

降低公共及工业铁路轨道的磨损

作者：鲁道夫·奥托 (Rudolf Otte)，世界知名润滑专家，轨道类机车轨道及轮缘润滑的开创者之一，
中国政府第一届“友谊奖”即外国专家贡献奖获得者
译者：杨和中，上海莱伯斯润滑技术有限公司

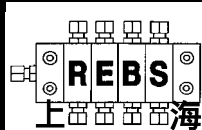
自从有了铁路轨道网后，轨道的磨损导致巨大的耗费就成了大问题。实践经验表明，轨道并非可无限制使用，磨损到一定程度后就必须更换，否则就会导致机车出轨，严重时甚至会酿成灾难性事故。在蒸汽机车刚开始运行的时代，轨道的磨损就已经很严重了，随着电气机车和内燃机车投入应用，轨道的磨损愈加严重，这是因为相比较蒸汽机车的蒸汽机排放的蒸汽含油，喷出后会有精细油膜沉落到轨道上——虽然这些油膜还不足以解决过度的磨损问题，但磨损状况已有所改观。

随后发现，铁路弯道入口处的外侧轨道的磨损尤其严重，于是很快有人想到在这些地方安装自动润滑装置，铁路局于是公开招标，邀请了不少公司参与设计、试用，最早的轨道润滑装置就得以应用了，这种润滑装置通常安装在弯道入口处的轨道旁，机车经过时会触发润滑装置使其喷出润滑剂到轨道侧缘上，在众多车轮轮缘的碾压作用下，润滑剂的传递距离可达 200m，弯道很长的路段可以装设多个这样的润滑装置，随后这种润滑装置就取代了手工涂油方式。紧接着，开发一种可移动的轨道润滑装置就成了顺理成章的事，于是数量众多、各式各样的所谓“轨道润滑车”就在铁路线上穿梭，它们的一个共同点是都装有一个机械式的润滑装置和一个涂敷装置用于将润滑剂涂敷到轨道上。这些轨道润滑车的运行速度低，因此其工作被限定在铁路交通的低峰时段，对繁忙的线路或是车辆迂回运行的普通路段，这种润滑车的使用就受到了极大限制。

上面提到过，车轮轮缘可以对轨道润滑装置喷出的润滑剂起传递作用，这种作用显示出车轮轮缘也可以作为实施润滑的工具来对轨道进行润滑，因此很自然地，在普通机车上装设一套润滑装置并让车轮轮缘作为实施润滑的工具——机车于是具备了移动式自动润滑装置的功能并取代轨道润滑车的想法就浮出了水面。而事实上一条铁路线上的弯道数量通常都远远高于这条线上运行的机车数量，因此在机车上安装润滑装置比在轨道旁装固定的润滑装置要少得多，经济优势明显。这里举一个实例，德国南部的“Hoellentalbahn”是一条弯道多达上百个的线路，但只有 3 辆机车运行，在其中一辆机车上装设了润滑装置后，轨道的寿命从行驶里程 27000km 提高到了 90000km，未装设润滑装置的那 2 台机车从 27000km 延长到 55000km，这个事实说明，装设了润滑装置的机车其车轮轮缘对润滑剂的传递作用是非常显著的，轨道会因这种传递作用而受惠，因为轨道磨损降低的程度和行驶里程增加的程度是对应的。在另外 2 台机车上也装设了润滑装置后，轨道的行驶里程提高到了 120000km。

后来对如何合理地将润滑剂分配到机车车轮轮缘上的方法进行了一系列实地测试，这些方法主要有：滚轮涂油式——用滚轮将润滑剂涂抹到车轮轮缘上，棒状固体润滑剂涂抹式——用弹簧将棒状固体润滑剂固定并压靠在车轮轮缘上，压缩空气喷涂式——借助于压缩空气的压力将润滑剂喷涂到车轮轮缘上，等等。测试结果证明，压缩空气喷涂式是最佳的方法，其他种方法都因为种种弊端而遭到弃用。

