

一种矿用掘进机履带设计方法探究

仝静 刘玉涛 陈军全

(徐州徐工基础工程机械有限公司 江苏 徐州 221004)

摘要: 本文总结了一种区别于一般工程机械的矿用掘进机履带设计方法, 该方法借助三维辅助软件完成, 提供了一种履带设计思路, 为掘进机行走部设计提供参考。

关键词: 三维辅助; 履带设计; 掘进机行走机构

0 引言

矿用掘进机根据使用工况不同, 可分为煤矿用掘进机和隧道掘进机。其中煤矿用掘进机主要应用于煤巷、半煤巷道以及软岩巷道、隧道水利涵洞等掘进开挖。近年来, 煤炭资源紧缺, 国家能源集团等多家煤炭开采企业多次扩大产能, 力保煤炭资源的供应。作为煤炭巷道开采的主要设备, 煤矿掘进机的需求也越来越大。基于煤矿巷道截面尺寸较小而且多变的特点, 为了适应煤矿开采需求, 需要快速应对市场变化, 高效率开发出适合客户需求的产品, 满足煤炭资源开采需求。掘进机行走机构为矿山掘进机的底盘, 主要用来支撑整机, 为掘进机的行走、转向等功能提供牵引力, 并为截割部作业提供钻进力支持。在掘进机行走机构的设计中, 一是结构件的设计需要满足强度要求, 二是外购件的选型设计及合理布置, 这两方面是掘进机行走部设计的根本, 决定了掘进机行走部及整机的可靠性及耐用性。

本文从掘进机履带链的布置入手, 介绍一种掘进机履带链设计方法, 主要涉及设计选型及空间布置。本文提供了一种掘进机履带链设计思路, 以提高行走机构设计效率, 降低设计缺陷风险。

1 矿用掘进机行走机构组成

掘进机行走机构位于掘进机两侧, 通过螺栓与本体连接, 实现整机的行走及工作。图1所示为隧道用掘进机行走机构的主要结构组成。单侧履带行走机构主要由张紧机构(包含引导轮及张紧油缸等)、履带架、履带链、拖链板、支重轮、夹轨器、驱动机构(驱动轮、减速机、马达)等部分组成。履带架是行走机构的主骨架, 除履带链外, 其余各部件均直接固定在履带架上。

