

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96197468.0

[45] 授权公告日 2001 年 10 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1072353C

[22] 申请日 1996. 8. 2

[21] 申请号 96197468.0

[30] 优先权

[32] 1995. 8. 4 [33] US [31] 60/001, 929

[86] 国际申请 PCT/US96/12749 1996. 8. 2

[87] 国际公布 WO97/06402 英 1997. 2. 20

[85] 进入国家阶段日期 1998. 4. 6

[73] 专利权人 罗克明控股有限公司

地址 澳大利亚西澳大利亚

[72] 发明人 约翰·D·沃森

[56] 参考文献

US4886126 1989. 12. 12 E21B43/117

审查员 邹涤秋

[74] 专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

代理人 陶风波

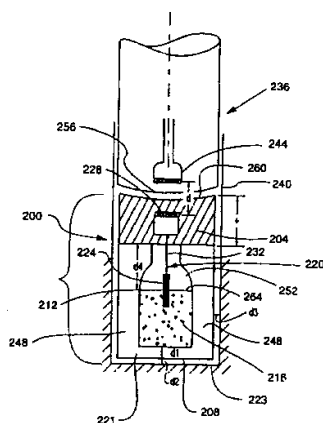
权利要求书 3 页 说明书 29 页 附图页数 20 页

[54] 发明名称 用于破碎硬材料的装置

[57] 摘要

岩石和其它硬材料,如混凝土,是通过一受控小药量引爆工序来破碎的。该工序是通过给钻孔底以一种方式加压,从而在孔度周围引发并扩展一受控裂缝或扩展任何预存在裂缝的方法来完成的。一包含有炸药的炸药包插在岩石上钻的短孔内。炸药的配置可以在孔底提供一理想的压力,它包括(如果需要的话)一在孔底增强微裂缝的强冲击脉冲,炸药包被保持在某一位置或者通过由高强度材料(如钢)制成的坚实的堵塞杆堵住。炸药可以用包括标准电动引爆筒在内的多种方法来引爆。炸药包提供额外的内部容积,用以控制引爆炸药产生的压力在孔底容积中的作用。将高压气体保持在孔底,直到通过受控裂缝的打开才释放,这种基本的方法是通过坚实的惯性塞杆来实现的,它阻止气体沿钻孔流动,除非在堵塞杆和钻孔壁之间有小的泄漏通道。这种小的泄漏还可以通过炸药包和堵塞杆的设计特征来进一步减少。堵塞杆最好和固定在一托架的悬臂连接。在一个

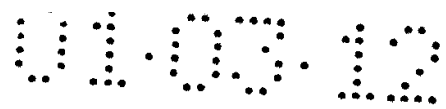
优选实施例中采用了一分度机构,以允许在同一悬臂上使用钻头和小药量引爆装置来钻孔、加药和引爆。这种方法和装置的主要特征是飞石的能量相对低,破碎岩石所需的炸药相对较少。





权 利 要 求 书

1. 一种用于破碎一硬材料的装置，其特征在于，该装置包括：
一炸药包，其具有一炸药包基部和一连接在炸药包基部的外炸药包壳，
5 该炸药包位于一材料中的孔的底部；
一堵塞元件，用于堵塞材料中的孔，该堵塞元件从孔的开口向孔的下部延伸，炸药包基部设置在邻近堵塞元件的端部；
其特征在于，所述炸药包包括一炸药，其中，炸药和堵塞元件的孔下端部分开并相隔一距离，从而消耗炸药引爆过程中产生的爆炸冲击波，以保护
10 该堵塞元件免受爆炸冲击波，其中，炸药包基部具有一第二屈服强度，其小于堵塞元件的一第一屈服强度，并且外炸药包壳的至少一第一部分容纳所述炸药。
 2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包基部的厚度大致为为
50 ~ 250mm。
 - 15 3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述第二屈服强度不大于所述第一屈服强度的 75 %。
 4. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包基部接触堵塞元件的端部。
 5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包基部是锥形的，外炸
20 药包壳的第一部分盛有炸药，外炸药包壳的一第二部分具有一空间，而外炸药包壳的一邻近炸药包基部第三部分是锥形的，从而当炸药包基部在爆炸冲击波作用下的反弹时密封孔中的炸药包。
 6. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，外炸药包壳的一前端部位于外炸药包壳上与炸药包基部相对的端部，并且该前端部的厚度大致上在
25 0.75 ~ 5mm 之间，而炸药包基部大致上具有 50mm~250mm 的厚度。
 7. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药是从下列一组炸药中选取的，这些炸药包括；硝酸和硝基甲苯的混合物，硝化甘油，混合物 3，混合物 4，Octol，乳胶体，水胶质炸药，和甘油炸药。
 8. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述外炸药包壳具有一开口
30 空间。
 9. 如权利要求 8 所述的装置，其特征在于，所述空间具有一间隙容积，



炸药有一炸药容积，间隙容积是炸药容积的约 200 ~ 约 500 %。

10. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药和孔底相隔不大于 15mm 的一第二距离。

5 11. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述距离大致上为 0.5 ~ 3.0 英寸。

12. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，至少堵塞元件和炸药包基部当中一个包括导向元件，用于相对于堵塞元件端部对准炸药包基部。

13. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，堵塞元件包括一主感应线圈，炸药包包括一副感应线圈，主、副感应线圈彼此电接合，以引爆炸药。

10 14. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包的长度直径比大致为 1 ~ 4。

15. 如权利要求 1 所述的装置，还包括：

密封元件，用于密封孔底的炸药包，从而在孔底加压，从孔底角部形成裂缝，并且其中堵塞元件包括插入孔中的细长杆。

15 16. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包基部的长度直径比大致为 0.15 ~ 0.60。

17. 如权利要求 8 所述的装置，其特征在于，所述空间有一间隙容积，该间隙容积是外炸药包壳总空间的 50-70 %。

20 18. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述外炸药包壳包括一连接在炸药包基部上的一基底部分和一前鼻部分，基底部分和前鼻部分位于外炸药包的相对端，外炸药包壳包括一炸药，炸药和前鼻部分接触，其中，当炸药包放入孔中时，前鼻部分和孔底接触。

19. 如权利要求 18 所述的装置，其特征在于，至少有 50 % 的接触孔底的前鼻部分面积和炸药接触。

25 20. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药和炸药包基部隔开一开口空间，以消耗引爆炸药过程中产生的爆炸冲击波，以保护该堵塞元件免受爆炸冲击波，并且外炸药包壳包括用于控制孔中气体压力的空间。

21. 如权利要求 20 所述的装置，其特征在于，炸药和炸药包基部之间的距离大致为 0.5 ~ 2.5 英寸。

30 22. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，外炸药包壳邻近孔底部分的厚度大致为 0.75 ~ 5mm。

23. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，还包括：

一内炸药包壳，它位于外炸药包壳内，和炸药包基部接触，内炸药包壳包括炸药和炸药与炸药包基部之间的自由空间。

24. 如权利要求 23 所述的装置，其特征在于，内炸药包壳的壁厚大致为
5 0.2 ~ 1mm 。

25. 如权利要求 23 所述的装置，其特征在于，内炸药包壳有一容积，自由空间的容积大致为内炸药包壳容积的 17 ~ 50 % 。

26. 如权利要求 25 所述的装置，其特征在于，外炸药包壳还包括一空间。

10 27. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，炸药包基部的第二屈服强度不大于堵塞元件的第一屈服强度的 70 % 。

说明书

用于破碎硬材料的装置

5 本申请要求于1995年8月4日提交的待审美国临时申请No. 60/001,929的优先权，其名称为“通过对钻孔底进行炸药加压来实现对硬质岩石和混凝土进行受控小药量爆炸的方法和装置”，本文将引用其全文作为参考。

本发明总体上涉及用于挖掘岩石和其它材料的小药量爆炸技术，具体地说，涉及用于挖掘大块硬岩石和其它硬材料的小药量爆炸技术中炸药的使用。

10 在采矿、采石和土木建筑工业中，挖掘岩石是一项基本工作。与挖掘岩石和其它硬材料相关的这些工业有许多互不适合的要求。它们包括：

减少岩石挖掘的费用；

增加挖掘速度；

15 提高安全和减少安全费用；

较好地控制挖掘工序和精确性；

在市区和环境敏感区域可接受的经济有效的岩石挖掘方法。

20 钻孔和爆炸是最通常用的方法，也是岩石挖掘通常最适用的方法。由于规定的限制，这些方法对许多城市环境中不合适的。在采矿生产中，钻孔和爆炸方法主要受生产速度的限制，而在矿石开采和民用隧道工程中，由于大规模钻孔和爆炸工序的循环特征，钻孔和爆炸方法基本上受到限制。

隧道开凿机器(tunnel boring machine)用于挖掘长的、比较直的、圆形截面的隧道。这些机器很少用于采矿操作中。

25 筑路机器(roadheader machine)用于采矿和建筑应用，但只限于中等硬度，非磨料岩石结构。

机械冲击破碎机(mechanical impact breaker)通常是用作破碎超大岩石、混凝土和钢筋混凝土结构层的机器。作为一种一般的挖掘工具，机械冲击破碎机局限于裂缝程度高的相对软的岩石结构层。在较硬的岩石结构层中(无侧限抗压强度高于120MPa)，机械冲击破碎机的挖掘效率很快下降，并且工具磨损急剧增加。机械冲击破碎机本身不能挖掘地下大块硬岩石结构层。

小药量爆炸技术(small-charge blasting technique)可以用于包括大块硬岩

石结构层在内的所有岩石结构层。小药量爆炸包括任意一次爆炸只消耗小药量爆炸试剂(典型的为 2kg 或更少)的方法, 它和一些传统的钻孔和爆炸操作不同, 这些操作包括: 钻多个孔, 在孔中放炸药, 在几微秒内引爆各个孔, 其中要用几十到几千公斤的爆炸试剂。小药量爆炸可能包括逐个引爆各个孔或同时引爆多个孔。由于任何一次所用爆炸试剂的量小, 所以, 小药量爆炸方法的地震特征图形(seismic signature)相对较低。

小药量爆炸方法的一个例子是美国专利第 5,098,163 号, 发明名称为“用于破碎坚硬致密岩石和混凝土材料的受控裂缝方法和装置”。该专利破碎岩石时是通过使用一枪式装置或气体喷射器来燃烧燃烧室中的燃料来引发一称作渗透锥裂缝(PCF, Penetrating Cone Fracture)。正在燃烧和已燃烧的燃料然后向下扩展到一短套筒内以及孔底, 并对孔底加压, 从而引发裂缝。该工序这里称作喷射器方法(Injector method)。在盛有水的孔中用喷射器法是很困难的, 因为水会损坏喷射器的喷嘴。喷射器方法的另一缺点是需要喷射器中燃烧额外的燃料来为喷射器的内部容积加压。这些额外的燃料, 当燃烧时, 最终会导致喷气、场地振动和飞石, 所有这些都是岩石破碎工序的不希望有的副产品。

本发明的目的是提供一种用于破碎硬材料的装置, 以便有效地减小破碎过程中所产生的飞溅物的速度, 从而钻孔、清理、采石和场地支撑设备等在破碎过程中都可以保留在工作面上, 降低破碎成本, 提高挖掘速度, 对人安全, 并能高度控制挖掘工序, 提供高的精确性, 甚至在市区和环境敏感区也可以接受。

为实现上述目的, 本发明提供一种用于破碎一硬材料的装置, 其特征在于, 该装置包括:

一炸药包, 其具有一炸药包基部和一连接在炸药包基部的炸药包壳, 该炸药包位于一材料中的孔的底部;

一堵塞元件, 用于堵塞材料中的孔, 该堵塞元件从孔的开口向孔的下部延伸, 炸药包基部设置在邻近堵塞元件的端部;

其特征在于, 所述炸药包包括一炸药, 其中, 炸药和堵塞元件的孔下端部分开并相隔一距离, 从而消耗炸药引爆过程中产生的爆炸冲击波, 以保护该堵塞元件免受爆炸冲击波, 其中, 炸药包基部具有一第二屈服强度, 其小于堵塞元件的一第一屈服强度, 并且炸药包壳的至少一第一部分容纳所述

炸药。

本发明还提供一种用于破碎硬质材料，如大块岩石或混凝土的装置，它包括：

(i)一炸药包(cartridge)；和

5 (ii)一堵塞元件，用于将炸药包保持在材料的孔中。

炸药包位于堵塞元件的一端部附近，它包括：

(i)一炸药包基部，它位于堵塞元件的所述端部附近；和

10 (ii)一外炸药包壳，它连接在炸药包基部上。外炸药包壳的一第一部分盛有炸药，而一第二部分具有用于控制孔中气体压力的间隙。炸药和炸药包基部相隔一定距离，以消耗引爆炸药时产生的爆炸冲击波。典型地，炸药包基部是一次性的，不能重复利用。炸药和炸药包基部分开以及使用一次性的炸药包基部使堵塞元件可以重复使用。在小药量爆炸场合，该装置非常有用，在这些场合用来产生材料裂缝的炸药量相对小。

15 用于控制孔中气体压力的间隙可以防止孔底气体压力过载。间隙的容积最好约为炸药容积的 200 ~ 500 %。

一次性炸药包基部在受到衰减的爆炸冲击波作用时，比堵塞元件早经受塑性变形。通过这种方法，可以防止堵塞元件损坏，所以，堵塞元件可以重复使用。炸药包基部比堵塞元件早发生塑性变形的原因是炸药包基部的屈服强度比堵塞元件的低。最好，炸药包基部的屈服强度不大于堵塞元件屈服强度
20 的 75 %。炸药包基部的厚度最好约为 0.5 ~ 2 英寸，其直径最好约为 50 ~ 250mm，长径比最好约为 0.15 ~ 0.60。

为了更好地优化材料的裂缝，炸药和孔底非常接近。最好，炸药和孔底的距离不大于 15mm。

25 为了让外炸药包壳经受高度破碎，外炸药包壳的厚度相对要薄。最好，外炸药包壳的前部位于外炸药包壳上和炸药包基部相对的位置，其厚度约为 0.75 ~ 4mm。炸药包的长径比最好约为 1 ~ 4。

堵塞元件和炸药包基部可以包括导向元件，用于根据堵塞元件端部来对准炸药包基部。在一个实施例中，导向元件是通过匹配堵塞元件下孔端部和炸药包上端部的配合表面来实现的。

30 图 1 是一局部侧面剖视图，示出了引爆炸药盛装炸药包以后的本发明的 SCB-EX 受控破碎工序，该炸药盛装炸药包由一结实的堵塞杆保持在一钻孔

的底部，如图中所示，产生了一渗透锥型裂缝，它典型地具有硬的无接缝岩石结构的特征。

图 2 是一局部侧面剖视图，示出了引爆炸药盛装炸药包以后的本发明的 SCB-EX 受控破碎工序，该炸药盛装炸药包由一结实的堵塞杆保持在一钻孔的底部，如图中所示，引起了预先存在的裂缝，这些裂缝贯穿底部附近的孔。这典型地是有接缝或裂开岩石结构的特征。

图 3 是本发明的 SCB-EX 工序的局部侧面剖视图，示出了引爆炸药以前钻孔中的堵塞杆和炸药包。

图 4 是 SCB-EX 炸药包和堵塞杆元件的局部侧面剖视图，示出了炸药包的反弹基塞设计和为了与孔底紧密接触所需炸药量的配置；

图 5 是 SCB-EX 炸药包和堵塞杆元件的局部侧面剖视图，示出了炸药包的反弹基塞的设计和为了将受压尖端与孔底分离所需炸药量的配置。

图 6 是一局部剖视图，示出了另一种炸药包结构，其中，炸药和底部分开，炸药放在基塞中，从而使堵塞杆不受任何冲击。

图 7 是另一种堵塞杆结构的局部剖视图，示出了一锥形过渡段，用于和钻孔中锥形过渡部分相匹配。

图 8 是引爆炸药以后，本发明的 SCB-EX 工序的局部剖视图，示出了在炸药包壁邻近堵塞杆端部没有破裂时 SCB-EX 炸药包的反弹基塞的密封动作。

图 9 是引爆炸药以后，本发明的 SCB-EX 工序的局部剖视图，示出了在炸药包壁邻近堵塞杆端部没有破裂时阻塞密封环的密封动作。

图 10 示出了当岩石未破碎时孔底的计算压力的经历，这是让炸药一开始与孔底分开的 SCB-EX 方法。

图 11 示出了当岩石破碎时孔底的计算压力的经历，这是让炸药一开始与孔底分开的 SCB-EX 方法。

图 12 示出了当岩石破碎时 SCB-EX 系统中计算的气体分布，其中，在堵塞杆周围发生泄漏，同时出现裂缝。

图 13 示出了当岩石破碎时孔底的计算压力的经历，这是让炸药一开始与孔底接触，以增加微裂缝的 SCB-EX 的方法。

图 14 示出了当岩石未破碎时孔底的计算压力的经历，这是孔中放入燃料的方法(Propellant-based charge-in-the-hole method)。

图 15 示出了当岩石未破碎时孔底的计算压力的经历，是燃料气喷射器方法(Propellant-based Gas Injector Method)。

图 16 示出了当岩石破碎时燃料气喷射器系统中计算气体分布，其中，出现裂缝的同时，气体经过筒尖发生泄漏。

5 图 17 示出了本发明使用用于小炸药量爆炸装置的具有一悬臂的典型搬运器。小炸药量爆炸装置包括：一在岩石上钻一短孔的元件；将一 SCB-EX 炸药包插入孔中；点火爆破。

10 图 18 是(1)固定在一分度机构上的小药量爆炸装置的局部剖视图，分度机构又固定在一铰接悬臂组件的端部；(2)分度机构的侧视图，示出了一个岩石钻和一小药量爆炸装置。

图 19 示出了根据本发明的装置的另一实施例。

15 本发明涉及破裂岩石或其它硬质材料(如混凝土)的方法，通过钻一短孔；在钻孔中放一盛装炸药的炸药包；在钻孔中放一结实的堵塞杆，它与炸药包接触；及引爆炸药来实现。本方法是一种小药量爆炸工序，它和用于破碎岩石的机械方法或多孔式钻孔和爆炸型方法是不同的。小药量爆炸方法意味着岩石破碎量少(典型地，每次爆破只破碎 1/2 到 3 立方米数量级的岩石)，它和一些传统的钻孔和爆炸操作是不同的，这些传统的方法包括：钻多个孔；在孔中装上炸药；通过为每个孔定时引爆来爆破；通风和清理等环节。

