

浅析钢轨打磨车的发展历程及趋势

李昊霖 蔡滨鸿

(国能铁路装备公司神维分公司包头工务机械段 内蒙古 包头 014010)

摘要: 文章分为钢轨打磨车发展历程介绍、打磨车分类及未来展望三个部分。首先,回顾了钢轨打磨车的四个标志性发展阶段;其次,分别通过作业环境和打磨头驱动方式进行打磨车分类;最后,分析了当前钢轨打磨车发展面临的挑战和机遇,并探讨了未来的发展趋势。

关键词: 钢轨打磨车; 铁路维护; 发展现状; 发展趋势

0 引言

铁路是人类文明发展的重要标志之一,也是国家经济建设和社会发展的基础设施之一。钢轨作为铁路运输的基本结构,必须得到维护和保护,以确保铁路系统的安全和正常运行。钢轨打磨车是一种专门用于维护和保护铁路钢轨的设备,它能够对钢轨表面进行磨削和抛光,使钢轨表面恢复平整和光滑,减少摩擦和磨损,延长钢轨寿命,同时保证铁路系统的安全和正常运行。

本文旨在回顾钢轨打磨车的发展历程,介绍现代钢轨打磨车的类型和应用,分析当前钢轨打磨车发展面临的挑战和机遇,并探讨未来的发展趋势。

1 钢轨打磨车的发展历程

钢轨打磨车的发展历程可以追溯到19世纪末20世纪初。最初,打磨钢轨是手动完成的,使用一些简单的工具来检查发现的裂缝和其他瑕疵,并使用锉刀和其他手动工具来修补这些问题。这是一项效率低下且人工成本高昂的工作。随着铁路的发展、铁路线路和车辆数量的逐渐增多,就需要更高效的方式来修补和维护系统,自动化钢轨打磨车应运而生。现代的钢轨打磨车具有高效性、高精度和多功能性等特点,可以满足各种钢轨维护需求。

钢轨打磨车的发展可以分手动打磨阶段、机械打磨阶段、智能化打磨阶段、多功能打磨阶段。钢轨打磨车是随着铁路发展而逐步产生的专业机械设备。本文介绍了钢轨打磨车的发展历程和技术进步。

1.1 手动打磨阶段

19世纪末20世纪初,人们使用手工工具对铁路钢轨进行打磨,但这种方法效率低下且人工成本高昂。铁路工人使用一些简单工具来进行铁路轨道的检查和修复,包括锤子、钢尺、曲尺和碎石锤等,整个过程主要分为检查与发现问题和手动打磨两个步骤。

检查与发现问题阶段,工人们会使用钢尺和曲尺等工具来检查轨道的凸度、平整度和水平程度等,并使用锤子敲击轨道,发现裂缝或其他瑕疵。此外,还会通过观察铁轨表面和采集数据进行检查和定位。

手动打磨阶段,经过检查和发现问题后,工人们会使用锤子和碎石锤等工具,把轨道矫正到正确的位置和平面。通常情况下,钢轨的矫正需要两人同步完成,一人使用碎石锤进行定位和精调,另一人使用锤子进行打磨,使轨道恢复原来的形状和位置。

手动打磨具有以下优点:

低成本。手动打磨具有较低的成本和维护费用,因为无需购买昂贵的机器设备和电力来运行它们。

灵活性。手动操作可根据具体情况进行调整和修理,环境受限性小。

然而,它也具有一些明显的缺点:

低效率。手动打磨速度慢,通常一次只能处理很小一段铁路,需要使用大量的工人和时间来完成一个项目。

低准确性。手动打磨依赖工人的技术水平和经验程度,难以保证工作的准确性和质量。

总的来说,手动打磨阶段的技术、方式主要是手

工检查和打磨，铁路工人利用简单的工具进行轨道的检查和维修，其检查方法及打磨技术为后期钢轨打磨自动化发展奠定了基础；其次，面对日益增加的铁路维护需求，速度缓慢、效率低下、体力负担大的手动打磨逐渐无法满足需求，人们意识到机械化的必要性，这促使人们思考如何采用更强大的工具和设备来完成铁路维护，提高人们对使用更先进的设备和技术的需求和重视。

