

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| $v$                                            | 速度           |
| $W$                                            | 剖面模量         |
| $X$                                            | 节数, 座标, 配合间隙 |
| $x$                                            | 系数, 座标       |
| $Y$                                            | 座标           |
| $y$                                            | 座标, 挠度       |
| $z$                                            | 齿数           |
| $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi, \psi$ | 角度           |
| $\delta$                                       | 角度, 公差       |
| $\rho$                                         | 曲率半径         |
| $\omega$                                       | 角速度, 齿数差     |
| $\Delta$                                       | 间隙, 误差, 减小量  |
| $\sigma$                                       | 法向应力, 均方差    |
| $\tau$                                         | 剪应力          |

注: 除本表所列的符号外, 各章还有一些符号, 在初次出现时另作说明。

## 前 言

链条是各种机械上使用十分广泛的基础件之一。无论是传递动力的传动链，或是搬运物品的输送链，还是提升重物的起重链，都具有良好的使用性能。近二十年来，在国外，链传动技术正以越来越快的速度得到发展。除了大幅度提高链传动工作能力，扩大链传动使用范围外，一些以链条为主要工作部件的产品以及各种有实用价值的链条机构，也都有了很大的发展。

但是，以往国内机械工程技术界，对链传动技术还没有引起足够的重视，对这一领域里的一些基本理论问题，诸如链条产品设计、链传动啮合特性、链条选择计算方法等还不太熟悉。因此，在一定程度上影响了链传动技术的推广、应用和开发。为了有助于改变这一状况，本书着重向读者系统地介绍链传动技术领域中的基本理论、实用设计计算方法和典型的链条机构。在编写过程中，还特别注意反映了国内外链传动技术发展的最新成果。

全书经集体讨论，第一～四章由王义行执笔，第五、六章由郑志峰执笔，第七～九章由柴邦衡执笔，最后由郑志峰统稿。

黄骧洪同志对本书作了全面审校，并同王佑中同志、孙发洪同志一起为本书提供了宝贵的资料。在编写过程中，杨子万同志及吉林工业大学链传动研究所全体同志给予了热情的帮助，在此一并致谢。

由于作者的水平有限，错误和不当之处在所难免，欢迎读者批评指正。

作 者

## 基本符号表

|        |                |
|--------|----------------|
| $A$    | 面积, 孔距, 系数     |
| $a$    | 中心距            |
| $B, b$ | 宽度             |
| $C, c$ | 系数, 距离         |
| $D, d$ | 直径             |
| $E$    | 弹性模量, 动能, 圆跳动  |
| $e$    | 偏心距            |
| $F$    | 力              |
| $f$    | 链边垂度, 摩擦系数     |
| $G$    | 切变模量, 重量       |
| $g$    | 重力加速度          |
| $H, h$ | 高度             |
| $i$    | 传动比            |
| $K, k$ | 系数             |
| $L, l$ | 长度, 距离         |
| $M$    | 弯矩, 力矩         |
| $m$    | 质量, 指数, 排数     |
| $N$    | 法向力, 循环次数      |
| $n$    | 转速, 安全系数,      |
| $P$    | 功率             |
| $p$    | 节距, 比压         |
| $Q$    | 极限拉伸载荷, 力, 输送量 |
| $q$    | 每米链条重量         |
| $R, r$ | 半径             |
| $S$    | 围内区链节张力        |
| $s$    | 厚度, 距离         |
| $T$    | 扭矩, 时间         |
| $t$    | 温度, 时间         |
| $V$    | 体积, 速度         |

# 目 录

## 前言

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 基本符号表 .....          | 1   |
| 第一章 绪论 .....         | 1   |
| 一、链条发展简史 .....       | 1   |
| 二、链传动的特点与应用 .....    | 5   |
| 三、链条应用实例 .....       | 7   |
| 四、链条和链轮的标准化 .....    | 9   |
| 第二章 链条 .....         | 14  |
| 一、链条的结构与分类 .....     | 14  |
| 二、滚子链设计 .....        | 15  |
| 三、齿形链设计 .....        | 48  |
| 四、提高链条性能的途径 .....    | 55  |
| 第三章 链传动啮合特性 .....    | 62  |
| 一、链传动运动学 .....       | 62  |
| 二、链传动动力学 .....       | 78  |
| 三、啮合过程及轮齿受力 .....    | 91  |
| 四、爬高与跳齿 .....        | 97  |
| 第四章 链轮 .....         | 112 |
| 一、链轮的名词术语 .....      | 112 |
| 二、链轮齿形 .....         | 114 |
| 三、链轮齿的加工方法与刀具 .....  | 136 |
| 四、链轮结构与材料 .....      | 142 |
| 五、链轮公差与检验 .....      | 145 |
| 第五章 链传动的设计与计算 .....  | 153 |
| 一、链传动的几何计算 .....     | 153 |
| 二、链传动的失效分析 .....     | 185 |
| 三、滚子链传动工作能力的计算 ..... | 199 |
| 四、滚子链传动的设计 .....     | 218 |
| 五、齿形链传动的设计 .....     | 225 |
| 第六章 链传动装置 .....      | 230 |
| 一、链传动的布置 .....       | 230 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 二、链传动的张紧 .....                                              | 230 |
| 三、链传动的安装 .....                                              | 236 |
| 四、链传动的润滑 .....                                              | 242 |
| 五、链箱 .....                                                  | 245 |
| 六、链传动的维修 .....                                              | 251 |
| 第七章 输送链 .....                                               | 260 |
| 一、概述 .....                                                  | 260 |
| 二、链式输送机类型和设计要点 .....                                        | 261 |
| 三、输送用链条 .....                                               | 273 |
| 第八章 链条机构 .....                                              | 299 |
| 一、概述 .....                                                  | 299 |
| 二、链条机构 .....                                                | 300 |
| 三、链条联轴器 .....                                               | 322 |
| 四、链条减速器 .....                                               | 336 |
| 五、链条行星减速器 .....                                             | 340 |
| 六、齿链无级变速器 .....                                             | 347 |
| 第九章 链传动试验 .....                                             | 362 |
| 一、概述 .....                                                  | 362 |
| 二、链条、链轮上力的测定 .....                                          | 363 |
| 三、整链运转试验 .....                                              | 370 |
| 四、链段及链条元件单项性能试验 .....                                       | 381 |
| 附录 .....                                                    | 392 |
| 一、A系列滚子链额定功率表 .....                                         | 392 |
| 二、双节距滚子链额定功率表 .....                                         | 402 |
| 三、齿形链额定功率表 .....                                            | 407 |
| 四、中心距 $a_p$ 数值表 .....                                       | 414 |
| 五、GB1244-76 滚子链链轮主要尺寸表 .....                                | 443 |
| 六、齿沟中心分离时的作用角和齿形角 .....                                     | 466 |
| 七、JB1840-76 齿形链链轮主要尺寸表 .....                                | 469 |
| 八、JB1840-76 齿形链链轮的 $\varphi$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 数值表 ..... | 470 |
| 九、B 系列滚子链功率曲线图 .....                                        | 471 |
| 参考文献 .....                                                  | 471 |

