

中华人民共和国强制性国家标准
《干粉灭火系统及零部件通用技术条件》

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

二〇二三年七月

一、工作简况

（一）任务来源

国家标准《干粉灭火系统及零部件通用技术条件》的修订由应急管理部归口，应急管理部委托 TC 113/SC2 全国消防标准化技术委员会固定灭火系统分技术委员会组织起草和审查。

（二）制定背景

干粉灭火系统作为传统四大灭火系统之一，已广泛应用于仓库、隧道、码头、石化、电力设备间等场所。为该类场所的消防保护提供了重要的基础保障。2010年，国家标准《干粉灭火系统及零部件通用技术条件》（GB16668-2010）自实施以来，为进一步规范干粉灭火系统的设计、制造和验收提供了技术依据。同时，为了适应干粉灭火系统新产品、新技术的发展要求，该标准在1996版标准基础上，增加了柜式干粉灭火装置、超细干粉灭火系统（装置）、干粉枪、干粉炮等产品，为这些产品的应用提供了技术支撑。

近年来，随着国内外干粉灭火技术研究和突破，采用新技术研制的新型干粉灭火系统也应用而生。系统的组成、部件结构等都有了创新和发展，原有标准的技术要求已经不能完全适应新系统发展的需要，因此，有必要对原有的标准进行相应的修订，以适应新产品发展的需要。

其次，原标准中涵盖的一些产品，如燃气式干粉灭火系

统，因产品自身结构的特点，其在实际应用中受到较大的限制，且存在较大的安全隐患，目前已逐步被市场所淘汰。为了体现标准的先进性和科学性，修订时将这类产品从标准中删除。

随着活泼金属储存场所及 D 类火灾发生次数的不断增加，具有 D 类火灾隐患的场所对 D 类干粉灭火系统的需求也日益迫切。近年来，部分企业针对 D 类干粉灭火系统产品开展了大量的试验研究，基本确定了灭火系统的构成、性能、检验标准、工程应用的相关参数和设计方法，新修订的《干粉灭火系统技术规范》中已将 D 类干粉灭火系统的相关内容纳入其中。但针对 D 类火灾的试验模型、试验方法和评价标准等尚未开展研究。

（三）起草小组人员组成及所在单位

应急管理部天津消防研究所牵头负责本标准的修订工作。

二、标准编制原则、主要技术内容及其确定依据

（一）标准编制原则

标准编制过程中，以灭火系统组成、结构及工作原理为基础，以新产品新技术为主体，对系统中涉及的关键零部件进行重点研究，提出关键零部件的性能要求和试验方法。对不适应市场发展要求，被市场淘汰和替代的产品，本次修订过程中对其相关内容进行调整。

(二) 标准主要技术内容及确定依据

本标准修订过程中增加了定压动作装置和低泄高封阀的内容，定压动作装置是指在贮气瓶型干粉系统中，当干粉贮存容器内压力达到设定值时，能发出机械、电、压力等信号的执行装置。实际应用中，定压动作装置有电接点压力表、压力开关、定压开启机构等。其形式不同，输出的信号也不相同。低泄高封阀通常安装在启动气体管路上，正常工况下为开启状态，压力达到一定值时，阀门关闭。其主要用来排泄从启动气瓶泄漏的高压气体，消除系统因泄漏气体体积聚而发生误动作的安全隐患。该部件已在气体灭火系统中有应用，且被列入气体灭火系统产品标准中。本次修订中，借鉴气体灭火系统安全性的成功经验，将该部件引入干粉灭火系统中，可进一步提高系统的安全性，降低系统误动作。

本标准修订过程中增加了D类干粉灭火系统。D类干粉灭火系统主要用来扑救钠、钾、镁、钙等活泼金属及三乙基铝等金属化合物火灾。目前已被广泛应用于储存活泼金属仓库或石化场所的消防保护。因金属火灾危险性高、难于扑救、且释放的烟雾会对人员造成潜在危害，许多工程已使用自动D类干粉灭火系统，通过火灾探测器及时探测火灾，灭火系统按设计要求自动释放干粉灭火剂，快速扑灭火灾，且能够保证在一段时间内火灾不发生复燃，有效保护人员和财产安全。D类干粉灭火系统零部件与普通干粉灭火系统基本相同，

主要区别为干粉灭火剂、干粉喷头和火灾试验模型。为验证灭火系统的灭火能力，标准中提出了钠、镁和三乙基铝三种火灾模型，并对扑救不同火灾模型提出了相关要求。火灾模型的设计一方面参考行业标准 XF979-2012《D 类干粉灭火剂》的相关要求，另一方面，也考虑了系统动作的可靠性和准确性。

（三）标准修订变化及依据（仅修订标准需要列出）

1、增加 D 类干粉灭火系统定义。

D 类干粉灭火系统为本标准修订中新增的内容，在此对 D 类干粉灭火系统进行了定义。D 类干粉灭火系统与普通干粉灭火系统的区别主要体现在所使用的干粉灭火剂，故定义中重点突出灭火剂的区别。

2、删除了燃气驱动型干粉灭火系统。

因燃气驱动型干粉灭火系统依靠燃烧固体药剂产生高压气体，驱动干粉灭火剂输送。由于灭火系统固体燃烧物较多，燃烧过程不稳定，产生气体过程存在不确定性，存在一定危险。近年来，该装置几乎无生产和销售，市场应用越来越小，故本次修订过程中删除了燃气驱动型干粉灭火系统的相关内容。

3、定压动作装置 constant pressure actuating device

贮气瓶型干粉灭火系统中，当干粉贮存容器内压力达到设定值时，能发出机械、电、压力等信号的执行装置。

定压动作装置是贮气瓶型干粉灭火系统的关键部件之一，是执行自动启动功能的关键部件。当干粉贮存容器内的压力达到设定值时，定压动作装置会输出信号（机械、电、压力等）给控制装置，控制装置接收到该信号后会驱动干粉释放阀动作，实现自动启动灭火系统的功能。

4、第五章 型号编制

型号编制中增加了 D 类干粉灭火系统。

5、要求

6.2.2 结构要求

6.2.2.1 系统至少应具有机械应急操作启动方式，设置自动控制、手动控制启动方式时，各启动方式下应能独立启动系统。机械应急操作机构的操作力不应大于 150 N；操作行程不应大于 300 mm。机械应急操作机构应有保险装置，其解脱力不应大于 100 N。

解释：干粉灭火系统根据组成结构和工作原理不同，有自动启动的，也有人工手动启动的。如带有干粉枪和干粉炮的系统，大部分是人工手动启动系统，通过干粉枪和干粉炮喷射灭火剂。因此，对于灭火系统，必须具备机械应急操作启动功能，根据灭火系统应用场所需要，可增加自动和手动启动方式。

6.2.8 灭火性能

6.2.8.3 D 类火灭火性能

6.2.8.3.1 灭钠火性能

按 7.35.2 规定的试验方法进行灭钠火试验，系统应在灭火剂喷射结束后 30 s 内扑灭明火，明火扑灭后 4 h 内不应出现复燃。

6.2.8.3.2 灭镁火性能

按 7.35.3 规定的试验方法进行灭镁火试验，系统应在灭火剂喷射结束后 30 s 内扑灭明火，明火扑灭后 60 min 内不应出现复燃。

6.2.8.3.3 灭三乙基铝火性能

按 7.35.4 规定的试验方法进行灭三乙基铝火试验，系统应在灭火剂喷射结束后 30 s 内扑灭明火，明火扑灭后 30 min 内不应出现复燃。

解释：D 类干粉灭火系统主要用于扑救活泼金属及金属化合物火灾（D 类火灾）。一般情况下，被保护的活泼金属不同，使用的 D 类干粉灭火剂也有差异。灭火性能是考核灭火系统灭火能力的关键指标，火灾模型是验证灭火系统灭火性能的关键。

根据目前工程中 D 类干粉灭火系统保护的物质，同时参考行业标准《D 类干粉灭火剂》（XF979-2012）的相关规定，本标准规定了金属钠、金属镁和三乙基铝三种火灾试验模型。

固定灭火系统不同于手提式灭火器，其火灾扑救过程无人员参与，主要依靠预先设计的灭火系统通过喷嘴定向分布灭火剂，确保灭火剂喷洒均匀，即 D 类干粉灭火系统一方面要能够扑灭活泼金属火灾，另一方面，金属表面的干粉覆盖层要达到一定厚度，保证在设定时间内不会出现复燃现象。因此，在火灾模型的设计过程中，在试验空间内最不利位置要求设置多个火灾模型，通过灭火系统将干粉灭火剂均匀释放至试验空间内，要求灭火剂释放结束后 30s 内应扑灭明火，且抑制一定时间后不发生复燃。

