

重庆红字机械厂

真空吸注装药



兵器工业出版社

真 空 吸 注 装 药

王肇经 李东升等编著

兵器工业出版社

(京) 新登字049号

内容简介

本书介绍了一种新兴的装药工艺——真空吸注装药。

作者根据生产实践掌握的第一手资料，对真空吸注装药的工艺、设备、检测及环境保护等，进行了详细论述，同时还分析了装药疵病，并介绍了应用真空吸注装药工艺的典型经验。

本书可供有关专业工程技术干部和科研人员参考使用，同时可供高等院校化工专业师生参考，也可作为中等专业学校化工教学的参考书。

真 空 吸 注 装 药

王肇经 李东升等编著

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京顺义县振华印刷厂印装

开本：787×1092 1/32 印张：7.25 字数：159.354千字

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

印数：1—1200 定价：6.80元

ISBN 7-80038-388-1/TJ·54

前 言

在国内炸药注装生产中，不少工厂仍然采用落后的装药工艺，致使劳动条件恶劣，装药质量不能保证。为此，这里根据四川红宇机械厂创造的真空吸注装药新工艺，并广泛搜集了国内外资料，编写了此书。

本书阐述了真空吸注装药的原理及其优越性，详细介绍了真空吸注装药生产线，以及生产线上的有关设备，同时还介绍了炸药的理化分析、无损检测及装药的环境保护。本书不仅适合于火工专业工作者阅读，也适合于化工专业工作者参考。

参加本书编写的人员还有：廖品伦、王智、常奇、曾广顺、丁邦成、李世贤、韩富贵、朱林等同志，全书照片由郭文新同志拍摄，插图由邹翠萍制作。

在本书编写审稿过程中，曾得到黄生贵、尹玉阶、黄庄、瞿英发、徐球英、李华新、罗胤春、邹学合等同志的大力协助，在此谨表谢意。

由于编者学识水平有限，书中难免有不少缺点和错误，请读者指正。

编者 1990年8月

目 录

第一章	概述	(1)
第二章	真空吸注装药原理	(7)
	一、真空处理熔态炸药的几种方式.....	(8)
	二、真空吸注装药.....	(11)
第三章	真空吸注装药工艺	(15)
	一、真空吸注装药工艺流程的理论分析.....	(15)
	二、炸药充填能力的概念.....	(25)
	三、浇冒口系统.....	(30)
	四、药柱的凝固和收缩.....	(34)
	五、注药应力.....	(41)
第四章	真空吸注装药设备	(51)
	一、试制生产线概述.....	(51)
	二、批量生产线概述.....	(68)
	三、熔药设备.....	(73)
	四、熔注系统中的换热器.....	(100)
	五、真空系统.....	(119)
第五章	真空吸注装药应用实例	(151)
	一、空对空导弹杀伤战斗部梯黑铝炸药真空吸注.....	(151)
	二、破甲弹梯/黑炸药真空吸注.....	(167)
	三、炸药最新真空熔注装置.....	(181)
第六章	真空吸注装药常见缺陷	(186)
	一、气孔.....	(187)
	二、缩孔、缩松.....	(187)

三、裂纹·····	(189)
四、梯黑铝混合炸药不能形成均匀的悬浮体 ·····	(190)
第七章 药柱的物理化学检测·····	(193)
一、药块的密度测定·····	(193)
二、凝固点的测定·····	(194)
三、射线电视探伤检查·····	(195)
四、钝化梯黑铝混合炸药的组分分析·····	(203)
五、梯黑炸药的组分分析·····	(205)
六、炸药红外光谱分析·····	(207)
第八章 装药的环境保护·····	(210)
一、TNT 废水静置生化处理·····	(210)
二、梯恩梯、黑索金混合炸药的废水处理·····	(212)
三、臭氧与 TNT 反应的机理·····	(213)
四、紫外光照射加速臭氧氧化TNT的机理 ·····	(214)
五、臭氧氧化黑索金的反应机理·····	(215)
六、紫外光加速臭氧氧化黑索金的机理·····	(215)
七、TNT 水溶液处理新方法·····	(216)
八、炸药废水处理应用实例·····	(219)

