

文章编号: 1005-0523(2004)02-0076-03

# 2/3(G)信号微机联锁系统故障树(FTA)分析

肖运勇, 宋平凡, 黄志明

(新余钢铁有限责任公司 运输部, 江西 新余 338001)

**摘要:**建立了 2/3(G)信号微机联锁系统的故障树, 分析了应用中引起系统失效的主要原因.

**关键词:**2/3(G); 微机联锁; 故障树

**中图分类号:**F240

**文献标识码:**A

站场铁路信号是机车调度命令信息, 它把机车进路的信号, 道岔、区段联锁控制, 以不同的色灯或色灯组合指示行车路径, 确保机车作业安全. 铁路信号联锁控制经过长期的研究、实践和发展, 从 6502 电气集中逐步发展到目前的微机联锁技术, 主控模式也有三取二[2/3(G)], 主备二取二, 双机热备等多种结构.

站场信号微机联锁系统有着规模大、复杂、逻辑控制强等特点, 运行中出现的故障要进行逻辑判断, 针对性地排查, 若采用事后经验性维修和盲目性维修, 故障处理时间长、效率低, 还可能影响生产和安全, 采用故障树的分析方法, 可以做到快速、准确追踪故障原因, 提高检修工效. 故障树是分析大型复杂控制系统的安全性与可靠性的最常用方法, 它把系统不希望发生的事件(失效状态)作为故障树的顶端事件, 逐一分解找出导致系统的失效之源, 分析故障产生之因, 评价系统故障概率具有重要的作用. 本文以国内铁路运输行业使用较普遍的三取二[2/3(G)]信号微机联锁系统为主控模式, 评价其系统的可靠性指标, 并且建立了系统失效故障树的分析模型, 为信号微机联锁系统的应用提供参考.

## 1 2/3(G)主控系统的可靠性

2/3(G)表决系统, 既三套同时独立运行的 CPU 控制系统中, 有 2 个或 2 个以上 CPU 控制系统工作正常(运算数据结论一致), 则确认为系统工作正常(运算数据有效), 否则系统失效(运算数据无效), 我们把每一套 CPU 控制系统分别看成一个独立运行的元件 ICU<sub>1</sub>, ICU<sub>2</sub>, ICU<sub>3</sub>, 2/3(G)表决系统用可靠性框图表达为图 1:

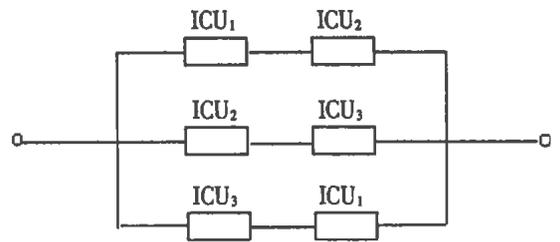


图 1 2/3(G)可靠性框图

从图 1 可见, 系统正常(T)至少 ICU<sub>1</sub> 与 ICU<sub>2</sub>, 或者 ICU<sub>2</sub> 与 ICU<sub>3</sub>, 或者 ICU<sub>3</sub> 与 ICU<sub>1</sub> 正常, 用概率表述系统正常事件 T 为:  $T = (ICU_1 \cap ICU_2) \cup (ICU_2 \cap ICU_3) \cup (ICU_3 \cap ICU_1) \cup (ICU_1 \cap ICU_2 \cap ICU_3)$  由于每套 CPU 控制系统的元件相同, 制作工艺、参数也相同, 故失效率  $\lambda$  也相同, 所以主控系统可靠性

$$R_s(t) = C_3^2 3^{-2\lambda t} (1 - e^{-\lambda t}) + C_3^0 e^{-3\lambda t}$$

收稿日期: 2003-12-05

作者简介: 肖运勇(1955-), 男, 高级工程师.

$$= 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t} \quad (\text{证明略})$$

$$\text{平均无故障工作时间 MITFS} = \int_0^{\infty} R_s(t) dt = \frac{1}{2\lambda}$$

$$+ \frac{1}{3\lambda} = \frac{5}{6\lambda}$$

一个元件,如信号机、转辙机、区投电路……,以系统失效为顶端事件,建立2/3(G)信号微机联锁系统运行时故障树模型:

