

装载机变速装置故障树分析方法

张伟社,武小娟,张帆

(长安大学 工程机械学院,陕西 西安 710064)

摘要:应用故障树分析方法对轮胎式装载机的主要部件——液力机械变速箱进行了分析,根据该部件的结构以及零部件失效与系统之间的逻辑关系,绘制了该部件的故障树,并通过结构函数表示了零部件状态对系统状态的影响。实践证明,故障树所表示的关系与实际使用中发生故障的情况是一致的。

关键词:变速装置;故障树;结构函数;最小割集数

中图分类号:U415.51

文献标识码:A

文章编号:1000-033X(2004)09-0041-03

Fault tree analysis for torque converter gearbox of loader

ZHANG Wei-she, WU Xiao-juan, ZHANG Fan

(School of Engineering Machinery, Chang'an University, Xi'an, 710064, China)

Abstract: By means of fault tree analysis, the paper analyzes the torque converter of the gearbox which is the main part of a wheel loader, and draws the trouble tree of the main parts, according to the internal connection among the systems and the logical relationship between the parts failure and systems, and then use construction function to describe the effect that the part condition gives rise to the system state.

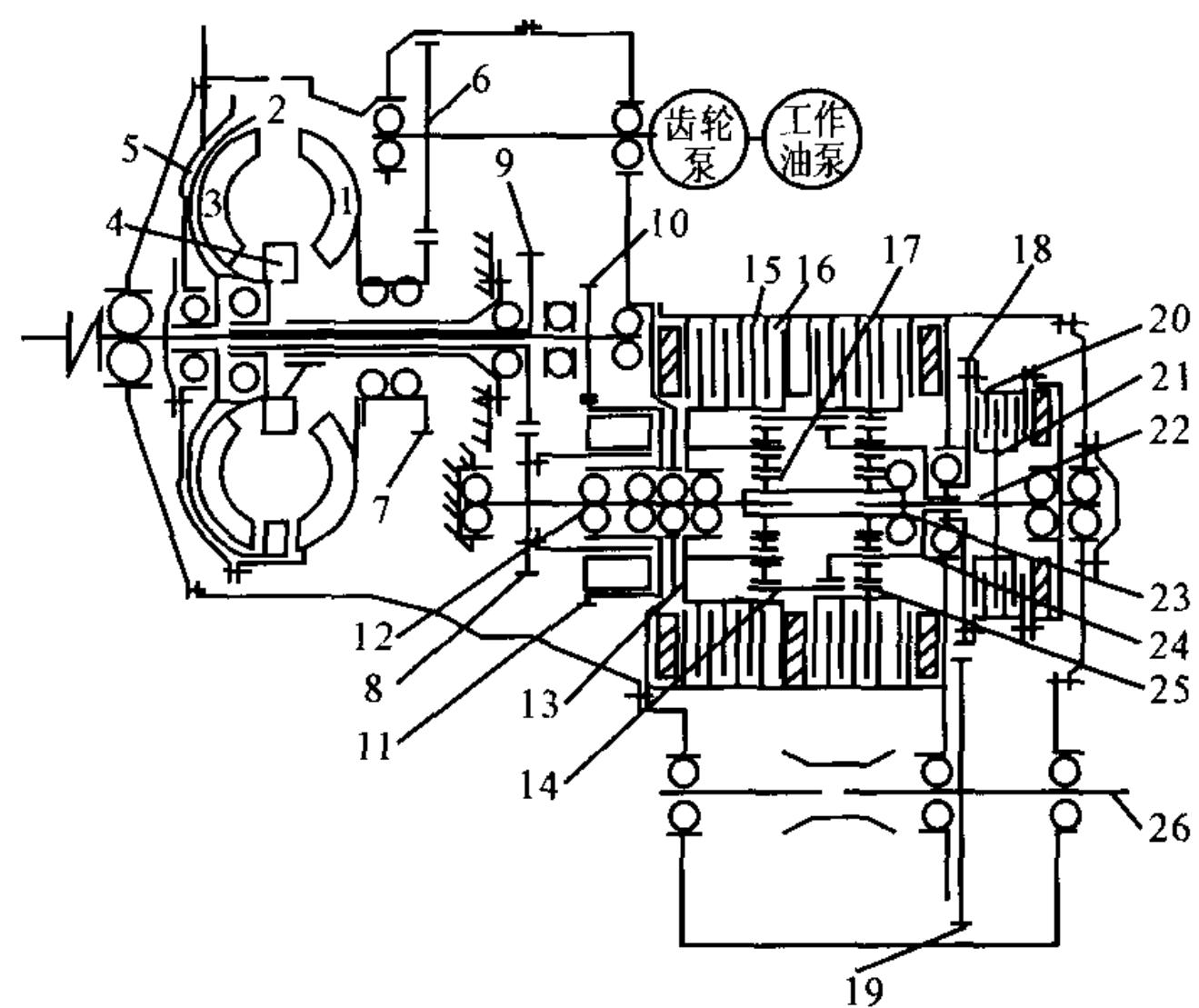
Key words: torque converter gearbox; fault tree; construction function; least partition assembly count

