

我国煤矿机械

行星齿轮传动的技术水平

中国矿业大学北京研究生部 沈慧芬 辛 峡 郑友益

摘 要 介绍了我国煤矿机械行业为发展低速大扭矩行星齿轮传动所作的工作,并分析了当今我国煤矿机械中行星齿轮传动的技术水平。

关键词 行星齿轮传动 技术水平 煤矿机械工业 中国

1 行星齿轮传动的特点和优点

行星齿轮传动的型式较多,最常用的为 NGW 型。

行星齿轮传动的主要特点是:动轴传动、合理利用内啮合、功率分流。这些特点决定了它必然会具备下列优点:体积小、重量轻、传动比大、结构紧凑、承载能力高、传动功率大、传动效率高、工作可靠、运转平稳、噪声小、并易实现运动的合成、分解和变速变向。由于具备上述一系列优点,目前,行星齿轮传动已成为世界各国机械传动发展之重点。

我国是世界上的产煤大国,为适应煤炭产量迅猛增加的需要,不少煤矿机械的装机功率成倍增加,对其机械传动部分的要求也愈来愈高,传统的定轴轮系传动结构已不能适应井下新的工作要求。煤矿机械采用行星齿轮传动势在必行。

2 行星齿轮传动在我国煤矿机械中的应用现状

2.1 行星齿轮传动在采煤机中的应用

1975 年到 1976 年鸡西煤矿机械厂通过创仿结合途径,制造出 MLS_3-170 型双滚筒链牵引采煤机,其牵引部和截割部最末一级传动均采用行星齿轮传动。该采煤机结构合理,使用效果良好。在它的基础上已制造出十多个机型,形成 MLS_3 系列采煤机,成为我国煤矿中厚煤层综采和普采的主要系列机型之一。

图 1 所示为该采煤机牵引部的行星传动机构。图中轴承座 2 上端部外齿轮的齿插入到行星机构的内齿轮 1 中,使内齿轮在圆周方向不能转动。行星架 3 上均匀分布有 3 个行星轮 5。太阳轮 6 以其上端的一个窄弧形齿面齿轮,即以单齿联轴器的形式与其前一级齿轮传动的大齿轮 4 相联接,以输入运动。故

太阳轮有一定的浮动能力,以使载荷在 3 个行星轮间均匀分布。该行星传动为单级太阳轮浮动的 NGW 型行星机构。MLS₃-170 型采煤机截剖部的行星传动结构与此相类似。

