

摆动式刮板输送机补偿凸轮轮廓曲线精细设计

高 爱 红

(中国煤炭科工集团太原研究院有限公司, 山西 太原 030006)

摘 要: 为了改善摆动式刮板输送机刮板链在运输槽内运行平稳性, 提高刮板链的使用寿命, 对刮板链在运输槽内的运行规律和凸轮补偿机构的工作原理进行分析, 提出了补偿凸轮轮廓曲线的精确设计方法。根据刮板链在运输槽内的运行规律, 得出有效链道长度变化方程式, 即该机构从动件的位移方程式。根据滚子直动从动件凸轮机构的设计方法, 得出该轮廓曲线的解析方程式。通过对某一型号摆动式刮板输送机进行计算机仿真, 得出特定实例的补偿凸轮轮廓曲线图形和三维模型。采用 COSMOS Motion 软件对该型号摆动式刮板输送机进行运动仿真, 验证仿真结果与实际使用情况相符合。结果表明, 该设计方法正确可靠, 可适用于各类摆动式刮板输送机。

关键词: 刮板输送机; 刮板链; 补偿凸轮; 轮廓曲线

中图分类号: TD421

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2013)12-0089-03

Fine Design on Profile Curve of Compensated Cam Applied in Swing Type Scraper Conveyor

GAO Ai-hong

(Taiyuan Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Co., Ltd., Taiyuan 030006, China)

Abstract: In order to improve the running stability of the scraper chain in the transportation pan of the swing type scraper conveyor and to improve the service life of the scraper chain, an analysis was conducted on the running law of the scraper chain in the transportation pan and the working principle of the cam compensation mechanism and a fine design method of the profile curve was provided for the compensated cam. According to the running law of the scraper chain in the transportation pan, an effective length variation equation of the chain channel was obtained and that was the displacement equation of a follower parts in the mechanism. According to the design method of the cam mechanism - translation follower piece of the roller, the analytic equation of the cam profile curve was obtained. With a computer simulation conducted on a mode swing type scraper conveyor, a profile curve diagram and 3D model of the compensated cam for a certain case was obtained. A COSMOS Motion software was applied to the kinematics simulation of a mode swing type scraper conveyor and the simulation results and the actual application conditions were coincided to each other as verified. The results showed that the design method was correct and reliable and could be applied to each swing type scraper conveyor.

Key words: scraper conveyor; scraper chain; compensated cam; profile curve

0 引 言

目前, 我国煤炭企业不断向安全、高效生产模式发展。煤炭短壁开采技术^[1-2]和巷道快速掘进技术^[3-6]得到广泛应用。这些开采工艺机械化程度很高, 需要相应的机械设备作基础。代表性设备有连续采煤机、掘锚机组、掘进机、运锚机等。这些设备的输送机都采用了短距摆动式刮板输送技

术。当输送机机尾左右摆动时, 刮板链出现松弛或堆积现象, 易造成刮板链与链轮的啮合失真, 出现跳链等故障, 导致刮板链和链轮损坏严重。需要一种补偿机构提供相应位移补偿量来调节刮板链的松紧变化, 保证刮板链运行平稳可靠。凸轮补偿机构是一种常用的补偿机构。补偿凸轮轮廓曲线是该机构的设计关键。笔者通过分析、计算、仿真, 得出该轮廓曲线的精确设计方法, 为该机构的运动及力学分

收稿日期: 2013-06-06; 责任编辑: 赵 瑞

作者简介: 高爱红(1983—), 男, 山西岚县人, 助理研究员。Tel: 0351-7685743, E-mail: gaoaihong2002@163.com

引用格式: 高爱红. 摆动式刮板输送机补偿凸轮轮廓曲线精细设计[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(12): 89-91.

析、数控加工提供理论参考。

1 凸轮补偿机构工作原理

如图 1 所示,摆动式刮板输送机主要结构组成包括:固定运输槽、机尾、摆动油缸、补偿凸轮、从动件、导向轮及其他中间连接机构。当输送机机尾在摆动油缸的作用下左右摆动时,刮板链的运行轨迹发生改变,输送机有效链道长度也相应发生变化,刮板链出现松弛或堆积,导致刮板链运行不平稳,链轮损坏严重。凸轮补偿机构随输送机机尾摆动,提供相应位移补偿量。该补偿量通过中间连接机构和导向轮作用于刮板链上,以补偿有效链道长度变化量,保证刮板链松紧程度基本不变,运行平稳可靠。