故障树分析是提高系统可靠性的一种设计方法,他是一种图形演译方法,是故障事件在一定条件下的逻辑推理。他可以对系统作全面的可靠性分析,也可以围绕特定的故障状态层层作深入的分析,因而在清晰的故障树图形下,表达了系统的内在联系,从而可以找出系统的全部故障模式(即故障谱),确定系统的薄弱环节,还能对造成系统失效的各种因素进行分析,计算系统失效概率和有关可靠性参数,从而改善系统设计。近10多年来在对产品系统的可靠性、安全性分析中该方法得到了广泛的应用。

轮胎式装载机是集机械、液压、控制等多种技术为一体的复杂的产品系统,要想对此系统进行分析和进一步提高其可靠性仅凭经验是不可能的,而采用常用的“真值表”法和“概率图”法建立其逻辑框图也是十分困难的。本文分析了图1所示装载机的主要部件及整机的实际结构,根据故障树理论,结合装载机抽样调查结果,绘制了装载机的主要部件——液力机械变速箱的故障树。

1 液力机械变速箱故障树的建立

为了正确建立液力机械变速箱系统故障树应选择



1、2、3、4—液力变矩器元件; 6、7、8、9、14、17、18、19、20、21、25—变速箱齿轮; 11—离合器; 15、16—摩擦元件; 13、24—行星架; 10、12、22—中间轴; 5—输入轴; 26—输出轴; 23—传力套。

图1 液力机械变速箱传动系统

好顶事件,确定建树流,处理好产品系统及部件的边界条件。为此取液力机械变速箱系统以“前输出轴不能传递转矩”为故障树的顶事件,以功率流(功率传递)为建树流,并作出以下假设:

(1) 认为管路、各种形式连接件及固定不动件等十分可靠,无失效;

- (2) 所油量足够,油温在规定范围内;
- (3) 不考虑人为故障和环境影响以免故障树过于庞大和繁琐;
- (4) 因为部件和组件多为串联系统,故以主要零件代表底事件不再发展。

