

岸桥钢丝绳滑轮轮槽产生压痕的探讨

摘要: 钢丝绳作为集装箱设备用量最大的易损件,其使用的安全性与可靠性,在整个设备运行中起着举足轻重的作用。滑轮作为钢丝绳运行的配件之一,产生的各种磨损往往对钢丝绳的伤害是显而易见的。滑轮产生压痕就是对钢丝绳损伤比较大的一种损害方式。如何避免压痕的产生,已经成为了岸边集装箱装卸桥(以下简称“岸桥”)管理不可或缺的工作。

关键词: 压痕 钢丝绳结构 绳槽硬度 滑轮

随着全球集装箱运输业的迅猛发展,对集装箱设备的技术性能、装卸效率以及安全性、可靠性、经济性的要求越来越高。安全可靠、装卸效率高的集装箱设备是集装箱作业的前提和保障。

钢丝绳作为集装箱设备用量最大的易损件,其使用的安全性与可靠性,在整个设备运行中起着举足轻重的作用。滑轮作为钢丝绳运行的配件之一,产生的各种磨损往往对钢丝绳的伤害是显而易见的。滑轮产生压痕就是对钢丝绳损伤比较大的一种损害方式。如何避免压痕的产生,已经成为了岸桥管理不可或缺的工作。近两年来,笔者所服务的港口,在设备保养时也发现了同样的问题。笔者结合现场情况,对同一批岸桥上各机构滑轮压痕的情况进行分析,小车滑轮产生压痕的现象最普遍,其次是托架滑轮,俯仰钢丝绳滑轮未产生压痕。

一、产生压痕的因素:

1、钢丝绳方面

由上表中可以看出,采用不同钢丝绳型号,产生的压痕比例也有所不同。因为钢丝绳的型号决定了其结构、接触方式、刚性、柔性等,而这些指标在钢丝绳与滑轮的磨损程度中起着尤为关键的作用。在与 ZPMC 的沟通过程中,根据其提供的资料显示,出现压痕的钢丝绳外层钢丝直径大,钢丝绳刚性高,柔性低;当换上柔性较好的钢丝绳,同时也换上没有经过热处理的滑轮,使用了一年多滑轮绳槽没有产生压痕。另外,在与兄弟码头的沟通过程中了解到,其早期都是采用纤维芯钢丝绳之时,均未发现压痕的产生;但近年来都采用了独立钢芯的钢丝绳后,陆续出现了压痕的问题。很明显,由于纤维钢丝绳柔性比独立钢芯钢丝绳要好,可直接预防压痕的产生。

2、滑轮方面

虽然滑轮绳槽的材料、硬度、淬火深度对压痕的产生也有着直接的原因，但从上表所列出的材料来看，多数滑轮采用的是合金钢的材料，表面硬度已经达到了设计规范的要求，有些甚至还高于设计规范的要求，淬火的有效深度最深的也达到了6mm，但一样都产生了压痕，所以，由此可以推论，目前使用的滑轮应该不是产生压痕的直接原因。

3、钢丝绳与滑轮配合方面

根据现场勘查发现，没有压痕的滑轮槽上的印痕非常均匀，而有压痕的滑轮槽上的印痕接触处是固定的（见图1、图2）

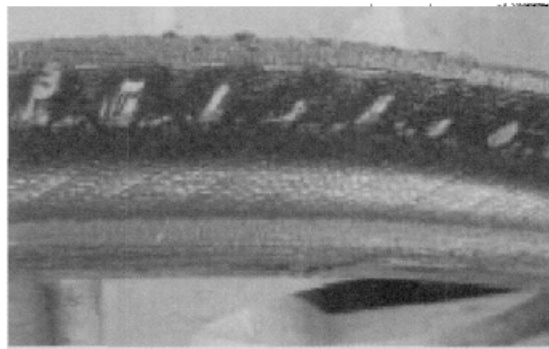


图1 无压痕滑轮



图2 有压痕滑轮

(1) 根据经验及厂家的试验得出，如果滑轮直径D与钢丝绳捻距之比为整数倍，或更确切地说，如果钢丝绳弯曲时的捻距与槽底周长成整数倍就很容易在滑轮上出现压痕。因为这样容易造成滑轮在转动时绳槽与绳股总是接触在同一处。

