

爆炸与防雷

叶子华 编著



西安地图出版社

爆炸与防雷

叶子华 编著

西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

爆炸与防雷/叶子华编著, —西安: 西安地图出版社, 2001. 10

ISBN 7—80670—115—X

I. 爆... II. 叶... III. 防雷—技术 IV. P48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 071049 号

爆炸与防雷

叶子华编著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码 710054)

新华书店经销 榆林报社印刷厂印刷

889×1194 毫米 1/32 218 千字 8.72 印张

2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

印数 0001—1000

ISBN7—80670—115—X/P·1

定价: 15.00 元

谨以此书献给祖国各地雹灾
区人民和世界各地雹灾区人民的
防雹事业。

序

崔月德

我和叶子华同志是石湾同乡，又都长期在横山县工作，友情深厚。1995年春，我俩组织了几个石湾老乡编撰石湾镇志，克服了重重困难，苦干了两三年出版了《石湾镇志》，受到社会各界的好评。几十年的相知情谊，老益弥深。他要出版《爆炸与防雹》一书，我深为他高兴和祝贺。不想他却要我写序，这真难为我了，我从来没给别人写过序，就我的才学与身份也不具备写序的资格，给予华兄作序更不敢当。但他抓住我不放，不写不饶我，推托不过，只好从命。

叶子华同志是1948年参加革命工作的老干部。曾任横山县区文书、县委秘书、县农业局副局长、榆林县报副主编等职。他给干部讲过哲学课，当过军分区教导队爆破教员，为创建新中国和社会主义建设及改革开放奋斗了一生，做了自己应该做的工作。在横山，老叶是一位很有名望的人物，有突出而可贵的个性特点。他聪颖好学、兴趣广泛、多才多艺；对党对人民的事业，有强烈的责任感和高度的事业心，特别认真，特别吃苦；乐观自信，不怕困难，敢于斗争，在逆境和坎坷中奋勇前进；活到老、学到老、干到老，不知老之将至，是一个有理想能务实，老有所乐、老有所为的好同志。

叶子华同志仅有小学毕业的文化基础。但凭自己的刻苦学习和勇敢实践，他在工作、写作、科研等方面都取得了可喜的成绩。他工作突出，被评为省青年建设社会主义积极分子。60年代，他曾是横山县委的“笔杆子”，领导作的重要工作报告，很多出自他手。他不仅能写报告、写总结，而且写小说、编镇志，发表出版受到好评。唱歌、演戏、书法样样都行。70年代战备时期，他大搞土军工武器

的研制试验,受到军分区、省军区的表彰。他们的军工样品由省军区递送至中国人民解放军总后勤部。

横山县是一个冰雹灾害的多发区,广大农民深受其害,苦不堪言。叶子华同志出于对劳动人民的深切关怀,受农民土法防雹的启示,1968年开始研究防雹工作,他从研究防雹器械开始,跋山涉水调查,翻阅各种史料,寻找冰雹的源地、路径;学习有关冰雹成因和防治的科学知识及基础理论;研究范围从县内扩大到地区、全省以至全国,并涉及到世界各地。他在防雹的研究和实践中,不畏国内和国际上一些专家权威的看法,提出了自己独到的理论见解和防治办法,并通过多年的具体实践,证明了他的理论见解是可以站住脚的,他的防雹办法是行之有效的,受到了国内一些专家的支持和肯定。防雹科技是一门还在不断探讨和发展的新兴学科。老叶同志的冰雹理论和防雹办法,当然还要进一步接受实践的检验和专家的论证。但他那种关心民众疾苦,为民除害,刻苦钻研,大胆实践的精神,非常可贵,值得我们广大干部认真学习和大力提倡。

2001年9月15日

(注:崔月德,横山县石湾镇人,曾任横山县委宣传部长、靖边县县长、地委宣传部副部长,兼讲师团团长等职,现任榆林市黄土文化研究会常务副会长等职)。

前 言

冰雹是一种固体降水。

冰雹是地球大气对流层的一种天气现象。宇宙间不论运行到什么年轮,只要有水存在的星球,只要有太阳辐射影响的对流现象的发生,就会有冰雹天气的出现。

冰雹是在强烈的热力和动力对流天气中发生的。由于强烈的对流,把地面或地下的水、水汽,蒸发、运输到高空。达到凝结高度变成云滴,达到露点高度变成雨滴,达到 -20°C 、 -30°C 、 -40°C 乃至 -50°C 的高层,分别变成霰、小冰丸、冰雹,直至结成车轮胎大的大冰块,当对流的上升气流支撑不住时,这些固体水物体便降落到地球表面。

