

文章编号: 1673- 9620 (2008) 02- 0049- 04

## 警情分析的可靠性研究<sup>\*</sup>

王凯全, 李 强, 应惠亚, 王彦学

(江苏工业学院 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 警情分析是应急系统正确、迅速、有效地处理应急事件, 减少事故损失的关键, 直接关系到人民的生命财产安全和社会的稳定。以接处警单元可靠性框图为基础, 分析了警情分析的隐性失误和显性失误, 构建了单一、并联和表决逻辑的警情分析的可靠度及失误率的计算模型。对取自常州的实例进行了整理, 获取了警情分析的隐性失误和显性失误数值并代入警情分析模型, 认为 3 选 2 表决逻辑的警情分析结构可以降低隐性失误率和显性失误率, 并据此提出了提高应急系统警情分析可靠性的具体措施。

**关键词:** 警情分析; 可靠性; 显性失误; 隐性失误

中图分类号: X 915 5 文献标识码: A

## Reliability Research of Alarm Analysis

WANG Kai- quan, LI Qiang, YING Hui- ya, WANG Yan- xue

(School of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** Alarm analysis is the key step in City Emergency System, by which we can deal with emergencies properly, quickly, effectively in the critical moment, and reduce the loss in accidents. It concerns the safety of the people's life and property and the stability of society. Based on the reliability frame in cells of receiving and disposing of alarm, the authors analyzed the recessive and dominance fault. The calculation model of reliability and fault rate of alarm analysis is established. It has three logical connecting: single, shunt- wound and voting. Based on the example in Changzhou, the numerical value of recessive and dominance fault rate was obtained. It suggests that the 2- out- of- 3 voting logical structure can reduce recessive and dominance fault rate. According to the above, measures to improve the reliability of alarm analysis in emergency system were put forward.

**Key words:** alarm analysis; reliability; dominance fault; recessive fault

为了应对越来越严重的城市公共安全问题, 当前, 全国许多城市都将应急系统建设作为工作的重点。应急系统是一个对可靠性要求极高的系统, 能够正确、迅速、有效地处理应急事件, 将直接关系到人民的生命财产安全, 关系到社会的稳定。而应

急系统又是一个十分复杂的系统, 在系统功能上, 它需要整合原属不同行政部门和经济实体的城市公共服务资源, 主要包括: 110、119、120、122、防汛、气象、地震系统以及自来水、电力、燃气调度和抢修系统等<sup>[1]</sup>; 在系统结构上, 由 3 个层次、一

\* 收稿日期: 2008- 02- 07

基金项目: 常州市“十一五”重点课题 (2004BA111B05)

作者简介: 王凯全 (1951-), 男, 上海人, 博士, 教授。

个体系统构成：应用平台、支撑平台、基础平台和信息安全体系。从可靠性工程实践中得出：系统越复杂，其可靠性就越低<sup>[2]</sup>。因此，应急系统可靠性需求和现实的矛盾难以回避。

接处警系统是应急系统的核心部分，承担对接受的警情判断和分析，进而向应急系统发出处置措施指令的重要功能。接处警系统由事故预警、接警、警情分析、调度、处警、现场反馈以及联动等单元组成，涵盖了城市应急系统的主要环节。整个城市应急系统的软、硬件建设也几乎都是围绕接处警来进行。因此，提高接处警系统的可靠性是提高整个应急系统可靠性的核心和关键。

## 1 接处警系统的可靠性分析

### 1.1 接处警系统可靠性框图

目前，将 110、119、120 3 个最基本专业应急救援部门整合为一体，统一由城市应急指挥中心调度，是城市应急系统建设最普遍、也是最基本的方式。整合后，接处警系统针对于不同的警情进行分析、判断，在应急中心同步监控下可以采取 3 种不同的处警方式：直接干预警情、专业指挥中心警情以及应急联动警情。图 1 为根据接处警流程的逻辑顺序，由警情分析和 3 种处警方式构成的可靠性框图。

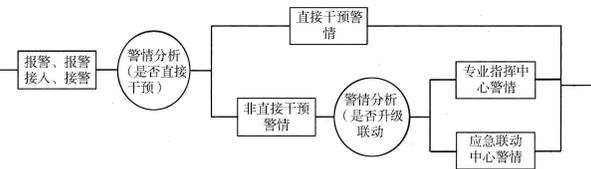


图 1 接处警系统可靠性框图

Fig 1 The reliability chart of receiving and disposing of alarm system

从图 1 可见，警情分析单元是接处警系统中的核心单元，在接到报警之后，正确判断警情，恰当地选择处警方式是迅速、有效地处理应急事件的关键。只有防止警情分析的各种失误，才能保证接处警系统的高度可靠性。

