使用换绳车更换摩擦轮提升机提升钢丝绳工艺研究

李申申
（兖矿能源集团股份有限公司济宁二号煤矿　山东　济宁　272072）

摘要：文章介绍了使用换绳车更换摩擦轮提升机提升钢丝绳的更换工艺，解决了使用传统人工工艺更换摩擦轮提升机提升钢丝绳效率低、安全性不高的难点，对于推广普及使用换绳车更换同类型矿井提升机提升钢丝绳具有一定的借鉴意义。

关键词：换绳车；提升机；提升钢丝绳；更换工艺

0　引言

井塔式与落地式提升机均可以使用换绳车更换提升钢丝绳。本文以典型井塔式六绳摩擦轮提升机更换提升钢丝绳为例，阐述了施工工艺方法。矿井立井布置一台井塔式摩擦轮提升机，提升机两侧配备箕斗，一侧布置导向轮和 6 根提升机钢丝绳，并配备 3 根扁尾绳。

1　换绳车简介

施工采用智能换绳车。换绳车主要由底盘及车体、收放绳单元体、液压系统、电控系统、安全保护系统和辅助系统组成，如图 1 所示。

换绳车的主要参数见表。

换绳车使用前，需要进行以下检查。

（1）检查液压系统油箱内液压油是否足够，如果油面较低，必须向油箱内添加液压油；

（2）检查液压系统各管路接头连接部分及液压元件底板部分有无渗漏油现象；

（3）检查液压系统压力调整是否稳定、可靠，各液压泵与电机运行声音是否正常；

（4）检查机械系统中收放绳制动器开 / 闭是否灵活、到位，单元体链条连接销轴及端部 S 形柱销是否有脱落；

（5）检查电控系统控制执行元件的动作方向是否正确，比如夹持、张紧、单元体收放绳等；

（6）检查电控系统中各传感器控制界面上显示的数据是否齐全、完整，显示的数据是否准确；

施工前所有辅助设备必须安装调试完成。辅助设备试运转主要内容包括：

（1）启动换绳车液压泵，电控系统依次操作执行两套单元体的张紧、夹持、收绳和放绳，观察动作方向是否正确，收放绳运行时，单元体链条运行过程中有无噪声；

（2）顺序检查机器情况，是否有漏装、错装。接上外部供电电源，开启机器，运行 2min，观察仪表显示是否正常。

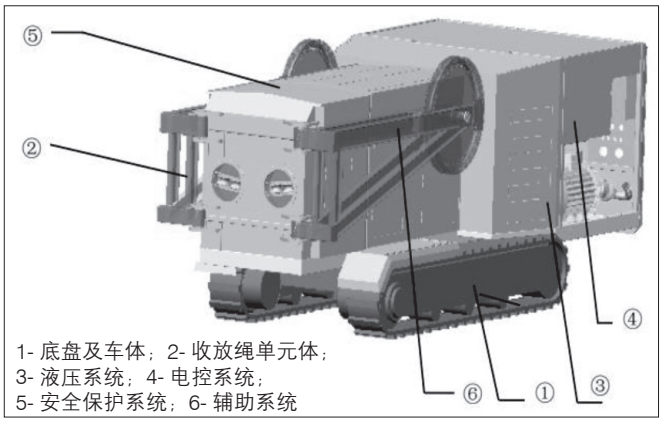
（3）开启行走阀，前进、后退、转弯。

（4）操作单元体马达、夹持油缸，每一个动作正反运行，直至正常运行。

（5）特殊情况下，可以在油路头部（油缸侧、马达侧）选择合适接头稍松放气，然后拧紧，每一项动作需观察显示屏显示数据是否正确。

表　换绳车的主要参数

项目	长度 /mm	宽度 /mm	高度 /mm	质量 /kg	适用绳径 /mm	收放绳速度 /（m/s）
参数	7800	2400	2780	27000	20 ～ 60	0.1 ～ 0.5



1- 底盘及车体；2- 收放绳单元体；
3- 液压系统；4- 电控系统；
5- 安全保护系统；6- 辅助系统

图 1　换绳车示意图

2　施工方法

提升系统布置、主要设备布置和施工步骤流程分别如图 2、图 3、图 4 所示。

2.1　停罐、卡绳、断绳

（1）主井提升机 A 箕斗下放至下井口位置，以 B 箕斗悬挂装置露出井塔一层为准，调整 B 箕斗悬挂装置各平衡油缸全部伸出，关闭 B 箕斗 $1^{\#}$ ～ $6^{\#}$ 悬挂装置截止阀及总阀。