根据上述假设,对变速箱系统的各级故障事件进行逐一分解,可画出图1所示装载机用液力机械变速箱系统故障树如图2~图7所示,下面用其进行故障分析。

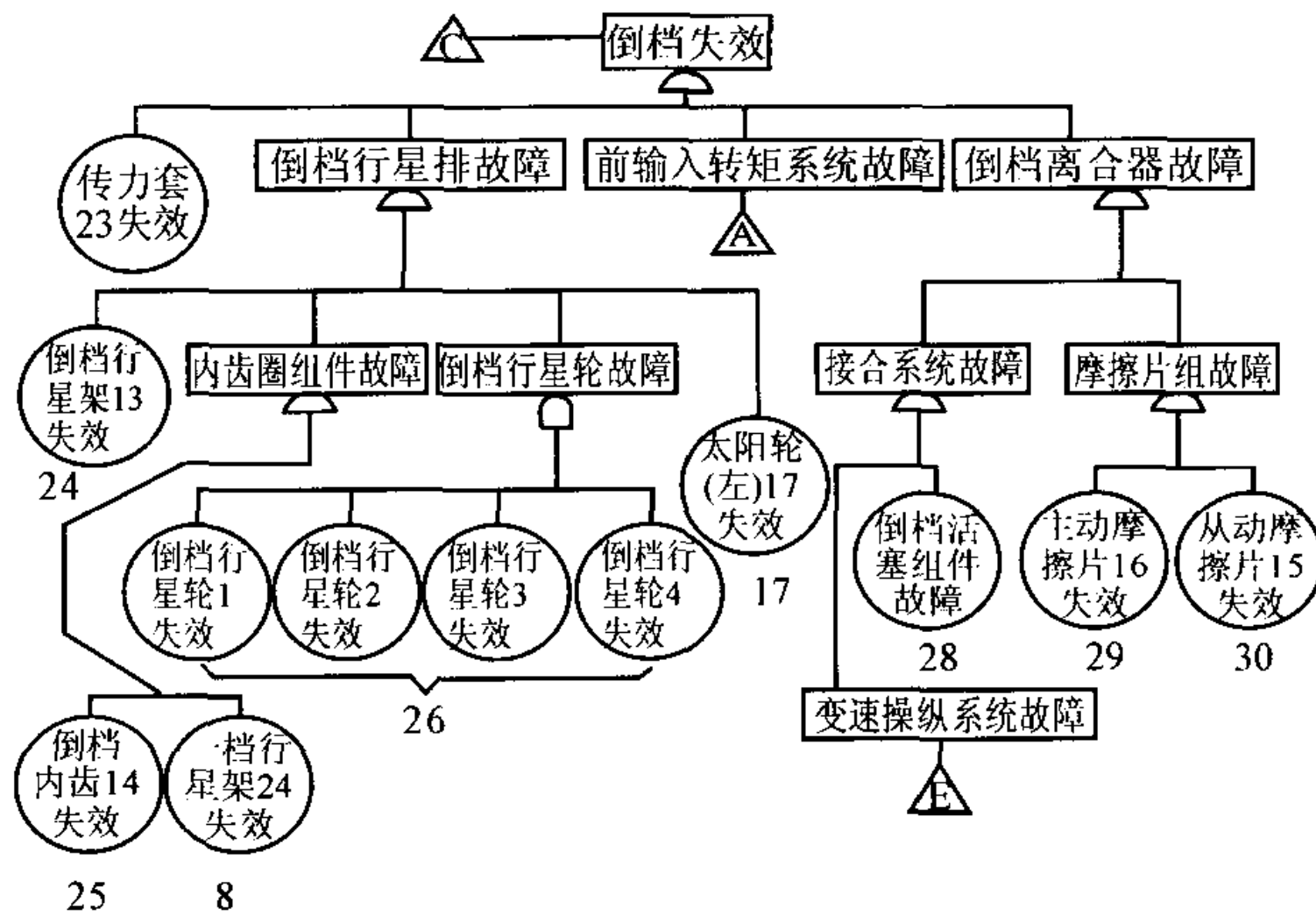


图5 倒档失效故障树

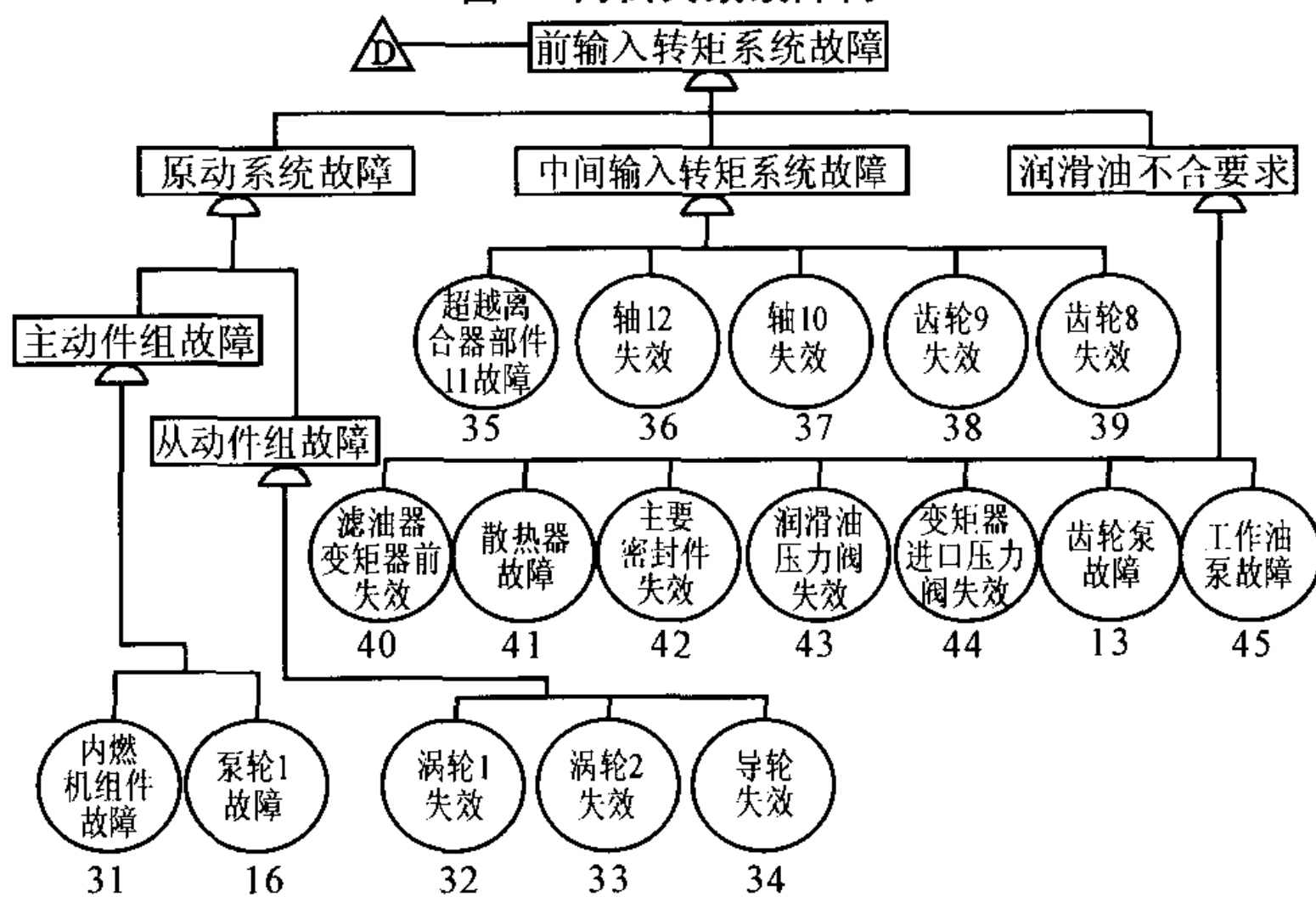


图6 前输入转矩系统故障树

