

学生应知科技知识

材料科学

郭一平 主编

目 录

第一部分 材料	1
忠实的卫士	1
炸药一族	7
玻璃世界	24
摩天大楼的主角	54
轻纺专行	86
第二部分 材料科学	93
材料的历史	93
材料的业绩	104
丰富多彩的材料世界	119
材料工程放异彩	162
未来材料	170
21 世纪的突破	187

第一部分 材料

忠实的卫士

由于火箭、人造卫星、航天飞机等尖端技术产品的飞速发展，材料正面临着高温的严峻考验。火箭喷出的高速烈焰的温度要超过 2000°C ，洲际导弹和航天飞机从外层空间返回大气层时，头部与空气剧烈摩擦，可产生 $5000\sim 10000^{\circ}\text{C}$ 的高温。这是任何金属材料都无法承受的。镍基耐热合金只能在 1000°C 左右的条件下工作，况且，单靠提高金属材料的耐热性也有一定的限度。

那么，该怎么办呢？你看，炼钢工人穿着石棉工作服，可以挡住灼热钢水的烘烤。能否给在高温下工作的零件也穿上一件“隔热衣服”呢？能！这就是高温隔热涂层。高温隔热涂层是用导热系数很低的耐高温氧化物，如氧化铝、氧化锆、氧化钛及其他的耐火化合物，用喷涂的办法涂覆在金属表面而形成的。

高温隔热涂层广泛应用于航空航天技术领域及其他需隔离高温的场合，如航空发动机、火箭和导弹的喷管、燃烧室、发射台支架及宇宙飞船的许多高温部位。日本发射人造卫星用的大型火箭的发动机燃烧室已成功地应用了氧化铝和氧化锆隔热涂层。美国在一种火箭的大型铝合金喷管上，喷涂五层由氧化锆和钼组成的梯度复合隔热涂料，增加了涂层与喷管之间的结合力和隔热能力，在 2370°C 高温下仍能正常工作。

我们知道，能够导电的物体叫导体，不能导电的物体则称为绝缘体。石墨、金属和酸、碱、盐的水溶液等都是导体，玻璃、陶瓷、橡胶、塑料等都是绝缘体。要让电流在导体中流动，一定要有绝缘体来限制电流，不让它流到不该去的地方，以免造成各种事故。导体和绝缘体的导电性能虽然截然相反，但它们又相辅相成，无法分离。

你看，用铜、铝等金属做成的导线外面，或有绝缘漆（涂有绝缘漆的电线称为漆包线），或有塑料、橡胶等绝缘包皮。然而，绝缘漆、塑料、橡胶都怕高温，一般超过 200°C 就会焦化，失去绝缘性能。而许多电线正需要在高温下工作，那该怎么办呢？对，让高温电绝缘涂层来帮忙。这种涂层实际上是一种陶瓷涂层，它除了能在高温下保持电绝缘性能外，还能与金属导线紧密“团结”在一起，做到“天衣无缝”，任你将导线七绕八弯，它们也不会分离。这种涂层非常致密，涂上它，两根电压差很大的导线碰在一起，也不会发生击穿现象。

高温电绝缘涂层根据其化学成分的不同，可分为许多种类。在石墨导体表面上的氮化硼或氟化铝、氟化铜涂层，到 400°C 仍有良好的电绝缘性能。金属导线上的搪瓷到 700°C ，磷酸盐为基的无机粘结剂涂层到 1000°C ，等离子喷涂氧化铝涂层在 1300°C ，都仍保持着良好的电绝缘性能。

