

# 采矿文集

凿岩新技术

3

冶金工业出版社

250  
975

# 采 矿 文 集

第 3 輯

凿 岩 新 技 术

冶 金 工 业 出 版 社

采矿文集 第3輯

潜岩新技术

—\*—

冶金工业出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

北京西四印刷厂印 新华书店发行

—\*—

1959 年12月 第一版

1959 年12月 北京第一次印刷

印数 2,512 册

开本 850×1163·1/32·92000 字·印张 4

—\*—

统一书号 15062·1935 定价 0.53 元

## 出版者的話

几年来，我国采矿工业在生产建设和科学研究等各方面有了飞跃发展，取得了很大成就。各矿在不断吸收国内和国外技术经验（主要是苏联的经验）和不断创造经验的过程中一日千里地前进。

为了及时介绍国内外的先进技术，广泛交流经验以满足采矿工业飞跃发展中广大职工学习技术的需要，我们决定按专题选编国内外有关采矿工业生产建设和科学研究的文章，以采矿文集的形式分辑出版。

在这本“采矿文集”第三辑中选编了6篇本国和国外有关鑿岩新技术方面的文章，都是目前正在研究的新技术，可供各地矿山生产、设计、研究单位的工作人员和大专学校采矿专业的学生参考。

## 目 录

金屬露天矿凿岩的主要經驗及发展方向.....	1
露天潛孔钻机.....	17
BM-150 型潛孔钻机.....	25
БАП-290 型自动潛孔凿岩机組.....	35
戈尼万斯克花岗岩露天矿 BA-100 型钻机的深孔凿岩 經驗.....	40
BMK-2 型钻机在竖井掘进中的使用經驗.....	42
哲兹卡兹干各露天矿 BY-2 型和 BMK-2 型钻机凿岩效率 比较.....	55
带滚輪钻头的 BCIII 型旋轉式钻机.....	58
压气排粉的 БАIII-250 型滚輪自动凿岩机組.....	61
捷尔任斯基矿的滚輪凿岩.....	64
貝斯特魯什斯克矿滚輪凿岩的技术經濟指标.....	68
УВБ-25 型振动旋轉式钻机.....	73
火力钻机.....	79
热力鉗子设计的理論与計算基础.....	89
无閘凿岩机.....	102
铁矿地下探矿深孔的凿岩机及风动冲击器凿岩經驗.....	108

## 金屬露天矿凿岩的主要經驗及发展方向

王 明 和

目前，我国和苏联露天矿在硬岩层中采用的凿岩方法是鋼繩冲击式凿岩法，其他国家（如美国、加拿大等）也基本上用鋼繩冲击式凿岩。到目前为止，依靠增加钻具的长度和加大钻头直径（由210毫米改为260毫米），以及改一字形钻头为馬蹄形钻头、合理地控制凿岩工作制度等一系列組織技术措施，使凿岩工效有很大的提高。总的看来，对鋼繩冲击式凿岩研究得已足够充分，鑑于工作原理，其效率很低，要进一步提高其效率的可能性已大为受限制。苏联石棉科学研究所的研究确凿的表明：甚至直接增加鋼繩冲击钻机的功率（如用功率高1倍的BC-1型钻机代替BY-2型钻机），也仅在同时增加所钻深孔的直径的情况下才为适宜，因而远远不能滿足爆破作业的要求。

特别是在硬岩中，鋼繩冲击钻机的进尺率极为受限制。例如，在 $f=16$ 的花崗岩中用VK6型钻机在八小时工作班內可钻直径200~300毫米的深孔达5米，这样一来，钻15米深孔必須花費三个班的时间。再者，此种方法以钻具对岩石的机械作用为基础，因此岩石硬度增高，鋼繩冲击钻机的钻具重量必須加重，即增加钻机的重量和电动机的功率。显然，此种钻机已不能适应愈来愈广泛的推行强力挖掘設備和大容量运输設備的要求，必須尽快地創造出符合露天作业綜合机械化的新式高效率钻机。所以各国在寻求新的凿岩方法方面均作了很多試驗研究工作，尤其是苏联近年来在新凿岩方法的探索和試驗研究方向作出了卓越的貢獻。

