

常规兵器工业安全技术事故资料丛书

# 黑火药及导火索

国防工业出版社

常规兵器工业安全技术事故资料丛书

# 黑火药及导火索

钱 森 元

王德才 赵发耀 郭景明

于立义 舒之该 杨菊花

等 编

938.1—10

国防工业出版社

10001

## 内 容 简 介

本书分两篇。第一篇介绍了黑火药及导火索生产中发生的52起重大技安事故的经过、概况、原因分析、经验教训和防范措施等资料。第二篇将生产、使用黑火药及导火索安技工作需要的有关技术资料，其中包括生产用的原材料和成品的性质、主要技术标准；黑火药的燃烧和爆炸性质，及其影响因素；燃烧和爆炸机理；以及国内、外黑火药研究工作者的研究数据和图表等作了较系统的介绍。

本书可供有关黑火药和导火索的生产、科研、使用、教学等单位的有关人员特别是安技工作人员使用。

常规兵器工业安全技术事故资料丛书

### 黑火药及导火索

\*

钱 森 元

王德才 赵发耀 郭景明

于立义 舒之该 杨菊花

等 编

\*

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张8<sup>9</sup>/<sub>16</sub> 插页2 180千字

1983年6月第一版 1983年6月第一次印刷 印数：0,001—1,500册

统一书号：N15034·2458 定价：2.00元

## 前 言

为总结常规兵器工业（以下简称“本工业”）生产中安全技术事故的经验教训，使本工业生产建立在更加安全、科学的基础上，1977年7月五机部安全生产会议确定编写《常规兵器工业安全技术事故资料丛书》（以下简称《丛书》），供有关方面的生产、科研、设计和教学人员参考使用。

《丛书》编入了自建国初期至1977年底在“本工业”生产中发生的死亡、重伤、多人<sup>●</sup>、火灾、爆炸和重大未遂<sup>●</sup>等六类事故资料。它系统地总结了“本工业”生产中血的教训，是十分宝贵的技术资料。为征集事故原始资料，动员了“本工业”各企、事业单位。在编写《丛书》过程中，参加编写的工程技术人员又对事故原始资料做了必要的调查和技术处理，并按照统一格式重新编写。

《丛书》按“本工业”技术工作的特点分为《单质炸药》、《起爆药》、《硝化棉》、《硝化甘油》、《单基药》、《双基药》、《火工品》、《引信》、《黑火药及导火索》、《炮弹》、《爆破器材》、《靶场》、《硝铵炸药》、《烟火药》、《枪弹》、《焊接》、《火灾》、《电气》、《机械加工》、《动力站》、《铸冶》、《起重运输》等22个分册。各分册除有事故资料外，还按相应的产品

● 参见《劳动保护文件选编》 1980 工人出版社。

● 参见五机部《常规兵器工业安全技术事故管理办法》。

或工艺编写了安全技术资料。

《丛书》具有工具书的性质，并着重从技术方面描述每一起事故的概况、经过、技术原因、经验教训和防范措施。多数事故资料中还附有图纸、照片和模拟试验数据，力求较准确地反映出事故的技术状态，而不多做理论性的论述。

《黑火药及导火索》分册记载了黑火药及导火索在生产、运输和销毁等方面发生的安全技术事故 53 起。还对有些事故进行了专题模拟试验以论证事故原因分析的正确性。本分册的安全技术资料扼要地介绍了黑火药、导火索及其原材料的性质和燃烧理论，以及生产、贮存和销毁黑火药与导火索中的主要安全技术要求，为防止再发生上述同类事故而提供技术依据并分析其原因(如已发生)。

本分册的事故资料是有关单位提供的。参加编写本分册组稿和审稿工作的有薛爱群、王晚春、杨连生、刘丰、陶其恒、周振华、罗隆鑫、武殿奎、李凤柱、李玉钧等，特在此向有关单位和个人深致谢意。