高温电绝缘涂层已在电力、电机、电器、电子、航空、原子能、空间技术等方面获得了广泛的应用。

在现代战争中，有一种隐身飞机，敌方就是使用雷达也不易将它发现。这是什么道理呢？

原来，雷达是利用微波来测定物体位置的电子设备。

当雷达向目标发射微波时，在荧光屏上就呈现出一个尖形波；当微波遇到目标反射回来被雷达收到时，荧光屏上就呈现出第二个尖形波。根据两波的距离，可直接从荧光屏上的刻度读出目标的距离。如果飞机的机身用不易反射微波的新型复合材料制成，并在机身表面涂上一层微波吸收涂层，使敌方雷达微波到达飞机时不起作用，或反射很微弱，敌方的雷达就不能觉察到飞机。这就是隐身飞机的奥秘所在。

目前常用的微波吸收涂层有以下两类：一类是将微波能量在涂层中损耗掉，即在涂料中加入易将微波能量转化为机械能、电能或热能的填料，如石墨粉、碳粉、铁氧体等，不同填料吸收不同频率的微波，也可以选用几种填料混合在一起，以吸收较宽频带的微波；另一类是对微波进行干扰，这种涂层的厚度，是根据敌方雷达微波的频率而确定的，它可使微波在涂层表面与底面的两部分反射波相位相反，也就是波峰与波谷相遇，相互抵消，使微波消失。

微波吸收涂层通常由吸收剂、粘结剂和其他添加剂组成。其中吸收剂具有吸收微波的功能，而且吸收率很高。硅酸盐涂层如铁氧体涂层的最大容许吸收微波比有机涂层高出 10—15 倍，故应用最为广泛。据报道，日本科学家已研制成功工作温度高达 2000℃、吸收率为 99.2% 的碳化硅吸波陶瓷和吸波粉末，并将一种含 Y—氧化铁的“格泰特”吸波粉末用于导弹、飞机等飞行器，能有效地躲避雷达的跟踪。

微波吸收涂层不仅用于军事伪装，使雷达找不到目标，还可用于民用领域，如微波通信、微波炉等。

摩擦是我们经常遇到的现象。假如没有摩擦，手中

的东西会滑掉，人会寸步难行，缝好的衣服会一片片掉下来，开动的车辆停不下来；你也看不到乒乓球比赛中精彩的弧圈球，因为这也是乒乓球运动员巧妙运用摩擦的结果。但可别忘了，摩擦有功也有过。据估计，世界上有 $1/3$ 到 $1/2$ 的能源被摩擦消耗掉。摩擦会带来材料的磨损，这不仅损耗大量材料，而且损坏机器和工程结构，降低工作效率。寻找和研制耐磨材料一直是材料技术专家的一项重要任务。

从耐磨本领来说，无机非金属材料比金属材料不知要高多少倍，但是无机非金属材料一般具有较大脆性，这就影响它作为结构的耐磨材料使用。

能否想个办法，既利用金属材料的韧性和强度，又充分发挥无机非金属材料的耐磨性，让它们取长补短，发挥各自的优点。有人想出了办法，就是在金属材料表面覆盖一层由无机非金属材料制成的耐磨涂层。这真是一个好主意。

耐磨涂层的种类很多，使用的材料也各不相同。氧化物中有氧化铬、氧化铝、氧化钛等；碳化物中有碳化铬、碳化钨、碳化钛以及它们和金属的复合物，如含钴量为 $7\% \sim 15\%$ 的钴包碳化钨，含铬、镍量为 $15\% \sim 25\%$ 的碳化铬等；氮化物中有氮化钛、氮化硅等。它们的抗磨损能力按从强到弱的顺序通常为：氧化铬、碳化钨、氧化铝-氧化钛、氧化铝……

耐磨涂层通常用喷涂的方法制成，即用极高的温度把耐磨涂层的材料熔融，并喷射到金属零件要求耐磨的表面。这些耐磨涂层具有硬度高、耐磨性好、与金属材料结合强度高、耐酸、耐碱、抗腐蚀性强等特点。