试验过程详见《D 类干粉灭火系统灭火试验专题报告》。

6、删除塑料和橡胶件的热稳定性

解释：本条款被。随着干粉灭火系统产品的发展，除各部件的主要密封件外，干粉贮存容器的其他部位已不使用塑料和橡胶件。因此，在修订过程中本条款被删除。

7、增加了“定压动作装置”的有关内容

定压动作装置通常安装在贮气瓶型干粉灭火系统干粉贮存容器上，系统动作时，驱动气体瓶组不断向干粉贮存容器内增压至设定值。当罐内压力达到设定值时，定压动作装置动作输出启动信号启动释放阀。因此，要求定压动作装置的工作压力、强度、密封、耐腐蚀等性能也应与其他部件一样满足相关要求，其动作压力应满足在一定的偏差范围内。

8、增加了“低泄高封阀”的有关内容

低泄高封阀应符合 GB 25972-2010 中 5.17 的要求。

解释：低泄高封阀通常安装在启动气体管路上，正常工况下为开启状态，压力达到一定值时，阀门关闭。其主要用来排泄从启动气瓶泄漏的高压气体，消除系统因泄漏气体积聚而被启动的安全隐患。

该部件已在气体灭火系统中有应用，且被列入气体灭火系统产品标准中。本次修订中，借鉴气体灭火系统安全性的相关要求，将该部件引入干粉灭火系统中，可进一步提高系统的安全性，降低系统的误动作。故本次修订中，对低泄高封阀的性能要求，主要参考借鉴了国家标准《气体灭火系统及部件》GB25972-2010 的相关要求。

9、增加了“工作压力”的有关内容

6.15.2 工作压力

信号反馈装置的工作压力不应小于系统最大工作压力。

解释：信号反馈装置通常安装在输粉管路上，向控制装置反馈系统动作信号。因反馈装置工作时需要承受一定的压力，故规定反馈装置的工作压力不应小于系统最大工作压力。这样才能保证装置的安全性。

本标准全文强制标准，为标准实施过程的可操作性和灵活性，此次修订中删除了原标准中的附录部分。

三、试验验证的分析、综述报告、技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益。

详见《D类干粉灭火系统灭火试验专题报告》。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

国际尚未制定干粉灭火系统产品标准，国外标准主要以预制式干粉灭火装置标准为主，与干粉灭火系统差别较大。

五、以国际标准为基础的起草情况、是否合规引用或采用国际国外标准以及未采用国际标准的原因

无。

六、与有关法律、行政法规及相关标准水平的关系

（一）与有关法律、行政法规、标准关系

本标准为干粉灭火系统产品标准，主要规定了干粉灭火系统及部件的相关性能要求和试验方法，是测试验证产品性能的主要依据。GB50347-2004《干粉灭火系统设计规范》是干粉灭火系统产品的应用规范，规范中对产品的性能进行了相关规定，参考引用了GB16668的相关规定。

（二）配套推荐性标准的制定情况（强制性标准应填写）

无。

七、重大分歧意见的处理过程及依据

无。

八、作为强制性标准或推荐性标准的建议及理由

该标准符合我国现行相关法律法规，与相关强制性标准的技术要求一致。由于干粉灭火系统是属于保护人身、财产安全的产品，建议标准性质为强制性标准。

九、标准自发布日期至实施日期的过渡期建议及理由

建议标准实施过渡期为 12 个月，标准中新增 D 类干粉灭火系统，生产单位需要重新设计产品并开展相关验证试验。

十、与实施标准有关的政策措施

标准发布后，标委会或标准起草单位应及时组织标准宣贯，建议对产品生产单位、设计单位、检测机构、监督机构等单位进行宣贯，以便相关人员能够更好理解标准技术内容。

十一、是否需要对外通报的建议及理由。

该标准为强制性标准，建议通报。

十二、废止现行有关标准的建议

本标准代替国家标准 GB 16668-201 《干粉灭火系统及部件通用技术条件》，本标准实施的同时废止原标准。

十三、涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关专利。

十四、标准所涉及的产品、过程或者服务目录

无。

十五、其他应予以说明的事项

无。

附件 1

D 类干粉灭火系统灭火实验

专
题
报
告

山东环绿康新材料科技有限公司

2019 年 3 月

D 类干粉灭火系统灭金属火专题报告

随着社会的发展，镁、钠、锂、钙、钾等易燃金属已成为工业生产不可缺少的原料，其化合物也成为人们生活中不可缺少的物品。易燃金属生产、加工、贮存及运输场所安装 D 类干粉灭火系统是必要的。为规范 D 类干粉灭火系统的制备，确保 D 类火灾场所消防防护的安全，很有必要制定 D 类干粉灭火系统的统一标准，规范 D 类干粉灭火系统及部件的技术条件。

应急管理部天津消防研究所会同各参编单位于 2018 年 4 月在天津市召开了《干粉灭火系统及部件通用技术条件》国家标准编制组第一次工作会议，会议讨论决定：标准修订中增加 D 类干粉灭火系统的相关技术条款。

D 类干粉灭火系统及部件性能要求，灭火性能要求（包括灭火模型、燃烧方法、预燃时间等）、试验方法等需要进行验证试验，由应急管理部天津消防研究所、山东环绿康新材料科技有限公司、北京美力马消防设备有限公司、广州市鹰穗消防设备有限公司共同承担。

山东环绿康新材料科技有限公司为完成试验数据的采集，建立了灭火试验室经过计算，结合灭火试验室的位置、地形等对管道、喷头进行了布置。于 2019 年 2 月 23 日，在国标组人员的指导下进行了灭火试验验证。

一、试验模型及灭火系统设置

1.1 试验房间

试验在室内进行，试验房长宽各 5.4m，高度 3.5m。距房顶 0.6 米处设排风机。

1.2 系统设置

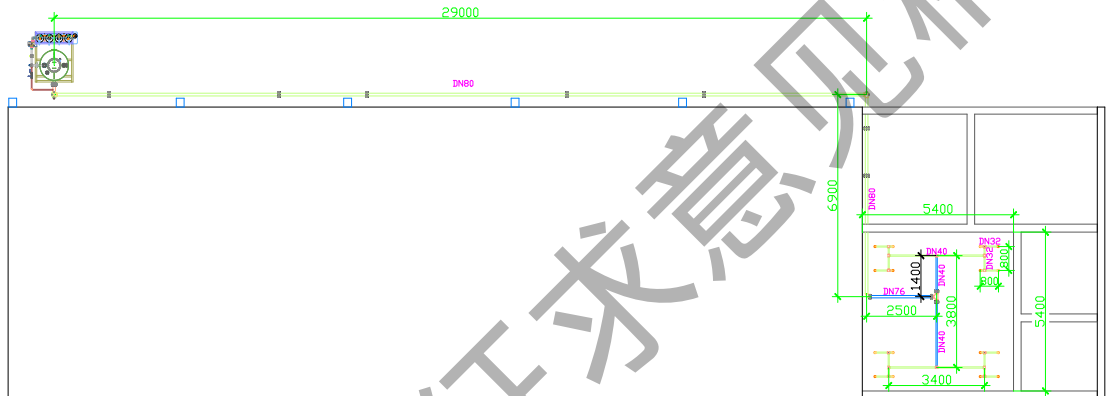
D 类干粉灭火系统采用 ZFP800D，系统主要由干粉贮存容器部件、贮气瓶组、集流管部件、减压阀、释放装置、输送管路、喷嘴等部件组成。罐体容积 905L，启动瓶容积为 4L，内充装启动气体为氮气，压力为 6MPa。驱动瓶组为 4 个 70L 氮气瓶，内充装驱动气体氮气（灭金属镁时采用氩气），气体压力为 12MPa。罐体上面安装有安全阀，压力表，压力传感器接口。系统采用手动启动方式。



图 1.1 灭火系统图

1.3 管道布置

主管直径为 DN80 变 DN76 ，支管 DN50 变 DN40。连接喷头支管直径为 DN32，管路中有弯头 5 个，三通 4 个，管路几何总长 40m,计算长度 86.6m。