### 1.2 警情分析单元的失误类型

由可靠性理论可知，作为对客观警情的主观判断，警情分析单元可能存在两种失误模式<sup>[3]</sup>：① 隐性失误即失误-危险 (Failed- dangerous) 模式。是对应急事件严重程度判断不足。表现为：对应需要专业部门干预的警情判断为直接干预警情；对应应急联动的警情判断为专业部门干预的警情或直接

干预警情。④ 显性失误即失误-安全 (Fail- safe) 模式。是对应急事件严重程度判断过高的失误。表现为：对应直接干预的警情判断为专业部门干预的警情或应急联动警情；对应专业部门干预的警情判断为应急联动警情。

隐性失误和显性失误通常呈此消彼长的关系，降低隐性失误率，通常要以增加显性失误率为代价。尽管为了有效地防止和控制应急事件的损失，警情分析单元应以减少隐性失误为主，但较多的显性失误也是不能接受的，因为这种失误既为应急救援部门带来“盲动”、“误动”的损失，还为社会带来不稳定的影响。

因此，控制警情分析单元失误的策略是在尽量减少隐性失误的同时，降低整体失误率。

### 1.3 警情分析单元的逻辑结构及失误模型

设接警员判断发生显性失误率为  $\lambda_w$ ，判断发生隐性失误率为  $\lambda_j$ ，则判断正确的概率

$$S = 1 - \lambda_w - \lambda_j \tag{1}$$

采取不同的警情分析逻辑结构，可以得到不同的失误模型。

#### 1.3.1 单一系统逻辑结构及其失误模型

警情分析单元仅由 1 名接警员担任。此时，根据上述设定，可以直接推得：系统正常的概率为  $S$ ；系统发生显性失误的概率为  $\lambda_w$ ；系统发生隐性失误的概率为  $\lambda_j$ <sup>[4]</sup>。

#### 1.3.2 2 选 1 表决系统逻辑结构及其失误模型

警情分析单元仅由 2 名接警员担任。考虑到尽量减少隐性失误，设定规则：① 在第一判断时，2 位接警员中有 1 人认为属于专业指挥中心警情，即确定为专业指挥中心警情；④ 在第二判断时，2 位接警员中有 1 人认为属于应急联动警情，即确定为应急联动警情。表 1 为 2 选 1 表决逻辑下系统各种状态的概率<sup>[5]</sup>。

表 1 2 选 1 表决系统状态分析

Table 1 The status analysis of 1-out-of-2 system

接警员甲的状态	接警员乙的状态	系统状态	系统概率
正常	正常	正常	$a_1 = S \times S$
	显性失误	显性失误	$b_1 = S \times \lambda_w$
	隐性失误	正常	$a_2 = S \times \lambda_j$
显性失误	正常	显性失误	$b_2 = \lambda_w \times S$
	显性失误	显性失误	$b_3 = \lambda_w \times \lambda_w$
	隐性失误	显性失误	$b_4 = \lambda_w \times \lambda_j$
隐性失误	正常	正常	$a_3 = \lambda_j \times S$
	显性失误	显性失误	$b_5 = \lambda_j \times \lambda_w$
	隐性失误	隐性失误	$c_1 = \lambda_j \times \lambda_j$

系统正常的概率为:

$$S\left[\frac{1}{2}(G)\right] = \frac{\sum_{i=1}^3 a_i}{\sum_{i=1}^3 a_i + \sum_{i=1}^5 b_i + c_1}$$

发生显性失误的概率为:

$$\lambda\left[\frac{1}{2}(G)\right] = \frac{\sum_{i=1}^5 b_i}{\sum_{i=1}^3 a_i + \sum_{i=1}^5 b_i + c_1}$$

发生隐性失误的概率为:

$$\lambda\left[\frac{1}{2}(G)\right] = \frac{c_1}{\sum_{i=1}^3 a_i + \sum_{i=1}^5 b_i + c_1}$$

