

# 常压塔顶回流系统流动腐蚀实时防控平台开发

偶国富<sup>1</sup>, 方华平<sup>1</sup>, 王 凯<sup>1</sup>, 任 佳<sup>1</sup>, 金浩哲<sup>1</sup>, 邱东声<sup>2</sup>, 黄爱斌<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018; 2. 中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司, 浙江宁波 315207)

**摘 要:** 针对某炼油厂常压塔顶回流系统, 开发了流动腐蚀实时防控平台。首先根据该常顶回流系统的腐蚀过程, 构建了基于流动腐蚀理论的失效控制体系, 失效控制体系中包含腐蚀失效形式、失效控制参数模型及其临界值和腐蚀防控措施等; 进而利用.NET Remoting技术研发集基础工况数据采集、腐蚀状态监测、诊断及监管于一体的实时防控平台, 同时实现了服务端和客户端的分布式开发。该防控平台可为常顶回流系统的腐蚀与防护提供一种有效的解决方案。

**关键词:** 常顶回流系统; 流动腐蚀; .NET Remoting技术; 防控平台

**中图分类号:** TE986 **文献标志码:** A

## 0 引 言

常压蒸馏作为石油加工的首道工序, 其装置的腐蚀问题越来越突出, 特别随着原油重质化、劣质化程度的不断加深, 常顶回流系统腐蚀已成为制约常压装置长周期安全运行的关键问题<sup>[1-2]</sup>。因此, 研究常顶回流系统的流动腐蚀机理, 并在此基础上开发流动腐蚀实时防控平台, 对于该系统的长周期安全运行非常有益。

目前, 提高常顶回流系统安全运行可靠性的措施主要包括加强“一脱三注”(一脱: 原油脱盐; 三注: 注碱、注氨、注缓蚀剂), 改善塔顶换热器或空冷器的结构和升级设备材料等<sup>[3-4]</sup>, 但是上述措施均不能实时控制。本文针对常顶回流系统不同的腐蚀失效形式, 根据系统的基础工况数据, 建立针对不同失效形式的失效控制体系, 在系统实际运行过程中, 实时监测系统的腐蚀状况, 并采取行之有效的监管措施, 形成流动腐蚀实时防控平台, 以确保常顶回流系统的长周期安全运行。

## 1 工艺分析及腐蚀失效控制体系构建

### 1.1 常顶回流系统流程及其腐蚀分析

某炼油厂常顶回流系统工艺流程如图1所示, 常顶 T102 分离出的油气混合物经注氨、中和剂、缓蚀剂

后分五路进入常顶换热器系统, 经换热器 E101/1~5 前注水混合后进入换热器系统与低温原油换热冷却。然后混入常顶回流罐 V102 进行初次油气分离, 回流罐的气相进入常顶空冷器系统 AC101/1-10 继续冷却, 然后进入产品分离罐 V103 进行第二次油、气、水三相分离, 得到常顶瓦斯气、常顶二级油和含硫污水。

由于在常顶换热器系统前注氨、中和剂和缓蚀剂等, 换热器系统可能出现的流动腐蚀类型为露点腐蚀和铵盐结晶沉积腐蚀, 在 V102 后的空冷器系统可能出现的流动腐蚀类型为铵盐结晶沉积和多相流冲刷腐蚀<sup>[5]</sup>。

### 1.2 腐蚀失效控制体系构建

在实际运行过程中, 由于工况复杂多变, 加工原油种类繁多且变动频繁, 所以工艺防腐措施以及一些控制参数需根据实际运行工况进行实时调整。本文根据常顶回流系统存在的流动腐蚀类型, 并结合该系统的具体工艺过程及建模计算结果选取失效控制参数, 控制露点腐蚀需监控露点温度, 控制铵盐结晶沉积需控制  $K_p$ 、 $NH_4HS$  浓度、注水量, 由于常顶回流系统流速较低, 这里不考虑多相流冲刷的腐蚀失效控制参数。另外, 脱盐后盐含量、含硫污水铁离子浓度和 pH 值也是主要的腐蚀失效控制参数。

收稿日期: 2014-09-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1361107); 浙江理工大学研究生创新研究项目(YCX13030); 浙江省教育厅科研项目(Y201329372); 浙江理工大学科研启动基金(1202825-Y)