由于我们对有关黑火药和导火索的实践经验和理论知识都很缺乏，在书中就难免存在缺点和错误，希读者指正。

编者

# 目 录

## 第一篇 事故资料

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 黑火药生产中的事故资料 .....   | 1  |
| § 1 原材料加工 .....         | 1  |
| 1 硫磺精制工房着火 .....        | 1  |
| 2 20公斤三料粉爆燃 .....       | 2  |
| 3 炭化炉炭化气体着火 .....       | 3  |
| § 2 配料混合 .....          | 5  |
| 4 二料混合机中带有的三料粉着火 .....  | 5  |
| 5 20公斤黑火药爆炸 .....       | 6  |
| 6 220公斤三料粉爆炸 .....      | 7  |
| 7 三料工房焊接加工时引爆三料粉 .....  | 10 |
| 8 三料工房三料粉未遂爆炸 .....     | 11 |
| 9 400公斤三料粉爆炸 .....      | 12 |
| 10 140公斤三料粉爆炸 .....     | 14 |
| 11 280公斤三料粉爆炸 .....     | 15 |
| 12 200公斤三料粉爆炸 .....     | 16 |
| 13 400公斤三料粉爆炸 .....     | 17 |
| 14 85公斤三料粉爆炸 .....      | 19 |
| 15 碾药爆炸引燃300吨硝酸炸药 ..... | 19 |
| 16 450公斤黑火药燃烧 .....     | 22 |
| 17 150公斤三料粉爆炸 .....     | 23 |
| 18 75公斤三料粉爆炸 .....      | 25 |
| 19 700公斤黑火药爆炸 .....     | 25 |
| 20 1500公斤三料粉爆炸 .....    | 30 |
| 21 250公斤三料粉爆炸 .....     | 31 |
| § 3 压药成型 .....          | 34 |
| 22 700公斤三料粉爆炸 .....     | 34 |

## VI

|                        |                     |    |
|------------------------|---------------------|----|
| 23                     | 140公斤黑火药爆炸          | 36 |
| 24                     | 350公斤黑火药爆炸          | 39 |
| 25                     | 120公斤黑火药爆炸          | 42 |
| 26                     | 110公斤黑火药爆炸          | 43 |
| 27                     | 150公斤黑火药爆炸          | 45 |
| 28                     | 200公斤黑火药爆炸          | 48 |
| 29                     | 100公斤黑火药燃烧          | 50 |
| § 4                    | 运输、销毁及其它            | 51 |
| 30                     | 10公斤三料粉燃烧           | 51 |
| 31                     | 3公斤三料粉着火            | 52 |
| 32                     | 销毁黑火药事故             | 53 |
| 33                     | 15.6公斤小粒黑药爆炸        | 54 |
| 34                     | 黑药柱着火               | 55 |
| 35                     | 150公斤黑火药爆炸          | 55 |
| 36                     | 500公斤三料粉爆炸          | 56 |
| <b>第二章 导火索生产中的事故资料</b> |                     | 58 |
| 37                     | 100公斤三料粉爆炸(一)       | 58 |
| 38                     | 25公斤三料粉爆炸(二)        | 59 |
| 39                     | 100公斤三料粉爆炸(三)       | 61 |
| 40                     | 制索机上的药料着火           | 62 |
| 41                     | 制导火索工房外废品堆起火        | 63 |
| 42                     | 制索机上浮药着火            | 63 |
| 43                     | 制索机离合器擦燃药粉          | 64 |
| 44                     | 制索工房内电火花引燃浮药成灾      | 65 |
| 45                     | 棉纱缠在制索机的电机轴上着火引燃浮药  | 66 |
| 46                     | 制索机电路短路电弧引燃浮药       | 68 |
| 47                     | 制索机浮药着火             | 69 |
| 48                     | 制索机上的浮药着火           | 72 |
| 49                     | 制索工房内试导火索燃速引起火灾     | 73 |
| 50                     | 制索工房施工(用铁钎凿地)引燃浮药   | 75 |
| 51                     | 在制索工房内带电作业(修电机)引燃浮药 | 76 |
| 52                     | 制索工房棉线缠轴引燃浮药        | 77 |
| 53                     | 制索工房电源线短路引燃浮药       | 78 |
| 附: 其它事故综合统计表           |                     | 79 |

