

1 高速铁路轨道检查

轨道检查分为静态检查和动态检查，以动态检查为主，做到动、静检查相结合。

静态检查主要是指无轮载作用时，人工或轻型测量小车进行的各种轨道检查，一般有复测及限界检查、轨道静态检查、钢轨检查、扣件检查、道岔结构检查、春秋检查和量具检定。

动态检查则是指在列车车轮荷载作用下，利用综合检测车或便携式检查仪等设备进行的各种轨道检查，主要是利用确认车和轨道检查车对轨道进行检查、利用钢轨探伤车对钢轨状态进行检查。线路检查应坚持“动态检查为主，动、静态检查相结合，结构检查与几何尺寸检查并重”的原则。

1.1 高速铁路轨道不平顺管理

1.1.1 轨道不平顺的种类及产生原因

轨道不平顺是指轨道几何形状、尺寸和空间位置的偏差。广义而言，凡是直线轨道不平、不直，对中心线位置和轨道高度、宽度正确尺寸的偏离，曲线轨道不圆顺，偏离曲线中心线位置和正确的曲率、超高、轨距值，偏离顺坡变化尺寸等轨道几何偏差，均被称为轨道不平顺。

1. 垂向轨道不平顺

1) 高低不平顺

高低不平顺是指轨道沿钢轨长度方向在垂向的凹凸不平，见图 1.1。它是由线路施工和大修作业的高程偏差，桥梁挠曲变形，道床和路基残余变形沉降不均匀，轨道各部件间的间隙不相等，吊板以及轨道垂向弹性不一致造成的。

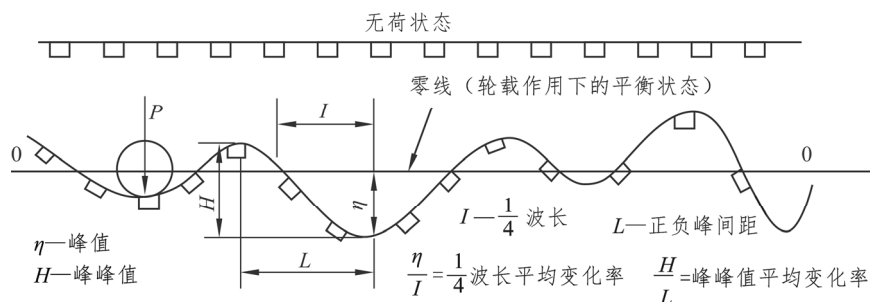


图 1.1 轨道的高低不平顺

一般情况下，左、右轨高低的变化趋势基本一致，但在短距离内各自的变化往往不同，所以还须区分左轨高低和右轨高低，并将左、右轨高低的平均值作为轨道的中心线高低偏差。

2) 水平不平顺

水平不平顺即轨道同一横截面上左右两轨顶面的相对高差，见图 1.2。在曲线上，水平不平顺是指扣除正常超高值的偏差部分；在直线上，是指扣除一侧钢轨故意抬高形成水平平均值后的差值。

