 CI 油组层序地层格架(图 2)。

地层单元					层序界面	层序单元				相对海平面升降	
系	组	岩性段	砂层组	小层	界面类型	层序	体系域	准层序组	准层序	高——低	
石炭系	小海子组	顶灰岩段			最大海泛面						
		含灰岩段	Cl ₁	Cl ₁ ¹	一般海泛面	SQ2	TST	SQ2-23			
	Cl ₁ ²			一般海泛面	SQ2-22						
	Cl ₁ ³			一般海泛面	SQ2-21						
	Cl ₂		Cl ₂ ¹	一般海泛面	SQ2-1			SQ2-11			
			Cl ₂ ²	不整合面							
			Cl ₂ ³	一般海泛面	SQ1-32						
	砂泥岩段	Cl ₃	Cl ₃ ¹	一般海泛面	SQ1	HST	SQ1-31				
			Cl ₃ ²	一般海泛面			SQ1-22				
			Cl ₃ ³	一般海泛面			SQ1-21				
		上泥岩	Cl ₃ ⁴	最大海泛面							
			Cl ₃ ⁵	不整合面							
			Cl ₃ ⁶	不整合面							
	巴楚组	标准灰岩段									

图 2 塔中 4 油田 CI 油组层序地层划分方案

Fig. 2 Sequence stratigraphic division scheme of Tazhong 4 oilfield

3 层序地层格架与油气成藏

层序地层学研究表明,油气成藏要素(生、储、盖)的分布与体系域的空间展布紧密相关,塔中 4 油田 CI 油组本身不发育烃源岩^[6],因此重点是研究层序地层格架与储、盖层的发育及分布关系。

3.1 储层分布特征

根据沉积特征分析,研究区 CI 油组主要发育有潮道、砂坪、水下分流河道及分流河道 4 类储集体。

SQ1 发育海侵体系域和高位体系域。SQ1-1 沉积时期属于海侵体系域,相对海平面快速上升,下泥岩段超覆沉积于古隆起之上,以潮上带泥坪为主,局部发育土豆状砂坪储层。SQ1-2、SQ1-3 沉积时期整体表现为海退,属于高位体系域,相对海平面由快速上升转为快速下降,以水下分流河道、分流河道、砂坪沉积为主,局部发育潮道沉积,均可作为良好的储层。