# 第一章 绪 论

## 一、链条发展简史

链条是机械元件之一。远在夏商年代，即三千多年以前，在我国马匹的銜具上就已经有了应用，它是现代圆环链的雏形。我国农村使用了1,700多年的翻车（图1-1）和1,300多年的水车（图1-2），均是最原始的输送链。至于传动链，早在北宋时期苏颂著的《新仪象法要》中就有所记载，其中提到的“天梯”（图1-3）实际上就是一种铁制的链条。它把下边的一个小横轴的运动，

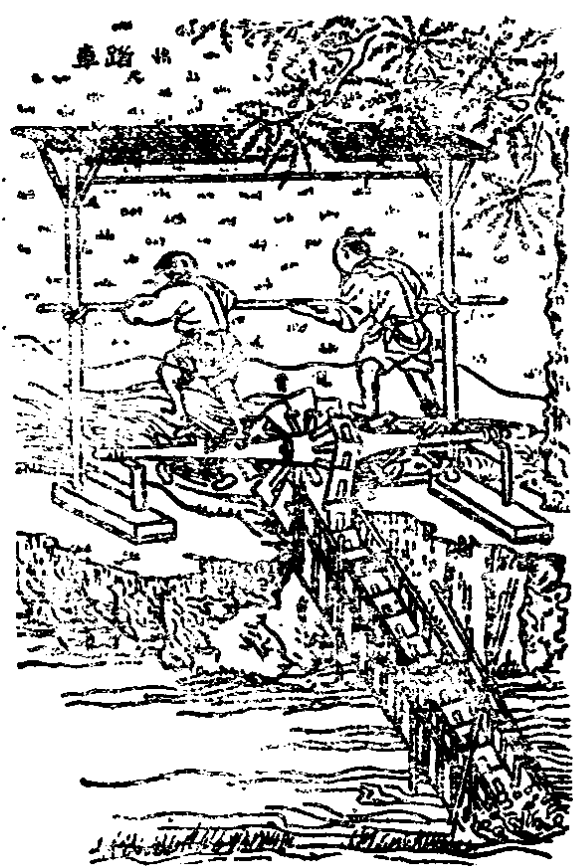


图1-1 翻车

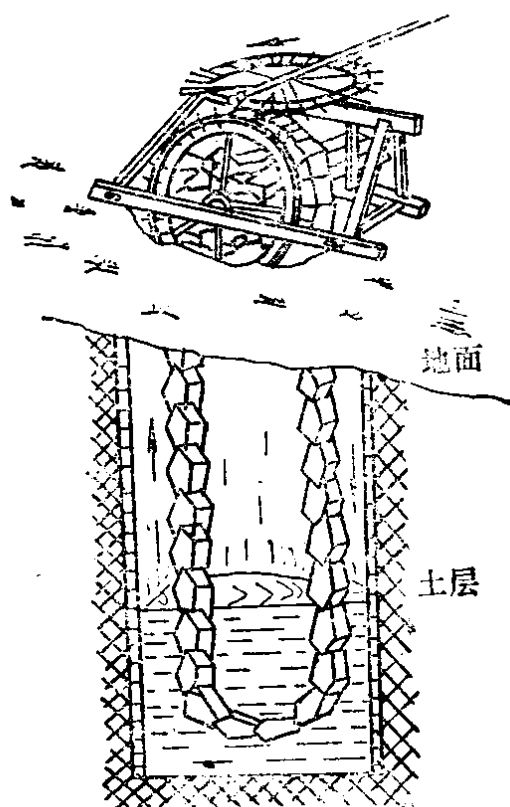


图1-2 水车

经过两个小链轮，传递到上边的一个小横轴上，以驱动浑天仪转动。由上述可见，我国是使用链条最早的国家之一<sup>[1]</sup>。

近代链条基本结构的设想是由欧洲文艺复兴时代伟大的科学

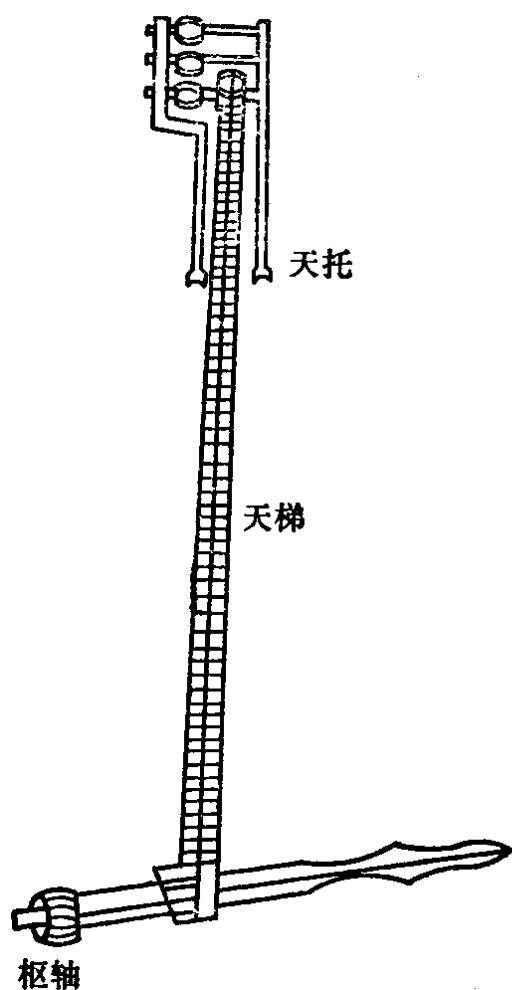


图1-3 天梯