目前，国外露天矿中除采用鋼繩冲击钻机外，已日益广泛地采用潛孔钻机、滾輪钻机、振动钻机及火力钻机等新型凿岩設備，同时正在研究岩石的电物理破碎方法及設備，并部分地取得

成果。

我国自解放以来，在一穷二白的基础上，由于党的正确领导和苏联无私的帮助，出产了几种仿苏鋼繩冲击钻機（BY-20-2，BY-2，BC-1等），这对我国露天矿的发展起着很大的推动作用。去年以来，我国对国外凿岩新技术結合我国露天矿的具体情况，以社会主义建設总路綫为方針，大力地开展了研究工作，如研究潛孔凿岩、滾輪凿岩及火力凿岩等。

鑑于上述原因，下面分述各种新凿岩方法在各国露天矿中的应用、研究情况，以及发展趋势。

**潛孔鑽机凿岩。**潛孔钻機凿岩是苏联的伟大創举。这类钻機已日益广泛地代替鋼繩冲击钻機。下面首先介紹苏联在这方面的經驗。

苏联基洛夫磷灰石矿在1956年6~7月設計成功了露天矿用潛孔钻機。它是在BY-20-2型鋼繩冲击钻機的基础上，对桅杆加以改装，使帶有旋轉器及电动机的小車沿其上下滑动，并能借旋轉器、电动机及钻具的自重进行推进。該钻機使用的风动冲击器与IO-16型相类似，所不同的是钻头和气缸直径加大了，因而就使其冲击頻率增高，冲击功增大。該钻機在本矿条件下钻直径150毫米深孔时，班进尺为20~25米，而使用鋼繩冲击钻機钻直径200毫米深孔时，其班进尺平均为3~5米。在使用中发现此种钻機可在多裂縫岩层中正常的作业，但用鋼繩冲击钻機則必須采用套管，以避免孔壁塌陷。同时該矿認為，應該注意减小大型高冲击次数潛孔钻機的振动問題，并提出在风动冲击器和钻杆之間加装弹簧緩冲器是一解决办法。

戈尼万斯克花崗岩露天矿（花崗岩硬度系数 $f = 12 \sim 14$ ）采用BY-20-2型鋼繩冲击钻機凿岩，钻直径为200毫米的深孔时，班进尺为2~3米，而每米深孔的成本为60~65卢布，大块产生率也很高。为了降低凿岩成本和改善岩石的破碎情况，該矿于1957~1959年間进行了BA-100型钻機应用的試驗。試驗証明：

露天矿中采用 5A-100 型潛孔鉆机于花崗岩中鉆凿深孔，在經濟上是合理的；为了更广泛的采用此种鉆机，必須从結構上作一些改进——鉆具的升降和推进改用鏈条传动，加大推进行程至 4 ~ 4.5 米，鉆杆卡盘改用风动卡盘等。

別洛戈尔斯克露天矿机修厂还根据哈薩克苏維埃社会主义共和国科学院矿业研究所的建議制造了 СП5A-2 型自行式潛孔鉆机。本鉆机的自备压风机和提升絞車等工作机构均装在 ДТ-54 型拖拉机上。鉆具借自重推进。在該矿的条件下鉆直径为 150 毫米深孔时，平均班进尺为 15 米。与鋼繩冲击鉆机相比較，它有下列一些优点：工效比 5Y-20-2 型鉆机高 2 ~ 3 倍；能鉆斜孔，在开采急傾斜矿脉时可完全避免矿石的貧化；不合格的大块少；一人可操縱两台鉆机。

苏联科学院西西伯利亚分院矿业研究所会同馬格尼托戈尔斯克工厂，在 1956 ~ 1958 年間，为創造露天矿用新式高效率鉆机进行了大量的設計、試驗及研究工作。终于在 1958 年制出了 5M-150 型潛孔鉆机。其結構特点是鉆杆利用单独的旋轉和推进机构完成旋轉和推进动作，能保証在台阶全高上鉆孔时不停鉆和不必加长鉆杆。于同年 6 ~ 7 月在馬格尼托戈尔斯克露天矿进行了試驗。在  $f=14$  的岩石中台班进尺为 20.6 米。这次試驗并未达到設計能力（約 60 ~ 70 米/班），如果完全掌握了鉆机，一定会达到小时进尺相当于 5Y-2 型鉆机在同一条件下的台班进尺。試驗証明，5M-150 型鉆机比 5Y-2 型有許多重大优点；能在各种硬度多裂縫的、有粘土夹层和含水的岩层中鉆孔；就其速度而言，將比 5Y-2 型鉆机高 3 ~ 4 倍，如果考虑孔径差，崩矿效率也要高 1 ~ 2 倍，則每米深孔的凿岩成本低一半，純凿岩時間增至 85 ~ 90%。因此，馬格尼托戈尔斯克工厂于 1959 年将生产第一批 5M-150K 型新式潛孔鉆机。

