

## 塔东地区褶皱构造精细分析及油气勘探方向

余和中<sup>1</sup>, 钱玲<sup>2</sup>, 韩守华<sup>1</sup>, 傅瑾君<sup>1</sup>, 马海波<sup>2</sup>

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油塔里木油田公司)

**摘要** 塔东地区存在四种褶皱构造类型: 应变型主要发育于满加尔凹陷中央, 劈理型主要发育于满加尔凹陷和英吉苏凹陷的斜坡部位, 张裂型主要发育在阿尔金山前的塔南隆起和天山山前的塔北隆起, 剪裂型主要发育于阿尔金山脉、天山山脉的山前地带。塔东地区发育有加里东—海西期、印支—燕山期以及喜马拉雅期三期构造中和面的叠加。喜马拉雅期形成的新中和面对之前的古中和面具有改造作用, 它是控制油气聚集的重要界面。本区早古生代是剧烈下沉的拗拉槽, 晚古生代—三叠纪是急剧抬升的古隆起, 本区实际上是在残余古隆起上找油找气。古隆起的上中和面地层大多被严重剥蚀, 而所残留的下中和面不是油气聚集有利区。认为有些钻井在背斜下中和面获得残留油气流, 预示着相邻的向斜下中和面斜坡区构造-岩性油气藏可能成为本区的有利勘探方向。上震旦统、中—上寒武统、下奥陶统蓬莱坝组中的三套白云岩以及志留系和侏罗系碎屑岩是塔东地区的有利勘探目标。

**关键词** 褶皱; 构造类型; 中和面; 油气成藏; 勘探方向; 塔东地区

**中图分类号** TE111.2

**文献标识码** A

多年来, 对塔里木盆地构造样式的研究主要还是停留在构造几何学研究上, 油气勘探以寻找构造圈闭为主, 虽然利用地震资料刻画出了“五层楼”等多期构造叠加模式<sup>[1]</sup>, 但对单个构造样式的应力分析不够, 有相当一部分钻井的勘探目的层落在背斜构造中和面以下, 因而难免失利。单个构造研究基础不牢, 多层楼构造样式“地动山摇”。所以我们还得静下心来对单个构造进行精细分析, 以准确弄清它们的构造属性, 掌握它们的含油气潜力。

本文从中和面的角度对塔里木盆地东部地区进行褶皱构造样式精细分析, 并提出有利勘探方向。

### 1 地质和勘探概况

本文所指的塔东地区主要包括塔北隆起、北部拗陷、中央隆起、塔南隆起以及东南拗陷各单元的东部, 全区大致呈三角形(图1)。本区南侧以阿尔金山断裂为界与阿尔金山脉相接, 北侧分布着孔雀河断裂并与天山山脉相邻。在塔南隆起与东南拗陷之间还展布着极为醒目的车尔臣断裂, 并在其沿线分布

着众多次一级的或是较小的断裂, 它们与主断裂构成帚状形态。

长期以来, 研究区的勘探一直以寻找构造为目标, 探井多落在构造圈闭, 且多位于残余古隆起之上, 但勘探几乎全部失利, 导致了塔东地区勘探进展缓慢。

在塔里木盆地北部存在一个大范围的“塔北残余古隆起”, 这已被大家所认识<sup>[1]</sup>。一些地震资料表明, 在塔东地区也同样存在一个“塔东残余古隆起”, 而且与前者相比, 它被剥蚀掉的古生界—三叠系更多, 分布面积更大, 隆起更强烈。但由于它叠置在震旦纪—早古生代库满拗拉槽之上, 又为侏罗纪及以后的中生代盆地所覆盖, 所以长期以来未能被识别和重视<sup>[1]</sup>。

塔东地区先是早古生代剧烈下沉的“拗拉槽”, 后是晚古生代—三叠纪急剧抬升的古隆起, 这样的大落大起, 升温降温, 在塔里木克拉通各构造单元中是最为典型的。从这个意义上说, 塔东地区实际上是在残余古隆起上而不是在凹陷中找油找气, 对于这一点, 我们必须有清醒的认识。

收稿日期: 2011-12-23; 改回日期: 2012-04-01

余和中: 1963年生, 博士, 高级工程师。1986年毕业于武汉地质学院, 2005年获得中国地质大学(北京)矿产普查与勘探专业博士学位。主要从事油气构造、石油地质等研究。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224993

