

Construction and Research of Turnout Evaluation Model Based on Entropy Weight Method

Yaqiong Ren

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Yuanping, Shanxi, 034100, China

Abstract

The stable operation of signal equipment is an important factor affecting the efficiency of railway transportation, and the turnout is the equipment with the stability among signal equipment. At this stage, the stability of turnout equipment mainly relies on regular maintenance and maintenance to maintain, and the operation status of the equipment mainly relies the microcomputer monitoring curve to reflect, the combination of the two is relatively simple, and there is no pertinence, resulting in the coexistence of excessive and turnout maintenance, which is not conducive to the stable operation of the equipment. Therefore, it is urgent to construct a turnout evaluation model, and carry out targeted maintenance according to the evaluation results, so as to solve the shortcomings of the existing maintenance mode. This article takes the turnout equipment failure in the past four years as the research object, the end factors that cause the failure, and determines the weight index of the end factors by solving the information entropy. The weight index corresponds to each time period of the computer monitoring power curve, and the evaluation model based on the entropy weight method is constructed.

Keywords

turnout; entropy weight method; microcomputer monitoring curve; evaluation model

基于熵权法的道岔评价模型构建与研究

任亚琼

国能朔黄铁路发展有限责任公司, 中国·山西 原平 034100

摘要

信号设备能否稳定运行是关系铁路运输效率的重要因素, 而道岔是信号设备中稳定性相对较差的设备。现阶段道岔设备的稳定性主要依靠定期检修与养护来维持, 而设备运行状态主要依靠微机监测曲线来体现, 二者结合较为简单, 没有针对性, 致使道岔维修过剩与欠缺并存, 不利于设备稳定运行。因此, 急需构建一套道岔评价模型, 依据评价结果进行针对性维修, 以解决现有维修模式的不足。本文以近四年道岔设备故障为研究对象, 分析引起故障的末端因素, 通过求解信息熵的方法确定末端因素的权重指标, 将权重指标与微机监测功率曲线的各时间段相对应, 构建基于熵权法的评价模型。

关键词

道岔; 熵权法; 微机监测曲线; 评价模型

1 引言

道岔设备的主要作用是引导机车车辆从一股道转入另一股道的线路, 其主体是转辙机, 转辙机通过与杆件、安装装置及外锁闭装置等部件的相互联动与配合, 共同完成对道岔的转换和锁闭。道岔是轨道的薄弱环节之一, 较其他信号设备故障率高, 道岔故障直接导致列车无法进站或机车无法转线, 造成直接经济损失, 因此, 避免道岔故障是非常重要的。

微机监测系统通过采集转辙机内部电机的功率间接反映道岔的运行状态, 道岔运行状态的维护主要依靠月度维修

计划铺排进行, 导致维修与设备运行状态维护各成体系、脱节严重, 不利于设备的精益管理。当道岔运行状态欠佳时, 只能等待“天窗”日进行单独局部维修, 建立道岔微机监测曲线与维修的联系, 可以有效避免现行体制下的维修过剩与维修不足, 实现针对性维修, 保证设备稳定运行, 减少故障发生。

2 道岔故障因素分析

2.1 道岔动作原理

道岔动作的目的是牵引尖轨至规定位置, 以完成道岔的解锁、转换、锁闭过程, 最终实现信号设备的联锁关系。道岔尖轨与转辙机动作杆通过动作连接杆连接, 动作杆在移动一定距离的同时带动道岔尖轨移动。电液转辙机牵引尖轨时, 首先由继电器组合控制电机, 电机旋转通过联轴器带动