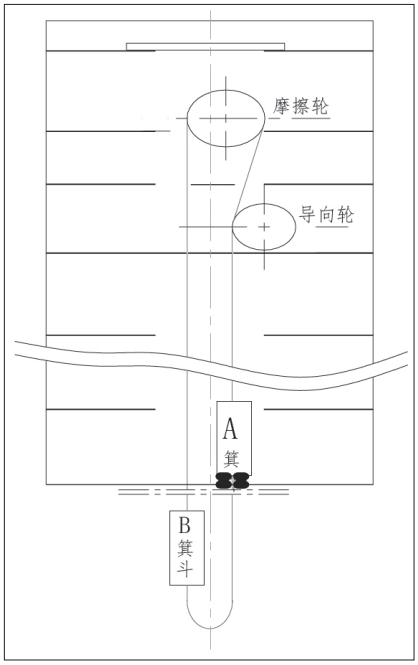


图 2　提升系统布置图

（2）上提 A 箕斗至井塔一层，使 A 箕斗悬挂装置露出井塔一层时停车闭锁。施工人员对 A 箕斗各悬挂装置调压至 2# ～ 5# 悬挂装置平衡油缸有 1 根全部伸出为止，关闭 1# ～ 6# 悬挂装置截止阀及总阀。

（3）A 箕斗慢下至悬挂装置低于井口约 2m 停车，施工人员在井塔一层 A 箕斗套架梁上搭设施工平台，并把施工平台用棕绳与套架梁绑扎牢靠，然后在 2#、5# 钢丝绳上安装留悬挂装置用的 4 台 2t 手拉葫芦。

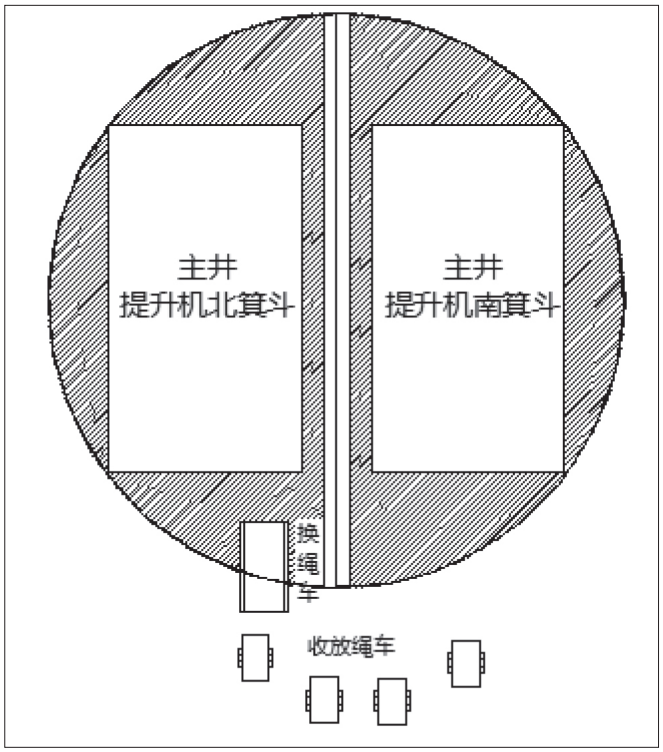


图 3　主要设备布置图

（4）换绳车及其导绳轮就位、固定。

（5）下放主井提升机 A 箕斗使其低于井口 10 ～ 12m，停车；

（6）将 2 台放绳车的新绳头牵引至换绳车，穿过换绳车后与对应旧钢丝绳利用 7 副 ϕ45mm 钢丝绳卡进行连接。钢丝绳卡必须固定牢靠，保证钢丝绳压紧变形量为钢丝绳径的 1/3，连接时引绳捻向与旧钢丝绳捻向必须一致。