## 2 2/3(G)信号微机联锁系统故障树

为简化分析把系统中独立工作的部件均视为

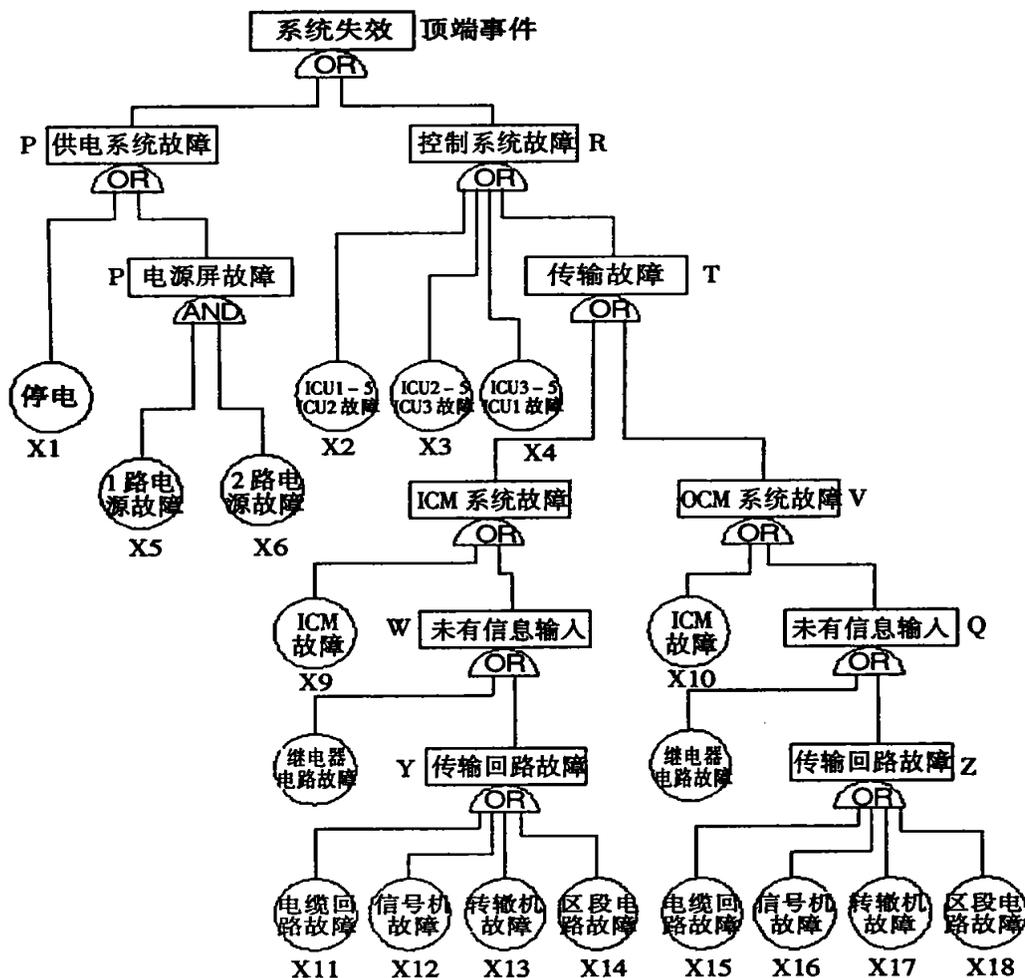


图2 2/3(G)信号微机联锁系统故障树

对每个基本元件还可以继续分解建立故障树模型,如调车信号机基本电路图3:

故障树模型:

## 3 故障树分析

### 1) 定性分析

最小割集是导致故障树顶端事件发生的充要条件,反之,查找故障树顶端事件发生的各种原因必然包含最小割集.2/3(G)信号微机联锁系统故障树的最小割集用下行法查找:

最小割集为  $\{\chi_1\}, \{\chi_5, \chi_6\}, \{\chi_2\}, \{\chi_3\}, \{\chi_4\}, \{\chi_7\}, \{\chi_8\} \dots \{\chi_{18}\}$ , 当最小割集中任一事件发生,则必然导致系统失效,如事件  $\chi_1$  发生(停电),系统失效,事件  $\{\chi_5, \chi_6\}$  发生(二路电源均故障),系统失效,事件  $\{\chi_2\}$  发生(ICU1, ICU2 故障),系统失效……

### 2) 定量分析

系统失效事件的概率  $P\{T\}$ , 既当一个最小割集事件出现时顶端事件出现的概率为:

$$P\{T\} = P\{\chi_1 \cup \chi_2 \cup \chi_3 \cup \chi_4 \cup (\chi_5 \cap \chi_6) \cup \chi_7 \dots \cup \chi_{18}\}$$