第一章 概 述

战斗部装药是弹药的一个重要组成部分，没有它就起不到弹药的预定破坏作用。各个发达国家都投以很大的人力物力来研究和发展装药工艺。目前，常用的装药方法有注装、压装、螺旋装药三大类。其中注装法具有许多其它装药方法所无法比拟的优点：

1. 不受口径大小及药室形状的限制，可装填各式弹药；
2. 与螺旋装药相比，其装填密度较大，并能将很高比例的高能炸药注入产品内，增加产品的杀伤威力；
3. 设备简单，便于实现机械化、自动化；
4. 使用炸药范围较广，而且可以加入一些铝金属，以提高战斗部的杀伤威力。
5. 采用较为钝感的梯恩梯（TNT）为载体，可对较敏感的黑索金（RDX）、奥克托金（HMX）起包覆作用，从而比压装和螺旋装药具有较高的安全性。

因此，各发达国家均用注装方法装填炮弹、导弹战斗部、航弹、地雷、鱼雷、水雷等。

近几年搜集国外的资料证实，注装在各发达国家装药工艺中占绝对优势。大致有以下几种注装方法。

1. 中心熔化装填法

在装填TNT的情况下，对口径大于90mm的弹丸，采用一种补充药浆的装填法。这种程序称为“中心熔化程序”。TNT由液态变成固态的收缩率要比B炸药大。B炸药收缩率

为4%，TNT收缩率为9%。含30%固态TNT药浆注成的药柱其收缩减少，然而仍需消除缩孔，在中心熔化程序中弹体用一次浇注法装填，在位于中央的药浆固化期间，形成了纵向缩孔。用一直径为25.4mm的蒸汽加热的烫药器，重新熔化该炸药的中心，这种管状的缩孔就消除了。在此条件下，TNT以约76.2mm/min的速度熔化，然后，将稠如煤泥状的TNT药浆浇注到离漏斗顶部12.7mm处。120mm口径的榴弹用一次烫药器浇注就足够了。155mm口径的榴弹需用烫药器两次插入装药中心，两次对中心浇注。第一次深度离弹口355.6mm，第二次插入152.4mm。对口径更大如240mm的榴弹，必须用三次中心熔化法。

2. 一次浇注法

这是最广泛使用的方法。炮弹插上冒口漏斗后，将准备好的药浆以连续的细流沿着漏斗内壁浇注，直到离漏斗顶部12.7mm处为止。采用B炸药喷脱立特(50/50)，阿马托(50/50)，HBX或托儿佩克斯时，最佳温度约为86℃。特显托纳儿(70/30、TNT/AE)的最佳浇注温度约为82℃。由于TNT浇注产品收缩量大，一般用晶次处理好的药浆浇注，其温度约为80℃。一次浇注的炸药适用于装填120mm的榴弹。TNT适用于装填90mm的榴弹。

为了多装填弹药，必须考虑节约时间和人力。一次浇注非常适合机械化。在生产中采用多倍浇注机器，通称“机械牛”。这种机器有一个不锈钢的箱子。箱上有一个进口和一个出口，内有60个隔开的小室，每个小室下面有一个孔，用氯丁橡胶塞子堵塞。此机器装有恒温设备。操纵真空吸取系统杠杆使药浆充满各小室。多余药浆借重力流回贮存器中，然后操纵控制各小室塞子的杠杆，拔起氯丁橡胶塞子进行浇

注，浇注完后将孔关闭。每个小室容纳药浆量高于每个产品和漏斗的容纳量。在浇注炸药时，必须防止注药过程中药浆的喷溅，以免产生气泡。

3. 震摇装药法

此法是匹克汀尼兵工厂为解决T3TE4(M31) 69.85mm枪榴弹破甲能力而采用的。使用此法之前，生产的这种枪榴弹，静破甲试验对25.4mm软钢板都穿不透。经研究发现该产品在锥体底部与弹壁之间聚集了气泡，影响了破甲能力。为了消除气泡使其穿透25.4mm软钢板，采用了以压缩空气为动力的震摇机来解决。