20 小药量爆炸包括在任何一次爆炸中所需爆炸试剂都很少(典型地为几千克或更少)的所有方法。小药量爆炸通常包括逐个爆破各个孔和同时爆破多个孔。小药量爆炸方法的地震图形相对较小，因为一次所用爆炸试剂量小。地下小药量爆炸典型地包括：根据所用方法，每次爆破要清除约 0.3 至 10、比较好的约为 1 至 10，最好约为 3 至 10 堆积立方米(bank cubic meter)的岩石，使用约 0.15 至 0.5，比较好的约为 0.15 至约 0.3，最好约为 0.15 至 0.2 千克
25 爆炸试剂。地上小药量爆炸典型地包括：根据所用方法，每次爆破要清除约 10 至 100，比较好的约为 15 至 100，最好约为 20 至 100 堆积立方米的岩石，使用约 1 至约 3，比较好的约为 1 至约 2.5，最好约为 1 至 2 千克的爆炸试剂。堆积立方米是原生岩石(in-place rock)的立方米，而不是从岩石表面剥离的疏松岩石的立方米。每次爆破所用小药量爆炸试剂量范围约为 0.1 ~ 2 千
30 克，比较好的为 0.1 ~ 1 千克，最好为 0.1 ~ 0.4 千克。

在本发明中，主要方法是在岩石破碎工序中用一结实的可重复使用的堵



塞杆，通过惯性地控制和减小炸药包的反弹，从而限制孔底的压力，通过这种方法可以在孔底形成一气压，通过控制炸药的几何形状，可以用最适合于有效地爆破从软的、到带裂纹的再到硬的大块岩石的岩石结构层的方式在钻孔底部加压。小药量受控爆炸方法这里称为小药量爆破-爆炸(Small-Charge

5 Blasting-Explosive)或 SCB-EX 方法。这种方法可以在岩石上形成一受控裂缝，它在消耗能量方面，比现有钻孔和爆炸方法或机械岩石挖掘方法的效率高得多。

本发明提供了一种明显不同的方法，来形成孔底受控裂缝，如渗透锥裂缝(PCF)型岩石裂缝。它与喷射器方法的不同在于：炸药直接放在冲击钻探孔

10 的底部。它与孔中放药法(Charge-in-the-Hole)(也就是美国专利 No.5,308,149 中描述的方法，这里引以为参考)的不同点在于：(1)使用引爆炸药，而不是非引爆的燃料；(2)可以对炸药构形，以提高在孔底的微裂缝；(3)孔底的压力形成更快；和(4)在爆炸试剂燃烧时炸药包不起作用。然而，它保持并提高了喷射器和孔中放药的方法的主要优点，即岩石被有效地破碎，所形成的飞石

15 非常温和，以致岩石破碎时设备仍保持在工作面上。

破裂机构

如果岩石是高强度的和无扩展裂缝的大块岩石，这种受控裂缝可以通过岩石中称为渗透锥型裂缝(PCF)的初级裂缝呈现出来。通过 SCB-EX 方法 PCF 岩石破裂法的基本特征示于图 1。PCF 破裂的基础是在一短且快速加压的钻

20 孔底部角上引发并扩展一轴对称裂缝。这种裂缝一开始朝下向岩石里扩展，当表面效应变得重要时，向自由表面扩展，结果移去大量岩石。由于裂缝开始渗透到岩石中，所以在岩石表面剩下残余锥形裂缝，这就是为这种类型裂缝(渗透锥形裂缝，或 PCF)取名的基础。

如果岩石包括接缝或其它已存在的贯穿加压孔底的裂缝，如图 2 所示，

25 通过这些作为初始裂缝的裂缝的打开和扩展，这些受控裂缝将会变得更加明显。在这两种情况下，岩石破裂的特征在于通过仅在钻孔底适当加压，可以产生一受控裂缝。

钻孔

SCB-EX 方法既可以用于直径不变的钻孔，也可以用于阶形钻孔。当用

30 于阶形钻孔时，钻孔底部直径稍微小于钻孔顶部的直径。这可以通过一带有随后的扩孔钻头(reamer bit)的导向钻头(pilot bit)来完成。较小直径的导向孔

长度稍长于 SCB-EX 炸药包。阶形钻孔的主要目的是在堵塞杆和钻孔壁之间提供额外的间隙，使得以堵塞杆插入炸药包更为方便。和直径不变的钻孔相比，阶形钻孔可以允许炸药包在更为紧密的公差配合下插入，因为堵塞杆和钻孔对准的难度变小。

- 5 钻孔底部的质量是 SCB-EX 工艺的一个重要特征，特别是在更硬和更大块的岩石结构层中。孔底的要求是要有一尖拐角和大量的微裂纹。这可以通过用一尖拐角钻头来很好地完成。

10 在没有预先存在的微裂缝时，孔底部的尖拐角部分就是引发初始裂缝的地方。一旦孔被加压，孔周围的岩石中将形成一应力场，最大张力线从孔底部角部向下沿 45° 的方向延伸，角部越尖，应力集中越高，在孔底的角部越容易引发初始裂缝。

15 在没有预存在的裂缝时，通过使岩石上将会引发初始裂缝的位置周围的岩石强度降低，孔底部微裂缝也会促进初始裂缝的形成。现已发现微裂缝和在孔底部角部开槽一样有效。还发现用冲击钻钻孔可以在孔底形成非常高程度的裂缝，至少在从软的到中硬度的岩石结构层中是这样，而且，在钻孔工序将结束时增加岩石钻的冲击能量可以增加微裂缝。

SCB-EX 方法的钻孔直径(作为孔底直径)的范围约为 50mm 至 250mm，比较好的约为 50mm ~ 125mm，最好约为 75mm ~ 100mm。

20 SCB-EX 方法的钻孔长度和直径的比例(直径是取孔底的直径)的范围约为 4 ~ 20，比较好的约为 5 ~ 15，最好约为 5 ~ 12。

如果钻孔是阶梯式的，较大的扩孔和较小的导向孔的直径比的范围约为 1.1 ~ 1.5，比较好的为 1.15 ~ 1.4，最好为 1.15 ~ 1.25。

炸药配置

25 SCB-EX 系统的基本结构如图 3 所示，其示出了短的钻孔、炸药包和堵塞杆，炸药包在孔底处且装有炸药，堵塞杆在岩石炸开以前，用于包容由引爆炸药所产生的高压气体。

如图 3 所示，炸药是设计来进行能量释放的，以在孔下部空间内产生一所需的平均压力。这个平均或等效压力可以通过下式计算：

$$p = (\gamma - 1) \rho e(1 + \rho \eta)$$

30 其中：p = 平均气体压力；

γ = 炸药生成物气体比热率；



ρ = 平均气体密度；

e = 单位质量的气体能量；

η = 炸药生成物气体的余容积系数(covolume coefficient)。

SCB-EX 方法的炸药量取决于使用场合。在地下挖掘中，炸药量约为
5 0.15 ~ 0.5，比较好的约为 0.15 ~ 0.3，最好约为 0.15 ~ 0.2 千克爆炸试剂。
在地上挖掘中，炸药量约为 1 ~ 3，比较好的约为 1 ~ 2.5，最好约为 1 ~ 2
千克爆炸试剂。

对紧密接触的或脱离的 SCB-EX 炸药配置，当堵塞杆不反弹且无气体泄
漏和裂缝扩展时，在孔底存在的容积中产生的平均或等效压力可以从公式 p
10 $= (\gamma - 1) \rho e (1 + \rho \eta)$ 所得压力约为 100MPa ~ 1,200MPa，比较好的约为
200MPa ~ 1,000MPa，最好约为 200MPa ~ 750MPa。

在本方法中，如图 4 所示，炸药可以配置成在孔底产生一强大冲击脉冲
(shock spike)。一强大冲击脉冲包括一强大冲击，后面紧跟一尖锐的膨胀波，
从而使在脉冲的影响下，在比地震波穿过岩石主体所需时间还要短的时间
15 内，使压力发生升降。当炸药和孔底紧密连接时，强大冲击脉冲在孔底进入
岩石，当大致超过岩石的抗压强度时，会引发另外的微裂缝。微裂缝的增加
加快在系统中产生初始裂缝。这种能力在爆破很硬且大块岩石结构层时钻
头冲击能量有限的场合起决定性作用。炸药可以配置成仅与孔底部角部周围连
接，仅在希望引发主裂缝的孔底部角部附近产生微裂缝。

20 在使炸药和孔底紧密接触的 SCB-EX 炸药配置中，在孔底测得的冲击脉
冲的幅值优选为 1,500MPa ~ 5,000MPa，比较好的约为 2000MPa ~
4,500MPa，最好为 2,500MPa 至 3,500MPa。

如图 5 所示，在炸药底部和孔底之间留一空隙可以降低或减轻强冲击脉
冲。这对较软的且高度裂缝的岩石结构层很合适，因为在这些岩石中希望产
25 生不带强冲击成份的气体。冲击钻孔底部的冲击脉冲的强度可以通过炸药端
部和孔底之间的间隙来控制。

在使炸药和孔底隔离的 SCB-EX 炸药配置中，隔离炸药底部和孔底的间
隙长度优选约为 19mm ~ 60mm，比较好的约为 10mm ~ 50mm，最好约为
不大于 40mm。

30 在使炸药和孔底隔离的 SCB-EX 炸药配置中，在孔底处测得的冲击脉
冲的幅值约为 600MPa ~ 2,000MPa，比较好的约为 600MPa ~ 1,500MPa，最



好约为 600MPa ~ 1,000MPa 。

5 因为需要 100MPa ~ 1,000MPa 的高压适当地形成硬岩石或类似材料的受控裂缝，必须实行多种改进设计和应用概念，这也是本发明的目的。在 SCB-EX 炸药包中产生的并作用到孔底的压力小于传统的钻孔和爆炸时的压力，在这些爆炸中，炸药基本上填满钻孔，并和钻孔壁接触，使紧靠钻孔的岩石受到炸药的整个爆破压力的作用。气体压力可被保持为受控方式，其足以让受控裂缝扩展，但低于炸药包破碎的压力。这样产生的压力要保持低于使堵塞杆头端部发生变形或损坏所需压力，并且要保持低于冲破孔周围岩石所需压力。然而，SCB-EX 方法中产生的压力是受控制的，孔底周围的岩石壁受到的压力可以和高性能枪的后膛产生的压力相比。

10 SCB-EX 炸药包

炸药包的主要功能是：(1)在插入钻孔过程中，保护炸药；(2)提供必要的内部空间，以控制在孔底产生的压力；(3)保护炸药，让它在湿的钻孔中不浸水；以及(4)使堵塞杆不受炸药产生的任何的冲击作用。

15 邻近基部塞的炸药包壁可以设计成扩张到钻孔的壁而不破碎，这样可以防止炸药爆炸所产生的高压气体直接作用在孔壁上或沿孔壁的任何裂缝上(天然的或引发的)。这种由炸药爆炸所产生的气体的控制可以保持气体压力，让气体主要形成所需的受控裂缝或对此裂缝加压，如源于孔底形成的应力中心处的渗透锥裂缝(penetrating-cone-fracture)。重要的是要防止热气体从钢杆周围的孔逸出。这种气体逸出可以少量减少作用于所需的 SCB-EX 受控裂缝的气体压力和体积。另外，这种气体逸出通过对流热传导腐蚀过程，会损坏堵塞杆。如上所述，经过可重复使用的堵塞杆的气体逸出可以通过减小杆和孔壁之间的间隙来减小。利用有限差分规则(finite difference code)计算表明，在 76mm 直径的钻孔中小于 0.38mm 的环向间隙足以使高压气体的逸出减小。

25 另外，如图 4 和 5 所示，通过在炸药包中包括一滑动锥形基塞，可以获得另外的炸药包整体。在这些实施例中，炸药包包括一锥形壁部分，该部分的外表面是圆柱形，其内表面是锥形，一基部密封塞可以和该锥形部分匹配，它可以在炸药包的锥形内壁中滑动。当在气体压力作用下，堵塞杆反弹出孔时，基塞可以随堵塞杆运动，从而，在一较长时间内为炸药产生的气体提供密封，使它足以完成受控孔底裂缝工序。

在孔底产生压力和岩石破碎完成这一段时间内，堵塞杆反弹量优选约 5mm ~ 50mm，比较好的约为 10mm ~ 40mm，最好约为 10mm ~ 20mm。堵塞杆的反弹量主要受堵塞杆系统的惯性质量和孔底产生的压力的经历控制。

- 5 对紧密接触的和脱离的 SCB-EX 炸药配置，炸药包基部和炸药包体壁(堵塞杆反弹时，炸药包基部在壁内移动)之间的夹角优选约为 $1 \sim 10^\circ$ ，比较好的约为 $2 \sim 8^\circ$ ，最好约为 $3 \sim 6^\circ$ 。

- 10 在接近孔底部分的炸药包壁较薄。炸药包壁的厚度必须足以承受将炸药包插入钻孔中这一过程。但其厚度又必须足够薄，以使它在引爆炸药时可以破碎，且不存在大得可以堵塞孔底角部引发的裂缝的碎片。对紧密接触的和脱离的 SCB-EX 炸药配置，邻近孔底的炸药包外壳的厚度优选约为 0.75mm ~ 5mm，比较好的约为 0.75mm ~ 4mm，最好为 0.75mm ~ 3mm。最好，设计一些槽，深入到炸药包底部，以保证当引爆炸药时炸药包破碎。

- 15 如图 4 和图 5 所示，在可以感受到炸药包壁的影响之前，炸药就被引爆并消耗完。所以，炸药包的设计是由其它因素决定的，而不是由炸药引燃的考虑所决定的。这和用无引爆燃料方法形成鲜明对比。在这些方法中，燃料包设计时，必须提供一些初始约束，以允许燃料能适当引燃，从而产生所需的压力，所以对燃料包的设计带来另外的设计要求。

- 20 图 4 示出了一种 SCB-EX 炸药包的几何结构，它包括：堵塞杆的下孔端部；一锥形基塞，它可以在炸药包壁内滑动；一炸药，它和孔底紧密接触；一内部卸载空间，用以控制炸药生成物的长时间平均压力；和一备用金属密封环(back-up metal sealing)，炸药包壁在基塞附近破碎时起作用。

- 25 图 5 示出了一种 SCB-EX 炸药包的几何结构，它包括：堵塞杆的下孔端部；一锥形基塞，它可以在炸药包壁内滑动；一炸药，它和孔底脱离；一内部卸载空间，用以控制炸药生成物的长时间平均压力；和一炸药包壁在基塞附近破碎时用的备用金属环。

- 30 图 6 示出了另外的 SCB-EX 炸药包的几何结构，它包括：堵塞杆下孔端部；一锥形基塞，它可以在炸药包壁内滑动；一炸药，它和孔底紧密接触；但是和基塞脱离，从而使堵塞杆不受强的冲击脉冲；一内部卸载空间，用以控制炸药生成物的长期平均压力；和炸药包壁在基塞附近破碎时作用的备用金属环。



在一次爆破中，SCB-EX 炸药包可能会被破坏。堵塞杆端部受到类似于燃料驱动的枪中产生的受控压力脉冲的作用，如果用一次性锥形基塞来保持，并在炸药包基部的上端和炸药的上端留有空隙以使堵塞杆不受冲击，堵塞杆经多次引爆以后，仍能保持不被损坏。即使有时堵塞杆邻近炸药包的端部会被损坏，替代或修复被损坏的端部就相对简单一些，并且花费也少。

可以用多种方法将炸药包插入孔中。可以通过一长的杆或棒用机械方法将炸药包插入孔中，或者通过插入一软管，由压差为 1/10 bar 数量级的压缩空气系统将炸药包吹到孔底。炸药包还可以通过将炸药包连接到堵塞杆上的方法直接插入。

10 堵塞和密封

将气体压力一直保持在孔底直到由受控裂缝的打开来卸载的基本方法是通过质量惯性堵塞杆，它阻止气体沿钻孔向上流，除非在堵塞杆和钻孔壁之间留有小的泄漏通道。这在图 6 和图 7 中示出了，其中示出了两种不同的堵塞杆。

15 引爆时，将堵塞杆下孔端部和钻孔壁分开的环形间隙的宽度优选约为 0.1mm ~ 0.5mm，比较好的约为 0.1mm ~ 0.3mm，最好约为 0.1mm ~ 0.2mm。

20 这种小的泄漏还可以通过炸药盛装炸药包和堵塞杆的设计特征来进一步减小。炸药包可以设计成带有一锥形壁和一相似的锥形基塞，在堵塞杆附近的壁要厚一些，当堵塞杆反弹时，锥形基塞可以在炸药包壁内滑动。这种类型的密封机构可以减少永久性炸药包破碎和炸药产生的气体泄漏的可能。

25 维持使高压气体作用于孔底是通过以下互相作用：堵塞杆惯性，其可以减小炸药包的反弹位移；和在不破碎的前提下将炸药包膨胀到钻孔壁；以及在堵塞杆端部和孔壁之间形成有小间隙，在引发、扩展和完成一受控裂缝的很短时间内这种间隙基本上可以避免高压气体经过堵塞杆而逸出。

30 图 6 所示堵塞杆的末端(图 4 和 5 中所示的也是如此)是设计在台阶式钻孔的突变台阶部位，以避免破损 SCB-EX 炸药包。图 7 所示堵塞杆的末端设计在钻孔大直径上端和钻孔小直径下端之间的圆滑过渡段。这种类型的钻孔可以由一专用钻头组件来形成。堵塞杆插入钻孔中，锥形部分位于钻孔的锥段上，为在钻孔底部将会形成的高压气体形成一初始紧密封。高压气体将会



使堵塞杆反弹，所以，打开了堵塞杆锥形部分和钻孔锥形部分之间的间隙。和图 4， 5 和 6 所示的大锥度的钻孔相比，该钻孔的锥形部分对岩石中的碎片和缺陷的敏感性稍差一些，所以，能较好地控制高压气体的间隙和泄漏的扩展。

5 由于堵塞杆的下孔端部填满了钻孔截面的大部分，它为燃料爆炸所生成的气体压力提供了足够的密封。当燃料被适当地引爆并迅速燃烧到其最高设计压力，只有小量的燃料气从堵塞杆和钻孔壁之间的空隙中逸出。这种残余气体的泄漏，尽管它不会严重地降低孔底的压力，但经过多次爆炸后会损坏堵塞杆。炸药包基部或炸药包杆下孔端部的高压气体密封特征的设计可以减少或避免爆炸生成物气体的残余泄漏。

10 另外，作为如上所述的炸药包所提供的密封和气体控制的另一种形式，可以在堵塞杆的炸药包端部提供密封。可以采用多种密封技术中的任何一种，如 V 形密封圈；O 形密封圈；非支撑圈密封圈；楔形密封圈等等。最好，每次爆破时，密封圈都要替换，密封圈可以重复使用。当堵塞杆提供主要密封功能时，炸药包的设计可以一定程度地简化。

