

重载铁路技术站道岔关键技术研究与应用

闫金喜

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司 山西 忻州 034000

摘要：重载铁路作为现代铁路运输的重要组成部分，其运量大、轴重大的特点对轨道设备，尤其是道岔提出了更高要求。本文旨在探讨重载铁路技术站道岔的关键技术，分析其结构特点、技术难点，并提出相应的解决方案。通过总结国内外研究成果，结合我国重载铁路实际运营情况，本文系统研究了延长重载道岔及其部件使用寿命的关键技术，为重载铁路的安全高效运营提供技术支持。

关键词：重载铁路；道岔；关键技术；应用

引言

随着重载铁路的快速发展，轴重和运量的提高给轨道设备带来了严峻挑战。道岔作为重载铁路线路的核心关键设备，其性能直接影响列车运行的安全性和效率。然而，传统铁路道岔在重载条件下往往表现出曲尖轨、辙叉磨损快、寿命短等问题，成为制约重载铁路发展的瓶颈。因此，研究重载铁路技术站道岔的关键技术，对于提升重载铁路的运营效率具有重要意义。

1 重载铁路道岔现状分析

1.1 重载铁路道岔面临的问题

重载铁路，以其大轴重、大运量的特点，对轨道结构，尤其是道岔部件提出了极高的要求。在轴重达到或超过25吨的条件下，重载铁路道岔面临着一系列严峻挑战：（1）曲尖轨磨损问题：曲尖轨作为引导列车从一股道转向另一股道的关键部件，承受着巨大的冲击力和摩擦力。在重载条件下，曲尖轨的磨损速度显著加快，导致使用寿命大幅缩短，增加了更换和维修的频率。（2）辙叉磨损与损坏：辙叉是道岔中承受车轮压力的主要部件之一，其磨损和损坏同样严重^[1]。重载列车的通过加剧了辙叉的磨损，甚至可能导致辙叉断裂，严重影响行车安全。（3）维修负担加重：由于曲尖轨和辙叉等核心部件的磨损快、寿命短，工务部门的维修负担显著增加。这不仅增加了运营成本，还可能对铁路运营的安全性和效率造成不利影响。

1.2 国内外重载道岔技术对比

国外在重载道岔领域有着丰富的经验积累。他们在轮轨关系、结构强度、动力学性能等方面进行了深入研究，并形成了成熟的设计理念和制造工艺。这些经验和技

术为国外重载铁路的安全高效运营提供了有力保障。然而，与国外先进水平相比，我国仍存在较大差距。这主要体现在设计方法不够先进、制造工艺不够精细、材料技术不够成熟等方面。这些差距限制了我国重载道岔的整体性能和使用寿命。为了提升重载道岔的整体性能，我国需要突破一系列技术瓶颈。这包括优化道岔结构设计、提高材料性能、改进制造工艺等方面。通过技术创新和产业升级，我国可以逐步缩小与国外先进水平的差距，并实现重载道岔技术的自主可控。综上所述，重载铁路道岔在面临严峻挑战的同时，也孕育着巨大的发展机遇。通过深入研究和技术创新，我国可以逐步解决重载道岔存在的问题，提升整体性能和使用寿命，为重载铁路的安全高效运营提供有力保障。

2 重载铁路道岔关键技术研究

2.1 直曲组合型曲尖轨技术

曲尖轨作为道岔中的关键部件，其性能直接影响列车通过道岔时的平稳性和安全性。针对重载铁路曲尖轨寿命短的问题，研究并实践了直曲组合型曲尖轨技术，旨在通过优化尖轨的几何形状和尺寸，减小其在重载条件下的磨损，延长使用寿命。直曲组合型曲尖轨的设计思路是，在保持尖轨整体曲线形状的基础上，通过延长曲线尖轨前端的直线段长度，并适当加宽尖轨，以减小作用在尖轨前端的横向力和磨损指标。具体来说，新设计的尖轨采用了相离半切线型，这种线型能够更好地适应列车车轮的滚动轨迹，减小车轮与尖轨之间的冲击和摩擦。在尺寸设计方面，相离量被增大至40.8mm，这一数值是经过精确计算和实验验证得出的，能够在保证列车平稳通过的同时，最大限度地减小尖轨的磨损。同时，尖轨前端直线段长度也被设计为原设计的两倍，这一改变使得列车在通过道岔时，能够更加平稳地过渡到曲线段，进一步减小了尖轨的受力。此外，直曲组合型

曲尖轨还采用了高性能的材料和先进的制造工艺,以确保其具有足够的强度和耐磨性。在制造过程中,严格控制了尖轨的几何尺寸和表面粗糙度,以保证其与车轮之间良好接触和滚动。通过实际应用和测试,直曲组合型曲尖轨在重载铁路上表现出了优异的性能。与传统尖轨相比,其磨损速度显著降低,使用寿命得到了有效延长。这一技术的成功应用,为重载铁路道岔的设计和维修提供了新的思路和方法。

