小半径繁忙运输线普通钢轨的使用缺陷研究

苏世怀　俞梦文

（攀枝花钢铁研究院）

本文介绍了中国铁路运输的概况。描述了小半径繁忙运输干线普通钢轨的使用缺陷特征。结合中国的铁路运输实际，指出减少钢轨使用缺陷的途径。

引　言

中国共有铁路5.3万公里，其中山区弯道约占线路总长的40～50%[1]。这些线路半径小（<600 m）、坡度大（>10‰）、运输繁忙。如京广、津浦和京哈等主干线以及大秦、石太和太焦等运输干线，年运量在6000万吨以上，个别区段已超过1亿吨；一般行车间隔为15～20分钟，某些区段仅10分钟或更短。因此，小半径、大运量、高密度是中国铁路运输的基本特征。

目前，铁路使用的基本上是抗拉强度为785～880MPa的热轧轨。除了一些主干线使用60kg/m钢轨外，小半径繁忙运输线铺设的基本上是50kg/m或更轻的热轧钢轨。这些线路上的钢轨在使用中伤损不断增多，线路维修和养护工作量日益加大，换轨周期愈来愈短，已严重影响了铁路运输的正常进行和进一步发展。因此，研究减少钢轨使用中的缺陷，延长钢轨的使用寿命是非常必要的。

1　钢轨使用中的缺陷及影响因素

小半径繁忙运输线上钢轨使用中的缺陷主要集中在磨损、波浪磨耗和疲劳损伤。

1.1　磨损

显著的磨损发生在曲线外股的钢轨上。图1，2是曲线半径和坡度对钢轨磨损的影响。

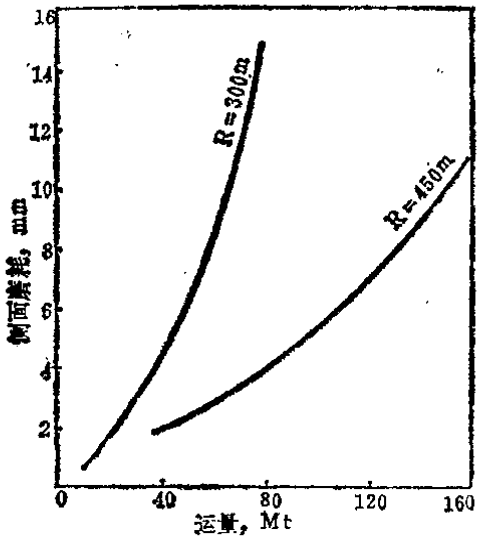


图1　运量、半径与侧面磨耗的关系

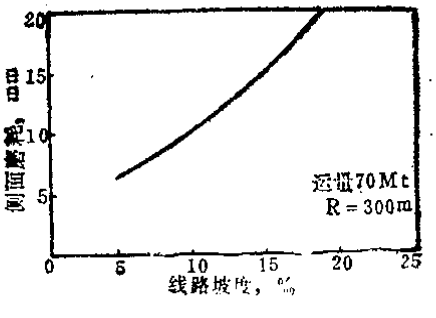


图2　曲线坡度对钢轨磨损的影响

磨损量一般用距踏面14mm处的侧面磨耗值来表示。中国铁路技术规程规定，在不存在其它伤损的情况下，侧磨18mm就应更换。在目前的线路条件下，抗拉强度为880MPa的热轧轨，在300m的半径曲线上股可通过运量80～100Mt，实际上，由于伴随其它缺陷的产生，钢轨的使用寿命会低于这个运量。

1.2 波浪磨耗

表1，2是曲线半径和坡度对波浪磨耗的影响。图3是曲线半径、运量与波深的关系〔2〕。

曲线半径与波浪磨耗的关系　　表1

曲线半径，m	300	400	500	600	>600	总计
波浪磨耗曲线数	19	10	8	5	1	43
百分比，%	44.2	23.3	18.6	11.6	2.3	100