耐磨涂层在工业中已经获得了广泛应用。氧化铬涂

层主要用于石油化工中泵柱、磨环、轴套的表面防蚀与抗磨损；氧化铝—氧化钛涂层主要用于化学纤维工业中的罗拉、导丝钩等；碳化物涂层主要用于抗气蚀磨损和抗冲击磨损，如航空发动机上许多零件的易磨损部位大量使用了碳化钨或碳化铬涂层；氮化钛涂层主要用于机械工业中的刀具、模具表面，如在硬质合金刀具表面涂覆一层厚度为 8~12 微米的氮化钛涂层，可提高刀具的耐磨性，使刀具使用寿命延长 2~5 倍。

目前的各种机械，特别是动力和传动机械，正向着高速、高温、高压、高精度的方向发展。但机械的高速转动，会产生大量的摩擦热，工作温度也随之升高。这一方面对制造机械零件的材料耐热性提出了较高的要求，另一方面给为减少摩擦而使用的润滑油带来了新问题。因为常用的润滑油一般超过 200℃ 就会氧化、挥发，甚至着火燃烧。如果能有一种耐高温的固体润滑剂，固定在机械的运动部位，这不但可以起到减小摩擦的润滑作用，而且可以省掉不时注入润滑剂的操作，那该多好啊！于是，高温润滑涂层应运而生。

所谓高温润滑涂层，是指涂覆在运动物体表面，可在高温（700~1800℃）下减小互相接触的运动物体之间的摩擦力，从而满足某一要求的一类涂层。高温润滑涂层应具备以下三个条件：

- （1）具有高温下的抗氧化能力，具有高熔点和高强度；
- （2）在高温下不易挥发，以保证润滑涂层能长久地附着在运动部件表面；
- （3）摩擦系数小，具有良好的减摩性。

高温润滑涂层通常有玻璃型和陶瓷型两种。玻璃型

润滑涂层具有较好的高温润滑性，但抗氧化能力较差；陶瓷型润滑涂层是以氧化物、硫化物、硒化物、氟化物和石墨等具有可滑移晶面的晶体作为润滑介质加粘结剂而组成的，它的高温润滑性相对要差一些，但抗氧化性较好。

高温润滑涂层可用于高温轴承，也可用于金属热加工过程，以降低变形抗力和提高加工质量。

高温润滑涂层又可分为热轧保护涂层、热挤压涂层、高温模锻涂层等。

发现这种特殊的碳氢化合物的荣誉不能给予某一个人，因为有若干科学家大致在同一时期研究了这个问题。富克斯于 1809 年从德国特格恩塞的石油中鉴定出几种固体的碳氢化合物；德国化学家布赫纳在 1819 年前已将它们分离出来，纯度极高。1830 年，劳伦特用蒸馏油页岩的办法获得了这种物质。然而却是一个叫赖兴巴赫的德国化学家在同年发表的一篇文章里把这种亲合力微弱的产物称为石蜡——他自己是从木焦油获得石蜡的。爱丁堡的克里斯蒂森博士，大约与此同时提出将其称为 Petrolin，但不为公众所接受。

直到 19 世纪 30 年代后期，似乎还没有人想到要利用石蜡，但是乌尔在 1839 年写道：“石蜡是一种……固态的碳氢化合物。迄今为止。除了很适合做蜡烛之外，还没有派上什么用场。”当然，在能大量地生产石蜡时，这就不是一种实用的传统作法了。1850 年，詹姆士·扬获得了一项制造石蜡油（或一种含石蜡的油）和从烟煤制取石蜡的专利。这种方法有个蒸馏过程，得先将烟煤弄碎，置于蒸馏器中加热。有的煤一吨能产生 120 加仑原油，从原油可分离出石脑油、家用油、润滑油、重燃

油和石蜡。罗伯特·贝尔于 1859 年在苏格兰的布罗克斯本首先研究的油页岩出的油要少得多。当美国的石油工业在 19 世纪的晚期发展起来时,这两种方法都变得不可取了。

大约从 1854 年起,石蜡确实被用来代替鲸蜡制造蜡烛(鲸蜡从巨头鲸获得,从上世纪中叶起开始用来做蜡烛)。1861 年的《年鉴》指出:“最近已为照明目的引进了一种称为煤油的油;在 1874 年前,煤油灯已广泛使用,比蜡烛更便宜,更安全。”