2.2 切削基本轨加宽尖轨技术

为了更进一步解决尖轨在重载条件下的侧磨问题,研究者们提出了切削基本轨以加宽尖轨的技术方案。这一技术的核心在于通过精确调整基本轨的形状和尺寸,为尖轨提供更宽广的支撑面,从而分散车轮对尖轨的侧向压力,减小侧磨。首先,通过重载车辆-道岔动力学仿真模型的建立与分析,对列车通过道岔时的动态行为进行了深入研究。模型考虑了车辆参数、道岔几何尺寸、轮轨接触关系等多种因素,能够准确模拟列车通过道岔时的受力情况和运动状态。基于仿真模型的分析结果,确定了基本轨的切削方案。具体来说,通过对基本轨进行精确的刨切,使其与尖轨之间的间隙得到优化。刨切量、刨切起始和终止位置等关键参数都经过了严格的计算和验证,以确保在不影响列车平稳通过的前提下,最大限度地减小尖轨的侧磨。切削后的基本轨与加宽的尖轨形成了更好的匹配关系,使得车轮在通过道岔时能够更加顺畅地过渡,减小了车轮与尖轨之间的冲击和摩擦。同时,加宽的尖轨也提高了其承载能力和耐磨性,使得尖轨的使用寿命得到了显著延长^[2]。此外,切削基本轨加宽尖轨技术还考虑了制造和施工的可行性。通过优化制造工艺和施工流程,确保了技术的可实施性和经济性。在实际应用中,该技术表现出了良好的性能和稳定性,为重载铁路道岔的维护和升级提供了新的解决方案。

2.3 心轨和翼轨优化设计

心轨和翼轨作为辙叉的重要组成部分,其设计合理性直接关系到辙叉的使用寿命和列车的运行安全。为了优化心轨和翼轨的设计,研究者们基于轮轨匹配原理,对心轨降低值和翼轨抬高值进行了深入研究。首先,通过实测机车车辆踏面数据,生成了“实测磨耗型踏面”。这一踏面形状反映了实际运营中车轮的磨耗情况,为辙叉设计提供了更准确的依据。在辙叉设计过程中,充分考虑了LM型踏面和“实测磨耗型踏面”的要求,以确保辙叉能够适应不同踏面形状的车轮。基于这些考虑,对辙叉心轨和翼轨的几何尺寸进行了优化。具体来说,通过调整心轨的降低值和翼轨的抬高值,使得

心轨和翼轨在受力时能够更加均匀地分布压力,避免了局部过载导致的磨损和损坏。同时,优化后的心轨和翼轨形状也更加符合车轮的滚动轨迹,减小了车轮与辙叉之间的冲击和摩擦。此外,在优化设计过程中,还充分考虑了心轨和翼轨的同步磨耗问题。通过精确计算和实验验证,确定了心轨和翼轨的磨耗速率,使得它们在使用使用过程中能够保持良好的匹配关系。这种同步磨耗的设计不仅提高了辙叉的使用寿命,还减少了维修和更换的频率,降低了运营成本。心轨和翼轨的优化设计基于轮轨匹配原理,充分考虑了实测踏面数据和不同踏面形状的要求。通过调整几何尺寸和实现同步磨耗,优化了辙叉的性能,提高了重载铁路道岔的安全性和可靠性。这一设计思路和方法为重载铁路道岔的维护和升级提供了新的解决方案和技术支撑。

2.4 长寿命辙叉技术

针对重载铁路辙叉磨耗快、寿命短的问题,研究者们致力于开发长寿命辙叉技术,其中高锰钢辙叉及高性能锻造高锰钢嵌入式组合辙叉是这一技术的杰出代表。高锰钢辙叉的研发过程中,首先对其材料成分进行了优化。通过调整锰、碳等元素的含量,提高了材料的硬度和耐磨性,同时保持了良好的韧性和抗冲击性能。这种优化后的高锰钢材料,在重载条件下能够更有效地抵抗车轮的磨耗和冲击,延长辙叉的使用寿命。除了材料优化,长寿命辙叉的设计也经过了精心考虑。研究者们对辙叉的几何形状、尺寸和结构进行了深入研究,以确保其与车轮的良好匹配和受力均匀。特别是嵌入式组合辙叉的设计,通过将多个部件精确组合在一起,提高了辙叉的整体强度和稳定性,进一步延长了其使用寿命^[3]。在制造过程中,长寿命辙叉采用了先进的锻造工艺和热处理技术。这些技术不仅提高了辙叉的制造精度和表面质量,还优化了其内部组织和性能,使其在使用过程中能够更好地抵抗磨耗和疲劳。经过实际测试和应用验证,长寿命高锰钢辙叉及高性能锻造高锰钢嵌入式组合辙叉在重载条件下表现出了优异的耐磨性和稳定性。与传统辙叉相比,它们的使用寿命得到了显著延长,降低了维修和更换的频率,为重载铁路的运营提供了更可靠的保障。

