

DOI: 10.7667/PSPC171618

面向一体化监控系统智能告警高级应用的 注入测试系统的测试用例设计

张磐¹, 郭凌旭², 陈建², 康宁¹, 马敏杰³, 熊静⁴

(1. 国网天津市电力公司电力科学研究院, 天津 300384; 2. 天津市电力公司, 天津 300384; 3. 南京五采智电电力科技有限公司, 江苏 南京 211106; 4. 湖北大学物理与电子科学学院, 湖北 武汉 430062)

摘要: 为了测试和评价一体化监控系统高级应用, 特别针对智能告警, 在一体化监控系统智能告警注入测试系统中, 设计了一套完整的测试用例。通过分析某一故障判别逻辑, 形成故障信号的排序原则及故障信号序列模板, 按照电压等级和故障类型等信息, 构建完整的正向和反向的故障信号序列模板库。采用故障信号序列模板与实际工程SCD中故障信号自动映射技术, 形成了具体故障的测试用例。开发了可视化的故障信号序列模板配置模块及故障信号映射配置模块。故障信号序列模板库丰富和积累了智能告警方向的测试知识库, 信号自动映射技术减少了不同工程的测试用例配置工作量, 提升了测试配置的效率。

关键词: 一体化监控系统; 智能告警; 故障信号序列模板库; 自动映射; 测试用例

Design of test case for injection test system oriented to advanced application of intelligent alarm in integrated monitoring system

ZHANG Pan¹, GUO Lingxu², CHEN Jian², KANG Ning¹, MA Minjie³, XIONG Jing⁴

(1. State Grid Tianjin Electric Power Company Research Institute, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Electric Power Company, Tianjin 300384, China; 3. Five-C Smart Power Grid Technology Co., Ltd., Nanjing 211106, China; 4. Faculty of Physics and Electronic Technology, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: In order to test and evaluate the advanced application of the integrated monitoring system and focus on intelligent warning, this paper designs a complete set of test cases for integrated monitoring system smart warning infused test system. It forms arrangement principle of breakdown signal and template for faulted signal sequence via identifying the trouble logic. And it establishes a whole template library for the failure signal sequence from positive and negative directions according to voltage class and fault type. Test samples for specific faults are formed by means of adopting fault signal sequence template and auto-mapping techniques applied in practical engineering SCD. It develops a visual breakdown signal sequence template configuration module and fault signal mapping configuration module. The former enriches and stimulates the test knowledge base for intelligent warning and the latter cuts down the workload for engineering test samples, meanwhile, promotes its efficiency.

This work is supported by National High-tech R & D Program of China (863 Program) (No. 2014AA052003).

Key words: integrated monitoring system; intelligent warning; template library for trouble signal sequence; auto-mapping; test case

0 引言

在《国家电网公司关于加强电网二次专业管理

基金项目: 国家 863 课题项目资助 (2014AA052003); 国家电网公司总部科技项目资助“变电站一体化监控系统应用标准化与评价技术研究”

的意见》中, 国网公司明确提出了变电站自动化设备“四统一、四规范”工作要求: 统一外观接口、统一信息模型、统一通信服务、统一监控图形; 规范参数配置、规范应用功能、规范版本管理、规范质量控制。通过“四统一、四规范”可以减少厂家间装置和应用功能的差异, 实现不同厂家设备的互换互通、即插即用, 提高变电站自动化设备的标准

化水平,提升运维和管理效率,强化智能电子设备对电网调控运行的基础支撑作用。

截至目前,国内主流智能电子设备厂家积极参与并开展监控系统应用功能升级和开发工作。然而,如何对不同厂家变电站一体化监控系统智能应用功能的实现水平进行科学、客观地比较评判;如何实现互换互通、即插即用;如何制定和管理变电站监控系统应用功能的相关标准等方面,都缺乏成熟的技术和相应的辅助工具^[1-8]。

为指导智能变电站工程的一体化监控系统选型,更好地支撑国调“四统一、四规范”重点工作,提升变电站一体化监控系统应用功能的实用化水平,我们重点研究变电站一体化监控系统智能化应用功能试验检测与运行评价技术^[9-10]。主要面向智能告警等应用功能模块制定试验检测流程、开发标准化的试检测系统并基于检测结果开展运行评价。