分析步骤序号						最小割集
1	2	3	4	5	6	
P	$\chi_1$	$\chi_1$	$\chi_1$	$\chi_1$	$\chi_1$	$\chi_1$
S		$\chi_5, \chi_6$				
R	$\chi_1$	$\chi_2$	$\chi_2$	$\chi_2$	$\chi_2$	$\chi_2$
	$\chi_2$	$\chi_3$	$\chi_3$	$\chi_3$	$\chi_3$	$\chi_3$
	$\chi_3$	$\chi_4$	$\chi_4$	$\chi_4$	$\chi_4$	$\chi_4$
	$\chi_4$	U	$\chi_7$	$\chi_7$	$\chi_7$	$\chi_7$
T	V	W	$\chi_9$	$\chi_9$	$\chi_9$	$\chi_9$
		Q	$\chi_8$	$\chi_{11}$	$\chi_{11}$	$\chi_{11}$
			$\chi_8$	$\chi_{12}$	$\chi_{12}$	$\chi_{12}$
			$\chi_{10}$	$\chi_{13}$	$\chi_{13}$	$\chi_{13}$
			Z	$\chi_{14}$	$\chi_{14}$	$\chi_{14}$
				$\chi_8$	$\chi_8$	$\chi_8$
				$\chi_{10}$	$\chi_{10}$	$\chi_{10}$
				$\chi_{15}$	$\chi_{15}$	$\chi_{15}$
				$\chi_{16}$	$\chi_{16}$	$\chi_{16}$
				$\chi_{17}$	$\chi_{17}$	$\chi_{17}$
				$\chi_{18}$	$\chi_{18}$	$\chi_{18}$

用概率加法定理展开并代入统计数据,可计算出顶端事件发生的概率.工程近似估算,取:

$$P\{T\}_{SUP} = P(\chi_1) + P(\chi_2) + P(\chi_3) + P(\chi_4) + P(\chi_5 \cap \chi_6) + P(\chi_7) + \dots + P(\chi_{18}) \quad (1)$$

系统运行时  $P(\chi_1)$  概率很小,  $P(\chi_5 \cap \chi_6)$  (二路电源同时故障的概率) 也很小, 对系统失效概率计算可忽略. 而  $\chi_2, \chi_3, \chi_4$  是  $2/3(G)$  表决系统中二个或二个以上  $ICU_i$  同时故障事件的概率, 由  $2/3(G)$  表决系统的故障树(如图 5 所示).