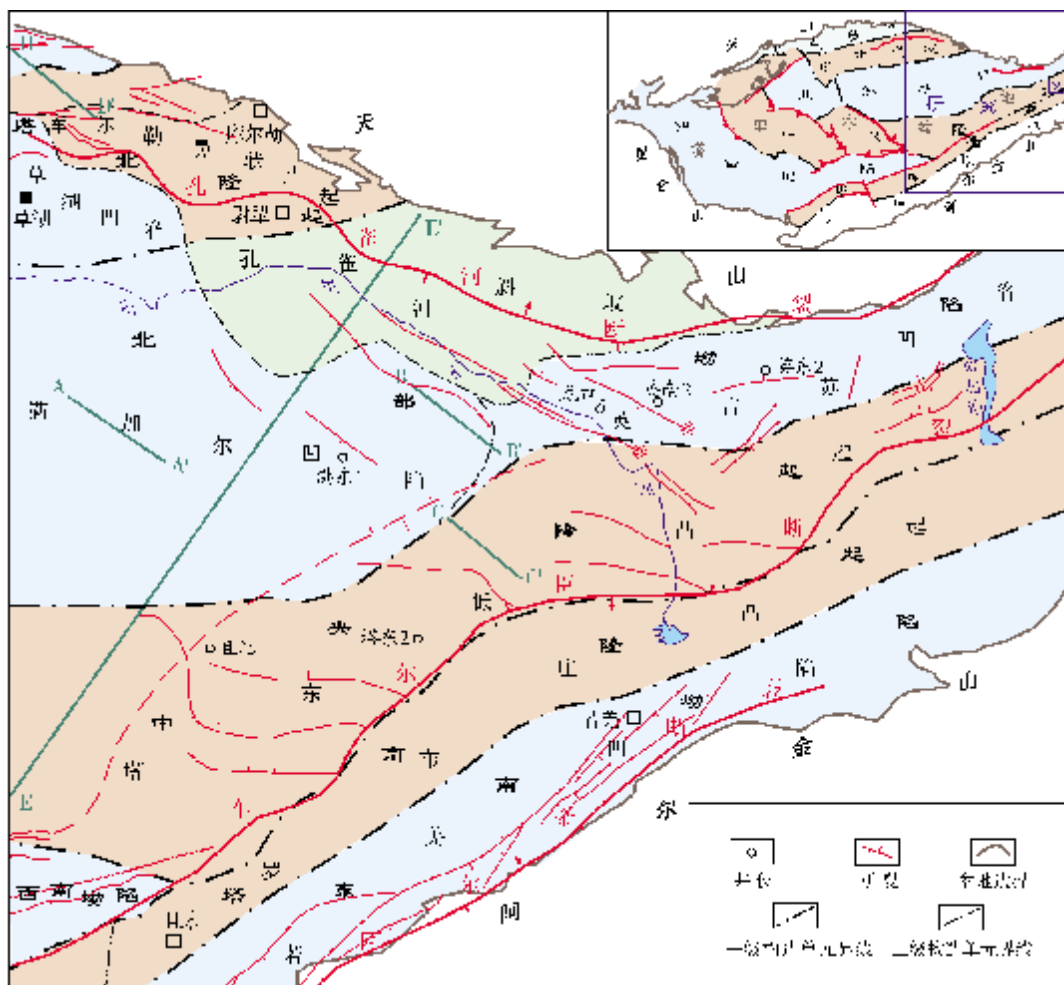


图1 塔东地区构造及位置

A—A', B—B', C—C', D—D', E—E' 均为地震剖面线, 对应的剖面见图2和图3

## 2 塔东地区褶皱构造样式精细分析

应变褶皱内部各个部分顺层发生了长度的变化以调节层面的弯曲,Ramsay<sup>[2]</sup>称其为切向长度应变,表现为褶皱层的外弧伸长和内弧缩短。根据前人的研究结果,随着褶皱程度的不断加强,按构造变形特征可以划分出四种类型,包括应变型、劈理型、张裂型以及剪裂型<sup>[2-4]</sup>(图2)。塔里木盆地属于应力作用较强的压性盆地,在塔东地区就包含了构造变形的所有类型,下面针对研究区的实际构造来分别予以介绍。

