

第十四届“华中杯”大学生数学建模挑战赛题目

C 题 矿井提升机钢丝绳的缺陷分析

矿井提升机是一种大型提升机械设备。由电机带动机械设备，以带动钢丝绳从而带动容器在井筒中升降，完成输送任务。按钢丝绳在卷筒上的连接形式分为缠绕式提升机、摩擦式提升机，按绳的多少可分为二绳、四绳、六绳提升机。图 1 为矿井提升机，图 2 为四绳提升机现场应用场景图。



图 1 矿井提升机



图 2 四绳提升机场景图

目前，基于“磁平衡”的检测技术被广泛地应用到提升机钢丝绳的全面安全监控中，该技术的优势就是在不损害钢丝绳性能及不影响钢丝绳使用的前提下，通过传感器获取监控数据信号，并通过数据信号进行分析，监测钢丝绳中是否出现断丝、变形、磨损、锈蚀等缺陷，同时给出缺陷的位置、大小（程度）、性质（类型）和发生缺陷的数量等信息，据此判定钢丝绳所处的技术状态（如合格与否、寿命等），进而达到对钢丝绳的全面自动在线安全监控，提高维护效率，节约维护成本。图 3 给出了理想状态下的监测数据的一段波形图，并标注了 5 种缺陷对应的波形，也给出了 5 种缺陷的量化定义，即为电压值和平均值之差的绝对值与平均值的百分比。

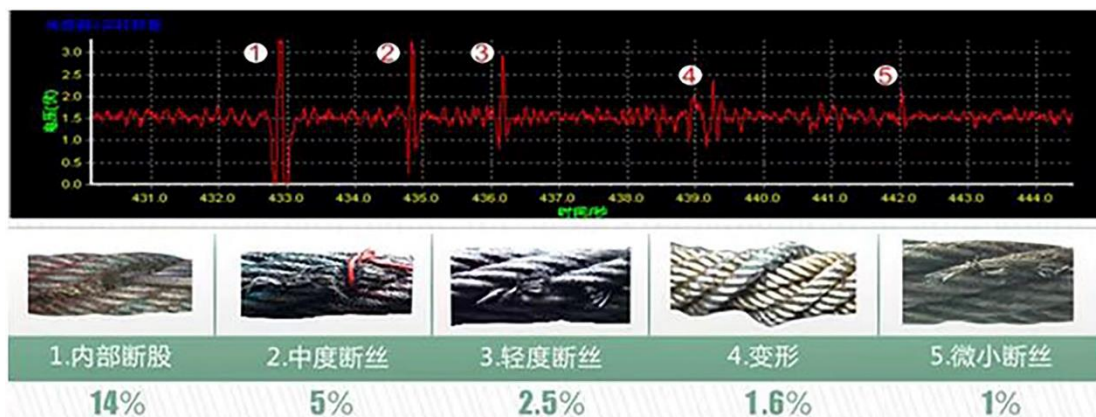


图 3 检测结果分析案例

附件 1 给出了某六绳提升机六根长度为 960 米的钢丝绳在井筒中升降往返 10 次的监测数据，数据相关说明见附件 2。请依据附件 1 数据，回答以下问题：

问题 1：由于钢丝绳有缺陷（如断丝、变形、磨损、锈蚀等），会导致监测数据产生波动，又监测时钢丝绳会有某种程度的晃动等因素的影响，监测数据会出现不同程度的噪音，导致误报。对于附件 1 给出的监测数据，请建立数学模型及设计算法去除噪音，并找出六根钢丝绳经过 10 次往返运行后所有缺陷的数量、程度及位置。

问题 2：结合问题 1 的结果，建立数学模型，给出钢丝绳安全性能的量化评价方法，依据附件 1 数据，计算六根钢丝绳经过 10 次往返运行之后的安全性能评价价值。