其装药程序是：将枪榴弹浸入热水中，浸入深度为弹体高度的一半，然后用一次浇注法将B炸药注入弹体。当药浆离漏斗顶部约25.4mm时为止。接着把弹体放在框架上，再把框架放在震动器的顶部，以每秒钟震摇两次的速度震摇。约10min后，从震摇器上卸下弹体，使其冷却到室温。

4. TNT制型装填法

此法的程序是：先将熔融的TNT倒入药室（药量占药室15%），然后用定心机把一个固体棒形TNT药柱插入药浆中心直至弹底。10s后，药浆凝固就能使棒形药柱直立在药室中心。此时，抽出定心机，药室余下的空间用TNT药浆补充上。此种方法制成的药柱无缩孔，结构均匀，密度大。

5. 离心浇注法

炸药注入模具后，将注模封闭，并绕着主轴旋转，直至液态炸药凝固为止。转速的大小与悬浮液的粘度、温度、所含固体成份的浓度以及比重有关。经过旋转的药柱在轴向、径向上再也不出现离析，因而可制得结构质量均匀的药柱。

目前，在此基础上又做了进一步改进。就是：注模在浇

注完后，用一弹性负荷或液压控制的冲头来封闭注模。冲头随着炸药凝固收缩所引起的体积缩小，自动地向下移动，因而避免了缩孔和气孔。用这种方法浇注的药柱，大大减少了多余炸药（冒口药）的切削量。压力冲头有两种安置方法，一种是直接插入注模中，另一种方法是当注模的纵向部位液面变化时，在注模上端固定一个圆筒帽模，然后将压力冲头固定在里面。

将上述装填好、封闭好的注模立放在一个驱动轮的平面上绷紧固定。驱动轮靠皮带轮带动，这样就可以旋转了。

6. 真空压力振动浇注法

使用这种方法的工艺过程如下：

（1）用一空心的，底端面可以通过灼热炸药的加压冲头，首先压缩悬浮体的固体炸药组份；

（2）在对固体炸药组份压缩之后，对其熔融组份加压 0.1MPa，并在此压力下除去加压冲头；

（3）通过大气压，继续压缩熔融组份直至其凝固。熔融组份应按温度分阶段进行冷却。

因为本方法首先是压缩固体成份，而不是压缩液体成份。所以固体高能炸药将集中于所期望的药柱空间，而在加压冲头的端面（即将要切去的部位），多数由熔融组份所构成。

对固体炸药的压缩，主要是靠离心加速作用和振动作用施加在压力冲头上而实现的。如果这种压缩作用停止了，炸药柱就从底部由下而上地开始凝固了。由于固体炸药的长时间被压缩，再加上颗粒合理的搭配，因而使弹体药室中固体炸药的含量很高。同时，其空隙也就很小了，以至不能靠毛细管吸收液体炸药成份。为了加速回渗，应对已被压缩的固

体炸药之上的液体炸药，施加0.1MPa的压力。

现将本方法的详细介绍如下：

选用10 μ 粒度10~30%和100~600 μ 粒度70~90%的固体炸药与相同量的熔融炸药，如TNT（可加或不加添加剂）组成。混合物在真空中加热熔化时应不停地搅拌，使其成为均匀的悬浮液。

注模用热蛇管绕住，外面绝热，将其加热至100℃时，才注入药浆。再将加热到100℃的冲头放入模内。

在达到所压缩的程度后，向加压冲头的空心部分（此部分已进入了液体炸药成份）通入压缩空气，使加压冲头退出。这时冲头空腔的液体炸药成份就流到了固体炸药的表面上，形成了几厘米厚的液层。去掉冲头后，注模用一绝热的盖封闭住。在盖的下面空间施加1MPa的气压。在整个过程中，必须靠加热设备使药浆和设备等保温在100℃。

