

# 乌盟铁路周界彩钢瓦特征分析与风险评估研究

亢国伟<sup>1</sup> 荆泰<sup>2</sup> 张国强<sup>2</sup> 郭子兴<sup>2</sup> 张国全<sup>2</sup>

1 大秦铁路股份有限公司太原高铁工务段

2 中国铁路太原局集团有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i5.4521

**[摘要]** 通过影像识别与彩钢板风致侵限安全评估技术对新建集大原铁路乌兰察布段外部环境中彩钢瓦风险源开展特征分析与风险评估研究。结果表明：(1)安全限界外500m范围内共检测风险源89处,0~100m区间内风险源占比40.4%,沿线路集中分布于DK1+400~DK1+600、DK3+100~DK3+700、DK4+780~DK5+040区段；(2)风险源按面积集中分布于DK4+450~DK5+086区段,风险源的总面积与最大单体面积均呈随线距增大而急剧减小的趋势；(3)当采用列车停运风速进行场地区划时,安全限界外119m区域为彩钢瓦漂浮物的风险区,风险区内共识别41处风险源,较500m范围内风险源数量减少了53.9%；(4)当采用近一年极大风速与最大平均进行风险评估时,后者较前者的高风险建筑减少了28.6%,中风险建筑降低了100%。

**[关键词]** 铁路；彩钢瓦；遥感识别；快速评估

**中图分类号：**F530.3 **文献标识码：**A

## Study on Characteristics Analysis and Risk Assessment of Colored Steel Tiles around Wumeng Railway

Guowei Kang<sup>1</sup> Tai Jing<sup>2</sup> Guoqiang Zhang<sup>2</sup> Zixing Guo<sup>2</sup> Guoquan Zhang<sup>2</sup>

1 Taiyuan high-speed railway works section of Daqin Railway Co., Ltd

2 China Railway Taiyuan Bureau Group Co., Ltd

**[Abstract]** Based on the technology of image recognition and safety assessment of wind-induced invasion of colored steel plates, the characteristics analysis and risk assessment of the risk sources of colored steel tiles in the external environment of Wulanchabu section of the newly-built Jidayuan Railway are carried out. The results show that: (1) 89 risk sources were detected within 500m outside the safety limit, and the risk sources accounted for 40.4% in the range of 0~100m, and they were concentrated in DK1+400~DK1+600, DK3+100~DK3+700, DK4+780~DK5+040 along the route; (2) Risk sources are distributed in DK4+450~DK5+086 section by area, and the total area and the largest single area of risk sources show a trend of sharp decrease with the increase of line spacing; (3) When the wind speed when the train stops is used for site division, the area 119m outside the safety clearance is the risk area of floating objects of colored steel tiles, and 41 risk sources are identified in the risk area, which is 53.9% less than that within 500m; (4) When the maximum wind speed and maximum average in the past year are used for risk assessment, the latter is 28.6% lower than the former in high-risk buildings and 100% lower in medium-risk buildings.

**[Key words]** railway; Colored steel tile; Remote sensing identification; Rapid assessment

### 引言

近年来,铁路周界漂浮物风致入侵事件频发,漂浮物致灾因子已严重危及列车的安全运营。侵限漂浮物主要分为地膜、防护网等轻体漂浮物与彩钢板、广告牌等硬体漂浮物,彩钢板漂浮物较其它漂浮物更具破坏性与危险性,其侵限后的破坏行为表现为砸坏信号机与接触网、搭挂接触网、碰撞高速列车。

经铁路部门追溯调查,彩钢板漂浮物主要来自铁路外部环境中轻钢建筑物的围护彩钢板,但该类风险源分布范围广、数量庞大,且缺乏准确简便的风险判定标准,导致铁路运营长期面临严峻的安全隐患挑战。