（7）换绳车开始放引绳，同时提升机以 0.2m/s 的速度上提 A 箕斗，至悬挂楔形装置顶部到达井口位置时停车。

（8）换绳车以换绳设定张力的 1.2 倍拉力收紧引绳，检查各连接部位，确保其牢固可靠。

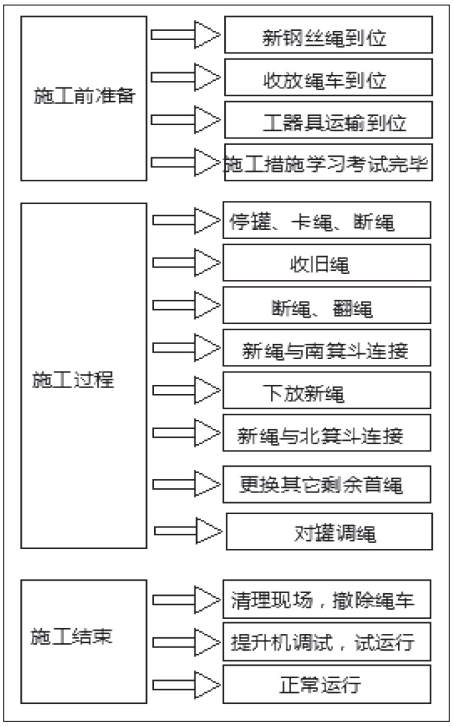


图 4　施工步骤流程图

（9）井塔导向轮层安装留绳器，留住 B 箕斗侧 1#、6# 钢丝绳。

（10）井口施工人员将打压泵与 A 箕斗侧悬挂装置主阀门连接，打开 1#、6# 悬挂装置油缸阀门及主阀门。利用安装在 A 箕斗侧 2#、5# 钢丝绳上的 2t 手拉葫芦，1 台 2t 手拉葫芦与悬挂楔形装置连接，另 1 台与钢丝绳绳头连接，悬挂装置卸压，使 1#、6# 钢丝绳松弛，拆除悬挂装置绳头绳卡，用风镐松动楔形装置内绳胆。将钢丝绳从楔形装置中抽出，2t 手拉葫芦拉紧钢丝绳绳头并窜绳，关闭悬挂装置油缸各阀门，拆除打压泵与悬挂的连接。

2.2　收旧绳

（1）换绳车设定收绳阻力并启动收绳模式，持续收紧引绳，以 0.1m/s 的速度开动提升机下放 A 箕斗，期间井塔导向轮层施工人员注意观察留 B 箕斗侧钢丝绳的留绳器，确保留绳器不偏斜。

（2）当引绳与旧钢丝绳连接点到达换绳车导向轮前端时停车，井塔导向轮层施工人员用留绳器留住 B 箕斗侧 1#、6# 钢丝绳，换绳车放松引绳。

（3）拆除引绳与旧钢丝绳的连接钢丝绳卡，换绳车退出引绳，然后把 1#、6# 旧钢丝绳穿入换绳车。

（4）换绳车收紧旧钢丝绳，换绳车设定收绳阻力，启动收绳模式，以不大于 0.4m/s 的速度开动提升机下放 A 箕斗，换绳车收旧钢丝绳直至 B 箕斗到达井口合适位置。

2.3 断绳、翻绳

（1）换绳车放松旧钢丝绳并反向留住，断开换绳车靠井筒侧的 1#、6# 钢丝绳，退出旧钢丝绳并穿入新钢丝绳使其与 A 箕斗侧断开的 1#、6# 旧钢丝绳各用两副钢丝绳卡连接牢靠，绳头露出钢丝绳卡的长度为 100 ～ 150mm ；

（2）用 2t 手拉葫芦留住 B 箕斗侧 1#、6# 悬挂装置（留在 B 箕斗 2#、5# 钢丝绳上），断开 B 箕斗侧 1#、6# 旧钢丝绳，将断开的旧钢丝绳头与对应收绳车上的旧钢丝绳用棕绳绑扎牢靠。

（3）张开换绳车夹持，提升机以 0.1m/s 的速度开动使 A 箕斗上提，收绳车同时收 B 箕斗侧旧钢丝绳，期间安排专人观察钢丝绳及钢丝绳卡运行情况，确保新钢丝绳在换绳车导向轮绳槽内和防止钢丝绳绳头碰挂井塔井架设施，期间发现异常时及时联系停车处理。

