

一种矿井下开槽机履带推进装置及其控制方法

技术领域

本发明属于煤炭技术领域，尤其涉及一种矿井下开槽机履带推进装置及其控制方法。

背景技术

目前，随着国民经济总量的不断增大和工业规模的进一步发展，我国对煤炭需求总量逐年增加，随着煤炭开采强度的增加，煤炭的开采深度逐年增加，使得很多矿井巷道存在大变形等问题，严重影响了巷道的稳定性，威胁工作人员的生命安全，还面临着治理难度大的窘境。泄压技术在防治巷道变形量大的问题上具有较好的效果，常用的泄压技术包括爆破泄压技术、钻孔泄压技术、泄压槽泄压技术等。

卸压槽泄压技术在控制巷道变形中具有较为显著的效果，其通过改变巷道内部煤岩体的应力分布，来达到泄压的目的。由于开槽刀具的体积和质量都很大，故需要矿下车辆来承载刀具并拉动刀具运动。在现有矿井巷道内的推进技术中，履带推进装置是矿井下推进的最重要的技术之一，主要是由于矿井巷道内道路环境较差，履带推进装置具有相较于轮式车辆更好的通过性能。

在当前煤矿巷道钻场中，掘进机的工作速度大约为 10 米每天，两班工作制，每日工作时长大约为 16 小时。而开槽机的工作速度不应高于掘进机，故二者速度应几乎保持一致，即 0.6 米每小时，对于现有巷道内推进车辆而言，多为电机驱动车辆，由于前进的速度十分缓慢，需要配备很大传动比的减速机构，且这种速度级别的传动装置效率极其低下。同时，对于大吨位、大功率车辆而言，巷道内开槽泄压工况对其低速运动的控制精度提出了更加严苛的要求。

通过上述分析，现有技术存在的问题及缺陷为：现有技术中电机驱动车辆，

需要很大的传动比的减速机构，降低了工作效率。同时，对于大吨位、大功率车辆而言，巷道内开槽泄压工况对其低速运动的控制精度提出了更加严苛的要求。

解决以上问题及缺陷的难度为：

解决以上问题，对于现有电传动技术方案来说，要设计一个高速比的减速器，需要很大的空间占有量，经过多级减速才能实现低速大扭矩输出。同时，在低速工况下，对电机的控制精度提出了更高的要求，电机的低速控制在现有技术中也存在控制精度低，鲁棒性差等问题。

解决以上问题及缺陷的意义为：

结束上述问题及缺陷，即解决了开槽泄压推进装置体积大，效率低，经济性差的问题。既可以减小推进装置的体积，又可以节约成本，对煤炭行业的经济性、空间利用性发展都可以起到巨大的推动与促进作用。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明提供了一种矿井下开槽机履带推进装置及其控制方法。

本发明是这样实现的，一种矿井下开槽机履带推进装置，所述矿井下开槽机履带推进装置设置有前车；前车后侧安装有液压缸基座，液压缸基座上侧安装有液压连接机构，液压连接机构与后车连接；

前车和后车侧面安装有行走系统，行走系统设置有前车行走系统和后车行走系统。

进一步，所述前车和后车底侧通过螺栓固定有可伸缩滑轨基座，可伸缩滑轨基座之间通过可伸缩滑轨相连。

进一步，所述前车行走系统设置有无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮、无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮；

无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮、无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮啮合有前车履带。

进一步，所述后车行走系统设置有无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮，无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮；

无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮，无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮啮合有后车履带。

进一步，所述后车上的诱导轮上侧安装有大制动鼓和小制动鼓。

进一步，所述液压连接机构设置四个双向液压缸，双向液压缸为活塞的两侧都有活塞杆的液压缸，双向液压驱动。

进一步，所述双向液压缸包括：缸筒和缸盖、活塞和活塞杆、密封装置、缓冲装置和排气装置。

本发明另一目的在于提供一种所述矿井下开槽机履带推进装置的矿井下开槽机履带推进装置控制方法，包括：

矿井下开槽机履带推进装置靠液压缸的压缩与拉伸完成车辆的移动，根据液压缸工作状态的不同，车辆的运动状态也有所不同；两车的连接机构包含四个双向液压缸，液压缸工作可提供让车辆在履带上移动的液压力；