将处于过压状态下的注模移至70℃的冷柜中冷却至70℃为止。其间装药已从药室底部开始凝固。根据装药量的多少，大约需要0.5~3h。撤去压缩空气的压力，使加热柜连同注模冷至40℃。此时可将药柱从注模中退出。

把40℃的热药柱放在一个温差不大于5~7℃的、绝热、散热很小的容器内冷却至室温（约3~12h），以防止药柱产生裂纹。用本方法制得的空心药柱，固体颗粒的高能炸药含量高、结构均匀；密度、爆速、破甲性能大为提高，甚至超过了压制药柱。使用该方法操作简便、安全，产品成本低。

70年代中期由我国工程技术人员独创的真空吸注装药新工艺，在装药行业中引起了较大反响。该工艺有它独具的特点，它没有振动装药引起的RDX固相物质沉降所造成的药柱组份偏析，也没有压力注装造成的药柱外表面薄膜的变形

问题，更没有塑态装药所要求的混合炸药的配比（固态组份在80%左右）局限性，难能可贵的是，它兼备振动装药、压力注装及塑态装药的优点。它具有振动装药排气性强和混合炸药密度高的优点。人们曾作过这方面的对比试验，用人工护理的THLD-5（梯/黑/铝/腊）装药相对密度为93%，采用真空吸注装药的相对密度为99%。可见，在同样的配比条件下，由于采取不同的装药方法，其装药密度会产生很大差别。

真空吸注装药又具有压力注装的优点，其不同点是，真空吸注装药过程中，混合炸药一直在大气压力的作用下结晶。晶粒比较细密。同时，真空吸注装药又具有塑态装药的优点，经试验发现，梯/黑比例为20/80时，仍然能够注入弹体。

真空吸注装药是一种新兴的工艺，它可以大幅度地提高弹药的装药密度，且可减少装药疵病的产生，从而可以大大提高弹药的威力，是一种具有强大生命力的新工艺。

第二章 真空吸注装药原理

熔态炸药中混有气体，在凝固前未能逸出而形成气孔，促使炸药凝固后的密度降低。如果气孔超过技术规定的直径和数量，不但会降低装药的密度、而且由于气孔的存在；还会引起应力集中，提高药柱的感度。

