

学生实验报告

实验名称 爆炸安全教育实验

班级 药学181 姓名 叶玉芳 学号 10181632

实验时间 实验地点 指导教师

一、实验目的

1. 联系当前爆炸事故频发的社会实际情况，通过本实验认识可燃气体爆炸的本质，增强学生对爆炸现象的感性认识，提高学生安全意识，进行可燃气体爆炸的测定分析研究；

2. 使学生理解爆炸现象相关的化学动力学知识，对学生进行真空的获得与检漏、混合气体配气、压力读数与校正、高频电火花应用、气相色谱分析、未知数据粗测、细测和整理、规范作图等多方面的综合训练；

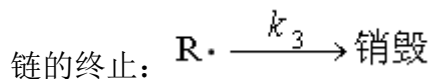
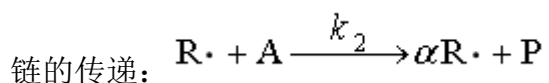
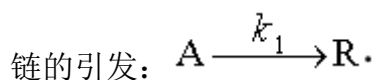
3. 本实验装置不仅能提供给学生进行研究性实验训练，也能在实际生产和研究过程中应用，通过该实验训练使学生基本能够处理工程实践中可燃气体爆炸防治相关问题。

二、实验原理

本实验从化学动力学的基本概念出发，来研究可燃气体的爆炸问题。

1、链式反应：

氧化反应多为链反应机理，引起爆炸是因为它是一种支链反应。它的特点是在传递中一个自由基能产生一个以上的新自由基，其过程可表示为：



式中 $R\cdot$ 是含有未成对电子的自由基，自由基是反应的传递者， $\alpha > 1$ 。自由基的增长非常迅速，由一个自由基产生的新自由基即可达天文数字。如果要控制支链反应，使之不至于失控爆炸，必须及时销毁自由基。

2、自由基的销毁：

自由基的销毁途径有两种：一种是由于自由基与容器碰撞而失去活性，称为墙面销毁；第二种情况是自由基在气相中互撞或与惰性气体相撞而失去活性，称为气相销毁。

正因为自由基可能在反应过程中销毁，所以可燃气体的氧化反应并不是在所有情况下都发生爆炸。当可燃气体含量较少时，自由基很容易扩散到器壁上销毁，此时墙面销毁速度大于支链产生速率，因此反应进行缓慢。可燃气体浓度越大，产生支链的速率越大，当支链产生速度大于墙面销毁速率时，就发生爆炸。进一步增大可燃气的浓度会使自由基在气相中互撞而销毁的机会也增多。当浓度达到某一值后，自由基销毁率又超过支链产生速率，反应又进入慢速区。因此，可燃气的氧化反应存在着两个爆炸极限：高限和低限。只有当可燃气的浓度在两个极限之间时，才发生爆炸。

3、三元系组成图（系统含惰性气体）

当系统中有惰性气体（不仅指惰性元素气体，也包括氮气等气体）存在时，爆炸极限也会有所改变。例如在氢、氧混合气中，氢气的爆炸低限为 4%（体积百分数），高限为 94%。而在氢气与空气的混合气中，分别为 4%和 74%。一般说来，低限变化不大，这是因为对于 4%的氢气来说，即使在空气中氧气也是大大过量的。但对高限的影响较大，因为增加了自由基与惰性气体分子碰撞而销毁的可能性，从而降低了高限。

测定试样气在氧气、各种比例的氧氮混合气中的爆炸极限后可绘成如图 1 所示的三元系组成图。图中 ABC 为等边三角形，边长均为单位长度，A 点表示试样气，B 点表示氧气，C 点表示氮气。

在三元组成图中规定，三角形内某一点向某一条边作平行于另二边中任一边的直线段的长度表示该边所对顶点组分的摩尔分数。也就是说，E'H 表示试样气的摩尔分数，而 E'F、E'G 分别表示氧气、氮气的摩尔分数。