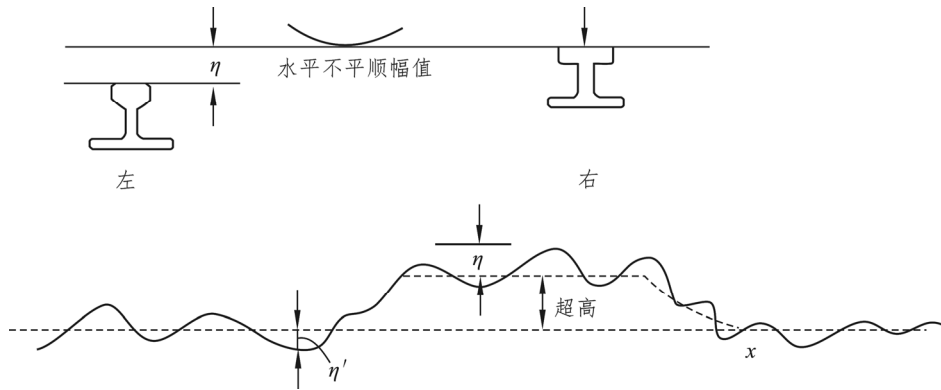


图 1.2 轨道的水平不平顺

3) 扭曲不平顺

轨道平面扭曲（有些国家称其为平面性，我国常称其为三角坑）即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横截面水平幅值的代数差度量。国际铁路联盟 UICB55 专门委员会将所谓“一定距离”定义为“作用距离”，指轴距、心盘距。

4) 轨面短波不平顺

轨面短波不平顺，即钢轨顶面小范围内的不平顺，它是由轨面不均匀磨耗、擦伤、剥离掉块、焊缝不平、接头错牙等造成的。其中轨面擦伤、焊缝不平等多是孤立的，不具有周期性，而波纹磨耗、波浪形磨耗则具有周期性，见图 1.3 ~ 图 1.5。

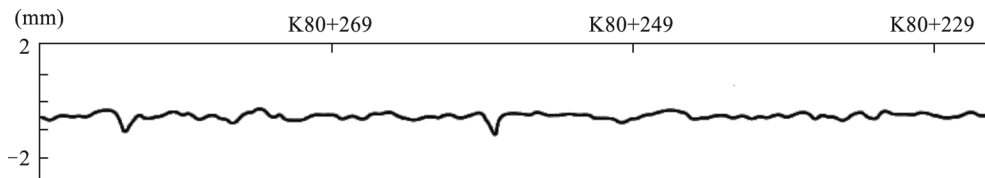


图 1.3 非周期性轨面短波不平顺的实测波形

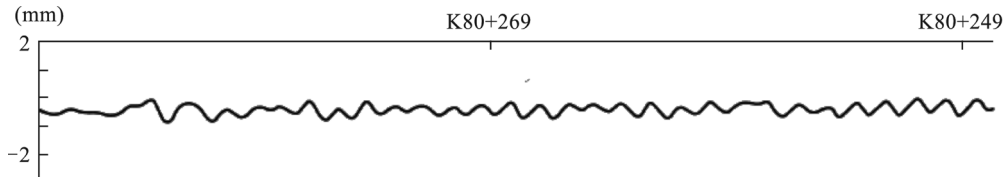


图 1.4 周期性轨面短波不平顺的实测波形

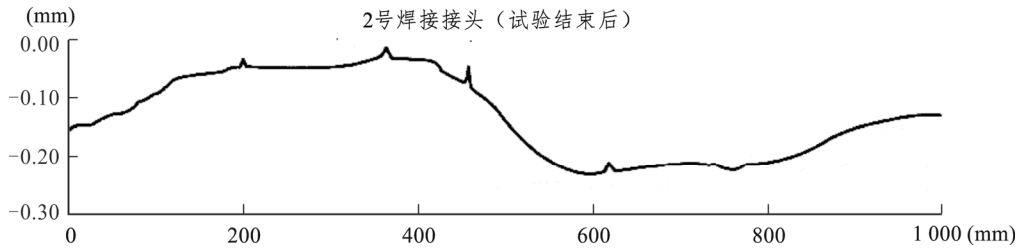


图 1.5 焊缝区短波不平顺

2. 横向轨道不平顺

1) 轨道方向不平顺

轨道方向不平顺（简称轨向不平顺或方向不平顺）是指钢轨内侧沿长度方向的横向凹凸不平顺，由铺轨施工、整道作业的轨道中心线定位偏差，轨排横向残余变形积累和轨头侧面磨耗不均匀、扣件失效、轨道横向弹性不一致等原因造成，见图 1.6。左、右轨方向变化往往不同，尤其在扣件薄弱的区段差异更大，因此需要区分左轨方向和右轨方向，并将左、右轨方向的平均值作为轨道的中心线方向偏差。