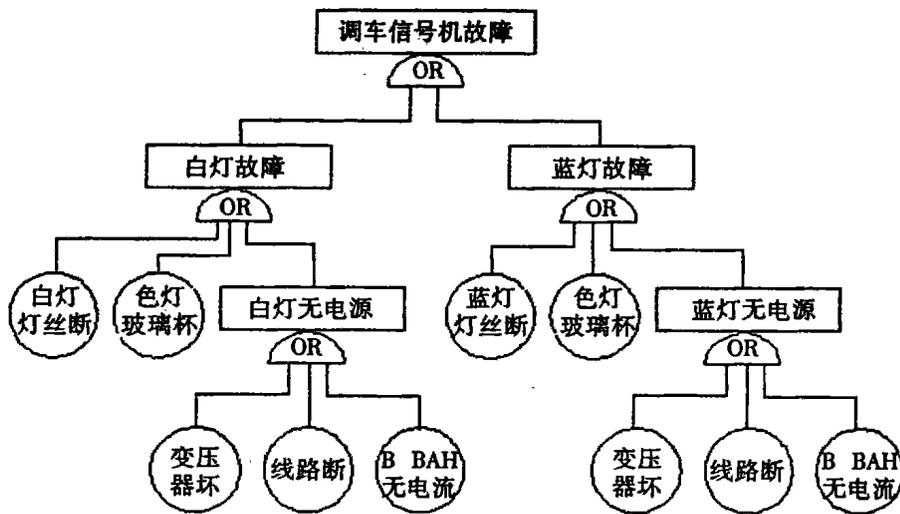


图 4 调车信号机故障树

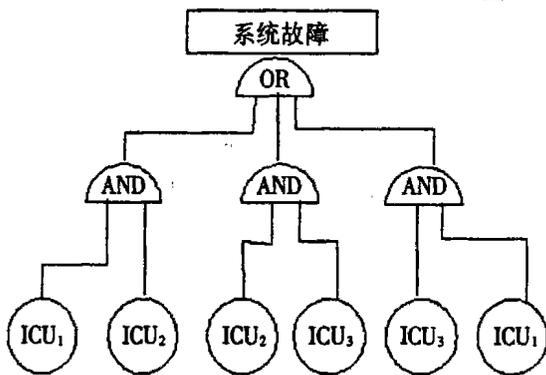


图 5 2/3(G)表决系统故障树

最小割集  $\{ICU_1, ICU_2\}, \{ICU_2, ICU_3\}, \{ICU_3, ICU_1\}$ , 设  $ICU_i$  故障率为

$$P(ICU_1) \cdot P(ICU_2) = P^2$$

ICM, OCM 制作工艺与  $ICU_i$  相同

$$P(\chi_7) = P(\chi_8) \approx P$$

$$\text{所以 } P\{T\}_{sup} = 3P^2 + 2P + 18/2 P(\chi_i) \quad i=9$$

由于制造工艺、室内室外设备运行环境的差异, 运行中存在关系:

$$3P^2 + 2P \ll 18/2 P(\chi_i) \quad i=9$$

$$\text{故 } P\{T\}_{sup} \approx 18/2 P(\chi_i) \quad i=9 \quad (2)$$

代入统计数据可近似估算系统失效概率.

上述三式中:  $18/2(P\chi_i) i=9$ , 统一由  $\sum_{i=9}^{18} P(\chi_i)$  替代.

$$P(\chi_2) = P(\chi_3) = P(\chi_4) = P\{ICU_1 \cap ICU_2\} =$$

## 4 结论

2/3(G)信号微机联锁系统可靠性特点,主控部分可靠性远大于室外设备可靠性,有可靠性冗余度的联锁控制系统,系统运行的失效概率主要受继电器电路和室外信号机、电机转辙机、区投电路、电缆传输回路的影响。因此,采用故障树分析模式,建立微机联锁系统的详解的故障树,用统计方法得出每

一部件的故障概率,在系统故障时,可以做到快速定位,迅速排除故障,提高系统运行的可靠性。

### 参考文献:

- [1] 郭永基. 可靠性工程原理应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 黄祥瑞. 可靠性工程[M]. 北京:清华大学出版社,1990.
- [3] 李玉业. 可靠性数学[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1990.

## The Fault Tree Analysis(FAT) of the 2/3(G) Microcomputer Signal Interlock System

XIAO Yun-yong, SONG Pin-fan, HUAN Zhi-min

(1. Jiangxi Xinyu Iron & Steel Co. Ltd., Jiangxi Xinyu 338001, China)

**Abstract:** In this paper, a fault tree of 2/3(G) micro-computer signal interlock system is established. based on the fault tree, the main reasons of the system invalidation is analyzed. The method introduced in this paper is very useful in operation field.

**Key words:** 2/3(G), micro-computer interlock, fault tree

(上接第73页)

电子计时,从触发到计时的误差最大不会超过20微秒。测速精度的主要影响因素是测试点的位置误差。对此,只要采用合适的量具并细心调试就可以将误差降到很小。如果用皮尺测距,一百米的误差不超过零点一米,假设运动员真实的百米速度为每秒10米的话,那么测得速度的绝对误差将小于每秒0.01米,相对误差则少于0.1%。

## 3 结束语

本测试仪具有操作简便,精度高、价格低廉便于携带等优点,被测试运动员不需要携带任何发射

或接受装置,便于基层教练员和科研人员即时掌握短跑和跳跃运动员速度变化的状况,调控运动员的训练,为教练员科学地制定训练计划提供了参考依据,有利于基层多出人才,出好人才。经有关单位试用,取得了良好的效果。

### 参考文献:

- [1] 余永权. ATMEL 89 系列单片机应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 苏长赞. 实用遥控技术手册[M]. 北京:人民邮电出版社,1996.
- [3] 陈有卿,等. 颖电子模块应用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

## Development of Portable Measuring Set for Position Versus Time

XU Chun-hui

(School of Electric and Electronic Eng., East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Using pulse infrared emission and incept equipment, the paper detects the position information of athlete. This information is transmitted to microcontroller by wireless signal emission and incept equipment, the microcontroller records the time at the moment. The speed of the athlete via every section is measured and displayed by the microcontroller system. The hardware and software of the system are designed.

**Key words:** measurement of position versus time; infrared; emission; incept; wireless; microcontroller