矿井下开槽机履带推进装置由两节履带车辆通过液压缸连接而成，在开槽机工作过程中，两车履带不提供驱动功能，通过液压缸提供推动力，进行车辆前进和车辆转向；推进装置推进一次，开槽刀具完成一次工作行程为一个推进周期；

两履带车连接后，装备一个供开槽刀具沿车辆纵向移动的滑轨，刀具沿滑轨进行进给运动，从而实现对巷道的开槽泄压；

在开槽刀具完成一个工作周期后，通过液压系统将刀具从泄压槽中抬起，并准备下一次开槽泄压工作。

在矿井下开槽机履带推进装置工作时，其控制是通过液压缸内油液的流量变化实现的，相对于本领域传动推进技术而言，虽然本发明没有复杂的软件系统，但通过简单的液压控制，可以精确地控制液压缸工作行程，并且控制过程速度缓慢，可靠性高。当矿井下开槽机履带推进装置需要直线推进时，控制所

有液压缸速度和工作行程相等，这样左右两侧履带推进距离就会相等，当液压缸活塞反行程工作时，即前车制动，拉后车前进时，同样控制其速度和行程相等，即实现其直线推进的智能控制。当矿井下开槽机履带推进装置需要转向时，通过对液压系统中油液的控制，使一侧液压缸工作，另一侧不工作，即前车只受到一侧的推动力，等效到车辆中心，可以分解为一个纵向力和转向力矩；在转向力矩的作用下，前车的一侧被向前推进，另一侧静止，即控制矿井下开槽机履带推进装置完成一次小角度的转向。

进一步，所述车辆前进具体过程：

当矿井下开槽机履带推进装置需要完成推进工作时，沿前进方向后侧履带车辆制动，另一侧履带车辆处于可推进状态，通过两车中间可伸缩液压缸推动，使得前车沿履带前进；

当前车受可伸缩液压缸推动前进后，两车状态转换，前车制动，后车处于可推进状态，靠两车中间液压缸压缩，将后车向前拉一段距离；通过这种液压油缸的伸缩往复推拉两车，使车辆整体前进。

两底盘模块间接口进行刚性与柔性连接，连接机构为液压缸，在推动车辆前进的同时，辅助车辆转向；两车之间具有机械接口、能源接口、通信与控制接口，通过整车综合控制器控制液压缸的工作以及开槽刀具的工作；

当所有液压缸均以相同状态工作时，即液压缸合力沿车辆纵向运动方向，整车处于直线行驶的运动状态；当后车制动，前车被向前推进一个液压缸的工作行程的位移，再将前车制动，液压缸反向工作，将后车向前拉动一个液压缸工作行程的位移；

由于液压缸工作过程中，进给速度相对较慢，所以矿井下开槽机履带推进装置的推进过程近似为准静态过程；当车辆通过液压缸的反复拉伸与压缩后，越过开槽刀具工作完成区域后，开始下一开槽泄压周期；

进一步，所述车辆转向具体过程为：

当只有一侧液压缸工作时，即前车只受到一侧的推动力，等效到车辆中心，

可以分解为一个纵向力和转向力矩；在转向力矩的作用下，前车的一侧被向前推进，另一侧静止，即完成一次小角度的转向；

由于矿井巷道狭窄，车辆在巷道内几乎无法完成掉头，故转向只在工作方向发生偏移的情况下进行方向的微调，在多条巷道交界处进行调头转向。

结合上述的所有技术方案，本发明所具备的优点及积极效果为：

(1) 权利要求 1 的效果。本发明可以承载刀具并通过液压缸连接机构的往复工作，实现在矿井巷道内的低速运动的精确控制。从整体来看，本发明具有较高的通过性能，和良好的经济性能。

(2) 从权 2 的效果。本发明在直线推进过程中，通过对液压系统中油液的控制，实现对液压缸活塞的精确控制，使其推动两侧履带以相同的速度推进相同的位移。通过往复拉伸实现直线推进，在低速可靠性方面具有明显优势。

(3) 从权 3 的效果。本发明在转向过程中，通过对液压系统中油液的控制，实现对液压缸活塞的精确控制，使其推动一侧履带以一定的速度推进一定的位移，可在狭窄巷道内实现小角度转向，其转向角度可调，相对于已有电机驱动车辆而言，控制精度更高。

