

浅谈铁路线路曲线病害成因及其整治

牛小东

中国神华能源股份有限公司神朔铁路分公司 陕西 神木 719300

摘要：铁路线路在长期运行中会遭受各种外界因素的作用，从而导致各种线路病害的发生。其中，曲线病害是比较常见的一种类型。曲线病害的出现会使得轨距、方向和高低差出现误差，对铁路的行车安全和运输效率产生不利影响。本文将从曲线病害的成因入手，分析曲线病害的整治方法，以期为铁路工作者提供一些参考。

关键词：铁路线路；曲线病害；形成原因；治理措施

1 曲线病害防治工作的必要性

曲线病害会导致钢轨损耗和病害的较为容易产生。严重的钢轨病害削弱了钢轨的强度，缩短了钢轨的使用寿命，不仅浪费大量的资金，同时也影响交通秩序，影响行人安全。所以预防曲线钢轨病害，降低铁轨更换的频率，并且延长铁轨使用寿命对中国高速铁路有着重要的作用。

铁轨的伤损程度可分为断裂、落片、光斑、破碎、脱落、轨头核伤、侧磨和波磨等。其中，钢轨的疲劳断裂、钢轨波磨、小零点五径曲线钢轨的侧磨以及大曲线钢轨的股压宽为曲线钢轨的伤损的最常见形式。这些铁轨病害伤损如处理不当，不但会影响旅客乘坐舒适性、造成轮轨噪音、提高列车能耗、提高维护修理成本，严重的还可能造成断轨，威胁行人安全。所以，应当注意加强铁道的钢轨的伤损病害的预防与管理^[1]。

成都铁路局位于我国西南部，所属线路基本都是位于山地、丘陵地区，弯道较多且零点五径较小，弯道形成是日常保养修理的问题，而曲线是直接承担车轮对功能的铁轨，其受力特性导致了铁轨的损耗和病害的比较容易于发生。所以，预防曲线钢轨病害已经变成了铁道线路日常保养维护的重要关键之一。

2 铁路线路中的曲线线路

2.1 曲线线路的形成原因

曲线段可以使铁路线路在纵向上的高差和水平方向上的离差尽可能小，从而保证列车行驶的平顺性和安全性。铁路沿线地形起伏较大，坡道较多，采用直线段难以满足列车爬坡的需要，因此在坡道处需要设置曲线段，使得列车可以顺利爬坡。曲线段可以减少线路的长度和占地面积，从而降低工程造价。曲线段可以减少列车运行时所需要的能量，从而节省能源。铁路线路设计时需要考虑到曲线段的具体情况，以满足各种工程和地质条件的要求。

2.2 曲线线路的受力情况

曲线轨道的受力问题非常复杂，可以大致分为如下几方面：（1）竖直放置方向上的受力：曲线轨道要受到比垂直铁轨更复杂的竖直放置方向上的受力，主要涉及火车的自重、对铁轨支承构件的支撑力、风力等。随着曲线轨道的弯曲零点五径不断改变，运行过程中所产生的竖直方向上的作用力也会相应改变。（2）侧向水平作用力：曲线轨道将受到火车在运行过程中所产生的侧向水平作用力，也就是列车本身的压力与外轨高度之间形成的压力差所造成的^[2]。另外，在某些曲线的地方也可能发生由于外轨高度所形成的侧向压力和竖直方向的压力进行分力的现象。（3）摩擦力：曲线线路与轨道面之间的摩擦力也是一个重要的因素，它们会限制列车的速度和加速度，保持轨道的几何形状和稳定性。（4）纵向力：在曲线线路上行驶的列车还会受到来自轨道的纵向力，这些力会使列车产生加速度和振动。（5）温度变化引起的应力：曲线线路的温度变化也会对轨道产生应力，这种应力会随着温度的变化而变化。

3 曲线轨道的特点

3.1 外轨超高

曲线轨道比直线轨道更容易产生离心力，因此需要在曲线外轨设置超高。超高的设置可以平衡曲线轨道所产生的离心力，保持轨道的几何形状和稳定性。

3.2 轨距加宽

为了保证机车车辆在曲线轨道上的行驶稳定性，需要在曲线段内对轨距进行加宽。轨距加宽的同时，也需要对曲线内股进行加宽，以保证机车车辆的安全行驶。

3.3 设置缓和曲线

为了使机车车辆顺利通过曲线，需要在曲线段内设置缓和曲线。缓和曲线的设置可以减小列车行驶过程中所产生的离心力，使机车车辆能够更加平稳地行驶^[3]。

3.4 曲线超高

在曲线外轨设置超高时,也需要在曲线内设置相应的超高,以保证缓和曲线的设置效果。

3.5 建筑接近限界加宽

为了保证铁路建筑接近限界的尺寸和形状符合铁路设计规范,需要在曲线段内适当加宽建筑接近限界。

3.6 线间距和建筑接近限界加宽

为了保证铁路线路的安全和稳定性,需要适当加宽铁路线路两侧的距离和建筑接近限界,以避免列车在行驶过程中与建筑物发生碰撞。

3.7 曲线整正

在曲线段内可能会出现平面位置容易变化的情况,因此需要进行曲线整正。曲线整正可以保证轨道的几何形状和尺寸符合设计要求,提高铁路运行的安全性和稳定性。

4 曲线病害产生的原因及整治措施

4.1 缓和曲线波浪轨造成的短波不平顺

缓和曲线波浪轨是导致曲线钢轨短波不平顺的主要原因之一。波浪轨是指在曲线上出现的波动现象,通常表现为钢轨表面上的凸起和凹陷。这些凸起和凹陷的波动会对列车的运行产生影响,增加车轮与轨道之间的磨损,降低轨道的平顺性和行车效率。