气体混入熔态炸药时，可能通过以下几种途径：

1. 来自炸药：炸药在熔化前，气体就以吸附的形式混入其中；此外，熔化炸药时，由于搅拌又带入部分气体。

2. 来自弹体（或模具）：在浇注炸药前，放置在半成品库或工具库内的弹体（或模具）内部受到大气湿度的污染。

3. 来自不恰当的操作：如炸药注入弹体过程中，注入速度太快，使液态炸药飞溅，容易卷入空气，同时弹体内的气体来不及排出。

如果熔态炸药中的气体在凝固之前能排出，这对于获得无气孔的药柱是很有意义的。

当气体的总压力小于外压力总和时，则气体在熔态炸药中形成气泡。用数学式描述上述条件即为：

$$p > p_a + h \cdot \rho + 2\sigma/r \quad (2-1)$$

式中 p ——排出气体的总压力；

p_a ——空气或其它介质的压力；

h ——熔态炸药的液柱高度；

ρ ——熔态炸药的密度；

σ ——熔态炸药的表面张力；

r ——气泡的半径。

由上式可见，排出气体的总压力要克服空气的压力、液态炸药的静压力和由于液体表面张力对于形成气泡时的阻力（液体表面薄膜对气泡的压力）。

如果排出气体的压力大于外界压力总和，则生成的气泡就容易上浮，压力差越大，气泡上浮就越容易。因此，真空吸注装药就可能消除气孔。

一、真空处理熔态炸药的几种方式

1. 注药桶真空处理法

将注药桶加盖（图2-1）抽真空进行处理。

这种处理设备较简单，由注药桶密封室和抽真空系统组成。但由于熔态炸药粘度较大，使气泡上升困难，处理效果较差。

2. 滴流真空处理法

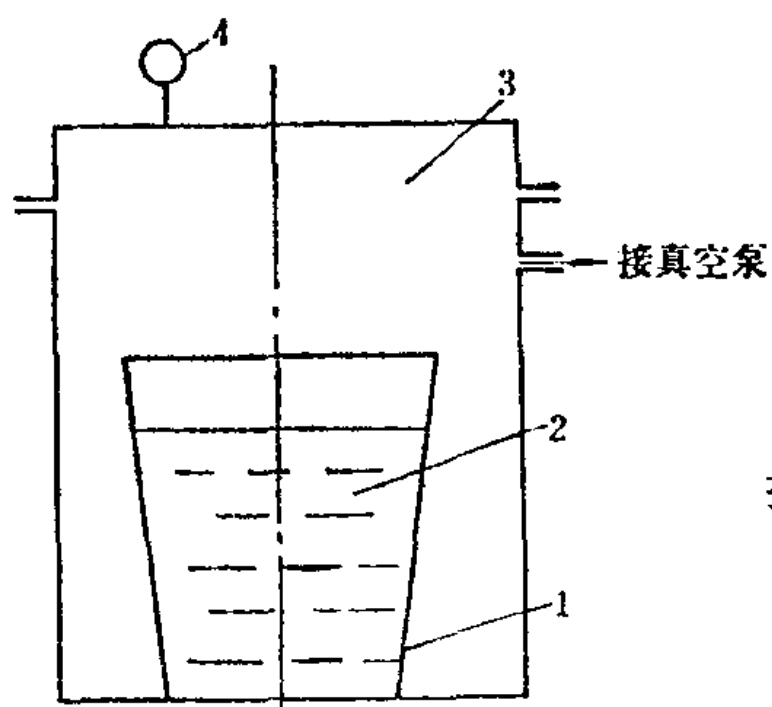


图2-1 注药桶真空处理装置示意图

1—注药桶；2—熔态炸药；
3—真空脱气室；4—真空表。

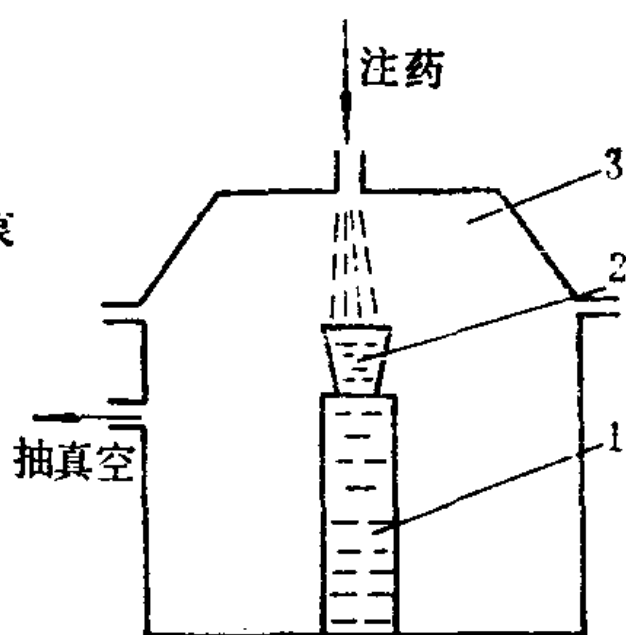


图2-2 滴流真空处理装置示意图

1—弹体；2—冒口漏斗；
3—真空脱气室。

这种方法是将呈流束状下降的熔态炸药注入真空室。由于压力急剧下降，使流束膨胀，并展开成很大的角度以滴状降落，使脱气表面积增长，有利于气体逸出，因此，脱气程度主要取决于注入速度和落下高度。图 2-2 即为滴流真空处理装置示意图。