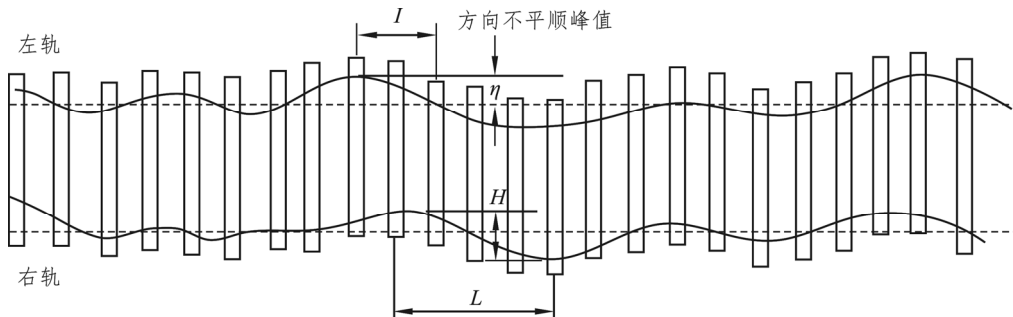


图 1.6 轨道方向不平顺

2) 轨距偏差

轨距偏差即在钢轨顶面以下 16 mm 处量得左右两轨内侧距离对于标准轨距的偏差，通常由扣件不良、轨枕挡肩失效、轨头侧面磨耗等原因造成，见图 1.7。

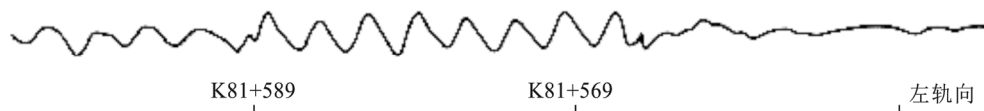


图 1.7 钢轨横向周期性不平顺实测波形

3. 复合不平顺

在轨道同一位置上，垂向和横向不平顺共存导致的双向不平顺被称为轨道复合不平顺，危害较大的有方向水平逆向复合不平顺和曲线头尾几何偏差。

1) 方向水平逆向复合不平顺

方向水平逆向复合不平顺是指在同一位置既有方向不平顺又有水平不平顺，并且轨道膨胀方向与高轨位置形成反超高状态，见图 1.8。

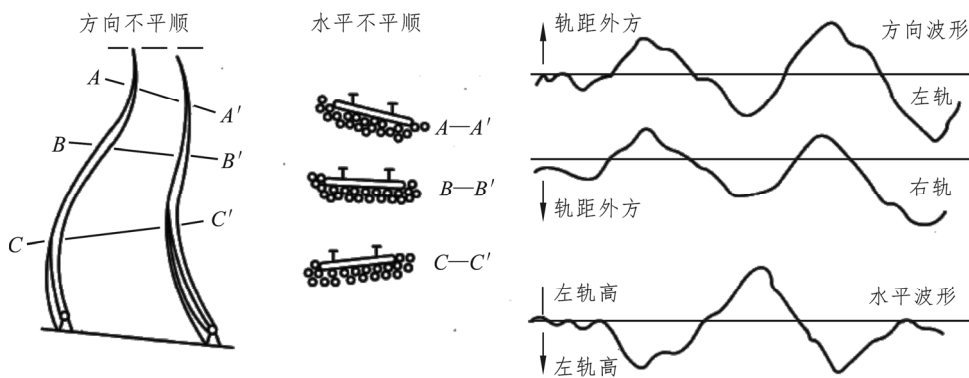


图 1.8 方向水平逆向复合不平顺

我国和其他各国的研究试验均证实，方向水平逆向复合不平顺对行车安全有严重影响，这往往是引起脱轨的重要原因。

2) 曲线头尾几何偏差

这是指在曲线圆缓点区、缓直点区，超高、正矢、轨距、顺坡起、终点不一致或不匹配形成的几何偏差，对行车平稳舒适和安全有不可忽视的影响，见图 1.9。

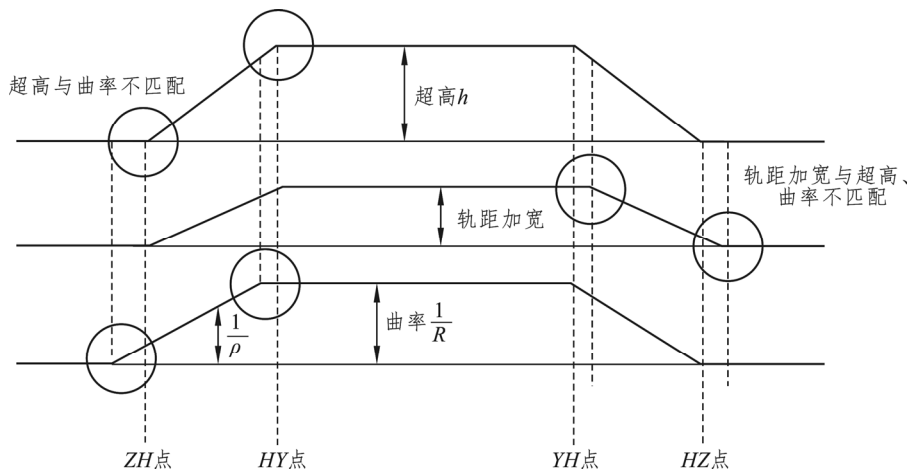


图 1.9 曲线头尾几何偏差

1.1.2 各种轨道不平顺的影响及轮轨相互作用的特点