波浪轨的形成原因包括以下几个方面:

(1) 轮轨接触:轮轨之间的接触不良会导致钢轨表面的波动。接触不良可能是由于轴承损坏、轮对偏心、轮轨润滑不良等原因引起的。(2) 轨道状态:轨道的状态也会对波浪轨的产生产生影响。例如,轨道的平直度和弯曲度会影响波浪轨的大小和波动形式。(3) 线路条件:线路参数如坡度、弯道半径、温度等也会影响波浪轨的产生。(4) 机车类型和速度:机车类型和速度的不同也会对波浪轨的产生产生影响。例如,高速列车在曲线段行驶时,其对波浪轨的产生更为敏感^[4]。

为了减少波浪轨对曲线钢轨短波不平顺的影响,可以采取以下措施:

(1) 提高机车车辆质量:选用轴承质量好、轮对无偏心、轮轨润滑良好的机车车辆,可以减少轮轨接触不良的发生,从而减少波浪轨的产生。(2) 加强线路维护:定期检查和维修线路,及时处理轨道病害,可以减少轨道状态对波浪轨产生的影响。(3) 调整线路参数:根据线路实际情况,合理调整线路参数,如坡度、弯道半径等,可以减少波浪轨的产生。(4) 改进轮轨材质:采用具有更高耐磨性和抗磨损性能的轮轨材质,可以减少轮轨接触不良的发生,从而减少波浪轨的产生。(5) 使用新型轨道结构:采用新型轨道结构,如预应力混凝土轨道或双块式

轨道等,可以提高轨道的抗波性能和平顺性能。

4.2 曲上股工作边短波不平顺

曲上股工作边短波不平顺是指曲线上股工作边出现的短波不平顺。这种不平顺会增加轮轨之间的磨损,降低轨道的平顺性和行车效率,并可能导致轮轨之间的冲击力增大,引起列车抖动和车轮跳动等问题。

曲上股工作边短波不平顺的产生原因包括以下几个方面:(1) 工作边轨面磨损:上股工作边的轨面会因为磨损而出现波浪状磨损。波浪状磨损会导致工作边的刚度下降,从而引起轮轨间的冲击力增大。(2) 焊接残余应力:在焊接过程中,由于残余应力的存在,轨道焊缝附近的工作边轨面会出现波浪状磨损。(3) 线路参数不良:线路参数如坡度、弯道半径、温度等不良会影响工作边轨面的磨损程度。例如,线路参数不良会导致轮轨间的磨损不均匀,进而引起曲上股工作边短波不平顺的产生^[5]。

为了减少曲上股工作边短波不平顺的影响,可以采取以下措施:(1) 定期维护:定期检查和维修上股工作边,及时处理轨面磨损和焊接残余应力等问题,可以减少工作边轨面波浪状磨损的产生。(2) 线路参数调整:根据线路实际情况,合理调整线路参数,如坡度、弯道半径等,可以减少曲上股工作边短波不平顺的产生。(3) 改善焊接工艺:采用先进的焊接工艺,如钨极脉冲氩弧焊接等,可以降低焊接残余应力对曲上股工作边短波不平顺产生的影响。(4) 提高机车质量:选用轴承质量好、轮对无偏心、轮轨润滑良好。

4.3 水平+轨向病害

水平+轨向病害是指轨道的水平和轨向出现偏差,可能导致车辆摇晃、倾斜和脱轨等问题。水平+轨向病害的检测和修复是轨道维护的重要工作之一。以下是一些可能导致水平+轨向病害的因素:(1) 轨向不良:直线区段方向不良、曲线区段不圆顺(正矢超限)、轨距递减不顺等会导致轨道的水平偏差。(2) 轨道结构不良:钢轨硬弯、不均匀磨损、木枕失效、连续道钉浮离等会导致轨道的水平偏差。(3) 框架刚度减弱:扣件扣压力不足、轨道弹性不均匀挤开等会导致轨道的水平偏差。

水平病害:水平为轨道同一横断面内钢轨顶面之高度差,曲线水平称为超高。轨检车采用补偿加速度系统测量水平,利用补偿加速度系统测量车体对地垂线滚动角,利用位移计测量车体与轨道相对滚动角,二者结合计算出轨道倾角。利用两轨道中心线间距(1500mm)计算出水平值。监测范围 $\pm 200\text{mm}$,误差 $\pm 1.5\text{mm}$ 。超高:同一横截面上左右轨顶面相对在水平面的高度差。水

