

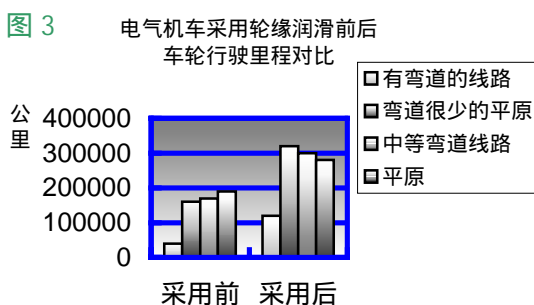
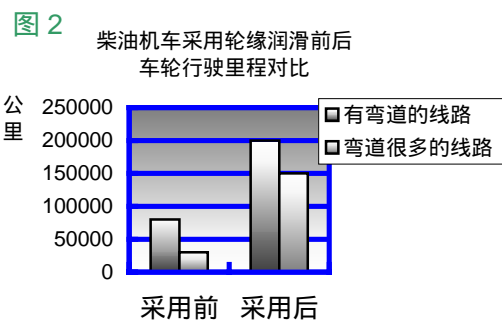
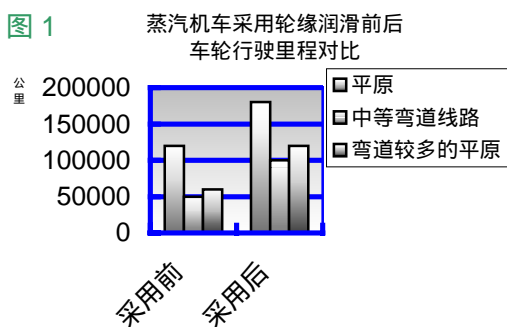
## 《轮缘润滑技术的应用及发展》

作者：鲁道夫·奥托 (Rudolf Otte)，世界知名润滑专家，在润滑的应用领域享有极高声誉，我国政府第一届外国专家奖即“友谊奖”的获得者。

在西欧，包括钢铁厂的厂矿机车在内的几乎所有铁路系统都使用了轮缘润滑，采用轮缘润滑所带来的积极效果已经被普遍认可。本文在此对轮缘润滑技术于 1949 年首次应用后已被证明的种种优点及其所体现的在经济效益方面的重要性作简要概括。

原德国联邦铁路局 (西德) 的工程师们对采用轮缘润滑所获得的收益进行了总结，大致内容如下：

- 在直道和山坡弯道路段行驶的车轮，其每两次修磨之间的距离分别增加了 100% 和 400% (参见图 1、2、3)。
- 由于磨损降低，车轮面修磨时的切削量大为减少 (参见图 4)。
- 即便是只装备有 55 辆机车的厂矿机车部门 (荷兰艾莫伊登的 Estal B.V.)，采用轮缘润滑后每年需更新的车轮数也因此大幅降低 (参见图 5)；而同时轨道侧缘的粗糙度也降低不少 (参见图 6)。
- 标准轨道和高强度轨道的使用寿命分别从 3 年提高到 9 年及 9 年提高到 19 年。这一数据给德国联邦铁路局带来的实际意义是每年可节约轨道、道岔 4000 吨。
- 采用轮缘润滑后，牵引类机车每年需更新的车轮数减少了 60000 套。
- 脱轨或者说在轨道上的横向窜动现象也明显减少，这一点在厂矿机车上体现得尤为明显，这是因为采用轮缘润滑后轮缘和轨道之间的摩擦减小从而降低了传动轴的“爬坡效应”。
- 电力内燃机车和液力内燃机车采用轮缘润滑后分别节约燃料 5% 和 25%。电气机车此方面的节能效果未见报告，但由于采用轮缘润滑后机车的牵引力会有所降低，因而也会有节能效果。



以上这些有关使用经验的概括中的某些部分早在 30 多年前就已报告过，尤其是在采用了第一套轮缘润滑系统和并不复杂的润滑剂之后。

大约十多年前，德国的集中润滑系统设备供应商 REBS 成功地对轮缘润滑系统作出了重大改进，从而使轮缘润滑技术向前迈进了一大步。REBS 将其在油气润滑技术方面的丰富经验应用到轮缘润滑系统上，他们设计出的系统 (参见图