曲线坡度与波浪磨耗的关系　　表2

坡　度，‰	>10	5～10	<5	总计
波浪磨耗曲线数	24	11	8	43
百分比，%	55.8	25.6	18.6	100

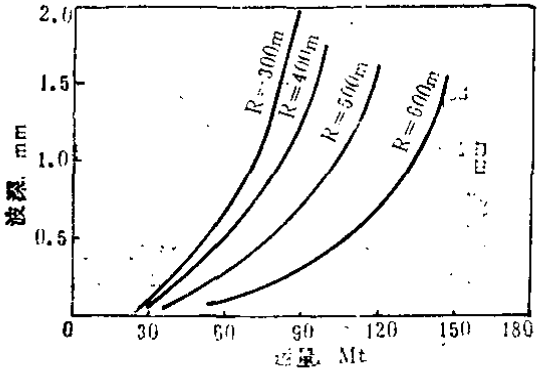


图3　运量、半径与波深的关系

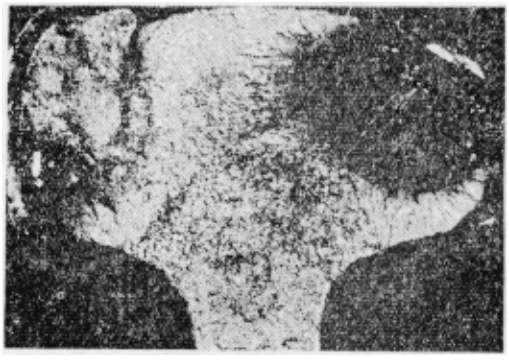
已进行的调查表明〔2〕：

（1）波浪磨耗主要出现在小半径、大下坡地段。起源于曲线上股钢轨的接头处，并向两侧扩展。

（2）波长一般为300～600mm。当波深在0.5mm以下时发展较慢，波深大于0.5mm时发展较快。当波深达到1.5mm时，线路质量和行车安全将无法保证，必须换轨。道床板结和轨道的不平顺将加快波浪磨耗的发生和发展。

1.3 疲劳伤损

小半径繁忙运输线钢轨的疲劳伤损有两种形式：一种是轨头接触处钢轨表层的纵向不连续剥离；另一种是轨头核伤（照片1）。



照片1　钢轨核伤

钢轨的疲劳伤损是在轮轨接触应力和材料本身的因素共同作用下形成的。表层剥离一般是由于在润滑状态下，润滑使接触应力趋向钢轨表层，同时降低了磨损，致使接触应力反复作用于同一区域，形成塑性变形—加工硬化—塑性耗竭—剥离。钢轨的剥离反过来增加了磨损，甚至成为控制钢轨使用寿命的因素。例如，1985～1986年，石太线大量的钢轨上道使用仅3～6个月，通过运量仅20Mt后就出现了严重的剥离。钢轨在不到一年的时间内（运量<70Mt）陆续下道。轨头核伤是

由于钢轨头部存在夹杂，夹杂作为核伤源，在接触应力作用下裂纹扩展，最终导致钢轨横向折断。

需要指出的是：小半径繁忙曲线地段的上述钢轨缺陷并非单独发生，而是共同控制着钢轨的使用寿命。表3可作为衡量繁忙曲线地段钢轨(50kg/m σ_b=880MPa)使用寿命的参考〔1〕。

繁忙曲线地段50kg/m钢轨使用寿命（运量，Mt） 表3

半 径，m	<350	350～499	500～649	650～799	800～1000
线路状况良好	特殊处理	125～170	160～270	200～270	240～320
线路状况好	特殊处理		125～170	160～220	200～272

2 减少钢轨使用缺陷的途径

降低小半径繁忙运输线路钢轨使用缺陷的措施很多，根据我们近几年的调查研究，结合中国铁路运输实际，提出如下一些减少钢轨使用缺陷的途径：

（1）提高线路质量。良好的线路质量包括增加线路弹性、保持轨道结构的平顺性以及消除轨道板结和降低行车对钢轨的冲击力，可以有效地减少钢轨的使用缺陷，尤其是疲劳和波浪磨耗缺陷。表4是两条不同状况的小半径繁忙运煤线路的综合质量对钢轨使用状况的影响。