“劳动”工厂（新西比利斯克）試制了国立鑛設計院的 5АП-290 型自行式冲击旋轉鉆机（使用 M-2500 型风动冲击



器)，并于1958年8月在包罗克花岗岩露天矿进行了生产试验。此种钻机用于露天矿的坚硬和极硬岩石中钻凿深达25米、直径为250毫米的深孔，使用BK-15硬质合金八翼状钻头。在 $f = 14$ 的花岗岩中当风压为2大气压时纯凿岩速度为2.5米/小时（实际上不能达到4大气压）。这种钻机所独有的特点是采用无螺纹接合的钻杆，因而大大地缩短了接棒钻杆的时间。同时钻机本身带有修磨钻头的砂轮。在试验中发现些缺陷，待消除后将送交诺里尔斯克矿冶公司。

克里沃罗格国立矿山机械设计院试制了CYB型冲击旋转钻机。它供露天矿在坚硬和极硬岩石中钻凿深达20米、直径150毫米的深孔用。在 $f = 14 \sim 18$ 的岩石中计算凿岩速度为63米/分，预计凿岩工效较BC-1型钻机要高1.5倍。

近年来，其他国家也开始采用带风动冲击器的潜孔钻机。

比利时斯捷努伊克公司于1953年设计了钻凿直径100毫米、深达50米的潜孔钻机。钻机的所有工作机构均装在轮胎车上。推进是依靠钻具的自重实现，岩粉用废风吹出孔外，并且桅杆能对垂直面倾斜 $20^\circ$ 工作。机重为1吨左右。生产实践证明，在坚硬石灰岩中的凿岩速度为4~4.5米/小时，在极硬岩石中为1.8米/小时，而在这类岩石中用钢绳冲击钻机钻孔的台班进尺仅为0.6米。比尔格斯矿用1台这种潜孔钻机替代了4台钢绳冲击钻机。它的优点是构造简单，操作方便，一人可操纵1台钻机。

美国英格尔索兰德公司出产有德里耳马斯捷尔型钻机。它供露天矿在各种硬度岩石中钻凿直径108、152和158毫米、深达50米的垂直深孔。在坚硬和极硬矿石中用直径为152毫米的十字形钻头的风动冲击器工作；在中硬以下又可采用直径为156毫米的三滚轮钻头工作。使用风动冲击器凿岩时的凿岩速度：在长层岩中为3.3~4米/小时；在坚硬岩石中为6.6~7.5米/小时。此外，如克沃里马斯捷尔型自行钻机，它备有一部活塞直径为200毫米的大型潜孔风动冲击器，自备两台总风量21.6米<sup>3</sup>/分的压风机。钻

其為自重推進，岩粉用廢風排出孔外。該鉆機用於鉆鑿直徑 152 毫米、深達 21 米的深孔，通常採用十字形硬質合金鉆頭。在石灰岩中的鑿岩速度為 15 米/小時。美國露天礦在堅硬和極硬岩石中也日益廣泛地應用潛孔鉆機鑿岩，如新康尼拉露天礦於 1957 年底已改用帶風動衝擊器的潛孔鉆機，使用 158 毫米的鉆頭進行濕式鑿岩。

使用風動衝擊器的鑽機在其他國家也有應用，特別是在西德各礦山中，無論是在鑿岩速度上，還是在設備效率上均取得了良好的指標。

我國在露天礦中使用潛孔鉆機方面業已展開了研究、試制工作。沈陽風動工具廠在蘇聯 ПШ-20 型潛孔鑿岩機的基礎上創制了 JK-20 型潛孔鑿岩機組。其他很多有關的研究機關、高等院校、設計部門及采礦企業都正在研究與試制。