轨道不平顺是引起列车振动、轮轨作用力增大的主要根源，对行车平稳舒适和行车安全都有重要影响，是轨道方面直接限制行车速度的主要因素。

轮轨相互作用的理论研究和国外高速铁路的实践证明，在高平顺的轨道上，高速列车的振动和轮轨间的动作用力都不大，行车安全和平稳舒适性能够得到保证，轨道和车辆部件的寿命和维修周期也较长。反之，即使轨道、路基、桥梁结构在强度方面完全满足要求，而轨道平顺性不良时，在高速条件下各种轨道不平顺引起的车辆振动、轮轨噪声和轮轨作用力将大幅增加，使平稳、舒适、安全性严重恶化，甚至导致列车脱轨。

1. 各种轨道不平顺的主要影响

国内外的研究试验均表明，各种轨道不平顺对车辆振动，轮轨噪声、轮轨相互作用力、舒适性、安全性等都有直接影响，但不同种类的不平顺，其激励方向、影响性质、影响程度又各不相同，见表 1.1。

表 1.1 各种轨道不平顺的主要影响

影响种类	车辆振动	轮轨力	性质	
			安全性	平稳舒适性
高低	沉浮、点头	垂直力增减载	促进脱轨	垂直加速度大
水平	侧滚	垂直力增减载	促进脱轨	侧滚加速度大
扭曲	侧滚	垂直力增减载	引发悬浮脱轨	侧滚加速度大
轨向	侧摆、摇头	横向力增大	引发爬轨脱轨	横向加速度大
轨距			引发落下脱轨	
轨向水平复合	侧摆、侧滚	横向力增大 垂直力增减载	引发爬轨、悬浮脱轨	垂直加速度大 横向加速度大
轨面短波	轮轨高频冲击振动	垂直冲击力大	促进断轨断轴	噪声
轨制不平顺		周期性轮轨力增大		垂直加速度大