### 2.1 应变型褶皱

在接近岩层中部,有一个既无伸长亦无缩短的无

应变面,称为中和面(图2中标记为“2”),其面积或在横剖面上的长度在应变前后保持不变,中和面上各点在变形前的圆形标志仍保持其圆的形态(图2a<sub>1</sub>)。整个横剖面上地层各点的应变大小,与其到中和面的距离成正比<sup>[2,4-5]</sup>。各点应变椭球的压扁面,在中和面的外侧,平行于层面或中和面呈弧形排列,而在中和面的内侧,则为垂直于层面或中和面呈扇形排列。对于应变型褶皱构造,中和面以上的地层(上中和面,图2中标记为“3”)构造变形处于张性应变,所以易于聚集油气流体而成藏<sup>[5-7]</sup>;中和面以下的部分(下中和面,图2中标记为“1”)构造变形处于压性应变,属油气流体排出区域,不利于油气成藏。

该类型构造样式主要位于大型凹陷中部,在塔东地区主要发育于满加尔凹陷中央(图1,图2a<sub>2</sub>)。

褶皱类型	构造模式	实例剖面	分布特征
(a) 应变型	(a <sub>1</sub> )	A A'	主要分布在 坳陷内
(b) 劈理型	(b <sub>1</sub> )	B B'	主要分布在 斜坡区
(c) 张裂型	(c <sub>1</sub> )	C C'	主要分布在 盆缘与台盆区间
(d) 剪裂型	(d <sub>1</sub> )	D D'	主要分布在 盆山边缘和前陆

图 2 褶皱构造类型模式<sup>[2-4]</sup>与实例

1 下中和面; 2 中和面; 3 上中和面

A—A', B—B', C—C', D—D', E—E' 剖面位置见图 1

## 2.2 劈理型褶皱

由于岩石变形的韧性不同,可形成不同类型的小构造。在岩石呈韧性变形的条件下,褶皱的外侧(上中和面)受侧向拉伸而垂直层理变薄,可形成平行层理的劈理(图 2b<sub>1</sub>)。褶皱内侧(下中和面)受侧向压缩而

垂直层理加厚,可形成正扇形劈理,也可以在内侧层面形成小褶皱。具有这种发育特征的构造称劈理型褶皱构造,比较容易在上中和面形成层状油气藏。

这类构造主要分布在斜坡区,在塔东地区主要发育于满加尔凹陷、英吉苏凹陷的斜坡部位(图 1,图 2b<sub>2</sub>)。



## 2.3 张裂型褶皱

随着变形的继续,在岩石韧性很小的条件下,褶皱外侧不断受拉伸而可形成垂直于层理的张裂,且在裂隙中通常为同构造分泌的结晶物质所充填,因而常形成正扇形排列的张裂脉。由于最外侧应变最强,所以张裂由外侧向内发展,形成尖端向内的楔形脉。褶皱内侧的顺层挤压可形成平行层面的张开而形成顺层的充填脉(图 2c<sub>1</sub>)。在岩层弯曲过程中,随着外侧张裂脉的向内发展,中和面逐渐向内移动,最后甚至可形成切穿整个褶皱层的扇形张裂脉。这种构造主要分布在盆缘与台盆之间,由反向正断层将地层切割成块状,容易在上中和面形成掀斜断块油气藏。

该类构造样式主要发育于构造单元的隆起区,如研究区的塔中隆起(图 1,图 2c<sub>2</sub>)。

## 2.4 剪裂型褶皱

当岩石的韧性稍大时,褶皱的继续加强不是形成张裂而会形成剪裂,在褶皱弯曲的外侧形成正断层式的共轭剪裂,弯曲的进一步发展可在背斜顶部形成地堑,而在褶皱弯曲的内侧则形成逆断层式的共轭剪裂。这类构造称剪裂型褶皱构造(图 2d<sub>1</sub>),主要分布在盆山边缘(前陆冲断-褶皱带)和前隆等应