家和艺术家达·芬奇（1452～1519）首先提出的。图1-4是他笔记中的设计草图。此后，到1832年，法国的伽尔发明了销轴链（图1-5a）。32年后，即1864年，英国杰姆斯·司莱泰发明了无套筒滚子链（图1-5b）。由于这些链条结构不够合理，使用寿命短，于是在1880年英国汉斯·雷诺又把它改进设计成为现今广泛流行的滚子链（图1-5c）。

此外，几乎在销轴链问世的同时，在1830年出现了如图1-6所示的搭扣链。由于它装拆不便，于1873年被改进设计成如图1-7所示的可拆式铸造方框链。此后，为了提高强度，又改进成为销合链（图1-8）。这些链条在一

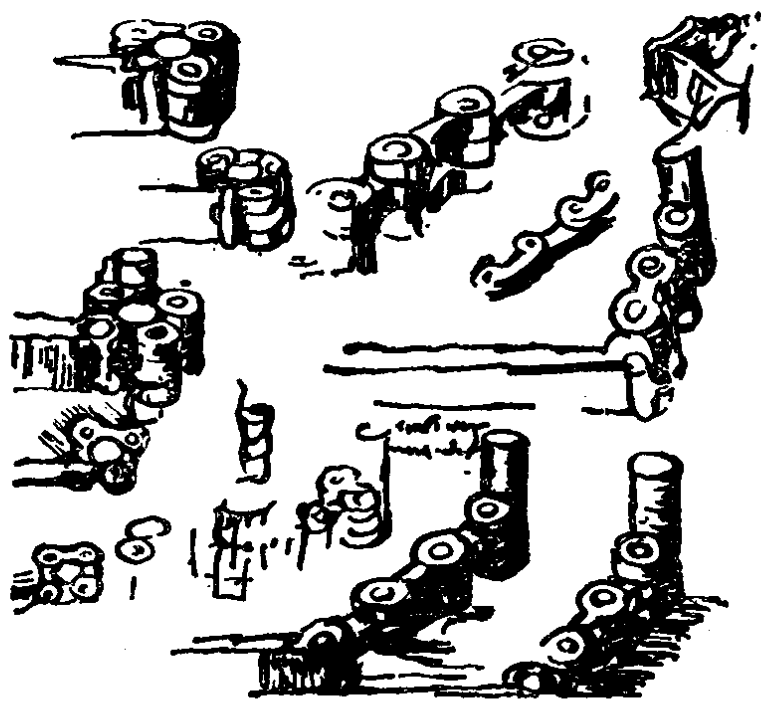


图1-4 达·芬奇的链条结构草图

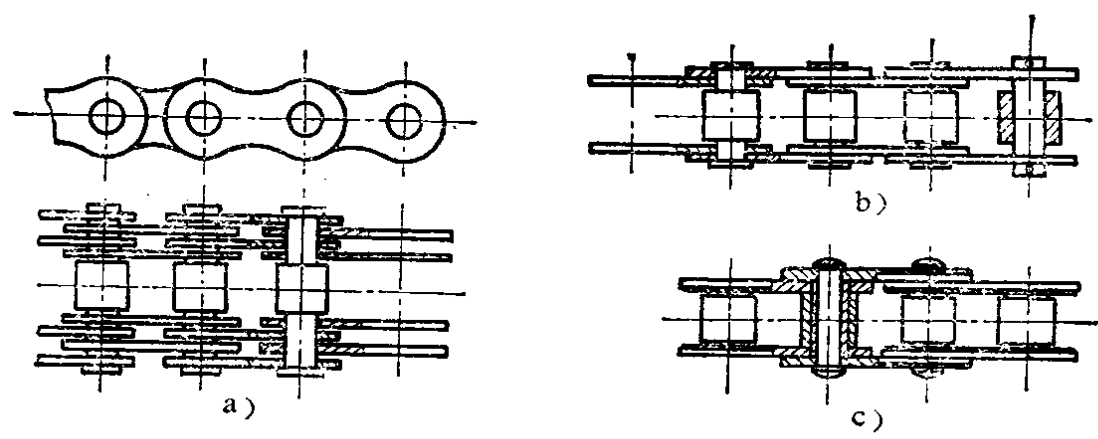


图 1-5  
a)销轴链 b)无套筒滚子链 c)滚子链

些速度低、载荷轻的机械上使用得比较广泛。近一个世纪以来，随着生产力的不断发展，又在上述这些链条的基础上派生出各种各样不同结构与制造工艺的链条。图 1-9 是一些链条产品的照片，其中大部分是专门供输送用的链条。