作者简介: 偶国富(1965—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事流动腐蚀预测和石化装置安全保障技术方面的研究。

通信作者: 金浩哲, E-mail: haozhe2007@163.com

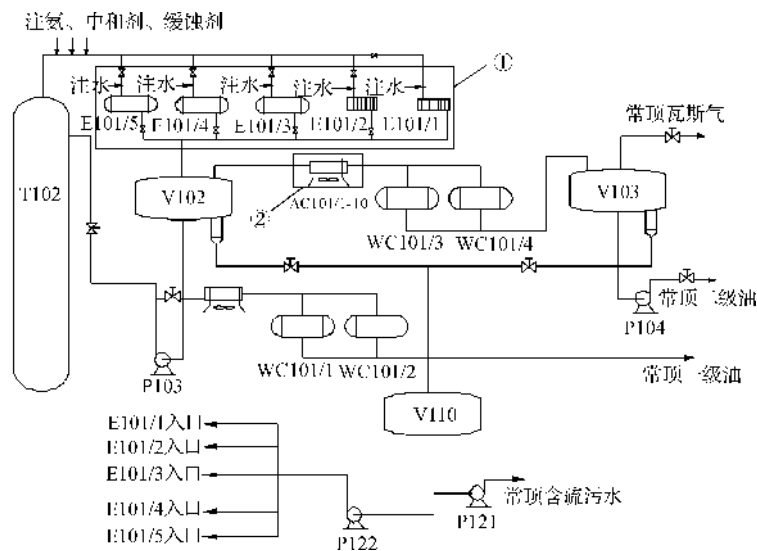


图 1 常顶回流系统工艺流程

注:流动腐蚀位置及失效形式,①露点腐蚀、铵盐结晶沉积,②铵盐结晶沉积、多相流冲蚀。

系统中换热器和空冷器系统的腐蚀失效控制体系如表 1 所示,包括失效控制参数及其临界值、参数监测方法和超标后的报警措施,从而开发基于 .NET Remoting 技术的常顶回流系统流动腐蚀实时防控平台,对系统进行状态监管,确保该系统在安全状态下运行。

表 1 腐蚀失效控制体系

常顶回流系统	失效控制参数	临界值	监测方法	处理措施
换热器系统	脱盐处理后盐的含量	<3.0 mg/kg	化验分析	调整一脱四注
	Kp(NH <sub>4</sub> Cl)	<10 <sup>-9</sup>	建模计算	调节油溶性有机胺缓蚀剂;调整一脱四注
	V102_pH 值	6.5~9	化验分析	调节注中和剂的注入量
	露点温度	>82℃	建模计算	调节注水量;材质升级
	注水量	>25%液态水	建模计算	调节注水量
空冷器系统	NH <sub>4</sub> HS 浓度	<8%	建模计算	降低原料油 S 含量
	V103_pH 值	6.5~9	化验分析	调节中和剂的注入量
	铁离子浓度	<2.0 mg/kg	化验分析	调节缓蚀剂及注水量

1.3 失效控制参数建模

工艺仿真的模型如图 2 所示,根据物料守恒原理采取“逆推过程”,即:根据各流入物料常顶油-气-污水的物性参数,利用 ASPEN 中的混合器模块推导出反应流出物的物流参数,再利用换热器模块、闪蒸模块

建立反应流出物分离系统中的油-气-水三相平衡体系。失效控制参数中的脱盐处理后盐含量、V102\_pH 值、V103\_pH 值和铁离子浓度可以通过化验分析直接得到,而 Kp、露点温度、注水量和 NH<sub>4</sub>HS 浓度需要对工艺仿真软件 ASPEN 进行二次开发得到。