15 例如，如图 5 所示，通过钻一个上端直径大的台阶形钻孔，可以很容易地将 SCB-EX 炸药包和堵塞杆插入如此小间隙的孔中。

20 通过点燃炸药包中燃料之前加快堵塞杆朝孔底的运动速度可以改善孔密封并减少装置的重量。可以用用于为 SCB-EX 装置移动吊杆或托架的液压或气动动力源或其它可用方法来给堵塞杆加速。堵塞杆朝孔底的运动速度可以加速到一很快的速度，该速度可以和由燃烧燃料所引起的反方向反弹速度相比。这些速度在 5 ~ 50 英尺/秒的数量级上。预燃烧加速必须在一很短的距离内获得所需的速度，该距离约为孔直径的 1/3(在 3 英寸直径的孔中，小于等于 1 英寸)。这种技术称为“无电池点火”(firing out-of-battery)，有时在
25 大枪中用它来降低反弹力。

因为在孔密封工艺中，SCB-EX 装置的反弹速度起着重要的作用，最好要减小反弹速度。“无电池点火”(firing out-of-battery)技术可以解决这个问题。另外，如果反弹速度可以接受，这种技术可以用来减少反弹质量。在 SCB-EX 方法中，SCB-EX 装置占有相当大的一部分反弹质量，所以，装置
30 的重量可能被减少。减少重量是一个主要目标，因为钻头和 SCB-EX 装置
的重量越小，托架和吊杆可以更为有效地操作。

当在炸药包上有密封时，“无电池点火”(firing out-of-battery)技术也可以用来帮助密封操作。当炸药包的底部破裂并从炸药包的主体分离时，随着堵塞杆反弹出孔(炸药包体由高压炸药生成物气体保持在钻孔壁上，不会相对钻孔移动)，炸药包提供的密封经常也被破坏。通过“无电池点火”(firing out-of-battery)，可以减少堵塞杆的反弹速度，堵塞杆出孔移动可以延迟，给高压炸药生成物气体以足够时间，让它作用在孔底，驱动所需受控裂缝的完成。

和其它小药量方法的比较

图 3， 8 和 9 示出了 SCB-EX 工艺方法。图 3 示出了引爆炸药之前的系统。可以想象炸药包尾部(rear)的特性有两种可能。在第一种情况下，如图 8 所示，锥形基塞和堵塞杆一起反弹，炸药包壁通过气体压力保持在钻孔壁上。在这种情况下，没有炸药生成物气体泄漏出炸药包的尾部。炸药包的前端破裂，孔底暴露于整个气体压力之中。第二种情况下，如图 9 所示，基塞附近的炸药包壁破裂。高压气体已迫使一些壁材料和钢备用环进入堵塞杆和钻孔壁之间的间隙内，从而封闭气体经过堵塞杆的进一步泄漏。在这种情况下，孔底附近的钻孔壁暴露于高压气体，这对有多个预存在裂缝的岩石结构层是有利的。否则，系统的操作和图 8 中的相同。

图 10 示出了用有限差分计算规则计算出的孔底压力经历。这种规则模拟了引爆炸药包中的炸药、堵塞杆反弹、气体通过堵塞杆泄漏和典型裂缝体积的发展。图 10 示出了当岩石不破裂的情况的孔底压力，这在孔钻得太深时可能会发生。该计算包括堵塞杆反弹和通过堵塞杆的一些气体泄漏。这种计算方法已对 200 克 TNT 炸药进行了计算，它一开始和 89mm 直径的孔底部脱离。通过炸药生成物在分离炸药和孔底之间的 30mm 初始间隙快速扩展，向孔底驱入一中等冲击脉冲。孔底的压力在 TNT 引爆以后 25 微秒内开始形成，在所具有的小体积内很快产生振动。经过一段时间以后，堵塞杆反弹和气体泄漏使平均压力下降。

图 11 示出了当岩石破碎时在孔底和炸药脱离状态下孔底的压力。该计算分析包括：堵塞杆反弹，通过堵塞杆的一些气体泄漏，和孔底打开的裂缝容积。和图 10 所示的压力经历相比，孔底压力在后一阶段下降得更快，因为还包括高压气体流入裂缝的容积空间。

图 12 示出了当岩石破碎时气体分布经历。该分布跟踪保持在炸药包容

积中的气体、从炸药包基部泄漏出去的气体(假设密封特性不完善)和射入孔底和岩石裂缝中的气体。在这个计算分析中,假设在堵塞杆反弹回 2.5mm 时炸药包基部破裂气体从堵塞杆和钻孔壁之间逸出。4 微秒以后,45 克的气体保持在原始的炸药包容积中,18 克气体经过堵塞杆逸出,而 137 克射入孔底和扩展裂缝中。4 微秒钟以后,裂缝扩裂了一米,岩石被有效地挖掘。从气体泄漏的角度看,这是一种最糟糕的状况,因为堵塞杆和钻孔壁之间的间隙被假设张开很大,并且没有被任何炸药包材料或备用金属密封环堵住。

图 13 示出了当岩石破碎时在炸药和孔底连接状态下孔底的压力。它示出了驱入孔底的一十分强的冲击脉冲。尽管该脉冲的能量少,却在孔底产生了微裂缝。在这种情况下,和图 11 所示的情况相比,初始冲击脉冲可望会产生更多的微裂缝。

图 14 示出了在使用燃料基药剂在钻孔中的系统(propellant-based charge-in-the-hole system)时孔底的压力经历,如名称为“用于坚实致密岩石和混凝土的受控破碎的非炸药钻孔加压方法和装置”的美国专利 No. 5,308,149 的实施方式。这种计算方法已用于对在和前面所述 SCB-EX 计算所用的相同容积中的 250 克快速燃烧燃料进行了计算。这个压力经历可以直接和图 10 所示的 SCB-EX 压力经历相比,在图 10 所示的压力经历中岩石不破碎,并且经过一段时间以后,堵塞杆的反弹以及气体泄漏使平均压力下降。主要的区别在于建立压力的速率相对低一点,并且在使用燃料的例子中无任何强冲击脉冲。在使用燃料的情况下,在开始引发裂缝的阈值压力建立之前,总体上看堵塞杆的反弹更大。

图 15 示出了在使用燃料基注射系统(propellant based Injector system)时孔底的压力经历,例如名称为“用于破碎坚实致密岩石和混凝土的受控裂缝方法和装置”的美国专利 No. 5,098,163 的实施方式。这种计算方法已用于对在气体喷射器的燃烧室的 380 克快速燃烧燃料进行了计算。所用底孔容积和前面所述的 SCB-EX 计算相同。该压力经历可以直接和图 10 所示的 SCB-EX 压力经历相比,在图 10 的压力经历中岩石不破碎,并且经过一段时间以后堵塞杆反弹和气体泄漏导致平均压力下降。主要差别在于射入孔底的气体反射回气体喷射器的套筒,即使在岩石不破碎时也导致孔底气体压力的快速下降。在该喷射器方法中,燃烧室中产生的燃料气必须向喷射器套筒之下膨胀,达到钻孔的底部。当高速气体遇到孔底时,动能快速地转化为内能,

气体压力快速上升。压力波反射回喷射器，结果，其形成维持孔底压力的“主泄漏”。这里在使用燃料的例子中也没有任何强大冲击脉冲。

图 16 示出了在使用喷射器情况下当岩石破碎时气体分布经历。该分布跟踪了保持在气体喷射器容积中的气体，经过套筒喷嘴处的密封逸出孔底的气体以及喷射到孔底和岩石裂缝中的气体。底部压力经过 4 微秒以后，145 克气体保持在气体喷射器容积中，61 克逸出孔容积，174 克喷射到孔底和正扩展的裂缝中。此时，裂缝已经扩展到表面，岩石已被有效地破碎。主要的监测结果是岩石破碎完成以后，初始的 380 克燃料气中的 145 克保持在气体喷射器中。这些气体必须随后从气体喷射器中排空，这是噪音和飞石激发的主要来源。

要较好地比较喷射器法、药剂在孔底法(CIH)和小剂量炸药爆炸方法(SCB-HE)，可以在同一种状态下，即岩石不破碎时，评估钻孔底部的压力经历(脉冲)。在这个比较中，存在堵塞杆(质量为 772 千克)反弹和气体泄漏，但不允许裂缝容积的扩展。在同一个时间段内(约 4 微秒)，计算出作用在孔底的压力的脉冲。结果示于表 1。可以看出 CIH 和 SCB-HE 方法对孔底产生相同的脉冲和相当量的气体泄漏。SCB-HE 工艺用小于 50 克的药量取得了这一结果，主要原因是爆炸生成物有比燃料生成物比热比($\gamma = 1.22$)更高的比热比($\gamma = 1.3$)。喷射器方法用相当大的药剂质量而产生明显小的脉冲。重新进行该计算，这次，允许岩石破碎和裂缝容积扩展。结果示出表 2。这里所用裂缝容积模型假设一旦存在裂缝引发区，裂缝以一匀速(350 米/秒)扩展。结果，在压力作用的 4 微秒内裂缝约扩展 1.25 米，这被认为足以完成岩石破碎工序。

在这个计算中，没有包括 SCB-HE 方法在岩石裂缝上产生的冲击脉冲的影响。然而，在炸药和孔底接触(HE-coupled)的状况下，该冲击脉冲的尖峰幅值和短周期刚好处于可以在孔底正下方区域内引发大量微裂缝的适当范围内。

特征

SCB-EX 方法的主要特征是：

1. 仅在孔底加压，该压力足以使硬岩石破碎；
2. 有控制地使用爆破炸药作为能源；
3. 使孔底动态密封直到岩石破碎的元件；

4. 使得仅在孔底产生微裂缝的元件。

小药量受控裂缝法的一个关键特征是飞石的良好特征，它允许钻孔，清理，立地支撑和搬运设备在岩石破碎操作过程中保持在工作面上。该方法和装置的第二个关键特征是它可以用于干燥的或盛有水的孔中。

5 SCB-EX 工艺方法的一个重量特征是没有碎岩石，这种碎岩石是灰尘的主要来源。过多的灰尘需要额外的设备和时间来控制，在某些类型的挖掘操作中，它可能导致二次爆炸，这对安全是有危害的。在图 3 所示的结构中，直接暴露于爆破压力下的钻井部分是孔底本身，它仅为整个孔表面积的一小部分。

10 系统部件

SCB-EX 系统的基本部件是：

- 悬臂组件和托架；
- 钻头，它安装在悬臂组件上；
- 炸药包储料仓和装载机构；
- 15 ■ 堵塞杆和炸药点火机构；
- 炸药包和起爆筒(blasting cap，又称雷管)；
- 主要炸药。

SCB-EX 挖掘系统的基本部件大致如图 17 所示。下面各段将介绍各部件的基本特征。

20 悬臂组件和下托架

托架可以是任何标准采矿用或结构托架或任何专门设计来用于固定一个或多个悬臂组件的托架。可以制造用于打竖井(shaft sinking)，回采采矿(stope mining)，窄矿脉采矿和军事操作(如挖沟，战斗位置构造和爆破药量放置)的专用托架。

25 悬臂组件可以由任何标准采矿或结构铰接悬臂或任何经改造的或商品化的悬臂组成。悬臂组件的功能是将钻头和 SCB-EX 装置放在所需的位置。悬臂组件可以配装分度器组件(indexer assembly)。分度器支持着岩石钻头和 SCB-EX 堵塞杆组件，并绕岩石钻头和 SCB-EX 堵塞组件的对中轴线转动。当岩石钻头在岩石表面钻出一短孔以后，分度器转动以对准堵塞杆组件，准备插入钻孔中。分度器组件不需要单独用于岩石钻头和堵塞杆组件的悬臂。

30 悬臂和分度器的质量也是反弹质量的一部分，并为钻和 SCB-EX 装置提供稳

定性。

岩石钻

钻包括钻马达，钻钢和钻头。钻马达可以用气动或液压方式驱动。

5 优选的钻型式是冲击钻，因为冲击钻可以在钻孔底部产生微裂纹，它是渗透锥裂缝的引发点。还可以用摇钻，钻石钻或其它机械钻。在这些场合中，孔底必须特殊处理，以促进 PCF 型裂缝。可以用标准的钻头钢，并且可以减短以满足 SCB-EX 方法的短孔要求。

10 可以用标准的采矿或结构钻头来钻孔。可以改进能提高微裂纹的冲击钻头。钻孔的直径可以在 1 英寸至 20 英寸范围内，钻孔的深度典型的为其直径的 3 到 15 倍。

15 为了便于插入堵塞杆组件，用于形成阶形孔的钻头可能包括带有一稍大直径扩孔钻的定位(或导向)钻头，它是由岩石钻头制造商提供的一标准钻头结构。为了方便插入堵塞杆组件，用于形成一锥形过渡孔的钻头可能包括一带有一稍大直径扩孔钻的定位钻头。为了提供从大的扩孔到小的定位孔的过渡段，扩孔钻和导向钻可以专门设计。

对于堵塞杆结构，它里面包括一从大的扩孔到小的定位孔的过渡段，堵塞杆锥形部分的角度约为 $10^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，比较好的约为 $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，最好约为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

SCB-EX 炸药包储料仓和装载机构

20 SCB-EX 炸药包储存在用于自动装载枪中的弹药仓式的储料仓中。装载机构是一个标准的机械装置，它从仓中取出一炸药包，插到钻孔中。可以用下面所述的堵塞杆，作为装载机构的辅助部分，将炸药包插到钻孔中。

25 装载机构可以在不少于 10 秒钟内，典型的为 30 秒或更多，将炸药包从储料仓中取出，然后插入钻孔中。和现代高发射率枪自动装载机相比，这个速度慢，所以在 SCB-EX 炸药包上没有高加速度载荷。可以使用各种军用自动装载技术或工业瓶装和容装处理系统。

连续小药量爆破之间的平均时间约为 0.5 分钟~10 分钟，比较好的约为 1 分钟-6 分钟，最好约为 1 分钟到 3 分钟。需要一个装载机构在短于上述爆破循环时间内从储料仓中取出一炸药包，插到钻孔中。

30 一种变型是气动输送系统，在这个系统中，在 1/10bar 数量级的压差作用下通过一硬管或软管来推进炸药包。

堵塞杆和引爆机构

这是本发明的一个主要部件，它是一个可重复使用的部件，它为高压炸药生成物气体提供惯性约束，并通过堵塞杆孔截面积中的大部分的方法在孔底提供主要气体密封。堵塞杆可以由具有良好的抗裂韧性特征的高强度钢制成。也可以由其它材料制成，这种材料必须具有高密度和惯性质量，和高强度以承受压力载荷而不会产生变形，以及高韧性，可以长期使用。另外，还可以采用带有非金属端部的高强度钢堵塞杆。该部分可以由高冲击材料(如氨基甲酸乙酯，urethane)制成，以帮助主要堵塞杆不受瞬时高压过载的作用。

如图 17 所示，堵塞杆固定在主分度器悬臂机构上。堵塞杆典型地向钻孔中延伸。堵塞杆和盛装炸药的炸药包紧密接触，以为电起爆筒或其它炸药引爆方法提供紧密接近，当炸药引爆时，将炸药包保持在钻孔底部。堵塞杆的直径比钻孔直径小一点，提供的间隙足以让堵塞杆放在孔中。堵塞杆包含用于炸药包的引爆机构。该引爆机构可能是用电的或光的方法来控制的。

可以在堵塞杆的炸药包端部提供辅助密封，以防止炸药生成物气体逸出。可以使用多种传统的密封技术当中的任何一种，如 V 形密封圈，O 形密封圈，非支撑面密封等等。辅助密封还起着进一步限制炸药生成物气体从炸药包和孔底发生不希望的逸出。在点燃炸药之前，加快堵塞杆进入孔中的速度可以实现对炸药生成物气体的辅助密封，让堵塞杆进入孔中的惯性提供额外的力以防止炸药包移出孔，接着炸药包裂碎，防止损失高压炸药生成物气体。

SCB-EX 炸药包和起爆器

SCB-EX 炸药包是本发明的一主要部件，其功能是：

- 起着储存容器的作用，用于储存固态或液态炸药；
- 起着输送元件的作用，将炸药从储存仓送到挖掘现场；
- 在插入钻孔的过程中，保护炸药；
- 起着炸药燃烧室的作用；
- 提供内部容积，以控制孔底产生的压力；
- 保护炸药，以防止在湿钻孔中炸药浸水；
- 防止堵塞杆受到炸药产生的任何强冲击脉冲的作用；
- 当在钻孔中引爆炸药时，为炸药生成物气体提供一支撑密封机构 (backup sealing mechanism)。



除了盛装炸药以外，图 4，5 和 6 所示的 SCB-EX 炸药包还包括额外的内部容积，以便将炸药包中平均压力控制在一理想水平，如果整个炸药包容积中填满了固态或液态炸药，该内部容积很小。

5 炸药包的一个主要设计准则是在受控条件下为引爆或炸药生成物气体在钻孔中提供合适的密封。炸药包可能设计在堵塞杆附近，钻孔壁周围进行密封。这样可以防止高压气体从堵塞杆和钻孔壁之间的间隙逸出，更好地保持钻孔底部产生的高压炸药生成物气体。图 4 示出了能保证为钻孔提供合适密封并能使钻孔盛装炸药生成物气体的一简单炸药包设计。SCB-EX 炸药包必须既有合适的几何形状又有合适的材料特性，以防止炸药包过早破碎，否
10 则会导致过早损失燃料气压力，它又会降低理想的孔底受控裂缝工艺的效率。图 4 所示的炸药包设计满足一般要求，它包括一锥形壁和相似的锥形基塞，两者都能防止炸药包基部附近的炸药包过早破碎。锥形壁的斜度在 $1 \sim 10^\circ$ 范围内比较合适，最好在 $3 \sim 5^\circ$ 范围内。

炸药包可以用任何硬的和柔韧的材料制成，这种材料包括：大多数塑
15 料、金属和合适的结构复合材料。制造炸药包的材料必须可以弹性地或塑性
地变形，它在破碎之前有足够的变形，在钻孔快速加压和受控裂缝工序过程中，使炸药包容积能适应钻孔的膨胀和堵塞杆的反弹。炸药包还可以用易燃的或易熔材料制成，例如，有时用于枪弹药壳的可燃炸药包。优选的材料要能提供所需密封并且单件成本最低。