(2) 我们对现场小车机构产生压痕的滑轮（同一批设备）进行了更换，并对其热处理工艺进行了跟踪。换上之后，经过一段时间的运行发现前绳滑轮组比

后绳滑轮组先出现了压痕，为了进一步的搞清楚其内在原因，我们将前绳与后绳的缠绕系统进行了对比，前绳由于在张紧装置部位近距离内缠绕通过三组改向滑轮，这种缠绕方式致使滑轮的分布较为紧凑，直接影响了轮绳径比的选择，而后绳则仅在尾部缠绕一只改向滑轮，其使用效果及寿命就存在明显的不同（见图3）。可见，缠绕系统的合理与否不但影响着钢丝绳的寿命也直接影响着压痕的产生。

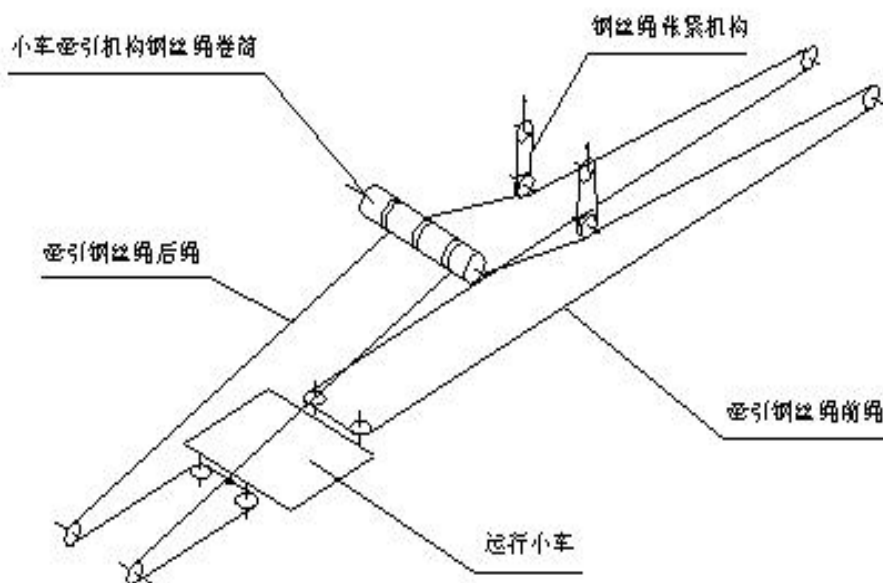


图3 岸桥钢丝绳缠绕系统

(3) 钢丝绳与滑轮在运行过程中会产生接触应力（如图4），根据力学原理可知，接触应力越大，材料的变形程度就越大。其计算公式为： $S=P/A$ ，式中S为平均接触应力，P为载荷，A为接触面积。

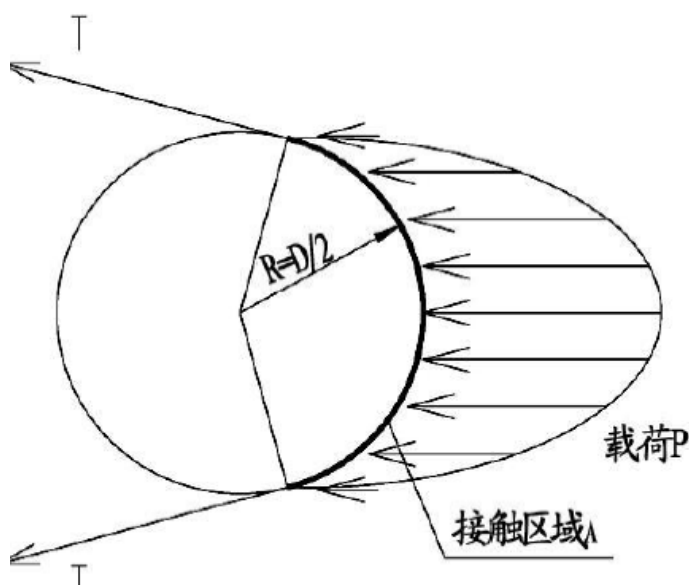


图 4 应力图

现场实际运行当中又有哪些因素影响钢丝绳与绳槽的接触应力呢？首先，众所周知，刚性大的钢丝绳其僵性阻力也较大，从而减小了钢丝绳与滑轮绳槽的接触面积 A ，根据上式得知，此时接触应力会随之变大；其次，一般情况下钢丝绳在生产过程中由于没有进行预张拉处理，投入使用后，钢丝绳受到载荷的影响，被拉长，从而导致钢丝绳直径的减小，同时也减小了对滑轮绳槽的接触面积，增大了对滑轮的接触应力。再者，滑轮轮槽半径过小也会减小钢丝绳与滑轮轮槽的接触面积，从而增大了接触应力。由此可见，提高钢丝绳与滑轮轮槽的配合接触面积也可以预防压痕的产生。