【作者简介】任亚琼(1983-), 女, 中国山西榆社人, 硕士, 工程师, 从事铁路信号研究。

油泵工作，泵出油缸内高压油，由于活塞固定，使油缸在高压油的压力下，形成缸体运动，缸体经推板向动作杆作用，实现转辙机与尖轨协同运动。

ZYJ7 型电液转辙机的解锁、转换锁闭作用原理图如图 2-1 所示。当道岔处于定位或者反位时，推板与锁闭铁吻合，处于锁闭状态，如图 2-1 (a) 所示。当道岔开始动作时，推板随油缸移动，退出锁块锁闭面，道岔处于解锁状态，随后推板继续移动，带动动作杆运动，道岔进入转换过程，如图 2-1 (b) 所示。油缸和推板继续移动，至锁块与锁闭铁接触，则进入增力状态，使锁块斜锁闭面与锁闭铁完全密贴吻合，道岔锁闭，如图 2-1 (c) 所示。

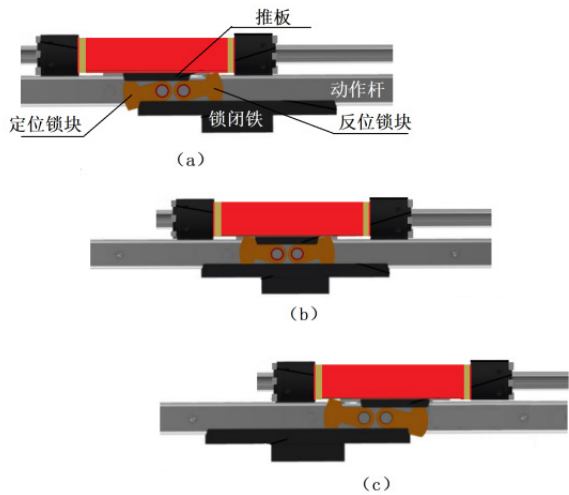


图 2-1 ZYJ7 型电液转辙机机械动作原理图

当道岔设有外锁闭装置时，转辙机内部解锁的同时，动作杆带动锁闭杆移动，密贴尖轨处的锁钩缺口与动作杆凸台吻合，此时外锁闭装置进入解锁状态，如图 2-2 (b) 所示。之后尖轨随动作杆移动，道岔进入转换阶段，如图 2-2 (c) 所示。当道岔动作到另一侧尖轨与基本轨密贴时，锁钩沿锁闭杆斜面向上爬起，锁钩升至锁闭杆凸台顶面时，锁钩同时被外锁闭铁和锁闭杆卡阻不能落下，实现了锁闭，如图 2-2 (d) 所示。

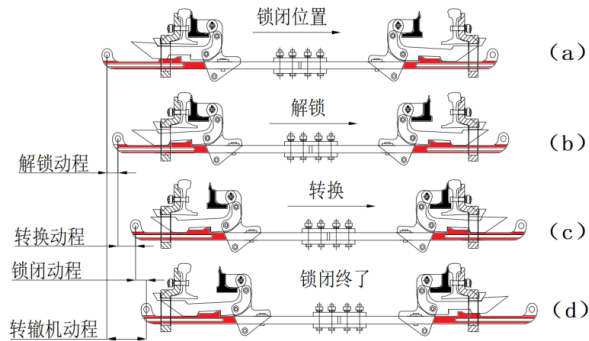


图 2-2 钩式外锁闭装置动作过程示意图

ZYJ7 型电液转辙机的检查和表示装置由固定座、拐臂、锁闭检查柱、轴承座、传动杆及齿轮、动作板、速动片、弹簧、

接点组和内外表示杆组成。锁闭检查柱与内表示杆的主锁闭杆缺口对应，只有缺口对准，锁闭检查柱方可落入检查口。用此来检查道岔尖轨密贴，并通过拐臂带动接点组构成表示电路。表示电路是最终反映道岔转换结果的装置，无论是内锁闭装置还是外锁闭装置的转换结果最终均会反映至表示电路。

2.2 道岔故障因素统计

通过统计分析 2020—2023 年道岔设备故障案例，共计故障障碍 578 件，将故障原因按照道岔动作过程进行归类，如表 2-1 所示。

表 2-1 2021—2023 年道岔故障统计表

年份	故障归类					故障数目
	控制	解锁	转换	锁闭	表示	
2020	2	7	72	94	38	213
2021	1	4	16	74	47	142
2022	0	5	7	57	37	106
2023	1	1	21	58	36	104