变电站一体化监控系统智能告警高级应用测试系统包括可视化测试逻辑配置软件、全站智能告警时序仿真仪、DL/T476 协议分析仪等 3 个部分。其中一个非常重要的技术指标是 500 kV 和 220 kV 故障信号测试用例^[11-14]。本文提出了一种面向一体化监控系统智能告警高级应用的注入测试系统,通过分析某一故障判别逻辑形成故障信号的排序原则及故障信号序列模板,按照电压等级故障类型等信息构建完整的正向和反向的故障信号序列模板库,采用故障信号序列模板与实际工程 SCD 中故障信号自动映射技术形成了具体故障的测试用例,开发一套可视化的故障信号序列模板配置模块及故障信号映射配置模块。

1 故障信号序列模板库设计

1.1 故障信号排序

故障信号序列模板中故障信号排序遵循《智能变电站故障综合分析判据规范》中的故障判别逻辑图。《智能变电站故障综合分析判据规范》中给出了 500 kV、220 kV 和 35 kV 变电站的接线方式、保护配置情况和各个典型故障的判别逻辑图。其中,500 kV 和 220 kV 的故障判别逻辑图包括线路故障、主变故障和母线故障,35 kV 的故障判别逻辑图包括母线故障和所有变故障。

以某 220 kV 站瞬时单相接地故障为例,详细分析故障信号的排序原则,该典型故障涉及接线部分如图 1 所示,故障信号排序原则依据该故障信号判别逻辑如图 2 所示。

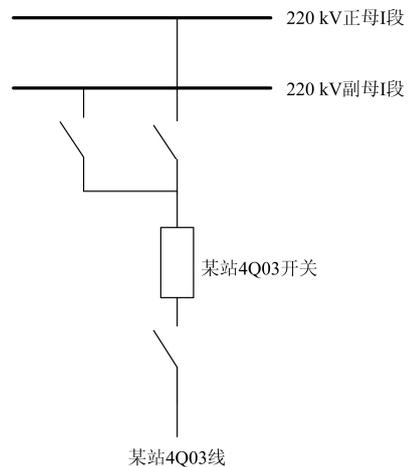


图 1 接线示意图

Fig. 1 Wiring diagram

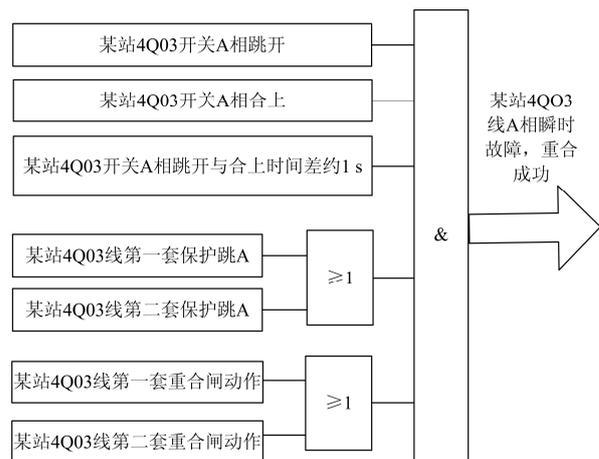


图 2 某 220 kV 瞬时性单相接地故障

Fig. 2 An 220 kV transient single phase to ground fault

220 kV 智能站为双母双分段接线方式,线路保护采用双重化配置,不单独配置开关保护,重合闸集成在线路保护中。一个故障信号序列模板中的信号排序主要分为三部分,分别是故障发生前的初始化,故障发生时的故障序列和故障发生后的复位序列。

初始化的目的是确保两套保护设备保护动作和重合闸动作正常,并使所有跳闸位置都在“false”状态。故障信号序列的具体配置如表 1 所示。

故障发生时,首先是两套设备的保护动作跳开,两套设备的分相跳闸位置 TWJa 状态为“true”,然后两套设备的重合闸动作跳开。至此,为本故障发生的时候需要发送的故障序列。具体配置如表 2 所示。