7) 将以往短得只有 0.5~0.8 秒的喷射时间提高到了 6~10 秒, 这使得喷射到轮缘上的润滑剂极为精细, 同时也使得由于机车行驶时的离心力导致的润滑剂飞溅现象彻底消失, 无疑这节约了成本并且对机车没有污染。REBS 系统的核心部件是一台简单但精巧的气动泵, 该泵在泵出润滑剂后的回程过程中能充分吸油 (参见图 8)。润滑剂和压缩空气的混合就在泵的出口进行, 油气混合物通过管道以 3~5bar 的压力输送到机车转向架, 油气混合物在输送过程中只需经过一次分配——这得益于 REBS 拥有专利的 TURBOLUB 油气分配器, 该分配器可以将润滑剂和压缩空气的混合物分为 2~4 流 (参见图 9), 并且分配器内部没有运动部件, 而老式的轮缘润滑系统为了顺利喷射须进行 3 次分配——对润滑剂分配 2 次, 对压缩空气分配一次。此外, REBS 轮缘润滑系统的一个非常重要的优点是可以使用添加有干固体颗粒的润滑剂 (石墨、精细铝粉等), 干固体颗粒的含量比例可高达 40%, 这种润滑剂能有效填补轨道和轮缘的粗糙凹面并且比流动润滑剂和半流动润滑剂更能降低摩擦, 采用含有高比例固体颗粒的润滑剂润滑过的轮缘和轨道看上去象是被“抛光”一样。为了避免干固体颗粒在油箱中析出及沉淀, 润滑剂应有比较高的粘稠度即所谓的“半流动状态”, 其 NLGI 的级数至少为 1——老式的轮缘润滑系统对这种润滑剂无法适应。