4、润滑方面

良好的润滑可以减少钢丝绳与槽的摩擦，减少磨损。但如果满足产生压痕的条件则润滑只能延缓压痕的产生。

(1)滑轮绳槽与钢丝绳之间，除了绳的外层钢丝与绳槽接触存在接触应力以外，还伴有相对的滑动摩擦。通过对滑轮分析发现，无论是有压痕的滑轮，还是无压痕的滑轮，磨损的机理是一样的，都存在由压应力和相对滑动引起的金属流变和磨粒磨损现象。不同之处在于，无压痕的滑轮磨损是均匀的，而有压痕的滑轮磨损是固定接触处的磨损，就是这种磨损最终导致磨损处下陷形成压痕。

(2)钢丝绳与轮槽之间的磨损量会影响轮槽的周长的变化，通常情况下会变小，同时槽底的半径也会产生变小，如此将影响到钢丝绳与滑轮的接触面积变小，从而接触应力将增大，产生压痕的机率也就大大增加了。

5、工况方面

滑轮轮槽表面一旦在重载突加、反复交变、短时冲击下，将形成非常大的动态瞬时接触应力，外力刻入滑轮绳槽表面的变形就被加深和扩张到所见到的状况。同时，钢丝绳相对滑轮如有上下跳动都会加剧压痕的产生。各机构在实际运行过程当中，小车机构的这种情况尤为突出，比如，司机在对箱过程中，或者在高速运行过程中由于故障引起的急停等。

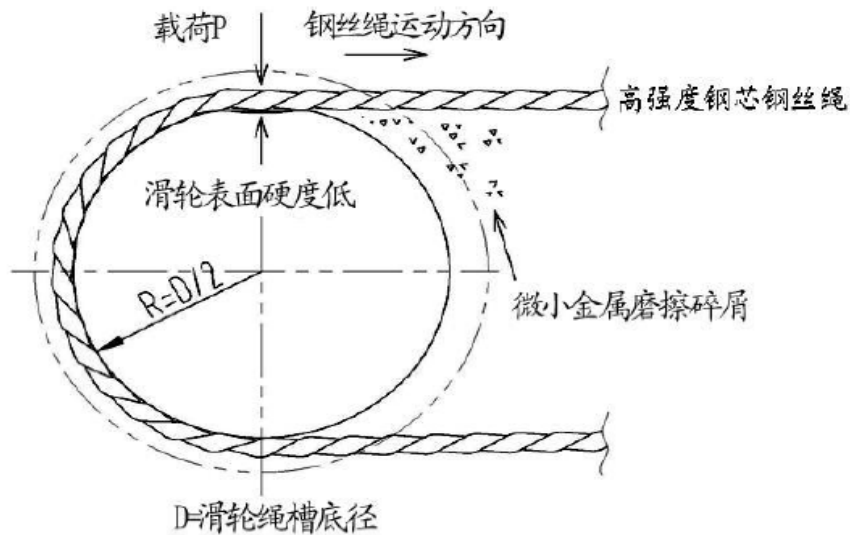


图 5 滑轮受力图

二、结论

根据以上分析可得出滑轮产生压痕的主要因素有：

- 1、钢丝绳的结构型式；
- 2、钢丝绳与滑轮间的接触面积；
- 3、滑轮直径 D 与钢丝绳捻距之间的关系；
- 4、钢丝绳的缠绕系统；
- 5、作业时的冲击力及钢丝绳相对滑轮的跳动频率；
- 6、滑轮轮槽的表面硬度；
- 7、润滑措施；

三、预防滑轮产生压痕的几点措施

1、购买设备或设计阶段：

(1)应尽可能的选择 HRC45 以上高硬度、淬火有效深度达 5mm 以上的滑轮；但钢丝绳的硬度也不是越高越好，德国佩松（PUTHON）给予钢丝绳硬度越位 50-55RC，其绳槽表面硬度推荐值不低于 35RC，最佳范围为 40-45RC；波莱顿则认为轮槽硬度应与钢丝绳级别相对应。

(2)合理选用钢丝绳

首先，结合现场情况与性价比的问题，可选用平行捻股钢丝绳，即线接触股钢丝绳，因为其相对于点接触式钢丝绳有非常明显的结构优势，同时相对于压实股钢丝绳，即面接触式钢丝绳又有这非常明显的经济优势。