1.2 机械打磨阶段

钢轨平整机是钢轨打磨的第一代机械设备，于20世纪30年代在西班牙首次出现。它使用了先进的技术，如转轮和平移机构，将工具头放置在轨道表面上，对铁路轨道进行磨削。

其打磨原理主要是通过平移机构和转轮的协同作用使磨头在所需位置和方向上进行磨削，并实现磨削的深度和强度的控制，以达到铁路轨道表面的平整和精细的修复。

钢轨平整机的优点是打磨过程高度自动化且可控性强；打磨效果较为精细，可以将铁轨表面的凹凸面很好地处理平整，以达到舒适乘坐和安全的目的。

然而，钢轨平整机也有以下缺点：

对于不同的铁路规格需要换装不同的磨削头，工作效率低；钢轨平整机需要部署不同的电力设备，成本高昂；在使用钢轨平整机时，当轨道口头和轨道踵部比较陡峭的时候能量消耗比较大，需要大功率的电机驱动和加强碳刷的耐久性。

总的来说，钢轨平整机因其精准的打磨效果、自动化控制和可控性强等特点，奠定了铁路维护及钢轨打磨科技的基础，推动了铁路技术的普及与发展。钢轨平整机的出现和使用大大改进了铁路轨道的维护和修复工作，并开启了铁路设备智能化发展的新时代。钢轨平整机是第一代钢轨打磨车，然而，由于它只能控制打磨的方向，而不能调整深度和强度，因此一直到20世纪80年代，钢轨打磨车才得到革命性的发展。

1.3 智能化打磨阶段

1983年，德国开发了一种新型钢轨打磨车，该设备可以通过电脑控制轨道表面的磨削深度、磨削角度和磨削速度，从而实现高效的铁路轨道维修。它的核心技术是在轨道运行时采集数据，并将这些数据输入到计算机系统中进行数据分析处

理，以便根据轨道表面的凹凸面进行自适应的打磨。

其工作原理主要是在车轮旋转的同时，同时进行辊轮上下偏转和平移，通过磨削头部分的磨削轮转轴和凸磨轮的位置调整，确保磨削时按照垂直轨道面的方向进行磨削。机器的电脑系统会控制铁轨的前后运动，根据使用灵敏度设定轨道的升降量，来达到高效的自适应打磨效果。

该机器的优点在于：

自适应性强。可以进行几乎全部铁路轨道的深度、角度和速度的精确控制，且不需要人工依据部位独立测量。

精准度高。机器可以自动控制打磨深度和位置，磨削效果更加精细，且可以保证轨道表面的平整度。

效率高。机器操作简单，效率高，可以处理较大的铁路长度，大大提高了维护效率。

虽然其具有极高的效率和自适应性能，但是它也存在以下缺点：

机器成本高。高精度和智能化的设备需要投入大量的成本和技术支持。

对于复杂路段进行打磨时可能存在技术难度。在较为复杂的铁路轨道上进行打磨，需要对设备进行不同的配置，以适应不同类型的铁路轨道。

此后，激光打磨技术是智能化打磨阶段的一个重要的技术突破。

相较于先前的机械化打磨方式，激光打磨技术可以实现更高精度和更精细的打磨效果。这种新型设备使用激光来检测铁路轨道表面的凹凸度，并可以按照指定的程序来进行打磨处理。由于激光具有高透明度和高能量密度的特点，使得钢轨打磨的效率更高、更加精确，常见的运用激光打磨技术的钢轨打磨车有CRRC赛迪SSe-97钢轨磨光平整车、Harsco铁路设备集团MTW100E-II型钢轨打磨车等。

由于激光打磨技术的特性，其具有高精度、高效率并且可配合实现自动控制的优点；另一方面，激光打磨技术也存在技术成本高、应用领域覆盖范围较小等弊端，且在使用激光打磨技术时，操作人员也需要进行专门的技术培训，以做到安全、高效作业的目的。