3 微机监测曲线分析

3.1 道岔功率曲线采集原理

道岔微机监测动作曲线是通过监测转辙机内部三相交流电机的输出功率，反映道岔动作过程中所受的阻力情况。监测过程中完成对电压、电流、开关量的采集，经功率采集单元计算，绘制出功率曲线实时反映道岔的动作情况、故障情况，可用来指导维修。

每组道岔配置一个功率采集单元。电压的采样点 U_a 、 U_b 、 U_c 不直接与电缆相接，经控制电路继电器 1DQJ 和 1DOJF 的接点断开电缆，只有在道岔扳动时，1DQJ 吸起后，采样点与电缆接通。三相电流采集采用互感器方式，在 DBQ 输出端与 1DQJ 之间进行采集。1DQJ 的状态采样，由开关量采集器隔离采集 1DQJ 或 1DQJF 的一组低压半空接点的中接点和后接点。

3.2 道岔功率曲线分析

道岔功率曲线按照道岔动作时间，将曲线分为五段，分别对应控制、解锁、转换、锁闭、表示。如图 3-1 所示。

道岔电机开始转动时，转速低输出功率大，转换过程中功率稳定，曲线平滑，道岔锁闭时，功率略有上升后，三相电其中一相迅速下降至零，其余两相经短时间延时后下降为零。

通过对比道岔动作程序与功率曲线，能够根据曲线功率的变化来判断道岔运行状态，而每个动作程序包含的机械动作是固定不变的，因此，功率曲线能间接反映道岔各部件的运行状况，这种对应关系为维修提供指导方向，但是道岔设备受外界影响因素较多，不同的道岔设备在不同的动作阶段受到不同的影响，需根据设备的运行状态受影响程度进行针对性维修。

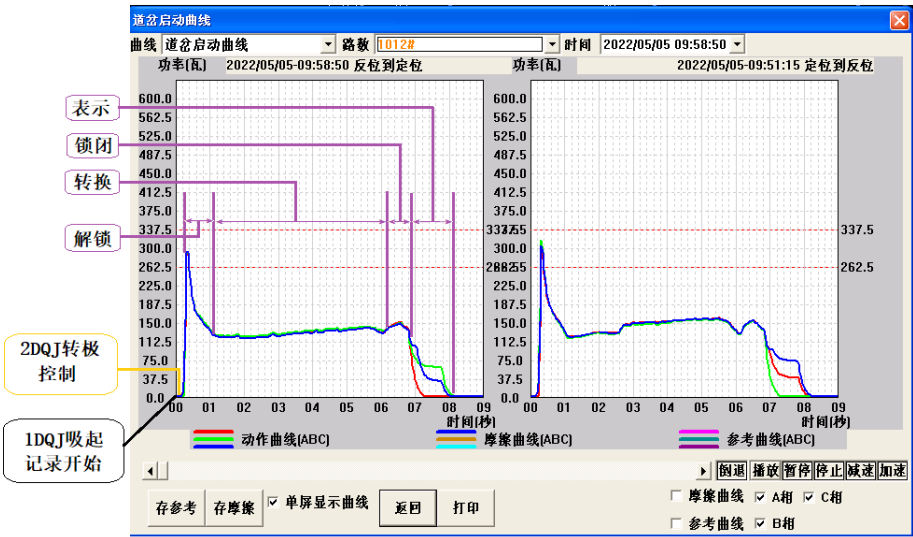


图 3-1 道岔功率曲线分析

4 熵权法评价体系构建

4.1 熵权法应用过程

熵权法是一种可以用于多对象、多指标的综合评价方法，其评价结果主要是依据客观资料，熵权法几乎不受主观因素的影响。应用过程包含数据归一化、计算指标比重、计算信息熵、计算指标权重、计算综合得分。