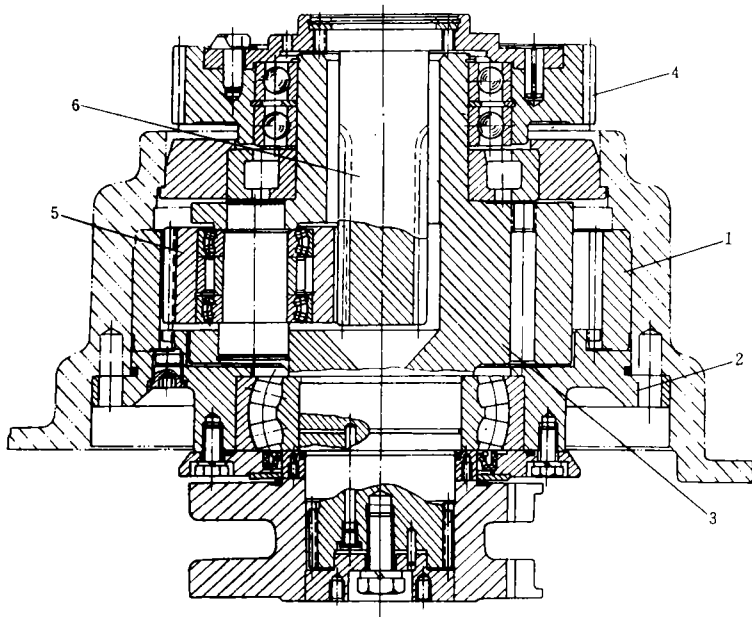


图 1 MLS₃-170 型采煤机牵引部行星齿轮传动机构

为适应采煤机功率不断增大的趋势,多行星轮、双浮动以及双级行星齿轮传动开始在采煤机中采用。图 2 所示为 MG300/680WD 型电牵引采煤机的双级双浮动行星减速器。图中第一级行星机构由太阳轮 1、3 个行星轮组件 2、内齿轮 3 和行星架 4 等组成,其中太阳轮和行星架是浮动的。行星架一侧有内花键孔与第二级行星机构的太阳轮的外花键连接。第二级行星机构由太阳轮 5、4 个行星轮组件 6、内齿轮 7 和行星架 8 组成,其中太阳轮和内齿轮是浮动的。行星架一端安装一个小轴承,另一端安装一个大轴承,分别座在里轴承 9 和外轴承座 10 上。里轴承座两端的二组外齿轮分别与第一、第二级行星机构的内齿轮啮合,将第一级内齿轮的扭矩传到第二级行星机构的内齿轮上。另外,外轴承座左端的外齿轮与第二级的内齿轮啮合,将第一、第二级内齿轮的扭矩同时传出。外轴承座通过圆销和止口定位,靠螺钉紧固在采煤机机壳上,以承受扭矩。该行星机

我国煤矿机械行星齿轮传动的技术水平

构承载能力大,结构紧凑,传动比大,适应了电牵引采煤机发展的需要。

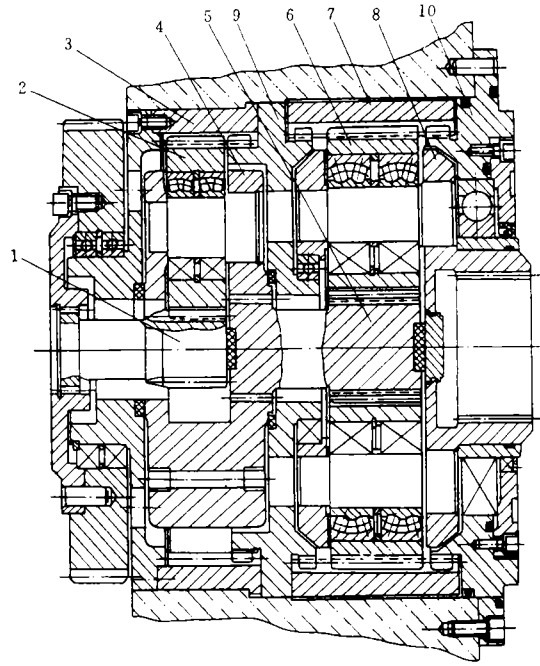


图 2 MG300/680WD 型电牵引采煤机
牵引部双级行星减速器

2.2 行星齿轮传动在巷道掘进机中的应用

在煤巷掘进机中,行星传动主要用于被广泛采用的外伸缩悬臂式工作机构中。在该机构中,减速装置需与电动机、联轴器一起整体装入伸缩滑架中,这就要求传动装置体积小,结构紧凑。此外,在煤巷掘进机的行走机构、装载机构中,行星齿轮传动亦有应用。

在我国自行设计和制造的 EM₁-30、EL-90、ELMB 等型号的煤巷掘进机工作机构中,均采用太阳轮浮动的双级行星传动机构。图 3 所示为 MRH-S100-41 型掘进机工作机构的双级行星齿轮减速器。图中 1、3 为太阳轮,2 为内齿轮,4、5、8、9 为轴承,6、7 为行星轮,10、11 为行星架。太阳轮 3、行星架 10 及 11 均没有固定的径向支承,为浮动构件。因此该减速器中,高速级为行星架浮动,低速级为太阳轮、行星架双浮动。低速级行星轮的个数虽然为 5 个,但均载效果良好。两级传动的内齿圈制成一个整体。第二级太阳轮与其和第一级行星架连接用的渐

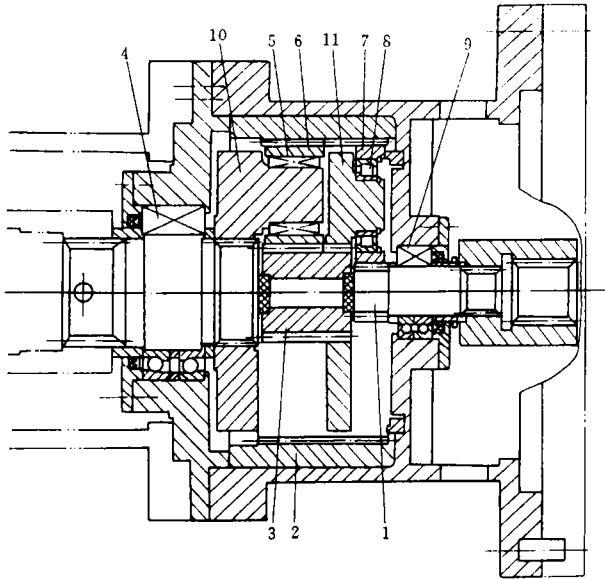


图3 MRH-S100-41型掘进机工作机构
行星减速器

开线花键部分也做成一个整体,结构十分紧凑。该掘进机我国于80年代期间曾先后从日本引进过多台,并引进了技术,在佳木斯煤矿机械厂作国产化工作,已形成一定的生产能力。其主机完全可以替代进口。目前,该掘进机为国内煤巷掘进机的主要机型之一。