总而言之，智能化钢轨打磨车随着科技的进步，

技术要求和成本随之升高，带来的好处是可以提高铁路的轨道质量，并显著提高列车的运行安全，相较而言利远大于弊，它的出现也表明着机器自动化和智能化的总体趋势。

1.4 多功能打磨阶段

随着计算机技术的快速发展，钢轨打磨车在智能化和现代化的方向有着爆炸式发展，新的多功能打磨机械相对于传统的智能化钢轨打磨车，更加注重环保和智能化，大大提高了工作效率和稳定性，降低了工人的劳动强度和安全风险。较有代表性的多功能钢轨打磨车如下：

1.4.1 自带探伤的钢轨打磨车

“磁测技术”可以用于检测钢轨的裂纹和缺陷，应用“磁测技术”的磁探车避免了人工巡查的不准确性和漏检率，提高了铁路运输的安全性和可靠性，如北京铁路局和武汉铁路局引进的“磁力侦测车”等机器。

1.4.2 自带降尘降噪技术的无尘打磨车

传统的钢轨打磨过程会产生大量的粉尘和噪声，对工人的健康和铁路环境造成污染，无尘打磨技术可以减少粉尘和噪声的产生，提高了工作效率和环境保护效果。无尘打磨技术的代表机器为新型钢轨无尘打磨机，如我国常州华健公司推出的无尘打磨机 HM-3000 等。

1.4.3 可全自动化操作的钢轨打磨机器人

RGS-21 型钢轨打磨机器人是英国 Loram 公司开发的一款自动化钢轨打磨设备，它采用机器人手臂搭载的钢轨打磨头，在钢轨表面进行高清晰度的磨削。通过激光扫描、全景相机等先进技术，实现对钢轨表面状态的高精度感知和识别，并对磨削工艺和参数进行实时调整和控制。机器人手臂搭载的打磨头，在精确感知钢轨状态的前提下，根据磨削参数进行精细化磨削，磨削效果高、质量稳定。具有灵活处理钢轨损伤、自动化程度高、精度高的优点，同时设备技术要求高、维修难度大、价格高昂也是随之而来的弊端。

目前，钢轨打磨车已经发展到第四代，它们配备了激光技术、精密磨削技术、智能化控制系统等最新科技，使得铁路轨道的修复和维护更加高效、准确和规模化。与早期的手动修正相比，现代的钢轨打磨车具有更高的安全性、稳定性和精度，并能

够在更短的时间内完成更多的工作量。

总之，钢轨打磨车的发展至今已经历了几代技术革新，打磨效率和精度越来越高，并且随着人工智能和机器学习等新兴技术的快速发展，现代化钢轨打磨车也将不断进步，这种设备在铁路交通的开发和维护中扮演着越来越重要的角色。

2 现代钢轨打磨车分类

2.1 根据作业环境分类

根据打磨车自身特点和作业环境的不同，分为城市轨道交通钢轨打磨车、线路钢轨打磨车和道岔钢轨打磨车。

2.1.1 城市轨道交通钢轨打磨车

城市轨道交通钢轨打磨车是适用于城市地铁、有轨电车等路段的钢轨打磨车，其特点是轻便、车身小巧和低噪声。

常见的城市轨道交通钢轨打磨车为 SMC-16B 型钢轨打磨车、SMT-48 型钢轨打磨车和 SMG-45 型钢轨打磨车。其中，SMC-16B 型钢轨打磨车采用电动牵引方式，采用数字化控制系统，拥有自动修复和精细打磨功能，同时还具备环保和噪声控制功能，SMC-16B 型钢轨打磨车在自动化程度、打磨效果、环保噪声和适应性等方面都有着很好的表现，常用于城市轨道交通中多病害、多曲线地段。