### 1.3.3 3 中选 2 表决系统

警情分析单元由 3 名接警员担任。考虑到尽量减少隐性失误, 设定规则: ①在第一判断时, 3 人中有 2 人认为属于专业指挥中心警情, 即确定为专业指挥中心警情; ④在第二判断时, 3 人中有 2 人认为属于应急联动警情, 即确定为应急联动警情。表 2 为 3 选 2 表决逻辑下系统各种状态的概率<sup>[6]</sup>。

表 2 3 中选 2 表决系统状态分析

Table 2 The status analysis of 2-out-of-3 system

接警员甲的状态	接警员乙的状态	接警员丙的状态	系统状态	系统概率
正常	正常	正常	正常	$a_1 = S \times S \times S$
		显性失误	正常	$a_2 = S \times S \times \lambda_w$
		隐性失误	正常	$a_3 = S \times S \times \lambda_j$
	显性失误	正常	正常	$a_4 = S \times \lambda_w \times S$
		显性失误	显性失误	$b_1 = S \times \lambda_w \times \lambda_w$
		隐性失误	正常	$a_5 = S \times \lambda_w \times \lambda_j$
	隐性失误	正常	正常	$a_6 = S \times \lambda_j \times S$
		显性失误	正常	$a_7 = S \times \lambda_j \times \lambda_w$
		隐性失误	隐性失误	$c_1 = S \times \lambda_j \times \lambda_j$
显性失误	正常	正常	正常	$a_8 = \lambda_w \times S \times S$
		显性失误	显性失误	$b_2 = \lambda_w \times S \times \lambda_w$
		隐性失误	正常	$a_9 = \lambda_w \times S \times \lambda_j$
	显性失误	正常	显性失误	$b_3 = \lambda_w \times \lambda_w \times S$
		显性失误	显性失误	$b_4 = \lambda_w \times \lambda_w \times \lambda_w$
		隐性失误	显性失误	$b_5 = \lambda_w \times \lambda_w \times \lambda_j$
	隐性失误	正常	正常	$a_{10} = \lambda_w \times \lambda_j \times S$
		显性失误	显性失误	$b_6 = \lambda_w \times \lambda_j \times \lambda_w$
		隐性失误	隐性失误	$c_2 = \lambda_w \times \lambda_j \times \lambda_j$
隐性失误	正常	正常	正常	$a_{11} = \lambda_j \times S \times S$
		显性失误	正常	$a_{12} = \lambda_j \times S \times \lambda_w$
		隐性失误	隐性失误	$c_3 = \lambda_j \times S \times \lambda_j$
	显性失误	正常	正常	$a_{13} = \lambda_j \times \lambda_w \times S$
		显性失误	显性失误	$b_7 = \lambda_j \times \lambda_w \times \lambda_w$
		隐性失误	隐性失误	$c_4 = \lambda_j \times \lambda_w \times \lambda_j$
	隐性失误	正常	隐性失误	$c_5 = \lambda_j \times \lambda_j \times S$
		显性失误	隐性失误	$c_6 = \lambda_j \times \lambda_j \times \lambda_w$
		隐性失误	隐性失误	$c_7 = \lambda_j \times \lambda_j \times \lambda_j$

则系统正常的概率为:

$$S\left[\frac{2}{3}(G)\right] = \frac{\sum_{i=1}^{13} a_i}{\sum_{i=1}^{13} a_i + \sum_{i=1}^7 b_i + \sum_{i=1}^7 c_i}$$

发生显性失误的概率为:

$$\lambda\left[\frac{2}{3}(G)\right] = \frac{\sum_{i=1}^7 b_i}{\sum_{i=1}^{13} a_i + \sum_{i=1}^7 b_i + \sum_{i=1}^7 c_i}$$

发生隐性失误的概率为:

$$\lambda\left[\frac{2}{3}(G)\right] = \frac{\sum_{i=1}^7 c_i}{\sum_{i=1}^{13} a_i + \sum_{i=1}^7 b_i + \sum_{i=1}^7 c_i}$$

## 2 应用举例

### 2.1 基础数据的获取

为得到警情分析的相关数据, 对常州市 110 接警中心、119 消防指挥中心、120 医疗急救中心进

行了调查, 请具有接处警经验的 20 位接警员对警情分析的可靠性打分, 见表 3。

表 3 被访人员的可靠性打分

Table 3 The reliability marks by accessing missionary

可靠性分组/ %	人数	在接处警岗位职龄/a
90~ 92	4	0 5、2、2、6
92~ 94	7	1、1、3、4、4、8、10
94~ 96	3	3、3、4
96~ 98	2	4、7
98~ 100	4	3、4、7、9