履带链包附在履带架外侧, 驱动轮位于行走履带架后方, 驱动轮齿与履带链啮合, 将来自马达的动力传递给履带链, 引导轮位于行走机构的最前端, 驱动轮

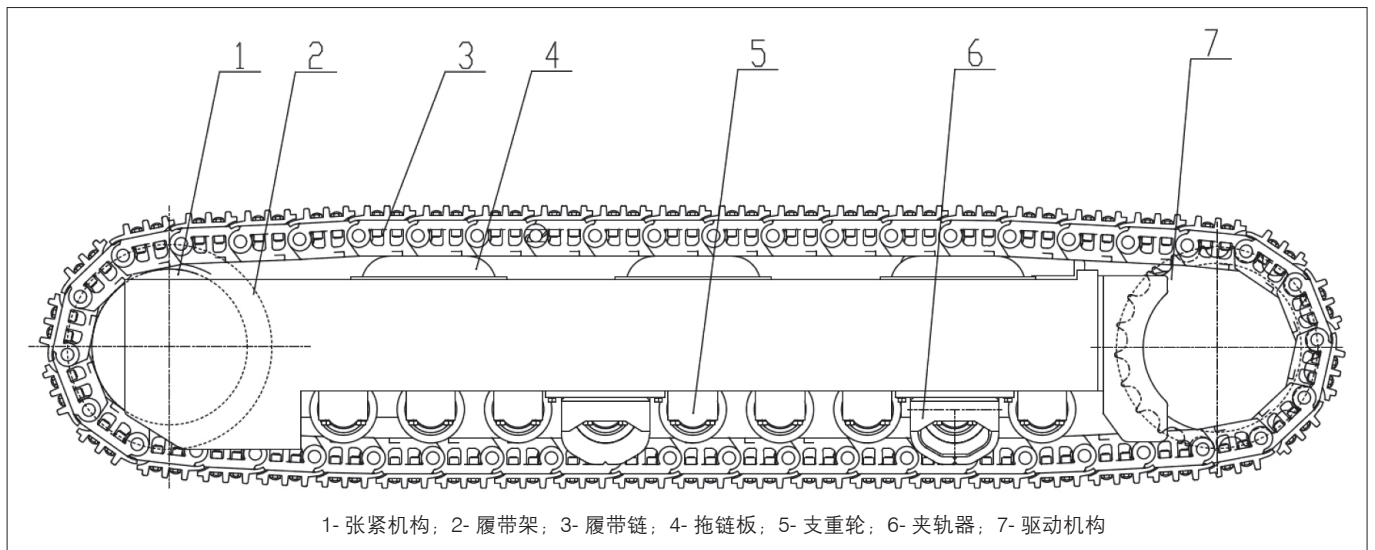


图1 行走机构结构图

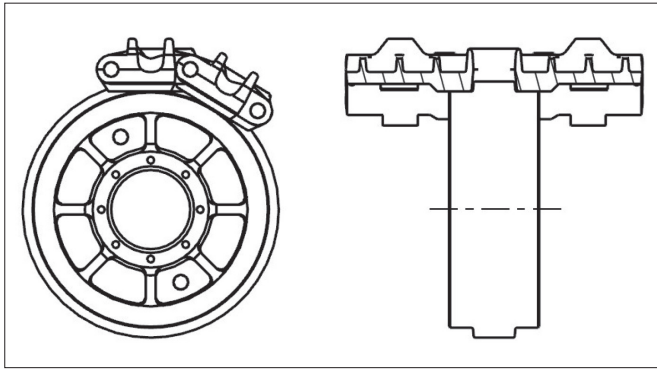


图2 煤矿用掘进机引导轮结合形式

中间凸缘与履带链的导向槽配合起到导向和涨紧作用，引导轮与履带链的结合形式如图2所示。支重轮位于履带架的最下方，目前支重轮支撑形式为当下掘进机行走机构的主流支撑形式。履带链行走时与支重轮形成滚动摩擦结构，以降低设备的能量损耗，提高主机工作效率，目前多数履带行走机构采用此结构，本文中履带设计的内容也以此结构为主。

2 履带设计

在设计初期，履带链的排布主要在二维图纸中完成。鉴于履带板的长度固定，履带行走机构各项性能参数要求较多，为了满足各项参数的要求，需要多次进行调整和排布，比较耗费时间和精力。本文形成一种可以重复使用的方法，利用三维设计软件 Pro/E 的装配

模块及草图模块的功能，将整个设计过程简化为4个大的步骤，通过执行4个步骤中的详细内容即可完成行走履带的设计工作。

2.1 确定运动轨迹曲线的一般形式

隧道掘进机和煤矿用掘进机行走装置的结构组成及工作性能决定了履带链的排布方式，这种排布方式可以通过履带板销轴中心的分布线表达出来，形成履带板运动轨迹曲线。

履带轨迹曲线是简化出来的理想轨迹曲线，未考虑链轨节下垂及链轨节加工误差的影响，经过成功项目验证，可以达到设计要求。简化前的履带轨迹曲线如图3所示。

由图3可以看出，履带链与行走机构零部件的啮合主要有以下几个啮合段：①引导轮啮合段，该段履带链安装面与引导轮外圆相切，履带链沿引导轮表面呈圆形分布，履带板运动轨迹曲线可简化为圆形；②托板啮合段，该段履带板与托板外表面相切，相切段履带链沿托板安装面直线分布，运动轨迹曲线可简化为直线；③支重轮啮合段，该段虽然支重轮不是呈连续分布，但鉴于履带链节距大，支重轮安排间距小的特点，该段履带板运动轨迹曲线也可以简化为直线；④托板啮合段及支重轮啮合段与两轮的啮合段在涨紧装置的作用下呈直线状态，且与两轮轨迹线相切。