安装在机车上的移动式轨道润滑装置在当时西德的德国联邦铁路局所辖范围内应用后，被统计的所有轨道的寿命都有了大幅度提高，平均从 3 年提高到 9 年，后来轨道换用成高拉伸强度轨道后，德



国联邦铁路局预计其寿命为 9 年，但有关磨损的测量数据表明，采用移动式轨道润滑装置后其寿命能达到 19 年。正是由于这项润滑技术的应用，当时德国联邦铁路局每年节约钢轨 6000 吨，换句话说和应用前相比，每年采购的钢轨量要少 6000 吨。

当火车受牵引力的作用经过长长的弯道时，可以听见轨道有低频哼鸣噪声，这种噪声是由于车轮轮缘和轨道侧缘接触，两者之间的干摩擦导致机车传动轴翘起，随后复位，这种翘起、复位的现象以 60~90Hz 的频率重复发生，就像用锤不停敲打轨道面而导致的。对于高拉伸强度轨道来说，这种“锤击”现象实质上是对轨道跑合面的冷塑形，会使轨道变脆、易碎，这种现象的频繁发生无疑会缩短轨道的寿命。而采用移动式润滑装置后这种现象的发生得到了有效遏制。

以上所述的内容都是针对弯道，但实践中在直道上也发现了轨道侧缘磨损的情况，虽然从理论上讲这不应该发生，但现实中确实存在，这是为什么呢？从设计角度讲，机车的传动轴应该是自动调心的，即在直道上车轮的轮缘部位不应该和轨道内侧缘接触，车轮的两个轮缘应该和轨道内侧缘保持同等距离，两者之间的磨损也就不会发生。但实际情况是，机车是以非常平缓的正弦曲线运行并交替接触两根轨道的，因此在直道上并不能避免车轮轮缘和轨道内侧缘之间的接触和磨损。另外，相关的测量结果也表明，直道上的轨道也会有磨损，只不过磨损比弯道上小而已，所以在直道上也需要对轨道进行润滑——取决于不同的路况，直道也得到润滑后，轨道和车轮轮缘之间的磨损平均降低 1/3。

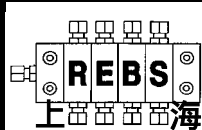
一般而言，移动式轨道润滑装置都是装在机车传动轴对应的车轮附近并将润滑剂喷涂到车轮轮缘上的，因此润滑剂可以从传动轴对应的车轮上向后面的车轮和轨道传递，也正因为这样，车轮轮缘的磨损程度降低得非常可观，而车轮每两次修磨的时间间隔也大大延长——取决于不同的路况，此时间间隔延长的程度在 50%~600% 之间，这一进步在德国联邦铁路局体现的数据是：每年车轮修磨的次数减少 20 万次。

于是，移动式轨道润滑装置在提高轨道和车轮寿命方面的作用就毋庸置疑了，但接着争论就出现了——究竟是哪一个部门或单位应该出钱购买润滑装置呢？负责机车的部门和负责轨道的部门争执不休，互不相让。机车部门说这是“轨道润滑”，应该由轨道部门出钱；而轨道部门振振有词地认为这种装置是装在机车上的，其实质是“轮缘润滑”，相同的争执也在几乎所有欧洲国家的铁路局发生过，有关这种装置的确切名称的莫衷一是——一时间似乎成了政治事件，直到欧洲铁路协会 ORE (Organization of Railways in Europe) 确定其名称为“轮缘润滑装置”，这场争论才平息下来。

自从轮缘润滑装置在欧洲开始应用起，统计数字表明有一个意外的收获——机车车轮和轨道之间未处于跑合状态即离轨现象的发生也大大降低了。

最近数年，出于环保方面的压力和要求，降低机车运行的噪音变得越来越重要。采用轮缘润滑装置后，有大量有关噪音值方面的测量数据，但现在就发布准确的数据还为时尚早，因为不同的环境下噪音值的差异很大。不过所有的数据都证明了一点，即采用轮缘润滑装置后机车运行的噪音值在不同环境下都有不同程度的降低，尤其是那种高频的尖厉声已经听不见了。

