

技术

21 铁路轴箱的演变(1)
从历史的视角观察铁路子系统
的演变

25 安静运行
为什么油润滑脂测试有利于轴承
的静音运行

29 饮食启示
Y轴承解决方案对食品及饮料工业
的贡献

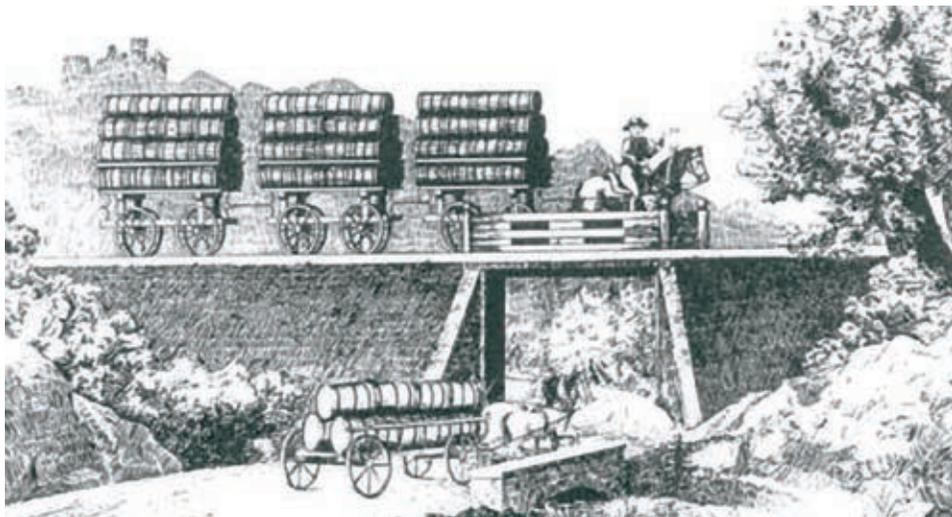


图1: 两匹马拉的马车公路与一匹马拉的马车轨道运量比较。

铁路轴箱技术的 演进历程

这篇关于铁路轴箱设计的文章分两部分。在第一部分，我们从历史角度审视这个重要的铁路子系统演进过程。在开发轴箱解决方案方面，SKF作为一家具有悠久历史的公司，一直关注环保问题，例如节能和减少润滑剂消耗。

从最初的铁路应用开始，轴箱轴承就提供了节能和润滑的机会。今天，大多数铁路车辆都装备日益先进的轮对轴箱总成，该总成由轮对轴承或轴承单元、轴箱箱体和集成传感器组成。目前SKF还为铁路市场提供其它解决方案，例如状态监测及各种服务组合，包括服务工程、轴承修复和培训等。

纵观铁路的整个历史发展，铁路车轮的基本设计概念并没有改变。将两个车轮和一条车轴组装起来，就是人们通常所说的“轮对”。轮对能够转动，并由所谓的“轴箱”或“轴颈”轴承来支承。这些都安装在轴箱内，或由特殊的承载鞍来支承，承载鞍直接或通过弹簧与行走机构相连。在大多数情况下，这些部件被设计成一个整体的转向架。→