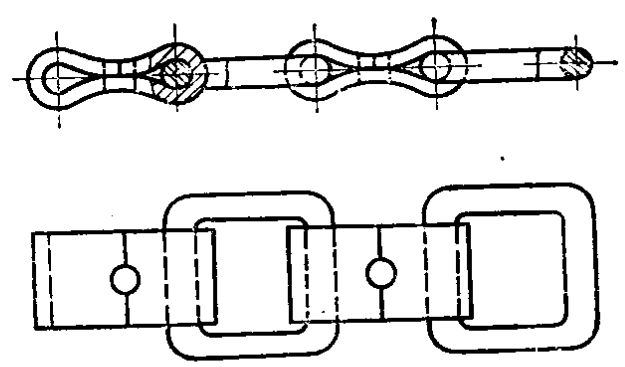


图1-6 搭扣链

为了使链条有更高的疲劳强度并能在更高的速度下工作，汉斯·雷诺在发明滚子链五年后，又于1885年发明了齿形链。但由于耐磨性和重量方面的原因，它一直没有象滚子链那样得到广泛使用。直到本世纪40年代后期，美国摩斯链条公司将齿形链的铰

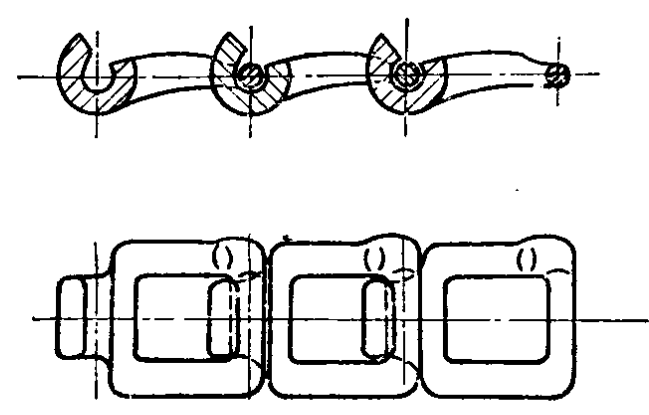


图1-7 可拆式铸造方框链

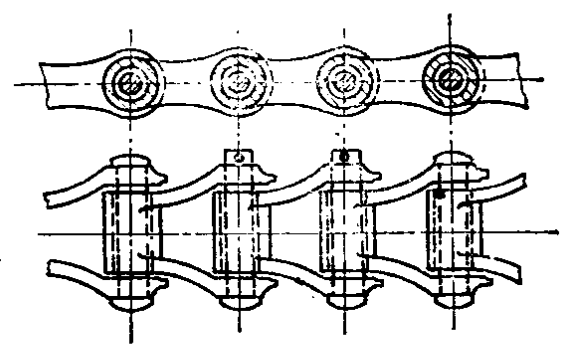


图1-8 销合链

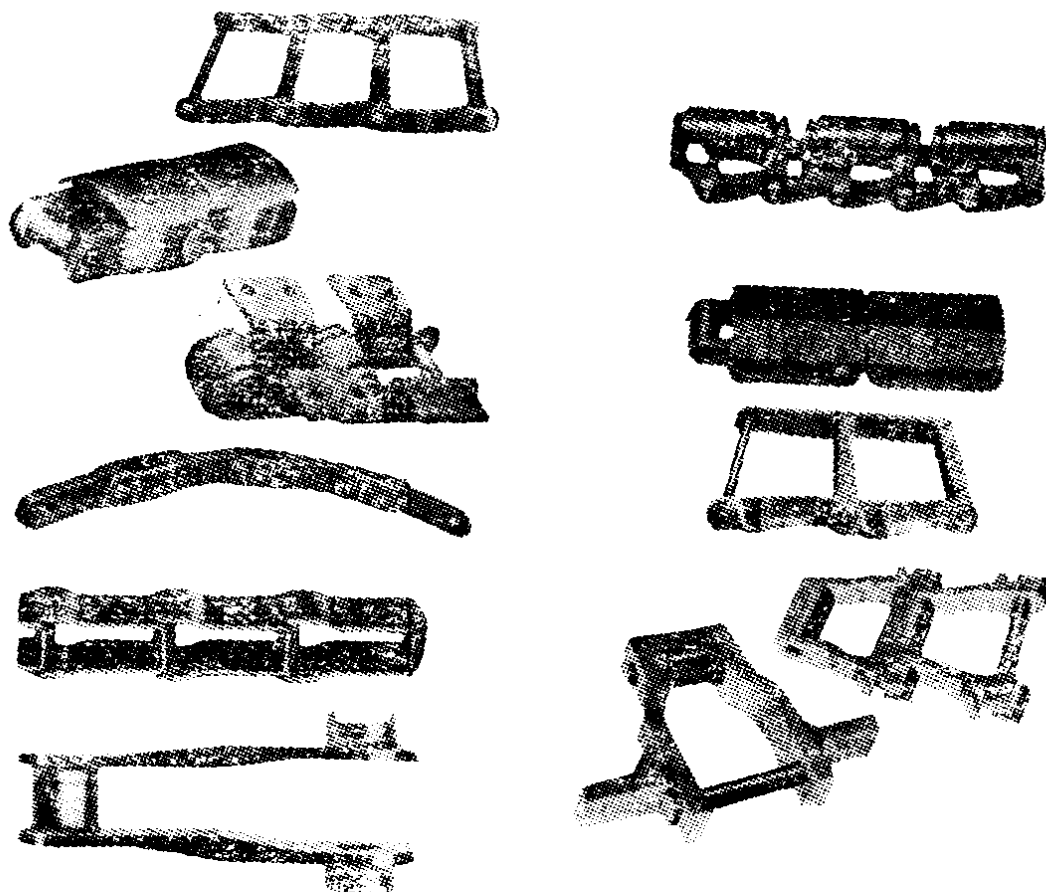


图1-9 特种型式的输送链

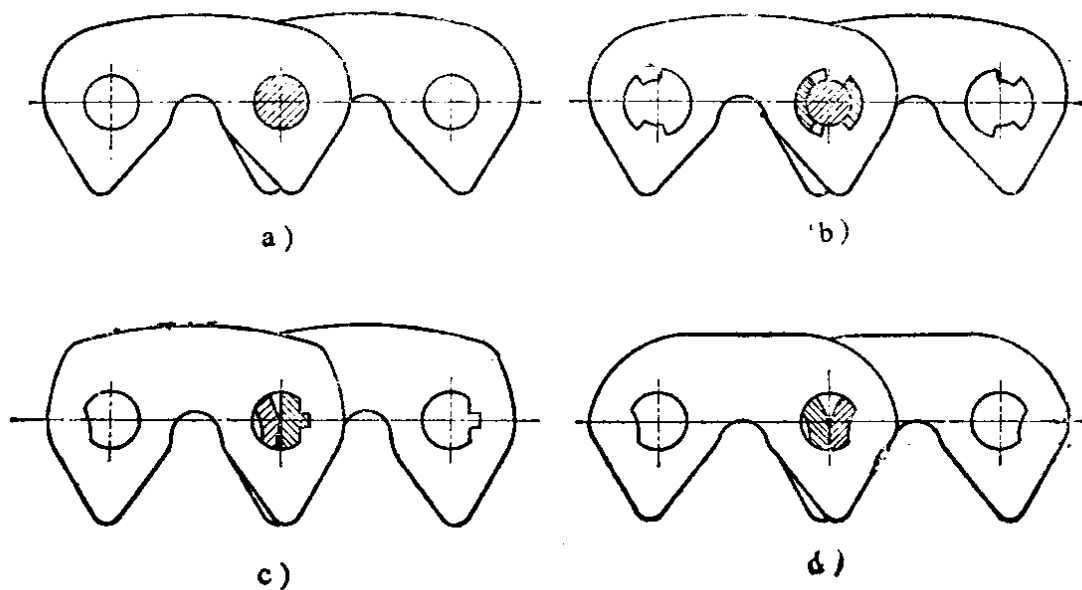


图1-10 齿形链发展过程中四种不同铰链结构

a)圆销式 b)衬瓦式 c)滚销式(不变节距) d)滚销式(变节距)

链结构由传统的滑动摩擦副改进为滚动摩擦副，并进一步发展成具有变节距性能的滚销式齿形链，才使传动链条的承载能力和工作速度提高到一个新的水平。这种适用于高速重载的变节距高速齿形链也称Hy—V<sub>0</sub>链。图1-10是齿形链发展过程中的四种不同

铰链结构。

今天，现代化的大规模生产的链条工业正提供多种多样的链条产品以满足各方面的需要。有的工业化国家其链条及链传动装置的产品在1968年已达传动零件总数的45%<sup>[2]</sup>。新的链传动技术已使滚子链的工作能力和速度有了大幅度的提高。此外，还出现了各种各样的链条机构，不断扩大了链条的使用范围。现在完全可以说，链条已发展成为机械工业中的一种十分重要的基础零件了。

## 二、链传动的特点与应用

链传动是一种具有中间挠性件的啮合传动。它兼有齿轮传动和带传动的一些特点。现通过与齿轮传动、带传动作一比较，使读者对链传动的特点有一个概略的了解。

### 1. 链传动与齿轮传动比较

#### (1) 链传动的制造与安装精度要求低。

这是因为链传动是一种具有中间挠性件的非共轭啮合传动<sup>⊙</sup>，链轮的齿形可以有较大的灵活性。链轮的加工与安装精度，链传动的中心距精度都较齿轮传动为低。对于已有的链传动，欲改变其技术参数（如传动比、中心距等）也比较容易实现。在安装与维修方面更为简单方便。