其次，如果单从钢丝绳使用寿命方面考虑的话，应该是首选钢芯钢丝绳，因为钢芯钢丝绳相对于纤维芯钢丝绳最大优点是其更能为外股提供有效支撑而保持钢丝绳结构稳定，从而避免了钢丝绳的变形引起早期断丝。但假若结合滑轮压痕的情况，钢芯钢丝绳由于其刚性比纤维芯钢丝绳大，故而提高了滑轮压痕产生的几率。所以依笔者之见，可选择填塑钢丝绳，这种钢丝绳是将钢芯部分经过加人特制塑料再由外股钢丝捻制而成。这类钢丝绳能柔和纤维芯及钢芯钢丝绳的优点，提高柔性的同时，结构更稳定，且内部润滑防腐性能显著提高，也减少了内部摩擦，金属表面积没有减少而保持了钢丝绳与滑轮的接触面积。

再者，由于级别越高钢丝绳的硬度也越高，钢丝绳刻入轮槽的能力也就越大。综合安全及磨损两方面的因素，钢丝绳级别以 1770Mpa 级为宜。

(3)合理选取钢丝绳的轮绳径比、钢丝绳捻距与轮槽周长比、缠绕系统。通用设计规范要求轮绳径比取值为 28~32 倍，推荐值为 31，如果缠绕系统布置不合理，将直接影响轮绳径比的比值。另外，钢丝绳捻距与轮槽周长的比值要避免出现整数比。

(4)设计时要充分考虑作业时钢丝绳的工况对滑轮的影响。

2、对于使用中的设备出现压痕的应对措施

(1)使用高性能专用润滑油脂。

对钢丝绳维护润滑，使用普通润滑油或润滑脂并不能真正起到延长其使用寿命的作用，因为：第一，非专用一般布盟和钢丝绳出厂油脂兼容，否则，就没有必要制定钢丝绳专用油脂标准。其次，非专用油脂由于渗透性不高或现场缺少必要的要热设备，油脂很难进入组股钢丝内部。故对钢丝绳的润滑维护，应该使用与出厂油脂兼容、渗透能力强的专用油脂，如日本丰国（HOKOKU）、德国埃拉斯康（ELASKON）、尼洛斯登（NYROSTEN）等。

(2)经常检查滑轮。

随着不断在作业中高速运行，滑轮的磨损也日益突出当更换上捻制不相同的钢丝绳时，必将增加钢丝绳的与滑轮的接触应力，加快压痕的产生。所以采购新绳时，要注意保持与原绳的一致性。另外，要控制好滑轮的尺寸，滑轮的绳槽半径应当比钢丝绳公称半径大 7.5%，而且绝不能小于钢丝绳半径的 105%；滑轮轮槽半径、钢丝绳与滑轮的直径关系要符合 JB-T9005. 1-1999 的有关规定。

(3)加强维护保养和尽可能提高司机的操作技能, 尽量避免因故障引起的急停所带来的冲击和人为的点动操作。

(4)有压痕的滑轮反而与钢丝绳的接触面积增大了, 减小了接触应力, 反而提高了钢丝绳的使用寿命。但更换新钢丝绳时, 由于新绳的节距与压痕不一致, 使用初期会对钢丝绳产生伤害。这时, 可以重新加工轮槽。如果因为加工轮槽费时费力, 根据岸桥制造商的建议, 可选用与原绕向相反、耐磨的钢丝绳、可以减少对钢丝绳的损害、同时也可将压痕磨平。

四、结束语

以上是笔者通过对兄弟码头的了解, 以及跟设备制造商及钢丝绳厂家的及时沟通, 再结合笔者所服务的码头的实际情况进行分析, 提出的几点措施应该说避免压痕产生的同时也可以延长钢丝绳的使用寿命。

随着集装箱行业迅猛发展, 集装箱起重机及钢丝绳设计制造工艺也在日益提高, 钢丝绳与滑轮的配合也将得到更完美的优化, 但使用中所涉及到钢丝绳寿命、价格因素、停机产生的损失、更换的费用、质量的稳定性等。更多的技术问题、管理问题还需要港口设备的技术管理人员更深刻的去探讨和研究。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家标准《钢丝绳》GB/T8918-1996
- [2] 将国仁. 港口起重机械 北京: 人民交通出版社, 1995
- [3] 机械设计使用手册编委会. 机械设计使用手册 北京: 机械工业出版社, 2008

作者简介:

姓名: 黄炳林

从事工作: 技术管理

职务: 工程技术部副经理

工作单位: 广州港南沙港务有限公司 工程技术部

电话: 13570566711

E-MAIL: hhhhbbbb1111@163.com