在此順便談一下孔徑的選擇問題，因為孔徑的大小是鉆機的主要參數之一。

如所周知，近年來依據鋼繩衝擊鉆機的工效及爆破量，孔徑的趨勢是在保持鉆孔垂直的條件下增至 200 毫米以上。但這並未充分考慮到大塊的產生率、二次爆破量和成本、台階坡頂出現大塊浮石等因素。我們知道，崩礦的技術經濟指標取決於鉆機的構造及爆破參數，而後者又應根據挖掘機勺斗容積的大小有所改變。挖掘機勺斗容積同爆破作業參數之間的数量關係是很複雜的，而決定這一複雜關係的很多因素現在研究得還很不夠。但是考慮到在深孔裝藥爆破方面的研究工作之後，是有可能根據挖掘機勺斗容積選擇爆破作業參數的。

在國外文獻中，近來刊登許多採用直徑 100 毫米以下的深孔鑿岩的豐富經驗。蘇聯在孔徑選擇方向作了很多工作。如斯維爾德洛夫斯克礦業學院會同礦山工作人員的研究證明：鉆直徑為 200~215 毫米的垂直深孔時，大塊產生率達 35~40%；鉆直徑為 100 毫米深孔時，大塊產生率僅為 12%。蘇聯科學院礦業研究

所在研究了影响露天矿用深孔钻机最合理参数选择的全部因素之后，建議采用150毫米的孔径。美国則采用6~9吋钻头的冲击器钻孔。

因此，根据目前所用装运设备并考虑到崩矿的技术经济效果，露天矿深孔钻机的孔径应在150~250毫米的范围内，又应以較小的为最适宜。

从上述各国（尤其是苏联）使用潛孔钻机的經驗中，可以看出它較鋼繩冲击钻机具有下列重大优点：

1. 純凿岩速度高2~4倍，而崩矿效率高1~2倍；
2. 每米凿岩成本仅为鋼繩冲击钻机的一半；
3. 能在各种硬度的多裂縫、有粘土夹层和含水岩石中正常工作，而鋼繩冲击钻机工作时孔內則必須装有套管；
4. 潛孔钻机能钻傾斜深孔，因而可用在岩层条件复杂的矿床中钻孔，并在开采急傾斜矿床时还可避免矿石貧化；
5. 钻孔爆破后大块产生率低。

潛孔钻机除有一系列重大优点外，也有其缺点，如：钻头磨損大，要經常修理，影响凿岩效率；有大量地下水存在时，风动冲击器工作很困难，甚至不能工作，与鋼繩冲击钻机相比較，这是一大缺点。

根据各国在坚硬和极硬岩石（或矿石）中钻凿露天深孔的經驗及文献資料的綜合、分析，我們認為进一步改进潛孔钻机可从下述几方面着手：

1. 小型钻机的升降及推进钻具改用鏈传动装置，推进距离增至4~5米。
2. 钻杆卡盘风动化。在中型以上钻机中风动卡盘与风动推进机构（推进距离为0.5米左右）相联鎖，达到钻杆自动連續推进。
3. 采用高桅杆，达到钻一15米左右的深孔不接卸钻杆。
4. 改进钻杆的接合，大大地縮短此項輔助作业的时间。

5. 每根钻杆长度增至4~6米。
6. 能根据岩石的性状平稳地改变推进力。
7. 钻机本身备有钻头修磨设备。
8. 解决大型冲击器钻机工作时的振动。
9. 钻头直径在150~250毫米之间为最适宜。

**滚轮钻机凿岩。**按其钻具对岩石的作用，滚轮钻机亦属于冲击钻机类，但是这类钻机赋予滚轮钻头上的能量的传递是依靠旋转运动实现的。用压风吹洗孔底的深孔滚轮凿岩，在第二次世界大战后，于1946年首先为美国所采用。目前，一些著名的大公司组织了露天矿作业专用滚轮钻机的大批生产。

格尔索兰德公司生产有最轻型的德里耳马斯捷尔型现代钻机。

德若依公司出产一系列专用滚轮钻机，其中有：中型契姆比昂56-BH型，重型契姆比昂58-BH型和超重型契姆比昂60-BH型。这系列钻机使用直径为169毫米的OSC和OWC型标准三滚轮钻头。