滴流真空脱气可用下列方程描述：

$$(C_i - C_f) / C_i C_f = K E \quad (2-2)$$

式中 C_i ——除气前的熔态炸药中的气体浓度；

C_f ——除气后的熔态炸药中的气体浓度；

K ——随温度变化的速度因数；

E ——暴露因数。

将方程 (2-2) 积分，则看出除气反应为二次方程

$$-dc/dt = K(A/V)C^2 \quad (2-3)$$

即：除气速度与溶解的气体浓度的平方成正比。

式中 A/V 为熔态炸药流束的比表面积。

一般有一个最佳的流下高度，其值为 60~120mm。

3. 真空提升法

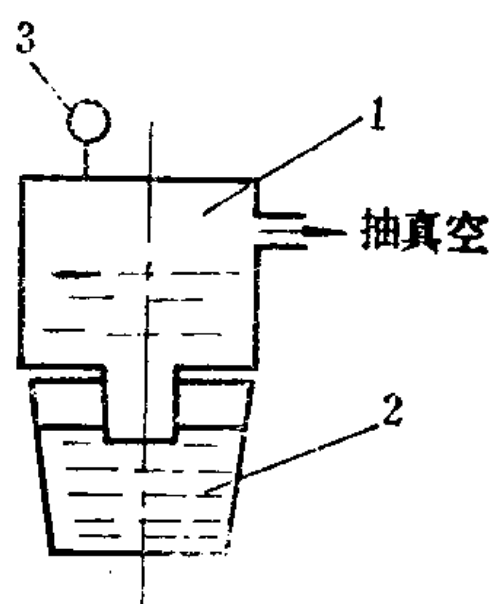


图2-3 真空提升处理装置示意图

1—真空脱气室；2—盛药桶；

3—真空表。

该法是借助减压到一定真空度的真空室，使盛药桶药面与真空室产生一定压差，将熔态炸药经过吸嘴分批地吸入真空室内进行脱气处理（如图 2-3 所示）。

真空提升装置主要由真空室、提升机构、加热装置以及抽气系统等设备组成。

熔态炸药提升法是根据压力平衡原理工作的。将真空室的吸

嘴插入熔态炸药内，把真空室抽成真空后，真空室内与外界大气之间便形成压力差，促使熔态炸药沿吸嘴上升到真空室内进行脱气。当盛药桶和真空室相对位置改变时（盛药桶下降或真空室提升）应注意吸嘴不能脱离药面，脱气后的熔态炸药重新返回到盛药桶。当盛药桶和真空室相对位置又改变时（此时盛药桶上升或真空室下降），又有一批新的熔态炸药进入真空室进行脱气，熔态炸药就这样一批一批地进入真空室进行脱气处理，直至脱气处理结束。

每次升降时吸入真空室内的熔态炸药量为盛药桶内熔态炸药量的10~15%。

升降次数可按下式计算：

$$n = 1 / \lg(1 - a) \cdot \lg(d_n - \beta) / (d_0 - \beta) \quad (2-4)$$

式中 n ——升降次数；

a ——熔态炸药吸入量与总装药量之比；

d_n ——几次升降后，盛药桶内熔态炸药的平均气体浓度；

β ——处理的熔态炸药残余气体浓度；

d_0 ——脱气前熔态炸药中的气体浓度。

一般提升的熔态炸药要在真空室内停留6~7s，同样熔态炸药在下降到最低位置后，也要停留5s左右，以便全部返回盛药桶。

4. 真空循环脱气法

这种方法是将熔态炸药置于带有夹层保温的真空室内进行脱气（如图2-4所示）。真空室下部设有与药室相通的两根管子（上升管和下降管），在进行真空脱气时，将这两根管子插入炸药内。当真空室被抽成真空时炸药从两根管子上升到压差高度。当把驱动气体从上升管下部三分之一处吹入炸