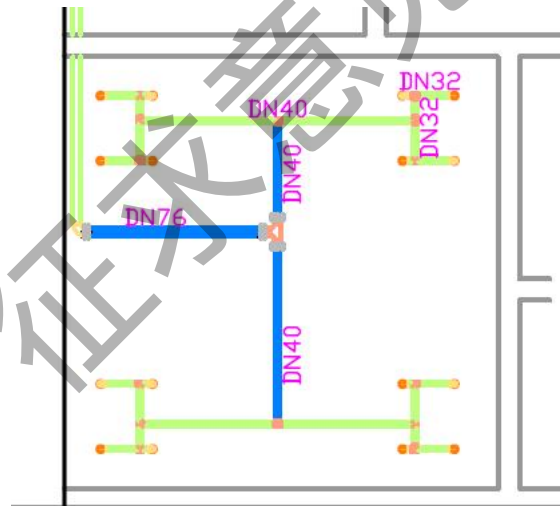
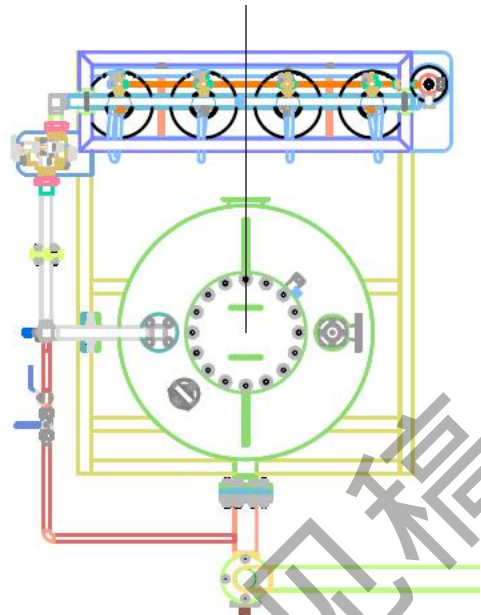
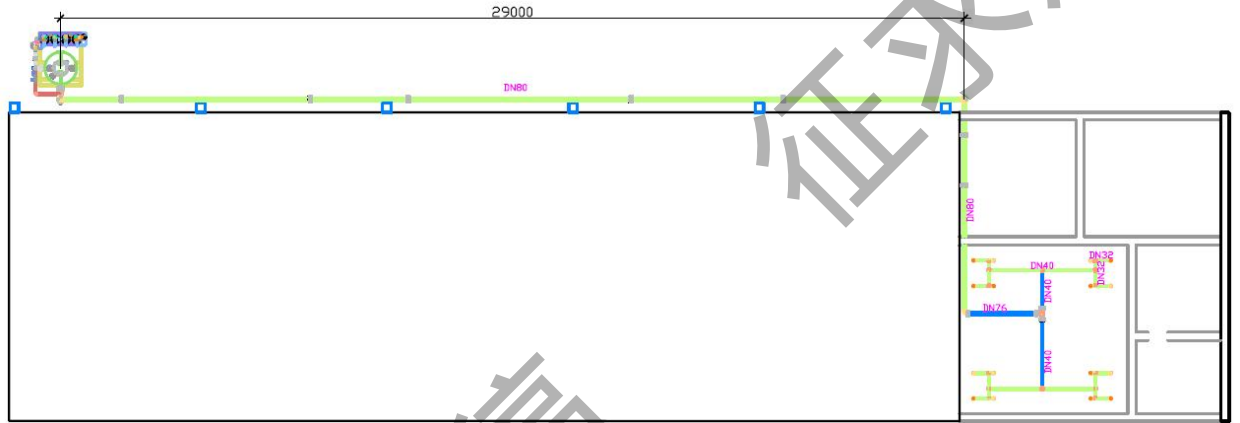




图 1.2 管道布置图

1.4 喷嘴

试验采用多孔喷嘴 16 个，布置于试验区内。采用多孔喷嘴的原因如下：

1.4.1 D 类干粉灭火系统采用局部应用灭火方式，要求灭火剂在保护区内分布均匀。多孔喷嘴有助于 D 类干粉灭火剂分布均匀。

1.4.2 易燃金属燃烧后很快即熔化，由固体转变为液体，单孔喷嘴灭火剂的喷放容易引起金属熔化液体的飞溅，不能被 D 类干粉灭火剂有效覆盖，飞溅的金属熔渣极易引发复燃。多孔喷嘴可有效防止飞溅，并使灭火剂较好分散，在保护区内均匀分布。

1.4.3 三乙基铝等烷基铝本身是一种液态物质，泄漏后易形成流淌火。使用多孔喷嘴，确保灭火剂在保护区范围内喷射强度一致，灭火不留死角，有效防止复燃。



图 1.3 喷头布置图

1.5 燃料

参考行业标准 XF 979 的相关要求，试验燃料选择金属镁、金属钠和三乙基铝三种。

- a. 干镁粉：含量不小于 99.5%，100% 粒径小于 0.267mm，80% 粒径不小于 0.150mm。
- b. 干镁屑：含量不小于 99.5%，长度为 6 mm~9mm，宽度为 2 mm~3mm，厚度为 0.25 mm。
- c. 金属钠：商业级，含量不小于 99.6%。
- d. 三乙基铝：含量不小于 92%。

1.6 燃料盘

参考 XF 979 的相关条款，燃料盘尺寸如下：

1.6.1 金属镁用

正方形钢盘：边长 (600 ± 10) mm，高 (300 ± 5) mm，壁厚 2.5mm~3.0mm。

1.6.2 金属钠用

a 圆形钢盘：直径 (540 ± 10) mm，高 (150 ± 5) mm，盘壁厚度 2.5mm~3.0mm。钢盘配合适的盖子。钢盘放在高度为 (300 ± 5) mm 的托架上，托架直径略小于钢盘，钢盘共三套。

b 引燃盘：直径 (250 ± 5) mm，高 250mm。

1.6.3 三乙基铝用

正方形钢盘：边长 (600 ± 10) mm，高 (300 ± 5) mm，盘壁厚度 2.5mm~3.0mm。钢盘配有方形的盖子，钢盘共三套。

1.7 灭火剂

灭火剂使用山东环绿康新材料科技有限公司生产的 D-Na、Mg、 $Al(C_2H_5)_3$ 复合型 D 类

干粉灭火剂。该灭火剂有下列特点：

1.7.1 灭火剂快速与燃烧的金属表面发生钝化反应，终止金属燃烧。

1.7.2 灭火剂在燃烧金属表面迅速形成的覆盖层薄而窒息性好，且耐高温，有良好的抗复燃效果。

1.7.3 灭火剂具有良好的降温效果，能在短时间内使易燃金属降至燃点以下。

1.7.4 复合型灭火剂具有良好的惰化性能。灭火剂在扑灭三乙基铝等烷基铝火灾时，和燃烧的三乙基铝发生惰化反应，迅速熄灭其燃烧。翻动灭火后的残留物，遇空气不再燃烧。将残留物置于水中，不再发生爆炸。

二、灭火试验

2.1 灭三乙基铝火试验过程

灭三乙基铝火设计采用灭火剂 720kg, 灭火强度 $\leq 25 \text{ kg/m}^2$ 。采用 3 套燃料盘，燃料盘的摆放位置如图 2.1.1。每个盘中接入 1 根 K 型热电偶。每个燃料盘加盖充加 3kg 三乙基铝。充完后打开燃料盘盖子，三乙基铝完全燃烧后关闭试验室房门，启动灭火系统。粉剂喷射完毕，静止 10 分钟左右取出燃料盘，观察灭火后的状态。



图 2.1 三乙基铝燃料盘布置图



图 2.2 三乙基铝燃烧状态

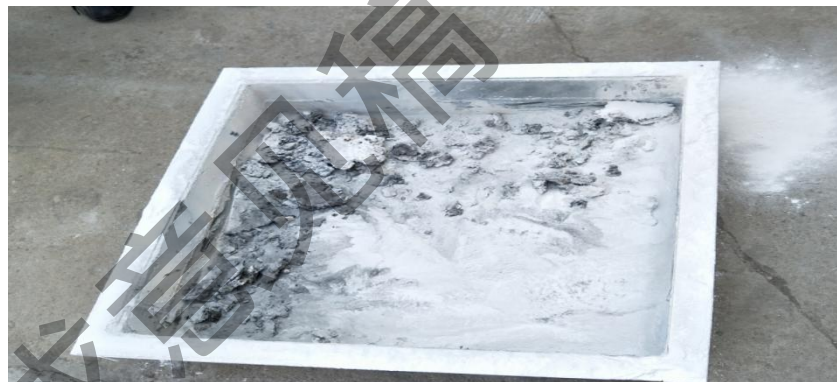


图 2.3 三乙基铝灭火后的残渣状态



图 2.4 三乙基铝灭火后的残渣放入水中的状态

2.2 灭镁火试验过程

灭镁火设计采用灭火剂 758kg, 灭火强度 $\leq 26 \text{ kg/m}^2$ 。采用 3 套燃料盘, 燃料盘的摆放位置如图 2.2.1。每个盘中接入 1 根 K 型热电偶。金属镁屑和镁粉的试验一起做, 其中 1 个燃料盘加 18kg 干镁屑, 一个燃料盘中加 11kg 干镁粉, 一个燃料盘中加 10kg 镁屑和 1kg 切削油。燃料盘置于试验空间最不利位置 (即干粉最难到达的地方)。采用焊枪点燃。引燃金属后关闭试验室房门, 观察燃烧至整个燃料面时, 手动启动灭火系统。粉剂喷射完毕候静止