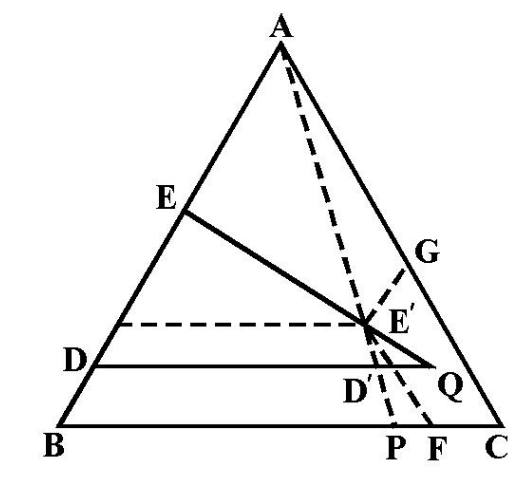


图 1 爆炸三元组成图

一般的可燃气体爆炸极限如图 1。D、E 为试样气在氧气中的爆炸低限、高限，D'、E'为试样气在空气中的爆炸低限、高限。在测定了试样气在各种不同比例的氧、氮混合气中的爆炸低限、高限后，可得到如图中 DQE 的图形。DQE 内为爆炸区，DQE 外为非爆炸区。

由此可见，可燃气体爆炸测定的关键是通过一定的配气程序，取得在一定空间内组分已知的可燃气体与氧气和其他气体的混合气，然后进行当量可控的爆炸试验，通过一系列的不同组分混合气的爆炸试验取得的数据进行分析，既可得到爆炸极限结果。对于混合气体组分分析，既可以通过各组分分压测得，也可以通过气相色谱仪精确测定。

三、仪器试剂

实验装置如图 2 所示。

所需试剂为可燃试样气、氧气、氮气等。

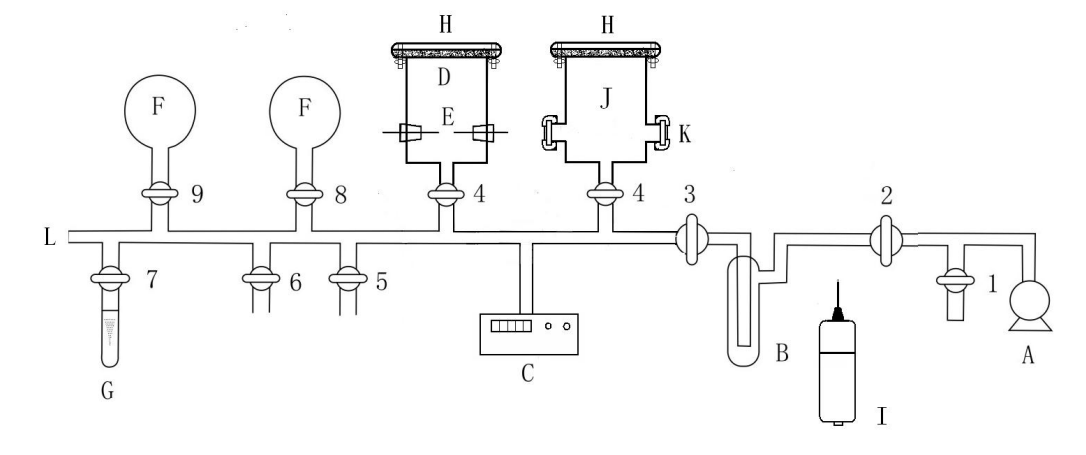


图 2 爆炸实验装置图

A-真空泵；B-冷阱；C-数字真空计；D-爆炸室；E-放电针尖；F-储气瓶；G-样品管；H-贴有硅橡胶层压板；

I-高频电火花发生器；J-取样室；K-硅橡胶取样口；L-进气口；1~9-活塞

***注意：**爆炸室上的盖板为贴有硅橡胶的酚醛塑料层压板，点火电源用 10kV 高频电火花发生器。

四、实验步骤

①系统抽空：除了将管路、爆炸室等抽空外，还必须注意将样品管内试样以上、活塞以下的死空间抽空（若测定试样为可燃蒸汽，为防止试样被抽去，应将样品管处于-10℃冷冻盐水中冷却，使死空间被样品蒸汽充满）。

②配气：移去样品管外的冷冻液。试样气、氧气、氮气（或空气）分别通入爆炸室，其含量用活塞控制。为此，每种气体通入后必须将管路抽空。同时，爆炸室内总压最好控制为等于当时的大气压，以减少漏气的可能。本装置中数字真空计的读数可测出各气体组分分压。

③点火起爆：混合气进入爆炸室后需等待 5 分钟，让气体充分混和，然后点火并观察是否爆炸。爆炸时爆炸室上盖的层压板会被气浪掀起。

④确定爆炸极限：改变混合气的组成比例，观察是否爆炸。要求是可燃气分压改变不超过 1mmHg（或可燃气浓度改变不超过 0.1%），混合气即由爆炸转变为不爆炸或由不爆炸转变为爆炸，则爆炸点才可确定为爆炸极限。