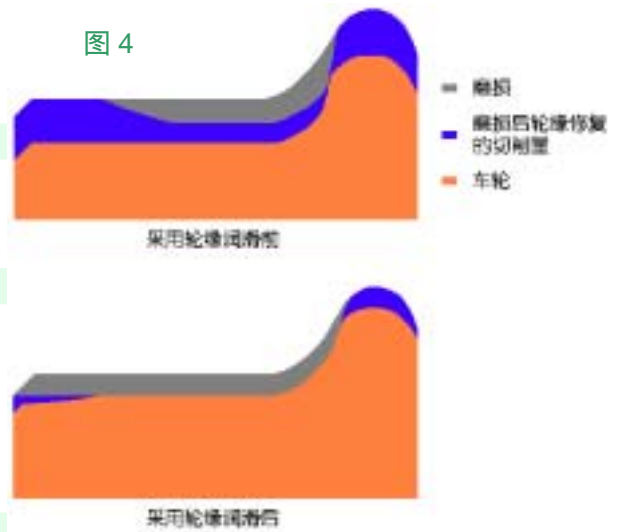


图 5 年车轮更新量对比

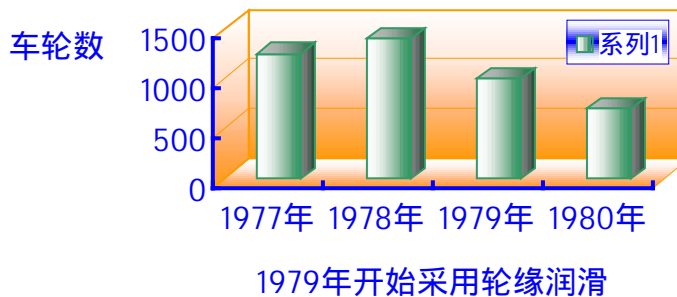
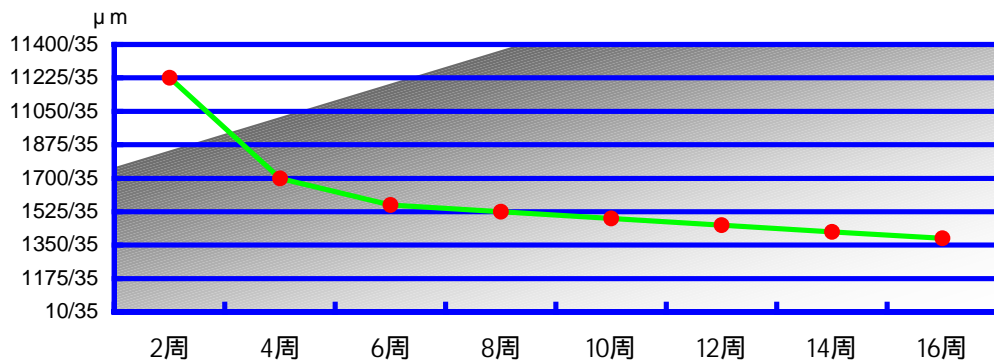
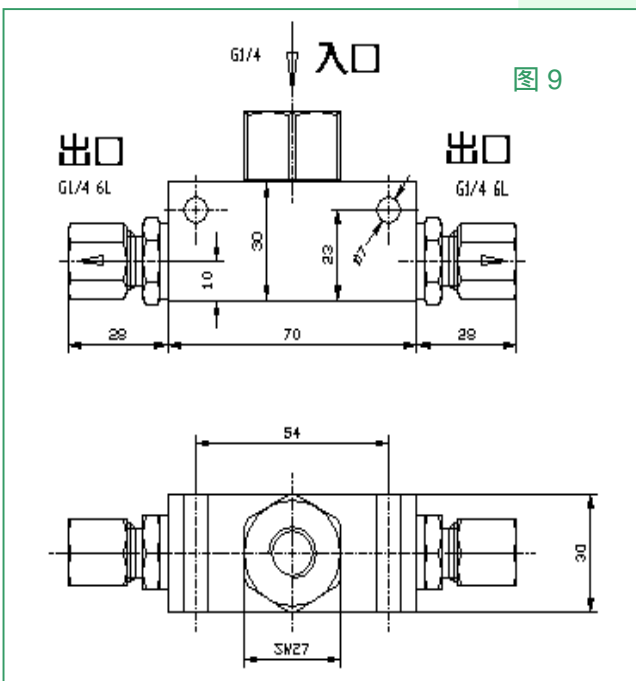
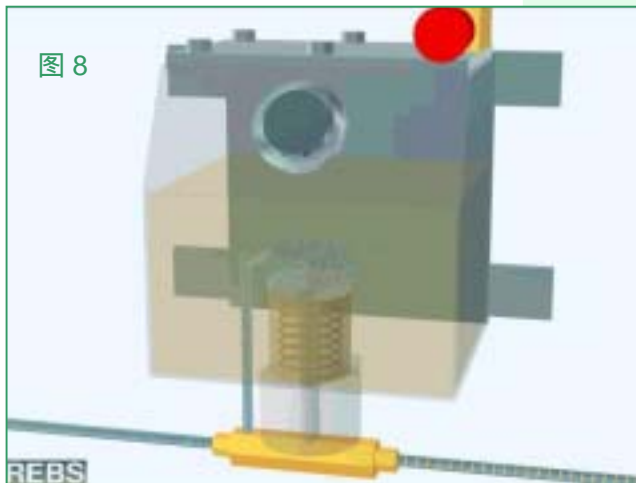
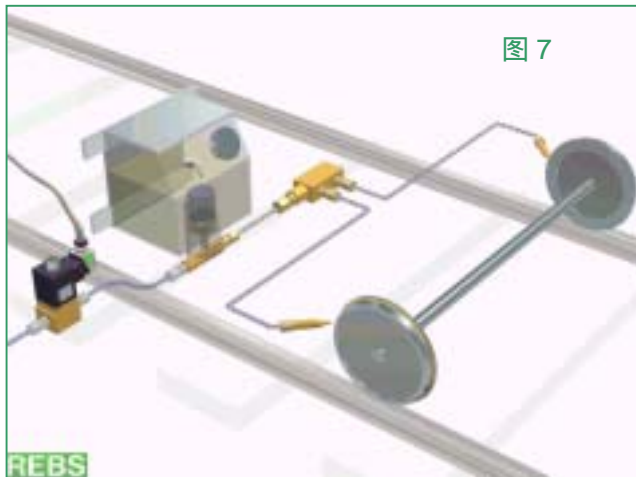