炸药一族

光阴似箭,日月如梭,当历史的车轮推进到 17 世纪时欧洲大陆由原先的黑暗开始隐现曙光。

原来,欧洲经过文艺复兴时期后,出现了资本主义的萌芽,生产迅速发展。作为生产力第一要素的科学技术,也绽蕾而出。数学、物理、化学、天文……都有创造发明。1652 年,德国成立科学院后,各国争相仿效,各种学会雨后春笋般出现,纷纷出版自己的刊物,介绍科学技术的发明,大批有识之士都纷纷投入科学实验,研究制造新产品,他们在自己的住室、工场、领地内办起各种实验室,来探索自然界的奥秘,欧洲大地出现一派欣欣向荣的气象。

新式炸药就是在近代科学技术繁荣的欧洲诞生的。

历史的前进,使黑色火药的一统天下,越来越不适应时代了。黑色火药有威力小、引力慢等致命弱点,无论在开矿、修路或军事工业制造枪炮等方面,都显得力不从心,时代的要求迫使有新的炸药诞生。

近代炸药的研究工作是从 19 世纪初期开始的。这个时期，硝酸和硫酸已能大规模生产，特别是硝化物——与硝酸作用后的生成物，受到许多化学家的注意。

吹响新时代炸药号角的是法国化学家布拉孔诺，他自幼热爱化学，可以说是一个化学迷。他整天在实验室里做各种实验，有一次，他把浓硝酸倒入了淀粉，无意得到了一种白色的东西，这种白色粉末，“脾气”很坏，稍一震动就火冒三丈，布拉孔诺给它起了一个名字叫硝化淀粉。但是，布拉孔诺没有使硝化淀粉变成炸药，可这个工作给人们指明了一个方向，某些物质跟硝酸作用后，会得到易爆燃的物质。

接下来进行研究的是化学家佩劳茨，他在看到布拉孔诺的论文后，改用棉花、纸张等含纤维素高的物质跟浓硝酸作用，并加入浓硫酸作催化剂。果然，情况大有改观，得到的物质起名为硝化纤维，它比硝化淀粉稳定，受打击后也能爆炸，其威力比硝化淀粉更大，于是，佩劳茨就动脑筋，想用它来做炸药。当他把自己的实验成果告诉工业化学家申拜恩后，就立即到专利局登记专利，并着手生产它。

此时，英国是欧洲头号强国，正在做大英帝国统治世界的美梦，急需有威力强大的炸药来武装军队，于是，就请申拜恩在英国办起第一个硝化纤维工厂。

但是，好景不长，工厂仅仅生产了几天，就被制造出来的产品炸个粉碎。后来又办了好几个同样的工厂，也都因发生爆炸事故而被迫停工。工厂周围的居民，纷纷到政府去告状，要求厂家赔偿损失。在无可奈何的情况下，英国政府和议会只得下令停止申拜恩的生产。

试验失败了，工厂停工了，但是，失败往往正是成

功之母，后人正是沿着先驱者开创的道路继续走下去的.....

心脏病患者的口袋里，常常备有几粒白晶晶绿豆大的药片，每当心脏病发作或感到心绞痛时，立即把它含到口内，便会很快得到缓解。

这种药片名叫硝酸甘油或硝化甘油，化学家称它为硝酸甘油酯，它在生理上有一种独特的作用，可以舒张血管，尤其对心绞痛特别有效，口含后几秒钟内便可发挥作用，这就是心脏病患者口袋中常备它的原因了。

说来有趣，这种能治心脏病的特效药，竟是一种烈性炸药，正是它的出现，改变了黑色火药的一统天下，使一种名叫黄色炸药的新型炸药登上了历史舞台。

那么，硝酸甘油是怎样发明的呢？

1847年冬天，意大利青年化学家苏布雷罗聚精会神地做了一个前人未做过的实验，他先在漏斗中装满浓硝酸和浓硫酸的混合液，然后逐滴滴入一大杯甘油中，边滴边搅拌，没过多久，出现了一种有粘性、像浓鼻涕般的油状物，沉淀在甘油底部。