力集中部位,油气难以在核部聚集,但在上中和面可以形成断块油气藏。

在塔东地区,该类构造主要发育于阿尔金山脉和天山山脉的山前地带(图 1,图 2d<sub>2</sub>)。

## 3 塔东地区油气勘探方向

### 3.1 新构造中和面对油气聚集有控制作用

塔里木盆地存在多个中和面的叠加(图 3),在塔东地区,我们把白垩纪之前发育在古隆起上的中和面称为古隆起中和面(古中和面),而把白垩纪及其之后所发育的中和面称为新构造中和面(新中和面)。

已在塔东满加尔凹陷发现有三期构造中和面的叠加,即加里东—海西期(第 1 期)、印支—燕山期(第 2 期)以及喜马拉雅期(第 3 期)(图 3),下面对它们予以简要的交代。

(1)志留纪—泥盆纪,进入拗陷盆地发育阶段,沉积了一定厚度的志留系,在泥盆系沉积前,中泥盆世发生挤压冲断,塔东地区大面积隆升剥蚀,形成第 1 期中和面。

(2)石炭纪末—三叠纪,持续隆升,三叠纪末发生挤压冲断,使得塔东地区强烈抬升,形成第 2 期中和面,中上奥陶统一三叠系广泛遭受剥蚀,塔东隆起基本定型。根据现有资料,研究区内三叠系主要分布

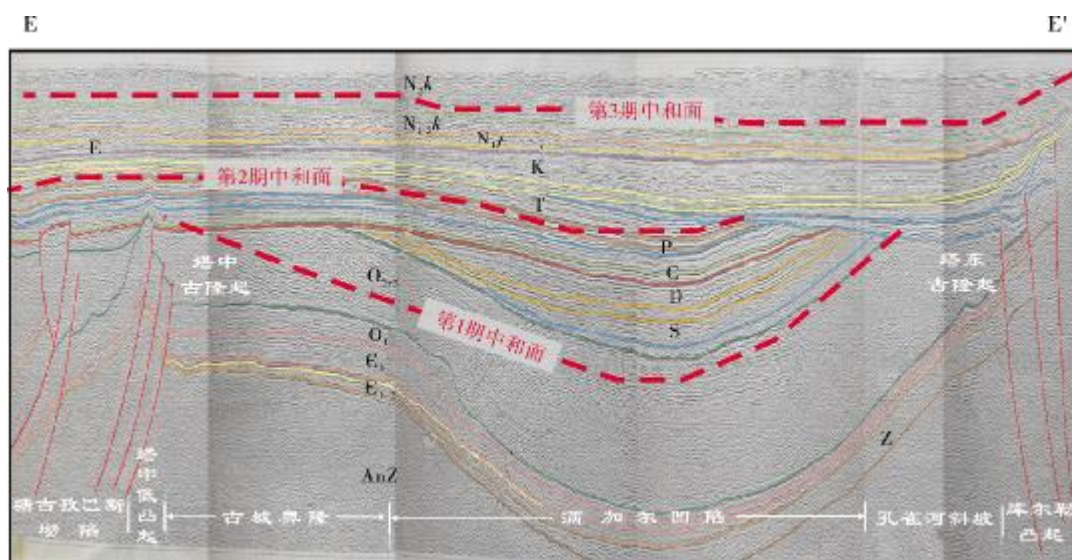


图 3 塔东地区满加尔凹陷三期中和面的叠加特征

第 1 期中和面发育于加里东—海西期,第 2 期中和面发育于印支—燕山期,第 3 期中和面发育于喜马拉雅期。

N<sub>1j</sub> 吉迪克组; N<sub>1-2k</sub> 康村组; N<sub>2k</sub> 库车组。剖面位置见图 1 中的 E—E'

在车尔臣断裂以北,断裂以南则没有发现。

(3)晚白垩世,发生挤压冲断,新生代转变为走滑冲断,形成了第 3 期中和面。

从上述分析可知,塔东地区前两期发育的中和面属于古隆起中和面或古中和面,而第 3 期中和面则属新构造中和面或新中和面。

古隆起的上中和面地层大多被严重剥蚀,而所残留的下中和面不是油气聚集有利区。

在晚期隆起上发现油气,主要原因有两条,一是构造保存完整,二是大多在反转构造带上,比如“坳中隆”<sup>[8-10]</sup>。新中和面对古中和面还同时具有改造作用,如图 3,上部的第 3 期中和面对下部的第 2 期中和面的展布具有改造作用,而且第 2 期中和面对第 1 期中和面的展布也产生了影响。早期中和面的形态受到后期的影响,后期中面若应变幅度小,则影响不大,反之,若后期中面应变幅度大,则对前期中面的改造程度也大。塔里木盆地古隆起上的钻探失利、库车坳陷中—新生界岩性油气藏的发现以及松辽盆地油气勘探开发的实践也都证明了新构造中和面对油气具有的控制作用<sup>[8-10]</sup>。