## 第二篇 技术资料

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第一章 原材料的危险性 .....             | 83  |
| § 1 硝酸钾 .....                 | 83  |
| § 2 硫 .....                   | 89  |
| § 3 木炭 .....                  | 93  |
| 第二章 黑火药的性能 .....              | 106 |
| § 1 概述 .....                  | 106 |
| § 2 技术要求 .....                | 111 |
| § 3 黑火药的物理性质 .....            | 114 |
| § 4 黑火药的爆发性性质 .....           | 127 |
| § 5 黑火药的燃烧性质 .....            | 142 |
| § 6 黑火药的感度 .....              | 173 |
| § 7 热着火机理及影响因素 .....          | 190 |
| § 8 强制点火机理及影响因素 .....         | 196 |
| § 9 炸药在机械作用下的爆炸机理——热点理论 ..... | 200 |
| § 10 黑火药的静电及影响因素 .....        | 203 |
| 第三章 黑火药生产中的安全技术 .....         | 217 |
| § 1 概述 .....                  | 217 |
| § 2 原材料加工 .....               | 221 |
| § 3 粉碎混合 .....                | 226 |
| § 4 压药成型 .....                | 231 |
| § 5 药粒的后加工 .....              | 236 |
| § 6 黑火药的贮存及销毁 .....           | 240 |
| 第四章 导火索 .....                 | 243 |
| § 1 概述 .....                  | 243 |
| § 2 导火索的技术要求 .....            | 245 |
| § 3 导火索用黑火药 .....             | 247 |