故障信号序列发送后,需将所有动作过的信号进行复位,使其回到正常工作状态。具体配置如表 3 所示。

表 1 故障信号初始化序列

Table 1 Fault signal initialization sequence

ied	desc	Interval/ms	value	quality
220 kV线路保护A	分相跳闸位置TWJa	0	false	0x0000
220 kV线路保护A	分相跳闸位置TWJb	0	false	0x0000
220 kV线路保护A	分相跳闸位置TWJc	0	false	0x0000
220 kV线路保护A	保护动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护A	重合闸动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护B	分相跳闸位置TWJa	0	false	0x0000
220 kV线路保护B	分相跳闸位置TWJb	0	false	0x0000
220 kV线路保护B	分相跳闸位置TWJc	0	false	0x0000
220 kV线路保护B	保护动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护B	重合闸动作	0	0x00	0x0000

表 2 故障信号序列

Table 2 Fault signal sequence

ied	desc	Interval/ms	value	quality
220 kV线路保护A	保护动作	1 000	0x03	0x0000
220 kV线路保护B	保护动作	0	0x03	0x0000
220 kV线路保护A	分相跳闸位置TWJa	100	true	0x0000
220 kV线路保护B	分相跳闸位置TWJa	0	true	0x0000
220 kV线路保护A	重合闸动作	1 000	0x01	0x0000
220 kV线路保护B	重合闸动作	0	0x01	0x0000

表 3 故障信号复位序列

Table 3 Fault signal reset sequence

ied	desc	Interval/ms	value	quality
220 kV线路保护A	分相跳闸位置TWJa	100	false	0x0000
220 kV线路保护B	分相跳闸位置TWJa	0	false	0x0000
220 kV线路保护A	保护动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护A	重合闸动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护B	保护动作	0	0x00	0x0000
220 kV线路保护B	重合闸动作	0	0x00	0x0000

1.2 故障信号序列模板文件命名规则

故障信号模板命名规则从变电站电压等级, 故障位置和故障名称三方面来具体定义。格式采用“电压等级+故障位置+故障名称”。电压等级在故障模板文件名中只保留数字, 省去单位。故障位置主要分为线路、主变、母线等三类, 分别用“line”、“tran”、“bus”来标识。综上所述, 例如, 220 kV 瞬时性单相接地故障的故障信号模板文件名称为“220+line+瞬时单相接地故障”。

1.3 故障信号序列模板库

故障信号模板库包含各等级变电站典型故障。主要包括 500 kV 中线路故障、主变故障、母线故障共 24 个, 包含 220 kV 母线故障、主变故障、线路故障共 14 个, 包含 110 kV、66 kV、35 kV 变电站故障若干。此故障信号序列模板库可支持任何 500 kV、

220 kV、110 kV、66 kV 和 35 kV 变电站生成测试用例使用。并可根据实际情况, 添加模板库中的故障信号序列模板文件, 使之满足工程需求。

2 故障信号序列模板与 SCD 自动映射方法

故障信号序列模板与实际工程中的 SCD 的映射主要采取了智能搜索的方法, 根据 SCD 中所有的数据集源文件将故障信号序列模板文件实例化, 得出具体的测试用例文件。图 3 为故障信号序列模板文件通过数据集源文件的实例化得到测试用例文件的示意图。

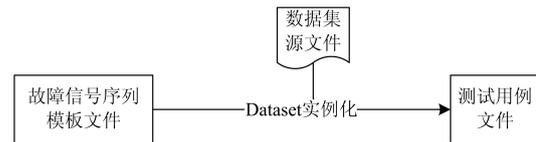


图 3 故障信号序列模板实例化示意图

Fig. 3 Fault signal sequence template instantiations diagram

模板文件的格式如下:

```
<Substation>
```

```
<TestCase object="line" voltage="220" desc="瞬时性 A 相接地故障, 重合成功">
```

```
<IEDmatchrule="" descKey="" desc="" nameKey="">
```

```
<FltBase desc="">
```

```
<Flt matchrule="" descKey="" sqnum="" type="" interval="" desc="" dataset="" value="" quality="" bType="" name="" />
```

```
...
```

```
</FltBase>
```

```
<FltSeq desc="">
```

```
<Flt matchrule="" descKey="" sqnum="" type="" interval="" desc="" dataset="" value="" quality="" bType="" name="" />
```

```
...
```

```
</FltSeq>
```

```
</IED>
```

```
</TestCase>
```

```
</Substation>
```