⑤改变比例：改变空气（或氧气、氮气）的比例、确定样品气在不同的空气（或氧、氮）混合气中的爆炸极限。

⑥结束实验：将系统抽空，打开安全瓶塞和通大气活塞，然后关闭真空泵。

【注意事项】

1. 为了测准爆炸极限，点火时附加的能量应尽量小一些。若点火的能量偏大，往往会使处在爆炸区间以外的气体混合物发生爆炸。本实验所用的点火装置是检测真空用的高频火花发生器，基本符合要求。

2. 本实验突出化学动力学定义的爆炸概念，不要求产生火焰的传播现象，通过目测、耳闻直接观察爆炸现象，大部分爆炸过程都没有火焰产生，因此只要有声音或其他爆炸现象即可确定为爆炸，不一定是先有燃烧后有爆炸。

3. 为了使爆炸过程安全可控但又现象明显易于判断，且保证即便学生误操作也不至于产生安全事故，若要将本装置推广到其它体系，应采取相应的安全措施。

4. “配气”是本实验中最为重要的操作，应注意的是每种气体配入爆炸室后，爆炸室以外的管路中气体必须要抽空后才能进行下一种气体的配气或者点火实验。

5. 为了保证安全，爆炸室外应套以金属丝网，并在实验者与爆炸室之间隔以透明的有机玻璃板。当气体混合物处在爆炸区间内时，点火爆炸可能会很剧烈，所以一定要做好防范工作，实验装置与实验者之间的有机玻璃板应有足够的厚度和强度。

6. 由于工艺气本身即为混合气体，且组分较为复杂，使用气相色谱分析时应注意区分工艺气和其他气体组分，以免混淆。

五、数据处理

根据实验结果计算可燃气在纯氧和空气中的爆炸低限和高限。

实验环境：室温：19.6℃ 大气压：102.50kPa

1、丙酮在空气中的爆炸实验数据记录

编号	丙酮体积 /V	空气体积 /V	丙酮体积分数 /%	观察情况
1	0.7	99.3	0.7	不爆炸
2	1.0	99.0	1.0	不爆炸
3	1.9	98.1	1.9	不爆炸
4	2.0	98.0	2.0	爆炸
5	15.0	85.0	15.0	不爆炸
6	8.1	91.9	8.1	爆炸
7	10.0	90.0	10.0	爆炸
8	11.4	88.6	11.4	爆炸
9	12.7	87.3	12.7	爆炸
10	14.3	85.7	14.3	不爆炸
11	12.9	87.1	12.9	爆炸
12	13.2	85.8	13.2	不爆炸
13	13.1	86.9	13.1	不爆炸
14	13.0	87.0	13.0	爆炸

2、丙酮在纯氧中的爆炸实验记录

编号	丙酮体积/V	纯氧体积/V	丙酮体积分数/%	观察现象
1	1.0	7.7	11.49	爆炸
2	0.3	19.8	1.49	不爆炸
3	0.2	12.3	1.60	不爆炸
4	0.1	4.9	2.00	不爆炸
5	0.2	3.8	5.00	爆炸
6	0.2	4.8	4.00	爆炸
7	0.3	9.7	3.00	爆炸
8	0.2	7.8	2.50	不爆炸
9	0.2	7.2	2.70	爆炸
10	0.2	7.5	2.60	爆炸
11	0.1	3.8	2.56	爆炸
12	2.1	80.9	2.53	不爆炸

13	1.3	49.7	2.55	爆炸
14	1.3	49.9	2.54	不爆炸
15	1.3	49.8	2.54	不爆炸
16	1.4	53.6	2.55	爆炸
17	1	4	20.00	爆炸
18	2	3	40.00	爆炸
19	3.1	2.2	58.49	不爆炸
20	2	2.1	48.78	不爆炸
21	2	2.5	44.44	不爆炸
22	2	2.7	42.55	爆炸
23	1.8	2.4	42.86	不爆炸
24	2	2.6	43.48	不爆炸
25	4.1	5.5	42.71	爆炸
26	14.6	19.5	42.82	不爆炸
27	4.7	6.3	42.73	不爆炸
28	4.4	5.9	42.72	爆炸

3、爆炸极限的确定

可燃气体分压改变不超过 1mmHg（或可燃气体浓度改变不超过 0.1%），混合气即由爆炸转变为不爆炸或由不爆炸转变为爆炸，则爆炸点才可确定为爆炸极限。故丙酮在空气和纯氧中的爆炸极限如下表所示：

物质名称	空气中爆炸极限 /% (V/V)		纯氧中爆炸极限 /% (V/V)	
	高限	低限	高限	低限
精确到 0.1% (V/V)	13.0	2.0	42.7	2.6
精确到 0.01% (V/V)	—	—	42.72	2.55