10 分钟左右取出燃料盘，观察灭火后的状态，继续静止 1 小时后观察复燃情况。



图 2.5 金属镁燃料盘布置图





图 2.6 金属镁燃烧状态

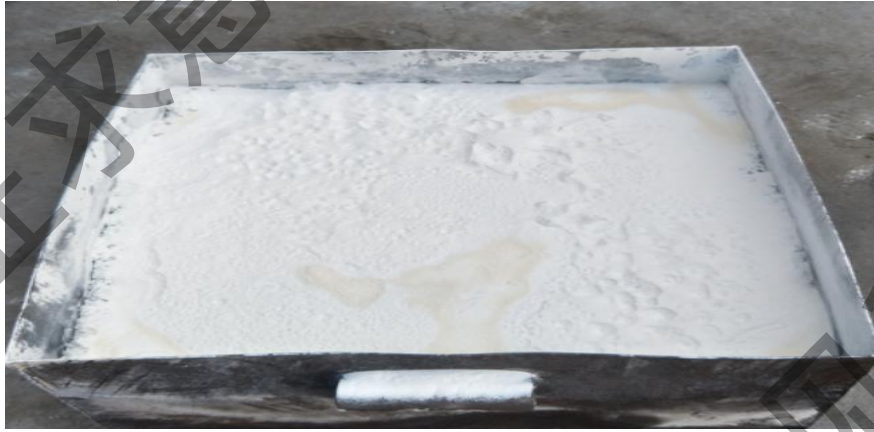


图 2.7 金属镁屑燃烧灭火后状态

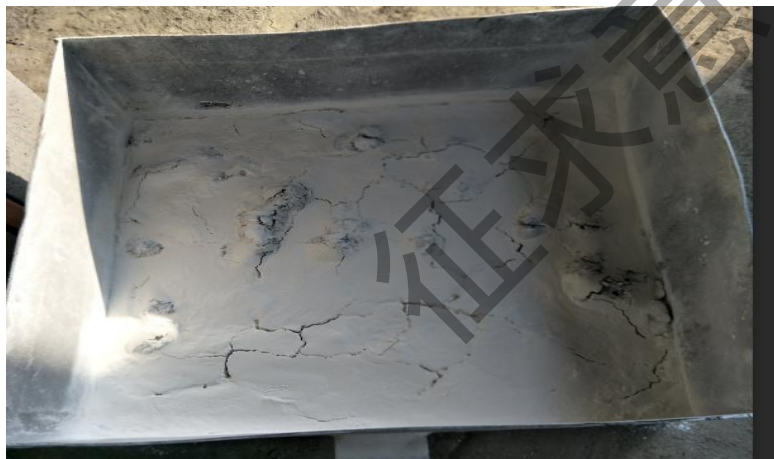


图 2.8 金属镁粉燃烧灭火后状态



图 2.9 浸油金属镁粉燃烧灭火后状态

2.3 灭钠火试验过程

灭金属钠火设计采用灭火剂 758kg, 灭火强度 $\leq 26 \text{ kg/m}^2$ 。采用 3 套燃料盘, 燃料盘的摆放位置如图 2.3.1。每个盘中接入 1 根 K 型热电偶。每个燃料盘加 3kg 金属钠, 用盖子盖住钢盘。钢盘放在托架上。燃料盘置于试验空间最不利位置 (即干粉最难到达的地方)。每个引燃中加入 2L 车用汽油, 点燃引燃盘内燃料, 对金属钠进行加热。当金属钠温度达到 $(555 \pm 5)^\circ\text{C}$ 时, 将三个燃烧的金属钠盘小心移至试验空间的不同位置。关闭试验室房门, 启动灭火系统。干粉喷射完毕候静止 10 分钟左右取出燃料盘, 观察灭火后的状态, 继续静止 4 小时后观察复燃情况。



图 2.10 金属钠燃料盘的布置图



图 2.11 金属钠燃料



图 2.12 金属钠燃料引燃



图 2.13 金属钠燃烧灭火后的状态

三、灭火试验结果汇总

3.1 三乙基铝灭火试验

3.1.1 灭火试验数据如下表

表 3.1 三乙基铝灭火试验记录表

项目	结果
试验房间尺寸(m ³)	102.06
充装量 (kg)	720
燃料量 (kg)	3.1、3.05、3.04
预燃时间 (s)	69
火焰温度 (°C)	960.8、980
充压时间 (s)	21.7
灭火时间 (s)	≤50
喷射时间(s)	50
喷头出口压力 (MPa)	0.1
灭火结果	灭火成功，立即搅拌不复燃
灭火后温度 (°C) 30min 后	100、29.4
灭火强度 (kg/m ²)	24.69
干粉剩余率 (%)	0.1
备注	其中一根热电偶压断，失去探测作用

3.1.2 温度曲线如图

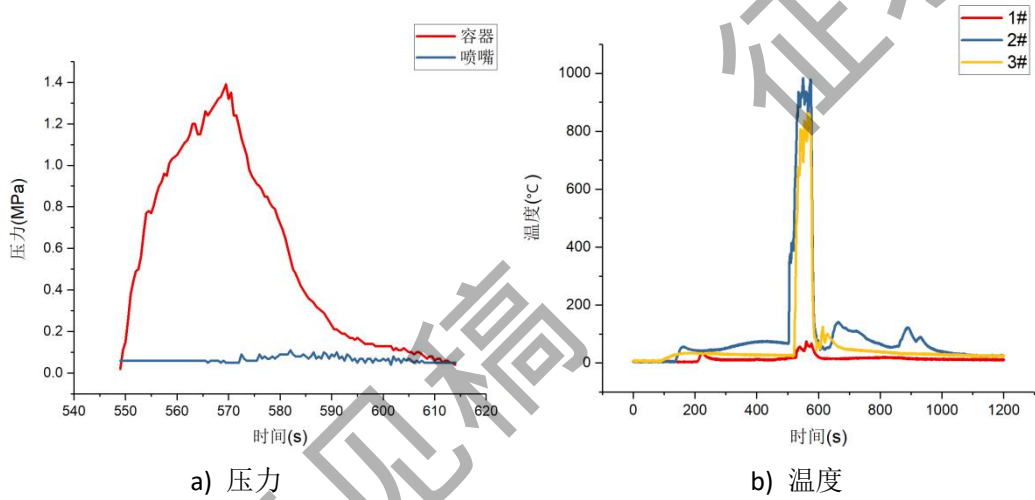


图 1 三乙基铝灭火过程参数

3.2 金属镁灭火试验

3.2.1 灭火试验数据如表

表 3.2 镁粉灭火试验记录表

项目	结果
试验房间尺寸(m ³)	102.06
充装量 (kg)	758
燃料量 (kg)	干镁粉 11.0kg、浸油镁粉 10.0kg 加 1kg 切削油
预燃时间 (s)	86
火焰温度 (°C)	862.9
充压时间 (s)	25.4
灭火时间 (s)	≤57
喷射时间(s)	57
喷头出口压力 (MPa)	0.1
灭火结果	灭火成功, 1 小时后不复燃
灭火后温度 (°C) 30min 后	干镁粉 128°C、浸油镁粉 28°C
灭火强度 (kg/m ²)	25.99
干粉剩余率 (%)	0.1
备注	

表 3.3 镁屑灭火试验记录表

项目	结果
试验房间尺寸(m ³)	102.06
充装量 (kg)	758

燃料量 (kg)	干镁屑 18kg
预燃时间 (s)	102
火焰温度 (°C)	862.9
充压时间 (s)	25.4
灭火时间 (s)	≤57
喷射时间(s)	57
喷头出口压力 (MPa)	0.1
灭火结果	灭火成功, 1 小时后不复燃
灭火后温度 (°C) 30min 后	95
灭火强度 (kg/m ²)	25.99
干粉剩余率 (%)	0.1
备注	

3.2.2 温度曲线如图

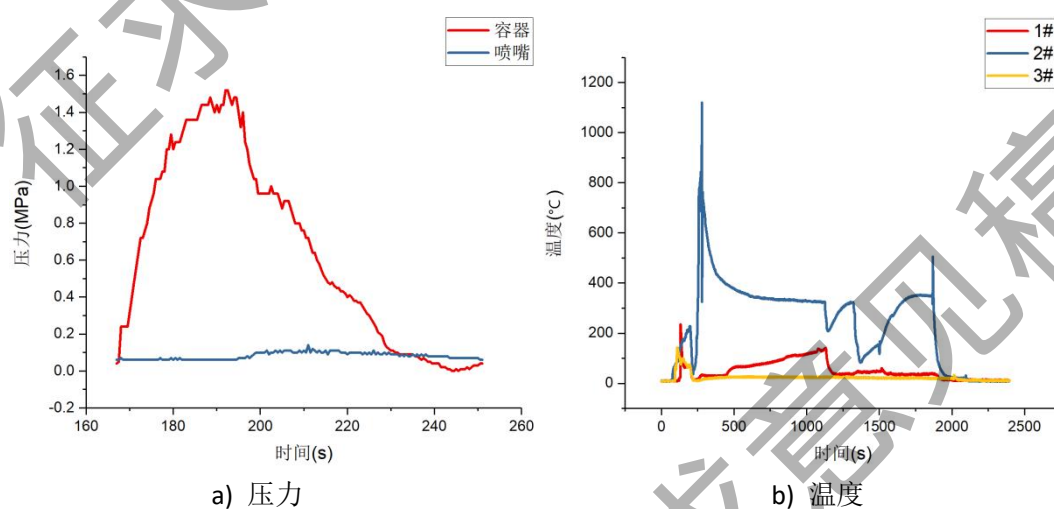


图 2 金属镁灭火过程参数

3.3 金属钠灭火试验

3.3.1 灭火试验数据如表

表 3.4 金属钠灭火试验记录表

项目	结果
试验房间尺寸(m ³)	102.06
充装量 (kg)	758
燃料量 (kg)	3.05、3.01、3.02
预燃时间 (s)	317

火焰温度 (°C)	680.8、601.5、676
充压时间 (s)	24
灭火时间 (s)	≤55
喷射时间(s)	55
喷头出口压力 (MPa)	0.1
灭火结果	灭火成功, 1 小时后不复燃
灭火后温度 (°C) 30min 后	72.6、35.6、18.4
灭火强度 (kg/m ²)	25.99
干粉剩余率 (%)	0.1
备注	