经过简化的履带板运动轨迹如图4所示。该轨迹

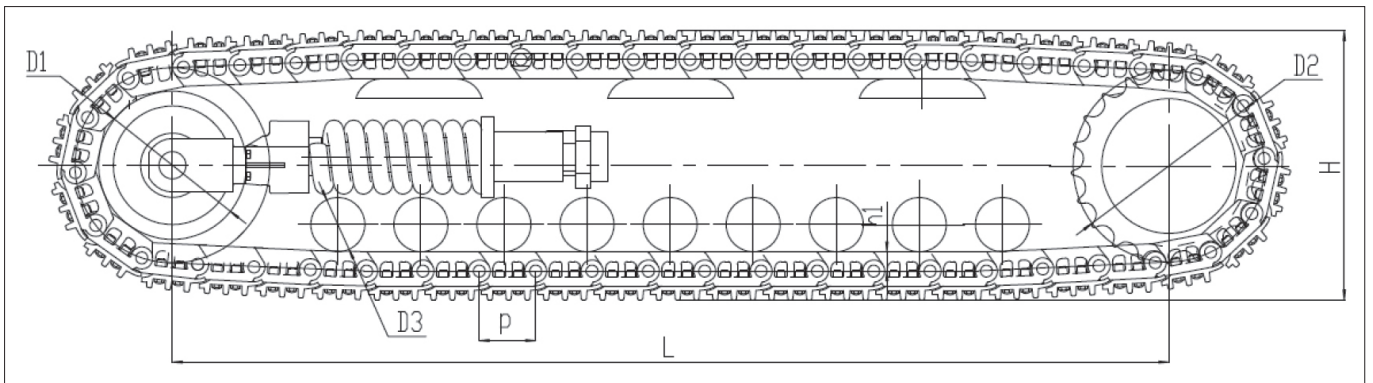


图3 行走机构简化图

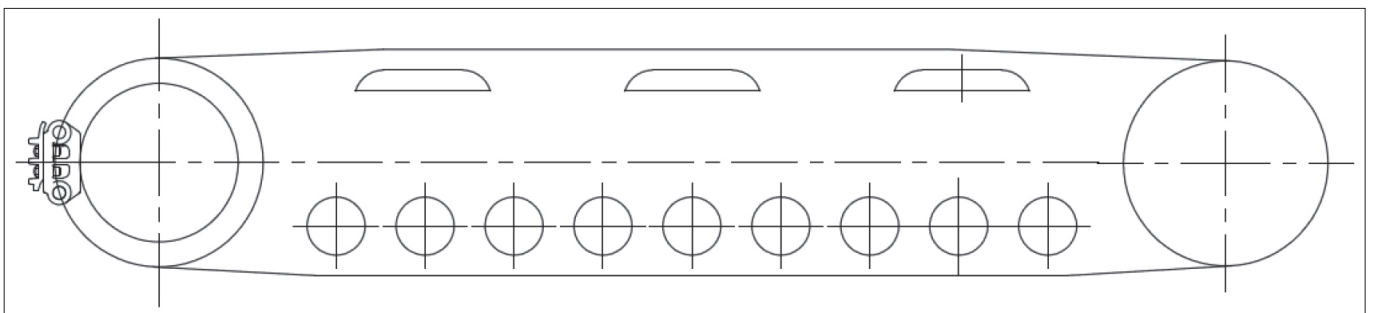


图4 简化后的履带板运动轨迹图

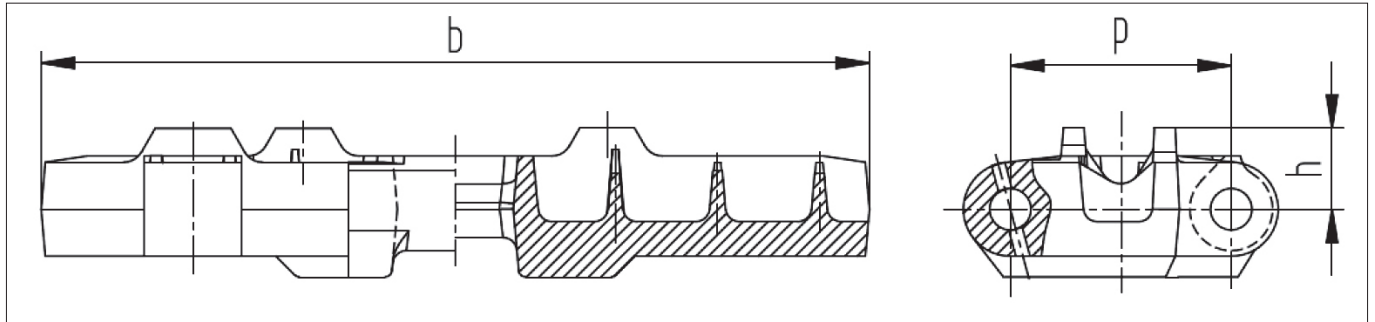


图5 履带板参数图

形式为一般隧道掘进机常规布置形式，煤矿用掘进机外形尺寸有更高的限制，但其履带轨迹曲线也符合图4所示的形式。

2.2 轨迹曲线相关参数的确定

2.2.1 履带链相关参数确定

掘进机用履带链主要根据工况、整车重量等参数来选型。目前隧道掘进机主要采用链轨节式履带链，煤矿用掘进机主要采用整体式履带链。其结构形式及参数如图3和图5所示。这两种履带链的主要参数为节距和履带板宽，正常情况下可将相关参数提供给履带总成厂家，厂家提供合适的履带规格，在设计阶段可以根据以下公式估算履带节距及板宽。

履带节距的选取可参照以下公式：

$$P=(15\sim 17.5)\sqrt[4]{G} \quad (1)$$

式中： G —整机重量， kg ； p —履带链节距， mm 。

履带宽度主要影响平均接地比压，履带式掘进机平均接地比压一般要求低于 0.14MPa ，对于重型悬臂式掘进机一般要求低于 0.17MPa ，履带宽度可参照以下公式进行计算选取：

$$b=(0.9\sim 1.1)\times 209\sqrt[3]{G} \quad (2)$$

式中： b —履带板宽， mm 。

2.2.2 行走主要参数的确定

2.2.2.1 行走机构的高度 H

行走机构的高度主要影响整机尺寸。宏观上，在整机方案排布阶段，产品适应巷道或者隧道的高度限制行走机构的高度尺寸在一定范围内。在细节设计上， H 主要受张紧机构高度、支重轮型号及高度、驱动轮的节圆直径、行走履带架的机构尺寸等参数的影响，具体值以各外购件能顺利装配、行走履带架强度能够满足工况为准。