目前,铁路周界异物入侵研究主要基于传感器网络的监测技术研究和基于计算机视觉的异物侵限检测技术研究,对

入侵异物的检测速度与精度均得到了较大的提升<sup>[1-9]</sup>。此外，针对列车运行时接触网异物侵限场景下的应对措施研究初见报道<sup>[10]</sup>。但是，针对侵限异物风险源的快速识别与危险性评估研究却鲜有报道。

综上所述，本文通过铁路周界彩钢板风致侵限天空地一体化监测评估平台，快速识别与评估集大原铁路乌兰察布段沿线的彩钢板风险源，从而实现对安全限界外彩钢板漂浮物风险源的智能管控。

### 1 风险源特征分析

依据《高速铁路安全防护管理办法》，拍摄集大原铁路乌兰察布段线路两侧500m范围的遥感影像，开展彩钢板建筑风险源遥感影像目标检测，采用紫色图斑标识风险源，识别结果如图1所示。场地东南区域内风险源数量较多且呈集中分布态势；其次为东北区域，该区域内风险源分布在郊区地带，呈自西向东沿高速公路分布态势；西北区域内风险源数量较少，呈散乱分布；西南区域地势开阔，但仅存在极个别较小风险源。



图1 安全限界外500m范围风险源识别结果

#### 1.1 风险源数量分布特征

线路安全限界外500m区间内风险源沿线路主要集中于DK1+400~DK1+600、DK3+100~DK3+700、DK4+780~DK5+040，三个区间内的风险源数量占比分别为22.47%、14.6%、35.96%，如图2所示。DK1+400~DK1+600区间内的风险源分布于安全限界外0~200m与300~500m区域内，风险源随线距增大而呈逐渐减小的趋势。DK3+100~DK3+700区间内风险源集中于0~100m区域内，整体呈随线距增大而减小的趋势，200~400m区域内的风险源密度一致。DK4+780~DK5+040区间内的风险源随线距增大呈下凹抛物线型分布，其200~300m与300~400m区域内的风险源数量均小于400~500m区域。

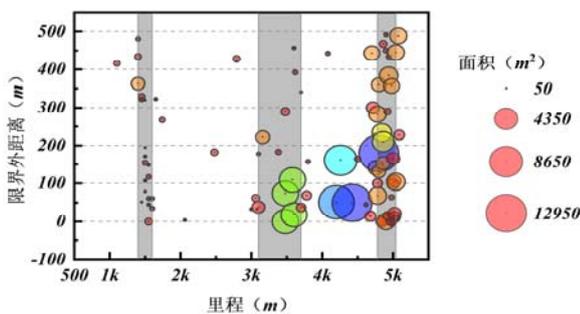


图2 风险源数量沿线路分布特征

线路安全限界外500m区域内的彩钢瓦风险源整体随线距呈下凹抛物线型分布特征，其在0~100m区间内占比40.4%，100~200m区间内占比22.5%，200~500m区间内占比37.1%，如图3所示。风险源在0~100m区间内的占比为100~200m区间的1.8倍，为200~500m区间的1.1倍，即彩钢瓦风险源集中分布于线路安全限界外0~100m区间内。

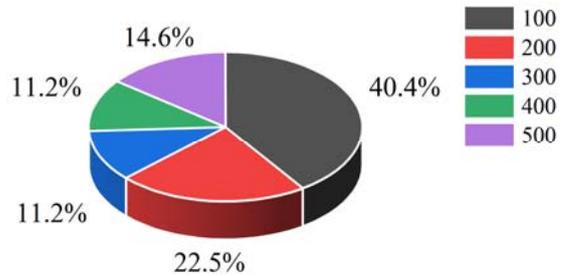


图3 安全限界外风险源数量比例特征

#### 1.2 风险源面积分布特征

彩钢瓦风险源的单体面积基本小于1000m<sup>2</sup>，单体面积超过5000m<sup>2</sup>的有8处，超过10000m<sup>2</sup>的有4处，最大单体面积为12992m<sup>2</sup>；风险源按面积集中分布在DK4+450~DK5+086区间内，区域内风险源的面积为73029.63m<sup>2</sup>，占总面积的50.1%，如图4所示。

