

爆破材料文集

第一輯



國防·軍工出版社

出版者的話

由于我国社会主义建設事业的飞跃发展，对工业炸药的生产，无论从数量上和品种上均提出了迫切的要求。满足这一要求，是炸药生产者目前一項极其光荣和艰巨的任务。因为大家都知道，生产出更多更好的炸药能有力地加速我国的建設事业。

为此，我們在这本小册子中收集了数篇文章，着重向讀者介紹近年来苏联及其他国家所生产的工业炸药（包括工业电雷管）新品种、性能及結構，为从事爆破材料生产的人员們在設計新品种时提供一些参考資料。此外，本书尚可供矿山爆破人員們閱讀。

国防工業出版社出版

北京市書刊出版业營業許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

787×1092 1/32 印張 2 1/16 46 千字

1960年1月第一版

1960年1月第一次印刷

印数：0,001—1,250册 定价：(11) 0.34元

NO. 3136 統一書号15034·410

252.23
469
-1

爆破材料文集

第一輯

馬永利、戴國柱等譯

國防工業出版社

1959

目 录

工业炸药的品种.....	3
矿山爆破用安全放射性胶质炸药.....	10
在有瓦斯和矿尘危险的矿井中用的安全炸药.....	14
带安全被筒的药卷.....	20
高级安全炸药.....	24
英国工业炸药.....	27
改变装药结构, 提高炸药能量效率.....	39
新瞬发及短延期电雷管.....	49
工业电雷管.....	55

工业炸药的品种

技术科学碩士 B·A·阿松諾夫

人們对現代工业炸药提出的要求主要有三点：足够的威力、經濟合理性和安全可靠性。最后一点要求應該是永远不可动摇的。

由于近年来某些单位和专家提出了反对我們业已肯定的工业炸药发展方向的意見，本文打算对地下作业用非安全炸药进行分析性論述。

應該特別談一談露天爆破用工业炸药的品种，因为安全炸药的发展方向已取得統一的、未遭反对的看法，并且在“工业劳动安全”杂志第一期H·C·巴哈里維奇所发表的文章里也闡述过。

在苏联，使用最普遍的是硝酸铵炸药(阿莫尼特)，使用极少的(需要量在0.5%以下)是硝化甘油含量高的炸药(62%代拿买特)。另外还有一类叫“包貝奇特”的炸药。

国外，尤其是美国，主要采用硝化甘油炸药。

K·K·安德列也夫教授精辟地指出了我們和外国在对待炸药品种方面这种不同态度的原因，他說：“……在偉大十月社会主义革命以前，俄国采矿工业所用的主要炸药类型是代拿买特。苏联把对劳动安全的关心放在第一位，代拿买特由于具有相当高的冲击敏感度和热敏感度，在使用中相当危險，因而几乎早已完全停止使用。

在資本主义国家却是另一回事，至今在采矿业中还普遍使用代拿买特。因此年年发生严重的死亡事故，上千的矿工成了严重

的殘廢者”。

然而近年来苏联矿工——采煤工人出于想提高竖井和竖井旁巷道掘进时的爆破效果的願望，提出使用62%和83%代拿买特的要求。

因此我准备对苏联和外国已定的工业炸药品种发展方向作一些詳述。

早在1931年，根据馬基也夫科学研究所研究的結果，并在采矿作业爆破外伤的病理研究的基础上，苏联劳动人民委员会通过了一项关于允許使用某些品种的硝酸铵炸药（№2 阿莫尼特等），禁止使用93%，88%，83%代拿买特，限制使用62%代拿买特的决定。

这项决定从安全角度来说收到了无可爭辯的效益，并在絕大多數情况下并不因此而降低爆破效果。

大家知道，除了代拿买特具有很高的冲击感度和热感度外，它在10°C或10°C以下还会冻结，冻结后处理起来也就很危險。此外，胶质代拿买特随硝化甘油含量的增加，爆轰傳播能力大大降低。因此，93%、88%、83%代拿买特被禁止使用的基本原因之一就是：半爆情况很多，未爆的药卷被抛入岩石、矿层和煤层中，成为造成重大不幸和死亡事故的原因之一。

然而代拿买特又有一系列优良的性能，例如威力大，密度大，具有防水性和可塑性。

这样看来，改善工业炸药品种可以从下列两个方面去进行：降低代拿买特使用的危險性；研究新品种安全硝酸铵炸药，这些炸药要具有防水性和可塑性，但是还要具有代拿买特那样的威力和密度。