平：同一横截面上左右轨顶面相对在水平面的高度差，但不含曲线上按规定设置的超高值及超高顺坡量。

扭曲（三角坑）病害：平面扭曲不平顺（一般称三角坑）：既左右两轨顶面相对于轨道平面的扭曲。用相隔一定距离的两个截面水平幅值的代数差度量。三角坑病害偏差值过大，会引起轮轨作用力变化，从而影响行车平稳性，其高点会使车辆出现侧滚，同时对车体附加一个垂直力，使车辆产生垂直振动；其低点会使车轮悬空减载，同时使车辆转向架扭曲变形，在其他因素作用下可能造成列车脱轨。

水平+轨向病害的检测和修复需要根据具体情况制定方案。以下是一些常见的检测和修复方法：（1）水平调整：对于水平偏差较小的病害，可以通过加装配重铁、调整轨底坡等方式来调整水平。（2）轨向调整：对于水平偏差较大的病害，需要重新打磨轨距块，并根据实际情况加装或卸除轨向块来调整轨向。（3）框架加固：对于水平和轨向都存在偏差的病害，需要加固轨道框架，如加装轨道扣件、增加轨道底部垫板等。（4）道岔调整：对于存在水平和轨向偏差的道岔，需要对道岔进行调整，使其达到设计要求。（5）更换轨道：对于严重损坏的轨道，需要更换新的轨道或对轨道进行大修^[1]。

在进行水平+轨向病害的检测和修复时，需要注意以下几点：（1）确保作业安全：在进行水平+轨向病害的检测和修复时，需要使用合适的工具和设备，并确保作业场地的安全性。（2）考虑环境因素：在进行水平+轨向病害的检测和修复时，需要考虑环境因素，如温度、湿度等因素对轨道状态的影响。（3）进行线路评估：在进行水平+轨向病害的检测和修复前，需要进行线路评估，确定病害的具体情况和原因，制定合适的方案。

（4）综合治理：在进行水平+轨向病害的检测和修复时，需要综合考虑多种因素，制定全面的治理方案，以保证轨道的安全和稳定性。

4.4 曲上股工作边短波不平顺

曲上股工作边短波不平顺是指曲线上股工作边出现的短波不平顺。这种不平顺会增加轮轨之间的磨损，降低轨道的平顺性和行车效率，并可能导致轮轨之间的冲击力增大，引起列车抖动和车轮跳动等问题。

曲上股工作边短波不平顺的产生原因包括以下几个方面：（1）工作边轨面磨损：上股工作边的轨面会因为磨损而出现波浪状磨损。波浪状磨损会导致工作边的刚

度下降，从而引起轮轨间的冲击力增大。（2）焊接残余应力：在焊接过程中，由于残余应力的存在，轨道焊缝附近的工作边轨面会出现波浪状磨损。（3）线路参数不良：线路参数如坡度、弯道半径、温度等不良会影响工作边轨面的磨损程度。例如，线路参数不良会导致轮轨间的磨损不均匀，进而引起曲上股工作边短波不平顺的产生。

为了减少曲上股工作边短波不平顺的影响，可以采取以下措施：（1）定期维护：定期检查和维护上股工作边，及时处理轨面磨损和焊接残余应力等问题，可以减少工作边轨面损的产生。（2）加强设备维护：对轮对滚动表面、钢轨连接件及鱼尾板等设备部件定期检查和保养，清除锈蚀和焊接残余应力，可以减少工作边轨面波浪状磨损的产生^[2]。（3）改善焊接工艺：采用先进的焊接工艺，如钨极脉冲氩弧焊接等，可以降低焊接残余应力对曲上股工作边短波不平顺产生的影响。（4）优化线路参数：根据线路实际情况，优化线路参数，如调整轨道坡度、弯道半径、改善线路排水设施等，可以减少曲上股工作边短波不平顺的产生。（5）加强车辆管理：加强车辆驾驶员培训，提高驾驶员技能水平，保证车辆状态良好，可以减少轮轨间冲击力的产生，从而减少曲上股工作边短波不平顺的发生。

结束语

铁路运输是国家重要的交通方式之一，保障铁路线路的安全和稳定运行对于维护国家交通安全和经济发展至关重要。针对铁路曲线病害，需要及时发现病害存在的部位和原因，并采取科学合理的整治方法进行修复。整治过程中需要注意施工质量和安全，确保铁路运输的安全和顺畅。

参考文献

- [1]张京.铁路曲线的病害问题与整治路径[J].设备管理与维修, 2019, 0(20): 46-47.
- [2]郭军利.铁路线路小半径曲线地段病害综合防治措施研究[J].青海交通科技, 2021, 33(3): 83-85, 94.
- [3]陈松涛.铁路小半径曲线钢轨病害成因及整治研究[J].四川水泥, 2021(1): 41-42.
- [4]杨志宝.浅谈重载铁路线路常见病害原因及养护维修[J].中国设备工程, 2021(23): 199-200.
- [5]卢思源.浅谈铁路线路曲线病害成因及其整治措施[J].中国新技术新产品, 2020, (03): 191.