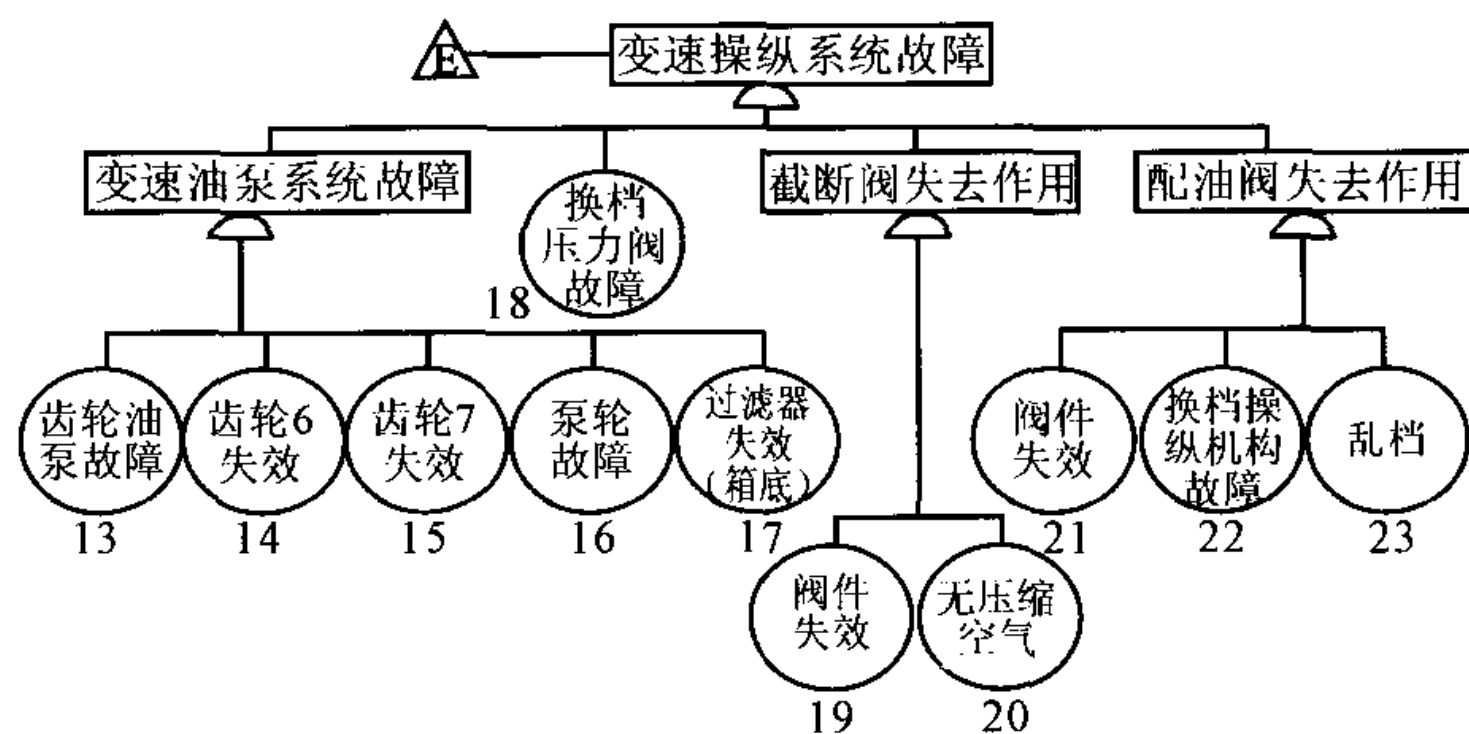


图7 变速操纵系统故障树

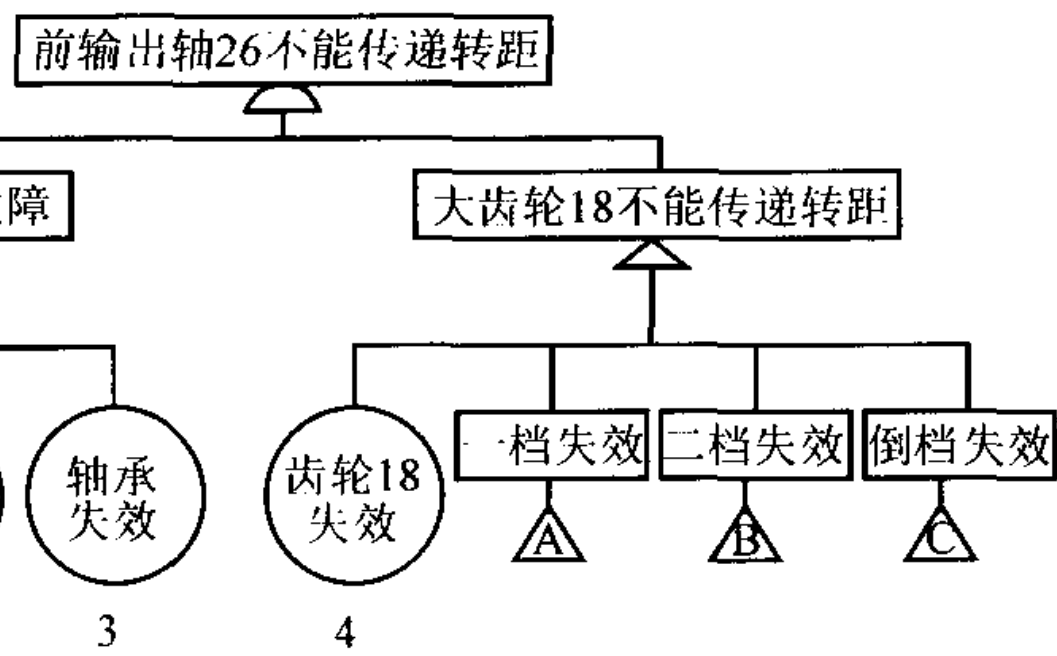


图2 前输出轴不能传递转矩故障树

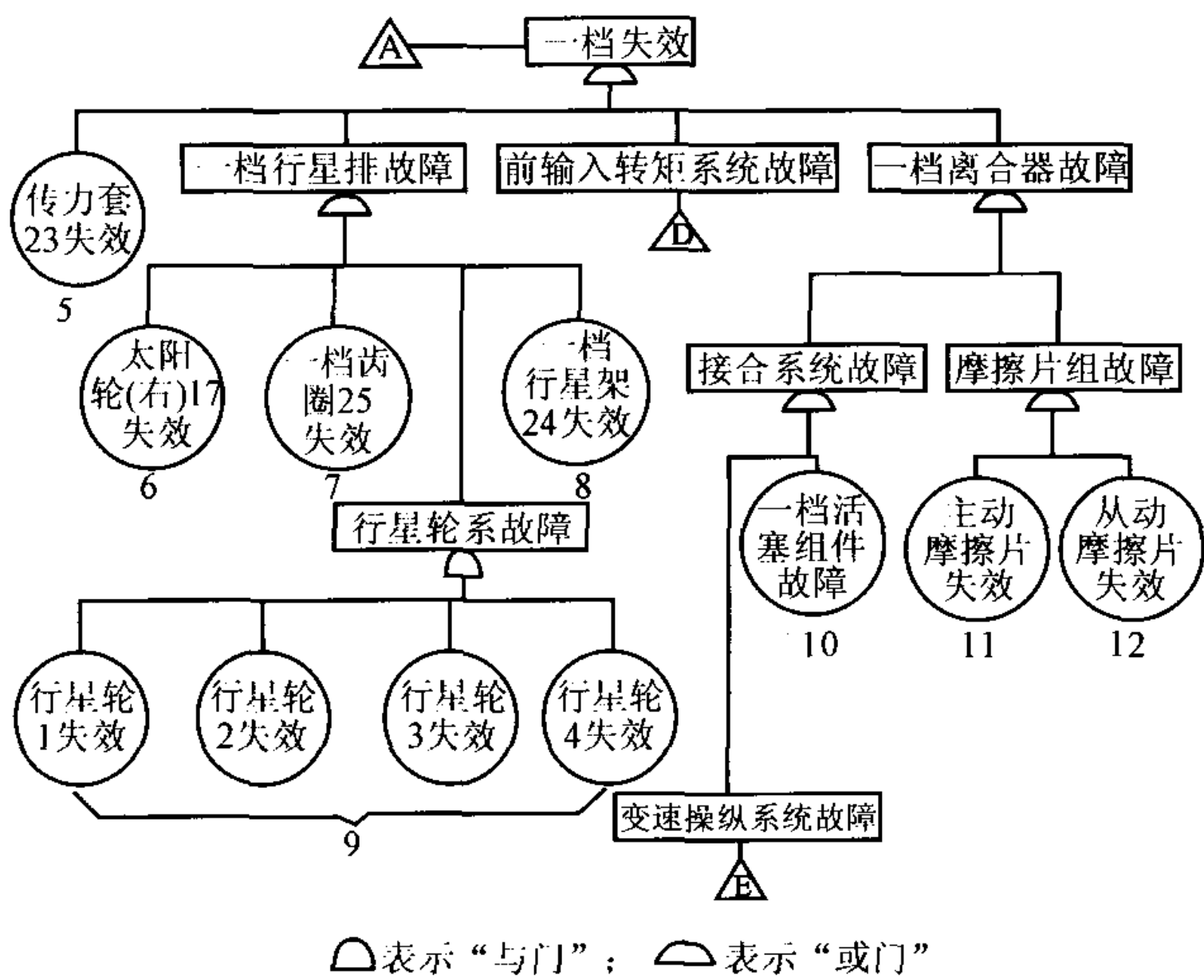


图3 一档失效故障树