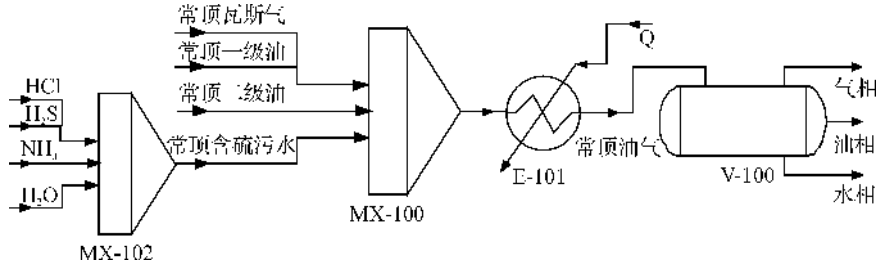


图 2 ASPEN 工艺仿真模型

2 平台开发及实现

2.1 平台的总体构架

常顶回流系统流动腐蚀实时防控平台采用 C/S 模

式,分为客户端和服务端,并利用 .NET Remoting 技术实现客户端和服务端的通信。平台服务端和客户端的主要功能如图 3 所示,在服务端首先采集基础工况数据,并通过 ASPEN 数据接口编程将数据导入 ASPEN,

然后实现 ASPEN 自动运算和模拟,计算得到失效控制参数的实时值,同时对数据进行分析 and 处理,最后将数据保存在数据库中以便查询。在客户端可以设置模拟

运行工况,调用服务端 ASPEN 运算,得到模拟工况下的数据分析结果。另外,可以从服务端数据库得到历史数据、报警信息及处理措施,并可以实现用户管理。

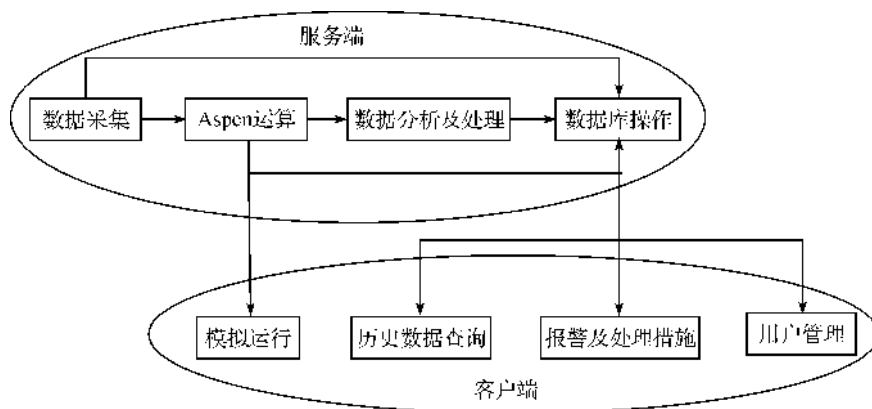


图3 服务端和客户端的主要功能

## 2.2 平台的关键技术

### 2.2.1 基础工况数据接口编程

基础工况数据主要是从 PHD(过程历史数据库)和 LIMS(实验室信息管理系统)中采集而来,根据 PHD 系统中基础工况数据的位号,采集常顶瓦斯气、常顶一级油和二级油、含硫污水和换热器出口的温度、压力和流量等数据;根据 LIMS 系统中的装置 ID 和采样点编号,采集常顶瓦斯气组分、常顶一级油和二级油的馏分、分离罐 pH 值、铁离子浓度和脱盐处理后盐含量等数据。上述过程在 Visual Basic 环境中实现,并以动态链接文件的形式加载到 Visual Studio 环境中调用,从而实现基础工况数据的接口编程。其中的分离罐 pH 值、铁离子浓度和脱盐处理后盐含量直接作为失效控制参数存入数据库中,其余的数据需导入 ASPEN 软件中用作模拟计算。

### 2.2.2 ASPEN 数据接口编程

ASPEN 作为石化装置设计、稳态模拟和优化的大型通用流程模拟软件,可对工艺流程进行数值模拟和仿真。本文控制参数,如露点温度、Kp(NH<sub>4</sub>Cl)、注水量、NH<sub>4</sub>HS 浓度等需要由 ASPEN 模拟计算得到中间变量,然后由中间变量计算得到控制参数。因此,需要利用 ASPEN 数据接口技术完成与 ASPEN 软件的交互,从而实现对控制参数的建模,得到相应的结果。

具体操作如下:a)打开预先建立好的工艺仿真模型,即图2的工艺模型。b)写数据到 ASPEN 文件中。Variable Explorer(变量探测器)的树状结构里存放了 ASPEN 仿真模型的输入和仿真结果,向相应节点中写入运行工况及介质组成参数。c)ASPEN 运行。向

