

# 反井钻井镐形镶齿滚刀破岩试验研究

武士杰, 李恩涛

(北京中煤矿山工程有限公司, 北京 100013)

**摘要:** 根据反井钻井在坚硬岩石钻进中出现的滚刀破岩效率低、使用寿命短等问题, 研制了新型镐形刀齿。通过破岩试验, 镐形镶齿滚刀有较好的破岩效果, 适合于在硬岩及中硬岩层中推广应用。

**关键词:** 反井钻井; 镐形齿; 压入试验; 破岩效率

**中图分类号:** TD23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2008)01-0070-04

## Research on rock breaking test with Pick rolling cutter for mine shaft rising boring

WU Shi-jie LI En-tao

(Beijing China Coal Mine Construction Engineering Company Ltd, Beijing 100013 China)

**Abstract:** According to the low rock breaking efficiency, short service time and other disadvantages of the rolling cutter in the hard rock drilling of the mine shaft rising boring, a new pick shape tooth rolling cutter was developed. With the rock breaking test, the pick shape inserted tooth rolling cutter has obtained a rock breaking result and is suitable to be applied to the drilling in the hard rock and medium hard rock.

**Keywords:** mine shaft rising boring; Pick-shaped cutter; Penetration test; rock breaking efficiency

反井钻井及其技术已广泛应用于我国煤矿、冶金矿山、水电等系统的竖井、斜井施工。在水电、冶金、矿山等工程领域地层多为火成岩, 岩石单轴抗压强度较高, 属中硬及硬岩层, 滚刀破岩效率低、使用寿命短, 已成为反井钻井施工的主要消耗材料。镶齿滚刀是依靠镶在刀体上的硬质合金刀齿破岩, 不同的刀齿及其布齿结构对于破岩刀具的效率及使用寿命有很大的影响。为此, 煤炭科学研究总院建井研究院依据自身实践经验与科研实力, 研制开发了适用于中硬及硬岩的新型镐形刀齿, 并申请了专利。

本文通过研究在不同岩石条件和不同压力作用下, 镐形齿压入深度、功比耗等与压力的关系, 对比分析了锥形齿的破岩效果, 并对新型镐形齿进行了评价。根据单齿试验结果, 加工相应齿形的滚刀进行整刀破岩试验, 从而验证镐形齿的合理性及布齿结构。

## 1 镐形齿单齿压入破岩试验

### 1.1 试验方案

为了研究切削参数对滚刀破岩刀齿的影响规律, 本试验对不同试验参数(压力、侵入深度、齿间距离等)进行了刀齿破岩压入试验。在压入破碎过程中记下压力与侵深的

关系, 比较在相同可钻性岩石条件下, 不同齿形的破碎效果、压力与侵深的关系、功比耗等指标; 对比不同齿形的优劣, 选择合理齿形, 研究不同齿形破岩的物理力学性质, 以便为合理设计破岩滚刀切削结构提供依据。

试验选取三种不同类型的刀齿齿形: 锥形齿、镐齿 1 和镐齿 2 如图 1 所示。主要进行两种不同结构镐形齿破岩效率的试验, 锥形齿作为对比试验。

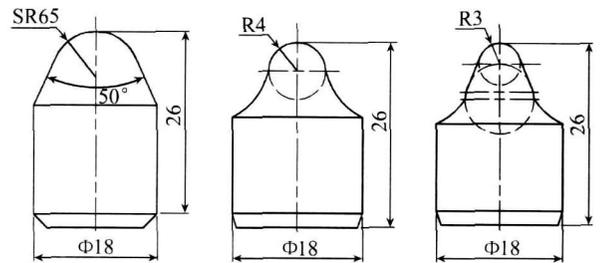


图 1 试验刀齿几何结构尺寸 (单位: mm)

试验中所选用的岩石为未经爆破扰动的原状岩芯, 主要来源于泰安、溪洛渡、瀑布沟等地, 其物理力学性质见表 1。

收稿日期: 2007-06-28

基金项目: 煤炭科学研究总院青年基金资助项目 (2006QN49)。

作者简介: 武士杰(1981-), 男, 河南濮阳人, 工程师, 2004年毕业于华北水利水电学院机械工程专业, 现在建井研究院钻井室主要从事反井钻机开发、破岩刀具的研究工作。

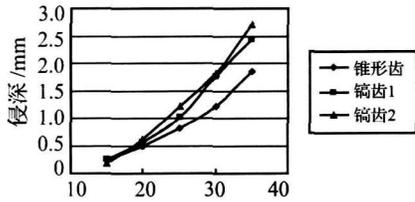
表 1 岩石来源及物理力学性质

岩石来源	岩石类型	抗压强度 /MPa	岩石密度 / $\text{k}\times\text{m}^{-3}$
泰安蓄能电站	花岗岩	310	$2.62\times 10^3$
溪洛渡水电站	玄武岩	250	$2.88\times 10^3$
瀑布沟水电站	花岗岩	250~280	$3.11\times 10^3$