# VIII

|            |                       |     |
|------------|-----------------------|-----|
| § 4        | 导火索的基本性质与影响因素 .....   | 248 |
| § 5        | 导火索的生产和安全 .....       | 257 |
| 附录一        | 国外黑火药储存中爆炸事故一览表 ..... | 261 |
| 附录二        | 一些常用炸药的能量示性数 .....    | 264 |
| 附录三        | 仓库危险品分组存放规定 .....     | 264 |
| 参考文献 ..... |                       | 266 |
| 361        | ..... 国外黑火药储存中爆炸事故一览表 | 261 |
| 362        | ..... 一些常用炸药的能量示性数    | 264 |
| 363        | ..... 仓库危险品分组存放规定     | 264 |
| 364        | .....                 |     |
| 365        | .....                 |     |
| 366        | .....                 |     |
| 367        | .....                 |     |
| 368        | .....                 |     |
| 369        | .....                 |     |
| 370        | .....                 |     |
| 371        | .....                 |     |
| 372        | .....                 |     |
| 373        | .....                 |     |
| 374        | .....                 |     |
| 375        | .....                 |     |
| 376        | .....                 |     |
| 377        | .....                 |     |
| 378        | .....                 |     |
| 379        | .....                 |     |
| 380        | .....                 |     |
| 381        | .....                 |     |
| 382        | .....                 |     |
| 383        | .....                 |     |
| 384        | .....                 |     |
| 385        | .....                 |     |
| 386        | .....                 |     |
| 387        | .....                 |     |
| 388        | .....                 |     |
| 389        | .....                 |     |
| 390        | .....                 |     |
| 391        | .....                 |     |
| 392        | .....                 |     |
| 393        | .....                 |     |
| 394        | .....                 |     |
| 395        | .....                 |     |
| 396        | .....                 |     |
| 397        | .....                 |     |
| 398        | .....                 |     |
| 399        | .....                 |     |
| 400        | .....                 |     |
| 401        | .....                 |     |
| 402        | .....                 |     |
| 403        | .....                 |     |
| 404        | .....                 |     |
| 405        | .....                 |     |
| 406        | .....                 |     |
| 407        | .....                 |     |
| 408        | .....                 |     |
| 409        | .....                 |     |
| 410        | .....                 |     |
| 411        | .....                 |     |
| 412        | .....                 |     |
| 413        | .....                 |     |
| 414        | .....                 |     |
| 415        | .....                 |     |
| 416        | .....                 |     |
| 417        | .....                 |     |
| 418        | .....                 |     |
| 419        | .....                 |     |
| 420        | .....                 |     |
| 421        | .....                 |     |
| 422        | .....                 |     |
| 423        | .....                 |     |
| 424        | .....                 |     |
| 425        | .....                 |     |
| 426        | .....                 |     |
| 427        | .....                 |     |
| 428        | .....                 |     |
| 429        | .....                 |     |
| 430        | .....                 |     |
| 431        | .....                 |     |
| 432        | .....                 |     |
| 433        | .....                 |     |
| 434        | .....                 |     |
| 435        | .....                 |     |
| 436        | .....                 |     |
| 437        | .....                 |     |
| 438        | .....                 |     |
| 439        | .....                 |     |
| 440        | .....                 |     |
| 441        | .....                 |     |
| 442        | .....                 |     |
| 443        | .....                 |     |
| 444        | .....                 |     |
| 445        | .....                 |     |
| 446        | .....                 |     |
| 447        | .....                 |     |
| 448        | .....                 |     |
| 449        | .....                 |     |
| 450        | .....                 |     |
| 451        | .....                 |     |
| 452        | .....                 |     |
| 453        | .....                 |     |
| 454        | .....                 |     |
| 455        | .....                 |     |
| 456        | .....                 |     |
| 457        | .....                 |     |
| 458        | .....                 |     |
| 459        | .....                 |     |
| 460        | .....                 |     |
| 461        | .....                 |     |
| 462        | .....                 |     |
| 463        | .....                 |     |
| 464        | .....                 |     |
| 465        | .....                 |     |
| 466        | .....                 |     |
| 467        | .....                 |     |
| 468        | .....                 |     |
| 469        | .....                 |     |
| 470        | .....                 |     |
| 471        | .....                 |     |
| 472        | .....                 |     |
| 473        | .....                 |     |
| 474        | .....                 |     |
| 475        | .....                 |     |
| 476        | .....                 |     |
| 477        | .....                 |     |
| 478        | .....                 |     |
| 479        | .....                 |     |
| 480        | .....                 |     |
| 481        | .....                 |     |
| 482        | .....                 |     |
| 483        | .....                 |     |
| 484        | .....                 |     |
| 485        | .....                 |     |
| 486        | .....                 |     |
| 487        | .....                 |     |
| 488        | .....                 |     |
| 489        | .....                 |     |
| 490        | .....                 |     |
| 491        | .....                 |     |
| 492        | .....                 |     |
| 493        | .....                 |     |
| 494        | .....                 |     |
| 495        | .....                 |     |
| 496        | .....                 |     |
| 497        | .....                 |     |
| 498        | .....                 |     |
| 499        | .....                 |     |
| 500        | .....                 |     |

# 第一篇 事故资料

## 第一章 黑火药生产中的事故资料

### § 1 原材料加工

#### 1 硫磺精制工房着火

发生事故时间 1971年7月24日13时

发生事故地点 黑火药车间精硫工房

事故性质 责任事故

事故类别 火灾

#### 事故经过及概况

黑火药生产车间硫磺精制工房生产工人甲和乙在12时30分出料时，发现硫磺凝固，堵塞出料口，甲就用酒精灯烧出料口，使硫磺熔化，出料。出料毕，甲、乙即离去。13时，附近工人发现该工房内火光闪烁、烟雾弥漫，立即用水和砂土将火扑灭。因抢救及时，仅烧毁盛硫磺用的空麻袋30个。