（2）降低钢轨接触应力。钢轨的使用缺陷与钢轨承受的接触应力大小直接相关，而接触应力大小与轮轨接触面积有关。以60kg/m轨头外形为例（图4），研究表明〔3〕，如果车轮不与R=300mm的圆弧接触，而与R=80mm甚至R=13mm的小圆弧接触，则接触应力分别增加66%和269%。因此，增加轮轨接触面积将会有效地降低轮轨接触应力，这可通过下面两个途径来实现：

①改进轨道结构，防止钢轨偏载。北京铁路局60kg/m钢轨普遍偏载10～

综合线路质量对钢轨使用缺陷的影响 表4

线路状况	运量 Mt/y	轴重 t	半径 m	坡度 ‰	曲线个数	钢轨支数	润滑次/天	磨损 mm	波浪磨耗	剥离	螺栓孔裂个数	核伤个数	换轨周期，Mt
良 好	63	23	300	3.5/18.40	6	110	1	2.2	无	轻微	无	无	90
不 良	70	23	300～400	5.6/14.2	7	110	3	2.0	有	严重	13	5	70

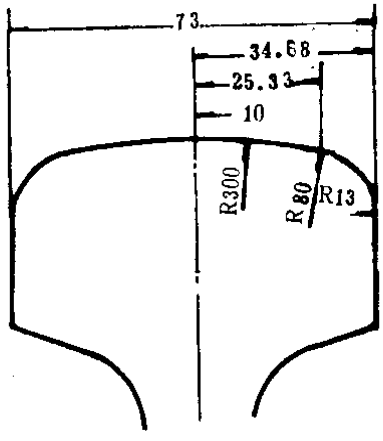


图4 60kg／m钢轨轨头尺寸

15mm，说明目前的1：40的轨底坡偏小〔3〕。北京局将石太线的三个曲线轨底坡从1：40改为1：20，降低磨耗48，57和85%〔2〕。此外，合理地设置曲线超高和加宽对减少钢轨偏载也是十分必要的。

②采用合理的轮轨外形，包括进行合理的轮轨外形设计和对运行中的轮轨进行打磨。由于中国是高运输密度的国家，对运行中的轮轨进行打磨是不经济的，而设计耐磨型轮轨外形则是可行的。

（3）改进钢轨润滑。合理的轮轨润滑能有效地降低钢轨的磨耗。目前，在钢轨润滑方面仍存在很多问题〔4〕，虽降低了钢轨的磨损，但都在一定程度上加剧了钢轨的剥离和波浪磨耗，没有充分发挥润滑应有的综合效益。合理的润滑应该解决目前在润滑中存在的油脂质量、涂油设备和涂油量的问题。涂油的效果应该起到降低磨耗又不加速钢轨波浪磨耗和疲劳的作用。

（4）使用高强度重型钢轨。在不断提高线路质量，改善轨道结构的基础上，铺设高强度热处理轨能更有效地减少钢轨的使用缺陷。目前，攀钢公司独特的经双频感应加热、压缩空气冷却的各型热处理钢轨已经在国内推广使用，起到明显的效果。表5是石太线用攀钢热处理钢轨与国内外各类钢轨使用的对比结果。由表5知，攀钢、日本钢管及新日铁三种热处理钢轨不仅显著地降低了磨耗，而且有效地改善了抗波浪磨耗和疲劳性能。

石太线各类钢轨对比使用结果　　表5

厂家	$\sigma_{0.2}$ MPa	σ_b MPa	δ_5 %	ψ %	a_k J/cm²	通过运量 Mt	侧面磨耗 mm	波浪磨耗	剥离	备注
攀钢	962.30	1295.00	12.57	38.86	16.4	157.5	7.3	无	轻微	继续使用
苏联	477.45	921.47	13.00	17.78	7.76	75.8	14.0	有	严重	已下道
奥地利	537.80	1009,85	11.93	16.65	9.74	75.8	7.6	有	严重	已下道
日本钢管	901.40	1275.18	16.00	33.00		157.5	7.2	无	轻微	继续使用
新日铁	901.60	1293.60	13.00	37.00		157.5	7.8	无	轻微	继续使用
鞍钢	542.00	942.50	12.85	21.80	8.60	81.7	15.6	有	严重	已下道