（4）当新钢丝绳绳头到达 B 箕斗侧井塔一层时停车（留足够长度与悬挂装置连接）。

（5）井塔导向轮层，B 箕斗侧利用留绳器把 2 根新绳留住。提升机房内，行车配合吊装绳上提滚筒 A 箕斗侧的 1#、6# 钢丝绳使其脱离滚筒。

（6）提升机以不大于 0.5m/s 的速度下放 A 箕斗，至 B 箕斗侧悬挂装置到达井口平台处停车（便于连接钢丝绳绳头的位置）。

（7）拆除新、旧钢丝绳绳头连接的钢丝绳卡，将旧钢丝绳回收到收绳车上。

2.4 新钢丝绳与 B 箕斗连接

（1）在井口施工人员分别把 B 箕斗侧 1#、6# 新钢丝绳头与对应悬挂装置连接可靠。

（2）提升机房内，施工人员将 1#、6# 钢丝绳拾入滚筒绳槽内，拆除各层脱离绳槽设施。

（3）换绳车收紧新钢丝绳，将悬挂装置拉至最长状态（悬挂装置油缸全部缩回）。

2.5 下放新绳

（1）换绳车设定放绳阻力并启动放绳模式，以不大于 0.4m/s 的速度开动提升机上提 A 箕斗，换绳车按设定阻力随动放新绳，专人观察换绳车后方钢丝绳运行情况。

（2）当 A 箕斗悬挂装置顶部运行到井口施工平台以下约 1m 时，提升机停车，主井提升机 1#、6# 新钢丝绳下放施工完成。

2.6 新钢丝绳与 A 箕斗连接

（1）井塔导向轮层，施工人员用留绳器留住 B 箕斗侧 1#、6# 新钢丝绳，提升机继续上提 A 箕斗至悬挂装置露出井口时停车。

（2）井塔一层，施工人员利用 2t 手拉葫芦把 A 箕斗 1#、6# 悬挂装置拉至最长状态（悬挂装置油缸完全缩回），利用风镐拆除 1#、6# 悬挂楔形装置内的桃形环。在井口留住 2 根新钢丝绳，并预留出连接长度后截断新钢丝绳，两根新钢丝绳与对应的 A 箕斗侧 1#、6# 悬挂装置连接可靠。将 1#、6# 悬挂装置打压，直至新钢丝绳完全张紧。

（3）井口施工人员在施工过程中，地面其他人员同时进行以下作业：拆除收 / 放绳滚，连接对换绳滚等，为下一步更换其他 2 根钢丝绳作准备。

（4）井塔导向轮层，施工人员拆除 B 箕斗侧留钢丝绳用的留绳器；井口施工人员打开 A 箕斗的各悬挂装置油缸截止阀，恢复主井提升系统，主井提升机 1#、6# 钢丝绳更换施工完成。

2.7 换其他钢丝绳

参照上述步骤更换 3#、4#, 和 2#、5# 钢丝绳。施工过程中注意：更换其他编号的钢丝绳时，必须注意及时关闭、打开悬挂装置截止阀的编号。

2.8 箕斗调绳

（1）确定截绳长度。检查 A、B 箕斗停车位置，测量悬挂装置油缸伸长量，计算钢丝绳截绳长度。

（2）根据 A、B 箕斗各悬挂装置油缸伸长情况，对 A、B 箕斗进行调压。

（3）对 A 箕斗进行调截钢丝绳。

（4）将 A 箕斗上提至井塔一层，当 A 箕斗悬挂楔形装置以上 3m 处到达井口位置时，停车闭锁，在需要调截钢丝绳两侧的钢丝绳上安装钢丝绳卡，钢丝绳卡悬挂 2 台 2t 手拉葫芦。

（5）解开闭锁，上提 A 箕斗至悬挂楔形装置到达井口位置，停车闭锁。

（6）井塔导向轮层上，用留绳器留住 B 箕斗需要调截的钢丝绳。

（7）井塔一层，一台 2t 手拉葫芦与悬挂楔形装置连接，另一台与钢丝绳绳头连接，悬挂装置卸压，拆除悬挂装置绳头绳卡，用风镐松动楔形装置内绳胆，将钢丝绳从楔形装置中抽出，2t 手拉葫芦拉紧钢丝绳绳头并窜绳。