塔东地区的古隆起呈现为背斜构造,对油气勘探具有强烈的诱惑。如塔东古隆起和塔中古隆起(图 3),显示良好的局部构造,从常规思维的角度,它们是比较理想的油气构造。但是从构造中和面的角度来分析,中和面以上地层已被剥蚀,而中和面以下的压性环境很难聚集油气,或仅有残留的(稠)油。

### 3.2 斜坡区构造-岩性油气藏是塔东地区的有利勘探方向

下面我们先对一些勘探实例进行分析。

实例 1 2001 年 12 月 12 日英南 2 井(井位见图 1),在 3 626.02~3 667.56 m 井段侏罗系进行中途测试,获日产天然气 69 268 m<sup>3</sup>,原油 4.721 m<sup>3</sup>,从而发现了英南 2 凝析气藏,使塔东地区的油气勘探取得了历史性突破,一举打破了塔东“生烃死亡线”的勘探瓶颈,扩展了塔东 8.5×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup> 的勘探范围。英南 2 气藏属于上中和面的构造气藏,下一步应加大构造-岩性油气藏分析,扩大油气规模。

实例 2 2003 年 6 月,满东 1 井(井位见图 1)在 5 555.19~5 607.00 m 井段志留系中途测试获工业

气流,但产气未能持续。笔者认为它是属于靠近中和面附近的下中和面残留油气藏,因而规模有限。

实例 3 同样是 2003 年,在塔东地区东部的英东 2 井(井位见图 1)发现了上寒武统白云岩储层并获低产气流。

以上发现虽然实现了在塔东的不同地区、不同层系获得了工业气流或良好油气显示,说明有油气藏的存在,但真正要找到规模(商业)油气藏,注意力应该放在上中和面层段。

笔者认为,实例 1 属于劈理型构造样式的上中和面油气藏,而实例 2 属于劈理型构造样式的下中和面残留油气藏,实例 3 属于张裂型构造样式的下中和面残留油气藏。实例 2 和实例 3 这两个背斜构造下中和面残余油气流的发现预示着塔东地区在斜坡区(向斜构造下中和面层段)具有大面积、立体含气的勘探前景。这类斜坡区,包括中生界背斜构造上中和面侧翼和中、古生界向斜构造下中和面的构造-岩性油气藏也是整个塔里木盆地的重要天然气勘探后备领域。

### 3.3 有利勘探层位

塔东地区烃源岩为寒武系—下奥陶统暗色泥岩、页岩及泥质碳酸盐岩,属过成熟高丰度烃源岩。该区大中型圈闭成排成带发育,目前已发现 14 个勘探区带。

目前发现上震旦统、中—上寒武统、下奥陶统蓬莱坝组中的三套白云岩,均见到不同程度的油气显示,塔东 2 井还获得过低产油气流,所以这三套白云岩是塔东地区近期的重点勘探层系。由于它们主要发育于第 1 期中和面之下,因此,隆起顶部不是有利勘探部位,勘探主要应寻找斜坡部位的裂缝、孔洞型碳酸盐岩油气藏。

另外,本地区已在志留系、侏罗系两套碎屑岩中有工业发现或有丰富的油气显示,如英南 2 井、龙口 1 井、满东 1 井(井位见图 1)均在志留系获得丰富的油气显示或工业油气流,英南 2 井还在侏罗系获工业气流。由此可见,志留系和侏罗系碎屑岩是塔东地区不可忽视的勘探层系。志留系主要发育于第 2 期中和面之下,隆起顶部也不是有利勘探部位,在这里主要应寻找斜坡部位的构造-岩性油气藏,而侏罗系则可以寻找第 2 期中和面之上的构造-岩性油气藏。

