

液压劈裂机在石材开采中的应用

(发布日期: 2010/2/8 8:37:10) 【字体: 大中小】 来源: 中国石材市场

童海海

武汉市洪山区关山街黄金山路1号(430074)

摘要: 介绍了液压劈裂机的构成和工作原理以及操作方法。主要内容有: 石材的破裂特性; 液压劈裂机的结构及工作原理; 劈裂机液压系统与控制; 液压劈裂机的正确操作。

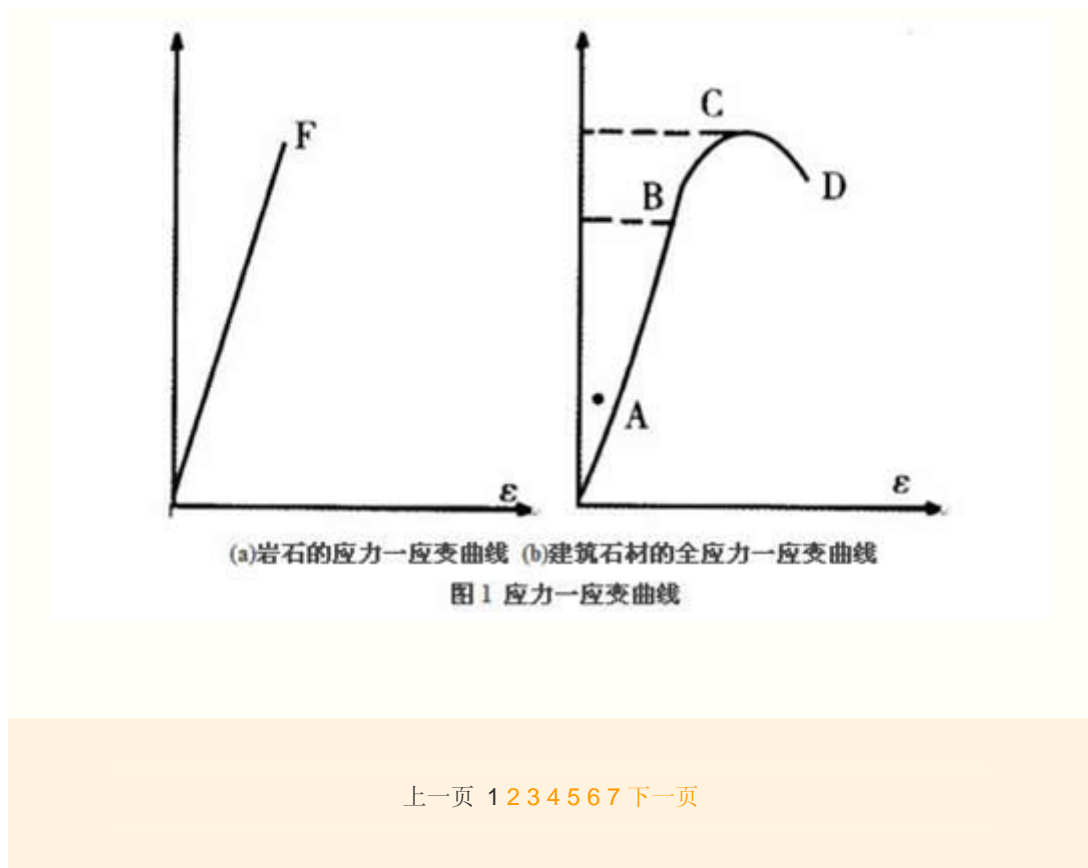
关键词: 劈裂机构造原理 液压系统操作 液压劈裂机

前言

液压劈裂机是利用普通物理尖劈原理和液压传动原理, 将轴向液压推力变为横向劈裂力的一种装置。我国是一个石材资源丰富的国家, 开采石材往往遇上大块荒料需要二次解体问题。现行的二次解体方法主要有: 手工锤击破碎法, 钻孔加膨胀水泥胀裂法, 炸药二次爆破法, 挖掘机加液压锤的冲击破碎法等。这些方法都存在着一定的缺点, 前两种方法效率非常低, 第四种方法虽然效率较高, 但是由于设备费用昂贵, 中小企业难于接受。目前, 比较普遍的还是采用炸药进行二次解体。对于大块岩石的二次爆破, 危险性较大, 一是经常出现人身伤亡事故; 二是由于每年有大量的炸药、导火索、雷管在民间流通和使用, 管理难度非常大, 一旦流失, 就会给人民生命财产安全和社会安全带来隐患; 同时还存在环境污染、资源浪费等问题。因此, 有些矿山根本不允许采用炸药进行二次爆破。探寻一种安全高效、操作简便、成本低廉的二次解体方法一直是业内人士所关注的热点课题。液压劈裂机的出现解决了这一难题。利用液压劈裂机进行大块的二次解体, 具有传统方法无法比拟的效率 high、成本低、操作简单、安全可靠等优点, 且使用效果良好, 是一种理想的二次解体设备。本文简要介绍液压劈裂机的结构、工作原理、操作方法。

