

# 水下穿越管道设计埋深的模糊决策

蒲爱华\* 姚安林

(西南石油学院油建工程系)

蒲爱华等 水下穿越管道设计埋深的模糊决策 天然气工业, 1997; 17(3): 63~ 66

**摘 要** 在总结国内外水下穿越管道事故原因的基础上, 从地质勘察、工程设计、施工质量、后期维护管理和河流环境等五个方面详细讨论了影响水下穿越管道埋深的主要因素。据此提出一种确定水下穿越管道设计埋深的新方法, 即在常规设计的基础上, 对影响水下穿越管道埋深的各种模糊因素进行综合评价; 采用多级模糊综合评判法确定设计埋深的加深系数, 将加深后的管道埋深作为穿越管道的设计埋深, 并通过实例验算表明该方法符合工程实际。

**主题词** 油气集输 管道穿越 埋地管道 设计 模糊数学 分析

水下穿越管道的事故分析在国外开始得较早, 在 60 年代初期, 第一次对水下输气管道事故进行了研究, 其研究表明, 由于管沟深度不够而导致的管道破坏是主要的事故因素<sup>[1]</sup>。

1971~ 1975 年, 前苏联共发生了 4 起这样的事故; 在采用了强制加深管沟的规程之后, 避免了管道可能的变形或飘浮, 在以后的 15 年(1975~ 1990)中仅发生过一起这样的事故。由此可以看出, 水下穿越管道的安全可靠性与管段埋深有直接的关系。

在我国, 水下穿越管道埋深不足一直是引发水下管道事故的一个主要原因。在国内曾多次发生水下穿越管道被水流冲刷裸露悬空和断裂事故<sup>[2]</sup>, 如 1979 年刚敷设投产的马惠宁线渠口农场黄河穿越处管线, 1983 年夏季被洪水冲断, 造成停产 21 天, 直接损失及其后 5 年的维护费共耗资 500 余万元; 铁秦线石河穿越段由于设计埋深偏小, 1984 年上游水库

放水时, 洪水冲散管线下方的卵石, 管线悬空造成管线上方的石笼将管线压断。据不完全统计, 近 20 年来由于埋深不足引起的事故占我国水下穿越管道事故的一半以上。由此可见, 传统的埋深确定方法存在着一定缺陷, 需要一种更为客观、更为安全的埋深确定方法。

## 常用水下穿越管道埋深确定方法及其缺陷

现有穿越工程中的管段埋深是根据冲刷深度确定的。一般都是将管段埋设在河床冲刷层以下, 对于天然河道河床的冲刷或淤积受来水、来沙及边界条件的影响, 特别是来水来沙对冲刷深度的影响较大。由于确定冲刷深度是一个复杂的问题, 所以国内一些大型河流的穿越工程常用以下两种方法来分析确

- |   |   |
|---|---|
| coalbed gas production O G J, Oct 1992  | 业, 1996; (2)  |
| 3 Dennis Antieau <i>et al</i> Monitoring system protects stations from oxygen hazard PL I, July, 1978 | 8 Sykes W W. Gathering systems concepts—planning, design and construction Proceedings of the 1989 Coalbed Methane Symposium, the University of Alabama/Tuscaloosa |
| 4 James E Mcknight Air exclusion key to gathering system upkeep. O G J, Feb, 1988                     | 9 单学永 渤西油田群输气压缩机装置选型 中国海上油气(工程), 1996; (4)  |
| 5 郑杰 286 kW 二冲程整体式燃气摩托压缩机的研制 天然气工业, 1996; (1)   | 10 涂立平 CT8—4B 固体脱硫剂及其工业应用 天然气工业, 1996; (5)  |
| 6 蒋长春 负压采气新工艺改进 天然气工业, 1996; (5)  |   |
| 7 郑娱泉 天然气压缩机在中晚期气田上的应用 天然气工   |   |

(收稿日期 1996-10-29 编辑 王瑞兰)