这种粘状物能溶在酒精中，做成药剂对心脏病、心绞痛有特效，只要服下一丁点儿，心绞痛就会烟消云散，一时传为佳话。苏布雷罗给心脏病患者带来了福音。

然而，一项意外事故发生了，苏布雷罗险些断送了性命。有一天，苏布雷罗也像往常那样孜孜不倦地在制造这种心脏病良药，突然，一个念头闪现在脑中：能否提炼出更纯粹的硝酸甘油呢？

于是，他耐心地加热、浓缩，说时迟，那时快，还未等溶液干就发出了一声巨响，粘性的硝酸甘油发火了，苏布雷罗的手和脸都被炸得鲜血淋漓，烧杯被炸得踪迹

全无。出于一个化学家的责任感，后来他又做了一次，同样炸了个天翻地覆。这样连续几次后，迫使苏布雷罗不敢再试下去了，他无奈地叹了一口气“一种治心脏病的良药，怎么会爆炸呢？这真是不可思议。”

继苏布雷罗之后，仍然有许多的化学家敢在太岁头上动土，力图驯服这匹烈马——硝酸甘油。但是，他们的工作一次又一次地失败了，有的被炸伤，有的甚至被炸死……

这样一来，化学界人士提起硝酸甘油，便大有谈虎色变之势，许多化学家把硝酸甘油视为禁区。但有一位瑞典化学家却不以为然。

不怕死的人

不怕死的年轻人是谁呢？

瑞典的青年科学家诺贝尔

1833年10月21日，在瑞典首都斯德哥尔摩北方街9号后楼里，一个男孩呱呱坠地，他就是以后大名鼎鼎的诺贝尔。

小时的诺贝尔身体十分羸弱，9岁时，诺贝尔跟随母亲到俄国，因为此时诺贝尔的父亲——一位水雷专家，正受聘于俄国政府。但是，诺贝尔不懂俄语，因此，他的启蒙老师仍是母亲。不久，他的父亲又成为他的老师。就这样，诺贝尔在父母教导下，自学了化学和工程学等学科。

后来，诺贝尔学会了俄国话，拜俄国著名化学家齐宁为师，在齐宁指导下，诺贝尔的化学知识大有长进。父亲又送他到法国留学一年，再到美国著名工程师埃生克森那里学习了4年化学工程。当1859年诺贝尔学成回俄国时，刚巧他父亲经营的企业破产了，于是，诺贝尔

便决心选择炸药这个行业了。

研究炸药是十分危险的，1788 年，法国化学家贝索勒在试制一种新炸药时，请了包括拉瓦锡在内的许多知名人物来看他表演，结果，一声轰鸣，炸死了助手及 3 位客人。

正因为这样，研究炸药成为一个极危险的行业，令许多人视为畏途。

年轻的诺贝尔却选定了这个目标——要试制出威力强大的炸药。亲友及许多好心人都纷纷劝告诺贝尔不要去干这种危险的工作，并警告他说：“当您研究炸药时，死神早已偷偷地站在您的背后了。”

然而，诺贝尔不顾一切地说：“不入虎穴，焉得虎子，我正是要用威力强大的炸药去赶走死神，就是牺牲了，也是值得的。”

“明知山有虎，偏向山中行”是我国民间的谚语，常常用来形容那些不畏险阻、勇攀高峰的人们。年轻的诺贝尔，正是这样的人物。

1860 年，诺贝尔在杂志上看到了意大利化学家苏布雷罗有关硝酸甘油的论文，在论文中，除报导硝酸甘油的一般性质外，其中有一段是：“这种液体因加热或震动会爆炸，这一性质的用途，只有待通过实验告诉人们。”苏布雷罗的这段话，深深地扣动了诺贝尔的心弦：既然硝酸甘油容易爆炸，可否将它用作炸药呢？