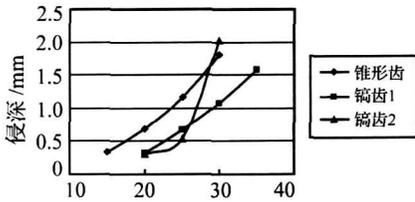
1.2 试验结果

通过三种刀齿单齿静压入试验, 得出以下几个方面的关系曲线:

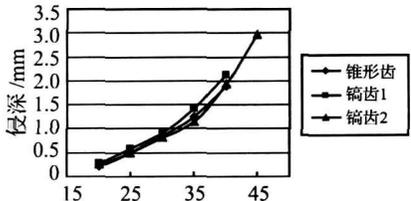
1) 图 2 分别为几种不同花岗岩的压力与侵深关系曲线。图示表明, 破碎深度随载荷的增加而增大。在相同压力下, 镐形刀齿相对于锥形刀齿的破碎比率大, 当载荷大于 35kN后, 其破碎深度呈阶跃性增大, 进而达到体积破碎的趋势。



(a) 溪洛渡玄武岩



(b) 泰安花岗岩

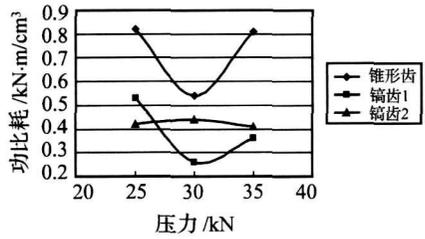


(c) 瀑布沟花岗岩

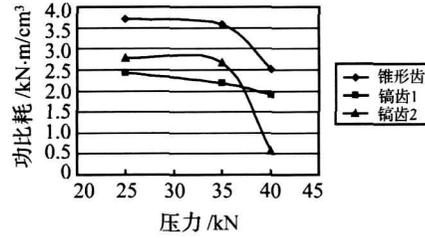
图 2 不同花岗岩的压力与侵深关系曲线

2) 图 3 为不同花岗岩压力与功比耗的关系曲线。功比耗指标与破碎岩石的体积直接相关, 如果刀齿破碎体积小, 单位消耗的功就大, 则功比耗也大; 反之, 如果刀齿破碎体积大, 单位消耗的功就小, 则功比耗也小。

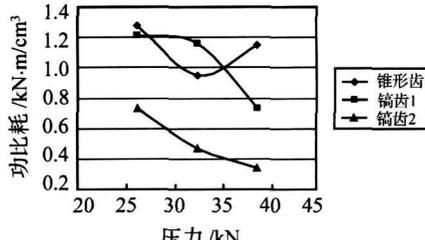
从图中可以看出, 在相同压力下, 破碎硬及中硬岩层时, 镐形刀齿相对于锥形刀齿的功比耗较小, 破岩效果好, 且小刃角半径的镐齿 2破岩效果更优。



(a) 溪洛渡玄武岩



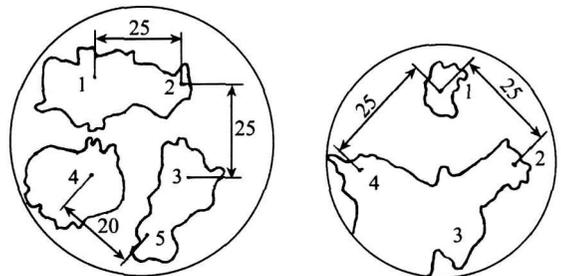
(b) 瀑布沟花岗岩



(c) 泰安花岗岩

图 3 不同花岗岩压力与功比耗的关系曲线图

3) 图 4 图 5是两种镐形齿以不同刀齿间距排列, 经过不同压力载荷作用的破碎效果图。通过分析在相同压力范围内, 不同刀齿排列的破碎效果, 探讨了刀齿间距随岩石性质、齿形变化等的规律性, 从而得出镐形刀齿的最优布齿结构。



(a) 溪洛渡岩石

(b) 瀑布沟岩石

图 4 镐齿 1 破碎效果

从试验结果可知, 当单齿压力等于或大于 35kN, 镐形刀齿间距在 20~28mm时, 齿间距范围内破碎带基本相连, 因此可以确定镐形齿在破碎中硬及硬岩时合理的刀齿间距为 20~28mm, 其在滚刀体上的布置结构可根据滚刀体刀圈直径的大小来确定。