#### (2) 链轮齿受力较小、强度较高、磨损也较轻。

通常链轮有较多的齿同时与链条啮合，接触位置接近齿根并且齿槽圆弧大，齿根应力集中小；而直齿圆柱齿轮传动一般只有1~2对齿接触。因此，链轮的承载能力比齿轮大，齿面磨损也比齿轮轻。

#### (3) 链传动有较好的缓冲、吸振性能。

由于链条具有一定的弹性，再加上链条的每个铰链内部均能贮存润滑油，因此它与只有1~2对刚性很大的齿啮合的齿轮传动

---

⊙ 经特殊设计也可实现共轭啮合传动。

相比, 有较好的缓冲和吸振能力。

· 只有在下列场合下, 链传动的使用性能不如齿轮传动:

受空间限制要求中心距小; 瞬时传动比要求恒定; 传动比大; 转速极高; 噪声要求小。

## 2. 链传动与带传动比较

(1) 链传动的传动比准确, 传动效率较高。

链传动没有弹性滑动和打滑, 因此与带传动相比, 链传动能保持准确的平均传动比和较高的机械效率。对要求转速恒定的两轴传动和多轴传动, 采用链传动更为适宜。

(2) 链条对轴的作用力较小。

链传动的预紧力比带传动小得多, 因此减轻了施加在轴和轴承上的压力, 减少了轴承的摩擦损失。在低速时, 链传动的这一优点更为突出。

(3) 链传动的尺寸较紧凑。

在传递相同功率的情况下, 链条比常用的胶带要窄些, 链轮直径也比带轮小些, 所以链传动的结构尺寸要比带传动紧凑。

(4) 链条装拆比较方便。

链条可以在连接链节处拆开, 容易安装和拆卸。而胶带一般都是制成无端的, 它要越过皮带轮边缘才能套进去, 安装比较困难。特别当带轮位于轴承之间时更是如此。

(5) 链传动能在较大传动比和较小中心距下工作。

链传动允许链条在链轮上的包角可小一些, 因此链传动的传动比范围比带传动大一些, 也更能在较小的中心距下工作。

(6) 链传动对环境的适应能力强。

链条由金属制成, 能在更恶劣的环境条件下工作, 诸如在高温、油污、粉尘和泥沙等场合, 链传动远比带传动更为适用。

(7) 链条的磨损伸长比较缓慢, 张紧调节量较小。

链条工作期间的磨损伸长比胶带拉伸变形伸长缓慢, 并且极限伸长量可以设法控制在一个节距范围内, 因此不必象带传动那样要求频繁地调整中心距。在设计张紧装置时, 链传动要求的调