3.3.2 温度曲线如图

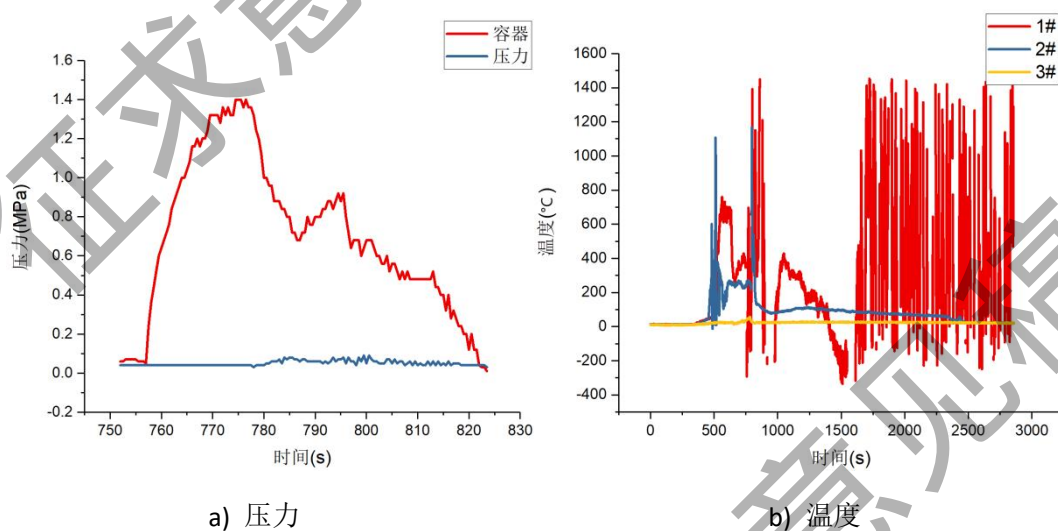


图 3 金属钠灭火过程参数

4、试验结论分析

4.1 金属的引燃条件比较特殊，三个盘子分别引燃，难以做到预燃时间一致，燃烧时间最长的燃料盘火最难熄灭。经过此次试验，燃料盘放在试验空间内灭火剂最难到达的位置，三个燃烧盘均灭火成功，说明此种灭火模型设计及喷头布置合理。

4.2 K 型热电偶在每次试验过程中均有损坏，为保证试验数据的全面性，每个燃料盘宜安置两根以上。

4.3 金属燃烧后烟雾较大，条件允许的情况下，应采用室外引燃后再移至防护区内，以免影响观察效果。

附件 2



D类干粉灭火系统
灭火实验专题报告

北京美力马消防设备有限公司

2019年3月

1. 实验目的

1.1 实验标准

D 类干粉灭火设备以 GB16668-2010《干粉灭火系统及部件通用技术条件》为系统设备制造依据；以《D 类干粉灭火系统灭 D 类火试验大纲》（以下简称大纲）为灭火实验依据。

1.2 实验目的

D 类干粉系统扑救不同可燃物 D 类火灾的试验，试验中需要确定喷嘴最小工作压力，干粉供给强度；灭火时间等主要参数；灭火模型参考 XF979 的要求，D 类干粉灭火系统及部件性能要求以 GB16668 为参考，测试灭火性能要求（包括灭火模型、燃烧方法、预燃时间等）、试验方法（进行验证试验），喷嘴性能要求及试验方法（进行验证试验），灭火性能要求及试验方法（进行验证试验）”

1.3 实验前设备材料准备

D 类干粉灭火系统灭 D 类火试验设备材料清单

日期：20180604

序号	名称	规格型号	数量	采购量	单位	备注
1	D 类干粉灭火设备	ZFP800D	1		套	1000L
2	D 类干粉灭火设备	ZFP600D	1		套	750L
3	系统喷放管道	按设计图	1		套	车间准备
4	干粉喷头	直径 13	16		个	车间准备
5	试验房间	长宽不小于 5.4m，高度不小于 3.5m	1		间	车间准备
镁火试验						
6	切削油	密度为 $(0.86 \pm 0.05) \text{ g/m}^3$ ，闪点为 $(146 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$	3	6	公斤	
7	干镁粉	含量不小于 99.5%，100%粒径小于 0.267mm，80%粒径不小于 0.150mm	11	22	公斤	每个钢盘放入 $(11.0 \pm 0.1) \text{ kg}$

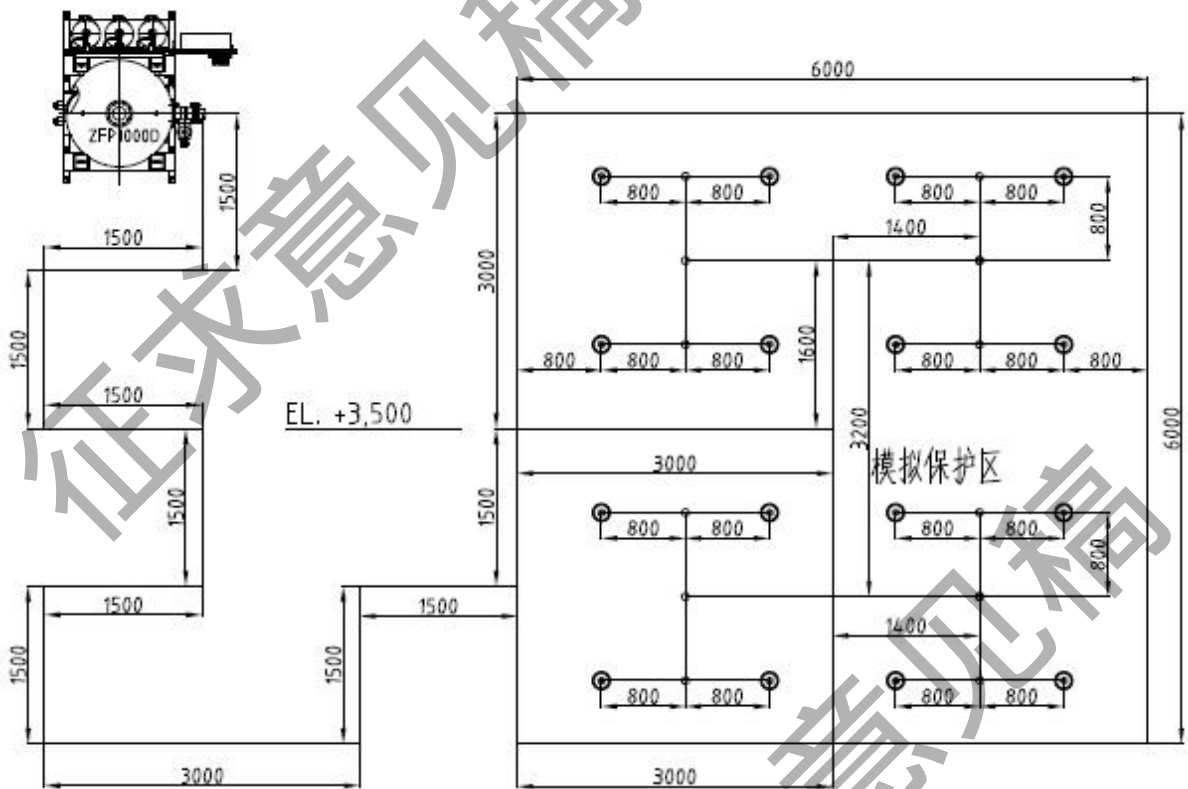
8	浸油镁粉	干镁粉和切削油的均匀混合物	10	20	公斤	(9.9±0.1) kg 干镁粉和 (1.1±0.1) kg 切削油
9	干镁屑	含量不小于 99.5%，长度为 6 mm~9mm， 宽度为 2 mm~3mm，厚度为 0.25 mm	18	36	公斤	每个钢盘放入 (18.0±0.1) kg
10	浸油镁屑	干镁屑和切削油的均匀混合物	16.2	32.4	公斤	(16.2±0.1) kg 干镁屑和 (1.8±0.1) kg 切削油
11	正方形钢盘	边长 (600±10) mm，高 (300±5) mm， 壁厚 2.5mm~3.0mm	5		个	车间自制
钠火试验						
12	金属钠	含量不小于 99.6%	6	12	公斤	单次试验用 6kg
13	圆形钢盘	直径 (540±10) mm，高 (150±5) mm，盘壁厚度 2.5mm~3.0mm	3		套	带盖子车间 自制
14	圆形钢盘托架	钢盘托架高度为 (300±5) mm，托 架直径略小于钢盘	3		套	车间自制
15	引燃盘	直径 (250±5) mm，高 250mm	1			车间自制
16	汽油	2L 车用 93#汽油	2	4	升	
三乙基铝火试验						
17	三乙基铝	含量不小于 92%	9	30	公斤	每个钢盘中 加入 3kg 三乙 基铝
18	圆形钢盘	直径 (600±10) mm，高 (300±5) mm，盘壁厚度 2.5mm~3.0mm	3		套	钢盘配有方 形的盖子
试验仪器						
19	秒表	分度值 0.1s	2		个	
20	铠装热电偶	K 型，外径为 3.0mm，丝径不大于 0.5mm，精度 II 级；	若干		个	
21	数字式温度显示仪 表	精度±0.5%	1		个	
22	防火服	毒面具，防烫伤保护靴，隔辐射热 防化服	6	6	套	