综合以上事实，可以确定地说，对轨道和车轮轮缘进行润滑是一举两得，不仅节约了轨道方面的花费，同时也降低了车轮方面的耗损，其所带来的巨大效益远远高于轮缘润滑装置的购置费用，众多



的报告都指出，投资购买轮缘润滑装置的费用回收期平均不超过 3 个月，对那些受资金短缺困扰的铁路局来说，购置轮缘润滑装置无疑是最经济的解决方案。

上个世纪的最后几十年，高速铁路发展迅猛，铁路高速化的趋势愈加明显，这给轮缘及轨道润滑技术提出了新的要求，随着机车运行速度的提高，要将润滑剂喷涂到车轮轮缘上需要克服更大的离心力。原有的轮缘润滑装置由于其喷射时间只达 1 秒或更短（像吐痰），喷出的润滑剂无法覆盖车轮轮缘的完整圆周；再加上喷出的润滑剂过于厚重（块状），受离心力的影响无法准确喷涂到车轮轮缘上，或是洒落或脱落到机车其他部位或是铁路沿线，不仅润滑效果差，还带来了污染。后来德国莱伯斯集中润滑系统有限公司（REBS Zentralshmiertechnik GmbH）开发了独特的“TURBOLUB 轮缘润滑装置”并成功解决了较高速机车的轮缘及轨道润滑问题，该装置采用泵供油并且可在 3~10 秒时间内将泵一个行程的排油量准确喷射到轮缘上。在德国联邦铁路局的实验室里进行测试时，该装置在机车时速高达 300km/h 的情况下喷射出的润滑剂依然能够准确地粘附到轮缘上而没有脱落——这一结果也从后来在时速达 300km/h 的 ICE 3 型高速火车上的实地应用得以证实。

对轮缘及轨道润滑采用的润滑剂，这里要做一点提示。最早采用的润滑剂是矿物基的稀油或干油，在轮缘润滑装置一开始应用时，使用这些类型的油品在降低磨损方面所获得的效果是令人振奋的，但随着技术的日新月异，尤其是铁路高速化的迅猛发展，早期采用的那些油品已不能满足更高的技术要求，如要求润滑剂耐（车轮轮缘与轨道之间的）高压性能、润滑剂对轮缘和轨道的修复作用等，于是涌现了很多种类的润滑剂。目前经过实践验证的最好的润滑剂是半流动状的添加了较高比例固体颗粒如石墨、铝粉等的润滑剂，使用这种润滑剂的最新成果是已经让车轮轮缘和轨道侧缘之间的磨损接近于零，而且车轮轮缘的磨损小于车轮跑合面的磨损。在一些场合，如城市轨道交通，应该使用可降解的环保型润滑剂。

说到城市轨道交通，其车轮和轨道也面临着严重的磨损问题，而且轨道弯道的弯曲半径比公共铁路要小，机车在进入弯道时会发出刺耳的尖厉声。有一个有趣的现象，城市轨道交通公司最初配备轮缘润滑装置并非出于技术方面的要求或是成本考量，而是由于公众的抗议，只是在配备后才发现因此而获益。

最后要强调的一点是轮缘润滑在工业交通方面的应用。和公共铁路相比，工业或工厂里的轨道状况要恶劣得多，这一方面是由于工厂里弯道多，弯道/直道的比率高于公共铁路，而且弯道的弯曲半径更小，另一方面工厂里机车的负荷（如钢厂的钢包车和钢渣车）通常比公共铁路大，因此在干摩擦和高牵引力的双重作用能够下，工厂机车车轮和轨道的磨损都更严重，车轮和轨道间的离轨现象以及“爬行效应”都更普遍，因此如果能采用可靠的润滑装置和满足要求的润滑剂，所产生的效益会十分巨大，将磨损降低 2/3 或更多并非虚言，投资回收期也会很短。

2003 年 12 月