冰雹对人类及生物来说,是一种灾害性天气,它伤害农作物、生物,大冰雹还毁坏农田、房屋、公路、电线等建筑物,直接影响人类的衣食住行。

冰雹灾害从反面给人以智慧,人们要收获、要生存,就要与冰雹灾害作斗争。名曰:防雹。防雹是人为地减轻冰雹灾害的一种方法。

在世界上,农民、科学家、专家、理论工作者、实践操作者,经过数百年与冰雹灾害的斗争,形成两种防雹方法。一种是播散催化剂法,一种是爆炸法(亦称“空腔作用”)。对于爆炸防雹法,世界各地由于在不同的作业条件下作业,一部分人认为爆炸防雹起作用,一部分人认为不起作用。《爆炸与防雹》就是针对这个问题而写的。

作者曾是农村的实际工作者。冰雹给农民带来的灾害,使作者对农民产生了一种同情感,所以致力于防雹理论、冰雹规律、防雹武器的制作研究。对祖国和世界各地多雹区的发雹几率、冰雹危害程度、防雹状况等,从1968年起到现在,进行了20多年的探讨。在

这期间，作者曾考察过内蒙古察哈尔右翼前旗麻迷图、内蒙古气象局；走访了宁夏气象局，石嘴山化工厂；观察了六盘山固原的山形地理；考察过甘肃永登、平凉地区的防雷工作，走访了兰州大气研究所，陕西省气象研究所；调查了陕南、关中、延安、榆林地区一部分县的电线走向、冰雹危害程度及防雷情况。写了不少有关冰雹方面的调查报告，学习笔记及心得论文。

作者在战备时期搞过土军工，造过多种地雷、手榴弹、抢榴弹，防雷多弹头空炸炮，制作过反坦克穿甲弹，穿透钢锭纪录达19厘米。为搞平战结合，还造过电雷管，各种硝铵炸药、火药，各种空炸土炮、土炮弹，以及民用花炮。这为爆炸防雷的实践和研究打好了基础。特别对采用低空多弹头爆炸和地面蘑菇形爆炸结合影响天气，取得好的效果。作者这样搞防雷受到省地农业局，气象局的重视。原陕西省农业厅来信说：“看了你的报告，看到了陕西的防雷水平。”原厅长史子诚来横山，因防雷工作，走访了作者并进行了座谈。原榆林地委书记任国义（现省人大副主任），专员李煥政（现省纪检书记），曾指示横山领导应支持作者研究防雷工作；专员杨在清、郝延寿曾观摩过作者防雷武器的表演，进行了座谈并及时拨款资助。地区科委立项指定作者研究防雷工作。榆林地区农业局、气象局在横山召开防雷现场会，表彰奖励了作者。陕西省气象局气象科学研究所原所长刘天适、韩福琦对作者研究防雷给了很大支持。科学院大气物理研究所党委书记陈宏展，主任黄美元、何珍珍，中央气象局人控办、研究所李纺、朱国森接见过作者，并对防雷事业进行过座谈。陕师大地理系老师杨思植，西农教授毕延光都对作者搞防雷实践和防雷理论研究给予支持。

陕西省方志专家解师曾在他的著作《方志记述论丛》一书中评：“胡乔木同志曾指出：‘有些志书不适当地表现出一种政治色彩，不注意志书是朴实的、严谨的、科学的资料汇集’。《横山县志大事记》中，1963年有一条：‘县境遭雹灾，重灾地区树成光杆，田禾

不见’。1980年又有一条：‘农业局副局长叶子华研制单管和多弹头空炸炮防雹试验成功，县内普遍应用此法防雹，灾情有所减轻。’人们从这个事实中会强烈地感受到，共产党的干部，关心群众，掌握知识为人民谋幸福。《科技志》中更详细地介绍了叶子华深入农村，调查研究，掌握冰雹危害规律，研制空炸炮的艰苦事实更为感人。这一条大事好就好在没有那种‘不适当的政治色彩’。真是此处无声胜有声。”