比塞鲁斯伊里公司生产了50-R型大功率的现代滚轮钻机。但该机较重（总重50.7吨），使用不便，结果该公司又生产了新式较轻型40-R型滚轮钻机。

根据国外一些期刊的登载可知，德若依公司的重型契姆比昂58-BH型滚轮钻机在露天矿应用最广。此种钻机同其他这类钻机一样，所有工作机构均装在自行履带车上。在机架下方有液压千斤顶，前端中部配置着桅杆，因而可有成效地施于钻具以近似钻机自重的轴向压力。在桅杆一侧的机架上配置有司机室、传动轴、绞车等，而另一侧装有压风机。钻机的旋转为转子式的，推进采用液压缸，主轴上的夹紧卡盘为自动工作的液压卡盘。上述的旋转推机构可使桅杆高而轻。此外，还装有除尘器。机重为22.2吨，机组为185马力。美国龙塔露天矿（龙塔州）于1953年3月就利用58-BH型钻机替换了钢绳冲击钻机。在斑岩及花岗岩

岩中的平均凿岩速度为 9.44 米/小时（其中包括钻机的移动）。

初期試驗使用直径 165 和 187 毫米的 W7R 型三滾輪鑽头。所用的軸向压力：对于硬岩为 14~15 吨，在中硬岩石取为 12~13 吨，而在軟岩中則取为 9~10 吨。钻凿花崗岩时这种鑽头并不适宜，因为鑽头磨損迅速，凿岩速度低。因此，后来推行直径为 172 毫米的 R-1 型三滾輪鑽头。它鑲有金屬陶制碳化錳圓柱状半圓头硬質合金（相当于苏联牌号 BK-8 或 BK-15）。用此鑽头钻凿花崗岩时的平均凿岩速度为 9.75 米/小时（采用的軸向压力为 16 吨）。

比塞魯斯伊里公司的 50-R 型旋轉鑽机也較普遍的应用。买阿米露天矿用这样一台鑽机替换了三台鋼繩冲击鑽机和一台水平鑽机。鑽机的构造特点是：前部中央配置桅杆，主軸由电动发电机组拖动的专用旋轉器带动旋轉，而推进动作則由液压馬达上的齿輪沿齿条滾轉实现（如同单斗挖掘机的推进机构）。此外，还有三个液压千斤頂，由液压传动装置拖动的卷筒和两台压风机。主軸轉数为 40~200 轉/分，軸向压力达 29 吨。机重約 45 吨多。机组总功率为 342 馬力。

加拿大某露天矿的經驗表明，在同样条件下，用带 R-1 型新式鑽头的比塞魯斯 50-R 型鑽机时班进尺为 46.6 米，而用鋼繩冲击鑽机时仅为 5.2 米。

在苏联，压风吹洗孔底的深孔滾輪凿岩試驗是从 1956 年开始的；由莫斯科矿业学院凿岩爆破教研室工作组在瓦赫魯謝矿务局的露天矿中进行的。使用的凿岩设备是 6V-2 型鋼繩冲击鑽机，但去掉其上的冲击鑽具，而加装苏联煤炭部卡尔宾斯克机械制造厂制造的 ПБ6-150 型滾輪凿岩工具。其凿岩参数为：軸向压力 1.3 吨，鑽杆組旋轉速度为 85~130 轉/分，推进行程为 1.8 米。使用的鑽头为苏联石油工业部上謝尔吉因斯克工厂造的直径为 140 毫米的 6-A 型标准硬質合金三滾輪鑽头（实际孔径为 135 毫米）。鑽杆外径为 123 毫米，壁厚为 5 毫米，一根长度为 1.8

米，相互間为錐螺紋連接。接卸鉗杆要用扳手擰。鉗机还隨帶一台 ЗИФ-ВКС-5 型移動式壓風机，這台鉗机初次試驗無除塵裝置，在 1957 年開始採用 ЭВЛ-4 型抽風机除塵。

根據石灰岩硬度的不同，這台鉗机的純齒岩速度由 35~40 到 80~90 毫米/分，甚至達到 200 毫米/分。班進尺達 40 米。但平均指標却因不同故障而很低，在掌握新設備時這是很普通的。最主要的原因之一是輔助作業（接卸鉗杆組等）的時間太長。