2.1.2 线路钢轨打磨车

相较于城市轨道交通，普速、高速铁路线路开阔，钢轨长度长，环境复杂，因此要求线路钢轨打磨车打磨效率更高、环境适应性更强且更加可靠。

目前，常见的线路钢轨打磨车有 RGH-1 型、HKF-25 型、MT888-2 型钢轨打磨车。其中，RGH-1 型钢轨打磨车由中国铁道建筑集团有限公司开发，拥有多项自主知识产权，是我国第一款自主设计、制造和销售的钢轨打磨车，其能够高速精密打磨铁路线路上的不同型号和类型的钢轨。

2.1.3 道岔钢轨打磨车

道岔是铁路线路中的一种特殊结构，用于连接不同方向的轨道或分叉出另一条线路。与普通线路相比，道岔结构更加复杂且距离较短，受到列车运行的摩擦和振动的影响，更容易出现磨损和变形等问题。因此，相较于线路打磨车，道岔打磨车具有机

身小、精度高、处理复杂线路能力强等特点。

目前,国内常见的道岔打磨车主要型号:HARS-C2、HARS-M、HARS-Z、HARS-S、GMC16A型钢轨打磨车。其中,HARS-S型道岔打磨车采用柴油发动机和液压系统驱动,具有操作方便、维护简单等特点,适用于铁路段、岔口和站场等部位的道岔磨削;GMC16A相较于普通钢轨打磨车,其具有使用不同打磨电机和砂轮型号的特殊打磨单元,因此可以将打磨砂轮深入到基本轨和护轨之间,实现非岔心侧全部打磨^[1]。

这些道岔打磨车的特点主要包括作业效率高、作业质量好、操作简便、剪度高、剪活性强、低噪声、高安全性和维护简便等方面。同时,一些道岔打磨车还具有自动化调整参数、远程监测和故障诊断等功能,提高了作业效率和安全性。

2.2 根据打磨头驱动方式分类

根据打磨车打磨头的驱动方式,主要分为主动打磨和被动打磨两种方式。

主动型打磨头由电机或发动机提供动力,采用自主控制和主动匹配的工作方式,通过磨削工具对钢轨进行主动磨削。其主要特点包括:

(1) 具有自主控制和主动匹配的功能,对钢轨的磨削效果更为准确和稳定;

(2) 能够自适应不同的磨削参数,实现治理不同程度、不同类型的病害;

(3) 具有剪效率、剪精度、剪自动化程度和剪安全性高的特点。

被动型打磨头是利用列车的牵引力和重量,带动打磨头在行驶过程中对钢轨进行被动磨削。一般被动型打磨头是直接安装在列车车轮上,通过车轮与钢轨之间的压力和摩擦力实现对道岔的磨削。其主要特点包括:

(1) 依靠列车的动力和重量进行磨削,无需额外的动力驱动,能耗低;

(2) 具有易于维护、结构简单、价格低廉等优点。两种打磨头的优缺点对比如下:

(1) 主动型打磨头磨削效果更精准和稳定,同时可自动适应不同类型的线路,提高磨削效率和精度;而被动型打磨头则只能磨削车轮经过位置的道岔,磨削效果较难控制。

(2) 主动型打磨头工作效率较高,快速清除病害,

缩短工艺流程;而被动型打磨头工作效率较低,打磨效果依靠打磨车自身速度,不适合线路较短的区间作业,局限性较大。

(3) 主动型打磨头有较高的安全性、可操控性,操作人员可以在室内进行远程控制,避免直接接触安全危险;而被动型打磨头的安全性较差,需要人员在列车运行间隔期间进行维护和操作。

总的来说,主动型打磨头磨削效果更好、工作效率更高、安全性更高,但维护成本、使用成本较高,车辆损耗大;而被动型打磨头则价格较低,易于维护,但磨削效果较难控制,工作效率较低。需要根据线路的实际情况和需求,选择适合的打磨头驱动方式。