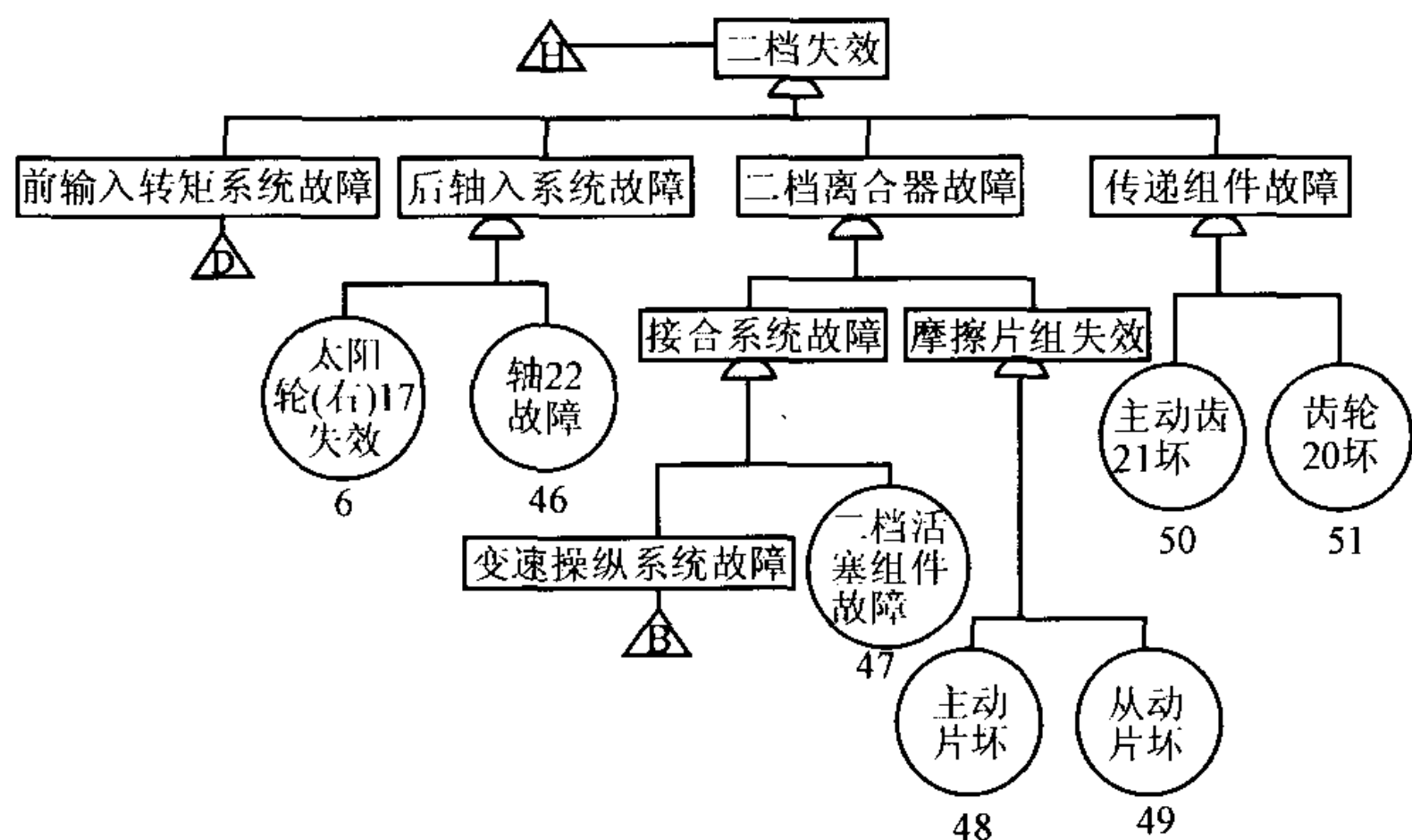


图4 二档失效故障树

2 液力机械变速箱零部件重要度分析

从图2~图7故障树可知,除一档和倒档(见图3和图5)行星轮为“与门”结构外,其他底事件均为“或门”结构,故可得最小割集数为51。图8所示是其中之一,他表

示了装载机不能进退时故障树的最小割集。由此可得液力机械变速箱系统发生故障的概率即液力机械变速箱系统结构函数为:

$$\varphi(\bar{X})=1-\prod_{i=1}^{51}(1-X_i)$$

其中: $X_9=\varphi(\bar{X}_9)=\prod_{j=1}^4(1-X_j)$

$$X_{26}=\varphi(\bar{X}_{26})=1-\prod_{k=1}^4(1-X_k)$$

式中: X_i —表示第*i*个最小割集发生故障的概率。

为了比较液力机械变速箱系统零部件的重要程度,可对故障树的最小割集进行求解分析,图8所示为



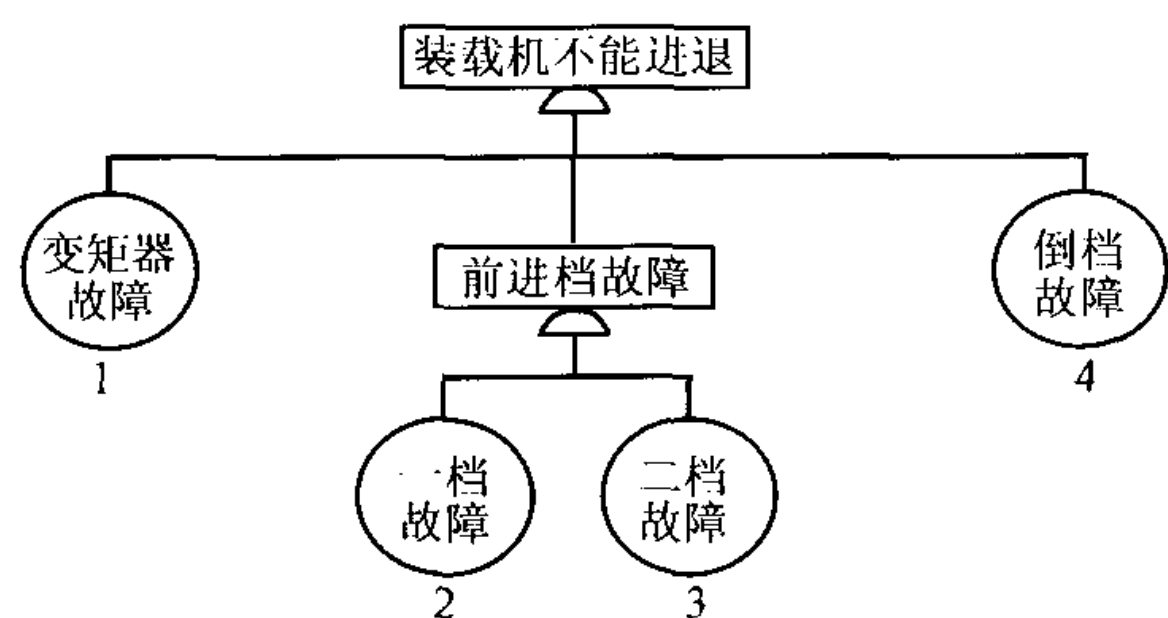


图8 装载机不能进退故障树

液力机械变速箱系统故障树最小割集,若以机器其他系统均可靠为边界条件,根据状态穷举法求得重要度分别如下。

变矩器及倒档系统的重要程度:

$$I_1^B = I_4^B = \frac{1}{2^3} [N_\varphi(X_1=1) - N_\varphi(X_1=0)] = \frac{1}{8} (8-5) = \frac{3}{8}$$

前进档系统的重要程度:

$$I_2^B = I_3^B = \frac{1}{8} (8-7) = \frac{1}{8}$$

式中: $N_\varphi(X_1=1)$ —所有 $X_1=1$ 时系统 $\varphi=1$ 状态数;

$N_\varphi(X_1=0)$ —所有 $X_1=0$ 时系统 $\varphi=1$ 状态数。

由此可见变矩器系统及倒档系统零件的重要程度是前进档的3倍,也就是说变矩器系统与倒档系统更具有重要性。当然变矩器系统的故障影响整个传动系统,而倒档系统故障仍可有前进运动,从这个意义上说变矩器系统较倒档系统更为重要。其他最小割集均可用上述方法计算其系统的重要度,进而对最小割集对应的系统重要度进行对比分析。

3 液力机械变速箱故障分析

由图2~图7所示装载机液力机械变速箱系统故障树直观分析,可得如下结论。

(1) 液力机械变速箱系统除行星轮系(见图3和图5)外,都由“或门”联接(相当于故障树图中的串联系统),故对每个零件可靠度要求较高,这对材料、制造和使用维护要求也高,因而对提高机器可靠性是很不利的。

(2) 若将故障树中全部零件根据功用分为动力输

入、动力传递、动力输出和液压操作系统等4个子系统,则由故障树可看出,动力传递子系统(即变速系统)因有三档速度并联(即每次只能使用一档速度,见图2),故和其他3个子系统相比零件使用率较小(即工作时间较短),相对来说对整机工作影响较小。

(3) 由故障树(见图2、图3和图5)可清晰地看出,液力机械变速箱系统中,太阳轮(见图3、图4和图5)、传力套(见图3和图5)、一档行星架(见图3和图5)、大齿轮(见图2)系共用零件,应具有较高的可靠度。

对于工作时间长的系统中的重要零件可采用冗余系统设计法(或动力分流式)以提高可靠性,如重要的阀体、齿轮等。对变速油泵部分可考虑采用2个加以转换开关以实现热储备系统,这对图1所示的液力机械变速箱来说是可以实现的,这是零件质量无法保证而要提高可靠性时采取的方法。对重要零件应进行精确制造,严格检验和筛选以确保质量。

4 结语

(1) 文中给出的装载机液力机械变速箱系统故障树全面清晰地反映了液力机械变速箱系统故障成因与系统故障的关系以及每一种可能故障的传递途经。

(2) 故障树为设计、管理、监测和维修液力机械变速箱提供了一种形象的图解,指导人们去查找系统的故障,去改进与强化系统的关键部分。

(3) 为液力机械变速箱系统的可靠性提供了有效的定性分析和定量评价方法,以便计算机辅助故障分析的实现。

参考文献:

- [1] 蔡俊.可靠性工程学[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1990.
- [2] 刘惟信.机械可靠性设计[M].北京:清华大学出版社,1996.
- [3] 朱文予.机械可靠性设计[M].上海:上海交通大学出版社,1992.
- [4] 张承航,黄宗益,李兴华.轮式装载机安全设计[J].筑路机械与施工机械化,2003,20(1).

收稿日期:2004-04-08

中国可靠性
KekaoXing.com

(上接第38页)

3 结语

通过以上比较,建造单系统的混凝土搅拌船具有更好的经济性和先进的技术性,以及可靠性高的特点。

笔者公司建造了3艘单系统混凝土搅拌船,2003年4月投入东海大桥使用,至今已生产混凝土约140 000

m³,其中最大生产量为一次连续生产1 500 m³。3艘混凝土搅拌船自投产以来,未出现较大故障,也从未导致工程质量事故。实践证明,混凝土搅拌船只用一套混凝土系统可行且风险也是极低的,是一种比较经济的方案。

收稿日期:2004-04-30