20 在图 4 所示的设计中，用一机械作用来降低第一炸药包设计的某些几何
结构和材料性能的要求。这种 SCB-EX 炸药包包括一柔韧套筒和一底部密封
塞。柔韧套筒呈锥形，它可以很好地防止其基部附近的炸药包过早破碎，并
与锥形基部密封塞提供干涉密封。基部密封塞可以由任何固体材料(如塑料、
金属或复合材料)制成。优选的材料要使单件成本最低。基部密封塞包括起爆
25 筒或其它用来引爆炸药的起爆器。

起爆筒放在炸药包中邻近堵塞杆端。其功能是通过操作者的命令启动
以后用于引爆主炸药。可以用标准的或新型的炸药引爆技术。这些技术包括
瞬时电动起爆筒，它由一直流脉冲或一感应电流脉冲来引爆；非电动起爆
筒；热起爆器(thermalite)；高能导火线或光引爆器，在光引爆器中用一激光
30 脉冲来引爆一光敏导火线。

图 6 示出了另一种炸药包设计。这种炸药包设计在结构上同图 4 所示的

炸药包设计相似。这种设计可以满足一般的密封要求，它提供了一个基部，这个基部可以在炸药气体生成物的作用下堆入堵塞杆和岩石之间的间隙中。该基部还包括一个冲击隔离元件，用以保护堵塞杆的端部，使它不受引爆炸药产生的冲击脉冲的作用。和其它的 SCB-EX 炸药包设计相同，引爆炸药的元件包含在炸药包的基部。

炸药是装在塑料的，金属的或厚纸容器中，这些容器装在炸药包里面，以保证炸药稳固并将它固定在炸药包内，以使炸药和钻孔壁隔离。

炸药

在本发明中用的是炸药而不是燃料。燃料突然燃烧或快速燃烧，并且压力的建立受燃料的几何形状；燃料的化学性能；燃料的装载密度；燃料包中的缺量或空的空间；以及钻孔壁和堵塞杆之间的燃料包/燃料系统的约束的控制。通过这种控制，可以在钻孔底部加压，直到沿孔底周边最大应力集中线引发渗透锥裂缝或其它受控裂缝，然后燃料气扩展到裂缝中，驱使裂缝朝岩石深部和/或自由表面发展。

另一方面，引爆一种超声速燃烧型炸药会产生强冲击波。这种冲击波可以控制和用来以一控制方式来为钻孔底部加压；以使钻孔周围的岩石不要过度破碎和压碎。通过控制炸药量可以在孔底空积中获得所需的平均压力。通过构造炸药的几何形状，可以防止强冲击波作用在孔壁或者直接导向孔底，从而产生微裂缝，这些微裂缝又会成为主裂缝的引发点。

本发明将用的炸药的形式可以是固态的、液态的或浆状的。下面是固态炸药的例子：

■ 硝化甘油炸药(dynamites)

■ 硝铵(ammonium nitrate)

■ 三硝基甲苯(TNT)

25 ■ 混合物 3

■ 混合物 4

■ Octol

液体炸药的例子如下：

■ 硝基甲烷(nitromethane)

30 ■ 肼(hydrazine)

浆状炸药的例子如下：

■ 硝酸/燃油(ammonium nitrate/fuel oil)

■ 水胶质炸药(water gels)

■ 乳胶体(emulsions)

■ 悬浮体(slurries)

5 ■ 硝酸和硝基甲烷的混合物。

炸药必须活化，使它是“雷管敏感”(可以用一8号爆筒来引爆)，或者是在运输时或使用之前通过向炸药中注射激活剂使之活化。

炸药可能也有一添加剂，用来减少燃烧过程中毒性副产品的量。

应用

10 这种破碎软的、中等硬度的和硬质岩石以及混凝土的方法在采矿、建筑和岩石采石工业以及军事操作中有广泛用途。它们包括：

■ 隧道挖掘

■ 洞穴挖掘

■ 矿井开凿(shaft-sinking)

15 ■ 采矿时的坑道和打洞开采(adit and drift development in mining)

■ 下盘开采(long wall mining)

■ 车间和矿柱开采(room and pillar mining)

■ 开采方法(下沉, 剪切装填和窄矿石脉) (stopping methods (shrinkage, cut & fill and narrow-vein))

20 ■ 选择性开采

■ 用于垂直孤坑再处理的潜挖开采(undercut development for vertical crater retreat (VCR) mining)

■ 用于大块下隔和下沉开采的通风开采 (draw-point development for block caving and shrinkage stoping)

25 ■ 二级破碎和减少过大规格的岩石；

■ 挖沟(frenching)

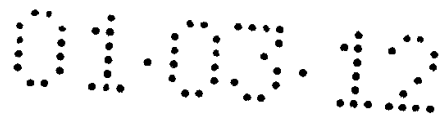
■ 天井钻孔(raise-boring)

■ 岩石剪切(rock cuts)

■ 精确引爆(precision blasting)

30 ■ 爆破(demolition)

■ 开井台阶清理(open pit bench cleanup)



■ 开井台阶引爆(open pit bench blasting)

■ 圆石破碎和在岩石采石广形成阶梯(boulder breaking and benching in rock quarries)

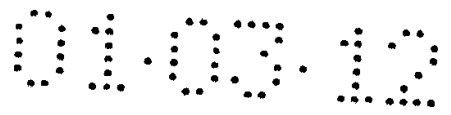
■ 岩石中战斗位置和个人掩体的构造

5 ■ 减少对军事行动的自然和人为阻碍。

图 1 简单示出了用于小药量引爆方法的一般渗透锥裂缝(PCF)破碎机构，该机构使用一堵塞杆，堵塞杆惯性地将包含有炸药的炸药包保持在短钻孔底部内。一炸药包 1 插在岩石 3 表面上钻的短孔 2 中。一惯性堵塞杆 4 放在孔中，用以保持由包含在炸药包 1 中的小量炸药产生的高压气体。气体填充在容积 5 中，并为孔 2 的底部加压。直至一 PCF 型裂缝 6 被向下驱入到岩石 7 中。裂缝 6 朝岩石表面 3 向上弯曲扩展，当裂缝 6 和岩石表面 3 相交时，岩石被裂缝 6 分界，并且岩石表面 3 被有效地破碎。

图 2 简单地示出了用于小药量引爆方法的另一种机构，该机构使用一堵塞杆，它惯性地将盛装炸药的炸药包保持在短钻孔底部。一炸药包 8 插在岩石表面 10 上钻的短钻孔 9 的底部。一惯性堵塞杆 11 放在孔中，用以保持由包含在炸药包 8 中的小量炸药产生的高压气体，气体填充在容积 12 中并为孔 9 的底部加压，直至预存在的裂缝 13 进一步扩展到岩石 14 中。裂缝 13 朝岩石表面 10 向上弯曲，当裂缝 13 和岩石表面 10 相交时，岩石被裂缝 13 分界；岩石表面 10 被有效地破碎。

图 3 示出了引爆之前位于钻孔中的 SCB-EX 系统。在岩石表面 16 上钻一短孔 15，炸药包 17 插在孔 15 的底部。炸药包 17 可以通过将它附着在堵塞杆 18 的端部而插入，形成于钻孔 15 底部附近的台阶 19 可以停止堵塞杆，以防止它挤压炸药包。炸药包基部 20 固定在堵塞杆 18 的端部，在炸药 21 产生的高压气体的作用下，它可以和堵塞杆 18 一起反弹。一炸药引爆系统 22 位于与堵塞杆系统同轴的位置，它用来启动位于炸药包 17 的基部 20 中的起爆筒 23。一个管 24 将炸药 21 盛装在夹头 17 中。因为炸药包 17 包含有额外容积 25，所以 SCB-EX 方法既可以用于充气孔又可以用于充水孔。在充水孔中，炸药包 17 将从孔 15 的底部排出大多数水。在该结构中，炸药 21 直接和炸药包 17 的基部连接，以便于将一强冲击脉冲从孔 15 的底部驱入岩石 26 中，从而提高孔 15 底部的微裂缝。为了取得好的结果，至少与孔底接触的外炸药包外壳前部面积的 50 % 和炸药接触。优选的接触区域是前端外



部环状区域，这样可以更好地在孔底周围环形区域的孔底上引发微裂缝。

图 4 示出了位于钻孔 28 中的一 SCB-EX 炸药包 27，它是由一堵塞杆 29 保持。钻孔中一台阶 30 停止堵塞杆 29 的运动，以防止它压碎炸药包 27。炸药包 27 由一主体 31、一锥形基塞 32 和一备用金属环 33 组成。炸药包 27 的基部 32 有一凹端面 34，它用来帮助堵塞杆 29 保持在近似中心对准的位置上。一炸药 35 保持在炸药包 27 的基部 32 的中间位置。炸药 35 并没有完全填满炸药包 27。炸药包 27 还包括一内部容积 36，它允许炸药燃烧生成物膨胀，从而控制炸药包 27 内的平均压力。炸药 35 还包括在一壳或容器 37 中，以给炸药 35 以结构性支撑。炸药 35 和炸药包主体 31 的底部紧密接触，以便将强冲击脉冲驱入钻孔的底部 38。基部 32 包含一电动线圈 39，它和一起爆筒 40 连接，起爆筒 40 用于引爆炸药 35。一第二电动线圈 41 包含在堵塞杆 29 中，它和一外部引爆电路(图中未显示)连接。在线圈 41 中产生一电流脉冲；在线圈 39 中就会产生一感应电流，该电流足以引爆起爆筒 40。这样，堵塞杆 29 不需要和炸药包基部 32 紧密接触。

图 5 示出了一包含有炸药 44 的 SCB-EX 炸药包 43，炸药 44 不和炸药包主体 45 的底部紧密连接，而是分开一间隙 46。间隙 46 基本上减少了驱入孔底 47 的强冲击脉冲的巨大压力。除此之外，炸药包 43 基本上和图 4 所示的炸药包相同。图中所示的堵塞杆 48 带有一台阶 49，它可以防止堵塞杆 48 挤压炸药包 43。堵塞杆 48 的端部是凸状体 50，它可以帮助堵塞杆和炸药包的凹形底 51 对准，密封炸药 44 所产生的气体的主要密封元件是堵塞杆 48 的端部，它填满了钻孔 52 底部的大部分截面积，仅留有一个间隙 53，让高压气体逸出。这种高压气体的进一步密封是通过金属密封环 54 和炸药包主体 45 的一部分以及炸药包基部 55 来完成的，炸药包主体 45 和炸药包基部 55 是通过高压气体压入到间隙 53 中。

图 6 示出了另一种 SCB-EX 炸药包 56，它采用了一种冲击隔离机构 57，它是设计来帮助炸药包 56 的基塞 59 隔离炸药 58 产生的冲击脉冲。除此之外，炸药包 56 基本上和图 4 和 5 所示的炸药包相同。

图 7 示出了堵塞杆下孔端的另一种结构。图中未示出炸药包。堵塞杆 60 有一扩大的端部 61，该端部 61 带有一锥形部分 62。钻孔有一大直径上部 63，它又通过锥形部分 65 过渡到小直径下部 64。这种类型的钻孔可以通过一专用钻头组件形成。堵塞杆 60 插到钻孔中，锥形部分 62 放在钻孔的锥形



部分 65 上，从而为孔底将会产生的高压气体形成一初始紧密封。高压气体会使堵塞杆 60 反弹，所以，打开了堵塞杆 60 的锥形部分 62 和钻孔锥形部分 65 之间的间隙。钻孔的锥形部分 65 和图 4、5 和 6 中所示的尖锐台阶钻孔相比，它对岩石中的碎片和缺陷敏感性差一些。所以，间隙的发展以及高压气体的泄漏可以得到更好的控制。这种堵塞杆结构可以和图 4，5 和 6 所示的任何一种炸药包结构在一起使用。

图 19 示出了本发明 SCB-EX 炸药包 200 的另一实施例。炸药包 200 包括：一次性的炸药包基部 204；一外部炸药包壳 208；一内部炸药包壳 212；和炸药 216 和一引爆组件 220。引爆组件 220 包括：一爆破引爆器 224；一副感应线圈 228；和一导体 232，该导体用于连接副感应线圈 228 和爆破引爆器 224。堵塞杆 236 包括用于密封孔 240 中的炸药包 200 的元件(也就是，堵塞杆和孔侧边的窄间隙)和主感应线圈 244，它和副感应 228 电接合，从而引爆炸药的爆破。

炸药包 200 包括：一由外部炸药包壳 208 形成的自由容积 248；炸药包基部 204；和内部炸药包壳 212。内炸药包壳 212 还包括自由容积 252，该容积位于炸药 216 和炸药包基部 204 之间。自由容积 252 允许爆破炸药的应力通过扩展到使炸药包基部 204 不过载的点而减小，并允许将超出的冲击能量传递给堵塞杆 236。自由容积 248 和 252 构成了孔 240 底部自由容积的大部分。最好，自由容积 252 的范围约为炸药 216 容积的 20%~100%。最好，自由容积 252 和 248 的总自由容积范围约为炸药 216 容积的 2~5 倍。自由容积 252 最好约为内炸药包壳 212 总容积的 17~50%。自由容积 252，248 和炸药 216 容积的和等于燃烧炸药 216 产生的气体所能达到的容积。从下文可以看出，除孔底总自由容积外，与外炸药包壳 208 和孔 240 表面的间距有关的自由容积又提供了一额外的小容积。

炸药包基部 204 保护可重复使用的堵塞杆下孔端 256，防止它在炸药引爆过程中受到永久性损坏，它包括引爆器系统的一部分，它通过占有孔截面积大部分的方法帮助密封孔底。炸药包基部的屈服强度最好小于堵塞杆的屈服强度，以使引爆炸药时炸药包基部比堵塞杆早经受弹性变形。最好，炸药包基部的屈服强度不大于堵塞杆屈服强度的 75%。炸药包基部可以用各种便宜的材料(如钢，铝，塑料，复合材料和类似材料)制成。炸药包基部的厚度“t”最好在 0.5~2 英寸之间。炸药包基部的直径最好在 50~250mm



之间，其长度和直径比的范围最好在约 0.15 ~ 约 0.60 之间。

5 炸药包基部 204 的形状有多种目的。例如，炸药包基部的外端 260 的形状和堵塞杆 236 的形状相同，从而使堵塞杆 236 可以和炸药包 200 对准，以允许主感应线圈 244 和副感应线圈 228 电接合。如图所示，炸药包基部外端 260 和堵塞元件的端部 256 的形状最好都是弧形。炸药包基部呈锥形，其中，炸药包基部和外部炸药包壳 208 连接。因此，外炸药包壳 208 邻近炸药包基部锥形部分的部分也是锥形，其锥度角和炸药包基部的锥度角相同。在炸药引爆过程中，炸药包基部的锥形部分迫使外部炸药包壳紧贴孔 240 的侧边，所以，密封孔底的炸药包 200。

10 外炸药包壳 208 是圆柱形，它密封炸药包 200 的内部，使孔 240 中的任何水或其它液体不会浸入其中。如上所述，外部炸药包壳包括控制孔底产生的平均峰压所必需的自由容积，所以可以防止钻孔底 223 的加压过载。为了得到最好的结果，在炸药引爆时，外炸药包壳必须破碎，以防止大块壳体阻碍或阻止气体流入孔底的裂缝内。外炸药包壳可以由多种材料(包括钢，铝或塑料)制成。

15 炸药包的尺寸取决于具体应用场合。在地下挖掘场合中，外炸药包壳的壁厚最好在约 0.75 ~ 约 5mm 之间。在地上挖掘场合中，外炸药包壳的壁厚最好在约 0.75 ~ 约 5mm 之间。外炸药包壳前部 221 位于外炸药包壳上和炸药包基部相对的一端，在地下挖掘的场合中，其厚度最好约为 0.01 ~ 0.03 20 英寸，在地上挖掘场合中，其厚度最好约为 0.01 ~ 0.03 英寸。

在地下挖掘场合中，炸药包 200 最大的直径范围为约 50 ~ 约 250mm，在地上挖掘场合中，炸药包 200 最大直径范围为约 50 ~ 约 250mm。炸药包的长度直径比最好为约 1 ~ 约 4。

25 内炸药包壳 212 中包含炸药，并将炸药放在孔 240 中。换句话说，内炸药包壳将炸药放置在(i)离开钻孔 240 的侧壁；(ii)离开炸药包基部 204；(iii)保持炸药和孔底之间所需的间隙。在有外炸药包壳时，重要的是当炸药引爆时内炸药包壳必须破裂，从而使没有大的块阻碍或阻止气体流入孔底上方的裂缝。内炸药包壳可以用多种材料(包括钢，铝或塑料)制成，其壁厚最好在约 0.2 ~ 约 1mm 之间。

30 炸药可以是上面所述任意数量的炸药材料。当使用液态炸药时，在炸药顶部 264 处需要有一个隔离壁或膜，保持炸药在内炸药包壳的底部。在地下



挖掘场合中，炸药 216 的质量最好为约 0.15 ~ 约 0.5kg，在地下挖掘场合中，最好为约 1 ~ 约 5kg。

5 如上所述，引爆组件 220 有多个附属部件。引爆器 224 最好是一 6 号或 8 号起爆筒或其它的爆炸引爆装置。副线圈最好要有足够大的线圈直径，以承载约为 1 ~ 5 安培的电流脉冲。主线圈 244 最好有足够大的线圈直径，以承载约为 20 ~ 200 安培的电流脉冲。为了得到最好的结果，主线圈和副线圈之间的最大距离(d)最好不大于 3mm。一引爆箱用一电流脉冲给主线圈 244 供给能量，该电流会使在副感应线圈 228 中产生一感应电流。

10 炸药包 200 中各个部件的具体位置对炸药包的最佳操作是十分重要的。内炸药包壳 212 底部和外炸药包壳 208 底部之间的距离“d1”决定着炸药包在岩石中引发的裂缝量。当距离“d1”基本为 0 时可以得到最大的裂缝程度，此时，外炸药包壳和孔 240 的底接触。最好，“d1”不大于约 15mm。从外炸药包壳底部到孔 240 底部之间的距离最好保持尽可能低，而不会使外炸药包壳在将炸药包插入孔中的插入力的作用下而压入孔底。从下文可以看出，在插入过程中，外炸药包壳可以承受得住大的损坏力(包括破碎)。最好，距离“d2”不大于约 15mm。距离“d3”是外炸药包壳和钻孔 240 侧壁之间的间隙。距离“d3”最好足以允许炸药包方便地插入孔底，而不会经受如上所述的损坏。当然，这个间隙将随钻头磨损和破碎不同岩石类型而变化。最好，距离“d3”在约 0.2 ~ 约 3mm 之间。