苏联学者决心为首先确保爆破作业安全这个目的而努力，因而他們正确地认为，选择第二个方面为主是比较恰当的。

经过近几十年来所进行的巨大工作，已經首先試制出許多密

度大的防水硝鉍炸药，并且得到了好評。

过去解决抗水性硝鉍炸药的試制問題是从下面三方面进行的：采用抗水硝酸鉍（如KB阿莫尼特）；阿莫尼特成份中掺加瀝青石和石蜡（如B-3阿莫尼特等）；掺加石蜡和松香混合剂（如PK阿莫尼特）。

硝鉍炸药的威力，同样也有了相当大的提高，就爆力來說已經达到83%代拿买特的水平，而就猛度來說則已經达到93%代拿买特（岩石硝鉍炸药）的水平。这些炸药的威力对比情况見表1。

現代硝鉍炸药的密度范围为0.8（14号硝鉍炸药）至1.55克/厘米³（压缩岩石硝鉍炸药）。可見后一种炸药的密度已經十分接近于93%的代拿买特。

这样，高密度硝鉍炸药的缺点剩下的只是缺乏可塑性，由于缺乏可塑性，硝鉍炸药用于爆破十分坚硬的岩石时，尚不能完全与代拿买特相比較。这一缺点的影响，只有在使压缩硝鉍炸药药卷与炮眼壁之間保持最小縫隙的情况下才能显著减小。

苏联学者目前也正是在为消除硝鉍炸药最后这一点缺点而努力，他們已經結束了露天高密度可塑性硝鉍炸药的試制工作。下一步是試制井下用的可塑性、高密度和高威力抗水硝鉍炸药，其所有性能与93%代拿买特的性能相符。

根据上述情况，可以肯定地說，反过来提倡陈旧、危险的代拿买特的傾向是不正确的，这种傾向的产生只能解釋为对近来硝鉍炸药的改进工作了解得不够。

有人常引証国外广泛采用93%代拿买特爆破坚硬岩石这样一个事实，来为这种明显的錯誤傾向辯护。然而，这只是在北欧（瑞典，挪威）倒是事实，那里小量地采用这种代拿买特。在矿业中，基本上普遍使用的是ZFV型代拿买特（50%硝酸酯）和ZPB型

代拿买特 (35% 硝酸酯)。在德意志民主共和国、瑞士、奥地利、意大利及其他国家，名义上在工业炸药的商品目录中有93%的代拿买特，而在矿山坑道工程中却采用含10~35%左右硝酸酯的炸药。在美国所采用的炸药的商品目录中有这么一条说明：93%的代拿买特只用于破碎高炉和马丁炉中的“凝固铁块”，用于海港作水下爆破等等。在此情况下，必须注意，只有美国人才有根据硝酸酯的百分含量计算炸药威力的习惯：在美国，只是在所谓“标准胶质炸药”中，硝酸酯的名义百分含量才与实际相符。至于胶质代拿买特，则其中硝酸酯的实际含量大大低于分类所定的含量。如，含20%硝酸酯和60%硝酸铵的代拿买特归类为62%的代拿买特 ($20 + 60 \cdot 0.7$ ，其中0.7为硝酸铵与硝化甘油的威力相比的系数)。

在全世界，明显的趋势是，炸药成分中的硝酸酯含量显著降低了 (有时几乎完全不用)。国外著名学者特拉乌茨写道，“第一次世界大战前夕，除爆胶外，还广泛采用含65%硝化甘油的代拿买特，而以后针对同样目的便开始采用硝化甘油含量低的 (近乎20%) 代拿买特”。

在波兰、捷克、英国、意大利、挪威和芬兰，除硝化甘油炸药外，尚有无硝化甘油的硝酸铵炸药 (波兰——0号，2号，5号岩石硝酸铵炸药；捷克——1号狄纳孟，煤矿用硝酸铵炸药C，煤矿用硝酸铵炸药K-3；挪威——吉奥米特；意大利——狄纳孟S，狄纳孟1°；英国——阿莫拿尔；特姆——包乌捷尔)。