#### 原因分析

精硫磺出料口距地面仅半米。出料口下堆放着装过硫磺的空麻袋。用酒精灯烧熔的硫磺滴于麻袋上。酒精灯的火焰温度常认为可达1000℃。此硫磺液滴的温度很可能超过硫的熔点(114.5℃)很多。此高温硫滴就可能灼焦麻袋，久之转为燃烧成灾。或者是硫滴的温度已达燃点(230℃)，当它落于

麻袋上与空气相作用而自燃，灼焦麻袋，进而麻袋燃烧成灾。

### 经验教训及防范措施

平时应注意防止硫磺堵出料口，堵口后应用蒸汽融化。精制硫磺工房内亦应经常清除净杂物、余料、特别是易燃物、料等。

## 2 20公斤三料粉爆燃

发生事故时间 1977年1月27日  
 发生事故地点 黑火药车间粉硝工房  
 事故性质 责任事故  
 事故类别 火灾  
 伤亡人数 重伤2人，轻伤3人

### 事故经过及概况

晚9时许，5名工人在粉硝工房内检修电机，试车时发现运转方向不对，需重改线路。工人甲搬来一空箱让乙站在空箱上操作。此时，他随手扔的烟头引燃地面上的浮药。他随即拿起盛过三料粉（亦称为黑火药粉）的空袋扑打火苗。空袋立即着火并引燃地面堆放的60多条盛装过三料粉的空袋，且有爆声。在场的5名工人不同程度受到烧伤，其中2名重伤、3名轻伤。共燃爆三料粉约20公斤。

### 原因分析

装过三料粉的空口袋内、外都沾有药粉，每条口袋约沾有0.3~0.4公斤（三料粉）。此种口袋随意堆放在粉硝工房内，其上的药粉就撒落在地。因三料粉极易着火，遇带火焰头就被引燃。再用此沾有三料粉的口袋扑火，致造成火灾扩大，烧伤人员。

### 经验教训和防范措施

- (1) 黑火药生产区严禁带入烟火。
- (2) 检修工作进行之前，要清理干净室内残存浮药。
- (3) 不得将黑火药粉带入粉硝工房内。
- (4) 发生火灾时不应用装过易燃药粉的口袋扑火。
- (5) 室内应配备消防灭火器材。
- (6) 装过黑药的袋子未经钝感处理前应按易燃品管理，不应任意放置。
- (7) 黑药粉是极易着火的物料，因此在制造黑药及制黑药制品的工房内的浮药必须随时清除或“钝化”处理。

### 3 炭化炉炭化气体着火

发生事故时间 1965年12月16日

发生事故地点 黑火药车间炭化炉

事故性质 责任事故

事故类别 火灾

#### 事故经过及概况

黑火药车间制炭工序采用烧木柴的炭化炉制取木炭。生产工人于15日22时下班前将炉膛内快燃尽的木柴熄灭。16日零时警卫人员突然发现该工房外的烟囱上有2米多高的火焰，随即报警。救火人员赶到现场后，恐将木焦油池内木焦油引燃，就未用水扑灭，仅留人监视现场。凌晨2时许，火焰自动熄灭。炭化桶内木炭正常。着火现场详见图1-1。