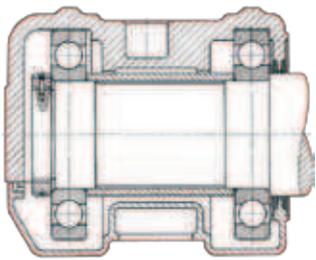


图2a: 1903年DWF的轴箱配置包括两个深沟球轴承。



图2b: 1903年DWF现场测试。轴箱装有两个深沟球轴承(资料来源: 1909年5月型录)。

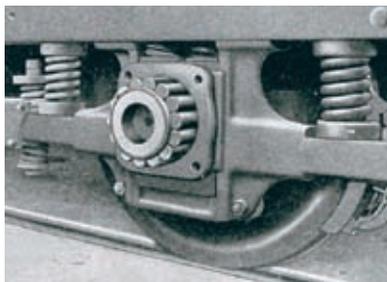


图3a: 在1905年节能测试中使用的SRB有轨电车轴箱轴承(资料来源: SRB 1908年型录)。

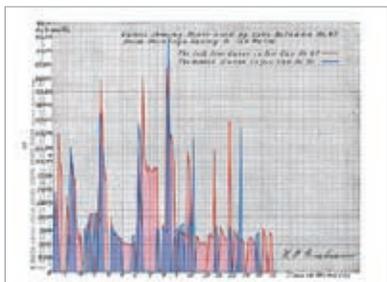


图3b: 美国纽约州锡拉丘兹大学Graham教授于1905年所做的测试结果(资料来源: SRB 1908年型录)。红色为滑动轴承, 蓝色为滚子轴承。

轴箱是对铁路车辆安全至关重要的子系统之一。

借助摩擦学(对摩擦、润滑和磨损的研究), 工程师和科学家已经掌握了相对运动的表面之间如何发生作用等知识。应用摩擦学的例子可在运输界找到。在铁路行业, 车轮和轴箱设计得到了长足发展, 从早期防摩擦的轴箱轴承, 发展到最新开发的高度复杂的轴箱轴承单元, 以及涵盖轴承、密封件、润滑、机电一体化(例如监测运行参数的传感器)和一系列综合服务的复杂解决方案等。

首条铁路

早期的一个节能例子是从奥地利林茨至捷克布德韦斯的马车铁路, 该铁路主要用来运送当时非常昂贵的盐。这条130公里长的铁路线于1832年投运, 堪称当时世界上最长的铁路。如图1显示, 铁路系统的运量大约是公路运输的8至10倍。

轴箱轴承

虽然一些早期的专利仍然存在, 但并没有证据表明它们全部得到应用。1903年出现的三轴客车是最早有完整文件记载的防摩擦轴箱轴承应用之一。这些客车装有轴箱, 每个轴箱配置两个深沟球轴承(图2a)。对两节总重33.15吨的车厢而言, 如果使用滑动轴承, 牵引力需要4.4千牛顿; 而用球轴承, 则

只需要0.62千牛顿, 相当于减少了86%(图2b)。轴承和轴箱均由德国柏林Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken A.G (DWF) 制造。该公司后来被纳入Vereinigte Kugellagerfabriken (VKF), 而VKF后来又被SKF收购。

美国纽约州锡拉丘兹大学的Graham教授于1905年做了进一步试验。他用两辆有轨电车做了耗能比较实验, 第一辆有轨电车使用滑动轴承, 第二辆使用滚子轴承(图3a)。在同一路线上, 滑动轴承电车的能耗为6.45千瓦小时, 而滚子轴承电车则只有3.10千瓦小时——节能效益达52%(图3b)。

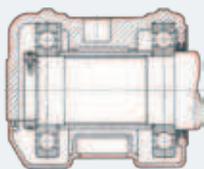
到1907年, 锡拉丘兹市公共交通公司告知位于费城的标准滚子轴承公司(SRB), 在经过4年半、约40万公里的运行后, 滚子轴承并没有磨损迹象。因减少用电而节省的发电用煤费用为每年每车260美元, 相当于390克黄金。标准滚子轴承公司后来被并入了Marlin Rockwel公司(MRC), 而SKF于1986年收购了MRC。

满足速度需要

自从1804年首台蒸汽机车问世以来, 速度就一直是铁路业的核心诉求。SKF在高速列车设计方面一直处于领先地位, 为铁路车辆提供了对安全最为关键的部件——轮对轴箱总成(由轮对轴承或轴承单元、轴箱和 →