(4) 对比的技术效果或者实验效果。与现有矿井巷道内推进装置相比，本发明省去了传统推进装置的驱动机构，极大地节省了成本。同时，相比于对电机的控制，本发明的液压缸连接机构控制方法更加简单有效，且具有更高的控制精度。

本发明搭载开槽刀具，为开槽刀具工作提供支撑作用，并提供开槽刀具的滑轨，使其沿滑轨完成进给工作；采用两节履带式车辆铰接而成，避免了采用单节车辆长度过长造成下井困难以及转向困难；两节履带车配备有快速拼接机构，下井后可以快速组装和拆卸，同时可以提高巷道内的工作效率，避免两车连接浪费时间；利用仿生学原理，模拟爬虫类生物行走原理，在推进过程中，省去传动的驱动机构，这样不仅可以节约空间，还可以提高推进效率，减少能量损失，此外，省去驱动装置可以极大地节约成本。本发明省去了传统的驱动

装置，即采用无驱动能力的主动轮，使用液压缸连接机构推进车辆，利用液压缸的工作特性，即将液压能转换为机械能，实现直线往复运动的能量转换装置，输出机械能的形式是力和速度。液压缸结构简单，工作可靠，运动平稳，可输出较大的拉力或推力。

本发明中矿井下开槽机履带推进装置采用模块化设计，推进装置采用无驱动形式，底盘上有完备的电控系统和液压系统，可为功能上装提供液压能以及精确的控制系统。本发明中矿井下开槽机履带推进装置包含完备的电控系统以及液压系统，以为其他功能模块提供控制及液压能。

附图说明

图 1 是本发明实施例提供的矿井下开槽机履带推进装置结构示意图。

图 2 是本发明实施例提供的侧视图。

图 3 是本发明实施例提供的液压缸连接机构示意图。

图中：1、前车履带；2、可伸缩滑轨；3、液压缸基座；4、双向液压缸；5、后车履带；6、可伸缩滑轨基座；7、螺栓；8、无驱动主动轮；9、负重轮；10、托带轮；11、诱导轮；12、大制动鼓；13、小制动鼓。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

针对现有技术存在的问题，本发明提供了一种矿井下开槽机履带推进装置，下面结合附图对本发明作详细的描述。

本发明提供的矿井下开槽机履带推进装置业内的普通技术人员还可以采用其他的步骤实施，图 1 的本发明提供的矿井下开槽机履带推进装置仅仅是一个具体实施例而已。

如图 1 所示, 本发明实施例提供的矿井下开槽机履带推进装置中前车后侧安装有液压缸基座 3, 液压缸基座 3 上侧安装有液压连接机构, 液压连接机构与后车连接。前车和后车底侧通过螺栓 7 固定有可伸缩滑轨基座 6, 可伸缩滑轨基座 6 之间通过可伸缩滑轨 2 相连, 为开槽刀具工作提供支撑作用, 并提供开槽刀具的滑轨, 使其沿滑轨完成进给工作。

如图 2 所示, 本发明实施例提供的矿井下开槽机履带推进装置的侧视图, 在前车上安装有无驱动主动轮 8、负重轮 9、托带轮 10、诱导轮 11, 无驱动主动轮 8、负重轮 9、托带轮 10、诱导轮 11 啮合有前车履带 1; 后车上安装有无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮, 无驱动主动轮、负重轮、托带轮、诱导轮啮合有后车履带 5, 后车上的诱导轮 11 上侧安装有大制动鼓 12 和小制动鼓 13。负重轮 9 的作用是支撑车体, 托带轮 10 的作用是支撑履带; 大制动鼓 12 以及小制动鼓 13 的作用是使车辆制动, 让车辆在受到推力的作用下不会沿着力的方向移动。

通过上述描述, 前车履带 1、后车履带 5、无驱动主动轮 8、负重轮 9、托带轮 10、诱导轮 11、大制动鼓 12 以及小制动鼓 13) 体构成了一种矿井下开槽机履带推进装置的行走系统, 虽然行走装置自身不携带驱动装置, 但主动轮和诱导轮与履带是啮合关系, 正常非制动情况下, 各轮可在履带式滚动; 在制动情况下, 各轮无法沿履带滚动, 车辆保持静止状态。履带上无驱动主动轮和诱导轮与履带直接均为啮合关系, 在图中并未详细展示; 即履带与无驱动主动轮和诱导轮线速度相同。