#### 原因分析

木材炭化过程中，由于木纤维素的分解，会释放出大量有机挥发物质。其中高沸点的有机物作为木焦油沉淀在木焦

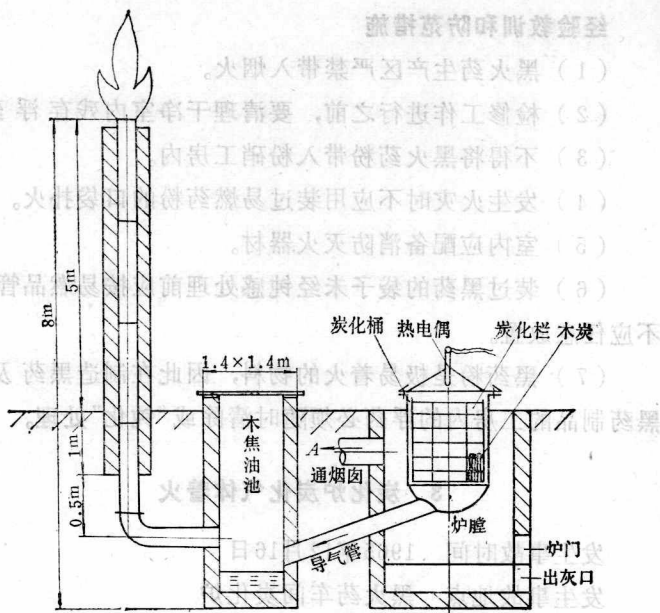


图1-1 炭化气体着火场所示意图

注：烟道A通另一烟囱排空。

油池内。而低沸点的有机物和一氧化碳、二氧化碳、氢气、甲烷等作为气体由烟囱向大气排放。这部分气体中可燃气体约占35%左右。实验证明，这种混合气体很容易被明火点燃。而且燃烧2小时后会自行熄灭。但在制炭的条件下，本无明火与其挥发物相遇，就不会燃烧。

经现场检查，炭化炉及工房均很正常。烟囱出口离地面4米，而制炭工房离锅炉房很远，故可排除外部火源。经分析造成本次事故的直接原因是炭化炉导气管与炉壁连接处有裂缝，生产工人下班前又未将底火彻底熄灭，火苗由炉膛内的

裂缝窜入导气管内，此时炉内温度仍在 300°C 以上，炉内木材继续在分解，不断释放可燃的混合气体。火苗引燃了可燃气体，然后在烟囱上形成 2 米多高的火焰。木焦油池内的木焦油由于燃点高，水份含量大以及氧气不足就未被引燃。

### 经验教训及防范措施

(1) 定期检查，修理炭化设备，以及清理导气管与木焦油池。

(2) 可采用目前广泛使用的电炭化炉代换木柴炭化炉炭化木材。

(3) 试验利用和回收炭化气体，在未回收之前要进行处理，以防污染大气和发生类似事故。

## § 2 配料混合

### 4 二料混合机中自带的三料粉着火

发生事故时间 1960年某月

发生事故地点 黑火药车间二料混合工房

事故性质 责任事故

事故类别 火灾

伤亡人数 轻伤 1 人

#### 事故经过及概况

黑火药车间二料混合工序生产工人在清理完二料混合机后，将铜球投入机内。在投球过程中突然发生着火，火焰扑出机口将工人的手及脸部烧伤，盛铜球的帆布口袋也被烧坏。因当时室内已进行过清理，未造成火灾蔓延。

#### 原因分析

盛铜球用的二料粉帆布口袋沾有三料粉。在向二料混合

机内投铜球时，将口袋上沾的三料粉抖落在二料混合机内（或铜球也沾有三料粉），由于铜球撞击三料粉致燃爆。（因二料混合机为直径1500毫米的铁制滚桶，铜球为直径25毫米黄铜所制。无论铜球与铜球接触还是铜球与铁制滚桶接触，其接触处均为点接触，接触点的撞击能量都比三料粉所需冲击发火能量大）。

### 经验教训及防范措施

（1）三料粉绝对不可带入二料工序，应从工具设计和工艺规程方面保证。

（2）三料混合工序在操作中应注意不要将二料粉口袋随意堆放，以免沾有三料粉。若沾有三料粉时，应在进入二料混合工序前清理干净。

（3）二料粉口袋与三料粉口袋应有明显标志，不得互相代用。

## 5 20公斤黑火药爆炸

发生事故时间 1970年4月2日14时10分

发生事故地点 黑火药车间二料混合工房

事故性质 责任事故

事故类别 火药爆炸

### 事故经过及概况

4月2日13时，两名生产工人将外厂送来的20公斤需粉碎的粒状黑火药投入二料混合机内加工。开机后，人员进入安全区内，约2~3分钟后发生了爆炸。二料混合机被炸坏，机动筛及传动部件全炸毁，减速器亦受损坏，屋顶倒塌，工房四壁全倒塌，瓦片等杂物有的飞至50米处。