节量也较小。

### (8) 链传动在可燃气氛下工作安全可靠。

当在可燃气氛下工作时，链传动不象带传动那样有胶带打滑发热和带与轮间摩擦生电的现象，所以不会有引起燃烧的危险。

只有在下列场合下链传动的使用性能不如带传动：

要求噪声小；不准有润滑油；中心距很长；转速极高。

由以上比较可以看出，链传动的适用范围很广。一般说来，大中心距、多轴、传动比要求准确的传动，环境恶劣的开式传动，冲击和振动大的传动，大载荷的低速传动，润滑良好的高速传动等都可成功地采用链传动。

现代的链传动技术已使滚子链能传递几千马力，线速度达  $30\text{m/s}$ ，效率达  $98\%$ 。高速齿形链（Hy—V<sub>0</sub>链）的安全使用速度已达  $40\text{m/s}$ ，效率可达  $99\%$ 。

## 三、链条应用实例

限于篇幅，下面仅简介链条的部份应用实例。

### 1. 叉车提升链（图1-11）

一般叉车均用两挂链条提升货物。在这里，链条代替了钢丝绳。如所周知，钢丝绳在绕过轮子时会受到很大的弯曲应力，容易疲劳断裂。钢丝绳滑轮的直径也必须设计得足够大。而采用链条时由于链节可灵活转动，不存在附加弯曲应力，因此链轮直径可以设计得较小，链条的使用寿命也较长。

### 2. 摩托车链传动（图1-12）

摩托车与自行车都采用链条来传动。这一传动的特点是：中

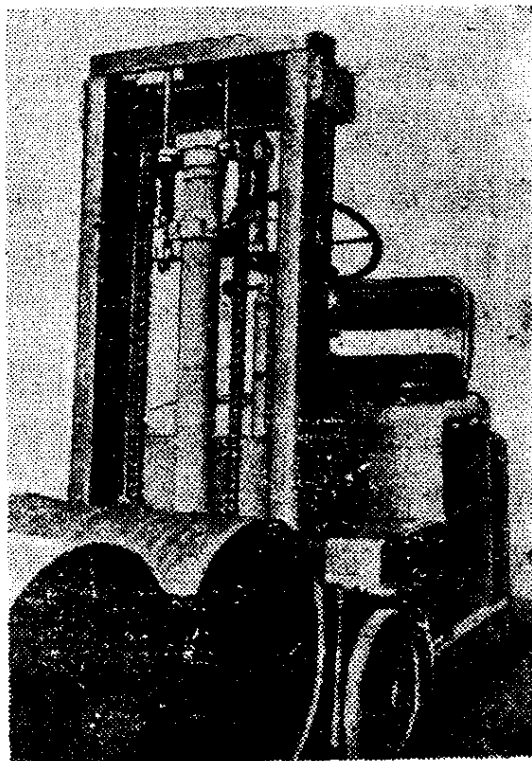
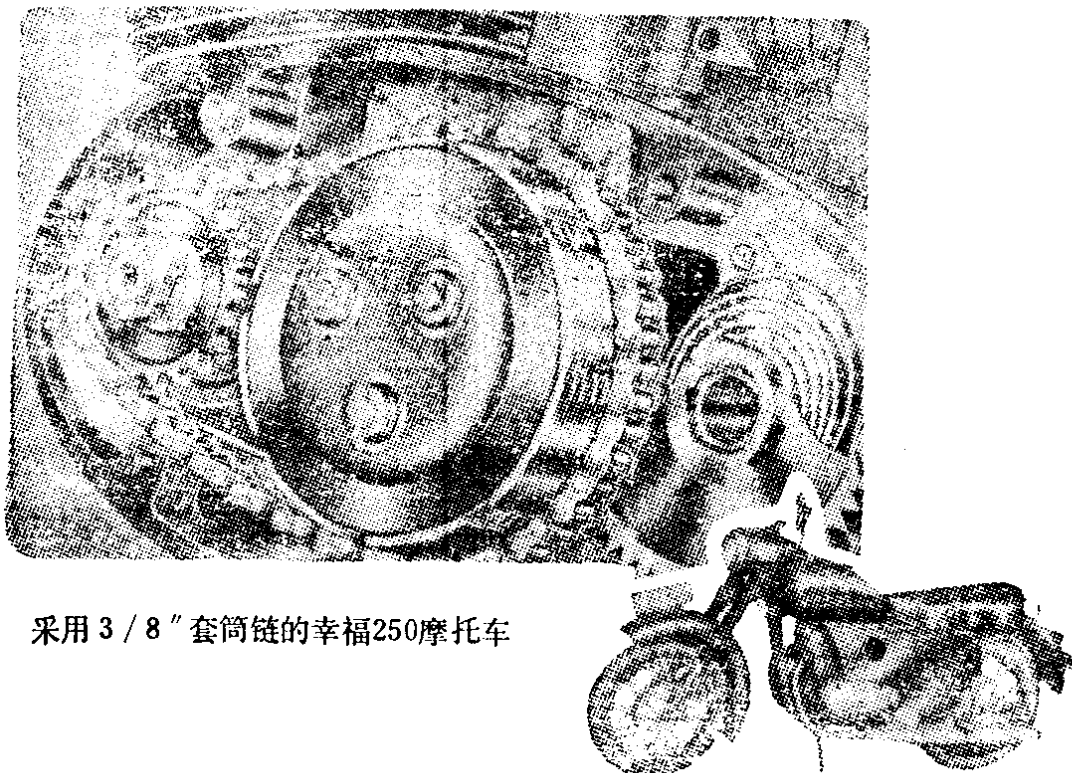


图1-11 叉车提升链



采用 3/8" 套筒链的幸福250摩托车

图1-12 摩托车链传动

心距长，速度变化频繁，要求宽度窄、重量轻、尺寸紧凑、使用可靠。显然采用链传动是最合适的。摩托车的使用速度较高，通常多采用小节距链来传动。

### 3. 发动机正时链传动（图1-13）

发动机曲轴与凸轮轴间的传动要求配气与点火时间准确，必须保证准确的传动比。由于链传动有良好的同步性，因此对于曲轴和凸轮轴间距离较大的内燃机，多采用正时链传动。图1-13为汽车发动机正时链传动。