当一种矿井下开槽机履带推进装置需要完成推进工作时, 沿前进方向后侧履带车辆制动, 另一侧履带车辆处于可推进状态, 这时油箱中的压力油经液压系统流进两车中间的液压缸中, 压力油的压力使得活塞沿一个方向输出较大的力, 由于前车并未制动, 当两侧液压缸同时工作时, 合力通过车辆质心, 故前车沿履带直线前进; 当前车受液压缸连接机构推动前进后, 两车状态转换, 前车大小制动鼓制动, 后车处于可推进状态, 靠两车中间液压缸压缩, 将后车向

前拉一段距离；两侧液压缸同时工作，使对后车的拉力沿车辆运动方向，完成后车的直线前进。

通过这种液压油缸的伸缩往复推拉两车，使车辆整体前进；当只有一侧液压缸工作时，即前车只受到一侧的推动力，将推力等效到车辆质心，可以分解为一个沿车辆前进方向的纵向力和转向力矩；在转向力矩的作用下，前车的一侧被向前推进，另一侧静止，即完成一次小角度的转向；通过液压缸连接机构的多次反复推拉，可实现车辆的转向功能。由于开槽速度为毫米级，采用电机驱动效率非常低，控制难度也较大，并且成本也会大幅提高，因此使用液压缸推动车辆前进不仅可以满足低速工作的要求，同时也可以极大地节约成本。

如图 3 所示，本发明实施例提供的液压连接机构设置四个双向液压缸 4，双向液压缸 4 为活塞的两侧都有活塞杆的液压缸，一般为双向液压驱动，可实现等速往复运动。液压缸的结构基本上可以分为缸筒和缸盖、活塞和活塞杆、密封装置、缓冲装置和排气装置五个部分，具体零件图在示意图中并未展示。通过包含动力液压元件，控制液压元件和其他液压元件共同构成的液压系统的整体作用，液压缸作业液压执行元件对外输出液压能，推动车辆运动。本发明通过液压缸的推力，将液压能转换为车辆的机械能，能够使车辆自身不携带驱动模块。液压缸是将液压能转换为机械能，实现直线往复运动的能量转换装置，输出机械能的形式是力和速度。液压缸结构简单，工作可靠，运动平稳，可输出较大的拉力或推力。双向液压油缸以油液作为工作介质，通过密封容积的变化来传递运动，通过油液内部的压力来传递动力。双向液压缸有动力元件，作用是将原动机的机械能转换为油液的液压能；有执行元件，将液压泵输入的液压力转变为推动车辆前进，拉动后车向前的机械能；有控制元件，可以控制和调节油液的压力、流量和流动方向；另外，在液压系统中还有一些辅助元件，如连接机构，密封机构等。在推进过程中，省去传动的驱动机构，这样不仅可以节约空间，还可以提高推进效率，减少能量损失，此外，省去驱动装置可以极大地节约成本。

本发明的工作原理为：矿井下开槽机履带推进装置由两节履带车辆通过液压缸连接而成，在开槽机工作过程中，两车履带不提供驱动功能，而是通过液压缸提供推动力，进行车辆前进和车辆转向；推进装置推进一次，开槽刀具完成一次工作行程为一个推进周期；两履带车连接后，装备一个供开槽刀具沿车辆纵向移动的滑轨，刀具沿滑轨进行进给运动，从而实现对巷道的开槽泄压；在开槽刀具完成一个工作周期后，通过液压系统将刀具从泄压槽中抬起，并准备下一次开槽泄压工作。

车辆前进过程：当矿井下开槽机履带推进装置需要完成推进工作时，沿前进方向后侧履带车辆制动，另一侧履带车辆处于可推进状态，通过两车中间可伸缩液压缸推动，使得前车沿履带前进；当前车受可伸缩液压缸推动前进后，两车状态转换，前车制动，后车处于可推进状态，靠两车中间液压缸压缩，将后车向前拉一段距离；通过这种液压油缸的伸缩往复推拉两车，使车辆整体前进。