SQ2 仅发育海侵体系域,主要为砂泥岩段和含灰岩段沉

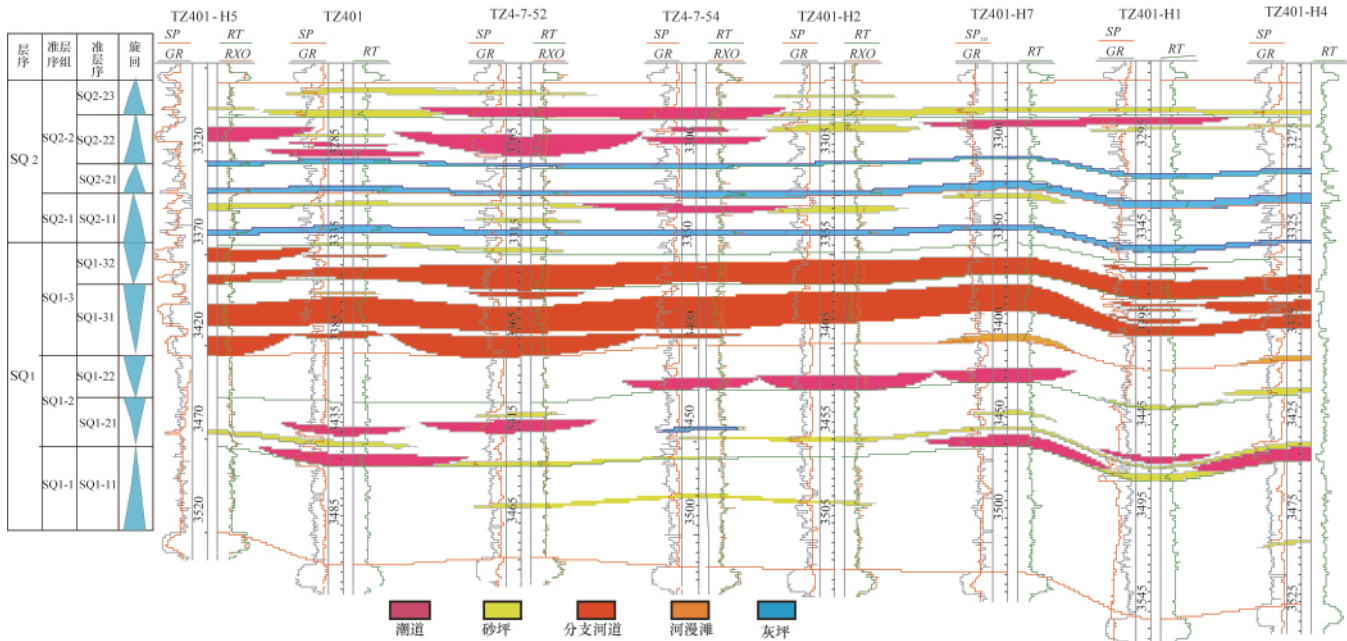


图 3 塔中 4 油田 CI 油组层序及沉积演化剖面

Fig. 3 Sequence and sedimentary evolution section of CI group of Tazhong 4 oilfield

积时期,属于潮坪沉积。SQ2-11 时期以灰坪沉积为主,部分井区零星发育砂坪和潮道。SQ2-21 沉积时期,主要以砂坪沉积和潮道沉积为主。SQ2-22、SQ2-23 沉积时期,水位持续上升。砂坪沉积呈全区分布趋势,部分区域发育潮道。晚期以泥坪沉积为主,砂坪与潮道零星发育(图 3)。

3.2 盖层分布及储盖组合

SQ1-1、SQ1-2 时期,以泥坪沉积为主,储层为土豆状或透镜体砂体及潮道砂体,连续性差,多形成泥包砂的储盖组合。SQ1-3 时期,以水下分支河道和分支河道砂体为主,储层发育,且连通性好。与上部 SQ2-1 泥坪沉积能形成好的储盖组合。SQ2-2 时期,储层以潮坪砂体及潮道沉积为主,砂体多为透镜状,连续性较差,储盖组合亦为泥包砂模式。

4 油气成藏模式及类型

根据区域成藏背景认识^[9-10],塔中 4 油田 CI 油组油气主要来源于下部寒武及奥陶系的烃源岩,沿着不整合面及深大断裂向上运移到 CI 油组,再通过次级断裂或连通砂体侧向运移至储层中成藏,形成沿断它源成藏模式(图 4)。CI 油组由于储层岩性横向变化大,导致既有岩性控油的岩性油气藏又有由构造因素与岩性因素共同控制的复合型油气藏。

CI 油组发育有岩性、断层-岩性及微背斜 3 种类型油气

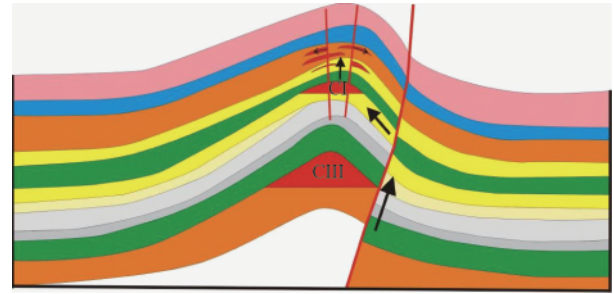


图 4 塔中 4 油田 CI 油组沿断它源成藏模式
Fig. 4 Hydrocarbon accumulation along the fault-transporting allochthonous model of CI group of Tazhong 4 oilfield

藏。断层-岩性油气藏主要受断层控制,同时还受到岩性的遮挡,形成断层-岩性控制的油藏(图 5)。在 SQ1 和 SQ2 的海侵体系域均有发育。研究区属海陆交互相沉积,储层物性横向变化大,易形成岩性圈闭,多发育于 SQ2 的海侵体系域砂坪沉积。微背斜油气藏主要发育于 SQ1 的高位体系域,主要储集层为三角洲的水下分流河道与分流河道沉积,砂体垂向叠置,横向连通性好,在构造高部位易形成背斜油气藏。由于后期改造作用,这套优质储层里的油气遭到破坏,油气向外逸散,或通过连通砂体向上运移至 SQ1 形成新的油气藏。