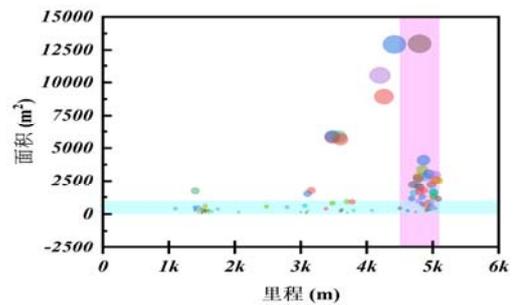


图4 风险源面积分布特征

风险源在安全限界外0~100m区间内的总面积为65097m<sup>2</sup>，最大单体面积为12939m<sup>2</sup>；100~200m区间内的总面积为43569m<sup>2</sup>，最大单体面积为12992m<sup>2</sup>；200~300m区间内的总面积为16512m<sup>2</sup>，最大单体面积为4095m<sup>2</sup>；300~400m区间内的总面积为10460m<sup>2</sup>，最大单体面积为3051m<sup>2</sup>；400~500m区间内的总面积为11078m<sup>2</sup>，最大单体面积为2602m<sup>2</sup>。风险源总面积与最大单体建筑面积均呈随线距增大而急剧减小的趋势，如图5所示。

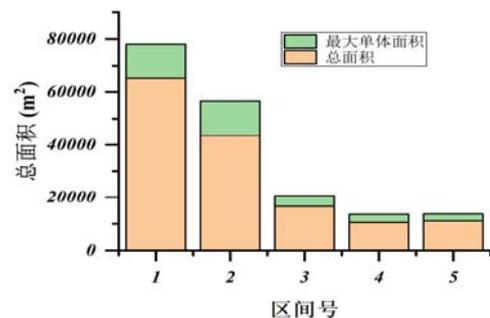


图5 风险源面积分布特征

## 2 风险源安全评估

### 2.1 风险区域识别

根据《高速铁路运行高影响天气条件等级》(QX/T334-2016),当2min平均风速  $\bar{v}$  大于30m/s时,列车停运;当  $25\text{m/s} < \bar{v} < 30\text{m/s}$  时,列车限速120km/h;当  $20\text{m/s} < \bar{v} < 25\text{m/s}$  时,列车限速200km/h;当  $15\text{m/s} < \bar{v} < 20\text{m/s}$  时,列车限速300km/h;当  $\bar{v} < 15\text{m/s}$  时,列车正常运行。

通过铁路周界彩钢板风致侵限天空地一体化监测评估平台快速进行场地区划,若取场地的历史瞬时风速(3s时距)最大值为列车停运风速30m/s,彩钢板对应的极限运动距离 $S_3$ 为119m;若取场地近五年瞬时风速的最大值为25m/s,彩钢板对应的漂移距离 $S_2$ 约69m;若取场地近一年瞬时风速的最大值为20m/s,彩钢板的漂移距离 $S_1$ 约为31m。依据 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 将铁路外部区域由近到远依次划分为高风险、中风险、低风险与安全四个区域,如图6所示。



图6 场地区划结果

$S_3$ 以外区域为安全区域,以内为风险区域,风险区域内共识别风险源41处,较500m范围内风险源数量减少了48处,评估量降低了53.9%。

### 2.2 评估结果

安全区域内风险源的致灾因子在历史极大风速下不会触发风致漂移侵限事件,故仅需对风险区域内的风险源开展风险评估。风险区域内共识别风险源41处,其中,高风险区域15处,中风险区域17处,低风险区域9处。