由于开槽速度为毫米级，采用电机驱动效率非常低，控制难度也较大，并且成本也会大幅提高，因此使用液压缸推动车辆前进不仅可以满足低速工作的要求，同时也可以极大地节约成本。由于矿井巷道空间狭窄，在开泄压槽的同时还要预留出足够空间供运输车运输废料。本发明中矿井下开槽机履带推进装置需具备小体积的特点，其两节车辆联结形成的整车不宽于 1200mm，不高于 1500mm；由于矿井巷道内为非铺装道路，掘进机掘进的路面并不平坦。本发明具备一定的爬坡能力，可爬越矿井巷道内的小型坡路，整车具备爬 15° 坡的能力；采用模块化设计，底盘和上装可相互分离；采用模块化设计，提高了产品的系列化、标准化和通用化即三化水平，大幅减少后续的减少采购、后勤、培训负担。

车辆转向过程为：两底盘模块间接口可以进行刚性与柔性连接，连接机构为液压缸，在推动车辆前进的同时，可以辅助车辆转向。两车之间具有机械接口、能源接口、通信与控制接口，通过整车综合控制器控制液压缸的工作以及

开槽刀具的工作；整车上安装有可供开槽刀具移动的滑轨，开槽刀具在滑轨上移动完成进给运动，保证了开槽泄压的稳定性，同时可以避免靠车辆移动进行开槽泄压的抖动误差以及控制难度。本发明矿井下开槽机履带推进装置，没有驱动模块，靠液压缸的压缩与拉伸完成车辆的移动，根据液压缸工作状态的不同，车辆的运动状态也有所不同；两车的连接机构包含四个双向液压缸，液压缸工作可提供让车辆在履带上移动的液压力。

当所有液压缸均以相同状态工作时，即液压缸合力沿车辆纵向运动方向，整车处于直线行驶的运动状态；当后车制动，前车被向前推进一个液压缸的工作行程的位移，再将前车制动，液压缸反向工作，将后车向前拉动一个液压缸工作行程的位移。由于液压缸工作过程中，进给速度相对较慢，所以一种矿井下开槽机履带推进装置的推进过程近似为准静态过程；当车辆通过液压缸的反复拉伸与压缩后，越过开槽刀具工作完成区域后，开始下一开槽泄压周期；当只有一侧液压缸工作时，即前车只受到一侧的推动力，等效到车辆中心，可以分解为一个纵向力和转向力矩；在转向力矩的作用下，前车的一侧被向前推进，另一侧静止，即完成一次小角度的转向；由于矿井巷道狭窄，车辆在巷道内几乎无法完成掉头，故转向只在工作方向发生偏移的情况下进行方向的微调；一种矿井下开槽机履带推进装置在多条巷道交界处进行调头转向。

本发明的具体应用场合为矿井巷道内，在该环境下工作需要满足小体积，高通过性以及低速工况精确控制等需求。在特定场合下，本发明的经济性和可靠性远高于现有巷道推进技术。考虑到巷道内复杂的道路环境，使用履带推进极大地提高了推进装置的通过性。同时，巷道内存在大量甲烷，采用现有电机驱动技术需要经过特殊的防爆处理，使得成本和空间占用进一步提升，因此，在煤矿行业内，本发明具有良好的创新性以及可靠性。本发明所提供的液压缸连接机构由4个双向液压缸组成，不同吨位和功能的推进装置可以使用不同数量的液压缸，并不意味着只能够使用4个液压缸机构。当刀具或推进装置质量增大，4个液压缸工作时作用于推进装置上的推力和拉力无法使车辆完成推进工

作时，需要增加液压缸组的数量。

证明部分（具体实施例/实验/仿真/能够证明本发明创造性的正面实验数据等）

下表所示为本发明与现有技术的对比表格，如下表所示，一种矿井下开槽机履带推进装置相较于现有推进技术具有更优的可控性以及经济性能。

	一种矿井下开槽机 履带推进装置	传统电驱动推进装置
	液压缸推拉	电机驱动
推进方式		
低速时控制难度	易	较难
低速时控制精度	较高	较低
成本	低	高

在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上；术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”、“前端”、“后端”、“头部”、“尾部”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，都应涵盖在本发明的保护范围之内。