3 未来发展趋势

随着社会的不断发展和技术的不断进步,钢轨打磨车也将面临新的机遇和挑战。

3.1 挑战和机遇

随着铁路运输技术的不断发展和变革,钢轨打磨车也在不断的升级和改进,以更好地适应铁路维护和维修的需要。现阶段钢轨打磨车的发展仍面临着一些挑战。

(1) 技术更新换代迅速,工业互联网等新技术兴起。随着工业4.0的发展,智能制造技术不断升级,钢轨打磨车也需要适应这一趋势,开发新型智能化、信息化和自动化的打磨车设备,提高设备的生产效率和打磨精度,使钢轨的修复与保养更加科学和智能^[2]。

(2) 道路交通流量与通行速度增加。由于铁路交通速度和货物量的增加,钢轨的磨损程度也会随之加剧,铁路维护任务随之加重,打磨车需要更快捷、高效^[3]。

(3) 能源消耗和环保要求提高。钢轨打磨车运行过程中需要大量的能源和资源,为了实现可持续发展,打磨车需要向节能减排、环保智能化等方面发展,在保证高效与安全的前提下,需要更加重视能源消耗与环保问题。

(4) 维护操作人员技术水平和数量。虽然机器人化和自动化生产的机器本身不需要过多的人工干预,但是维修和操作的机器技师和工人的数量和技能水平依然是保证钢轨打磨车正常运行的重要因素。需要更高素质的维修工人,以确保钢轨打磨车能够正

常运行。

钢轨打磨车在发展过程中还需要面对技术升级、环保、能源消耗等多重挑战，只有不断升级和改进，才能更好地满足铁路交通行业的需求。

3.2 未来发展趋势

更加智能化和自动化。随着计算机、通信和人工智能等技术的不断发展，钢轨打磨车将会越来越智能化和自动化。主要体现在磨削参数的自适应调整、智能化程度的提高和自动化监测和诊断功能的加强等方面，全面提高钢轨打磨车的作业效率、质量和安全性，未来的钢轨打磨车将能够更加自动化地进行操作和监控，并且能够更加智能地适应不同的工作环境和更加具有针对性地解决病害。

更强的机械性能。随着自动化技术的不断进步和市场需求的增加，未来钢轨打磨车打磨效率和精度越来越高，相匹配的机械性能也应该全面提升，更快的加速、更短距离停车、打磨头使用时间更长、车辆燃油经济性更高等。同时，随着机械性能的提升，车辆故障率降低，操作人员的劳动强度将会进一步降低，实现更高效、更经济、更绿色的磨削方式。

更高的打磨精度和效率。未来的钢轨打磨车将会更加注重精度和效率的提高。通过引入更先进的技术和设备，如激光检测仪、高速运动控制系统等，钢轨打磨车将能够实现更高精度和更快速的打磨和维护。

多功能化和定制化。随着社会需求的多样化，未来的钢轨打磨车将会更加注重多功能化和定制化。未来的钢轨打磨车将会根据不同的需求和环境，提供更加个性化和定制化的服务和解决方案。

4 结语

综上所述，随着技术的不断进步和社会的不断发展，未来的钢轨打磨车将会越来越智能化、自动化、高效化、精准化、多功能化和定制化，钢轨打磨车是重要的铁路维护机械之一，未来铁路维护机械的快速发展将不断推动铁路行业的创新和升级，不仅有助于提高铁路运输的安全性和效率，还能够降低生产和维护成本，推进铁路行业的可持续发展，同时也将给相关行业带来新的商机和发展潜力。在未来的发展中，智能钢轨打磨车的技术将不断完善，发挥智能钢轨打磨车的潜力，使其在铁路维护、维修、安全、环保等方面发挥更大的作用。

参考文献：

- [1] 张明宏. 浅谈钢轨打磨车在地铁轨道养护中的应用 [J]. 机电信息, 2022(05): 65-67.
- [2] 张得义. 钢轨打磨技术现状和发展研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(07): 234-235.
- [3] 李箐, 李晓茸. 基于校企合作的《钢轨打磨车》现状分析及资源建设 [J]. 教育标准化, 2021(17): 83-85.