岩巷掘进机一般为全断面掘进机,即在巷道全部断面上同时破落岩石,一次成巷。因此,它的工作条件更为困难,迫使它不得不采用行星齿轮传动。我国由煤炭科学研究总院上海分院设计,上海重机厂制造的JBA型 $\varnothing 5\text{m}$ 全断面岩巷掘进机,采用了6台电动机分别传动6台太阳轮浮动的双级行星减速器,共同传动一个大齿圈,使固定的刀盘以 $4.93\text{r}/\text{min}$ 的速度回转,来实现岩石的破碎。每台电机功率为 100kW 。该掘进机1985年出厂以来,已掘进 3500m ,未有损坏。

2.3 行星齿轮传动在矿井提升机中的应用

我国煤矿大型提升设备中,主要采用JK系列单绳缠绕式提升机和JKM或JKMD系列多绳摩擦式提升机。原先,这些提升机采用的定轴轮系减速器均为调质齿轮,齿面软,承载能力小,结构落后,体积庞大笨重,故障频繁。1979年洛阳矿山机器厂试制了两台XL-30型行星齿轮减速器,其中一台安

装在徐州矿务局董庄煤矿主井,用于 $\varnothing 3.5\text{m}$ 单绳双筒提升机,替代ZHLR-170型圆弧人字齿轮减速器。该减速器自1981年开始使用以来,使用情况良好。

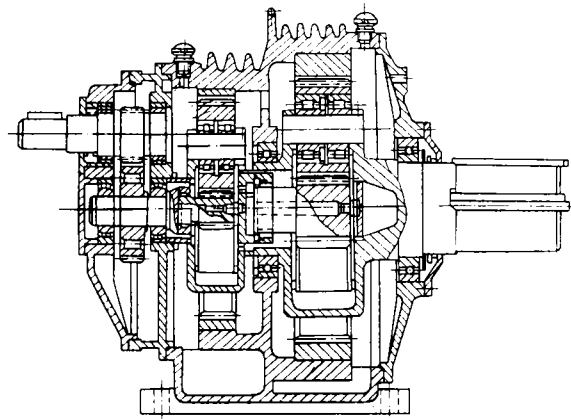


图4 XP型行星齿轮减速器

表1 XL-30行星减速器与ZHLR-170(II)
减速器主要技术指标

参数	XL-3	ZHLR-170(II)	比值
电机功率/kW	800	800	1:1
电机转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	740	491	
传动比	22.125	11.5	
最大输出扭矩/ $\text{kN} \cdot \text{m}$	300	300	1:1
重量/kg	6600	18840	1:2.85
单位重量输出扭矩/ $\text{kN} \cdot \text{m} \cdot \text{t}^{-1}$	45.45	15.95	2.85:1
最大齿轮重量/kg (低速内齿轮)	450	5160 (低速大齿轮)	1:11.47
最大铸件重量/kg	2500	3356	1:1.34
传动效率	96%	90%	1.07:1
齿形	渐开线直齿	圆弧人字齿	
所配主机	3.5m提升机 (单绳双筒)	3.5m提升机 (单绳双筒)	

XL-30型减速器是双级行星齿轮传动,其结构和图4所示的XP减速器基本相同,只是比它少一级平行轴圆柱齿轮传动。XL-30型减速器采用整体铸造机壳,内齿轮用平键装于机体内,输出转臂与输出轴是整体铸钢件。高速级太阳轮与行星架同时浮动,低速级太阳轮浮动。太阳轮、行星轮使用20CrMnTi钢,渗碳淬火,磨齿,齿轮精度达6级。内齿轮用42CrMo钢,调质处理,插齿,7级精度。低速级行星轮轴承使用宽而薄的专用滚动轴承。XL-30

行星减速器和 ZHLR-170(Ⅲ)型减速器的主要技术指标对比见表 1。从表中数值可见,行星减速器的重量仅为原减速器的 1/3 左右,效率提高 6%,每年可节约电能 18 万 kW·h。