备注：数量列表为单次试验所用量，根据试验次数考虑采购富余量。

2. D 类干粉灭火系统模型

2.1 系统管网设计

固定式 D 类干粉灭火系统管网设计的主要参数在于调整喷头末端的压力，以保证干粉喷头能以最好的喷洒效果喷向被保护物。调整喷头的末端压力，会对喷洒强度影响如何，以及喷头末端最小的压力值的实验确定。本实验以 Minimax 公司多年的经验值，末端压力最小 3bar 为目标设置的管网。



2.2 D 类干粉灭火系统管网压力降计算

D 类干粉灭火系统管网压力降主要以管道的管径、长度和弯头数量来调节末端输出的压力。

Pressure Drop Calculation Sheet

SNo	StrP	EndP	DN	L(m)	V	EL	TT	TS	Q(kg/s)	h	PrsIn	PrsOut
1	1	2	80	0.9	1	0	0	0	43.20	0	12.0000	11.4610
2	2	3	65	9.9	0	20	0	0	43.20	2.5	11.4610	5.8593
3	3	4	65	2.3	0	1	0	1	21.60	-0.5	5.8593	5.3813
4	4	5	50	1.4	0	0	0	1	10.80	0	5.3813	5.0646
5	5	6	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0646	3.4658
7	6	101	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
8	6	102	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
9	5	7	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0646	3.4658
10	7	103	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
11	7	104	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
12	4	8	50	1.4	0	0	0	1	10.80	0	5.3813	5.0632
13	8	9	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0632	3.4644
14	9	105	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
15	9	106	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
16	8	10	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0632	3.4644
17	10	107	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
18	10	108	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
19	3	11	65	2.3	0	1	0	1	21.60	-0.5	5.8593	5.3813
20	11	12	50	1.4	0	0	0	1	10.80	0	5.3813	5.0646
21	12	13	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0646	3.4658
22	13	109	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
23	13	110	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
24	12	14	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0646	3.4658
25	14	111	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
26	14	112	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4658	3.0792
27	11	15	50	1.4	0	0	0	1	10.80	0	5.3813	5.0632
28	15	16	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0632	3.4644
29	16	113	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
30	16	114	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
31	15	17	25	0.8	0	0	0	1	5.40	0	5.0632	3.4644
32	17	115	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777
33	17	116	25	0.8	0	1	0	1	2.70	0	3.4644	3.0777

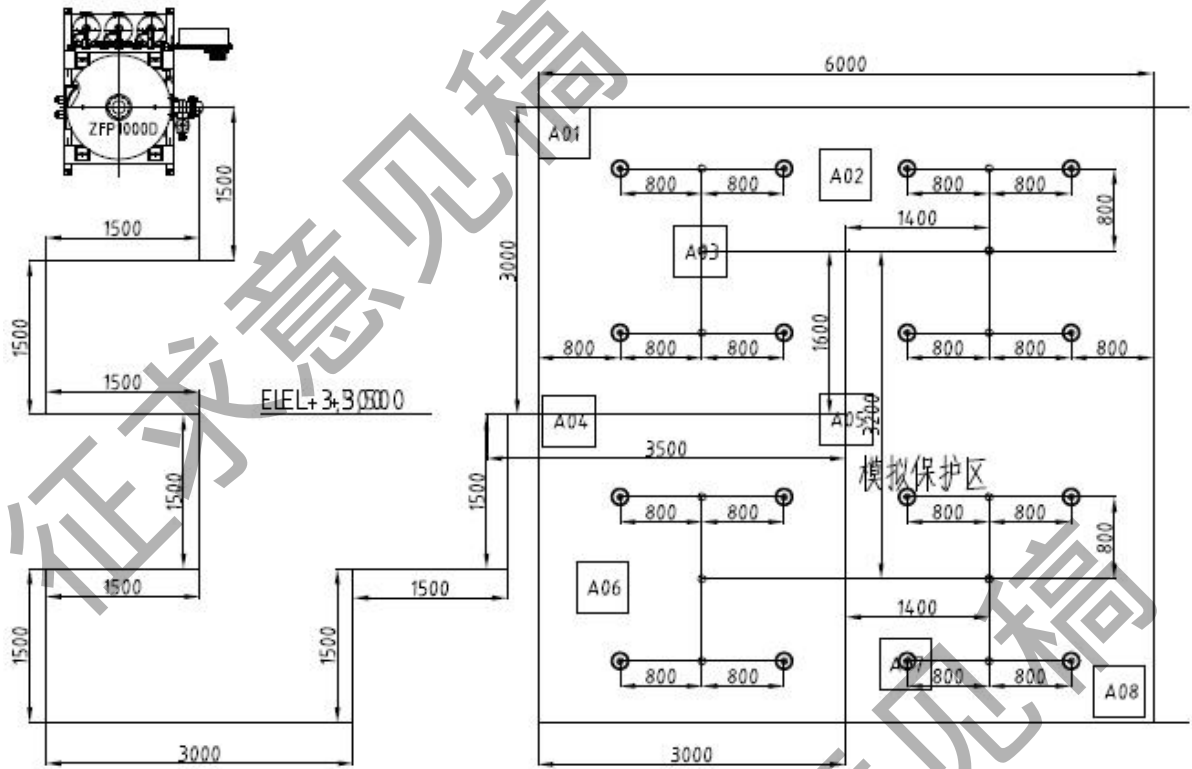
Nozzle Calculation Sheet

NNo	NPnt	Nd	NPrs	Q(kg/s)	NArtNr
1	101	14.00	3.0792	1.98	35143015
2	102	14.00	3.0792	1.98	35143015
3	103	14.00	3.0792	1.98	35143015
4	104	14.00	3.0792	1.98	35143015
5	105	14.00	3.0777	1.98	35143015
6	106	14.00	3.0777	1.98	35143015
7	107	14.00	3.0777	1.98	35143015
8	108	14.00	3.0777	1.98	35143015
9	109	14.00	3.0792	1.98	35143015
10	110	14.00	3.0792	1.98	35143015
11	111	14.00	3.0792	1.98	35143015
12	112	14.00	3.0792	1.98	35143015
13	113	14.00	3.0777	1.98	35143015
14	114	14.00	3.0777	1.98	35143015
15	115	14.00	3.0777	1.98	35143015
16	116	14.00	3.0777	1.98	35143015

2.3 D类干粉灭火系统喷头布粉性能测试

D类干粉灭火剂喷洒的均匀性是决定保护区内无死角灭火的首要条件,因此首选需要确保系统所有喷头的灭火剂喷洒均匀,是灭火实验开始的前提条件。

测试喷头的布粉性能,根据 GB16668 内对于布粉要求的条款,模型设计如下:



注: A01~A08 为集粉盒, 用于收集测试不同位置的干粉喷洒量

3. 镁火实验

镁的特性

镁具有比较强的还原性，能与沸水反应放出氢气，燃烧时能产生眩目的白光。

试验材料按照大纲要求准备如下：



镁的引燃办法：



引燃法一：柴油盘依燃



引燃法二：木刹加柴油大火烧

结论：镁火的引燃，采用以上两种方法都无法使镁屑燃烧起来

先取少量 4 份试验品，用氧气乙炔焊枪引燃的办法测试，看是否能取得较好的燃烧效果。



测试方法

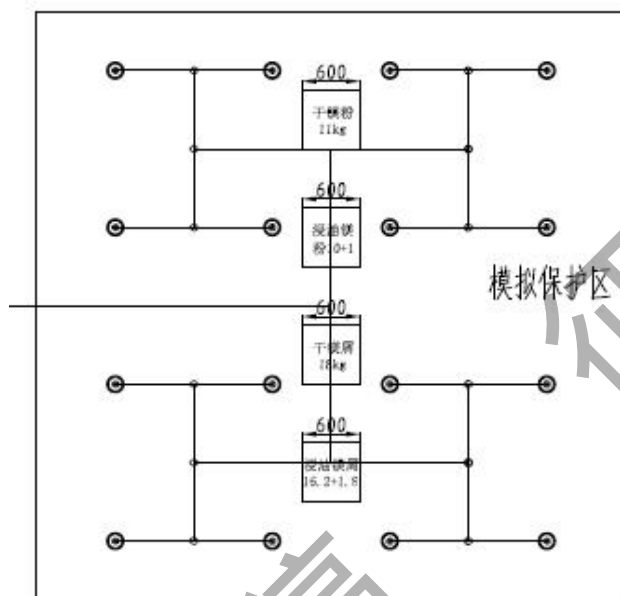
引燃盘：3~5kg 镁屑

引燃法三：采用氧气乙炔焊枪直接引燃镁屑，可以取得很好的燃烧效果。然后再用引燃的少量镁屑再去引燃钢盘内的试验品。

试验方法：

首先需将盛放燃料的钢盘置于保护区内，待引燃盘内镁屑燃烧后，分撒于四个钢盘内，用于引燃试验灭火用燃烧盘。引燃物进入各钢盘后，需要搅拌，待燃烧起来后，才能符合试验条件，试验人员撤离保护区。