## 原因分析

黑火药药粒粉碎应在造粒机进行，不应该在二料混合机内加工。因为二料混合机是由铁板制成，内装铜球，其加工是借助铜球与铁壁撞击将木炭和硫磺粉碎并混合。而黑火药在这样的机械作用下会着火和爆炸的（见黑火药的感度部分）。所以本次事故是使用设备不当（黑火药投入铁制的二料混合机内）造成的。

## 经验教训及防范措施

在工艺设计中，选择加工设备时，不但考虑其加工的产品质量和工效符合要求，还要注意加工过程的安全要求。特别是火、化工作业更应如此，切不可凑合利用设备。若不得已必须采用有可能发生技安事故的设备，除非另有防范措施才能使用该设备。本次事故的起因就是如此，应引以为戒。

## 6 220公斤三料粉爆炸

|        |                 |
|--------|-----------------|
| 发生事故时间 | 1974年3月24日8时16分 |
| 发生事故地点 | 黑火药车间三料混合工房     |
| 事故性质   | 责任事故            |
| 事故类别   | 火药爆炸            |
| 伤亡人数   | 死亡1人            |

### 事故概况

爆炸使工房全部倒塌，三料混合机全被炸毁，80余公斤重的 $\phi 90 \times 1700$ 毫米的机轴飞落于南面15米的山沟中，约重5公斤的铜筛网飞落于东南124米的山坡上，另一个铜筛网飞落在东偏南105米的山坡上。滚筒被炸碎飞落在40~100米范围内。水泥机座被破坏。动力间传动装置炸毁。滚筒中木



球被炸飞,其最远者达 500 米。约 60 公斤的运输车被掀翻推向西 13 米的山岗上。磅称和其它工具炸飞落到工房前西面山岗上。48 平方米的工房全部被炸毁。砖瓦、石块、石棉瓦被炸成形状不同的小块飞落四周,其中最远者达 500 米。10 公斤左右的木檩条炸飞落于西面 250 米的山坡上。工房避雷器上部炸弯。输电线路被炸断。工房周围树木烧焦。生产工人已炸飞至东南 124 米山坡上,当场死亡。周围工房等建筑物受到不同程度的破坏。位于三料混合工房东北向的休息室的玻璃全部震碎。位于其西北向 35 米处的二料混合工房的玻璃部分震碎,屋盖被砸一孔洞。位于炸点东向 50 米处的 2 号三料混合工房的部分玻璃震碎。距其 200 米的车间办公室的玻璃部分震碎。见图 1-2。

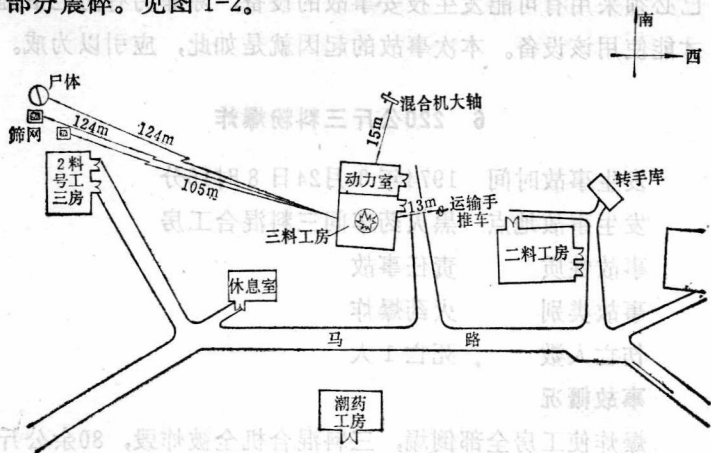


图1-2 三料混合工房爆炸现场示意图

注:各工房均有自然防爆土围。

### 事故经过

3月24日晨4时,生产工人甲到三料混合工房装、卸