注：1．曲线里程K85+148～878

2．R=310m，坡度13.5‰，8.7‰，攀钢、苏联轨铺在13.5‰地段

需要指出的是：为满足小半径繁忙铁路运输的要求，重型钢轨将会逐渐采用。根据中国铁路技术规程，我国目前应铺设60kg/m以上的重型钢轨25000公里，而现在仅铺设60kg/m热轧轨7000余公里，75kg/m钢轨仍在试铺阶段。因此，今后将会逐渐增加60，75kg/m钢轨的使用。根据苏联铁路部门的使用结果〔5〕，用P65，P75轨，较P50轨轨头缺陷分别增加5%和19%。因此，应用重型高强度热处理钢轨是满足小半径繁忙铁路运输需要，减少钢轨缺陷的经济而有效的途径。

结　语

小半径、大坡度、高密度、大运量是

（下转第59页）

（见表1）；50kg/m钢轨左右旁弯合格率为81.05%，并有相当数量的轨端上弯超差（见表2）。这都说明，攀钢钢轨端部立压矫直有待于进一步提高质量。

整个测量数据统计表明，如果同时考虑钢轨头宽、腰厚、高度、底宽四个主要尺寸，60kg/m钢轨按攀钢企业标准Q/PB 816—86和50kg/m钢轨按GB2585—81衡量，其尺寸合格率分别为69.2%和61.4%。若去掉轨高只考虑其它三个主要断面尺寸，其合格率分别为94.2%和96.1%。因此，轨高控制是攀钢钢轨断面尺寸的主要薄弱环节。

从整个60kg/m和50kg/m钢轨测量结果可知，主要问题是轨高超差较多以及钢轨端部弯曲部份超差，其次是60kg/m钢轨第一螺栓孔位置尺寸S_1超差。

结　论

（1）攀钢50kg/m和60kg/m U71Mn钢轨抗拉强度较高。σ_b平均达960MPa左右。延伸率δ_5有所提高，平均达9.6%左右，但仍有待进一步提高。

（2）攀钢50kg/m和60kg/m U71Mn钢轨头宽、腰厚控制较好。但轨高超标是钢轨断面尺寸存在的主要薄弱环节。有待于进一步提高钢轨轧制精度，并加强轨端矫直的质量控制。

（3）攀钢钢轨端部加工质量较高。应加强工序质量控制，避免成批尺寸超差。

（4）攀钢钢轨端部淬火质量有待提高。

致　谢

参加以上工作的还有公司科技处、质量处、轨梁厂有关同志，以及钢研院其他同志，谨此致谢。

参考文献

〔1〕 Q/PB816—86，《60kg/m钢轨技术条件》
〔2〕 GB2585—81，《铁路用每米38～50公斤钢轨技术条件》
〔3〕 YB(T)68—87，《铁路用每米38～50公斤钢轨技术条件》
〔4〕 国外钢轨化检验阶段小结（攀枝花钢铁研究院内部资料），1987～1988
〔5〕 攀钢60kg/mU71Mn重轨性能研究（鉴定材料），1986年11月

（上接第78页）

中国铁路运输的重要特征，小半径繁忙运输线上普通钢轨的使用缺陷主要是磨损、波浪磨耗和疲劳。减少钢轨使用缺陷的途径是：

（1）提高线路质量；
（2）降低轮轨接触应力；
（3）改进钢轨润滑；
（4）铺设高强度重型钢轨。

参考文献

〔1〕李日曰，中国50kg/m钢轨繁忙重载线路大修周期，《铁道科技动态》，4（1989），P1
〔2〕石家庄工务段，石太线钢轨缺陷当整治（内部资料），1984，12
〔3〕范俊杰等，钢轨接触应力与局部应力研究（中国金属学会、铁道学会第三届学术会议论文），1985.11
〔4〕刘　怿，采用新材料新工艺，提高铁路工务质量，《铁道科技动态》，7（1988），P7
〔5〕万中俊，中国钢轨的材质和使用（中国金属学会、铁道学会第三届学术会议论文），1985.11