1 石材的破裂特性

了解石材的破裂特性是掌握液压劈裂机的劈裂原理和进行正确设计和使用设备的基础。大多数岩石的应力—应变曲线, 近似直线, 见图 1—**a**, 并可用 F 表示。式中: ϵ —为岩石的应力; δ —为岩石的应变; E —为岩石的杨氏模量。该直线因岩石突然断裂破坏, 而在 F 点终止, 表现为典型的脆性破坏特征。

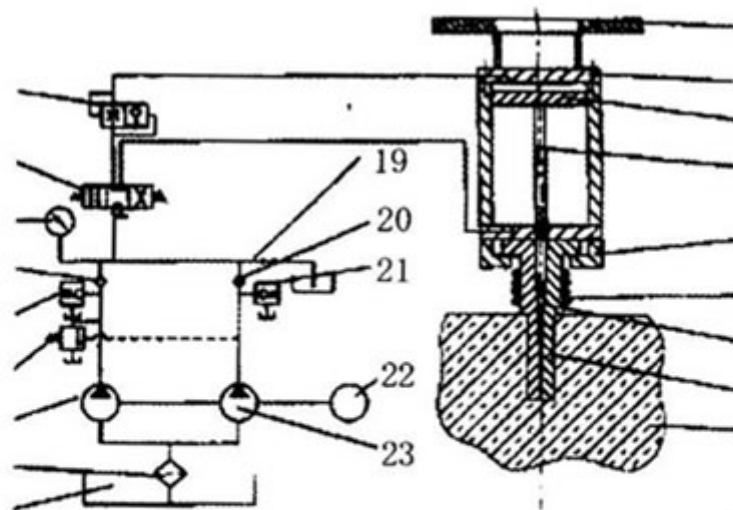


用作建筑材料的岩石，其全应力—应变曲线，见图 1-b，虽有所不同，大致可分成 OA，AB，BC 和 CD 四段。在 OA 和 AB 段，应力、应变近于弹性，并伴有轻微滞变，当加载或卸载时，岩石的结构和性质无不可逆变化；在 BC 段，应力—应变曲线的斜率，随应力增大而逐渐减小到零，当加载或卸载时，岩石虽将产生不可逆变化，即出现永久变形，但亦不失去抵抗外加载荷的能力，故岩石在该段处于延性状态；在 CD 段，岩石抵抗载荷的能力随变形的增加而减小，应力由 C 点的最大值逐渐下降，表现出负的应力—应变曲线斜率，但最终在 D 点因突然断裂破坏而终止，仍表现为脆性破坏的特性。

岩石单轴受压条件下，产生不规则的纵向裂缝。其破裂处，一部分为剪切破裂状态，而另一部分则是拉伸破裂。即当压头侵入岩石时，在接触处产生剪切破裂，而在其边缘处则引起径向拉应力，结果使脆性岩石发生纵向劈裂。