很遗憾，在技术文献中没有关于硝化甘油炸药和无硝化甘油炸药的使用量的数据，可是，从经常接触到的关于后一种炸药的材料来看，可以认为，其所占部分是相当大的。

此外，在国外，属于硝化甘油炸药的，不仅名义上而且实际上还有含少量硝酸酯的硝化甘油炸药，而且，不仅按照我国的规

則，就是按照国外的規則，它們也都被看作是**硝酸铵炸药**。

在法国，无硝化甘油炸药由主管部門制定，为一种**壟断营业**，由国家康采恩經營，而含甘油的**硝酸铵炸药**由私营公司經營。

因此，可以作出結論，某些专家和部領導人員关于国外只采用硝化甘油炸药并大都是采用高含量硝化甘油炸药的看法是不正确的。为了了解生产者对炸药品种的意见，矿山科学技术协会曾协同苏联科学院各主管部門間的**爆破工作組**拟制了，并向各企业寄发了一份調查表，調查**爆破工作的性质**，所采用炸药的品种，对它的評價及对于試制新型炸药的希望。

結果收到了許多企业的答复，如采金企业、有色冶金矿山、黑色冶金矿山、建設中的煤矿矿井、正在生产的煤矿和銅矿矿井、焊药原料开采場、石棉矿山，此外还收到了生产管理局和苏联**爆破工程联合公司**的一些工段的答复。

从这些答复里可以看出，除建設中的煤矿外，沒有一个从事岩石（甚至普氏硬度系数达20的岩石）地下爆破的企业是采用代拿买特的。在頓巴斯新建煤矿中只用62%代拿买特，而83%代拿买特在任何情况下都不使用。

除使用62%代拿买特外，在頁岩和砂岩豎井和斜井的掘进工程中，也常使用低威力安全АП-1和АП-2**硝酸铵炸药**，在这两种情况下，炮眼利用系数（表2）的差別不大。

这証明，在上述条件下，使用代拿买特是沒有必要的。

苏联东部新建煤矿不用代拿买特，可是其工作指标却并不次于表2中所列的代拿买特的指标。

在有色和黑色冶金业的矿井掘进工程中（所爆破岩石要比煤炭工业中的坚硬得多），情况也大致相同。

在有色和黑色冶金业中，有两种新型炸药得到了好評：1号

表 1

炸 药 品 种 名 称	炸药密度 (克/厘米 ³)	殉爆距 不小于 (厘米)	猛度 (毫米)	爆 力 (厘米 ³)	抗 水 性 (通过何 种試驗)
普通和粒状 6 号阿莫尼特	1.0~1.15	5	14~16	360~380	不抗水
6 号压缩阿莫尼特	1.25~1.35	5	20~23	360~380	不抗水
KB 6 号和 IK 6 号粉状阿莫尼特	1.0~1.15	5	14~16	360~380	水平試驗
KB 6 号压缩阿莫尼特	1.25~1.35	5	20~23	360~380	水平試驗
7 号粉状阿莫尼特	1.0~1.10	4	13~15	350~360	不抗水
IK 7 号和 IK 7 号粉状阿莫尼特	1.0~1.10	4	13~15	350~360	水平試驗
粒状二硝基苯	1.0~1.15	5	15~16	320~360	水平試驗
B-3 粉状阿莫尼特	1.0~1.10	4	14~15	360~370	垂直試驗
阿莫拿尔 BA-2, BA-4, BA-8 (粉状)	1.0~1.10	4~7	16~18	400~420	垂直試驗
1 号粉状岩石阿莫尼特	1.0	5~8	18~20	450~460	不抗水
1 号压缩阿莫尼特	1.5~1.55	5~8	22~26	450~460	不抗水
KB 1 号粉状压缩阿莫尼特	1.0	5~8	18~20	450~460	垂直試驗
KB 1 号压缩岩石阿莫尼特	1.5~1.55	5~8	22~26	450~460	垂直試驗
14 号低密度阿莫尼特 (质松岩石 的爆破)	0.8	2~3	8~10	330	不抗水
62% 难冻代拿买特	1.4	5	15~18	360~380	垂直試驗
83% 难冻代拿买特	1.45	5	16~24	440~480	垂直試驗
93% 代拿买特 (比較用)	1.55~1.60	—	19~26	520	垂直試驗