六、分析讨论

1. 本装置可测定多种可燃气体（蒸汽）在氧氮或其他混合气中的爆炸极限；
2. 本实验使用小型化爆炸测定装置，简明易懂，易于搭建和移动，与安全工程领域实验装置相比，爆炸室高度大大降低，大部分爆炸过程都没有火焰产生，只有声音和爆炸现象，通过目测、耳闻即可直接观察爆炸现象，体现化学动力学定义的爆炸概念，不要求产生火焰的传播现象；

3. 整个爆炸过程安全可控又现象明显易于判断，即使学生误操作也不至于产生安全事故；引入“配气”的实验操作训练，突出多元混合气体爆炸极限的测定方法，使学生理解爆炸三角形，同时使实验具有较好的延伸性和拓展性；使用高频电火花作为点火源，尽量控制点火时附加的能量，强调点火能量对爆炸极限测定的影响，通过教学使学生明白微小能量也能引发爆炸，提高学生的安全意识。

七、思考题

1. 温度对爆炸极限有没有影响？为什么？试设计实验方案测定温度对爆炸极限的影响。

温度对爆炸极限有影响。当温度升高时,气体分子的动能增加,分子热运动更剧烈,碰撞更频繁,恒定容积内能够参与反应的活化基团增加,使本身因含有过多空气（爆炸低限以下）或过多可燃气（爆炸高限以上）而无法使火焰连续传播的混合物浓度变成能够使火焰连续传播的浓度，由此导致爆炸极限范围加宽，发生爆炸的可能性加大^[1]。在其他条件不变情况下，温度升高，可燃气体爆炸低限略微降低，爆炸高限显著升高，爆炸极限范围增大。

现以甲烷为例，设计温度对爆炸极限影响的实验方案。

实验目的：研究温度对甲烷（可燃气）爆炸极限的影响。

知识储备：通常认为，常温常压下甲烷在空气中的爆炸下限为 5%，上限为 15%。^[2]

实验装置：实验数据采用爆炸极限测定仪测试获取，该仪器用于测试在一定温度和标准大气压下，具有足够蒸气压并能与空气形成可燃气体混合物的化学物质的爆炸极限，也可用于测试含一定惰性稀释成分的混合气体的爆炸极限^[3]，装置结构图如下图所示：

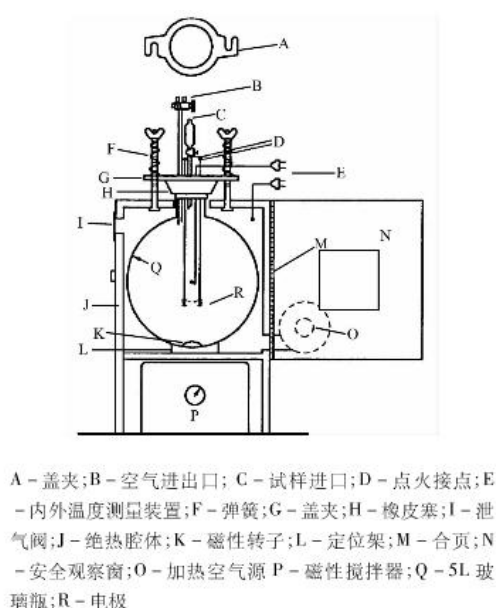


图3 爆炸极限测定仪装置结构图

实验方案：控制温度并保证其他条件相同，对不同初始温度条件下的甲烷的爆炸极限进行测试，获得不同温度下甲烷的爆炸高、低限。（实验时可参考常温常压下甲烷的爆炸极限并结合逐半逼近法，找到新温度下的爆炸极限）。

例如在保证其他条件相同的情况下，测定 20℃、60℃、100℃、140℃、180℃、220℃、260℃下甲烷的爆炸高、低限。测试时参考甲烷常温常压爆炸极限数据，缩小新温度下爆炸极限范围，再采用逐半逼近法，可以又快又好的得到新的爆炸数据。

（实验数据的取得参照 ASTM E 681 化学品（蒸汽或气体）易燃性的浓度极限值的测试方法。实验前玻璃瓶内气体处于静止状态，采用高能电火花能量发生器，两电极之间的距离为 6.4mm，使用 15kV、300mA 电源产生点火为 5J 的电火花作为点火源。^[3]）