数据集源文件格式如下:

```
<MMS>
```

```
<IED configVersion="" desc="" manufacturer="" name="" type="" IP="">
```

```
<DataSet name="" desc="" IdInst="">
```

```
<FCDA bType="" IdInst="" prefix="" InClass="" InInst="" desc="" doName="" fc="">
```

```

...
  </DataSet>
</IED>
</MMS>
  生成之后的测试用例文件格式如下：
<FSF version="1.0" type="">
    <Flt name="" desc="" iedName="" iedDesc=""
    interval="" value="" quality="" bType="" type=""/>
    ...
  </FSF>
  上述语言中的元素和属性定义见表 4。

```

表 4 元素及属性定义
Table 4 Element and attribute definition

元素名	说明	属性名	说明
Substation	变电站	name	变电站名称
		desc	变电站描述
IED	设备	name	设备名称
		desc	设备描述
		descKey	描述关键字，例“跳 and 位 and a”
Dataset	数据集	name	数据集名称
		desc	数据集描述
FCDA		doName	数据对象的名称
		desc	数据对象的描述
FSF	故障信号序列文件	version	版本号
TestCase	模板测试的故障类型	object	故障点，例“Line”即为本故障为线路故障
		voltage	电压等级
		desc	故障描述，例“瞬时单相接地故障”
FltBase	故障信号基础数据	desc	故障信号基础数据描述
FltSeq	故障信号序列	desc	故障信号序列描述
Flt	故障信号	desc	故障信号描述，例“分相跳闸位置 TWJa”
		sqnum	该故障信号在整个文件中的序列号，由数字独立构成
		name	故障信号名
		iedName	发生故障的设备名，例“PL2201A”
		iedDesc	发生故障的设备描述，例“西郊一线第一套保护”

故障信号序列模板文件、数据集源文件和测试用例文件之间的映射关系如图 4 所示。根据模板中提供的故障信号序列，从工程 SCD 文件中列出相应的故障信号，并按序排列。信号的实例化根据数据