注: 水平試驗相当于药卷在满水的水平炮眼中持續两小时。垂直試驗相当于在同样炮眼中持續六小时。

压缩岩石硝铵炸药和 KB 型 6 号硝铵炸药。

在某些企业中, 使用 6 号硝铵炸药装药卷和压缩成药柱来爆

破硬度系数达16~20的岩石时,得到下列数值(炮眼利用系数):单一岩时,掘进平巷时为0.85~0.9;掘进上升巷道时为0.9~0.95;掘进硬度系数为16的具有裂缝的岩石的巷道时为0.95~1.0。

对于今后究竟该从那一个方向来研究炸药这个问题,可以说几乎所有矿山的职工都发表了意见,他们希望新的炸药:具有极大的安全性,尽可能大的猛度和爆力,良好的抗水性,密度大,可塑性好,以及爆炸时有毒气体生成量少。没有一个企业提出来要生产代拿买特;相反,他们都强调使用安全炸药的必要性。

毫无疑问,所有这些都说明已定的发展和改进硝酸铵炸药的方针是正确的。如果工程技术人员认真地进行爆破工作,那末这些炸药无论用于任何硬度的岩石的爆破,均将获得良好的爆破效果,而且炮眼利用系数值将接近于1。

现在我们已经有为矿山工作的条件(坚硬、极坚硬、质松的岩石,干燥、潮湿的工作条件)选择硝酸铵炸药品种。可是,新品种的炸药的推广工作进展得十分缓慢,而且远非所有的品种已经用于为其设计的工作条件。必须力争在每一矿山企业中都备有足够数量的、适用于当地条件的炸药。

当所有的矿山都具备了所需要的高威力硝酸铵炸药时,那么在

表 2

炸 药 名 称	炮 眼 利 用 系 数 值					
	頁 岩			砂 岩		
	最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均
62%代拿买特	0.85	0.88	0.86	0.8	0.82	0.81
АН-1和АН-2阿莫尼特	0.76	0.80	0.78	0.72	0.75	0.73

坚硬和极坚硬岩石巷道掘进工程中进行爆破时，效率一定会很高，而且很安全。

(段雄、馬永利譯自苏联“工业劳动安全”，1957年第4期)

矿山爆破用安全放射性胶质炸药

工程师 С. П. 列夫奇克

有时因药卷起爆不完全；在炮眼内或被炸碎的岩石中会殘留一些未爆炸的药卷，往往因此而導致不幸事故。为了避免在拒爆时发生不幸事故，特推荐一种发现未爆药卷的新方法。方法是：在胶质炸药药卷内掺加放射性物质，药卷拒爆时就可被射线记录器发现。

选择放射性同位素应以其半衰期的长短为根据。同位素应不致引起放射性物质在巷道内聚集，同时其半衰期也得足够长，以符合炸药的存放期。同位素的放射性强度应以不損害矿井工作人员的健康为标准。放射性物质应不带毒性，因为它会在矿山的大气中散射；不得溶于水；能与炸药化合，而且价格低廉。

已經对半衰期为30~70昼夜的各种同位素进行了試驗，上述半衰期均符合大多数加拿大矿山上的炸药存放期。

现将半衰期为25~75昼夜的放射性同位素的若干性能列表如下。

γ射线的放射能是測定射线穿透范围的最重要的参数。銻124和銾114这两种同位素最符合上述要求。

在試驗中使用的主要是同位素銻124。此外，尚使用較常用的同位素鉄59作了几次試驗。这两种同位素都具有足够强的射线穿透力，在相当大的距离内都可以发现。但是，迄今尚没有关于

放射性同位素的若干性能

放射性同位素	半衰期(昼夜)	γ射綫的放射能 (百万电子伏特)	比 放 射 性 (毫居里/克)①
銻51	26.5	0.32	170.0
銻103	42	0.5	36.0
銻115	43	0.5	1.0
銻59	46.5	1.3, 1.1②	0.5
銻114	50	1.3, 0.7	200.0
銻124	60	1.7, 0.6	65.0
銻95	65	0.7, 0.2	1.5
銻185	75	0.13	22.0

① 某些放射性物质在一秒钟内分裂出 3.7×10^7 个原子的放射性，称为一毫居里。

② 上述銻、銻、銻、銻同位素的光譜有两条，本栏内第二个数字都是表示所谓軟光譜的輻射能。

它們对人体毒害作用的資料。在最短期間内 应该 进行这方面的試驗。

下列两种制造放射性药卷的方法已經经过研究：第一种是将放射性物质加入药卷紙壳的塗料中；第二种是将放射性物质直接摻合在配制胶质炸药用的混合物中。对炮眼内放射性药卷“可发现性”的初步試驗証明，第二种方法比第一种好。