温度对烃类物质爆炸极限的影响：

在查阅资料时，笔者注意到有实验研究表明 C1-C4 烃类气体的爆炸下限在 20-140℃范围内与温度呈线性关系,同一系列烃类物质,随着碳原子数的增加,同一温度下所对应的爆炸下限数值依次降低;对于相同碳原子数的烃类物质,相同温度下烷烃的爆炸下限数值高于烯烃的爆炸下限数值。为验证这一结论，设计如下实验方案：

实验方案：还是以图 3 所示实验装置进行试验，分别测定各烃类物质在各初始温度下（20℃、60℃、100℃、140℃）的爆炸极限，记录并分析实验数据。

温度、压力对爆炸极限的耦合影响：

爆炸极限不仅受温度影响，也受压力等因素的影响。在查阅文献时，笔者发现有实验表明温度和压力对爆炸极限不是单方面的，具有耦合作用。初始温度和初始压力对甲烷爆炸上限和下限的耦合影响比单因素的影响要大得多。两者对爆炸上限的耦合影响远大于两者单一影响的加和，而对爆炸下限的影响几乎等同于两者单一影响的加和^[2]。

实验目的：探究温度、压力对甲烷爆炸极限耦合影响。

实验装置：由于需要变换温度和压力，本实验采用特殊环境 20L 爆炸特性测试系统进行实验测定。实验系统主要包括：爆炸罐体、配气系统、抽真空系统、点火系统、加热系统、控制系统和采集系统 7 部分。实验系统原理示意图如图 4 所示。

实验方案：先测定温度和压力各自对甲烷爆炸极限的影响。在一定温度（如常温）下，测定不同压力下甲烷的爆炸极限；在一定压力（如常压）下，测定不同温度下甲烷的爆炸极限。接着探究温度和压力的耦合影响，改变压力，测定不同温度下甲烷的爆炸极限；改变温度，测定不同压力下甲烷的爆炸极限。记录、

对比并分析实验数据。

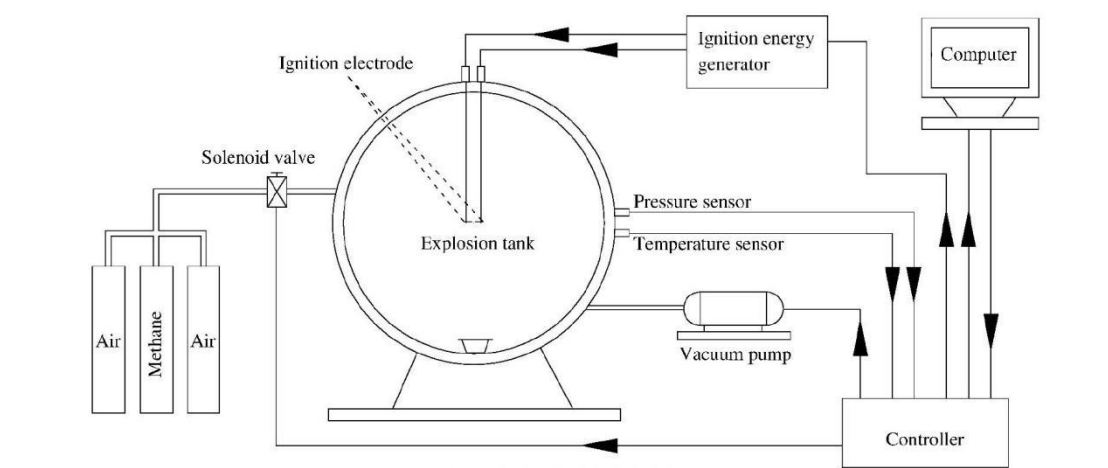


图 4 实验系统原理示意图 Fig.1 Schematic diagram of experimental system

2. 在可燃气、氧气、氮气组成的混合气中，为什么氮气量的增加对爆炸高限影响较大而对爆炸低限则没有什么影响？

随着氮气量（惰性气体）的增加，可燃气体爆炸低限会略微升高，而爆炸高限明显降低，爆炸极限范围相应变窄^[4]。N₂添加量达到某一浓度时可使爆炸上下限重合。

可燃气体爆炸低限升高主要是由于氮气（惰性气体）的加入稀释了体系中可燃气体的浓度，使得可燃气体分子与氧气分子发生反应的机会减少，同时氮气的加入，起到了屏障作用，隔离了可燃气体和氧气，导致体系中活化分子与氮气分子发生碰撞的机会增加，丧失活性的可能性增大，进而反应不能继续，因此需要提高可燃气体浓度才能发生爆炸。不过可燃气体在爆炸低限时（自由基主要销毁途径为墙面销毁），即便氮气量增加，相对于低浓度的可燃气体，混合气中的氧气也是大大过量的，故可燃气体爆炸低限变化不大。