\* 蒲爱华, 1973 年生; 1994 年毕业于西南石油学院油建系储运专业, 现就读于西南石油学院硕士。地址: (637001) 四川省南充市。电话: (0817) 2224433。

定。

#### 1. 利用天然河道的水文资料来确定管道埋深

分析河道历年来的水位、流量资料,画出水位与流量关系曲线,从而推断河床是淤积还是冲刷。另外,根据输沙平衡原理,分别计算穿越点上、下游水文站的输沙量,从而判断出穿越点河床的冲淤情况。

#### 2. 利用计算公式确定管道埋深

由于影响河床冲淤变化的因素十分复杂,所以目前尚无完整的描述河床冲淤变化的数学公式。在国内的河流穿越中,一般采用桥渡冲刷计算公式计算冲刷深度<sup>[3]</sup>。这些公式都是假定在来水来沙条件不变的情况下,计算仅由于边界条件改变(断面变窄)所产生的冲刷深度,而且又是通过整理实际桥渡冲刷资料得来的,因此不能全面反映水下穿越的特点和不能无条件地推广使用。

## 水下穿越管道设计埋深的 影响因素分析

根据油气管道穿越工程实际,我们知道水下穿越管道的勘察、设计、施工以及后期的维护管理对于确定管段的埋深都有重要的影响。

#### 1. 勘察方面

穿越点以及施工方法的选择,主要依据水文、地质资料。因此,水文、地质勘察技术人员的技术水平,勘察设备的先进性,实地勘察的工作质量以及收集的水文、地质资料完整性对于正确了解河床地质构造,都具有明显的影响。

在我国的一些穿越工程勘察中,由于装备落后,实地勘察工作粗糙,对河床情况调查得也不够,因而常造成勘察所认定的河床地质情况与实际有较大的出入。最终使穿越管道的设计埋深没有达到河床稳定层的深度。

#### 2. 设计方面

水下穿越管道的设计是整个穿越工程的关键,设计方案技术水平和设计实力对于水下穿越管道的设计水平有很大的影响。在穿越工程设计时应充分考虑工程实际情况,设计方案的技术措施应能为现有的施工力量、设备和技术水平所胜任。

#### 3. 施工方面

国内大型河流穿越,在施工方面出现的问题最多。其中主要问题就是管段埋深不够,达不到设计要求,又没有很好的挽救措施,致使许多水下穿越管道带病运行,给油气管道输送带来隐患。

#### 4. 维护管理

由于管道所处环境的特殊性和复杂性,管道有可能在寿命期内失效。为避免突发事故造成的损失,保证管道的长期安全可靠,应定期对管道进行检修和维护。在巡线频度和维护水平较低的地区,管道可能得不到及时的检修,因此设计埋深应适当加大。

#### 5. 河流环境

许多水下穿越管道事故都是由于意外情况引起,如特大洪水,穿越点上游水库泄洪,航船抛锚等。因此,在设计穿越管道埋深时也决不可忽略这类因素。

## 用多级模糊综合评判法 确定管道设计埋深

对穿越工程的勘察、设计、施工以及后期的维护管理中存在着大量的不确定性因素,在设计时应予以考虑。为减小各种不利因素对穿越工程质量的影响,本文采用设置加深系数的方法来加大管道设计埋深,通过适当加大设计埋深来提高穿越管道设计寿命期内的安全可靠。

在水下穿越管道设计埋深的多级模糊综合评判中,众多因素在不同层次上影响评判结果,因此,需要对不同层次的因素进行不同层次的综合评价,逐渐汇总成最终的评判结果。下面将简要介绍如何使用多级模糊评判法确定水下穿越管道的加深系数<sup>[4]</sup>。