2 液压劈裂机的结构及工作原理

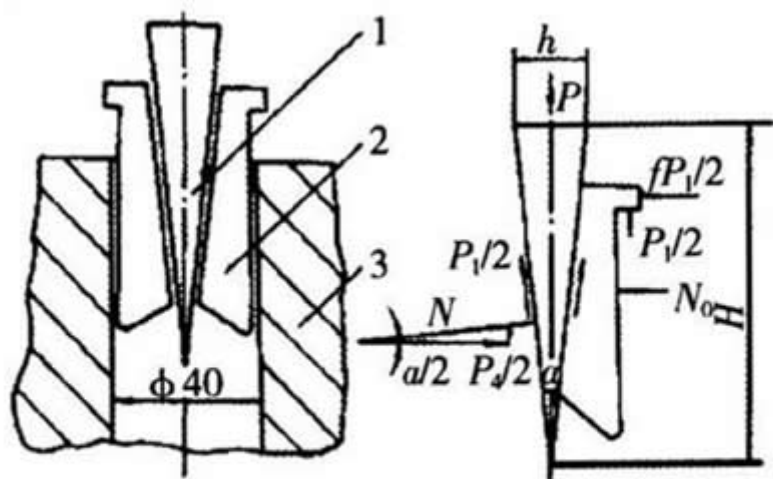
2.1 液压劈裂机的劈裂原理



1—油箱；2—过滤器；3—低压泵；4—溢流阀；5、21—安全阀；6、20—单向阀；7—压力表；8—换向阀；9—管道破裂阀；10—劈裂头把手；11—缸体；12—活塞；13—活塞杆；14—滑槽；15—回程弹簧；16—内楔块；17—外楔块；18—石料；19—截止阀；22—电动机；23—高压泵

图2液压劈裂机的结构

如图2为YP系列液压劈裂机的结构组成及工作原理。该机由动力供给系统(泵站)、控制元件、液压管路、液压缸、楔块组件等构成。工作时，泵向系统提供高压油，经控制元件、液压管路而进入液压缸的无杆腔，推动活塞向下运动，通过楔块组件的放大将纵向的推力转化为横向的劈裂力，使矿岩分开。



(a)尖劈分裂器示意图 (b)尖劈及楔片受力图

1—尖劈；2—楔形片；3—岩石体

图3尖劈分裂器及尖劈及楔片受力

图 3 为尖劈分裂器和尖劈及楔片受力图。如图 3—a 所示，与液压劈裂机活塞相联的尖劈并不直接劈裂岩石，而是在尖劈两侧还有一对楔形片，即两楔片夹着尖劈组成一个 40mm 的圆柱体一分裂器。在预定的岩石分裂线上事先钻若干 $\phi 40\text{mm}$ 的孔，然后将分裂器分别插入这些孔内，当液压劈裂机通入高压油后即可在上述孔内同时产生劈裂力，致使岩石按预定的位置和方向裂开。

当楔形压头受压而侵入岩石时，岩石局部发生粉碎或呈塑性变形而形成袋状或球状核，通常称之为密实核。压头在压入岩石过程中，侵入深度不会随载荷增加而均衡增加，只是当其达到某一临界值时，便发生跃进式破碎现象。这时，密实核旁侧的岩石出现崩碎，载荷暂时下跌，压头继续侵入到一个新的深度，载荷再度上升，侵入和载荷又恢复到某种比例关系。如此循环，直至岩石破裂。整个过程的载荷——侵深曲线呈波浪形。越是脆性岩石，跃进式侵入特点越明显，塑性材料则较缓和。载荷—侵深曲线各上升段的斜率大致相同，即增加单位载荷所增加的侵深近于常数。曲线下降部分的情况与岩石及加载机构的刚性有关。