可燃气体爆炸高限降低是因为添加惰性气体减少了体系氧气含量，且惰性气体具有降温吸热作用，降低了体系内活化分子的活性。并且可燃气体在爆炸高限时，自由基主要销毁途径为气相销毁，氮气量的增加，提高了自由基与惰性气体分子碰撞而销毁的可能性，从而较大地降低了高限。

3. 实验结束后，为什么必须将系统抽空？如何防止实验过程中可能发生的有害气体泄露聚集等问题？

丙酮、氢、乙烯、乙炔、乙醇、乙醚、乙酸乙酯、水煤气和氨气等可燃性气体与空气混合至爆炸极限，一旦有一热源诱发，极易发生支链爆炸。本实验所用气体为丙酮，故实验结束后，必须将系统抽空，避免试样瓶中可燃气体（本实验中为丙酮）泄露达到爆炸极限范围内，导致爆炸。

实验过程中产生有害气体的防治：^[5]

实验过程中产生的有害气体包括燃料燃烧废气、试剂和试样的挥发物、化学合成和分析过程中间产物、泄漏和排空的标准气和载气等。可以采取的防治措施：

1、预防防护法：采取预防中毒措施，进实验室要戴口罩、手套，穿工作服。不容许直接用鼻子嗅药剂气味，涉及气体性气雾等有毒载体或使用挥发性药剂必须在通风橱中进行，避免头部伸入橱内吸到有毒气体。实验操作完毕后勤洗手，及时清理器皿。

2、加强管理法。尽量使用污染少的药剂替代污染大的药剂，从源头上减少有害气体的产生。加强学生和实验室人员的实验技能培训，提高实验水平，杜绝人为原因导致的气体外泄污染。

3、自然排气法。直接产生了两个有毒、有害气体的实验和涉及挥发性药剂的实验都要求在通风橱内完成，以实验达标排放。少量废弃可通过通风换气装置排出室外，通风管道应有一定高度，使排出的气体被空气稀释。

4、物理吸附法。利用活性炭及其他一些多孔性材料将有害气体吸附到其表面，以分离有毒成分，达到无害的目的。如利用活性炭可吸附常见的大多数无机及有机气体；硅藻土可选择性吸附 H₂S、SO₂、HF 及汞蒸气；分子筛可选择性吸附 CS₂、H₂S、NH₃、CCl₄ 等；

5、植物净化法。实验室管理员业余时间可养殖一些花草树木放置于实验室。据相关资料表明，当废气通过菊花时，其中 60% 的 SO₂ 可以被叶滞留；月季花吸收 H₂S、HF、苯蒸气，紫薇可吸收 NO₂、HCl、Cl₂、HF 等有毒气体。

6、其他方法。对于毒性较大且浓度高的废气，应采取适当措施降低其毒性，如吸收处理或与氧气充分燃烧，然后才能排到室外，对于如氮、硫、磷等酸性氧化物气体，可用导管通入碱液中，使其被吸收后排出。

*涉及有害气体或有毒挥发性药剂的实验，一定要在通风橱中进行。

4. 某化工物流企业需要储存和运输一批桶装丙酮，现通过本实验装置测得 20℃ 时丙酮蒸汽在空气中的爆炸极限为 2.5%~12.8%(V/V)，请你为企业写一份储存运输丙酮的安全注意事项说明书。

储存运输丙酮安全注意事项说明书

第一部分：化学品名称	
化学品中文名称：	丙酮
化学品英文名称：	acetone
中文俗名或商品名：	阿西通
CAS No.：	67-64-1
分子式：	C ₃ H ₆ O
分子量：	58.08

第二部分：成分/组成信息	
有害物成分：	CAS No.
丙酮：	67-64-1

第三部分：危险性概述	
危险性类别（GHS）：	第3.1类易制毒化学品
物理和化学危害：	丙酮属于第3.1类低闪点易制毒易燃化学品，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。
健康危害：	急性中毒主要表现为对中枢神经系统的麻醉作用，出现乏力、恶心、头痛、头晕、易激动。重者发生呕吐、气急、痉挛，甚至昏迷。对眼、鼻、喉有刺激性。口服后，先有口唇、咽喉有烧灼感，后出现口干、呕吐、昏迷、酸中毒和酮症。慢性影响：长期接触该品出现眩晕、灼烧感、咽炎、支气管炎、乏力、易激动等。皮肤长期反复接触可致皮炎。
环境影响：	对水体、土壤和大气可造成污染。