轴箱轴承

球轴承



1903年

深沟球轴承

- 德国DWF(后被SKF收购)的首批轴箱应用之一。
- 设计: 配置含一个或两个轴承。
- 现状: 已被淘汰, 被具有更高负荷承载能力的滚子轴承代替。

1907年

自调心球轴承

- 由瑞典Sven Wingquist(后来的SKF)发明; 1911年SKF的首个轴箱应用。
- 设计: 典型配置含两个轴承。
- 现状: 已被淘汰, 被具有更高负荷承载能力的球面滚子轴承代替。



滚子轴承

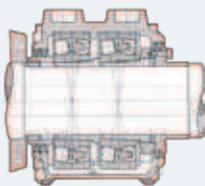


1905年

滚针或长滚子轴承

- 美国SRB公司(后被MRC收购, MRC又被SKF收购)的首批轴箱应用之一。
- 设计: 典型配置含一个轴承, 满滚子轴承设计(没有保持架)。
- 现状: 已被淘汰, 被带保持架的滚子轴承代替。

滚子轴承



1919年

球面滚子轴承

- 由SKF发明。
- 设计: 配置含一个或两个轴承。
- 现状: 如今只替换轴承和套筒, 或者由带整体式密封件的圆锥滚子轴承单元代替。

1920年

圆柱滚子轴承

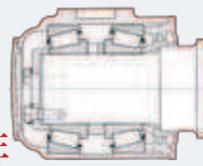
- 由SKF、Norma(德国)、FAG和另外一些公司推出。
- 设计: 典型配置含两个轴承。
- 现状: 用于现有设计的新车, 趋势是将被带整体式密封件的圆柱滚子轴承单元取代。



1929年

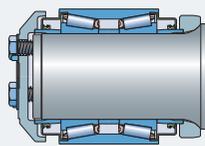
圆锥滚子轴承

- 由美国和英国Timken公司推出的轴箱应用。
- 设计: 典型配置含两个面对面或背对背安装的轴承。
- 现状: 今天, 一些轴承被更换, 或者被带整体式密封件的圆锥滚子轴承单元取代。



滚子轴承单元

带整体式密封系统的滚子轴承单元



1954年

圆锥滚子轴承单元

- 由Timken公司开发; 1972年由SKF推出。
- 设计: 配置含两个共用外圈的圆锥滚子轴承, 整体式密封件装配在隔圈上。
- 现状: 用于新车辆和新设计, 被带整体式密封件的紧凑型圆锥滚子轴承代替。

1995年

圆柱滚子轴承单元

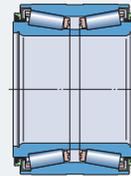
- 由SKF推出。
- 设计: 配置含有两个圆柱滚子轴承, 密封件装配在内圈挡边上。
- 现状: 设计用于代替使用标准圆柱滚子轴承的配置。