2.2 尖劈斜面处摩擦系数及劈裂力的理论计算

如图 3-b 所示，各力在轴向 y 的投影 $\sum Y=0$ ，即

$$P=P_n+P'f$$

式中， P ——液压缸总液压力， kN ；

P_n ——斜面处正压力， N 在轴向的分力，即

$$P_n=2Nsina/2, \text{ kN};$$

$P'f$ ——斜面处摩擦力 Pf 可在轴向的分力，

$$\text{即 } P'f=2Nfcosa/2, \text{ kN}。$$

一般 $a=3^\circ\sim 5^\circ$ ， $a/2$ 角很小，可取 $cosa/2\approx 1$ 。

又 $tga/2=h/2H$ ，而 $tga/2=sinod2/cosod2\approx sina/2$ ，

$$\text{即 } sinod2\approx h/2H。$$

$$\therefore p=\pi d^2p/4=2Nsina/2+2Nfcosa/2\approx 2N(h/2H+f)$$

$$\therefore f\approx \pi d^2p/8N-h/2H \quad (1)$$

式中 f ——斜面处摩擦系数；

p ——工作油压力，MPa；

d ——液压缸直径，cm。

式(1)给出了几何参数 d 、 h 、 H 与 f 的关系，也给出了变量 P 、 N 值与 f 的关系。当选定油压 P 并测出实际劈裂力 N 之后，即可求得 f 值。严格地讲，实际劈裂力应是楔片对岩石产生的垂直于岩石孔壁的合力

N_o 。如图 3b 所示，由 $\sum Y=0$ 、 $\sum X=0$ ，可得：

$$N \sin \alpha/2 + N_f \cos \alpha/2 = P/2$$

{ (2)

$$P/2 + N_o + N_f \sin \alpha/2 = N \cos \alpha/2$$

式中： P ——楔片耳与缸体接触处产生的压力，kN；

$P/2$ ——一侧楔片在尖劈作用下作侧向

运动时的摩擦阻力，kN；

N_o ——岩石的反作用力，即实际劈裂力，KN。

因为 $\alpha/2$ 角很小，取 $\sin \alpha/2 \approx 0$ ， $\cos \alpha/2 \approx 1$

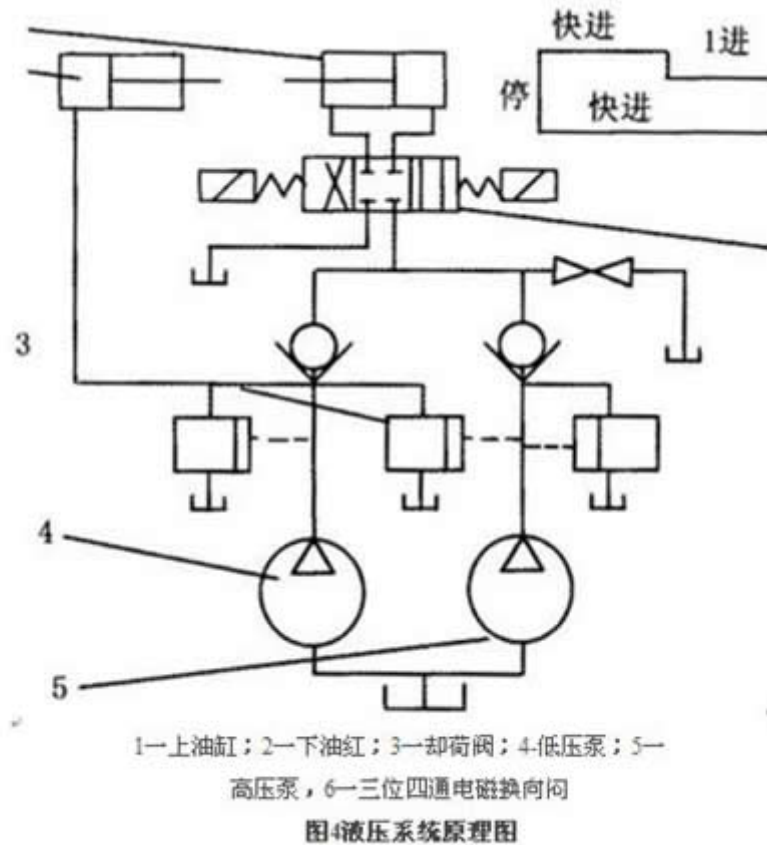
解联立方程(2)，即得：

$$N_o \approx N(1-f^2) \quad (3)$$

一般 $f=0.03$ ， $f^2 \approx 0$ ，故可取 $N_o \approx N$ ，即实际劈裂力近似等于尖劈斜面处的正压力。

3 劈裂机液压系统与控制

液压系统是劈裂机的核心部分，系统的结构和性能劈裂机工作安全性、可靠性、生产力具有重要影响。YP 系列液压劈裂机液压系统如前所述，该劈裂机有上、下两个油缸。上油缸有空行程快进、劈裂工进和快退三个动作。据此，设计了双泵液压系统，见图 4。