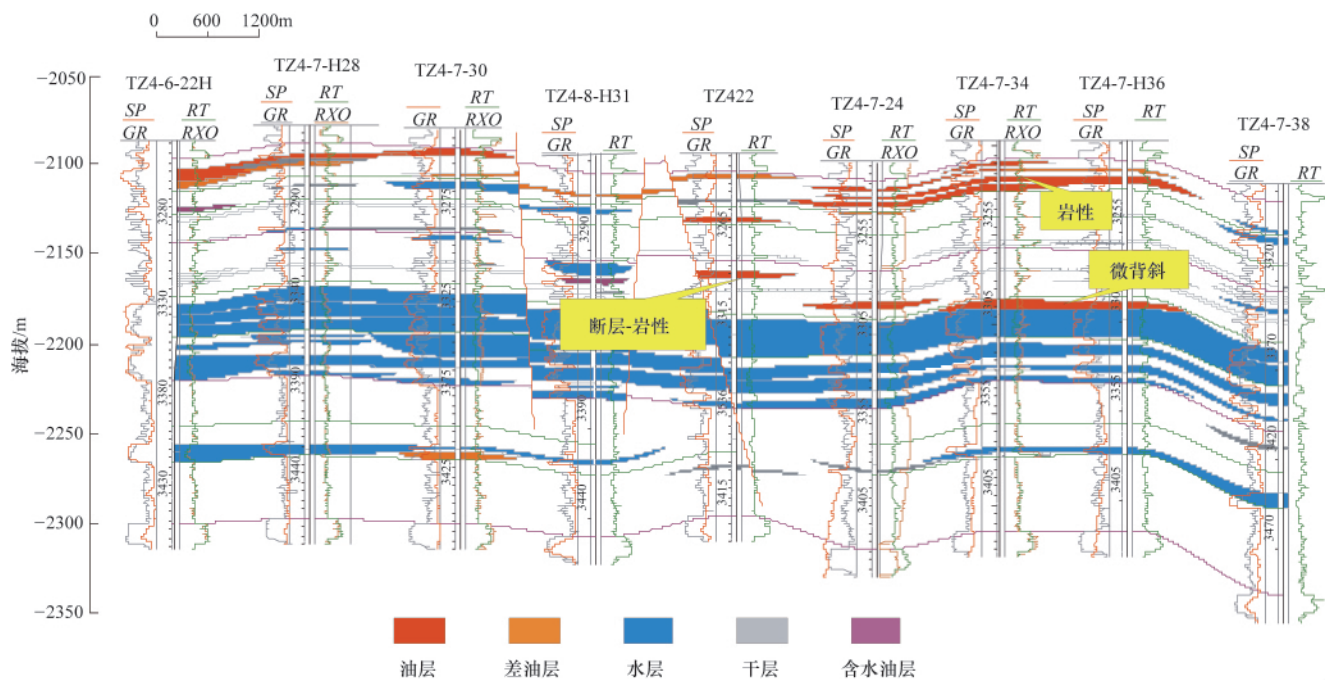


图 5 塔中 4 油田 CI 油组油气藏类型
Fig. 5 Reservoir types of CI group of Tazhong 4 oilfield

5 结论

(1) 通过研究,建立塔中 4 油田 CI 油组层序地层格架,划分 2 个三级层序,5 个准层序组和 9 个准层序。

(2) CI 油组油气主要来源于下覆寒武和奥陶系烃源岩。储集体主要是 SQ1 和 SQ2 的海侵体系域的潮道和砂坪砂体,以及 SQ1 的高水位体系域水下分流河道和分流河道砂体。储

盖组合主要为泥包砂型及下储上盖型。

(3) 油气藏成藏模式为沿断它源成藏模式, 下部寒武及奥陶系的烃源岩, 沿着不整合面及深大断裂向上运移到 CI 油组, 再通过次级断裂或连通砂体侧向运移至储层中成藏, 发育有岩性、断层-岩性及微背斜 3 种类型油气藏。

参考文献 (References)