20 堵塞杆 236 的重量足以承受由引爆炸药 216 所产生的炸药包基部 204 的反弹的主要部分。最好，堵塞杆的重量范围约为 25 ~ 1,000kg。堵塞杆的直径必须足够大，可以在堵塞杆 236 的侧边和孔 240 的侧边形成一密封，以防止引爆孔底的炸药 216 所产生的气体逸出。在地下挖掘场合中，堵塞杆 236 的直径范围最好约为 50 ~ 250mm，在地上挖掘场合中，最好约为 50 ~ 25 250mm。典型地，堵塞杆的截面面积至少是孔截面积的 95 %。

为了防止由引爆炸药 216 所产生的炸药包基部 204 的反弹损坏堵塞杆 236 的端部 256，炸药 216 放在离炸药包基部的距离“d4”的位置上，以消耗爆炸冲击波。为了得到最好的结果，距离“d4”最好在 0.5 ~ 3 英寸之间。

30 图 20 示出了本发明 SCB-EX 炸药包 300 的另一实施例。和前面实施例炸药包 200 不同，炸药包 300 不包括一内炸药包壳。而炸药 304 放在外炸药包壳 312 的前部 308 上。如上所述，用一隔离壁 316 将炸药(典型地为液体炸

药)和炸药包的自由容积 320 分开。最好,自由容积 320 是外炸药包壳总容积的 50%~75%。炸药占据了外炸药包壳总容积的其它容积。

图 8 示出了引爆以后在堵塞杆 67 附近的炸药包壁 66 不破碎的状态下的 SCB-EX 系统。炸药引爆以后,产生的压力导致堵塞杆 67 和炸药包基部塞 68 反弹,同时,使炸药包壁 66 朝钻孔 69 的壁扩展。炸药包的前部已被破碎,使孔中填满炸药生成物气体,在钻孔 71 底部或其附近引发一受控裂缝 70。在反弹过程中,该压力使基塞 58 的锥部靠在炸药包壁 72 的锥段上,以在进行岩石破碎工序时,保持动态密封。

图 9 示出了引爆以后在堵塞杆 75 端部附近的炸药包壁 73 破碎的状态下的 SCB-EX 系统。假设基塞 76 附近的炸药包壁 73 已经破碎,然后,高压炸药生成物气体迫使备用金属环 77 进入堵塞杆 75 端部和钻孔 79 的壁之间的间隙 78。密封该系统,以防止气体从孔底逸出。

当炸药和孔底隔离时,SCB-EX 方法的性能通过钻孔底计算压力经历示于图 10。计算是针对岩石不破碎的情况。压力 80 是时间 81 的函数。炸药生成物经过间隙(见图 5)膨胀的同时产生一压力脉冲 82。当炸药生成物所产生的气体在可得到的容积内前后晃动时产生压力振动 83。当堵塞杆反弹(增加可得到的容积)和气体经过堵塞杆逸出时,产生压力衰变 84。压力在孔底约保持 4 微秒钟。

当炸药和孔底隔离时,SCB-EX 方法的性能通过钻孔底计算压力经历示于图 11。计算是针对岩石破碎的情况。压力 85 是时间 86 的函数。炸药生成物经过间隙(见图 5)膨胀的同时产生一压力脉冲 87。当炸药生成物所产生的气体在可得到的容积中前后晃动时产生压力振动 88。当堵塞杆反弹(增加可得到的容积);当气体经过堵塞杆逸出和气体流入扩展裂缝系统中时,产生压力衰变 89。压力在孔底约保持 4 微秒钟。

图 12 示出了 SCB-EX 炸药包和孔底内的计算的气体分布。该计算是针对岩石破碎且根据图 11 所示的压力经历而进行的。图中所示的保留在炸药包容积 90 中的气体质量,从系统 91 逸出的气体质量以及射入孔底和裂缝系统 92 中的气体质量是时间 93 的函数。引爆以后,炸药生成物气体膨胀,填满整个炸药包和孔底容积。当压力达到临界点时(岩石无侧限抗压强度的 30%数量级),引发一裂缝。气体继续从炸药包流入扩展裂缝系统。同时,在这个计算中,假设炸药包基部塞附近的炸药包壁在反弹 2.5mm 以后发生破碎,所

以，允许气体从堵塞元件和钻孔壁之间的间隙逸出。假设气体在声阻塞条件 (Sonic chock condition) 下的质量流率是受间隙的截面积、局部气体声速和密度控制的。4 微秒以后，裂缝将已达到岩石的表面，岩石破碎可以认为是完成了。可以看出，小部分气体从系统中逸出(最初 200 克的气体中 18 克逸出)。

5 大多数气体(原来 200 克的气体中的 137 克)已被射入孔底和裂缝系统中。

当炸药和孔底紧密接触时，SCB-EX 方法的性能通过钻孔底上的计算的
10 压力经历示于图 13 中。该计算是针对岩石破碎的情况。所示压力 94 是时间 95 的函数。由引爆与炸药包接触的炸药(见图 4)而引起的爆炸波反射的同时，产生一强压力冲击脉冲。当炸药生成物在可得到的容积中前后晃动产生气体的同时产生压力振动 97。当堵塞杆反弹(增加可得到的容积)，气体通过堵塞杆逸出和当气体流入扩展裂缝系统中时，产生压力衰变 98。压力在孔底保持约 4 微秒钟。

使用燃料剂的非炸药药剂在孔底(non-explosive charge-in-hole)方法的性能通过钻孔底的计算的
15 压力经历示出图 14。该计算是针对岩石不破碎的情况。可以和图 10 所示的 SCB-EX 例比较。所示压力 99 是时间 100 的函数。这里明显没有压力脉冲。和 SCB-EX 方法相比，压力上升得慢，当堵塞杆反弹(增加可得到的容积)时和当气体经过堵塞杆逸出时，产生压力衰变 101。压力在孔底保持 4 微秒钟。

使用一种使用燃料的气体喷射器的性能通过钻孔底的计算的
20 压力经历示于图 15。该计算是针对岩石不破裂的情况，可以和图 10 所示的 SCB-EX 例和图 14 所示的药剂在孔底例比较。所示压力 102 是时间 103 的函数。这里明显没有压力脉冲。和 SCB-EX 方法相比，压力上升相对慢。

当堵塞杆反弹时(增加可得到的容积)；当气体通过堵塞杆逸出时；和当
25 气体冲击支撑气体喷射器的套筒时，产生压力衰变 104。压力在孔底约保持 4 微秒钟。

图 16 示出了在气体喷射器系统和孔底中的计算的气体分布。该计算是
30 针对岩石破碎的情况。气体喷射器容积 105 中的气体质量；从裂缝系统 106 逸出的气体质量和喷入射到孔底和裂缝系统 107 中的气体质量是时间 108 的函数。4 微秒钟以后，压力已作用到孔底，裂缝已达到岩石表面，可以认为岩石破碎已经完成。可以看出，相当一部分气体已从系统逸出(原来 380 克气体中的 61 克)。大量气体(原来 380 克气体中的 145 克)保留在气体喷射器中。

在岩石裂缝已经完成以后保留在气体喷射器中的气体可能是喷气的主要来源，有力的飞石经常也与这种方法有关。

图 17 示出了使用 SCB-EX 系统的一种可用的岩石挖掘系统。这里有两个铰接悬臂组件 108 和 109，它们固定在一移动下托架(运载机)110 上。悬臂件 108 有一固定在它上面的 SCB-EX 小药量引爆装置。悬臂组件 109 有一选用机械冲击破碎器 112，和反铲附件 113，用于将破碎的岩石从工地运到一输送系统 114，它又将破碎的岩石经过挖掘机传递到一运输系统(图中未显示)。

图 18 示出了用于小药量引爆装置的一典型分度机构。分度机构 115 连接 SCB-EX 小药量引爆装置 116 和铰接悬臂 117。一岩石钻 118 和一 SCB-EX 插入机构 119 安装在分度器 115 上。悬臂 117 将分度器组件放在岩石表面上，从而让岩石钻 118 可以在岩石表面(图中未显示)钻一短孔(图中未显示)。当岩石钻 118 从孔中拆回时，分度器 115 通过一液压机构 121 绕其轴 120 转动，从而将 SCB-EX 插入机构 119 同钻孔的轴线对准。然后，SCB-EX 插入机构 119 插入钻孔中，小药量炸药可以点燃了。