放射性炸药的生产工艺非常简单，即在200克优质白璽（制造胶质炸药时用作安定剂）中，加入少量的放射性輝銻矿（ $\text{Sb-124})_2\text{S}_3$ 。每100公斤炸药共計加入0.5克左右同位素銻。安定剂和胶质炸药半成品的混合時間为10分钟。混合后，按普通方法用放射性胶质炸药制造直徑为25.4毫米的标准药卷。已制造了两批工业放射性胶质炸药，其放射性分别为8.2和2.1毫居里/药卷。

在克里瑪尔矿山进行的地下試驗中，在断面为 2.4×2.4 米的巷道内，用放射性药卷装填了31个（一組）炮眼。先将放射性药

卷放入各炮眼的不同深度上，然后用盖氏计数器测定射线的穿透范围。当试验药卷的放射性为10、30、100毫居里时，射线穿透范围的半径即分别为75、120、180厘米。在此项试验中，各次的试验结果均相同。

放射性胶质炸药爆炸后，在被炸的工作面上，没有发现任何残余射线的特征。诚然，在炸碎的岩石上有微弱的辐射，但是根本不致于影响靠近工作面的计数器的读数。在第一批试验中，有一个炮眼爆炸不完全，部分胶质炸药由炮眼崩入岩石中。虽然计数器觉察到有强放射性存在，但却不能肯定未爆放射性药卷的准确位置。产生这种现象的原因，可能是与放射性炸药直接接触的岩石粉末有一部分变成了放射性物质，因而影响了盖氏计数器的读数。

在所有其它情况下，即当胶质炸药残留在炮眼坑内、未爆炮眼内，或者被炸碎的岩石中，计数器都能测定出它的准确位置。在透辉石中试验强放射性（达100毫居里）药卷时，有一些炮眼坑曾发现有明显的辐射痕迹。

在单个试验中，仪器在距炮眼50厘米或距岩石20厘米处能发现放射性为7毫居里/药卷的药卷，在距炮眼91厘米或距岩石35厘米处能发现放射性为20毫居里的药卷。这些数据都是根据盖氏计数器对辐射的记录而得。如果使用更敏感的仪器，例如闪烁计数器，结果还会准确得多。闪烁计数器须改变原来的结构，使其适应地下条件。对专用于这项工作的盖氏计数器也进行了试验，右图就是这类仪

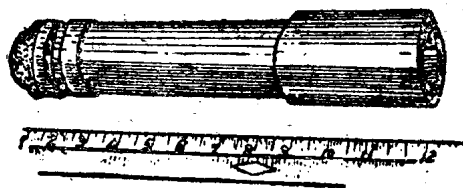


图1 巷道用射线记录器“胶质炸药定位器”。

器的一种，叫做“胶质炸药定位器”。它的尺寸和重量都不大，甚至

可以很容易地裝定在鋤柄上。

在工業上進行放射性同位素操作時，最主要的是，要經常不斷地測定放射強度。在放射性膠質炸藥的試制過程中，不論是製造，還是在地下使用，都曾進行了這項工作。

一周內工作 40 個小時 不致損害人身健康的射綫最小劑量為 300 毫倫，即每小時平均 7.5 毫倫。

在製造放射性為 7 毫居里/藥卷的膠質炸藥時，上述要求已經符合，不須再採取其它特殊措施；而在製造放射性為 18 毫居里/藥卷的炸藥時，就必須另行採取預防措施（增加相應的開支），因為在混和膠質炸藥的各種成份時，射綫劑量就已經達到了危險的程度。

放射性炸藥在倉庫內存放並不困難，因為倉庫總有一般的絕緣裝置，同時疊放的炸藥箱又可以屏蔽輻射。

在克里瑪爾礦山進行的膠質炸藥試驗中，按下述方法觀察放射性：第一，在裝填炮眼時，測定射綫的強度。當膠質炸藥藥卷的放射性在 10 毫居里以下時，輻射能級在 1 毫倫/時以下；當藥卷的放射性為 21 毫居里時，輻射能級為 3 ~ 4 毫倫/時。第二，在工作面上取兩個空氣試樣，測定空氣中塵粒的放射性。爆炸後，在距工作面 3 米處立即取第一個試樣，經過三個半小時後取第二個試樣。測定結果，塵粒的放射性由 9×10^{-9} 毫居里/厘米³ 降至 1.7×10^{-9} 毫居里/厘米³。研究人員認為：與同位素銑-59 的情況相似，放射性同位素在空氣中的最大許可濃度不得超過 10^{-8} 毫居里/厘米³ 空氣。