以上这一切都是作者写这本书稿的精神支柱。

1981年11月15日，世界气象组织人工影响天气小组委员会主席利斯特被邀来中国讲学，在讲学中，他说：“中国爆炸防雹，特别是不带催化剂的高炮声波影响天气，不要搞了，避免浪费。”尽管中国对爆炸防雹有分歧，即一部分从事理论和实践工作的科学家、专家亲眼看到爆炸防雹对雹云天气的影响，所以得出结论是：爆炸防雹起作用；而另一部分从事理论或实践工作的科学家、专家，或者是在高山背风坡进行防雹实践的科学家、专家，由于他们在雹云走向的背风坡作业，雹云在地理条件的被逼下，通过爬高山，即动力的影响在 0°C 以下更高的天空上下滚动的时间增加了，路程增加了，使更多的冰晶、冰丸粘在大雹块上，乃至多个冰雹粘在一起，冰块长得更大。当雹云越过大山，运行到背风坡下风方，上升动力影响趋于零，雹云自然下滑，此时大雹块无势可挡，倾砸而下。在这样的自然条件下，几颗炮弹何能抑制成块的冰雹下降？正如十月怀胎，一朝分娩，非出生不行。还有一条是由于雹源地起雹，且在雹线上降雹时打炮，这就是说：打炮未打到“气候”上、打得迟了，作用当然不会好。以上所说正如任格尔教授在阿尔卑斯山脉南侧的马格其诺防雹一样，结论是爆炸防雹不起作用。过去中国在这样分歧的条件下，爆炸防雹还在进行着，当然在一哄而起的指挥下，不分青红皂白，搞嘛，到处都搞，确实不在该设防雹点的地方设了防雹点，不该放炮的时间放了炮，该放炮的时间却未放炮，搞了好多盲目防

雹，确实也浪费了不少。如此，当利斯特一说，中国爆炸防雹几乎淹没了。但是，饱受雹灾之苦的雹区人民和干部还在搞着。

作者在这样的历史条件下考察了山西的昔阳，内蒙古的昭乌达盟和辽宁、吉林的一部分地方的防雹工作。同时走访了中央气象局气象科学研究所、科学院大气物理研究所，受到这些单位的领导和同志们的支持。由于摄入眼帘里的爆炸防雹实践，坚定了作者对这项事业的信心，爬山涉水，雨淋雹惊，找到局地雹源，在源地上设点搞联防，经过四年的实践效果很好。

为了弘扬祖国传统的爆炸防雹，作者鼓着一股气，从1982年起至1990年用了8年的功夫写成《爆炸与防雹》。在写这本书稿时作者啃研了数学、气象学、云物理学、冰雹概论、空气动力学、动力气象学、流体力学、物理学、爆炸原理、炸药学、声学、分子运动论、自然地理学等书籍，并研读了美国、前苏联、加拿大、肯尼亚、瑞士等世界各地的防雹科研资料。增强了作者对防雹理论知识的认识，开阔了眼界，有了指导思想。

这本书共九章：第一章绪论，主要讲冰雹的地理分布，冰雹灾害的严重性，世界防雹现状，对世界关于爆炸防雹的评述。第二章冰雹概论，主要讲冰雹的物理特征，冰雹的空气动力学原理。第三章冰雹云结构，主要讲冰雹云形成的条件，冰雹云模式。第四章大气的性质，主要讲大气的组成成分，大气中的几种重要气象要素，太阳辐射和大气能量平衡，大气的主要能量形式，大气的可变性、流动性。第五章爆炸作用理论，主要讲爆炸冲击波、爆轰波、空气冲击波。第六章炸药爆炸生成物，主要讲炸药爆炸产物的能量，几种炸药的爆炸计算例。第七章声波，主要讲声波的性质，声压声场中的能量关系，声学边界条件。第八章冲击波与声波的区别，主要讲冲击波衰减到最后才变成声波，爆源与声源不同，爆炸波与声波的振幅强度大小不同。第九章爆炸防雹，主要讲在高空、中空、低空中进行爆炸防雹，低空爆炸对雹云的影响作用，爆炸防雹的效果检

验,低空爆炸防雷中应确实认真对待的几个问题,爆炸防雷模式,低空爆炸防雷是适合我国目前国情的较好防雷形式。

这个书稿写成后,征得科学院大气物理研究所主任、专家黄美元先生的同意,寄送他进行了审阅,并提出了宝贵的意见。黄主任对这本书的评语是:“看了你的书稿,很有感触,你是一个很有毅力,很有事业心的人,做过不少防雷的具体工作,有经验、有想法,坚持 20 多年关心和研究防雷工作,在你所处的环境和个人条件下做到这一点是很不容易的,可以说是难能可贵,而且花了很多心血,编写了近 15 万字的书稿,真是不容易,现在出书多了一个客观条件,即财政条件,出书要自己掏钱。整个书稿先放你那里,会有用的”。这对本书稿的生存给了很大支持。