這次試驗為蘇聯露天礦中有成效地推行滾輪齒岩奠定了基礎。並確定今後必須：

1. 製造自備壓風机和除塵裝置的鉗机。
2. 增加旋轉器的推進行程，至少達到 4.5 米，以使擰卸鉗杆的輔助作業時間降到最少。
3. 製造出軸向壓力達 12 噸以上的專用鉗机，以保證能在硬岩中鉗直徑為 200 毫米的深孔。為此，鉗机應具有某種推進机构。
4. 迅速開展在高硬度和研磨性岩石的露天礦中進行滾輪齒岩的科學研究工作。

隨後，國立采煤機械化設計院設計了 БСШ 型自行式旋轉自動化鉗机。它是供在露天礦的中硬（ $f = 10$  以下）岩石中鉗齒垂直或傾斜  $30^\circ$  的直徑 210 毫米、深達 24 米的深孔用。這台鉗机的特點是鉗杆轉數和推進速可不停鉗自動調節，而軸向力則可視岩石硬度的不同而改變，另外，輔助作業均已全部機械化。鉗机最大軸向壓力達 13 噸，鉗具轉數為 30~300 轉/分，機重為 32 噸。試驗證明，當  $f = 10$  以下時，台班進尺達 120 米。

蘇聯國立錄礦設計院設計了 БАШ-250 型自行式滾輪鉗机。它用於露天礦中鉗齒直徑 250 毫米、深達 22.5 米的垂直深孔。其結構特點：鉗具用鋼繩液壓推進机构推進，這可無級調節施于孔底的軸向壓力由 0 到 25 噸；鉗杆由電動發電機組拖動的轉盤帶動旋轉，因而可平穩地調節轉數由 0 到 150 轉/分。所以此種鉗机可

視岩石硬度的不同选择最适宜的凿岩制度。岩粉用压风排除。经过技术经济计算证明，在类似条件下（硬岩以下），采用 6AH-250 型钻机比用 6C-1 型钢绳冲击钻机较为适宜。制出的钻机曾在诺里尔斯克“麦德越日依鲁切依”矿进行过试验。

苏联运输建筑部于 1958 年制造出一批 6TC-2 型钻机。它用于钻凿向下、倾斜和水平深孔。整个钻机装于 C-80 型拖拉机上。在  $f=14$  的花岗岩中用直径 225 毫米的滚轮钻头以 10 吨的轴向压力凿岩时，每班进尺达 15 米。本钻机使用全苏凿岩技术科学研究所试验工厂制造的 6BK 型滚轮钻头，其耐磨程度为 17 米；现在该所又设计两种高强度的 1H-6BK 和 1H-8BK 型滚轮钻头。

除上述几种类型之外，还有一新类型的钻机，即苏联科学院矿业研究所与有关单位设计试验的滚轮冲击钻机。其钻具的特点是：中心为风动冲击器凿岩，而周围用滚轮扩孔。

据悉，苏联准备在乌拉尔等广大矿区大力推行滚轮凿岩（除像克里沃罗格矿区适于火钻的以外）。

我国露天矿使用滚轮钻机凿岩的试验研究工作，在去年才有所萌芽。今年鞍钢系统某一露天矿首先开始滚轮凿岩的试验。许多有关研究机构也正在进行这方面的研究工作，预计很快就会进入工业试验阶段。

根据各国使用滚轮钻机的实际经验及试验室研究可知，纯凿岩速度与轴向压力、主轴转速成正比，但钻头的耐磨性降低了。另外，强力吹扫孔底也是提高凿岩速度和延长钻头寿命的主要条件。最适合的凿岩制度是大轴向压力（12 吨以上），低转速（主轴每分钟 80 转左右。当转速超过 100 转/分时，钻机产生很大的振动，钻杆常折断）。在石灰岩类型砂页岩、斑岩和铁矿石中用滚轮钻机凿岩时，小时进尺在 3 ~ 12 米范围内。

从上述各国使用滚轮钻机凿岩的简短介绍及综合文献资料中不难看出，滚轮凿岩较钢绳冲击凿岩有效，它有广阔的发展前途，并可迅速的取代钢绳冲击凿岩。但是，在露天矿硬岩中推行