2.2.2.2 行走中心距 L

行走中心距为驱动轮和引导轮中心的水平距离，该尺寸的推荐值为 $L \leq (1.6\sim 2.2)B$ 。其中 B 为行走机构最大外宽，该参数主要影响整机稳定性， B 尺寸越大，

整车稳定性及转弯性能就越好，但受限于巷道宽度，该参数也是在一定范围内选取，可按照以下公式计算，并根据巷道宽度或者隧道宽度合理选取参数值。

$$B=(3.5\sim 4.5)b \quad (3)$$

式中： B —行走机构最大外宽， mm 。

2.2.2.3 行走驱动轮参数确定

行走驱动轮的最大尺寸受履带架高度的限制，从图2及图3可知：

$$2D+2h \leq H \quad (4)$$

可以根据以下公式确定驱动轮的节距：

$$D=\frac{P}{\sin(3.14\times 2/z)} \quad (5)$$

式中： z —驱动轮齿数。

2.2.3 其他外购件参数的选取

其他涉及到外购件的相关参数，可参照下表进行计算选型。外购件选型确定后，涉及履带运动轨迹的参

表 其他外购件参数列表

名称	影响因素	说明
引导轮	行走装置高度、履带节距、牵引力、整机重量、接近角	根据公式计算，尽量选取已有型号
张紧装置		
驱动轮	行走装置高度、离去角、履带链参数	根据公式计算
支重轮	整机重量	标准规格，根据机重选型

数即全部确定。

2.3 借助 Pro/E 三维设计软件建立草图

根据已确定参数，在草图中初步绘制运动轨迹曲线，在曲线绘制过程中要注意以下几点：

- (1) 在空间满足的情况下，尽量增加支重轮的数量；
- (2) 驱动轮处轨迹直径为驱动轮节圆直径，引导轮处轨迹直径为引导轮外圆直径 D_1+2h ；
- (3) 支重轮下方的轨迹为水平线，水平线的两个端点应该超出或与支重轮在水平线的横坐标位置重合；
- (4) 圆形轨迹与直线轨迹衔接形式为相切；