3 应用与展望

3.1 应用情况

在重载铁路领域,关键技术如直曲组合型曲尖轨技术、切削基本轨加宽尖轨技术、心轨和翼轨优化设计、长寿命辙叉技术以及动力学仿真与优化设计等,已经在诸如大秦铁路、朔黄铁路等重要线路上得到了深入且广泛的应用。这些技术的应用不仅提升了道岔的性能,还

显著改善了重载铁路的运营效率和安全性。

3.1.1 大秦铁路应用

(1) 性能提升：大秦铁路通过采用直曲组合型曲尖轨技术和长寿命辙叉技术，有效延长了曲尖轨和辙叉的使用寿命。直曲组合型曲尖轨通过优化尖轨前端直线段长度和尖轨加宽设计，显著减小了尖轨前端的横向力和磨耗，从而提高了其耐久性。而长寿命辙叉则通过材料优化和结构设计改进，显著增强了辙叉的耐磨性和稳定性。

(2) 运营效益：由于新型重载道岔的使用寿命显著延长，大秦铁路的工务维修成本得到了有效降低。这不仅减少了维修人员的工作量，还降低了维修材料和设备的消耗。道岔性能的提升使得列车通过道岔时的平稳性和安全性得到了保障，从而提高了大秦铁路的整体运营效率。减少了因道岔故障导致的列车延误和运营中断现象，为重载列车的顺畅运行提供了有力支持。

3.1.2 朔黄铁路应用

(1) 技术应用与效果：朔黄铁路同样采用了上述关键技术对道岔进行了升级改造。通过切削基本轨以加宽尖轨的方法，进一步减小了尖轨的侧磨问题，提高了尖轨的耐磨性。同时，朔黄铁路还注重心轨和翼轨的优化设计，通过综合考虑LM型踏面和“实测磨耗型踏面”的要求，优化了辙叉心轨和翼轨的几何尺寸，实现了心轨和翼轨的同步磨耗和良好匹配。

(2) 运营安全与效率：这些技术的应用显著提升了朔黄铁路道岔的安全性和稳定性。列车通过道岔时的冲击和振动得到了有效控制，降低了因道岔问题导致的列车脱轨和倾覆风险。同时，道岔性能的提升也为重载列车的快速通过提供了有力保障，提高了朔黄铁路的运营效率。

3.2 展望

未来，重载铁路技术的不断进步将为道岔关键技术的研究带来更为广阔的发展空间。在这一背景下，道岔技术的持续优化与创新将成为推动重载铁路高效、安全运营的关键因素。

3.2.1 结构设计的优化

为了进一步提高道岔在重载条件下的耐磨性和稳定

性，结构设计优化将是未来的重要研究方向。具体而言，这包括：(1) 精细化设计：通过对道岔各部件的几何形状、尺寸和布局进行更为精细化的设计，以减小应力集中和磨损，提高整体结构的稳定性和耐久性。(2) 动态性能优化：利用先进的动力学仿真技术，对道岔在列车通过时的动态性能进行深入分析，以优化结构设计，减小振动和冲击，提高列车运行的平稳性和安全性。

3.2.2 新材料与新工艺的研发

新材料和新工艺的研发与应用将是推动重载道岔技术持续创新的重要动力。未来，以下几个方面将值得关注：一是高性能材料：探索和开发具有更高硬度、耐磨性和抗疲劳性能的材料，以替代传统材料，提高道岔的耐久性和使用寿命^[4]。二是先进制造工艺：研究和应用先进的制造工艺，如精密铸造、激光加工等，以提高道岔的制造精度和表面质量，减小制造误差对性能的影响。三是智能化制造：结合物联网、大数据和人工智能等技术，实现道岔制造的智能化和自动化，提高生产效率和产品质量。

结语

重载铁路技术站道岔关键技术的研究与应用对于提升重载铁路的运营效率具有重要意义。通过直曲组合型曲尖轨技术、切削基本轨加宽尖轨技术、心轨和翼轨优化设计、长寿命辙叉技术以及动力学仿真与优化设计等手段，有效延长了重载道岔及其部件的使用寿命，降低了工务维修成本，为重载铁路的安全高效运营提供了有力保障。

参考文献

- [1]王猛,杨东升,司道林.重载铁路道岔关键技术研究与应用[J].中国铁路,2020,(05):105-110.
- [2]王俊.重载铁路轨道技术发展方向研究[J].建筑技术开发,2019,46(04):116-117.
- [3]陈浩.重载铁路道岔动力学分析[D].兰州交通大学,2019.
- [4]李文博,提高重载铁路道岔尖轨及辙叉使用寿命关键技术研究.陕西省,中铁宝桥集团有限公司,2018-08-01.