滾輪齒岩尚存在一些問題：1) 滾輪支座的強度不能承受很大的軸向壓力；2) 輪齒固定不牢，易于磨損；3) 外排輪齒配置不當，引起鉆头和深孔的直徑迅速減小等。

可見，為了在露天礦中迅速推行滾輪齒岩，必須進一步改進滾輪鉆機。我們認為，今后的研究工作應首先解決下述兩個課題：

1. 必須創造出軸向壓力達12噸以上的現代化鉆機。

2. 以用12噸以上軸向壓力鉆鑿硬岩時增強滾輪支座及硬質合金齒的強度為目的，進行提高滾輪鉆頭質量的工作。

**振動式旋轉鑽機齒岩。**此種鉆機齒岩是蘇聯的偉大創舉。其工作原理基本上與滾輪鉆機相同，所不同的是對鉆具除施加軸向壓力外，還施加振動力。

蘇聯地質保礦部中央設計總局為了創制新型高效率鉆機，對各種齒岩方法以及美國所廣泛採用的各種滾輪鉆機作了充分的研究，最後決定設計一種振動式旋轉鉆機，並於1955年創制了第一台YB6-25型鉆機。鉆機的基本參數：齒岩深度為25米，直徑達150毫米，施於孔底的軸向壓力為3.5噸，振動器傳給鉆頭的撓動力為3750公斤，鉆具每分鐘的振動次數為1700次，而轉數為每分鐘36轉，使用三滾輪鉆頭，機重為6.9噸。

1956年在薩爾塔什花崗岩露天礦進行了樣件的試驗。試驗中發現用振動器的齒岩速度隨孔深的增加而逐漸降低，為消除這一缺點改用振動鉆振動。在 $f=12\sim14$ 的花崗岩中小時進尺達到3~3.5米。

經初步試驗認為：

1. 在同樣條件下，齒岩速度與滾輪鉆機相同時，鉆機重量僅為其 $\frac{1}{3}\sim\frac{1}{4}$ 。

2. 鉆頭的壽命延長1.5~2倍，因而改善了經濟效果。

3. 本鉆機不僅使用滾輪鉆頭，而且還可使用鑲柱狀硬質合金的十字形或板狀鉆頭，從而便于現場自行製造。



4. 地質条件复杂时也可用一只鉆头鉆完一个深孔。

可以看出，此类鉆机無論是在凿岩速度方面，还是在經濟效果方面均不亚于滾輪鉆机，在坚硬以下岩石中鉆孔有着廣闊的发展前途。

**热力凿岩** 热力凿岩是近代采矿工业中具有革命意义的凿岩方法。利用不同热能源对岩石发生作用而达到破碎目的的很多方法均属于热力凿岩方法，但大体上可分为两种类型：一种是熔融岩石和部分的烧熔岩石达到鉆孔目的的；一种是利用火焰加热岩石引起热应力而致使破碎的。前者岩石熔融失去机械强度，但溶渣不易排出孔外，造成了繼續烧孔的不利条件，使鉆孔效果不好，因此未被采用；后者的鉆孔效果良好，为目前热力凿岩的基本方法。

目前各国露天矿所使用的都是按后一种原理工作的“使用噴火燃烧器的鉆机”或簡称为噴火鉆机或火力鉆机。

噴火燃烧器鉆孔的过程及原理如下。煤油用經過噴射咀噴出的氧帶出并霧化，两者混合后进入燃烧室，在其中形成的气态产物受室內压力作用，使溫度升高到 $3000^{\circ}\text{C}$ 以上，以超音速度（ $1500\sim 1800$ 米/秒）从噴咀孔呈致密的赤热火焰气流噴往孔底，使表面岩石迅速加热，在岩石內部产生很大的温差应力，致使岩石破碎。被破碎的岩石微粒則由废气和水蒸汽帶出孔外，从而就露出新岩石表面，再受加热……最后鉆出孔来。

試驗研究証明，鉆孔的效果与热膨胀系数成正比，与弹性模数成反比。导热系数和极限强度愈高，越难以鉆孔。对于石英岩及其他矽酸岩而言，当溫度达到 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 时，岩石就会破碎。

火鉆的燃烧器种类很多，对鉆凿多裂縫岩石而言，則以旋轉式三噴咀燃烧器为最有效，它能够保証均匀的破碎孔底。

热力凿岩的发展历史比較久。早在古代我国就已开始采用火力采矿。自1902年起，开始出现氧化枪凿岩，但真正的試驗是