4.2 道岔评价体系构建

4.2.1 评价指标权重确定

根据表 2-1 统计，将 2020 年至 2023 年道岔故障数量作为研究对象，将道岔五个动作过程作为评价指标，因五个指标对设备故障均为正向指标，根据熵权法数据归一化公式 4-1，形成归一化矩阵 4-1。

$$b_{ij} = \frac{a_{ij} - \min(a_j)}{\max(a_j) - \min(a_j)} \quad (\text{式 4-1})$$

其中 a_{ij} 为第 i 个研究对象第 j 个研究指标， b_{ij} 为评价指标归一化结果。本文中 $i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3, 4, 5$ 。

表 4-1 归一化数据表

年份	控制	解锁	转换	锁闭	表示
2020	1.00	1.00	1.00	1.00	0.18
2021	0.50	0.50	0.14	0.46	1.00
2022	0.00	0.67	0.00	0.00	0.09
2023	0.50	0.00	0.22	0.03	0.00

根据公式 4-2，对归一化数据进行指标比重计算，形成比重矩阵 4-2。

$$P_{ij} = b_{ij} / \sum_{k=1}^n b_{kj} \quad (\text{式 4-2})$$

其中 $i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3, 4, 5$ 。

其中 P_{ij} 为指标 b_{ij} 在第 j 个指标所占比重。

表 4-2 比重数据表

年份	控制	解锁	转换	锁闭	表示
2020	0.50	0.46	0.74	0.67	0.14
2021	0.25	0.23	0.10	0.31	0.79
2022	0.00	0.31	0.00	0.00	0.07
2023	0.25	0.00	0.16	0.02	0.00

根据比重数据结果，利用公式 4-3 计算信息熵，形成五项指标的熵值，比重为 0 的指标不予计算，形成熵值数据表 4-3。

$$H_j = -\sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (\text{式 4-3})$$

其中 $0 < P_{ij} \leq 1; i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3, 4, 5$ 。

表 4-3 熵值数据表

熵值	控制	解锁	转换	锁闭	表示
	1.04	1.06	0.75	0.70	0.66

以信息熵为基础，根据公式 4-4 计算五项指标的权重，形成权重数据表 4-4。

$$w_j = \frac{\ln n - H_j}{\sum_{j=1}^m \ln n - H_j} \quad (\text{式 4-4})$$

其中 $j=1, 2, 3, 4, 5$ 。

式中 $\ln n - H_j$ 称为剩余熵。

表 4-4 权重数据表

数值	控制	解锁	转换	锁闭	表示
剩余熵	0.35	0.33	0.64	0.68	0.73
权重	0.13	0.12	0.23	0.25	0.27

4.2.2 道岔综合得分计算

现有道岔工作状态依靠微机监测道岔功率曲线进行判断，主要体现在功率曲线的突变。选取五个阶段的功率变化

量作为评价指标，微机监测系统在采集道岔功率时每 40 毫秒进行一次，即每秒可计算 25 个采集点的变化量。通过计算权重与变化量的乘积，可形成道岔综合得分，得分越高越接近故障状态，依据全站道岔的综合得分排名，即可确定道岔维修时机，实现精准修。

5 结语

针对现有道岔维修模式存在的问题，本文通过构建熵权法评价体系，将原有的维修模式改进为随设备运行变化而随时调整维修策略的模式，提高了信号设备维修的效率、降

低了维修人员劳动强度、节省了维修工时，解决为何修、何时修、怎么修的问题，逐步实现设备精益维修。

参考文献

[1] 豆晓东.基于RBM分析的ZPW-2000A轨道电路预防性维修方法研究[D].兰州:兰州交通大学, 2017.

[2] 董程.基于熵权法的厦门市地铁湖滨东路站施工期风险评估研究[D].武汉:武汉理工大学, 2017.

[3] 魏仲云.模糊综合评价在可研方案优选中的应用研究[D].兰州:兰州交通大学,2020.