2. 按波长区分的轨道不平顺及影响

随机性轨道不平顺的波长范围很宽，0.01~200 m 波长的不平顺均为常见的不平顺。

1 m 以下的轨面短波不平顺幅值很小，多为 0.02~2 mm，主要由钢轨接头焊缝、不均匀磨损、轨头擦伤、剥离掉块、波浪和波纹磨耗以及轨枕间距等因素形成。

1~3.5 m 范围的波长成分主要是钢轨在轧制过程中形成的周期性成分和波浪形磨耗。

3.5 ~ 30 m 波段主要由道床路基不均匀残余变形、各部件间的间隙不等、道床弹性不均、焊头形成的以轨长为基波的复杂周期波成分，以及桥、隧头尾、涵洞等轨道刚度突变和桥梁动挠度等形成。

30 ~ 200 m 波段多由道床及路基沉降不均、路基施工过程中形成的先天性不平、桥梁动挠度等构成。更长的长波多为地形起伏、线路坡度变化等形成。

轨道不平顺不仅幅值和波长的变化范围大，而且其影响也各不相同。短波不平顺可能引起簧下质量与钢轨间的冲击振动，产生很大的轮轨作用力。周期性成分可能引起机车车辆的谐振。而中、长波尤其是敏感波长（振动频率为 1 Hz）成分常常是引起车体产生较大振动的重要原因。

当速度为 120 km/h 以下时，对轨道不平顺有影响的波长范围在 30 m 以下。随着行车速度的提高，对轨道不平顺有影响的波长相应增长。速度为 350 km/h 时，有影响的波长可达 100 m。

按轨道不平顺的波长特征，可分为短波、中波、长波不平顺三类。各国划分的波长范围不尽相同。我国的波长划分见表 1.2。

在进行不同波长的不平顺整治时，其整治措施是不同的。短波不平顺靠磨；中波不平顺靠调；长波不平顺靠修。

表 1.2 我国的波长划分

类型	波长范围	幅值范围	不平顺种类	主要影响
短波	数毫米至数十毫米	0.02 ~ 1.0 mm	轨面擦伤、剥离掉块、波纹 磨耗、焊缝	轮轨作用力，噪声，运营成本（高速时影响大增）
	数百毫米	0.1 ~ 2.0 mm	波浪形磨耗，轨枕间距	
中波	2 ~ 3.5 m 周期性	0.1 ~ 2.0 mm	新轨轨身不平顺	快速、高速列车振动舒适性
	3 ~ 30 m 非周期性	1 ~ 40 mm	高低、轨向、扭曲、水平、 轨距	轮轨作用力，噪声，安全、 平稳、舒适性，运营成本费 （高速时影响大增）
长波	30 ~ 100 m	1 ~ 60 mm	路基、道床不均匀沉降，中 跨桥梁挠曲变形、桥梁、隧 道头尾刚度差异	快速、高速列车振动舒适性

3. 轨道不平顺幅值、波长和行车速度的影响规律

当不平顺波长和行车速度一定时，幅值越大，所引进的车辆振动和轮轨作用力等相应也越大。

当轨道不平顺幅值和行车速度一定时，波长越长影响越小，非线性递减，但敏感波长，周期性的谐振波长影响大。

当轨道不平顺幅值和波长一定时，速度越高，影响越大，非线性递增。

1.1.3 高速铁路轨道平顺状态维修管理

在轨道不平顺发生、发展变化的各个阶段中，都应层层把关设防，采取相应的监控、养修管理措施，以确保高速行车平稳安全和维修管理的经济性。高速铁路轨道不平顺的维修管理工作应坚持“预防为主，管小放大”的原则，不应放弃对轨道不平顺发展初期的监控管理，不可等到不平顺状态已恶化到需紧急补修时才进行整修。在运营过程中，必须安排足够的夜间维修天窗，确保高质量地进行高速线路的养修作业。