模型成功导入数据后,调用函数对仿真模型初始化处理和仿真计算。d)读取仿真结果。模拟运行结束之后获取仿真结果数据的过程同写数据类似,仿真结果可通过树状结构的相应节点获取。e)关闭 ASPEN。得到仿真结果后为了清除 ASPEN 的内存消耗,调用函数以关闭 ASPEN。选择 Visual Basic 环境来实现上述对 ASPEN 的操作,并将该程序集加载到系统的开发环境中,这样完成了系统对 ASPEN 的数据接口操作。

### 2.2.3 客户端订阅服务端事件

客户端订阅服务端事件是 .NET Remoting 解决客户端和服务端通信的一项技术,由服务端发送消息,客户端捕获该消息,从而激发事件,然后响应该事件,通过事件处理程序将消息实时广播给客户端<sup>[6]</sup>。本文中,将失效控制参数类 ControlData 的实时值通过服务端广播给客户端,从而实时刷新客户端控制参数值。

对于客户端订阅服务端事件,须用服务器注册对象中的 Marshal 方法显式地创建远程对象实例,此时客户端获得的对象才是该远程对象实例的代理,代码如下:

```
ObjRef objRef = RemotingServices.Marshal(Obj, "BroadCastMessage.soap");
```

客户端的委托是通过序列化后获得的,在订阅事件的时候,委托装载包含与签名相同的方法的程序集,即事件处理方法所在的客户端程序集。然而这个装载的过程发生在服务端,而服务端并没有客户端的程序集存在。为了解决无法加载客户端的事件处理方法,在公共程序集中添加抽象类,在客户端重写该类,以实现事件的具体处理方法。此时远程

对象装载的是公共程序集中抽象类的方法,将该方法添加为服务端事件处理程序,具体代码如下:

//公共程序集中的抽象类

```
public abstract class EventWrapper: Marshal
ByRefObject
{
    public void MsgCallback(ControlData ctlData)
    {
        InternalMsgCallback(ctlData);
    }
}
```

//客户端中重写抽象类

```
class MyEventWrapper: EventWrapper
{
    private frmMain form=null;
    public MyEventWrapper(frmMain form)
    { this.form=form; }
    protected override void InternalMsgCallb
ack(ControlData ctlData)
    {
        form.BroadCastingMessage(ctlData);
    }
}
```

//客户端的事件处理方法,用来更新控制参数实时值

```
internal void BroadCastingMessage (ControlData
ctlData)
{
    .....
    UpdateControlData(ctlData);
    .....
}
```