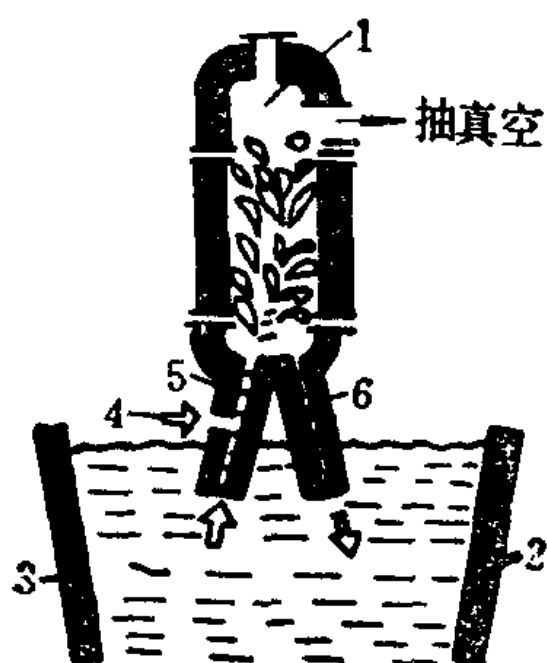


图2-4 真空循环脱气示意图

1—真空室；2—盛药桶；
3—熔态炸药；4—驱动气体；
5—上升管；6—下降管。

药时，由于湍流作用，在上升管内瞬间产生大量气泡核，炸药中的气体逐渐向气泡核内扩散，气泡在炸药温度和低压作用下，体积增大，以致炸药像喷泉似的向真空室上空喷去，使脱气表面积大大增加，从而加速脱气的进程。脱气后的炸药汇集在真空室底部，经下降管不断返回到盛药桶，如此上下循环几次后，脱气进程便告结束。

二、真空吸注装药

真空吸注装药是将金属真空吸铸原理用于注装炸药的一种新的装药方法。如图2-5所示。

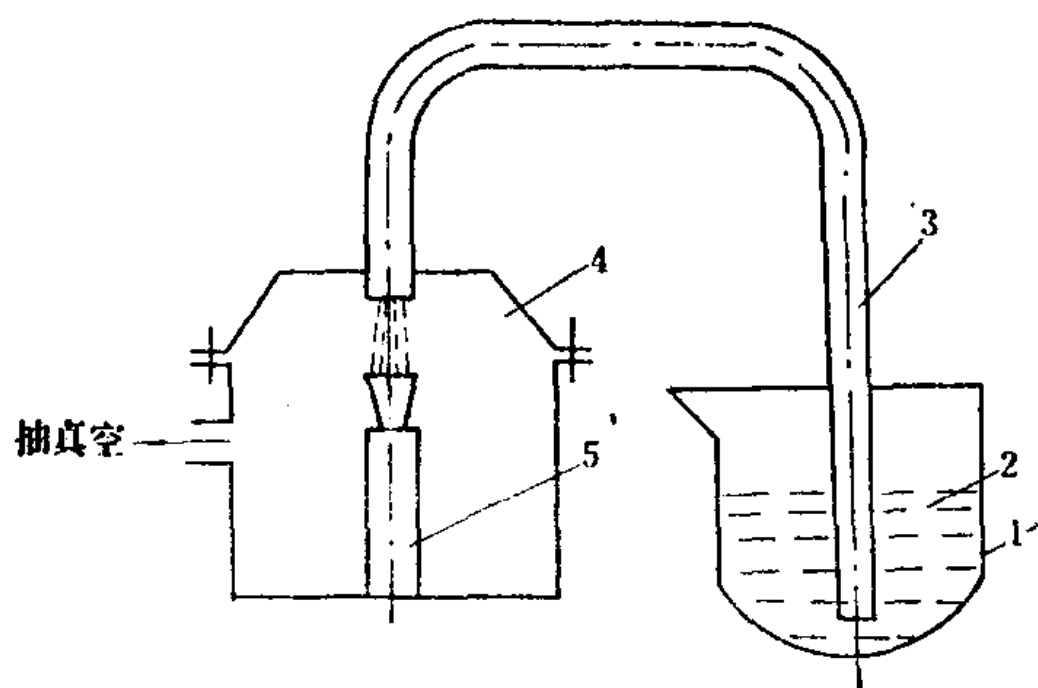


图2-5 真空吸注装药示意图

1—熔药锅；2—熔态炸药；3—输药管；4—真空室；5—弹体。