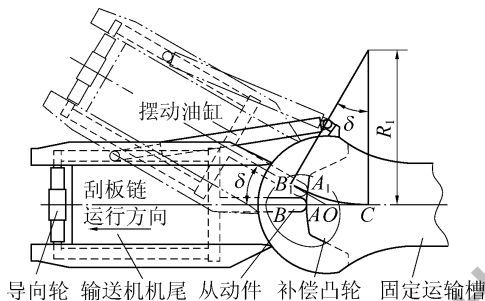


图1 摆动式刮板输送机工作原理

1.1 刮板链在运输槽内运行规律分析

为了适应各种工况条件,大部分刮板输送机机尾都具有摆动功能。在驱动链轮和导向轮的作用下,刮板链在运输槽内做闭式循环运行。运送物料时,运输段重载运行,回链段空载运行。摆动式刮板输送机工作原理如图 1 所示,当输送机机尾与固定运输槽平直时,刮板链在链轮的驱动下过摆动回转中心 O 点直线运行;当输送机机尾与固定运输槽呈夹角时,刮板链在链轮的驱动下偏离摆动回转中心 O 点弯曲运行。在输送机机尾左右摆动过程中,刮板链有效链道长度在减小,刮板链出现松弛、跳链等故障。为了保证刮板链运行平稳、可靠,需对有效链道长度进行补偿。

1.2 有效链道长度变化方程

有效链道长度的变化量是由于输送机机尾左右摆动时,刮板链偏离输送机机尾摆动回转中心 O 点运行而产生的。当输送机机尾处于正中位(0° 位)时,刮板链过 O 点沿 \overline{CB} 直线段运行;当输送机机尾摆动 δ 角时,刮板链偏离 O 点沿 $\widehat{CB_1}$ 弧线运行。根据几何关系可知,输送机机尾由 0° 位摆到 $\pm 45^\circ$

位时,运输槽有效链道长度减小。有效链道长度的减小量 ΔS 为

$$\Delta S = \overline{CB} - \widehat{CB_1} = \overline{CO} + \overline{OB_1} - \widehat{CB_1} \quad (1)$$

根据式(1)及几何关系得出 ΔS 为

$$\Delta S = 2R_1 \tan(\delta/2) - R_1 \delta \quad (2)$$

式中: R_1 为刮板链中线弯曲半径, mm; δ 为输送机机尾摆动角度, rad。

1.3 凸轮机构补偿原理分析^[7]

输送机机尾左右摆动时,凸轮机构的从动件随输送机机尾绕 O 点转动。当输送机机尾由 0° 位摆动到其链道与固定运输槽链道的夹角为 δ 时,从动件也绕 O 点转动 δ 角度。如图 1 所示,从动件由 0° 位转动到 δ 角度位的过程中,从动件与凸轮始终啮合,啮合点 A 沿凸轮轮廓曲线运动到 A_1 点,从动件沿输送机机尾链道方向的平动位移为 S (即从动件的位移)。通过中间连接件将 S 作用于刮板链上,使得运输槽的有效链道长度增加,以此来补偿由输送机机尾摆动造成有效链道长度的减少量,保证刮板链在输送机机尾左右摆动时松紧程度基本不变。

1.4 凸轮机构从动件位移方程

凸轮机构的作用是补偿有效链道长度在输送机机尾左右摆动时产生的变化量,保证有效链道长度基本不变,刮板链在运输槽内运行平稳可靠。因此,当输送机机尾左右摆动时,凸轮机构从动件位移 S 应等于 ΔS 。凸轮机构从动件位移方程为^[8]

$$S = 2R_1 \tan(\delta/2) - R_1 \delta \quad (3)$$

2 补偿凸轮轮廓曲线方程

因为井下刮板输送机凸轮机构的使用工况为低速重载,润滑条件差,磨损较大,所以其从动件采用滚子从动件。根据凸轮机构补偿工作原理,该凸轮机构的类型采用对心直动盘形凸轮机构。

2.1 理论轮廓曲线方程

在图 2 所示的坐标系 xOy 中,凸轮副起始啮合点为 A ,当输送机机尾摆动 δ 角时,啮合点为 A_1 ,从动件位移为 S ,滚子圆心为 $A_0(x_1, y_1)$ 。滚子圆心 A_0 点的运动轨迹就是补偿凸轮的理论轮廓曲线。补偿凸轮理论轮廓曲线方程为

$$\begin{cases} x_1 = (R + S) \sin \delta \\ y_1 = (R + S) \cos \delta \end{cases} \quad (4)$$

式中 R 为补偿凸轮基圆半径, mm。

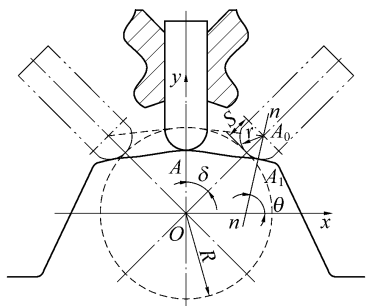


图2 补偿凸轮轮廓曲线解析示意

2.2 实际轮廓曲线方程

补偿凸轮实际轮廓曲线是理论轮廓曲线的等距曲线。 A_0 点理论轮廓曲线的法线 $n-n$ 与滚子圆内侧交点为 $A_1(x, y)$, 即输送机机尾摆动到 δ 角度位时凸轮副的啮合点。 A_1 点的运动轨迹就是补偿凸轮的实际轮廓曲线。补偿凸轮实际轮廓曲线方程为