该系统作业过程：首先，开动低压油泵 4(此时，电磁阀 6 断电，处于切断上油缸 1 油路的中位，且上油缸 1 的活塞此前已处于其上端的极限位置)，下油缸 2 的无杆腔进油，其活塞杆顶起工作台，使下刀具隐没，以便将被加工石料置于工作台上，并对位；按快进电钮，开动高压油泵 5，并使电磁阀 6 通电左移，两油泵同时工作，共同向上油缸 1 的无杆腔供油，推动上刀具快速下降；当上刀具顶住石料时，高压泵 5 的油压迅速上升至卸荷阀 3 的调定压力，阀 3 启动，使低压泵 4 卸荷空转，下油缸 2 的无杆腔回油，工作台下沉，下刀具顶紧石料，此时仅高压小流量泵 5 工作，推动上刀具缓慢工进，对石料施压，将其劈裂；石料劈裂后，上刀触发下行程开关(也可按快退电钮)，使电磁阀 6 右移换向，高压泵 5 的压力迅速降到阀 3 的调定压力之下，使其复位；停止卸荷，两油泵又共同向油缸 1 的有杆腔供油，使刀具快退，直至触动上行程开关，使阀 6 泵 5 同时断电，上刀具停在上极限位置，而工作台又被下油缸 2 顶起，将被加工好的石料卸下，完成一个工作循环，劈裂机又处于下一工作循环的开始状态。

此液压系统结构简单，仅适用于花岗岩劈裂机。对于适用范围较广，尤以劈裂易脆性破碎石材的劈裂机，则需据材质调整劈裂力和进刀速度，以避免碰撞损耗。为此，需另外设计液压伺服系统。该系统不仅应满足工作需要，还能使耗功最小，其主要参数包括：伺服阀流量、油泵压力和液压缸活塞有效面积。首先，按前述方法计算劈裂力，进而确定油泵压力；然后，按 P—Q 计算尺原理，用下式计算能使系统功耗最小的流量：

式中， Q_M ——为最佳流量， l/s ；

n ——为上油缸两腔的流量比；

a ——为上油缸活塞杆的截面积， m^2 ；

yM ——为活塞空载时的最大速度， m/s 。

按式(4)算出的 Q_M 选取流量伺服阀和液压缸活塞面积，设计液压伺服系统，见图 5，其中 C 为机座自然刚度， μ 为压力反馈系数。该系统在刀具快进接近石料时，位移传感器发出信号，使刀具减速，避免碰撞损耗；在工进时，由装在机座上的压力传感器发出信号，使刀具按一定速度(据被加工石质确定)进给，因而控制了劈裂力的增长速度，减少石材破碎损耗；石料被劈裂后，压力传感器及时发出信号，使刀具快退。