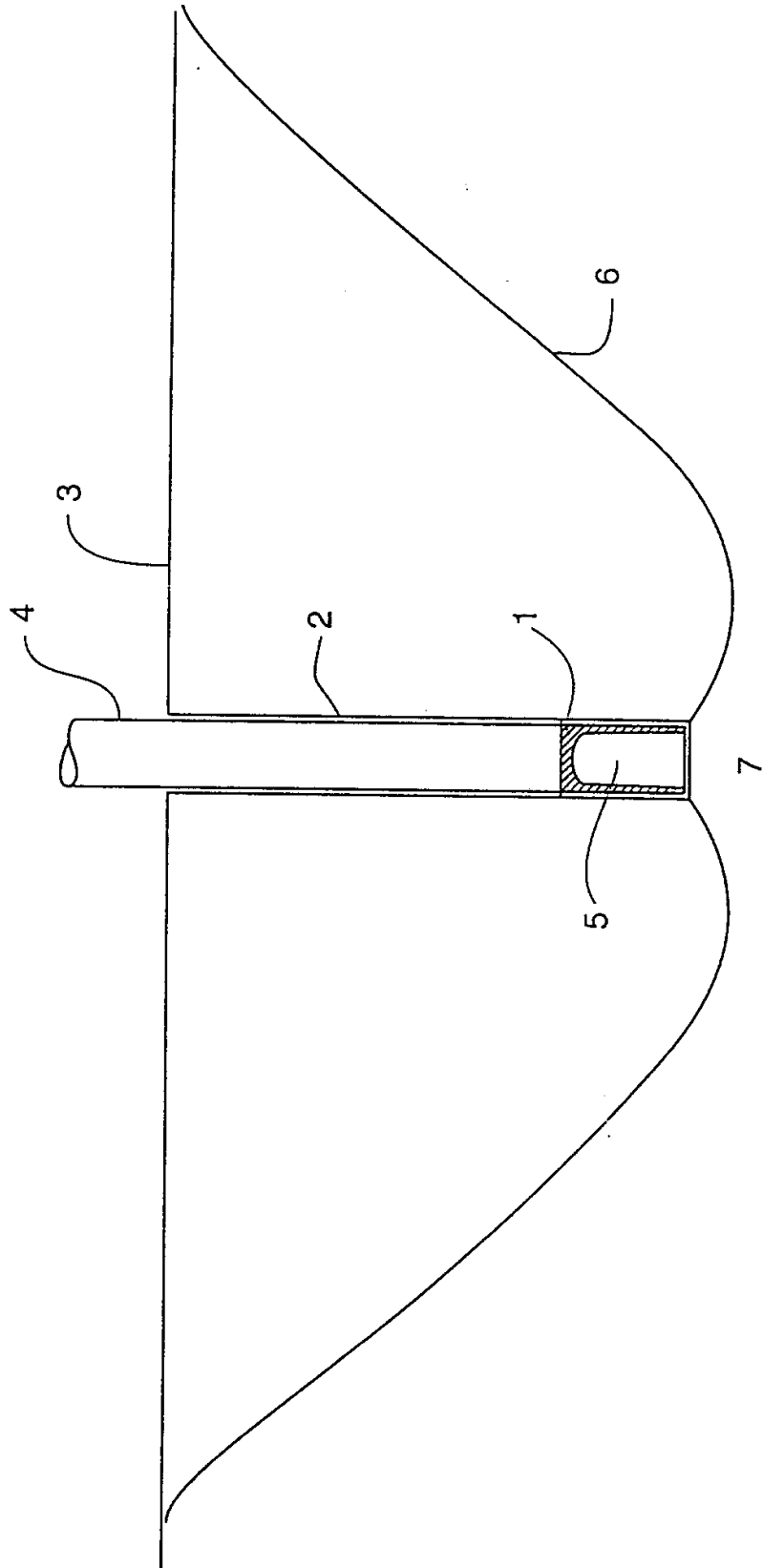


图 1

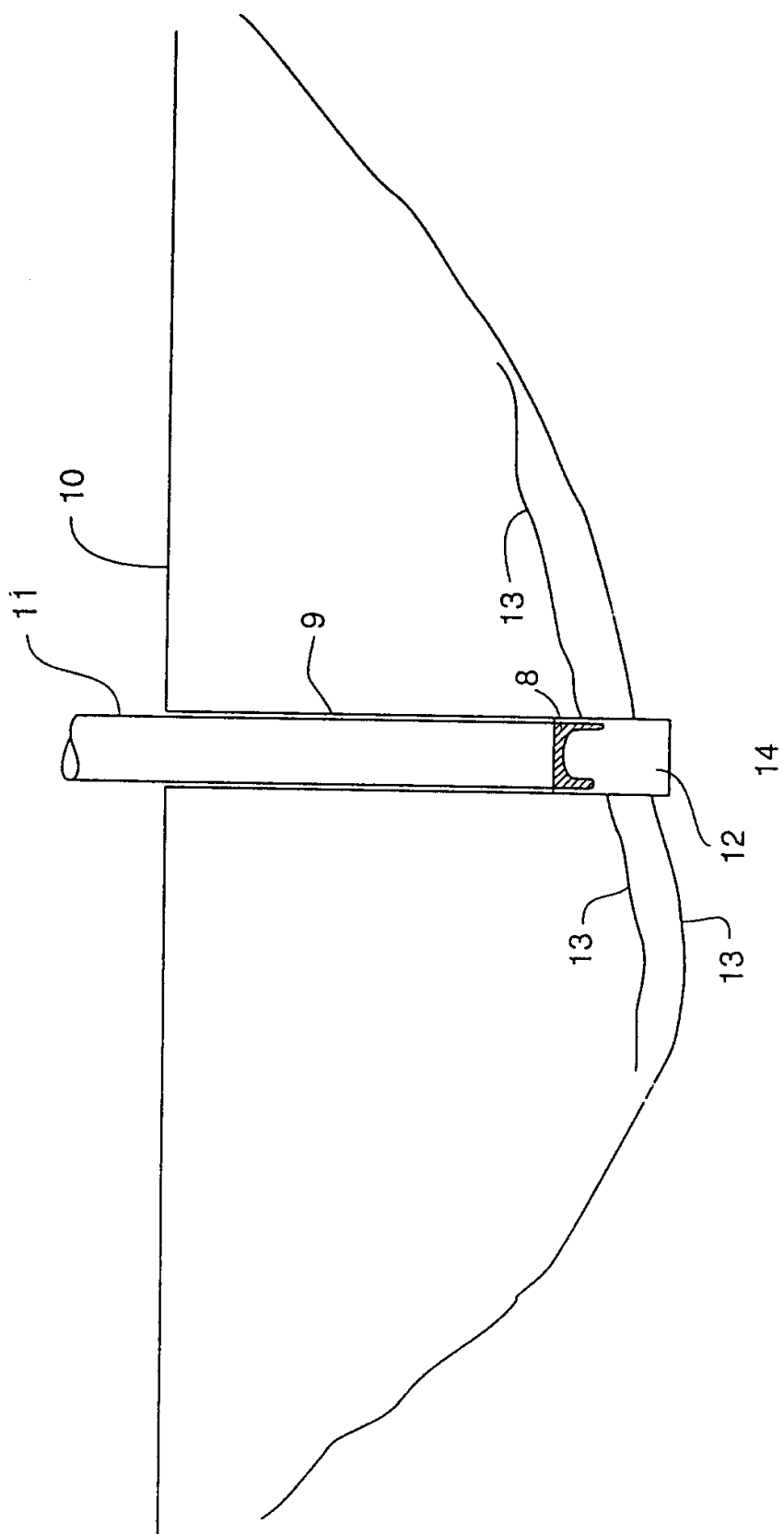


图 2

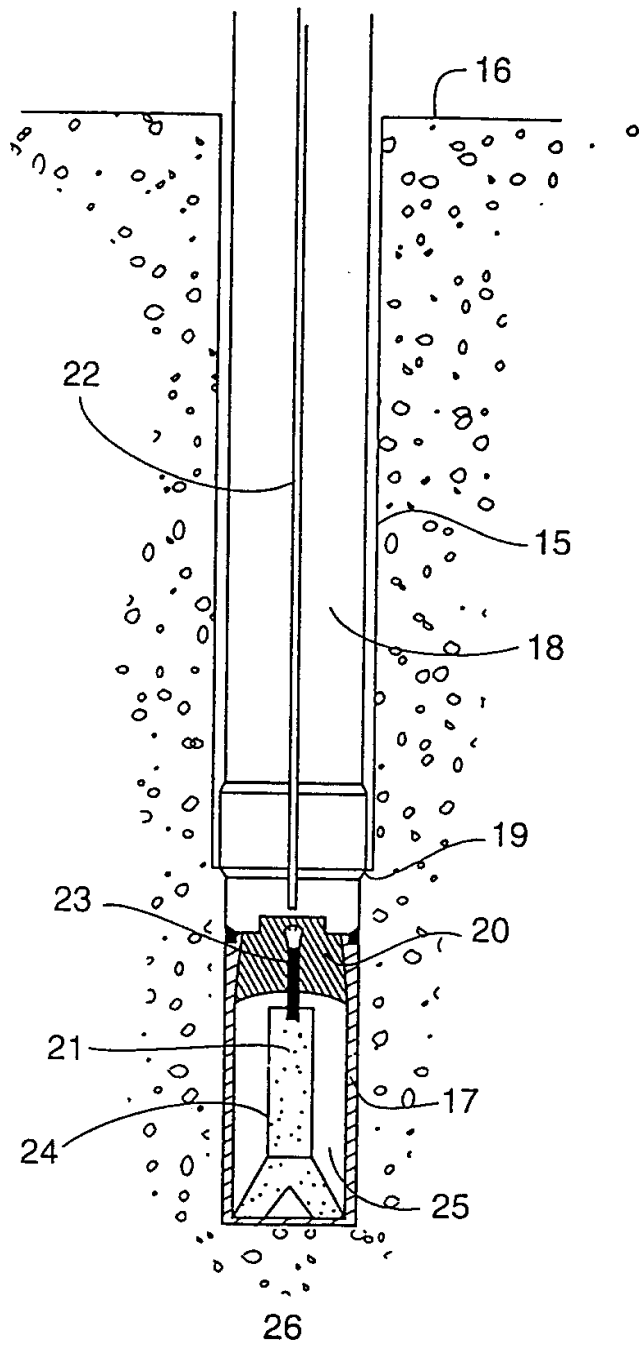


图 3

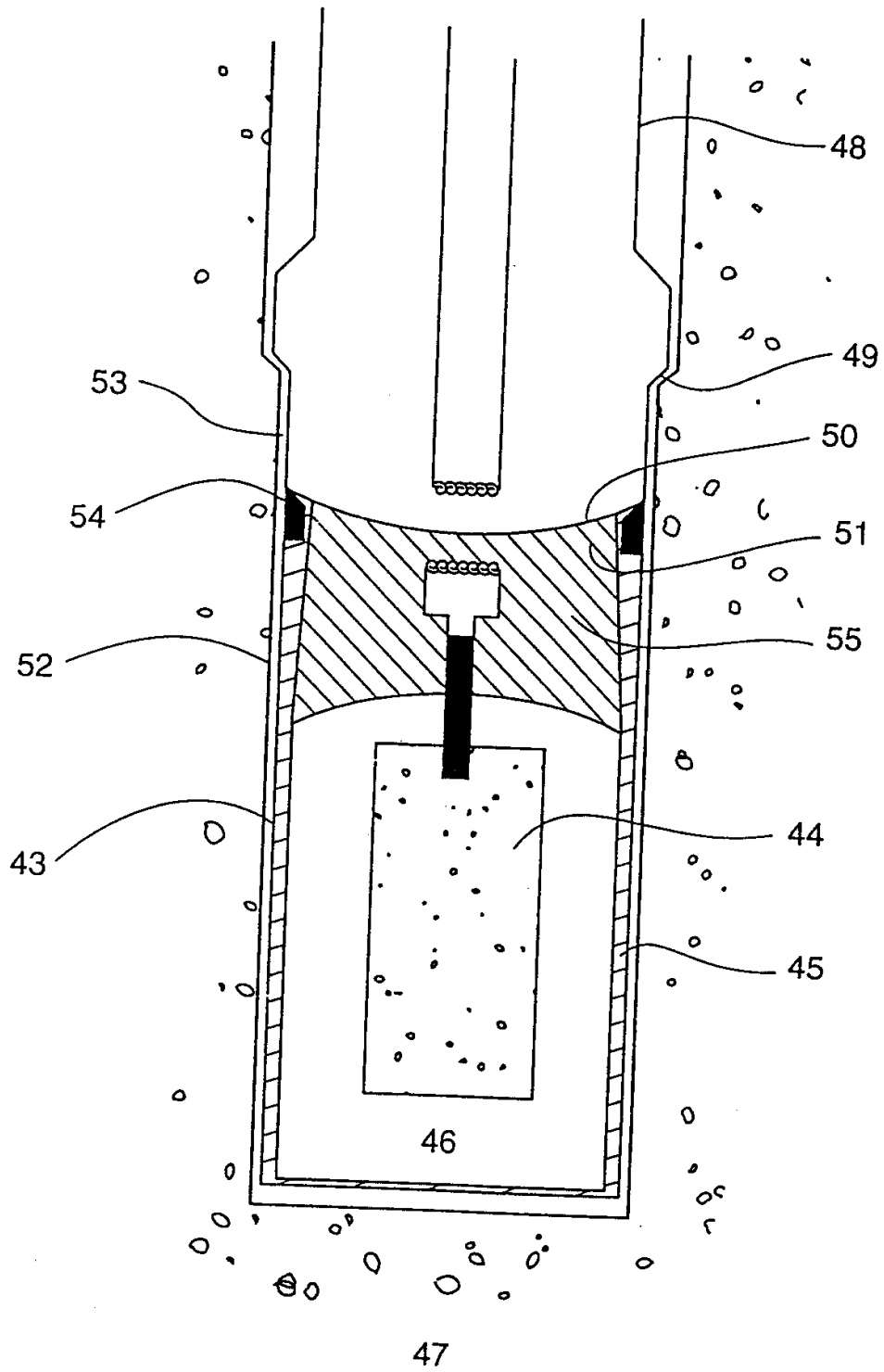


图 5

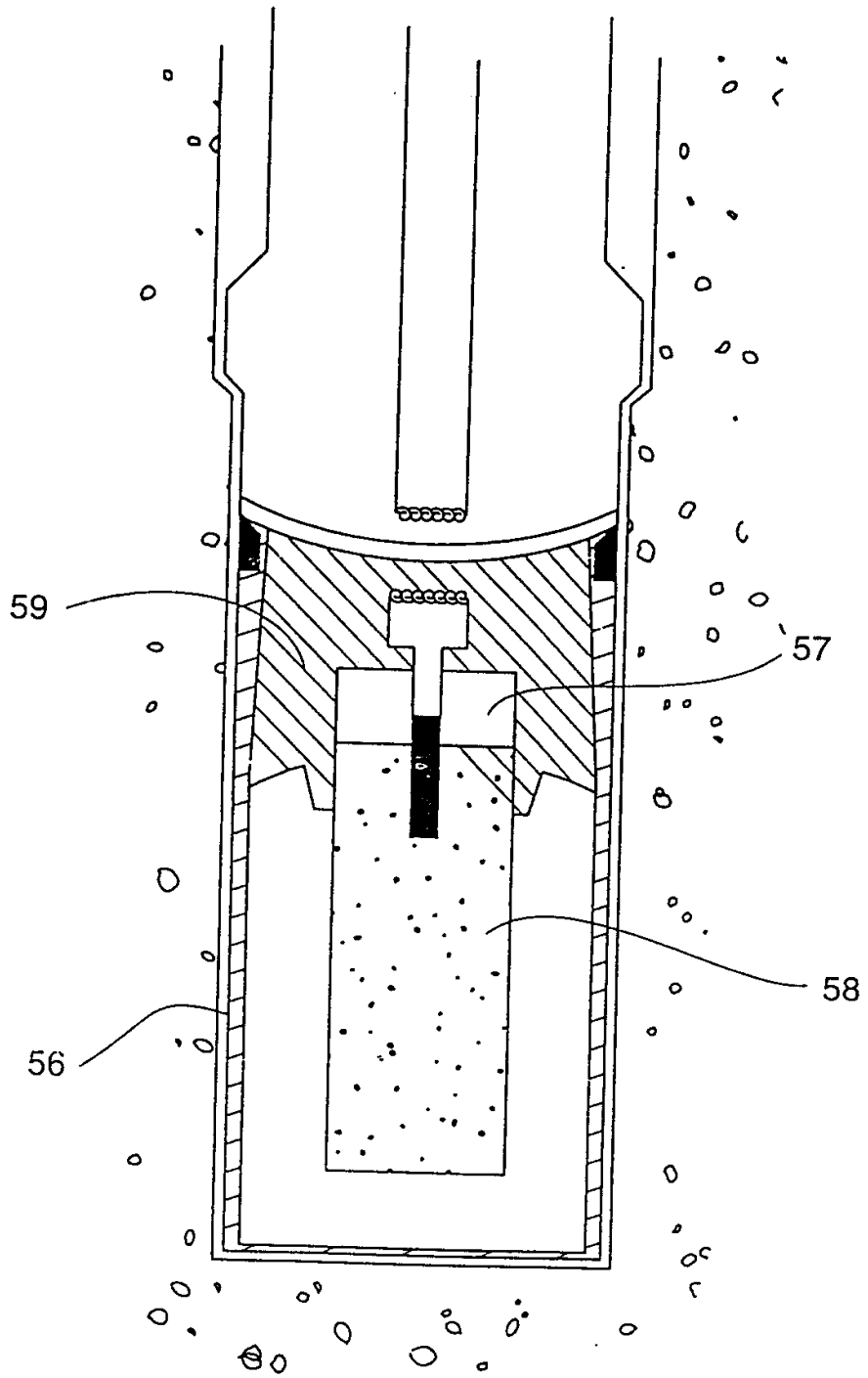