(下转第62页)

达 102g/L (表 1); 因此, 从给入原矿浓度 61%、TiO₂ 品位为 18.20% (表 2) 的原矿条件进入粗选第一槽来看, 在不改变现有浮选生产条件下, 浮选机槽体的深度应该选择 2400mm-700mm=1700mm, 在此深度的浮选槽选择时, 既能满足浮选精矿的品位, 又能保证浮选精矿产率最大化, 同时也能降低浮选药剂成本。

3 结语

不同的叶轮结构和叶轮离底高度决定着浮选机动力学各区域分区的变化。通过在线测试认为, 对于该选厂粗粒钛浮选工艺, 浮选机不需要过大的分离区, 有用矿物在被气泡粘附后比较稳定, 不易脱落。应尽可能提高运输的高度, 一方面可以提高槽子上部的浓度, 另一方面可缩短分离区的高度, 使矿化泡沫更早回收, 槽体容积利用效率更高。

针对该选厂粗粒级浮选回收生产线浮选工艺存在的问题, 可以采取以下措施:

(1) 采用弧面叶轮和新型空气分配器技术, 提高运输区高度和减少分离区高度, 提升粗颗粒矿物的悬浮高度;

(2) 采用高效空气分配器, 在不增加功耗的情况下, 提高浮选槽体内空气分散效果, 增大矿粒与气泡接触的机率。

(3) 在现有原矿条件和浮选机参数不变的情况下, 降低浮选槽体深度, 采用“浅槽化+宽槽化”浮选机进行选别, 可提高升粗粒级回收率和减少捕收剂消耗。

参考文献:

[1] 张明, 沈政昌, 史帅星, 等. 基于数值计算的浮选机内颗粒流动行为研究 [J]. 有色金属 (选矿部分), 2021(04): 111-115+137.
 [2] 刘国蓉, 刘承帅, 孟玮, 等. 工业浮选过程测试新进展 [J]. 铜业工程, 2019(02): 50-53+63.
 [3] 沈政昌, 卢世杰, 史帅星, 等. KYF 型浮选机三相流仿真研究初探——KYF 浮选机流场测试与仿真研究 (六) [J]. 有色金属 (选矿部分), 2013(06): 67-72.

作者简介: 徐峰 (1975.09-), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 研究方向: 有色稀有金属采选。

(上接第 58 页)

(5) 离去角一般推荐值为 2° ~ 5°, 接近角一般推荐值为 1° ~ 3°;

(6) 为了减小接地比压值, 可适当选取较小的接近角数值。

2.4 借助 Pro/E 装配模块布置履带链

切换到装配模块, 利用装配工具将履带板组件约束到运动轨迹线上, 该过程需要注意以下几点:

(1) 固定第一块履带板组件的装配位置, 比如将第一块履带板组件约束到图 3 所示位置, 履带板关于引导轮中心线上下对称;

(2) 要注意曲线衔接处, 一个履带板组件可能同时位于两段曲线上;

(3) 根据第一块和最后一块履带板中心孔间距调整中心距, 或者上下直线的位置, 使所有履带板能完全啮合。

3 结语

履带的设计是掘进机行走机构设计过程中比较重要的环节。本文对履带布置方式, 以及在设计过程中需

要注意的问题进行了经验总结。该方法目前已经成功运用于掘进机行走机构的设计中, 经实践证明该方法确实可提高设计效率。同时提出了履带链轨迹曲线化思想, 可广泛推广至各类矿用履带式行走机构的履带设计布局中。

参考文献:

[1] 刘海燕. 履带行走机构的计算与选型设计 [J]. 采矿技术, 2013(04): 90-94.
 [2] 吴兆成, 吕伟祥, 韩立华. 驱动轮引导轮布置设计及其轮距的确定 [J]. 工程机械, 2011, 42(04): 40-43.
 [3] 廉浩. EBH360 掘进机行走机构设计 [J]. 中国新技术新产品, 2014(02): 154.
 [4] 李玉波. EBZ 系列掘进机行走部的设计 [J]. 煤矿机械, 2016, 37(05): 6-8.

作者简介: 仝静 (1988-), 女, 汉族, 山东郓城人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 矿山设备制造。