图 6 采用轮缘润滑后轨道粗糙度下降情况





过去的十来年,有轨电车的润滑变得越来越重要,因为其轨道更窄,且大多采用丁字形轨,因此磨损更严重,而且只能在夜间对轨道进行补焊修复,花费也越来越高。自从第一条有轨交通开行以来,弯道处所产生的高分贝高频噪音问题就一直存在,这是由于传动轴上的两个轮子是以相同的速度转向造成的——显然,靠近弯道内侧的轮子所要行驶的距离短,因此轮子会在跑合面上滑动而不是转动,噪音因此而产生。

轮缘润滑的控制方式有以下几种:

- 1) 最早的系统是由机车驱动的机械式系统,采用的是一种距离控制方式。虽然如今现代的电子控制轮缘润滑系统和机车的传动已没有什么联系,但一铁路公司依然持有习惯性的、保守的想法,即还想让轮缘润滑的控制方式采用距离控制,因此使用了测速计来测量行驶距离,一旦机车行驶了某段距离后,测速计上的“润滑触点”就发出一个信号使轮缘润滑系统投入工作。
- 2) 时间控制: 请注意,机车在弯道时行驶的速度比在直道上慢,因此采用时间控制方式可以确保在弯道时每两次润滑之间的时间间隔比在直道上要短,也就是说,基于时间控制的方式,轮缘在弯道上得到的润滑比在直道上要多。因此时间控制显得很有说服力,而且控制部分可以做得非常简洁,只需要一个计时器和一个继电器即可,同时润滑系统可以在机车制动和停运时停止工作。
- 3) 离心力控制: 有些铁道公司希望将机车的左右两个轮缘的润滑分开进行,因此市场上也出现过与此相应的带有离心力感应开关的控制系統。但这种系统的一个明显的缺点是只要传动轴和轨道头一接触,润滑喷射就会开始,这样的话很多临界点就会润滑不到。REBS 的轮缘润滑系统克服了这一困难,其感应



开关是装在车头上的，而润滑系统的其它部分则是装配在随着车头进入弯道的转向架上的，这样就保证了已得到润滑的轮缘在弯道处和轨道头接触并将润滑剂传递到后面的轮缘和下一辆机车的轮缘上。

- 4) 卫星定位控制：过去数年卫星定位系统的应用已变得越来越普遍，甚至用在了轿车和卡车上，这种系统的定位精度很高，能对都市的街道进行精确定位。REBS 的润滑系统可以借助于卫星定位系统来确定弯道的位置并在刚好进入弯道前启动系统并使其按照事先设定的周期工作。不过这种控制方式在隧道中无法实现，也不能用于地铁。
- 5) 混合控制：实践证明，时间控制方式是一种简单而可靠的控制方式。因此时间控制往往被当作混合控制的基础，而离心力控制则作为辅助的控制手段。在直道上，时间控制方式可以实现每个一段时间就喷射一些润滑剂对轮缘进行润滑，因此轮缘上总会有一些润滑油膜，进入弯道时也如此；在弯道时，离心力的变化可促使系统增加喷射次数和润滑量。在弯道的尽头——出弯道时，机车的转向架会回到中心位置，此时轮缘和轨道头在弯道的内侧会接触，因此此时内侧的轮缘需要润滑；反之，在进入弯道时外侧的轮缘需要润滑。总之，采用混合控制方式能有效地对左右两个轮缘提供润滑。

上面已经提到，轮缘润滑在几乎所有轨道类机车上都大有用武之地，最近数年间装备了轮缘润滑系统的机车数目一直呈增长态势，不论是客运火车、厂矿机车、有轨电车还是地铁。不仅如此，地处山区的齿条轨道上也采用了带有附加润滑功能的轮缘润滑系统，在润滑轮缘的同时，对齿轮齿条也进行润滑。在德国的乌佩尔托（Wuppertal），转向架装在车身顶部的单轨电车横跨乌佩河（Wupper）运行，车身上同样配备了轮缘润滑系统。

而采用轮缘润滑后，显而易见地，车轮跑合面的磨损已比轮缘严重，出现了铁道工程师所说的“轮缘在增长”的相对现象，这种情况下车轮可以行驶比轮缘磨损后长得多的历程后才需修磨，而且修磨时的切削量也小得多，这样车轮在必须更换前可以经受更多次的修磨。