第四部分：急救措施	
皮肤接触：	脱去污染的衣物，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。
眼睛接触：	提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。
吸入：	迅速拖离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
食入：	饮足量温水，催吐。就医。

第五部分：消防措施	
危险特性：	其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。

有害燃烧产物：	一氧化碳、二氧化碳
灭活方法：	可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。
灭火剂：	二氧化碳、干粉、砂土。用水灭火无效。

第六部分：泄漏应急处理

应急处理：	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制进出。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄露源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。
小量泄漏：	用砂土或其他不燃材料吸附或吸收。也可以用大量水冲洗，洗水稀释后放入废水系统。
大量泄漏：	构筑围堤或挖坑收容。用泡沫覆盖，降低蒸汽灾害。用防爆泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。

第七部分：操作处置和储存

操作注意事项：	密闭操作，全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴过滤式防毒面具（半面罩），戴安全防护眼镜，穿防静电工作服，戴橡胶耐油手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止蒸气泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、还原剂、碱类接触。灌装时应控制流速，且有接地装置，防止静电积聚。
储存注意事项：	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过26℃。保持容器密封，应与氧化剂、还原剂、碱类等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有应急处理设备和合适的收容材料。

第八部分：解除防护/个体防护	
中国MAC（mg/m ³ ）：	400
前苏联MAC（mg/m ³ ）：	200
监测方法：	气相色谱法；糖醛分光光度法
工程控制：	生产过程密闭，全面通风。
呼吸系统防护：	空气中浓度超标时，佩戴过滤式防毒面罩（半面罩）。
眼睛防护：	一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。
身体防护：	穿防静电工作服。
手防护：	戴橡胶耐油手套。
其他防护：	工作现场严禁吸烟。注意个人清洁卫生。避免长期反复接触。

第九部分：理化性质	
主要成分：	纯品
外观与性状：	无色透明流动液体，有芳香气味，极易挥发。
熔点（℃）：	-94.6
沸点（℃）：	56.5
相对密度（水=1）：	0.80
相对蒸气密度（空气=1）：	2.00
饱和蒸气压（kPa）：	53.32（39.5℃）
燃烧热（kJ/mol）：	1788.7
临界温度（℃）：	235.5
临界压力（MPa）：	4.72
闪点（℃）：	-20
引燃温度（℃）：	465
爆炸上限%（V/V）：	12.8（20℃）
爆炸下限%（V/V）：	2.5（20℃）
溶解性：	与水混溶，可混溶于乙醇、乙醚、氯仿、油类、烃类等多数有机溶剂。
主要用途：	是基本的有机原料和低沸点溶剂。

第十部分：稳定性和反应性	
稳定性：	稳定
禁配物：	强氧化剂、强还原剂、碱
避免接触的条件：	明火、高热、强氧化剂
聚合危害：	不聚合
燃烧分解产物：	一氧化碳、二氧化碳、水

第十一部分：运输信息	
危险货物编号：	31025
UN编号：	1090
联合国运输货物名称：	2941100
联合国危险性分类：	第3.1类
是否海洋污染物：	否
包装标志：	易燃液体
包装类别：	052
包装方法：	小开口钢桶；安瓿瓶外普通木箱；螺纹口玻璃瓶、铁盖压口玻璃瓶、塑料瓶或金属桶外普通木箱。
运输注意事项：	运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽罐车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、还原剂、碱类、食用化学品等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机器设备和工具装卸。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。严禁用木船、水泥船散装运输。

第十二部分：法规信息

法规信息：	《危险化学品安全管理条例》（2011年12月1日国务院发布，另1987年发布的已于2002年废止），工作场所安全使用化学品规定（[1996]劳部发423号）等法规，针对化学危险品的安全使用、生产、储存、运输、装卸等方面均作了相应规定；常用危险化学品的分类及标志（GB 13690-92）将该物质划为第3.1类低闪点易燃液体。
-------	--

5. 煤矿瓦斯爆炸是非常严重的安全事故，因此瓦斯爆炸极限的测定是非常重要的。请你根据本实验自行设计测定某煤矿瓦斯爆炸极限的测定步骤。

知识储备：

1) 煤矿瓦斯：又称煤层瓦斯（gas of coalseam）、煤层气。从煤和围岩中逸出的甲烷、二氧化碳和氮等组成的混合气体。瓦斯（有时单指甲烷）是一种无色、无味、无臭、可以燃烧或爆炸的气体，难溶于水，扩散性较空气高。瓦斯无毒，但浓度很高时，会引起窒息。