//服务端使用定时器,定时触发事件

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    .....
    Obj. BroadCasting(ctlData);
    .....
}
```

### 2.3 平台人机交互界面

首先启动服务端,在服务端可以设置开机自启动,也可以手动启动和停止服务,并且可以设置数据采集的时间间隔。启动服务端后才能启动客户端,通过服务端用户名和密码的验证登录后进入人机交互主界面(如图4所示)。该界面模拟常顶回流系统

的工艺流程,并实时显示当前工况下的失效控制参数值及其状态,实时刷新功能的实现通过客户端订阅服务端事件来实现。当发生参数超标时,对应参数前方的绿色按钮变为红色或者黄色,以显示其超标的状态,红色代表失效控制参数实时值高于其临界值的上限,黄色代表失效控制参数实时值低于其临界值的下限,也可以选择开启声音报警的功能。在主界面下方的功能按钮可以实现模拟运行、历史数据查询、报警记录查询、监管措施、用户管理等功能模块。其中手动输入按钮是考虑到现场基础工况数据无法采集的情况,此时需要现场操作人员手动输入工况数据,作为计算失效控制参数基础数据的一部分。

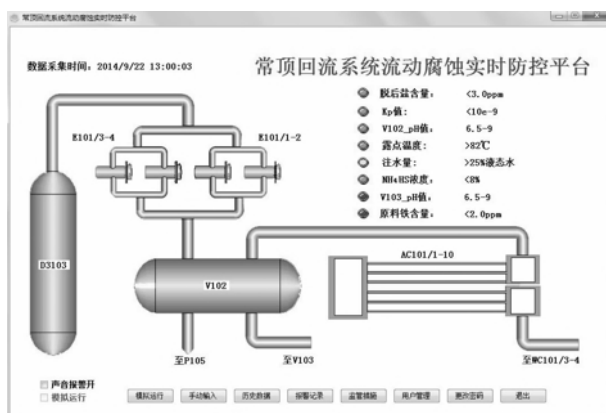


图4 常顶回流系统流动腐蚀实时防控平台客户端主界面

### 2.4 平台功能模块及实现

根据平台的整体设计与要求,平台功能模块(如图5所示)主要包括用户管理、数据管理及决策管理。在主界面上有模拟运行、历史数据查询、报警记录查询、监管措施、用户管理等模块界面。

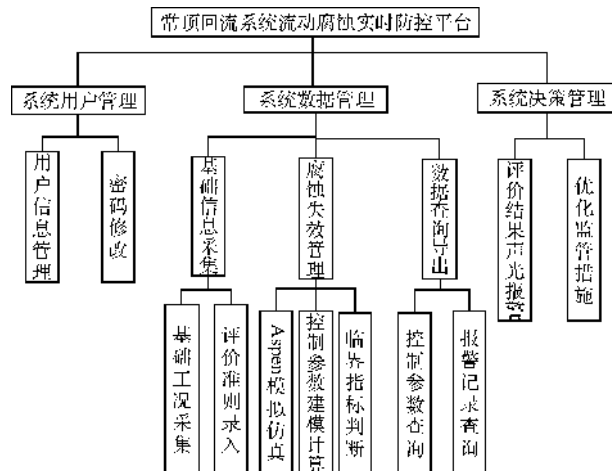


图5 常顶回流系统流动腐蚀实时防控平台功能模块

这些功能模块的实现基于客户端发送请求,服务端通过远程对象应答该请求<sup>[7]</sup>。以用户信息管理模块为例,在公共程序集中定义用户类 User 和对

用户操作方法的接口。用户类需要在客户端和服务端传递,因此要[Serializable]标记。用户操作接口中定义对用户的增、删、查、改的方法。其具体实现在远程服务端中,这样可以保证服务端代码的安全性。代码如下:

```
public interface IUser
{
    User GetUser(string userName, string pass);
    bool DelUser(int id);
    bool AddUser(User user);
    bool UpdateUser(User user);
}
```

在服务端的配置文件中完成服务端的远程配置。在<service>元素封装了应用程序提供给远程对象的类型信息。可以指定任意数目的<wellknown>元素。mode特性可以设置为 Singleton 或 SingleCall, type 包含完全限定的类型名称和程序集名称, objectURI 特性指定了分配给这个对象的已知名称。

```
<service>
    <wellknown mode="SingleCall"
        type="ReacServer.Component.
UserAccess,ReacServer"
        objectUri="UserAccess.soap"/>
</service>
```

在客户端中通过 Activator.GetObject(Type type, string url)方法得到远程对象的代理, type 特性为指定远程对象的类型, 通常使用 typeof 方法来获得远程对象的类型; url 定义远程对象的路径: 即协议、主机名、端口号、应用程序名称以及的对象的 URI, 之后就像使用本地对象一样使用远程对象。例如:

```
IUser userAccess;
userAccess=(IUser)Activator.GetObject(
    typeof(CommonObject.
IUser),
    "http://" + Gloable.
ServerIP+":8081/UserAccess.soap"
);// Gloable. ServerIP
```

为获取主机 IP 的方法

userAccess 为远程对象 IUser 在本地的代理, 可以使用 IUser 中对用户管理的增加、删除和修改方法。通过上述步骤可以在客户端使用远程对象中的方法而不需要加载方法具体实现的程序集, 实现了 C/S 模式的架构, 保证了代码的安全性。

### 3 结 论

流动腐蚀实时防控平台以炼油厂常顶回流系统为研究对象, 通过对装置的工艺过程分析, 在其腐蚀机理分析的基础上建立系统的腐蚀失效控制体系, 开发了一套基于 C/S 模式的常顶回流系统流动腐蚀实时防控平台。该防控平台可实现常顶回流系统腐蚀状态的监测和监管, 并为同类装置的腐蚀防护提供了一种有效的方案, 同时对于其他系统的腐蚀与防护也有很强的借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 韩 巍, 孙文君, 袁 军. 炼油常减压装置常顶系统腐蚀分析及防护[J]. 全面腐蚀控制, 2011, 25(6): 22-28.
- [2] Slavcheva E, Shone B. Crude column corrosion[J]. Materials Performance, 2005, 44(8): 43-44.
- [3] 钟书明. 常减压蒸馏装置腐蚀分析及防护措施优化[J]. 石油化工设备技术, 2012, 33(5): 47-50.
- [4] Cypriano D L N, Ponciano J A C, Jambo H C M. Crude unit overhead corrosion-pH profile and corrosion rate of carbon steel under controlled condensation[J]. Materials and Corrosion, 2010, 61(11): 955-960.
- [5] 偶国富, 郑智剑, 金浩哲, 等. 复杂特种设备系统流动腐蚀预测及工程应用[C]//中国机械工程学会压力容器分会. 中国机械工程学会压力容器分会第七届压力容器及管道使用管理学术会议暨使用管理委员会七届二次会议论文集. 合肥: 合肥工业出版社, 2011: 54-62.
- [6] 马保国, 王文丰, 侯存军, 等. 基于.NET Remoting 的分布式系统实现[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(3): 50-52.
- [7] McLean S, Naftel J. Microsoft. NET Remoting 权威指南[M]. 张昆琪, 译. 北京: 机械工业出版社, 2003: 63-88.

## Development of Real-time Prevention and Control Platform for Flow Corrosion of Atmospheric Distillation Tower Return System

OU Guo-fu<sup>1</sup>, FANG Hua-ping<sup>1</sup>, WANG Kai<sup>1</sup>, REN Jia<sup>1</sup>, JIN Hao-zhe<sup>1</sup>, QIU Dong-sheng<sup>2</sup>, HUANG Ai-bin

- (1. Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;  
2. Sinopes Ihenhai Refineng & Chemical Co., Ltd., Ningbo 315207, China)

**Abstract:** The real-time prevention and control platform for flow corrosion is developed based on atmospheric distillation tower return system of a refinery. According to the corrosion process of atmospheric distillation tower return system, failure control system based on flow corrosion theory is established. Failure control system includes corrosion failure form, failure control parameters, critical values as well as corrosion prevention and control measures. Then, .NET Remoting technology is applied to research and develop a real-time prevention and control platform which integrates collection of basic working condition data, corrosion state monitoring, diagnosis and supervision. Meanwhile, distributed development of server and client is realized. This prevention and control platform offers an effective solution for corrosion and protection of atmospheric distillation tower return system.

**Key words:** atmospheric distillation tower return system; flow corrosion; .NET Remoting technology; prevention and control platform

(责任编辑: 康 锋)

---

(上接第 536 页)

## Nondestructive Material Evaluation and Testing Based on Non-contact Air-Coupled Ultrasonics

CHANG Jun-jie<sup>1,2</sup>, LU Chao<sup>1</sup>, KAWASHIMA Koichiro<sup>3</sup>

- (1. Key Laboratory of Nondestructive Testing, Ministry of Education (Nanchang Hangkong University), Nanchang 330066, China; 2. Japan Probe Co., Ltd., Yokohama 232 0033, Japan;  
3. Ultrasonic Materials Diagnosis Lab., Nagoya 466 0062, Japan)

**Abstract:** This paper mainly discusses the non-contact air-coupled ultrasonic non-destructive testing method based on transmission same-side testing mode (V transmission method). Firstly, this paper mainly sets forth basic knowledge of air-coupled ultrasonic testing technology and the basic principle of V transmission method. Secondly, this paper introduces the examples in which V transmission method is used for non-contact air-coupled ultrasonic acoustic velocity measurement and internal defect detection. Rebar and concrete interface defect which is hard to detect with traditional ultrasonic testing method is successfully detected. Then, through changing incidence angle of ultrasonic in air and stimulating plate wave on simulated resin material and CFRP composite, plane damage distribution imaging and damage distribution imaging at deeo direction are successfully achieved. Finally, matters needing attention in air-coupled ultrasonic testing are proposed.

**Key words:** air-coupled ultrasonics; material evaluation; plate wave; concrete; CFRP; coating

(责任编辑: 康 锋)