2000年

紧凑型圆锥滚子轴承单元

- 由SKF推出。
- 设计: 配置含有两个共用外圈的圆锥滚子轴承, 密封件装配在内圈挡边上。
- 现状: 最高时速160公里的列车首选设计。



轴箱轴承和轴承单元发展概览^{*1)}

^{*1)}SKF为客户提供的综合铁路手册十分详细地介绍了有关轴箱、轴承、传感器、状态监测及各种服务解决方案的信息。

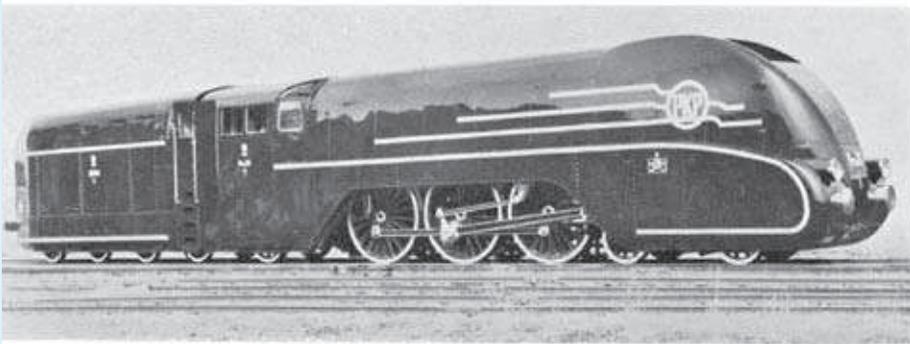


图4a: 该蒸汽机车是30年代由位于波兰赫扎努夫的波兰第一机车厂制造, 最高时速140公里, 功率1,100千瓦。

集成传感器组成)。SKF一直致力开发解决方案, 以满足高速列车生产商和运营商在轮对轴承开发、设计和测试等方面的严格要求(图4a和4b)。

到上世纪30年代, 欧洲和北美列车的一般时速已达130公里, 最高时速甚至达到160公里。今天, 根据欧洲的一些标准, 高速铁路运输的定义是: 列车最高时速200公里以上。

节省润滑剂

除了节省能源外, 还可以通过减少润滑剂的消耗, 进一步为环保做贡献。轴承润滑剂(比如润滑油和油脂)必须从矿物油精炼而来。在多年

长期运行后所做的维护中, 拆卸轴箱时需要收集用过的润滑剂, 并要像对待其它用过的含有矿物油的产品一样, 专门做废物处置。显而易见, 尽量减少润滑剂用量, 是对环境的一项积极贡献。

在铁路运输的初期, 使用了以油润滑的滑动轴承。典型货车一个轴箱的初次注油量为1.3公斤, 其中500克用于油毡润滑, 800克在油池中。由于在运行时这些油会不断损失, 因此必须频繁地检查油面高度, 而流出的油也会严重污染路轨和环境。油消耗量为每1,000公里大约200克。

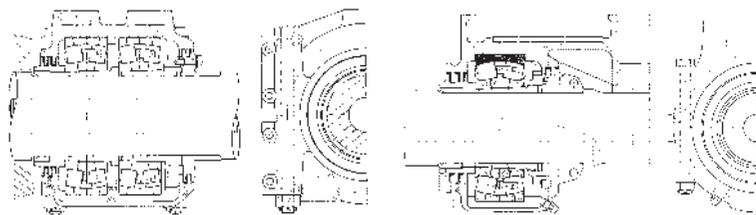


图4b: 波兰蒸汽机车。左: 前转向架上的轴箱, 内有两个安装在退卸套上的球面滚子轴承。右: 后车轴上的轴箱, 内有一个安装在退卸套上的球面滚子轴承(资料来源:《SKF球轴承杂志》1938年第1期)。

油脂润滑滚子轴承的问世是一个重大进步。对大多数应用来讲, 在安装过程中加入油脂后, 就不再需要补充润滑。在30年代, 典型货车上一个使用圆柱滚子轴承的轴箱含有大约1.7公斤的油脂量。最近几十年的许多研究证明, 可以大幅度减少油脂用量, 而不会出现润滑严重不足的风险。

到了大约1950年, 油脂用量减少至1.2公斤, 后来再减至1公斤。现在, 开式圆柱滚子轴承只需700克油脂。减少油脂用量的下一个重大进展是密封和预润滑圆柱滚子轴承单元(CRU)的问世, 这种轴承只需200至300克油脂。油脂用量的减少, 降低了工作温度, 继而延长了油脂和轴承的使用寿命。

本文的第二部分将介绍目前的轴箱发展。

作者: 奥地利SKF铁路业务单元市场推广总监
Gottfried Kuře

总结

铁路业的发展也伴随着降低摩擦磨损与节能的不懈努力。因此, 轴箱和轴承的发展也理所当然地成为这种努力的重要组成部分。SKF是摩擦学的早期推动者之一。如今, 摩擦学作为发展成熟的科学, 涵盖了对摩擦、润滑和磨损等原理的研究与应用, 创造出各种轴承解决方案, 并持续不断地为铁路运营商带来好处。