图 6

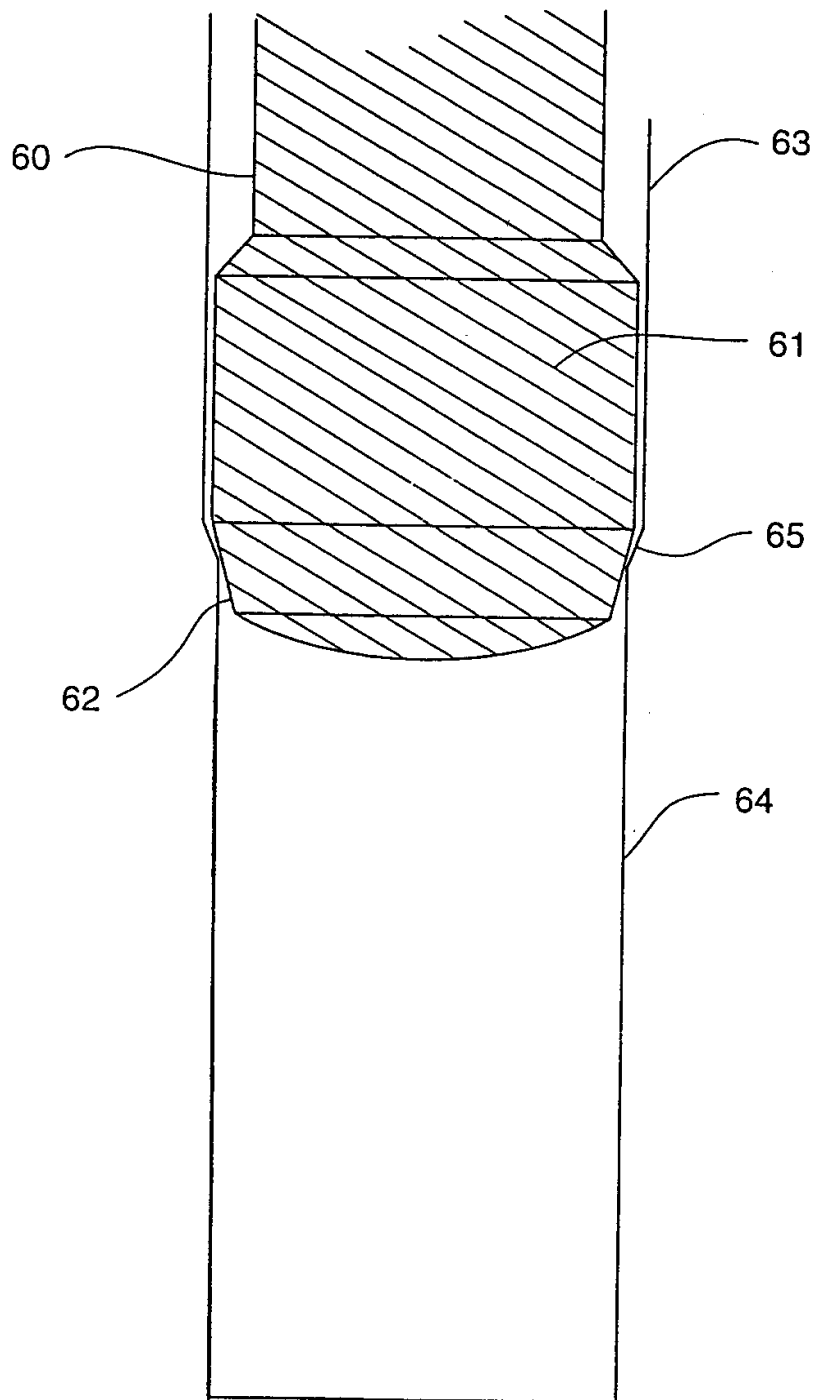


图 7

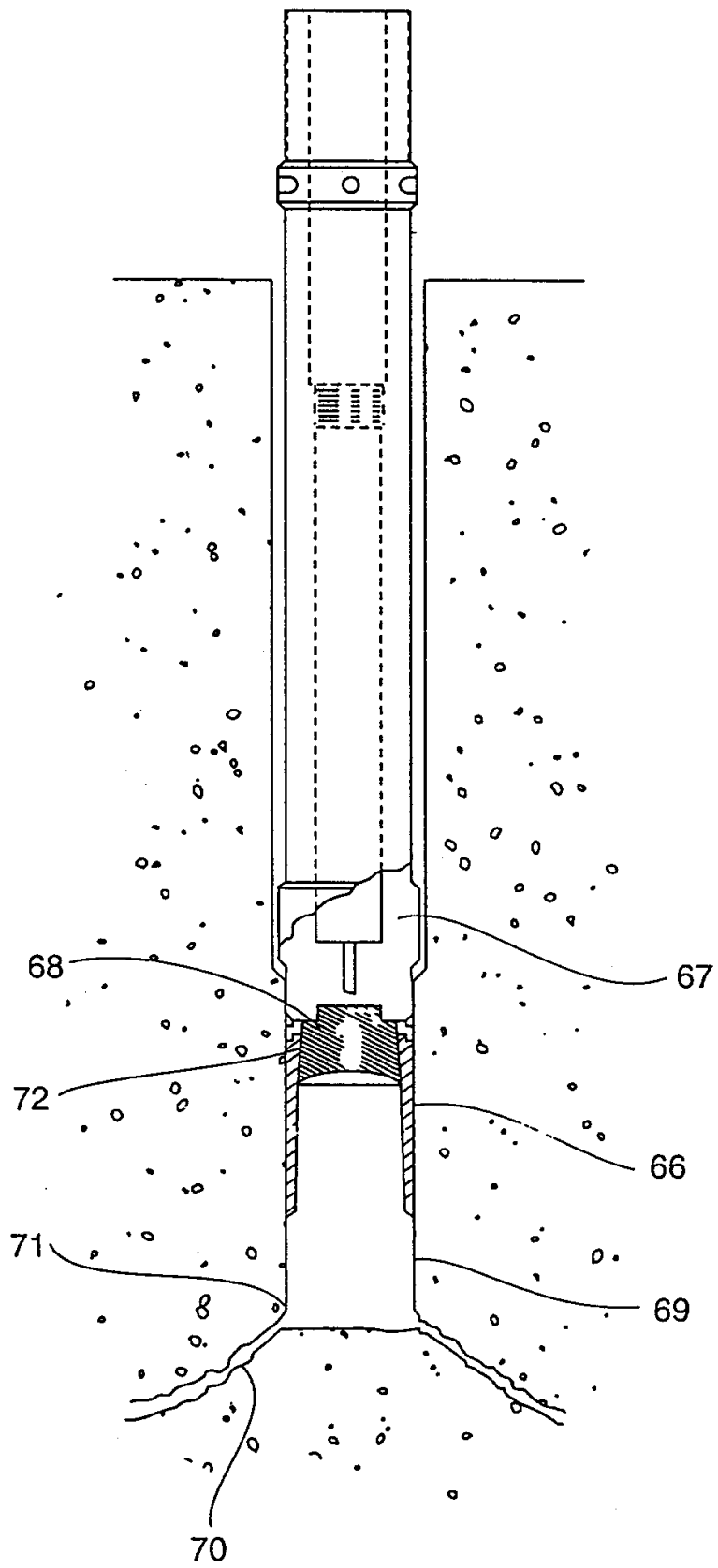


图 8

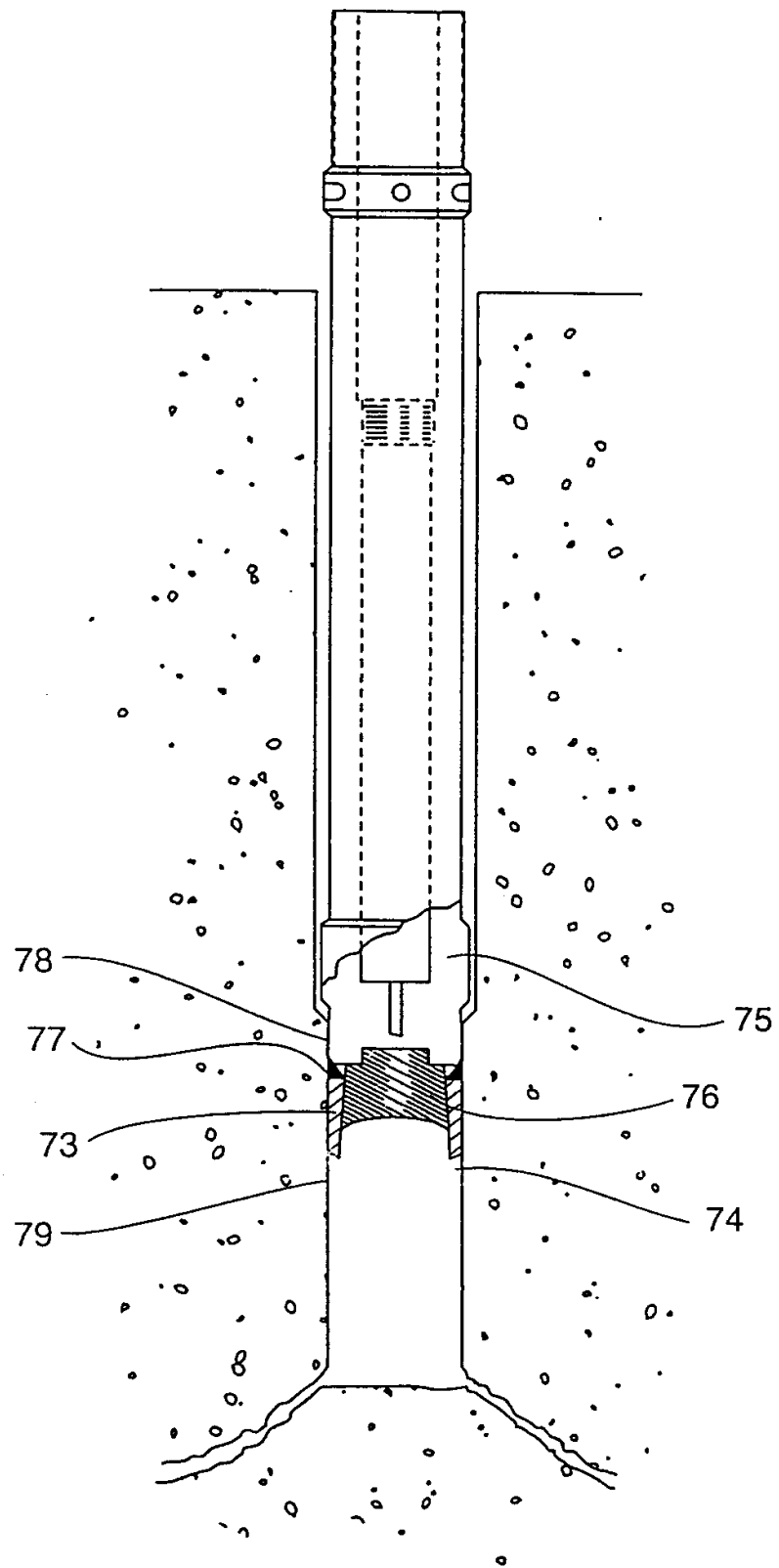
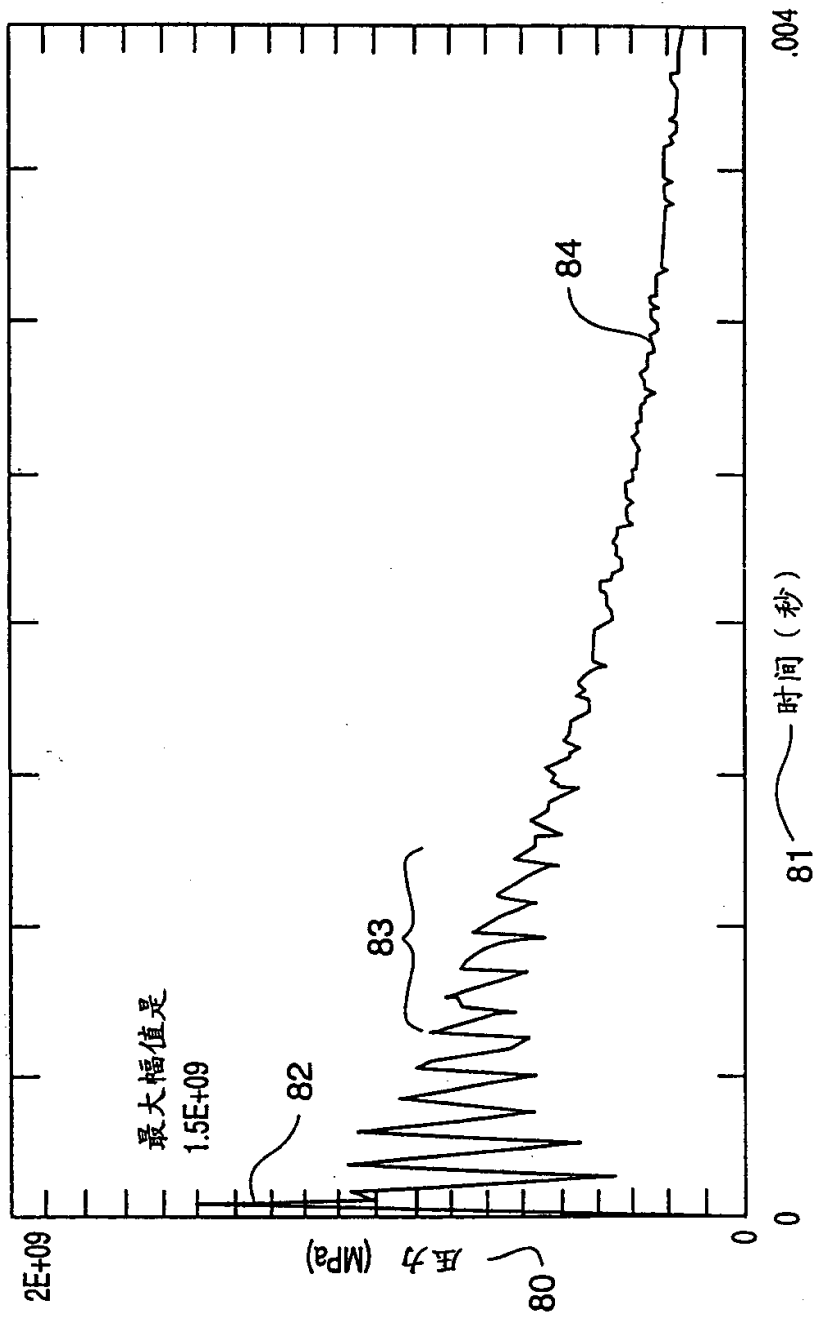
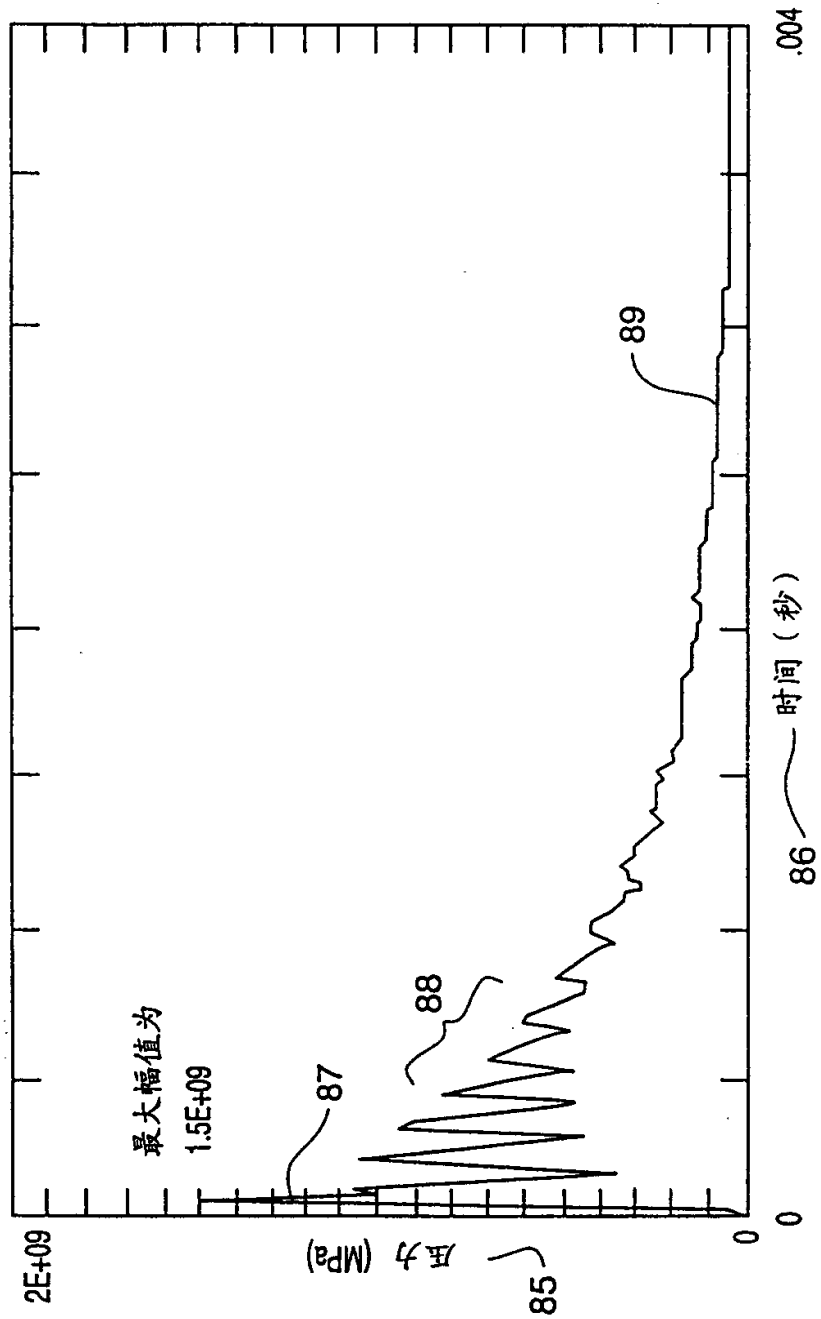