采用铁路周界彩钢板风致侵限天空地一体化监测评估平台快速开展风险评估,当采用场地近一年瞬时风速的最大值20m/s进行评估时,高风险区域内风险源均具有侵限风险,除最远处风险源具有一般危险性,其余14处风险源均具有较高危险性;中风险区域内靠近铁路的11处风险源具有一般危险性,其余风险源均无侵限风险。若场地近一年的2min平均风速的最大值为15m/s,并采用该风速进行评估时,仅高风险区域内靠近铁路的10处风险源具有较高危险性,其余风险源均无侵限风险。

对比年瞬时风速最大值与2min平均风速最大值的评估结果,后者较前者的高风险建筑减少了28.6%,中风险建筑降低了100%。

## 3 结论与建议

本文对新建集大原铁路乌兰察布段安全限界外500m范围内

的彩钢瓦漂浮物风险源进行了遥感识别与风险评估,主要结果如下:

(1)安全限界外500m范围内共识别到89处风险源,集中分布于DK1+400~DK1+600、DK3+100~DK3+700、DK4+780~DK5+040区间内,整体数量由内向外呈逐渐减小的趋势;0~100m区间内风险源占比40.4%,100~200m区间内风险源占比22.5%,200~500m区间内风险源占比37.1%,即彩钢瓦风险源集中分布在安全限界外0~100m区域内。

(2)风险源按面积集中分布在DK4+450~DK5+086区间内,该区间内风险源面积为73029.63m<sup>2</sup>,占总面积的50.1%;安全限界外每100m区间内风险源的总面积与最大单体建筑面积均呈随线距增大而急剧减小的趋势。

(3)当采用列车停运风速为历史极值风速时,彩钢瓦的极限漂移距离 $S_3$ 为119m,即安全限界外119m区域为彩钢瓦漂浮物风险区;风险区内共识别41处风险源,较500m范围内风险源数量减少了48处,评估量降低了53.9%。

(4)当采用近一年极大风速评估时,高中风险源的数量分别为14、12;当采用年最大平均风速评估时,仅高中风险源10处。

对比年极大风速与最大平均风速评估结果,后者较前者的高风险建筑减少了28.6%,中风险建筑降低了100%,故建议铁路管理部门采用年极大风速为评估标准。

### [参考文献]

- [1]陈燕楠.基于目标跟踪的铁路轨道异物侵限检测与预警研究[D].兰州交通大学,2022.
- [2]李建国,陈敬涛,张伟,等.基于改进型SSD算法的铁路货物异物侵限小目标检测研究[J].铁道通信信号,2024,60(07):57-62.
- [3]陈永,卢晨涛.基于轻量级网络的铁路感兴趣区域异物侵限检测[J].吉林大学学报(工学版),2022,52(10):2405-2418.
- [4]傅荟瑾.基于多传感技术融合的高速铁路周界入侵监测技术方案研究[J].铁道运输与经济,2022,44(09):122-129.
- [5]朱力强,许力之,赵文钰,等.铁路周界入侵目标多尺度特征感知算法[J].中国铁道科学,2024,45(01):215-226.
- [6]杨雪,李亚群,徐成伟.基于5G的高速铁路自然灾害与侵限监测系统研究与设计[J].铁路计算机应用,2023,32(06):57-61.
- [7]王辉,姜朱丰,吴雨杰,等.基于深度学习的铁路异物侵限快速检测方法[J].铁道科学与工程学报,2024,21(05):2086-2098.
- [8]徐鑫,潘杰,曹利安,等.基于深度学习的铁路异物侵限检测模型[J].铁路计算机应用,2023,32(10):7-12.
- [9]李清欣,徐贵红,周雯.基于联邦学习和深度注意力残差网络的异物侵限辅助判断[J].铁道建筑,2023,63(08):145-148.
- [10]李宏辉.全自动运行列车在高架线路运行时接触网异物侵限场景下的应对措施研究与实现[J].科技创新与应用,2023,13(10):47-51.

### 作者简介:

亢国伟(1978--),男,汉族,山西原平人,本科,工程师,高速铁路运营维护。