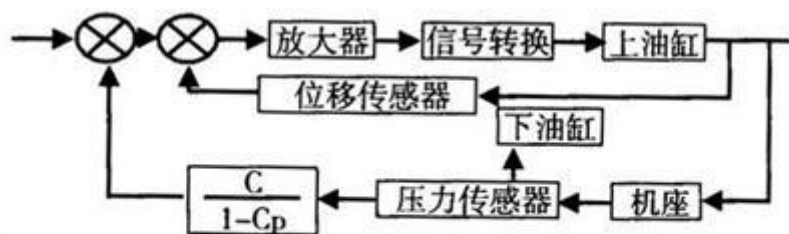


图5 劈裂机液压伺服系统框图

4 液压劈裂机的正确操作

正确使用和规范操作是提高液压劈裂机工作效率和产品质量的保证。操作者液压劈裂机必须仔细阅读了机器使用说明书，了解机器各零部件的作用性能，严格按照操作规程作业。

4.1 大块石材二次解体的操作方法

采用液压劈裂机对大块进行二次解体时，首先，要检查设备各部位是否安装完毕，各连接部位是否牢固可靠设备各部件是否正常。然后按如下步骤操作：

4.1.1 用凿岩机在岩石上钻孔，钻孔直径取决于液压劈裂机楔块组件工作部分的外径大小，而楔块组件的大小取决于现场的岩石大小，岩石体积较大，选用大直径楔块组件，还可小直径多孔，岩石体积较小，选用小直径楔块组件。钻孔深度一般为 300~400mm。钻孔时注意，矿石钻孔的方位应垂直于孔所在的表面，孔的大小应与劈裂器的直径相适应，钻孔的深度比楔块组件插入长度深 110~150mm。严禁打斜孔和浅孔，不应在受力不好的位置打孔。

4.1.2 将劈裂器插入孔中，根据需要适当调整劈裂方向。

4.1.3 启动泵站。

4.1.4 控制换向阀,使活塞伸出,进行劈裂,待岩石裂开一个很小细纹后,换向阀换向,活塞杆及内楔块缩回,转动劈裂器,使其与开始的裂纹方向转一个角度,然后进行再次劈裂,这样可以将一块岩石解体为多块。

4.2 多块劈裂法

液压劈裂机用于大批量劈裂时,须配用凿岩机打孔,以先分割大料。凿岩机打孔时,每台劈裂机需配二台,以提高劈裂机的生产效率。在预先钻好的孔内放入单头液压劈裂器,启动电机,当液压缸活塞杆推动楔块向下运动时,注意观察,当看到石材沿孔口出现裂纹时(也可以从压力表上观察,当压力升高到一定值时突然下降)换向阀换向,这时楔块反向运动,当其复位后将劈裂器转动一个角度,重复上述劈裂过程,这样可以在一个孔内进行多方向劈裂,将石材劈裂成多块,减少钻孔的工作量。

5 结论

我国石材产量占世界第一位,在矿山开采中需要对大量的大块岩石进行二次解体。石材的劈裂,向来依靠石匠手工敲凿,不仅效率低,而且劳动强度大。液压劈裂机用于岩石进行二次解体,成本低、再创造的产值高,很好地解决了石材二次解体难题。由于大部分岩石的抗压强度远远大于其抗拉强度和抗剪强度,其比值大约为 10:1。因此,从内部劈裂大块岩石,是最省力的方法之一。液压劈裂机结构简单、操作方便、安全可靠、劈裂速度快、效率高、成本低、经济效益和社会效益显著。使用证明该机完全可以取代炸药的二次爆破,是大块岩石二次解体的理想方法之一。

液压劈裂机工作时,摩擦阻力的影响是不可避免的。摩擦阻力可以显著地减少劈裂力。一般情况下,实际劈裂力仅为理论值的 30%~60%。在摩擦副不变的情况下,摩擦系数随着劈裂力和工作油压的增大而增大。降低摩擦阻力是提高液压劈裂机性能的主要途径。为此,除了在摩擦副材料选择、热处理、表面处理等方面进行努力外,还应选择合理的尖劈角度。我们相信,随着城市建设的发展和石材产业繁荣,液压劈裂机的市场潜力巨大,具有广泛应用前景。

参考文献

- [1]周益民.摩擦阻力对液压劈裂机劈裂力的影响 锻压机械, 1999(4): 44—45.
- [2]闻德生,潘景晟,吕世君.YP 系列液压劈裂机在石材荒料二次解体中的应用.石材, 2003(2): 18—20.

[3]雷天觉.液压工程手册[M].北京：机械工业出版社，1989.

[3]何开明，汪承林.石材劈裂机理及劈裂机研制 U]非金属矿，1996(5)： 54—57.

[8]潘景升闻德生，吕世君，等.液压劈裂机在铁矿开采中的应用机械工程师，2001(11)：
57—59.