图 9



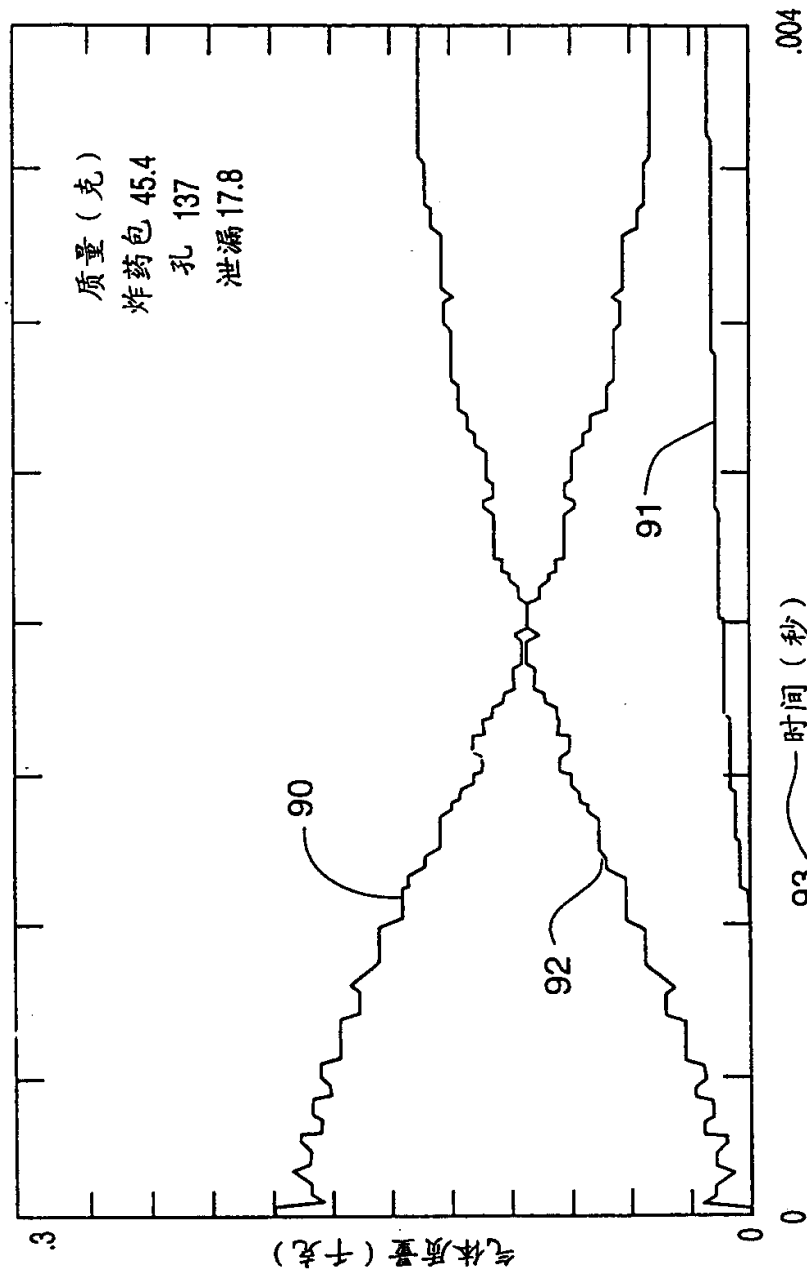
底孔压力 (MPa) 与时间 (秒) 的关系

图 10



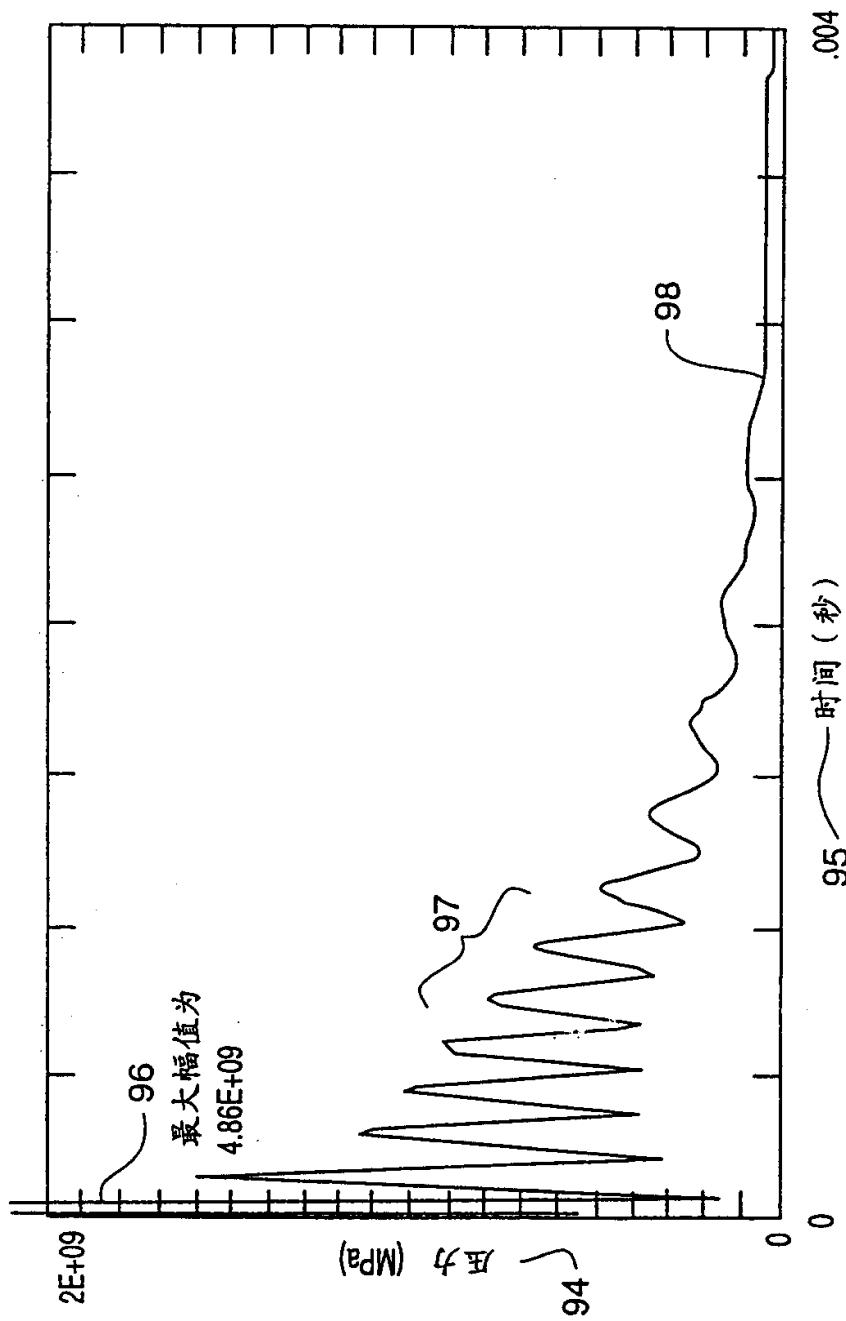
底孔压力 (MPa) 与时间 (秒) 的关系

图 11



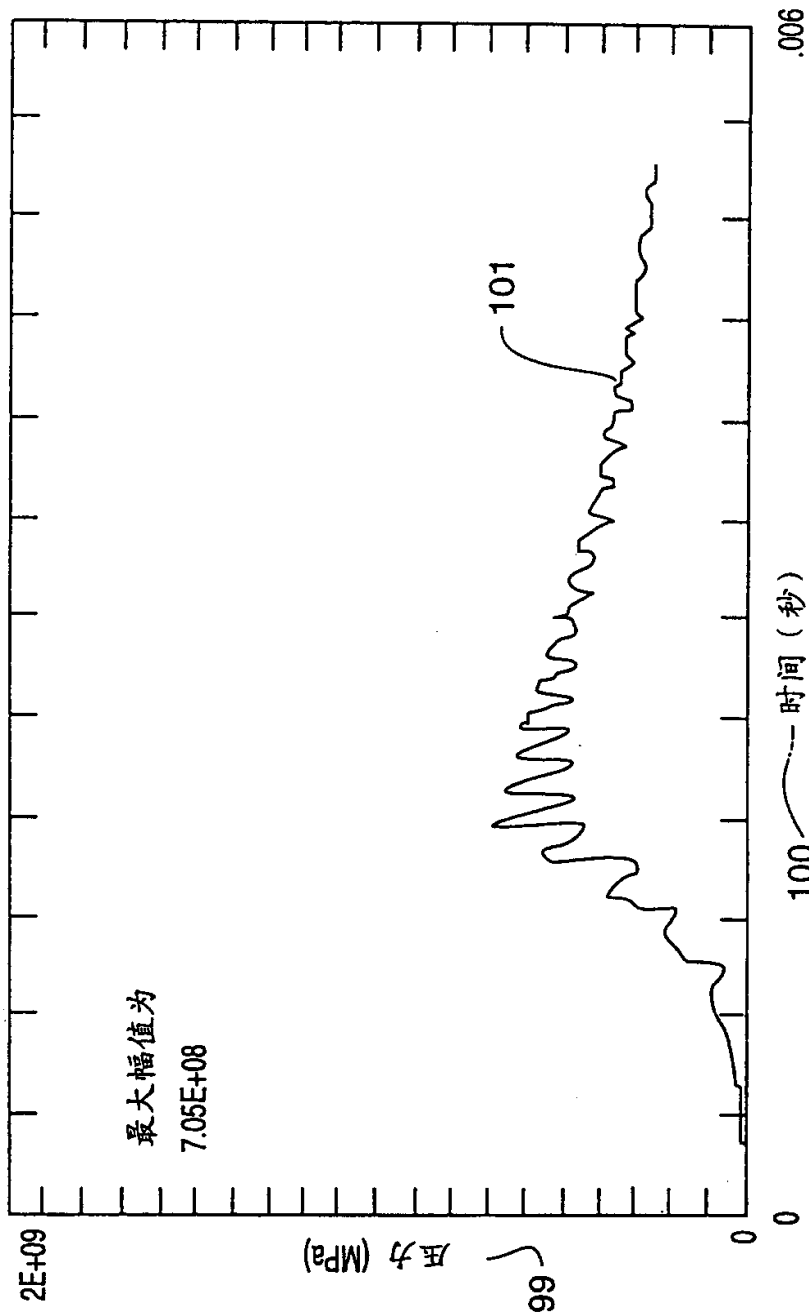
气体质量 (千克) 与时间 (秒) 的关系

图 12



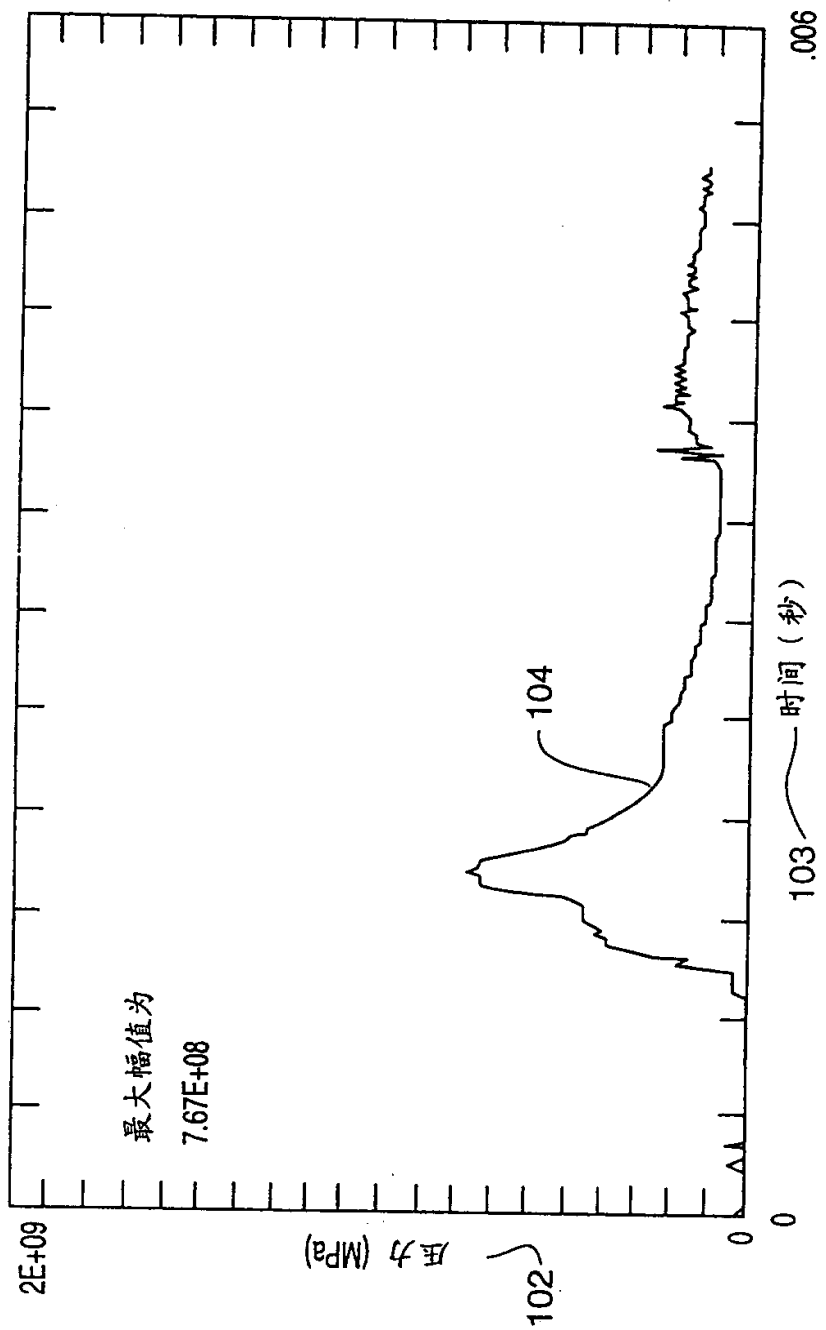
底孔压力 (MPa) 和时间 (秒) 的关系

图 13



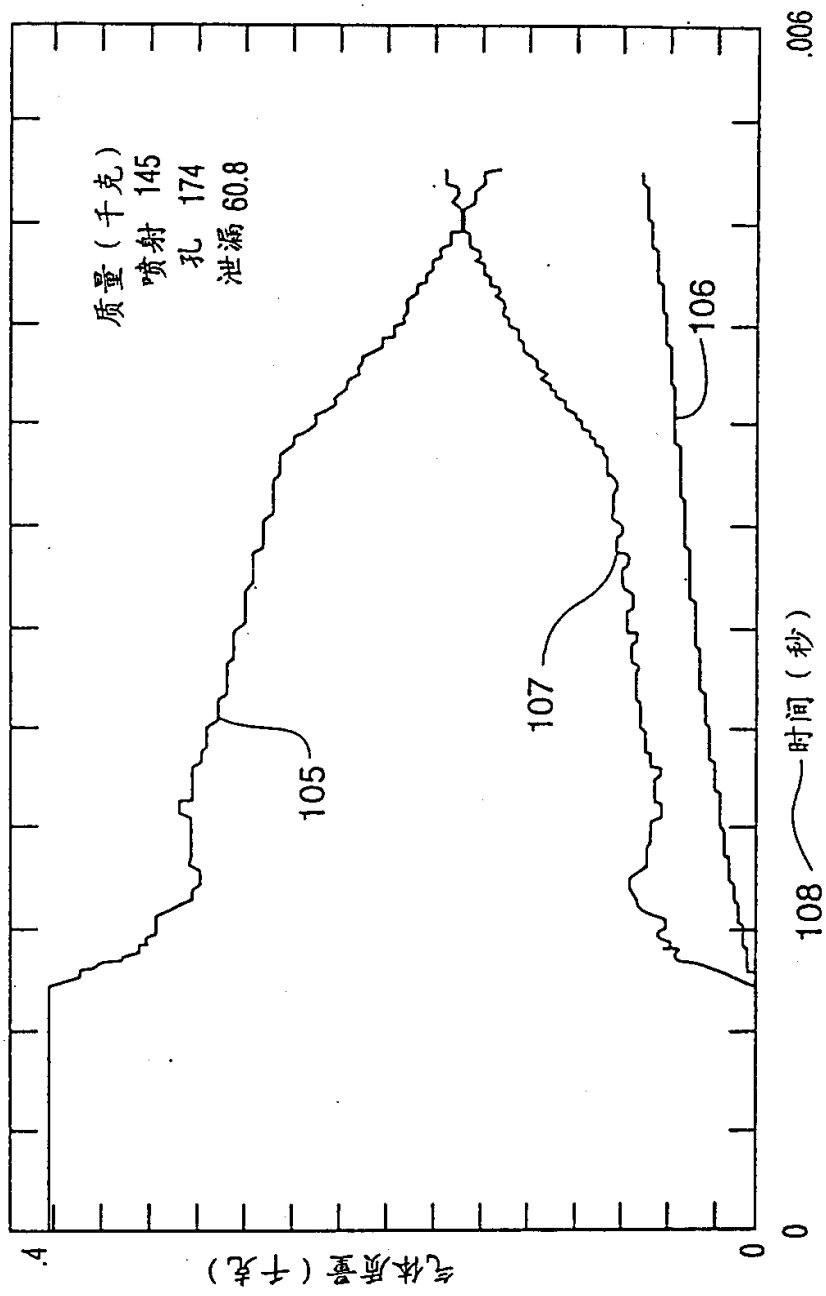
底孔压力 (MPa) 和时间 (秒) 的关系

图 14



底孔压力 (MPa) 和时间 (秒) 的关系

图 15



气体质量 (千克) 与时间 (秒) 的关系

图 16

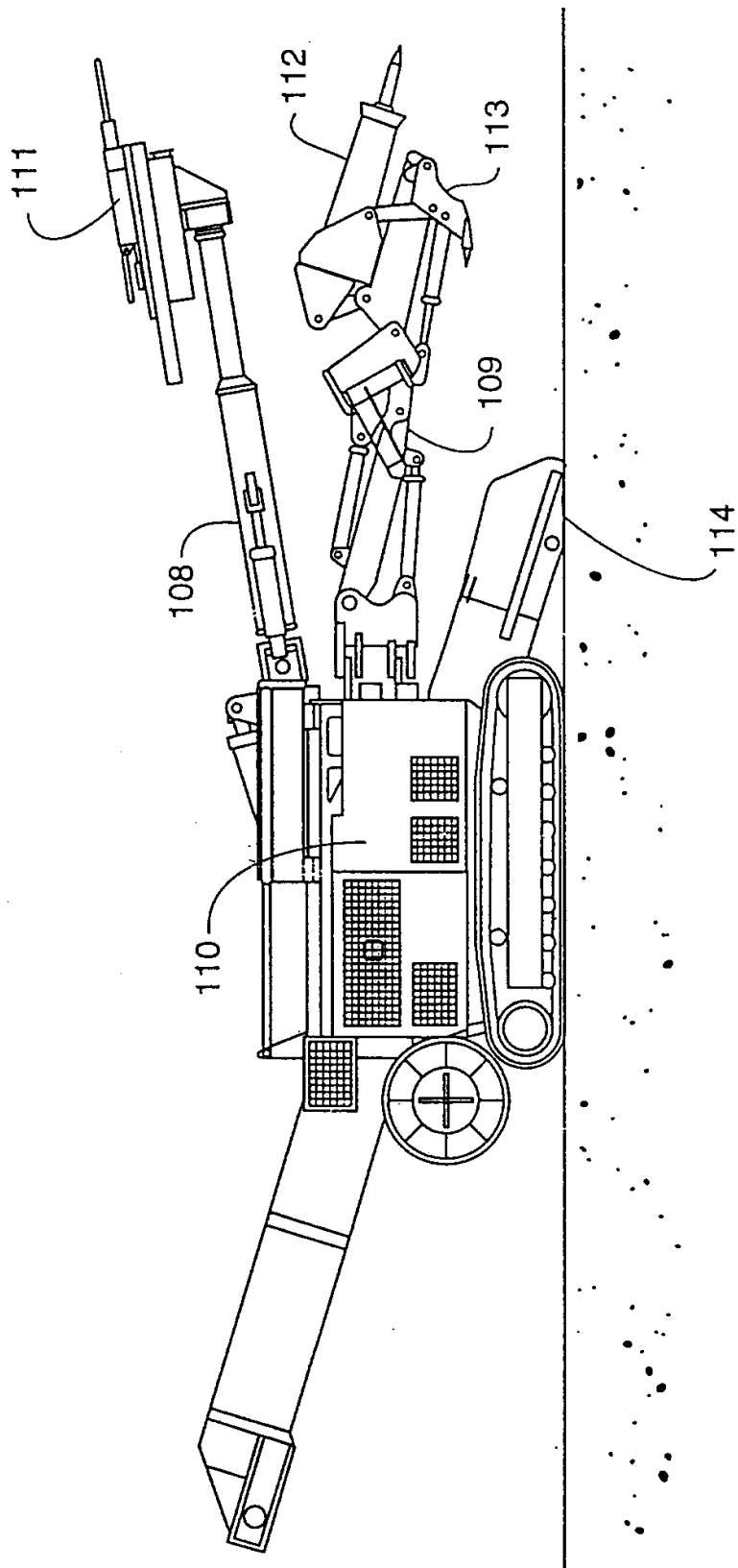


图 17

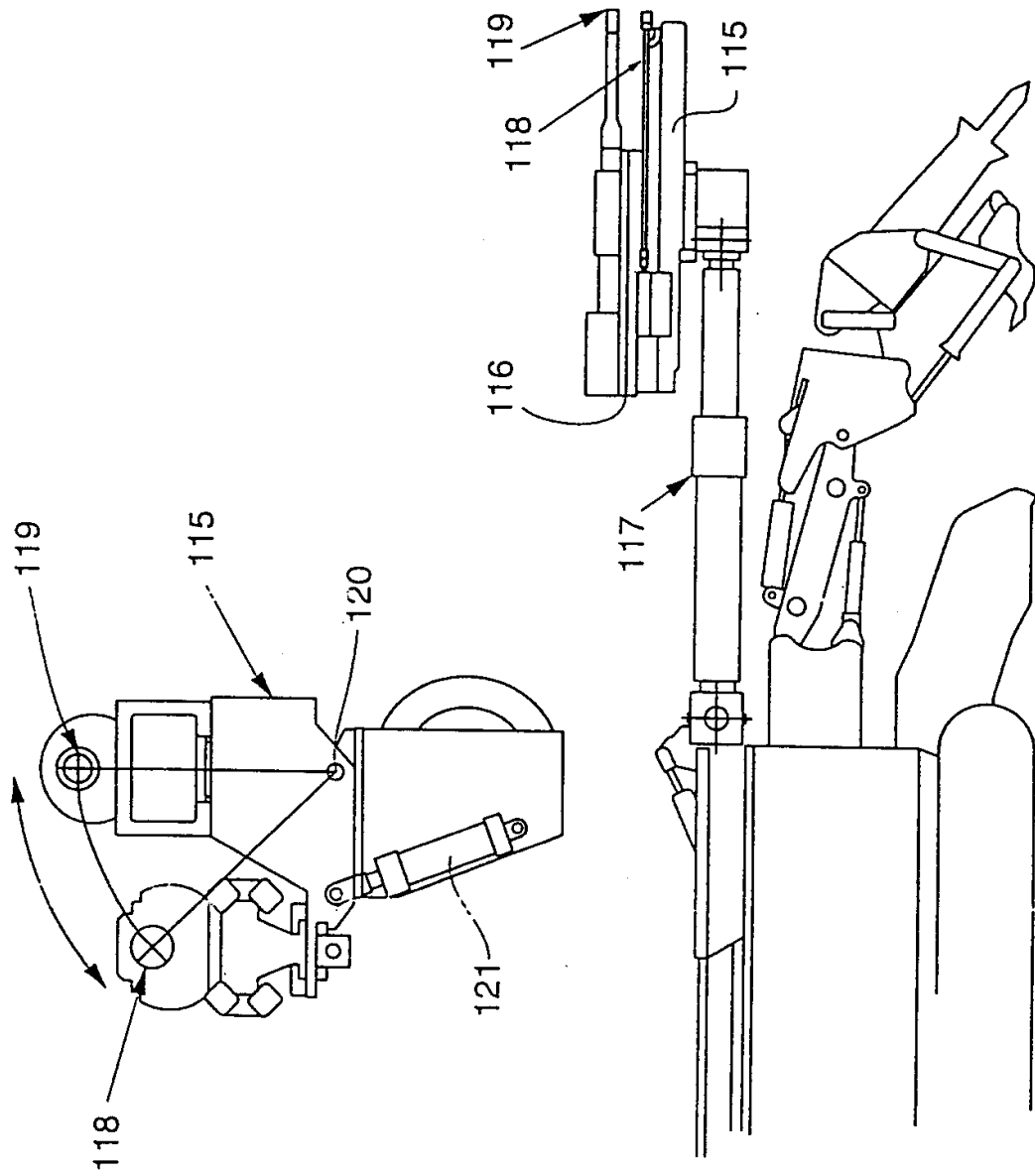


图 18

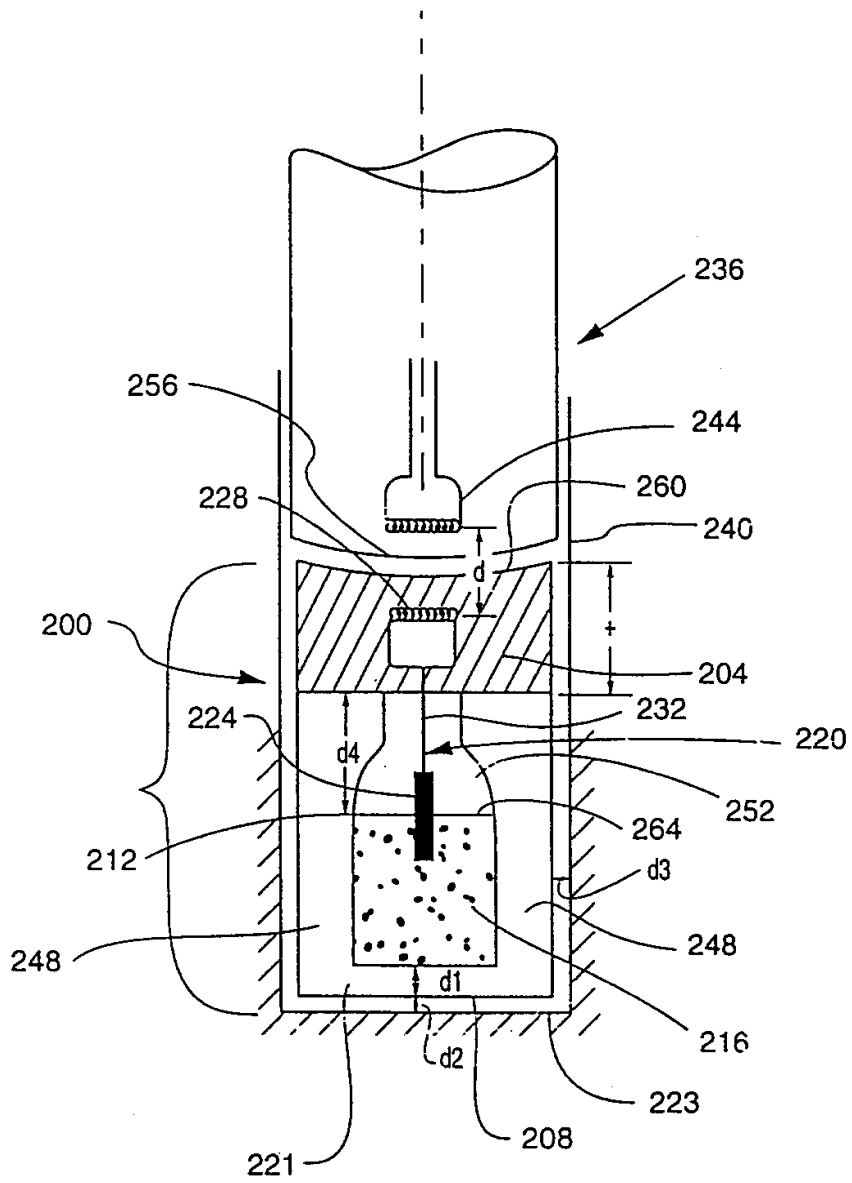


图 19

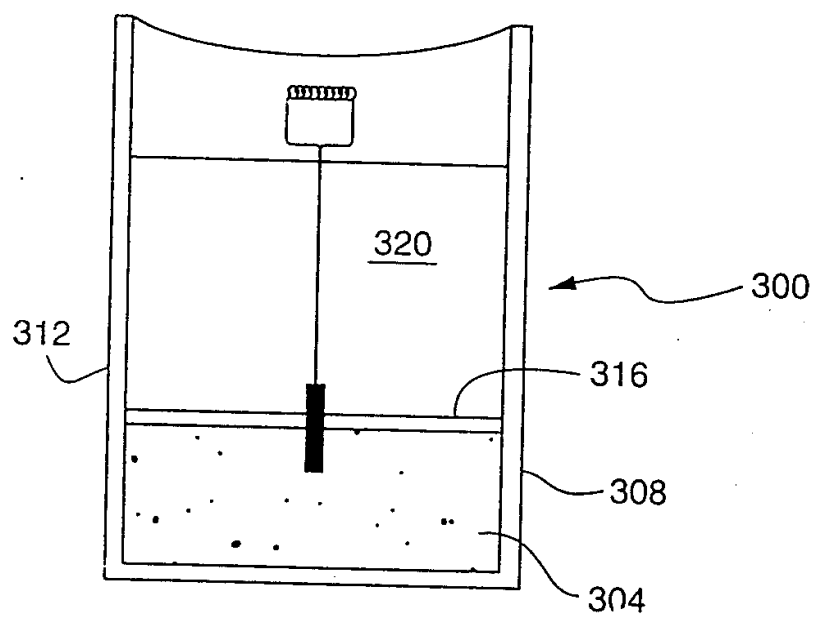


图 20