#### 1. 确定因素集

影响设计埋深的因素按其性质分为5类:勘察水平、设计水平、施工质量、管理水平、河流环境。将各种模糊影响因素分层次归纳成表1所列的因素集,并赋予如下记号:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_5\}$$

$$u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}\}$$

$$u_{ij} = \{u_{ij1}, u_{ij2}, \dots, u_{ijk}\}$$

这里  $u_i$  表示第  $i$  类因素子集,  $u_{ij}$  表示第  $i$  类因素子集的第  $j$  个因素,  $u_{ijk}$  表示因素  $u_{ij}$  的第  $k$  个等级。

#### 2. 建立评语集

根据调查和综合大量的工程经验确定出加深系数的取值区间为(1.0~1.3),将规定的取值区间离散成16个值作为评语集,即令:

$$V = \{1.00, 1.02, 1.04, 1.06, 1.08, 1.10, 1.12, 1.14, 1.16, 1.18, 1.20, 1.22, 1.24, 1.26, 1.28, 1.30\}$$

3 用模糊综合评判确定设计埋深的加深系数  
通过调查和综合大量的工程经验后确定出加深

系数的因素等级评判矩阵, 因素权重集和因素类权重集分别为:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.1 & 0.0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.4 & 0.3 \\ 0.0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.9 & 0.8 \end{bmatrix}$$

表1 影响因素及其等级隶属度

Table 1 Influence factors and their classification subordination

因素子集	影响因素	因素等级及其隶属度					归一化处理
		1	2	3	4	5	
勘察水平	u11 勘察人员技术水平	高	较高	一般	较低	低	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u12 勘察设备先进性	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.208, 0.417, 0.167, 0.125)
	u13 水文地质资料完整性	高	较高	一般	较低	低	(0.200, 0.080, 0.000)
设计水平	u21 设计人员技术水平	高	较高	一般	较低	低	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u22 设计单位实力	强	较强	一般	较弱	弱	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u23 穿越工程规模	小	较小	一般	较大	大	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u24 维修费及灾害损失	低	较低	一般	较高	高	(0.000, 0.000, 0.217, 0.435, 0.348)
	u25 管材质量	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
施工质量	u31 施工人员技术水平	高	较高	一般	较低	低	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u32 施工设备先进性	高	较高	一般	较低	低	(0.348, 0.435, 0.217, 0.000, 0.000)
	u33 施工管理水平	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.208, 0.417, 0.167, 0.125)
	u34 成沟和回填质量	高	较高	一般	较低	低	(0.000, 0.042, 0.208, 0.417, 0.333)
	u35 发送和牵引质量	高	较高	一般	较低	低	(0.000, 0.000, 0.174, 0.435, 0.391)
管理水平	u41 防腐和焊接质量	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
	u42 管理人员技术水平	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
	u43 检测设备先进性	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
河流环境	u51 巡线频度	高	较高	一般	较低	低	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
	u52 河床稳定性	好	较好	一般	较差	差	(0.000, 0.000, 0.174, 0.435, 0.391)
	u53 最大断面平均流速	小	较小	一般	较大	大	(0.083, 0.167, 0.417, 0.208, 0.125)
	u54 洪水出现频率	小	较小	一般	较大	大	(0.000, 0.000, 0.217, 0.435, 0.348)
	u55 航运频度	低	较低	一般	较大	大	(0.091, 0.182, 0.455, 0.182, 0.091)
u55 附近水工设施影响	小	较小	一般	较大	大	(0.091, 0.182, 0.455, 0.182, 0.091)	

$$A_1 = (0.4, 0.4, 0.2)$$

$$A_2 = (0.3, 0.3, 0.2, 0.1, 0.1)$$

$$A_3 = (0.3, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1)$$

$$A_4 = (0.4, 0.3, 0.3)$$

$$A_5 = (0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1)$$

$$A = (0.1, 0.3, 0.3, 0.2, 0.1)$$

从表1中所列各项可以看出, 客观因素对加深系数的影响是通过3层关系来体现的, 即因素子集、影响因素和因素等级。由此可见, 要定量表述这些因素对设计埋深的综合影响必须通过三级模糊综合评判运算来实现<sup>[4]</sup>。进而得到三级模糊综合评判集:

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_{16}) \quad (1)$$

其中

$$b_i = \sum_{j=1}^5 a_j b_{ij} \quad (2)$$

于是穿越管道设计埋深的加深系数由下式算得:

$$n = \sum_{i=1}^{16} b_i V_i / \sum_{i=1}^{16} b_i \quad (3)$$

加深后的设计埋深:  $H = nH_1$  (4)

式中:  $H_1$  为按常规设计方法得到的埋深值。

#### 4 实例验算讨论

为验证本方法的实用性, 以中—开线黄河穿越为例进行验算讨论。中—开线黄河穿越管道的设计埋深为4.0~5.0m, 但其实际埋深仅为1.60~3.0m, 严重影响到管道的安全运行; 虽然后来采取了一些补救措施, 仍未收到满意的效果<sup>[5]</sup>。

下面我们采用多级模糊评判的方法来计算该穿越管道的设计埋深加深系数(影响因素及其等级隶属度均在表1中给出)。根据三级模糊综合评判的过程, 编制电算程序, 在微机上运行该程序, 计算得到的加深系数  $n = 1.13$ , 加深后的设计埋深  $H$  为4.52~5.65m。由于在多级模糊评判的过程中, 全面分析了影响穿越管道设计埋深的勘察、设计、施工以及后期的维护管理等多种模糊因素, 对影响穿越管道设计埋深的不利条件给予了充分的考虑, 在评判过程

# 回收分散油田气的橇装式尿素装置设计

李琼玖\*

(化工部天然气化工设计技术中心)

李琼玖 回收分散油田气的橇装式尿素装置设计. 天然气工业, 1997; 17(3): 66~ 69

**摘要** 采用我国开发并工业化的先进工艺技术成果的圆筒形蒸汽转化炉、一次低温 CO 变换、变换气联尿生产尿素的同时代替脱除 CO<sub>2</sub>、多功能联合压缩机、副产蒸汽氨合成塔等节能单元组成橇装式一步法尿素装置, 以回收分散的油田伴生气制成粒状尿素产品。建设一套 120 t/d 橇装式尿素装置投资约 0.8 亿元, 每年可回收油田气  $0.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 产出尿素  $4 \times 10^4 \text{ t}$ , 产值可达 0.74 亿元。不但能回收宝贵资源和保护环境, 并能取得显著的经济效益。建议先选择一个条件较好的井区建设示范, 然后成批制造, 全面推广。

**关键词** 油气田 尿素 橇装装置 生产工艺流程 设计 设备

## 橇装式一步法尿素生产回收 油田伴生气的经济性

我国油气田遍布祖国陆地和海洋疆域, 大量分散的油田伴生气被放空烧掉, 浪费了宝贵资源, 造成环境污染。利用我国开发并工业化的现代科技成果, 设计一套橇装式装置回收油田气制成固体尿素。一套 120 t/d 尿素 ( $4 \times 10^4 \text{ t/a}$ ) 装置可回收油田气  $0.3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ , 投资约在 8 000 万元, 每年产值达 0.74 亿元(按 1 600 元/t 尿素计)。若逐步发展到 50 套装置生产时, 每年回收油田气  $15 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 生产尿素  $200 \times 10^4 \text{ t}$ , 相当投入 40 亿元资金, 每年可回收产品

产值达 37 亿元以上, 投入产出比接近 1:1。一般油田开采井区, 大都具备有电力和水源并形成交通运输网的建设条件。这种橇装式尿素装置其合成氨和尿素橇块共需面积  $2500 \text{ m}^2$ , 不但可建于陆地, 还能安装在海上井架平台或船上, 使对资源有效的回收利用<sup>[1]</sup>变成物质财富, 是利国利民的重大科技举措。建议选择一个示范点进行建设生产, 然后成批制造, 全面推广。