## 4 结 论

(1)塔东地区存在应变型、劈理型、张裂型及剪裂型等四种褶皱构造类型。

(2)塔东地区含有加里东—海西期、印支—燕山期以及喜马拉雅期三期构造中和面的叠加,新中和面(第3期中和面)对油气成藏具有控制意义。

(3)向斜下中和面的斜坡区构造-岩性油气藏是塔东地区的有利勘探方向。

(4)上震旦统、中—上寒武统、下奥陶统蓬莱坝组中的三套白云岩,以及志留系和侏罗系两套碎屑岩,它们是塔东地区的有利勘探目标。

### 参 考 文 献

- [1] 周新源,杨海军,邬光辉,等.塔中大油气田的勘探实践与勘探方向(为庆祝塔里木油田石油会战20周年而作)[J].新疆石油地质,2009,30(2):149-152.
- [2] Ramsay J G. 岩石褶皱作用和断裂作用[M]. 单文琅,等,译. 北京:地质出版社,1985.
- [3] Nicolas A. 构造地质学原理[M]. 嵇少丞,译. 北京:石油工业出版社,1989.
- [4] Billings M P. Structural Geology[M]. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1972.
- [5] 余和中,韩守华,斯春松,等.向斜轴部中和面以下层段油气勘探[J]. 中国石油勘探,2008,13(3):23-26.
- [6] 余和中,韩守华,赵庆军,等.向斜下中和面构造油气藏——中国南海相中—古生界油气勘探新方向[J]. 海相油气地质,2008,13(4):49-52.
- [7] 钱玲,余和中,丁成豪,等.塔里木盆地褶皱中和面与油气成藏关系初探[J]. 海相油气地质,2011,16(4):62-65.
- [8] 贾承造,赵文智,邹才能,等.岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[J]. 石油勘探与开发,2007,34(3):257-272.
- [9] 邹才能,贾承造,赵文智,等.松辽盆地南部岩性-地层油气藏成藏动力和分布规律[J]. 石油勘探与开发,2005,32(4):125-130.
- [10] 萧德铭,迟元林,蒙启安,等.松辽盆地向斜区岩性油藏勘探认识与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2005.

编辑:吴厚松

## Fine Analysis of Folds and Oil and Gas Exploration in Eastern Part of Tarim Basin

Yu Hezhong, Qian Ling, Han Shouhua, Fu Jinjun, Ma Haibo

**Abstract:** There are four types of folds in the eastern part of Tarim Basin: (1) the strain folds that commonly develop in the central part of Manjiaer Sag, (2) the cleavage folds that usually are in the slope zones of Manjiaer and Yingjisu sags, (3) the tensional folds that majorly are in Tanan Uplift of Altun Mountain foreland and Tabei Uplift of Tianshan Mountain foreland, (4) the shear crack folds that mainly develop in the forelands of the Altun Mountain and the Tianshan Mountain. Three periods of fold neutral planes are superimposed in the eastern part of Tarim Basin, which formed during the Caledonian-Hercynian, the Indosinian-Yanshanian and the Himalayan periods. The last Himalayan neutral planes are of reconstruction to former paleo-neutral planes so that they play the important roles of controlling hydrocarbon accumulation. Since this region had been a persistently subsiding aulacogen during early Paleozoic era and was a rapidly rising paleouplift during late Paleozoic to Triassic time, we are actually looking for oil and gas in the residual paleouplift. The strata of upper neutral planes are most denuded seriously in the paleouplift area while the residual strata of lower neutral planes are not favorable for hydrocarbon accumulation. The fact that relic oil and gas flows were met in some drills into the lower neutral planes of anticlines prefigures that the structural/lithologic reservoirs along the slope zones in lower neutral planes of adjacent synclines should be the hopeful prospecting locations. It is suggested that the Upper Sinian, the Middle to Lower Cambrian and the Lower Ordovician Penglaiba dolostone, as well as the Silurian and Jurassic clastic rocks are the favorable exploration targets in this region.

**Key words:** Fold; Structure type; Neutral plane; Hydrocarbon accumulation; Oil and gas prospecting; Eastern Tarim Basin

Yu Hezhong: male, Ph.D., Senior Geology Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023, China