### 4. 石油钻机链传动（图1-14）

石油钻机上大量采用链传动，如图1-14所示，并车、泥浆泵、传动等部位，链速高，载荷大，中心距长，一般使用多排滚子链传动。它工作可靠，排除故障迅速，能够满足钻机工作的要求。

### 5. 挖掘机链传动（图1-15）

图1-15为挖掘机的行走链传动，它的使用环境比较恶劣（有粉尘和泥水），经常启动与停车，使链条承受频繁的冲击载荷。所以，一般均采用大节距的弯板滚子链。它不仅能适应上述载荷特



采用3/8"双排滚子链的  
6G80型发动机及用该发  
动机的SH-760轿车

图1-13 汽车发动机正时链传动

性，而且使传动结构紧凑，使用可靠。

#### 6. 谷物联合收割机上的输送链（图1-16）

在各种农业机械上，使用了大量的链条。图1-16为谷物联合收割机上的喂入输送链。其它如粮食升运、杂余排除等部位也都是用链条来传动的。

#### 7. 油锯链

油锯链条是一种带有刀刃的特殊链条，它除了传递动力外，本身还是截断木头的锯条。因此，它可使伐木锯结构紧凑，效率高，使用方便。

### 四、链条和链轮的标准化的

链条和链轮都是机械工业中重要的通用基础元件，同时它们也是易损件。在主机整个使用期间链条和链轮可能要更换多次。所以实现链条和链轮的标准化的保证链条互换性、简化设计工作、

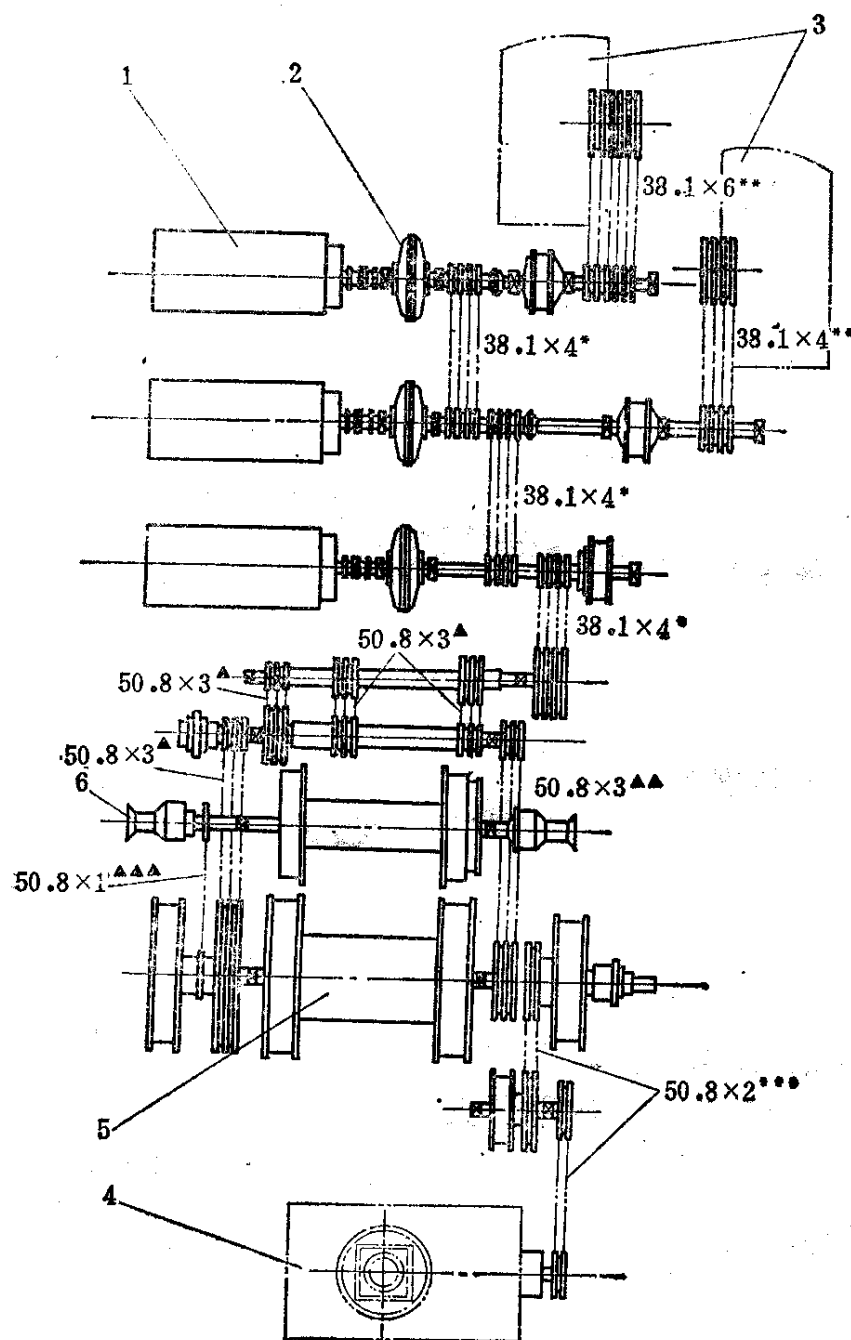


图1-14 石油钻机链传动系统简图

1—发动机 2—变矩器 3—泥浆泵 4—转盘 5—绞车卷筒 6—猫头  
 \*发动机并车链传动 \*\*泥浆泵链传动 \*\*\*转盘链传动 ▲变速箱链传动  
 ▲▲绞车链传动 ▲▲▲猫头轴链传动