## 油田气生产尿素选用的 工艺流程及设备<sup>[2]</sup>

120 t/d 油田气一步法生产尿素, 流程短: 仅有

中加大了设计埋深, 有利于保障管道的安全。因此我们认为适当加大设计埋深对于减少工程隐患, 提高水下穿越管道的长期安全可靠是有益的。

## 结 束 语

本文提出一种用多级模糊综合评判法确定水下穿越管道设计埋深的新方法。在运用该方法确定管段埋深的过程中, 考虑了水下穿越管道在勘察、设计、施工以及管道维护管理和灾害损失情况等多方面的因素, 提出了管道设计埋深加深系数的计算公式, 通过实例验算表明该方法对于合理确定水下穿越管道的设计埋深具有较好的指导意义, 本方法可

供油气管道设计单位借鉴参考。

## 参 考 文 献

- 1 王善珂译 前苏联干线输气管道事故原因及频率分析 国外油气储运, 1994; (6)
- 2 俞龙章 河流穿越管线事故抢修方法概述 油气储运, 1991; (6)
- 3 高俊凯, 陈国彬 全国主要江河油气管道穿跨越工程资料汇编 石油工业出版社, 1992
- 4 肖芳淳等 模糊分析设计在石油工业中的应用 石油工业出版社, 1993

(收稿日期 1996-10-23 编辑 王瑞兰)

\* 李琼玖, 高级工程师, 1930 年生; 1950 年毕业于广东省立工业专科学校; 中国国际工程咨询公司天然气开发利用专家组化工利用专家; 现在化工部天然气化工设计技术中心从事设计; 先后发表论文近百篇, 其中有获奖和被国外著名期刊收录的。地址: (610041) 成都市人民南路四段 28 号。电话: (028) 5582133 转 2439。

cordance with the geological characteristics and practical experience of Cenozoic shallow gas reservoirs, the single productivity production (or blowout)—pressure build-up testing combination test method adopted in the productivity test in Cenozoic shallow gas reservoirs is proposed out. When test analysing, the factors of the complete degree obtained gas reservoirs (wells) parameters, the reliability of gas reservoirs (wells) productivity evaluation and prediction, the cost of gas well test and safety ect should be fully considered. Combining static and dynamic behaviors, analysing gas well inflow performance and oil pipe flowing situation, the gas reservoir productivity is overall evaluated and the gas well reasonable productivity is determined.

**SUBJECT HEADINGS:** Yunnan, Tertiary, Natural gas, Shallow gas, Productivity evaluation, Test, Production production, Method

**Ren Guangning**, engineer, graduated from Jiangnan petroleum Institute in 1989; he is engaged in petroleum geology study; he has published several papers. Add: (650200) No. 5, Shuangqiao Rd., Guandu District, Kunming, Yunnan. Tel: (0871) 7173540—43305.

Yuan Zongming (*Southwest Petroleum Institute*) Deng Daoming: **TECHNICAL CHARACTERISTICS OF LOW PRESSURE GAS GATHERING ENGINEERING**, NGI 17(3), 1997: 59~ 63

**ABSTRACT:** On the basis of the present designs and operating practices of low pressure gas gathering engineering at home and abroad, the basic types of low pressure gas gathering system, the selection principles of compressors, the influence of low pressure gas characteristics on the design and operating of gathering engineering, the various problems of vacuum gas-gathering techniques and the solutions, such as oxygen contamination, corrosion, safety, the influence of vacuum gas-gathering on gas treating processes etc are introduced. Finally, the developing low pressure gas-gathering facilities with high efficiency in China are listed.

**SUBJECT HEADINGS:** Low pressure, Natural gas, Oil-gas gathering, Surface engineering, Type, Technique, Design

**Yuan Zongming**, associate professor, graduated from Southwest Petroleum Institute in 1977; he is long engaged in teaching and researching storage and transportation. Add: (637001) Nanchong, Sichuan. Tel: (0817) 2224433—2748.