2) 瓦斯爆炸条件：

①一定浓度的瓦斯（瓦斯爆炸界限约在 5%~16%，约 9.5%时爆炸威力最大）

②高温火源（瓦斯引火温度 650℃~750℃）

③充足的氧气（当氧气浓度低于临界氧含量时，瓦斯混合气体立即失去爆炸性，减氧空气在大港等油田得到了应用，目前减氧指标为 8%，不但能防止爆炸，而且能有效降低氧腐蚀。）

（当惰性气体添加到一定量时，丙烯爆炸达到临界状态，爆炸上下限对应氧浓度重合于一点，该点为临界氧浓度。）

实验装置：

采用的实验装置为 20L 球形爆炸测试系统（图 5），该系统可以在特定的条件下对爆炸的最大压力及最大压力的上升速率进行测试，运用化学点火头点火后通过对计算机可以显示出压力和时间变化曲线，对大范围内的各个浓度进行一系列的测试，3 次测试后取其最大值的平均值作为最终结果。

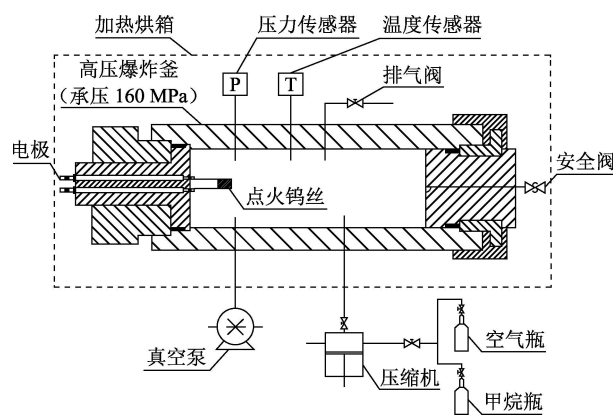


图 5 实验装置

煤矿瓦斯爆炸极限的测定步骤：^[6]

(1)在试验开始前,首先检查管线和阀门的气密性,再对反应釜抽真空,并用首先注入的空气冲洗溶器两次。

(2)通过烘箱加热反应釜至温度达到试验温度,根据考虑压缩因子 z 的气体状态方程利用道尔顿气体分压定律计算混合气体中煤矿瓦斯和空气的体积分数,按照混合比和压力注入煤矿瓦斯和空气,爆炸下限处为煤矿瓦斯注入空气,爆炸上限处为空气注入煤矿瓦斯。等待 20 min 以上确保煤矿瓦斯和空气混合物点火前在爆炸容器中处于均匀平衡状态。

(3)对配置好的混合气体取样进行气体色谱检测,减小配气误差。

(4)加热钨丝点火,同时压力传感器和温度传感器分别记录爆炸峰值压力和试验温度。

试验中采用逐步逼近法测试爆炸的上、下限,爆炸极限值采用爆炸点和不爆炸点的平均值。爆炸上限是指爆炸点的可燃气最高体积分数和不爆炸点的可燃气最低体积分数之间的平均值;爆炸下限是指爆炸点的可燃气最低体积分数和不爆炸点的可燃气最高体积分数之间的平均值。每个试验的体积分数配比重复两次以上,以确保数据的可重复性。

参考文献：

- [1] 姜程山. 氢气的爆炸极限抑制研究[D].山东建筑大学,2017.
- [2] 高娜,张延松,胡毅亭.温度、压力对甲烷-空气混合物爆炸极限耦合影响的实验研究[J].爆炸与冲击,2017,37(03):453-458.
- [3] 金满平,张帆,孙峰,徐伟,石宁,谢传欣.温度对烃类物质爆炸极限的影响及其预测模型研究[J].中国安全生产科学技术,2013,9(09):5-10.
- [4] 罗振敏,杨勇,程方明,王涛,常助川,苏彬,张蔓.N₂和CO₂惰化丙烯爆炸极限参数实验研究[J].化工学报,2020,71(04):1922-1928.
- [5] 郭成义,卿大咏.化学实验室常见有害气体的危害与防治[J].教育教学论坛,2012,(44):193-196. DOI:10.3969/j.issn.1674-9324.2012.44.117.
- [6] 任韶然,黄丽娟,张亮,王煜,裴树峰,魏勇,肖毓,陈矗.高压高温甲烷-空气混合物爆炸极限试验[J].中国石油大学学报(自然科学版),2019,43(06):98-103.

教师签名：

成绩：

批改日期：