调查中发现, 警情分析的准确性随接处警岗位职龄的增加而呈十分明显提高的趋势, 且在接处警岗位职龄达到 5 年之后基本稳定下来。故对 1~ 5 年职龄接警员赋予等比梯度的权重, 见表 4。

表 4 职龄与权重的关系

Table 4 The relationship between occupation ages and ratio

职龄	≤1	2	3	4	≥5
权重	1	2	4	8	16

由表 3、表 4 可得到各可靠性分组别的总和得分见表 5。

表 5 各可靠性分组得分

Table 5 The score of each teams

可靠性分组/ %	90~ 92	92~ 94	94~ 96	96~ 98	98~ 100
分组得分	21	54	16	24	44

设表 5 中的分组得分为  $R$ , 表 5 中的分组范围为  $X$ , 所求统计可靠度为  $x$ , 则  $x$  可由方程 (2) 求得:

$$\int_{90}^{100} R(x) dx = \int_x^{100} R(x) dx \quad (2)$$

运用表 5 中的数据, 解 (2) 得, 警情分析的统计可靠度为:  $x = 0.9444$ 。也即 (1) 式中判断正确的概率  $S$ , 可得  $S = x = 0.9444$ 。

显性失误和隐性失误率难以直接获得, 实际上, 也不会作这方面的统计。但显性失误和隐性失误的具体数值在这里并不会影响对前述 3 种逻辑结构的比较。这里, 设隐性失误率  $\lambda$  和显性失误率  $\lambda_1$  相等, 由 (1) 式有:

$$\lambda = \lambda_1 = \frac{1-S}{2} = 0.0278$$

### 2.2 不同逻辑结构警情分析的可靠度比较

将警情分析单元的可靠度 0.9444, 隐性失误率 0.0278, 显性失误率 0.0278 代入前述模型, 得表 6。

表 6 不同逻辑结构警情分析单元的可靠度比较

Table 6 The reliability comparison between different logical structures of alarm analysis cells

表决系统	$S$	$\lambda_w$	$\lambda_j$
单一系统	0.9444	0.0278	0.0278
2 选 1 表决系统	0.9445	0.0547	0.0008
3 中选 2 表决系统	0.9954	0.0023	0.0023

表 6 可以明显看出采取 3 中选 2 逻辑结构, 系统可靠度最高, 显性失误和隐性失误率都得到有效控制, 是警情分析单元的最佳选择。

### 2.3 接处警系统表决逻辑的实现

接警中心应设立主、副接警席位, 主接警席的接警员一般是有较长的应急接警工龄以及经考核业绩较好者担任, 一个主接警席配备两名副接警席位即可。

值得说明的是, 在一般的接处警过程中, 各席位拥有平等的调度和处置权力, 只要按照既定程序完成警情分析和处理即可。当出现一级警情或者较大的应急联动警情时, 才需要主副接警席的团队合作。此时, 接警席位一方面通知处警席调派出认为需要的处置资源和警力, 同时, 向所在团队的主接警席位汇报当前状况。此团队就当前警情形成表决系统, 根据视频系统及现场通过语音链路的汇报情况各自独立作出新的处置意见, 按照 3 中选 2 以及尽可能的减少隐性故障的原则下, 派出新的处置资源和力量处警。

### 参考文献:

[1] 张佰成, 谭伟贤. 城市应急联动系统建设与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2005 11- 13

[2] Magdi S Moustafa. Transient analysis of reliability with and without repair for K- out- of- N: G systems with two failure modes [J]. Elsevier Science, 1996, (53): 31- 35

[3] 王凯全. 石油化工流程的危险辨识 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2003 25- 27

[4] 王凯全. 安全保护系统故障的可辨识研究 [J]. 江苏石油化工学院学报, 2002, 14 (4): 25- 29

[5] 黄勇, 王凯全. 并联系统可靠性和费用的模糊综合优化方法 [J]. 江苏工业学院学报, 2006, 18 (2): 34- 37

[6] 王凯全. 安全系统的故障分析 [J]. 中国安全科学学报, 2007, 17 (8): 5- 9