$$\begin{cases} x = x_1 - r \cos \theta \\ y = y_1 - r \sin \theta \end{cases} \quad (5)$$

$$\sin \theta = (dx_1/d\delta) / \sqrt{(dx_1/d\delta)^2 + (dy_1/d\delta)^2}$$

$$\cos \theta = -(dy_1/d\delta) / \sqrt{(dx_1/d\delta)^2 + (dy_1/d\delta)^2}$$

式中: r 为滚子半径, mm; θ 为法线 $n-n$ 与 x 轴所夹锐角, rad。

3 实例应用与仿真验证

通过实例来验证上述补偿凸轮轮廓曲线方程式的正确性。某一型号摆动式刮板输送机的设计参数为: $\delta \in [-\pi/4, \pi/4]$, $R_1 = 1400$ mm, $R = 230$ mm, $r = 60$ mm。

由于输送机机尾摆动角度 $\delta \in [-\pi/4, \pi/4]$ 与 $\delta \in [0, \pi/4]$ 的补偿凸轮轮廓曲线相互对称, 因此算例仅对 $\delta \in [0, \pi/4]$ 区间的补偿凸轮轮廓曲线进行计算仿真。根据式(3)一式(5), 应用 Mathcad 软件模拟计算出补偿凸轮轮廓曲线, 如图 3a 所示。根据图 3a 中的轮廓曲线, 应用 SolidWorks 软件建立该补偿凸轮的三维实体模型, 如图 3b 所示。

凸轮设计是否合理、正确, 其主要评价指标为是

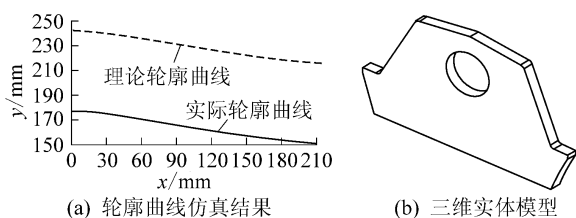


图3 补偿凸轮轮廓曲线仿真及三维实体模型

否产生运动失真。现通过补偿凸轮从动件位移曲线与摆动式刮板输送机有效链条变化曲线相互对比来验证上述设计方法的正确性。根据式(2), 应用 Mathcad 软件模拟计算出摆动式刮板输送机有效链条变化曲线, 如图 4a 所示。应用 COSMOS Motion 对该补偿凸轮机构凸轮副进行运动仿真, 得出该补偿凸轮机构从动件的位移曲线, 如图 4b 所示。由图 4a 和图 4b 对比分析, 可知两者基本保持一致, 证明上述设计方法是正确可行的。

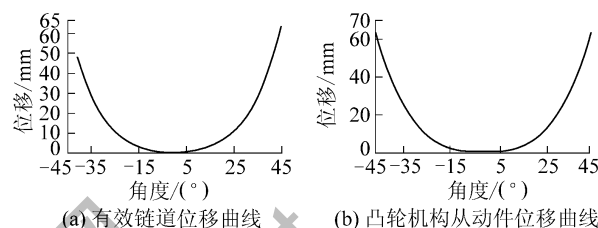


图4 补偿凸轮机构仿真验证

4 结 语

针对摆动式刮板输送机的特定使用工况, 分析推导出补偿凸轮轮廓曲线的数学模型。并通过具体实例仿真, 验证了该数学模型的正确性。另外, 结合凸轮的加工方式, 利用该模型可推导出数控加工机床加工凸轮曲面的刀具运动方程。同时也为该凸轮机构的动力学分析、研究提供理论基础。为所有摆动式刮板输送机补偿凸轮机构的设计提供了通用模型。根据具体机型, 更改相应设计参数就可以得到相应的补偿凸轮轮廓曲线。

参考文献:

- [1] 王金华. 中国煤矿现代化开采技术装备现状及其展望 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(1): 1-5.
- [2] 李洪武, 徐金海. 村庄下高效短壁机械化开采实践研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(2): 177-181.
- [3] 王虹. 我国综合机械化掘进技术发展 40a [J]. 煤炭学报, 2010, 35(11): 1815-1820.
- [4] 赵学社. 煤矿高效掘进技术现状与发展趋势 [J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(4): 1-10.
- [5] 赵宏伟. 我国煤矿岩巷快速掘进技术现状及展望 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(1): 5-7.
- [6] 李跃宇, 吴志海. 我国煤矿掘进装备技术发展的思路 [J]. 煤炭科学技术, 2000, 28(9): 46-49.
- [7] 高爱红. 刮板链张紧补偿技术在连续采煤机上的应用 [J]. 煤矿机械, 2011, 32(3): 187-189.
- [8] 高爱红. 连续采煤机补偿凸轮机构的运动学分析 [J]. 机械设计与制造, 2012(11): 228-230.