1861 年由朋友担保，诺贝尔好不容易从银行借到 10 万法郎的贷款，并立即进行硝酸甘油的研究和试验工作。他先将 10% 的硝酸甘油跟黑色火药混合在一起，经过试验，威力真是非凡，比黑色火药的威力大了几百倍。但是这样的混合炸药，不能控制，在试验时，稍一震动就

炸个鸡飞狗跳。诺贝尔的试验使他的家庭成员和邻居都惶惶不安，用他们的话来说就是“和诺贝尔一起居住有如生活在火山口上”。

1864年9月3日，火山真的爆发了。这一天天气晴朗，秋高气爽，诺贝尔的弟弟埃米·诺贝尔和4个助手一起在实验室做试验，力图驯服硝酸甘油。突然一声巨响，实验室被炸塌了，埃米·诺贝尔和4个助手同时遇难。

通过这次不幸事件，许多亲友都来劝说诺贝尔接受教训，不要试验硝酸甘油了。但是诺贝尔付之一笑地说：“在驯服野马时，可能会摔伤、摔死，但只要坚持下去，野马总有一天会为人所用。”就这样，诺贝尔在掩埋了弟弟和同事的尸体后，揩干了眼泪，重新开始战斗了。为了不再危及家人及邻居，他把实验室搬到斯德哥尔摩郊区马拉湖中的一艘船上，继续再干。

在船上制造出的液态硝酸甘油，威力比黑色火药大得多，在爆炸时，体积要增加到原先的10400倍，于是，诺贝尔急不可待地办起了制造液汰硝酸甘油的工厂。

虽然诺贝尔生产出了威力强大的炸药，但是不久便到处碰壁，四面楚歌，工厂岌岌可危。

1865年12月，一个德国人手提10磅硝酸甘油，到美国纽约一家旅馆住宿，不料，因搬放手提箱时稍微碰了一下地，10磅炸油就发火了：旅馆大门被炸塌，还留下1米多深的大窟窿，这个德国人当场毙命，还伤了好几个人。

1866年3月，澳大利亚悉尼一个仓库里，放着2桶炸油——硝酸甘油液体，由于当天气温急剧升高，结果炸了个人仰马翻，仓库顷刻化为飞灰。

1866年4月，欧罗巴号轮船，由于货舱中装着2桶

炸油，在搬运时不慎爆炸，结果轮船被炸个大洞，沉入海底，船上 74 人全部丧生。

据载，在 1866 年一年内，全世界就发生了几百起爆炸事件，究其原因，祸根就是诺贝尔生产的炸油。于是，抗议信接踵而来，人们纷纷地要求诺贝尔赔偿，许多人来信、打电报，指责诺贝尔是危险分子。就连发明硝酸甘油的苏布雷罗也来信指责诺贝尔是“贩卖死亡之神的商人”。

这样一来，英国政府首先明令禁止生产、销售和运输炸油，接着，法国、西班牙、葡萄牙等许多国家也相继发布类似的命令。从此炸油再也没有人敢买了。

然而，就在这四面楚歌的情况下，诺贝尔仍不气馁，他相信自己的研究是对人类有益的。

正当诺贝尔无计可施、愁眉不展时，突然来了一个意外收获，使他豁然开朗，迎来新的曙光。

一天傍晚，诺贝尔正在斯德哥尔摩市郊散步，他踱着方步，低头沉思如何制服硝酸甘油的妙计。

忽然，由远而近传来嘀嗒、嘀嗒的马蹄声，一个赶马车的老头，在马车上摇摇晃晃地过来，马车上装着许多硝酸甘油的罐子，有几个罐子已破碎，硝酸甘油溢流在马车上。当马车经过诺贝尔身旁，诺贝尔大声吼叫：“站住！”这把赶马车的老头吓了一跳，连忙勒住马缰绳。因为诺贝尔发现罐子破了流出炸油，会引起灭顶之灾的。