减少规格数量、提高产品质量、易于制造和降低成本的一项必不可少的重要措施。

我国现行的有关链条和链轮标准见表1-1。

除表列以外，正待颁发与着手组织制订、修订的链条标准还

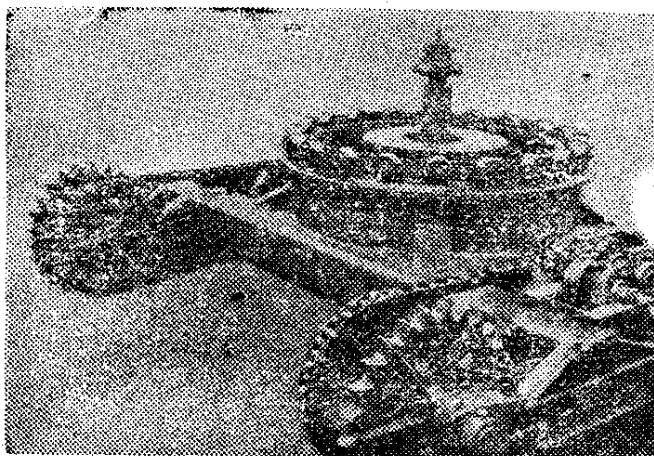


图1-15 挖掘机行走链传动

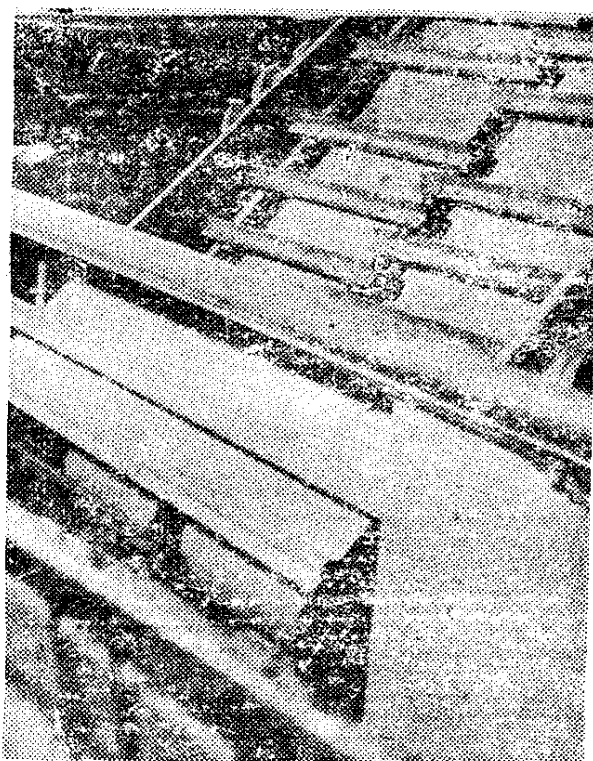


图1-16 谷物联合收割机上的喂入链

有双节距滚子链及链轮、滚子输送链、套筒链、弯板链及链轮、石油钻机滚子传动链、农机铸造方框链及农机冲压方框链等标准。国际标准化组织ISO专门设有链条链轮技术委员会（TC-100），现已颁发的ISO链条标准如表1-2所示。

ISO关于链条和链轮标准采用米制和英制问题的动向大致是：对于沿用几十年的老产品，维持英制的趋势尚未改变，但对于新

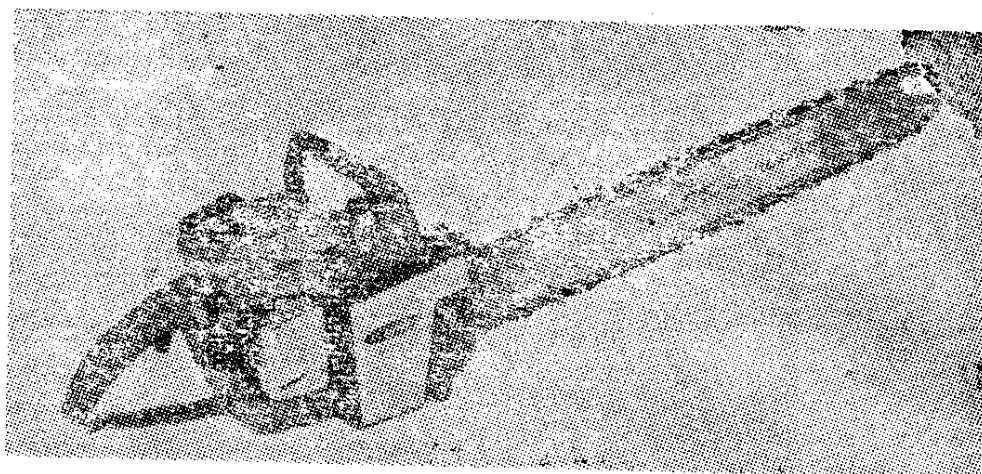


图1-17 油锯链

表1-1 链条与链轮标准

| 标准号          | 名称                 | 主要内容               | 备注          |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------|
| GB1243.1-83  | 传动用短节距精密滚子链（简称滚子链） | 型式尺寸、技术要求          | 代替GB1243-76 |
| GB 1243.2-83 | 传动用短节距精密滚子链输送用附件   | 型式尺寸、技术要求          |             |
| GB1244-84    | 滚子传动链链轮            | 基本参数、尺寸、齿形、公差及技术要求 | 代替GB1244-76 |
| JB1832-76    | 齿形传动链（试行）          | 基本参数、尺寸、技术要求       |             |
| JB1840-76    | 齿形传动链链轮齿形及公差（试行）   | 端面和轴面齿形公差附：切齿刀具资料  |             |
| NJ105-76     | 农业机械输送链条           | 型式、参数、技术要求         | 已完成修订，正在报批  |
| NJ3-80       | 农业机械铸造链轮           | 齿形、尺寸及技术要求         | 代替NJ3-62    |

发展的产品，则有采用米制的趋势。例如ISO1977长节距输送链条、链轮及附件标准中，尺寸系列已全部为米制。