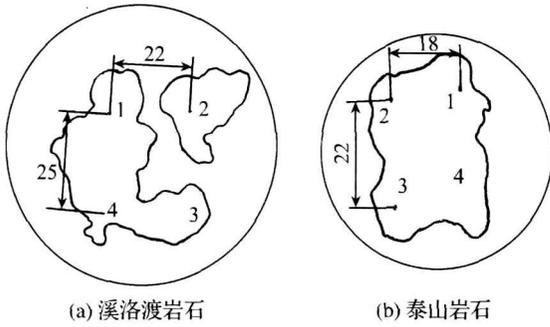


图5 镐齿2破碎效果

## 2 镐形镶齿滚刀破岩试验

### 2.1 刀具试验台结构

试验所采用的刀具试验台是专门用于竖井钻井机岩石刀具破岩研究的试验设备。它可进行刀具破岩机理、刀具结构参数、刀具布置形式、刀具材质耐磨性等一系列的试验研究工作。该岩石刀具试验台的结构特点:

- 1) 刀具试验台为立式门型四柱结构, 结构设计合理, 设备运转平稳。
- 2) 刀盘固定不动、可调节刀座, 调频电机驱动转盘带动岩石旋转。
- 3) 液压推进, 可实现恒压、恒速推进控制。
- 4) 可以对推压力、扭矩、转速、位移等多项参数进行测量。

### 2.2 试验台系统

刀具试验台系统分为液压和测试两大系统, 其中液压系统具有如下特点:

- 1) 电磁换向阀控制, 操作简单方便, 结构紧凑。
- 2) 调速阀控制主推缸推进速度。
- 3) 顺序阀调节系统背压, 保证平衡缸下钢梁不脱落。

### 2.3 刀具破岩试验

本次试验选用由锥形齿和镐齿1两种齿形结构加工而成的镶齿破岩滚刀进行破岩对比试验。破岩试验将锥形齿和镐形齿布置在滚刀体上, 通过两把滚刀相互的啮合进行破岩。其中锥形齿滚刀的刀齿间距为  $28 \sim 32\text{mm}$ , 齿排距为  $52 \sim 56\text{mm}$ ; 镐形齿滚刀的刀齿间距为  $22 \sim 28\text{mm}$ , 齿排距为  $40 \sim 44\text{mm}$ 。

### 2.4 试验结果与分析

在试验过程中, 设定刀盘转速为常量 ( $1\text{r/min}$ ), 主要考察因素是刀具受载与破岩体积的关系, 测量的数据为系统推压力及破碎体积, 未考虑滚刀在破岩过程中扭矩及刀盘转速的影响因素。

两种齿形结构的镶齿破岩滚刀在不同压力下的破岩结果, 见图6和图7。

试验数据表明, 在相同压力条件下, 镐齿破岩滚刀每转的破岩深度较锥齿滚刀深, 即在单齿承压较大的情况下, 镐形刀齿的破碎效果较好, 可以获得较大的破碎体积。通过观察镶齿滚刀破岩轨迹可知, 单齿试验所获得的镐形刀齿在滚刀体上的刀齿间距、齿排距等结构布置合理, 为镐形齿滚刀破岩钻进提供了设计参考依据。

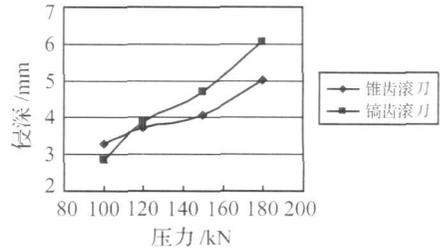


图6 压力—侵深曲线

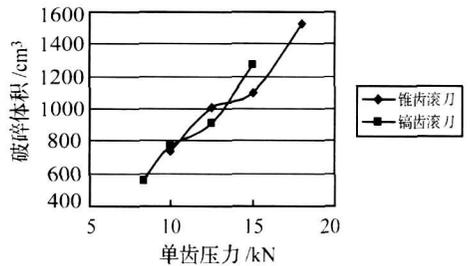


图7 压力与破岩体积关系图

## 3 结论

通过对不同结构形式刀齿破岩试验研究, 得出如下结论:

- 1) 刀齿加载在不同的岩石上, 侵入效果各异, 起主要作用的刀齿尖部的几何尺寸与形状, 对刀齿的破岩效果有很大的影响。
- 2) 单齿压入试验研究表明, 镐形刀齿在破碎中硬及硬岩时, 可获得较好的破岩效果, 其单位体积的功比消耗锥形齿小, 体积破碎趋势显著。
- 3) 刀具试验台的破岩试验模拟了现场工况, 初步反映了镐形镶齿滚刀的破岩效果, 并验证了刀齿结构布置的合理性。

### 参考文献:

[1] 东北工学院采矿系岩石破碎组. 牙轮钻单齿破碎岩石的初步研究 [J]. 东北工学院报, 1979 (2): 23~45

[2] 姜丽华, 刘金国. 新型硬及极硬岩石反井镶齿盘型破岩滚刀的研究 [J]. 矿山机械, 2003 (3).

[3] 王三牛, 佟功喜. 镶齿滚刀及滚刀钻头嵌岩技术的研究 [J]. 探矿工程, 2003 (4): 35~37

(责任编辑 崔永丰)