1. 轨道不平顺的安全管理

当某处轨道不平顺比较严重，若不处置，可能危及行车安全时，必须进行紧急补修或限速管理。

1) 紧急补修和限速管理标准

为了识别诊断严重的轨道不平顺，判定是否需要实施紧急补修或降低行车速度，各国大多依据轨道不平顺幅值对行车安全的影响和自己的运营经验，制定轨道不平顺的紧急补修和限速等安全管理标准。中国铁道科学研究院较早研究提出了制定轨道不平顺安全监控管理标准的理论和方法、较科学地根据各种轨道不平顺的幅值、波长、波数和周期性等特征参数对脱轨系数、减载率、侧向力和车体振动加速度等的影响，以最不利波长的幅值为控制值，制定了我国干线轨道不平顺的紧急补修和限速管理值。

2) 紧急补修和限速管理的实施

综合检测车检测出的轨道不平顺超过紧急补修标准的部位，应要求工务部门在限定的时间内作紧急补修，使其在日常保养标准范围以内。超过限速管理标准的，应立即通知行车指挥部门，发出限速慢行命令，同时由工务部门抓紧施行紧急补修。许多国外铁路由于建立了强制性的紧急补修和限速管理制度，十分有效地避免了轨道不平顺引起的脱轨事故和车辆剧烈振动。

我国每日监测客车车体垂直和水平振动加速度，实施轨道不平顺的紧急补修和限速管理（称为车载监测管理）。

2. 轨道不平顺的日常养护管理

高速铁路只有经常保持高平顺的优良状态，才能保证乘坐的平稳舒适，减少轨道和车辆零部件的伤损，延长轮轨系统的维修周期，使高速铁路获得较好的综合技术经济效益。目前，还应根据检测车、车载仪等检测记录，充分利用维修天窗时间，对轨道进行局部养护，消除那些超过日常保养目标值和舒适度管理目标值的少数局部轨道不平顺。多数国家的保养目标值即为使轨道经常保持优良状态的控制标准值，也常称其为优良目标管理值。舒适度目标值是为了防止引起高速车辆超过规定的舒适性指标而设立的管理目标值。实行优良目标管理，管小防大，对于延长维修周期，经常保持高平顺状态具有良好的效果。

1.2 动态检查

为了确保线路设备完整和质量均衡，使列车能以规定速度安全、平稳和不间断地运行，应充分利用轨检车、动检车、车载式检查仪、便携式检查仪、探伤车对线路进行周期性动态检测，了解和掌握线路局部不平顺（峰值管理）和线路区段整体不平顺（均值管理）的动态质量，指导线路养护维修工作。

1.2.1 确认车检查

每日天窗结束后，开行动车组前，必须开行确认车。设备管理单位每天派技术干部使用便携式检查仪添乘确认列车，对线路进行动态检查，根据检测情况，决定放行动车组条件。

1. 随车添乘确认人员

- (1) 日常随车添乘确认人员：供电部门、工务部门、电务部门相关专业技术各 1 人。
- (2) 特殊情况时随车添乘确认人员由各单位自定。
- (3) 铁路局机关业务部门工务、电务、供电检测所专业人员应不定期添乘确认车，检查检测设备质量，掌握设备动态。
- (4) 所有随车添乘确认人员必须挂牌上岗并出示动车组登乘证。

2. 确认事项及内容

1) 供电部门

- 确认接触网上无异物或侵入限界；
- 确认接触网无松、脱、垮现象；
- 确认接触网无异常晃动情况；
- 确认动车电压、取流情况，供电调度同时在高速铁路专线电调台对确认列车所在区段的电压、电流情况进行监测；
- 确认危及安全和影响行车的事项。

2) 工务部门

- 确认夜间天窗后线路运行质量是否满足动车组的正常运行；
- 确认路材路料是否清出限界；
- 确认施工机具是否全部清理完毕；
- 确认封闭网等防护设施是否完好无损；
- 确认限速处所是否按规定设置慢行标志；
- 确认防洪、路基附属工程是否有危及行车安全的现象；
- 确认危及安全和影响行车的事项。