- [1] 解习农, 李思田. 陆相盆地层序地层研究特点 [J]. 地质科技情, 1993, 12(1): 22-26.
Xie Xinong, Li Sitian. *Geological Science and Technology Information*, 1993, 12(1): 22-26.
- [2] 魏魁生, 徐怀大. 华北典型箕状断陷盆地层序地层学模式及其与油气赋存关系[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1993, 18(2): 139-149.
Wei Kuisheng, Xu Huaida. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 1993, 18(2): 139-149.
- [3] 纪友亮. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社, 1996.
Ji Youliang. *Sequence stratigraphy of continental rift basin* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.
- [4] 胡受权, 颜其彬, 张永贵. 断陷湖盆陡坡带陆相层序体系域与油气藏成藏类型[J]. 石油勘探与开发, 1992, 26(1): 13-17.
Hu Shouquan, Yan Qibin, Zhang Yonggui. *Petroleum Exploration and Development*, 1992, 26(1): 13-17.
- [5] 田昌炳, 贾爱林. 层序地层学在塔中 4 油田 CI 油组开发中的应用[J].

石油勘探与开发, 1996, 23(4): 46-49.

- Tian Changbing, Jia Ailin. *Petroleum Exploration and Development*, 1996, 23(4): 46-49.
- [6] 许杰, 郭建华. 塔里木盆地石炭系层序地层研究 [J]. 海洋地质动态, 2008, 24(10): 19-28.
Xu Jie, Guo Jianhua. *Marine Geology Letters*, 2008, 24(10): 19-28.
- [7] 郭建华, 刘生国, 肖传桃, 等. 塔中卡拉沙依组-小海子组层序地层与沉积相[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(3): 265-271.
Guo Jianhua, Liu Shengguo, Xiao Chuantao, et al. *Oil & Gas Geology*, 1995, 16(3): 265-271.
- [8] 周小进, 范明, 邱蕴玉. 塔里木盆地塔中地区油气特征及成藏模式探讨[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 148-152.
Zhou Xiaojin, Fan Ming, Qiu Yunyu. *Experimental Petroleum Geology*, 1997, 19(2): 148-152.
- [9] 刘文龙, 孙德君, 张晓东, 等. 塔里木盆地塔中 4 油田成藏演化史[J]. 大庆石油地质与开发, 2001, 12(6): 20-22.
Liu Wenlong, Sun Dejun, Zhang Xiaodong, et al. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2001, 12(6): 20-22.
- [10] 刘克奇, 苏振阁. 塔里木盆地塔中 4 油田油气成藏条件与成藏模式 [J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2005, 29(2): 6-10.
Liu Keqi, Su Zhengge. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 2005, 29(2): 6-10.

(责任编辑 郑伟, 刘志远)

·学术动态·

“2012 年电磁、超声检测技术发展国际研讨会”征文

由中国无损检测学会主办的“2012 年电磁、超声检测技术发展国际研讨会”拟于 2012 年 8 月 17 日在南昌召开。

征文范围:(1) 电磁检测技术(阵列涡流检测技术/脉冲涡流检测技术, 涡流/漏磁/超声集成检测技术及应用, 磁记忆检测技术研究, 微波检测新技术, 电磁层析/电容层析成像检测技术, 电磁检测新方法和新技, 电磁检测传感器技术, 电磁检测仪器与装备, 电磁检测仿真技术及应, 电磁检测技术在结构健康监测中的应用); (2) 超声检测技术(超声相控阵检测技术/超声 TOFD 检测技术, 超声导波检测技术, 电磁超声/激光超声/空气耦合超声检测技术, 光声成像检测技术, 超声显微镜技术及应用, 高分辨率超声成像检测新方法, 超声检测换能器研究, 非线性声学检测方法及技术, 超声检测仿真技术及应用, 声发射检测技术, 声学检测技术在结构健康监测中的应用); (3) 其他相关无损检测技术领域(无损检测技术发展动态, 无损检测标准发展动态, 无损检测高等教育及人员培训发展动态)。

论文截止日期: 2012 年 5 月 31 日。

联系电话: 0791-83953488。

通信地址: 南昌市丰和南大道 696 号无损检测技术教育部重点实验室 (330063)。

电子信箱: niatndt@126.com。

大会网站: <http://ndt.nchu.edu.cn>。