目前,洛阳矿山机器厂开发的新产品 C 系列 JKM、JKMD 多绳摩擦式 I 型提升机基本上全部采用 XP 型行星减速器(参见图 4)。同时,在该厂的 E 系列 JK 型单绳缠绕式矿井提升机中,大部分型号与 ZZ 系列(包括 XL-30 型)行星减速器配套工作。ZZ 系列行星减速器是该厂在消化了引进的国外行星传动技术后,结合我国具体情况开发成功的。

2.4 行星齿轮传动在矿用小绞车中的应用

煤矿使用的小型绞车品种繁多,功能多样,行星齿轮传动在其中的应用也很多,功能多样,而且有愈来愈广泛的趋势。行星齿轮传动的应用一方面可使绞车的体积重量更加缩小,另一方面使绞车的变速、变向、运动的合成、分解更为方便。

我国煤矿长期广泛采用的 JD 系列内齿轮调度绞车中就采用了行星齿轮传动。另外,目前采用的隔爆型双鼠笼电动机差动式绞车的齿轮传动系统中的 NGW 型行星差动轮系,只要改变二个电机的转向,或制动其中任一电机,便可组合出绞车滚筒不同的工作速度和转向。这种调速方法比较可靠,成本低,而有可以在运转过程中平稳变速。

利用 ZUWGW 型锥齿轮行星差动轮系进行运动的分解在 2JE 系列凿井绞车(稳车)中得到了应用。利用绞车中的行星差动装置可以调节绞车的两个滚筒的钢丝绳张力。

为使煤矿绞车体积更小,性能更好,不少人正在探索利用 Z-X-F 型少齿差行星齿轮传动来进行设计。为此,曾有人设计过 JD-22 型二齿差渐开线少齿差行星传动式矿用调度绞车和 BJD-10 型一齿差摆针齿轮少齿差式调度绞车。现在,广东省梅田煤矿机械厂已批量生产 JD-1M 型渐开线少齿差式调度绞车,电机功率为 11kW。

3 我国煤矿机械行星齿轮传动的技术水平

由上所述可以看出,我国煤矿机械行业于 70 年代后期起,开始注意发展行星齿轮传动技术。经过多

我国煤矿机械行星齿轮传动的技术水平

年工作,现已达到相当水平。

为使行星齿轮传动的设计更趋合理,我国煤矿机械行业针对行星传动技术中的一些关键问题开展试验和研究:如进行了渗碳层深度对齿轮接触疲劳强度和弯曲疲劳强度影响的研究;对太阳轮浮动及太阳轮与行星架双浮动的均载机构以及油膜弹性均载结构进行了研究和试验;对国外引进的行星减速传动齿轮变位情况作了实测和研究;对用于基本构件浮动的鼓形齿联轴器及其加工方法进行了研究;研究和采用内外圈壁很薄、无保持架、三排滚柱的加强型行星轮轴承;用 CAD 技术进行了双级行星轮传动比优化分配及传动参数的优化选择等研究工作。通过这些课题的完成,使我国低速重载行星传动的设计水平同国际水平更加靠近。

为了提高行星传动零部件的加工质量,近年来煤矿机械行业从国内外大量购进了齿轮精密加工机床、加工中心、数控镗铣床、数控(光电跟踪)切割机、三坐标测量仪和大型渐开线检查仪等设备。行星传动的主要零件材料采用 20CrNi₂MoA、2CrMnTi、18Cr₂Ni₄WA、42CrMo、37SiMn₂MoV 等合金钢。应用微机控制渗碳、渗氮等热处理工艺。目前我国煤矿机械的主要生产厂家的齿轮精度可达 6、7 级,并掌握了一定的轮齿修形技术。磨齿后采用齿形强化喷丸。有的工厂还研制了内齿轮滚刀,实现以滚代插的加工方法。研制出了内齿轮钢材新品种——沉淀硬化钢 NT100(17CrMoV)、NT150(23CrMoV),其调质硬度可达 HRC44。

目前我国煤矿机械主要大型产品中均已普遍采用行星传动。已可成功的设计及制造出双浮动行星机构,行星轮个数可达 4~5 个。全面的测试表明,我国煤矿机械中一些行星传动装置的技术水平已与一些发达国家 80 年代初期水平相一致。

但需要继续做的工作还很多,煤矿机械行星齿轮传动的发展方向可初步归纳为:

- (1)向大功率、大规格和大扭矩传动方向发展;
- (2)向多级、多个行星轮及多排行星轮方向发展;
- (3)继续提高齿轮精度;
- (4)完善硬齿面加工工艺;
- (5)进一步研究均载机构的结构;
- (6)在设计及加工中,进一步运用计算机技术。