（8）钢丝绳达到截绳长度后，将绳头用绳卡卡固，紧固螺栓，拆除手拉葫芦与悬挂楔形装置连接，悬挂装置打压。

（9）采用同样方法依次对剩余钢丝绳进行调绳，然后把多余的钢丝绳绳头截掉。

（10）调截绳完毕，施工人员拆除留绳器、手拉葫芦及钢丝绳绳卡。

（11）对 A 箕斗侧悬挂装置进行整体调压，使 6 个悬挂装置油缸均匀伸出预留长度。

（下转第 89 页）

```
rV2:REAL;
rV3:REAL;
rV4:REAL;
rBackTubeSpeed: REAL;
rIBackTubeSpeed: REAL;
END_VAR
rV1:=rBackTubeSpeed;
rV2:=rV1*rBackTubeSpeed;
rV3:=rV2*rBackTubeSpeed;
rV4:=rV3*rBackTubeSpeed;
rIBackTubeSpeed:=0.01895*rV4+0.4941*rV3+1.056*rV2-83.72*rV1+8341;
```

2 现场使用效果

选取国内某矿山工地进行试验(采样数据详见表 3)。

表 3 实际应用曲线拟合电流、退管速度表

序号	装药量 /kg	孔径 / mm	耦合度 /%	理论退管速度 / (m/min)	实际退管速度 / (m/min)	拟合电流 /mA
1	5	50	100%	10.2	10.3	419
2	5	50	90%	11.3	11.5	439
3	5	50	80%	12.7	12.6	474
4	5	50	70%	14.6	14.7	527
5	5	50	60%	17.0	17.2	578

从表 3 可以看出，退管速度与理论速度的误差最大相关 0.1m/min，实际退管距离误差小于 0.05m，完全满足全耦合和非耦合的控制精度要求。实际的爆破效果很好（图 6），受到了客户的好评。

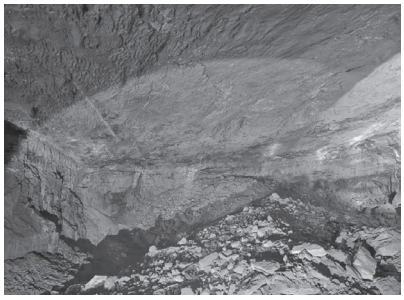


图 6 爆破后的矿山隧道

3 结论与展望

通过本例可知，使用曲线拟合对送管器的退管速度控制是有效的。以此类推，可以预见曲线拟合在未来将会应用于更多类似的非线性控制中。

参考文献：

[1] 沈言夫．PID 控制在乳化炸药井下装药车上的应用 [J]．世界有色金属，2018（5）:282-283.

[2] 王慧．MATLAB 求解电液伺服阀的流量特性曲线 [J]．电子测量与仪器学报，2015（8）:1236-1244.

作者简介：蔡明（1983-），男，汉族，湖南益阳人，本科，中级工程师，研究方向：矿山、隧道装备电气设计。

（上接第 86 页）

2.9 试运行

空载与重载试运行，按照试运行标准进行。

3 施工安全性及效率简析

经过充分论证及实际实践应用，使用换绳车更换摩擦轮提升机提升钢丝绳方法较使用传统人工工艺方法更换提升钢丝绳缩短了 1/2 的施工时间，同时换绳车能够给予新绳合理的预张紧力，减少了留绳、提拉收紧提升钢丝绳、防止提升绳相互绞结等诸多施工环节步骤，极大地降低了施工人员劳动强度，同时提高了施工安全性。

4 结语

目前，换绳车尚未在全国矿山领域全面推广普及，但综上所述，从实施应用的效果来看比较理想。换绳车的适用工况广度、操控安全性，以及对新提升钢丝绳施加预紧力，造成钢丝绳扭转力加持对提升绳损伤有无影响等情况有待进一步提升与实践案例佐证。

使用换绳车更换提升钢丝绳是科技发展、机械代替传统人工部分施工步骤环节的重要进步。为了今后能够普及推广换绳车的使用，针对这种情况，尽量考虑不同类型矿井和不同施工工况的复杂困难程度，对每一个细节或者可能出现的问题，列出多项解决方案，从中找出最优方案，形成优化的施工方案。

参考文献：

[1] 李立召．多绳摩擦式提升机快速换绳工艺研究 [J]．山东工业技术，2017(22):8.

[2] 谭鹏辉，吴娟，寇子明，等．多绳摩擦轮提升机首绳快速更换装置的研究 [J]．煤矿机械，2004(11):36-37.

[3] 孙成群，王彦海，黄德君．落地式多绳提升机更换主绳的新方法 [J]．中州煤炭，2002(2):38-39.

作者简介：李申申（1986-），男，汉族，山东枣庄人，本科，工程师，研究方向：矿井机电提升专业管理。