集源文件中的 IED、Dataset、FCDA 的名称，描述等相关属性，将每一个故障信号实例化，进一步生成测试用例文件。

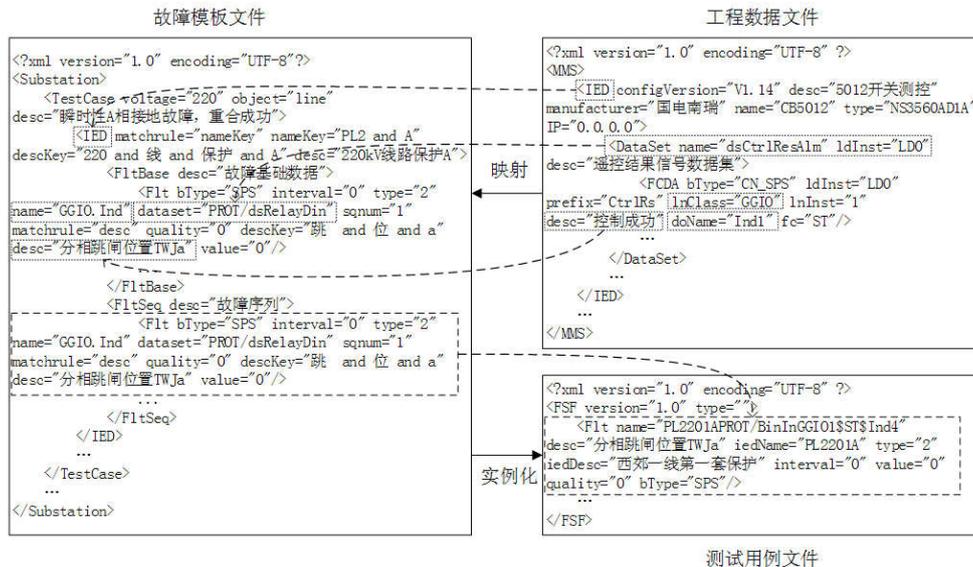


图 4 故障信号序列模板映射及实例化

Fig. 4 Template mapping and instantiation of fault signal sequence

在程序实现的时候,如图 5 所示,根据界面提示选择故障模板和故障用例,自动映射 IED 之后,映射基础故障信号即可完成测试用例的生成。

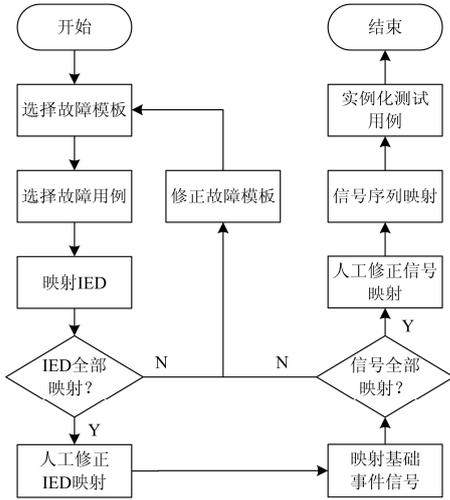


图 5 故障信号模板实例化程序流程图

Fig. 5 Flowchart of fault signal template instantiation program

根据本文故障信号序列模板库中的故障信号序列文件,可生成 500 kV、220 kV、110 kV、66 kV 和 35 kV 变电站的各种典型故障测试用例。

3 测试用例配置工具开发

3.1 故障信号序列模板配置模块

故障信号序列模板的配置模块主要是供工作人员编辑和生成故障信号序列模板使用。根据《智能变电站故障综合分析判据规范》中的故障判别逻辑图,完成故障信号序列模板的编辑。软件效果图如图 6 所示。



图 6 故障信号序列模板配置界面

Fig. 6 Fault signal sequence template configuration interface

3.2 故障信号映射配置模块^[15]

故障信号序列模板和 SCD 文件的映射是生成测试用例文件的关键步骤,在本系统开发的模块中,依次点击“Link Template”、“Map IED”、“Map Signal”、“Generate Warn”,最后在点击对话框中的

“append”,完成之后,即可在相应位置查看已经生成的测试用例文件。效果图如图 7 所示。



图 7 故障信号映射界面

Fig. 7 Fault signal mapping interface

4 结论

随着国网“四统一、四规范”的号召和实施,关于高级应用的测试环境搭建,测试软件开发等工作一定会越来越受到重视。本文在此背景下深入研究了面向一体化监控系统智能告警高级应用的注入测试系统的测试用例设计方法,通过分析某一故障判别逻辑形成故障信号的排序原则及故障信号序列模板,按照电压等级故障类型等信息构建完整的正向和反向的故障信号序列模板库,采用故障信号序列模板与实际工程 SCD 中故障信号自动映射技术形成了具体故障的测试用例,开发了可视化的故障信号序列模板配置模块及故障信号映射配置模块。并在工程实例中应用,满足不同电压等级和不同智能站的需求,提高了测试效率,达到了非常好的效果。

但由于模板文件的编辑和完成,都基于《智能变电站故障综合分析判据规范》文件中提供的典型故障,虽满足了一般需求,却还是从某些方面局限了我们的范围,没有达到故障百分之百的覆盖。后续将继续研究,力求更好。

参考文献

[1] 贾华伟, 郭利军, 叶海明. 智能变电站分布式智能告警研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(12): 93-97.
 JIA Huawei, GUO Lijun, YE Haiming. Research and application of distributed intelligent alarm in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(12): 93-97.
 [2] 杨波, 吴际. 一种软件需求建模及测试用例生成方法[J]. 计算机学报, 2014, 37(3): 523-526.
 YANG Bo, WU Ji. An approach of modeling software

testing requirements and generating test case[J]. Chinese Journal of Computers, 2014, 37(3): 523-526.