關於放射性物質對炸藥性能的影響問題，早已作過研究。研究結果證明：只有在放射性強達數千萬毫居里時，炸藥的性能才會發生顯著的改變。為了考察這種情況，將數個放射性 70% 膠質炸藥藥卷（放射性為 32 毫居里/藥卷）存放兩星期，然後作摩擦敏感

度、冲击敏感度和化学安定性三項試驗。試驗証明，炸药性能未发生任何变化。

研究胶质炸药所用的放射性同位素，共化了66美元29分；如果使用同位素銨114，放射性材料的費用大概还可减少五分之四。

結 論

在加拿大进行的研究工作証明：可以用同位素銨 124 制造放射性在10毫居里/药卷以下的胶质炸药。这样的炸药对生产人員和矿山使用人員的身体健康都沒有損害。

不宜制造放射性在10毫居里以上的炸药，因为制造这样的炸药将使生产复杂化，而且会影响人体健康。

使用放射性同位素可以很容易地發現拒爆的胶质炸药药卷。然而，使用这种方法，絲毫不等于應該取消現行的現場檢驗方法。

放射性胶质炸药的試驗結果証明：在工业中使用放射性炸药，可以大大减少因拒爆药卷和殘余炸药而引起的不幸事故。

（吳星照譯自苏联“矿山杂志”1958年，第3期）

在有瓦斯和矿尘危险的矿井中用的

安全炸药

技术科学碩士 H. C. 巴哈萊維茨

技术科学博士 Л. B. 杜布諾夫

在矿井爆破的防止瓦斯或矿尘爆炸的措施中，正确选择炸药具有重要的意义。

許多煤矿(甲烷，煤尘)，鉀矿(甲烷，氫)，硫磺矿及黃鉄矿

(硫磺尘, 黄铁矿, 气体硫化物), 石油矿及地蜡矿 (碳氢化合物——从甲烷到构成石油挥发部分的较高同系物), 某些金属矿 (甲烷, 汽油蒸气及含有易燃矿物的相邻岩石) 的大气中的易燃天然瓦斯及矿尘, 它们与空气形成爆炸混合物。

爆破时, 地下坑道内发生瓦斯及矿尘爆炸, 这是由于炸药的位能只有一部分消耗于破坏矿石的机械功上, 而其余绝大部分, 如起爆的赤热生成物, 空气冲击波或辐射传给有爆炸危险的矿井介质。

假如我们能计算炸药药包的爆炸功, 使机械作用系数趋于一, 即炸药的所有位能几乎都变成机械功, 那末可安全地使用任何威力的炸药。可惜, 这种计算很困难。此外尚不得不考虑到能产生严重后果的偶然因素和没有预料到的一些情况。

因此, 在实际工作中限制安全炸药的位能(威力), 借此而创造某些安全系数, 这与机械制造业中对结构材料采用安全系数相似。

安全炸药位能的这一限制, 或安全炸药的许可位能水平完全决定于使用炸药条件的所给的或真实的危险程度, 尤其决定于下列诸因素: 矿井介质的敏感度或爆炸危险性, 爆炸机械作用的假定系数, 药包露出或直接与有爆炸危险介质 (开槽后, 炮眼交叉处有裂缝, 掌子沉陷等) 接触的可能性, 起爆生成物和冲击波与矿井介质互相作用的条件。

最普通矿井介质对爆炸冲能的敏感度可排成下列次序 (由高到低): 氟, 硫尘, 汽油蒸汽, 甲烷, 煤尘, 钾尘。

在其他条件相同时, 可提高上述顺序中相应安全炸药的威力许可水平。决定炸药能量的许可水平时, 炸药本身的性能, 特别是其成份的性能具有相当重要的意义。往炸药中加些不爆炸或不易燃的材料, 这些材料不仅冷却起爆生成物 (吸收部分爆炸能),