但是，马车夫若无其事，慢吞吞地停下来问：“先生有何见教？”诺贝尔忙说：“流出炸油是十分危险的啊！”马车夫笑着说：“我已采取防范措施了。您看，”他用手指着一堆土说，“这叫硅藻土，我把它塞到装炸油的罐子之间，防止罐子相互碰撞。就是罐子破了，炸油也会被

硅藻土吸收，不会流淌，也不会爆炸，先生您就放心吧！”说着，马车夫喊声“嘞”，马车又飞驰而去了。

马车远去了，诺贝尔望着马车夫的背影，呆呆地站立原地，反复思索……

这正是，有心栽花花不发，无心插柳柳成荫，难道赶马车的老头儿已识破“天机”了吗？

诺贝尔马上赶回实验室着手试验，他把硅藻土磨成粉末，将液态的硝酸甘油吸附其中。试验证明它们的性情都不像往常那样暴烈，只有在引发下才会暴跳如雷。这一下子，诺贝尔惊喜若狂，硅藻土在自然界中很多，价格便宜，它是古代藻类植物沉积而成的，想不到用它就能制服硝酸甘油了！这真是：踏破铁鞋无处觅，得来全不费功夫。

为了挽回信誉，说明新炸药的安全性，诺贝尔决定进行一次公开试验，展示他发明的新炸药，地点选在明令禁止使用诺贝尔炸油最早的国家——英国的一座大矿山。

事先，诺贝尔广而告之，发出一封又一封邀请信，请欧洲各国商人、名流、技术人员来观看这次表演性质的试验。

1867年7月14日，骄阳似火，人声鼎沸，从四面八方赶来看诺贝尔表演的人，络绎不绝地来到矿山的大广场，万人翘首争看这场划时代的表演。

这一天，诺贝尔共进行了3项精彩表演：

第一项，用10磅硅藻土吸附的新炸药，在加（用木炭加热）热下，竟不会爆炸。

第二项，把10磅硅藻土吸附的新炸药，从10米高的悬崖上摔下来，也安然无恙。

最后一项，把上述炸药埋入地下，用引爆剂引燃，结果一声巨响，地底下被炸开一个大坑。

顿时，欢呼声震耳欲聋，许多人跑过来向诺贝尔祝贺。

新式炸药试验成功的消息不胫而走，各国政府纷纷解除禁令，让诺贝尔这种新炸药畅通无阻地风行世界。诺贝尔也被世人誉为“炸药大王”。

在发明黄色炸药的同时，诺贝尔还有一项重大发明——雷管。

引爆装置一直是跟炸药的使用分不开的，在诺贝尔以前，引爆装置是很落后的明火信线，它不仅引爆时间慢，而且还常常会失灵，引起各种事故，因此，诺贝尔一开始就把炸药和引爆装置放在一起考虑。而引爆装置的发明在某种意义上说，其作用还超过了黄色炸药。诺贝尔最亲密的合作者索尔曼曾这样说：“人们一般认为诺贝尔主要是黄色炸药的发明者，但实际上，从纯粹的文明角度及技术重要性来看，他所发明的爆炸管和炸药的原始引爆装置，应远远放在黄色炸药的前面。”

诺贝尔第一项登记的专利发明，正是迄今还被人们称做“诺贝尔雷管”的引爆装置。

1863年，诺贝尔还只有30岁，最先构思了不用点火的办法使炸药引爆。他先将液态硝酸甘油装到一个金属管里，再放进一个装着普通火药的小木管，从小木管的盖上，塞进一条导火索。这样，由小木管火药引发了硝酸甘油的爆炸。

由于一般火药的惰性太大，1865年诺贝尔仍然在进一步改进它，使引爆效率更高。于是，他跟他的助手们在家庭内的一间旧屋内做各种实验，他把当时可以用的