- 灭镁火试验仪器、设备、燃料：
- 1、PLA1000干粉灭火系统，充装D类干粉800kg；
 - 2、干镁粉，含量不小于99.5%，10kg；
 - 3、浸油镁粉，10kg干镁粉+1kg切削油；
 - 4、干镁屑，含量不小于99.5%，18kg；
 - 5、浸油镁屑，16.2干镁屑+1.8kg切削油；
 - 6、边长600mm、高度300mm钢盘三套，壁厚3mm；
 - 7、秒表一块，分度值0.1s。



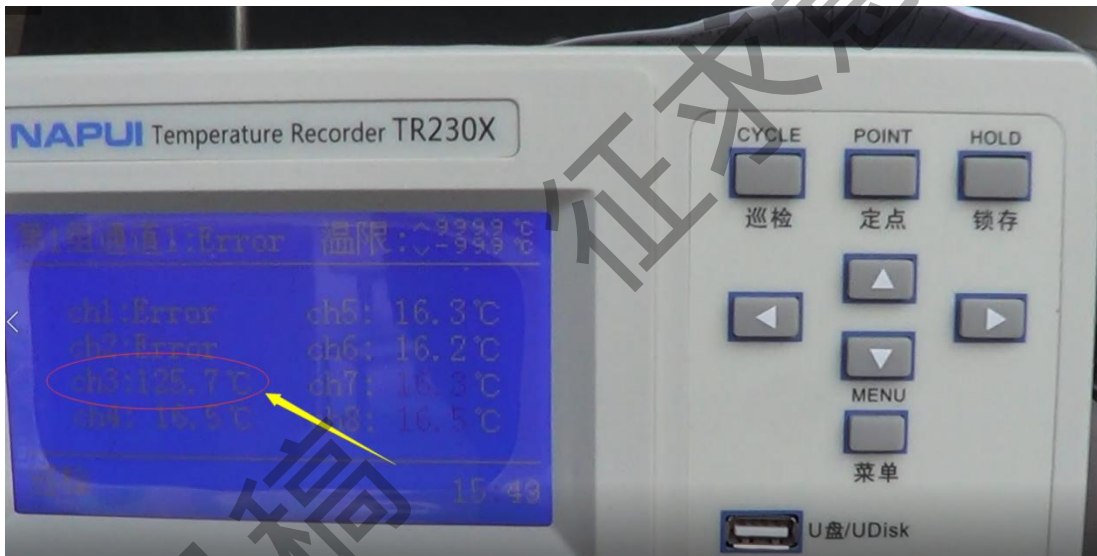
燃烧盘布置图



四个试验盘均已燃烧到位



D类干粉系统启动灭火



温度测试仪显示温度

试验总结:

从灭火视频中可以看出: 0:19:03 D类系统启动开始喷放, 0:22:58 时刻时, 历时 3 分 01 秒, 从数字式温度显示仪读数: 燃烧盘温度已经由灭火初的 526℃ 下降到 125.7℃。

待燃烧盘完全冷却后, 试验产物如下图:



4. 钠火实验

钠的特性：

银白色立方体结构金属。新切面有银白色光泽，在空气中氧化转变为暗灰色。质软而轻，密度比水小，在 -20°C 时变硬，遇水剧烈反应，生成氢氧化钠和氢气并产生大量热量而自燃或爆炸。在空气中，燃烧时发亮黄色火焰。

试验材料按照大纲要求准备如下：



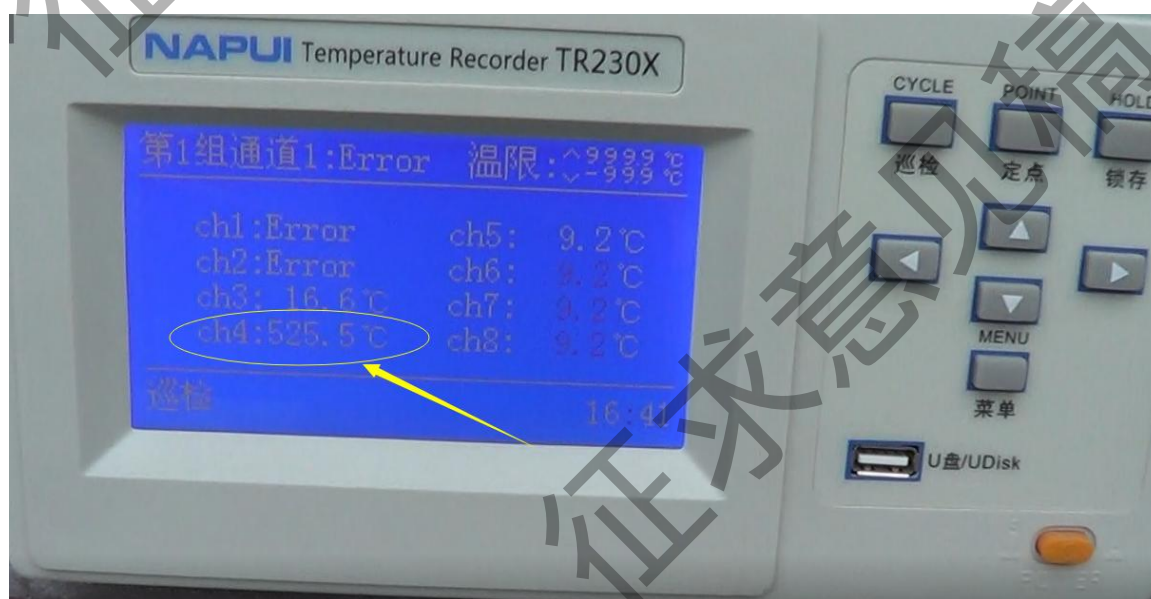
钠的引燃办法：



测试：少量钠加热，在钢盘下用氧气乙炔焊枪加热，钠熔化开始燃烧



引燃方法：由于汽油购买受限，采用木屑燃烧加热的办法，同时加热三个试验盘
温度传感器从试验盘盖孔插入盘内，测试内部温度。



试验方法：

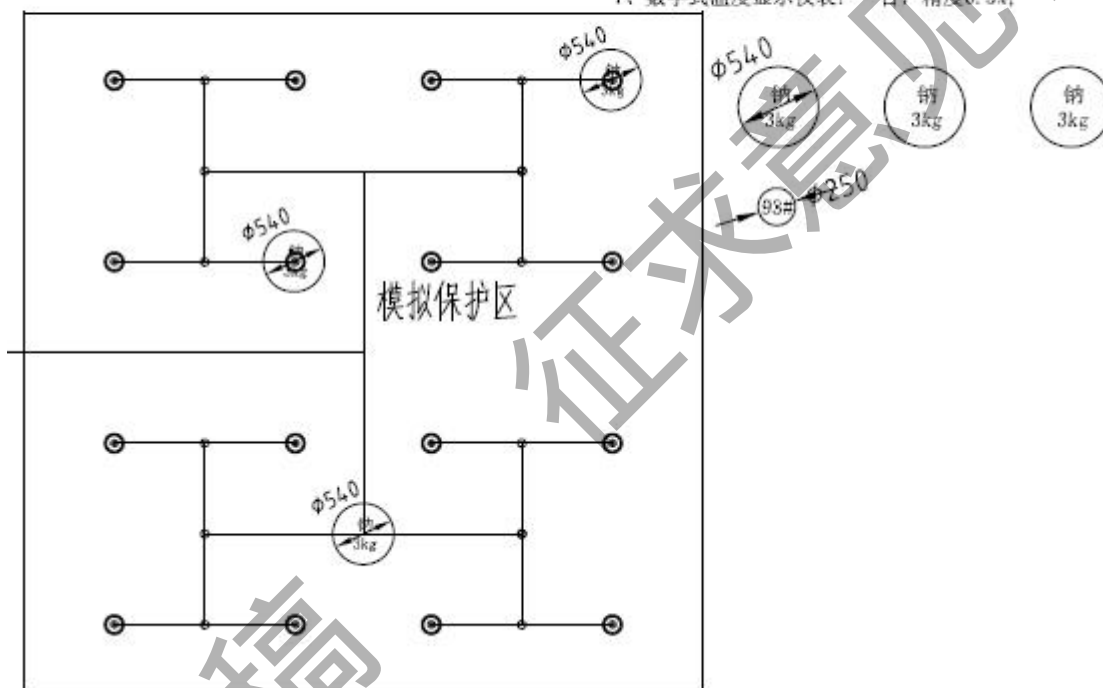
首先需将燃烧盘引燃前置于保护区外，用木屑燃烧加热至试验盘内温度达到 525.5℃。
此时盘内钠已经完全熔化并开始燃烧。