Pu Aihua (*Southwest Petroleum Institute*), Yao Anlin: **FUZZY DECISION ON THE DESIGN BURIED DEPTH OF UNDERWATER CROSSING PIPELINE**, NGI 17(3), 1997: 63~ 66

**ABSTRACT:** On the basis of summarizing the failure causes of underwater crossing pipelines at home and abroad, the main factors influencing the buried depth of the underwater crossing pipelines are discussed in detail in the 5 respects of geological exploration, engineering design, construction quality, maintenance and environment etc. A new method of determining the buried depth of underwater crossing pipeline, i.e. comprehensively evaluating the various fuzzy factors influencing the buried depth of underwater crossing pipeline based on conventional design is presented by adopting the multi-rank fuzzy overall evaluation.

method to decide the deepening coefficient of design buried depth and then taking the pipeline buried depth after deepening as design buried depth. Through an example verification, it shows that the method conforms to actual engineering.

**SUBJECT HEADINGS:** Pipeline crossing, Oil-gas gathering, Buried pipeline, Design, Fuzzy mathematics, Analysis

**Pu Aihua**, graduated in storage and Transportation from Southwest Petroleum Institute in 1994; now he is studying for Master's degree in the Institute. Add: (637001)Nanchong, Sichuan. Tel: (0817) 2224433.

Li Qiongjiu (*Natural Gas Chemical Engineering Design Centre of the Chemical Industry Ministry*):

**SKID-MOUNTED UREA UNIT DESIGN FOR RECOVERING SCATTERED OIL FIELD GAS, NGI 17 (3), 1997: 66~ 69**

**ABSTRACT:** Adopting skid-mounted one-set method urea unit developed in China and consisting of cylindrical steam conversion furnace, primary low temperature conversion, multifunctional combination compressor, accessory steam ammonia synthetic column etc., oil field associated gas can be recovered and made into grain urea products. The investment of constructing a set of the unit with urea production of 120t/d, the rate of oil field gas recovery  $30 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$  is about  $80 \times 10^6$  yuan RMB.

**SUBJECT HEADINGS:** Skid mounted unit, Oil field gas, Urea, producing, Technological process, Equipment

**Li Qiongjiu**, Senior engineer, graduated from Guangdong Industrial Training School in 1950; he has published about 100 papers. Add: (028)No. 28, Sec 4, People's South Rd., Chengdu, Sichuan. Tel: (028) 5582133—2439.

Gao Zhilong (*Petroleum Department of China Geology University*), Niu Fei: **A NEW MEANS OF SEPARATING AND IDENTIFYING AROMATIC MIXTURES—GAS CHROMATOGRAPHY/INFRARED SPECTROSCOPY, NGI 17(3), 1997: 70~ 72**

**ABSTRACT:** Gas chromatography/Fourier transform infrared spectroscopy (GC/FTIR) is a relatively new analytical technique. The combined technique is especially suitable to separating and identifying complex aromatic mixtures, so, it can compensate the detection defect of gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) in this field. Preliminary detection of aromatic mixtures in fossil fuel by GC/FTIR shows that it can identify the isomers of trimethylphenanthrene (TMP) and dimethylnaphthalene (DMN) more effectively. Up to now, it is proven that GC/FTIR has very extensive application in organic geochemistry, and especially, can be used to get a huge amount of geochemical information from aromatic compounds in fossil fuel.

**SUBJECT HEADINGS:** Aromatic hydrocarbon, Chromatograph mass spectrometer, Fossil fuel, Mixture, Separation, Identification, Method

**Gao Zhilong**, associate professor, graduated from Wuhan University in 1982 and received Master's degree from China Geology University in 1987; now he is studying for Doctor's degree. Add: (430074) Yujia-shan, Wuhan, Hubei. Tel: (027) 7801481—3541.