[3] 边莉, 边晨源. 电网故障诊断的智能方法综述[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(3): 149-150.
BIAN Li, BIAN Chenyuan. Review on intelligence fault diagnosis in power networks[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(3): 149-150.

[4] 茹东武, 李永照, 陈喜凤. 一种智能变电站智能告警展架系统推理机制的研究[J]. 电器与能效管理技术, 2017(5): 45-48.
RU Dongwu, LI Yongzhao, CHEN Xifeng. Research on a smart substation intelligent alarm expert system inference mechanism[J]. Electrical and Energy Management Technology, 2017(5): 45-48.

[5] 刘伟, 李江林, 杨恢宏. 智能变电站智能告警与辅助决策的实现[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(15): 147-151.
LIU Wei, LI Jianglin, YANG Huihong. Implementation of intelligent alarm and AMD system in the smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(15): 147-151.

[6] 智能变电站一体化监控系统功能规范[S].
Function specification for integrated supervision and control system of smart substation[S].

[7] 智能变电站一体化监控系统建设技术规范[S].
Technical specification for construction of integrated supervision and control system of smart substation[S].

[8] 黄明辉, 邵向潮, 张弛, 等. 基于 OPNET 的智能变电站继电保护建模与仿真[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(5): 45-49.
HUANG Minghui, SHAO Xiangchao, ZHANG Chi, et al. Modeling and simulation of relay protection for intelligent substation based on OPNET[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(5): 45-49.

[9] 王超, 王慧芳. 数字化变电站继电保护系统的可靠性建模研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(3): 9-12.
WANG Chao, WANG Huifang. Study of reliability modeling for relay protection system in digital substations[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(3): 9-12.

[10] 智能变电站继电保护技术规范: Q/GDW441—2010[S]. 北京: 国家电网公司, 2010.
Specification of the relay protection technology for intelligent substation: Q/GDW441—2010[S]. Beijing: State Grid Corporation of China, 2010.

[11] 张沛超, 高翔. 全数字化保护系统的可靠性及元件重要度分析[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(1): 78-81.
ZHANG Peichao, GAO Xiang. Analysis of reliability and component importance for all-digital protective systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(1): 78-81.

[12] 张智锐, 肖繁, 焦邵麟, 等. 不同过程层网络结构的保护系统可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(18): 144-147.
ZHANG Zhirui, XIAO Fan, JIAO Shaolin, et al. Reliability evaluation of protection relay system based on process layer network[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(18): 144-147.

[13] 侯伟宏, 张沛超, 胡炎, 等. 基于高可用自动化网络的保护系统及其可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18): 46-48.
HOU Weihong, ZHANG Peichao, HU Yan, et al. Reliability analysis for protection systems based on high availability automation network[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(18): 46-48.

[14] 杜双育, 王先培, 谢光彬, 等. 基于 IEC61850 的变电站自动化系统可靠性评估[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(5): 33-36.
DU Shuangyu, WANG Xianpei, XIE Guangbin, et al. Reliability evaluation of substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(5): 33-36.

[15] 张永刚, 庄卫金, 孙名扬, 等. 大运行模式下面向监控的分布式智能告警架构设计[J]. 电力系统保护与控制, 2006, 44(22): 150-152.
ZHANG Yonggang, ZHUANG Weijin, SUN Mingyang, et al. Architectural design of distributed intelligent alarm application for equipment monitoring in the “large operation” mode of State Grid[J]. Power System Protection and Control, 2006, 44(22): 150-152.

收稿日期: 2017-11-01; 修回日期: 2017-12-19

作者简介:

张 磐(1983—), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为智能变电站、智能配电网; E-mail: 15022281364@163.com

郭凌旭(1974—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化; E-mail: lingxu.guo@tj.sgcc.com.cn

熊 静(1993—), 女, 通信作者, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为一体化监控系统。E-mail: kitynn@163.com

(编辑 张爱琴)