依次将已经加热到位的试验钢盘从托架上转移至保护区内水平地面上,按照钠火试验钢盘布置图布置到位。

灭钠火试验仪器、设备、燃料:

- 1、PLA1000干粉灭火系统, 充装D类干粉700kg;
- 2、金属钠, 商业级, 含量不小于99.6%; 共9kg, 均分3份;
- 3、直径540mm钢盘三套, 壁厚3mm, 配盖子, 钢盘托架高度300mm
- 4、秒表一块; 分度值0.1s;
- 5、引燃盘一个: 直径250mm, 高250mm; 2L 93#汽油;
- 6、铠装热电偶若干: K型, 外径3mm, 精度1.1级;
- 7、数字式温度显示仪表: 一台, 精度0.5%;





燃烧钢盘摆放到位



开盖后金属钠开始燃烧



二十试验钢盘内金属钠全部燃烧



金属钠燃烧盘内温度已达 621.5°C



启动D类干粉灭火系统开始灭火

试验总结:

从灭火视频中可以看出: 0:12:13 D类系统启动开始喷放, 0:14:17时刻, 历时2分04秒, 从数字式温度显示仪读数: 燃烧盘温度已经由灭火初的621.5℃下降到70.6℃, 0:23:04时刻, 温度显示仪读数75.3℃, 0:26:36时刻, 温度显示仪读数63.0℃。

待燃烧盘完全冷却后, 试验产物如下图:



5. 三乙基铝火实验

三乙基铝特性:

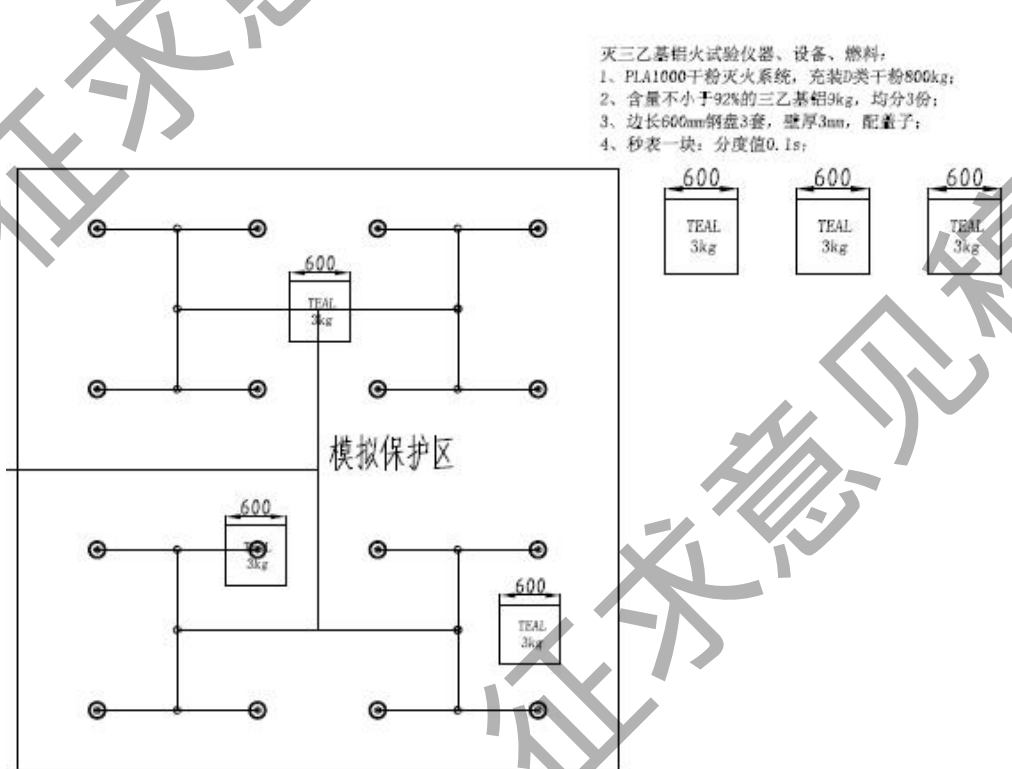
它是一种无色透明液体, 在浓度高于12% (wt) 时自燃, 与空气接触着火, 遇水强烈燃烧, 并生成一种带刺激性气味的氧化物, 此气体对人的气管和肺部均有不良影响, 另外若人体与之接触会导致严重烧伤。具有强烈霉烂气味, 熔点: -52.5°C , 沸点: $186^{\circ}\text{C}/101.3\text{kPa}$, 闪点: $<-52^{\circ}\text{C}$, 引燃温度 $<-52^{\circ}\text{C}$ 。其化学性质活泼, 与氧反应剧烈, 在空气中能自燃,

遇水爆炸分解成氢氧化铝和乙烷，与酸、卤素、醇、胺类接触发生剧烈反应，对人体有灼伤作用，热稳定性差，属一级自燃物品。

试验材料按照大纲要求准备如下：



按照三乙基铝火灾试验布置图布置钢盘如下图：





采用单个钢盘试验，释放 3KG 三乙基铝，三乙基铝遇空气即自燃

启动 D 类干粉灭火系统，开始灭火



试验总结：

从灭火视频中可以看出：0:05:42 D 类系统启动开始喷放；0:19:04 时刻，从保护区外观测，燃烧盘内仍有少量明火；0:25:14 时刻，对着火处均匀补充少量 D 类干粉，三乙基铝火完全被扑灭。

按照大纲要求，三乙基铝灭火模型可能有些问题，试验钢盘的尺寸偏小。由于三乙基铝为可流动性的液体，在固定面积的容器内，3kg 三乙基铝的厚度直接影响 D 类干粉灭火剂的需求量。即：在同样的灭火剂量的情况下，无法完全扑灭厚度偏大的三乙基铝。

注：大纲与 XF979 灭火实验模型差别太大，本人认为应以现有标准 XF979 模型为依据去制定新标准 GB16668 系统灭火模型。

试验完后产物如下图：



按照 XF979 标准中对于三乙基铝火灾灭火试验模型的描述：

6.10.3.2 试验步骤

6.10.3.2.1 试验温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $30\%\sim 60\%$ ，风速不大于 3 m/s ，无雨雪。

6.10.3.2.2 在灭火器中装入 18 kg D类干粉灭火剂试样，并充压至 1.2 MPa 。

6.10.3.2.3 将正方形钢盘置于水平地面上，并盖好盖子。在钢盘中加入 3 kg 三乙基铝，打开钢盘上的盖子，三乙基铝自燃，自燃时间达到 10 s 时开始灭火。灭火时控制灭火器阀门使试样以适当流量尽可能落在钢盘中，并且不能使燃料喷溅到钢盘之外的地方。

6.10.3.2.4 灭火剂喷射结束后，保持钢盘静置 30 min 。

大纲中释放 3 KG 三乙基铝燃料钢盘的尺寸应进行再次修订。

6. 实验总结

北京美力马消防设备有限公司作为国内进口 D 类干粉灭火剂的生产商（隶属于德国 MINIMAX 集团公司），对于 D 类干粉剂在 D 类金属及其金属化合物类火灾领域的研究处于领先地位。D 类灭火系统及部件性能要求经过多年的生产实践，也得到了国内各大用户的认可。

D 类干粉灭火系统的灭火性能要求，主要取决于 D 类干粉灭火剂的灭火效能以及干粉喷嘴的布粉性能。本报告中详细描述了镁火、钠火的灭火模型、燃烧方法、预燃时间等以及具体的灭火试验方法。对于大纲中设计的三乙基铝火灾模型也进行了验证，总结出了对应的试验结论。

由于北京及周边区域环保检查的力度很大，试验中也有未完成的测试事项：

- 1、灭火模型管道末端喷嘴压力用 MX 专有计算软件算出，计算出的末端压力以生产试验经验数值为参考，最小压力约 3bar。此压力值未经过试验验证，后续需要在喷头末端增加压力传感器测试出喷头处压力。
- 2、镁火、钠火以及三乙基铝火，三种火灾的性质存在很大的不同点，固体金属火灾与液体金属化合物火灾的性质不同，不应采取通用的灭火模型来对待。固体火灾更易于扑灭，而流淌火灾应根据实际试验情况制定模型，来实现灭火要求。
- 3、根据 XF979 标准，设计符合标准的三乙基铝火灾灭火模型，包括：试验盘尺寸、三乙基铝试验用量、灭火等待时间等。再进行验证，以得到具体试验数据。