《爆炸与防雷》旗帜鲜明地表述了爆炸防雷起作用,特别强调低空爆炸防雷起作用,作者的观点是:

一、上升气流在地面以上 300~1000 米之间有个聚能部位,这个部位是雷云形成的“能源库”。低空爆炸对准的就是这个“库”,爆炸引起物理变化,动量改变,使“库”解弱、消失。

二、爆炸后爆点空间随冲击波阵面半径 10 千米范围,有三种物理现象掺混,即上升气流、环境空气、爆炸产物碰并混合汇成一个新的物理世界。

三、空气是连续介质,易流动,可压缩,易变形,爆炸后首先引起周围介质压缩、变形。从分子运动论的观点看,爆心分子让位波前分子压缩密度增大,温度提高,向相当远处传播能量;波后稀疏,分子密度减小,间距增大。冲击波结束,分子又回到原来位置振动。

四、雷源地消雷,电线上防雷。

五、低空爆炸结合地面爆破,是适合高原地区影响雷云的好方法。

以上是本书稿的宗旨。

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 雹暴历史	(1)
1.2 雹灾的严重性	(1)
1.3 冰雹灾害的地理分布	(2)
1.4 降雹的年月季变化及日变化	(4)
1.5 防雹现状	(7)
1.6 从哲学的观点认识爆炸防雹	(8)
1.7 对世界几种关于爆炸防雹的评述	(12)
1.7.1 中国在爆炸防雹方面的成就	(12)
1.7.1.1 爆炸在云雾微物理变化方面的实验研究	(12)
1.7.1.2 爆炸影响垂直气流的实验研究	(13)
1.7.1.3 爆炸影响垂直气流中粒子的实验	(16)
1.7.1.4 爆炸影响云雾和雹云的实验及实地作业	(17)
1.7.2 世界一些国家在爆炸防雹方面的实验及成果	(20)
1.7.3 对世界几种关于爆炸防雹作业的评述	(22)
参考文献	(27)
第二章 冰雹概论	(29)
2.1 冰雹的物理特征	(29)
2.1.1 冰雹的种类	(29)
2.1.2 冰雹的形状	(30)

2.1.3	雹块的大小	(33)
2.1.4	冰雹的密度	(35)
2.1.5	雹块的结构	(36)
2.2	雹块的空气动力学	(39)
2.2.1	冰雹的末速度	(39)
2.2.2	雹块降落姿态与末速度的关系	(43)
2.2.3	雹块群体浓度的降落与末速度的关系	(44)
2.3	冰雹的增长理论	(44)
2.3.1	雹胚的来源	(44)
2.3.2	冰雹的循环增长理论	(45)
2.3.3	上升气流脉动增长理论	(46)
2.3.4	冰雹的干湿增长理论	(46)
2.3.5	冰雹的融化	(49)
	参考文献	(52)
	第三章 冰雹云的结构	(55)
3.1	冰雹云的形成	(55)
3.2	冰雹云形成的条件	(57)
3.3	冰雹云的模式	(59)
3.3.1	冰雹云的二维模式	(59)
3.3.2	冰雹云的三维模式	(60)
3.4	强烈上升气流	(61)
3.4.1	上升气流速度廓线	(61)
3.4.2	上升气流速度	(62)
3.4.3	上升气流的倾斜因之	(64)
3.4.4	环境风的垂直切变对上升气流倾斜的影响	(67)
3.4.5	上升气流中的温度结构	(67)

3.4.6 上升气流与水分累积带·····	(67)
3.4.7 上升气流的聚能(集能)点(部位)·····	(69)
3.5 强烈下沉气流·····	(79)
参考文献·····	(80)

第四章 大气的性质····· (83)

4.1 大气的组成成分·····	(83)
4.1.1 干洁大气的成分·····	(83)
4.1.2 大气中的水汽·····	(84)
4.1.3 大气中的杂质·····	(85)
4.2 大气的垂直结构·····	(85)
4.3 大气中的几种主要气象要素·····	(89)
4.4 太阳辐射和大气的能量平衡·····	(92)
4.4.1 太阳辐射·····	(92)
4.4.2 太阳辐射通过大气的减弱·····	(93)
4.4.3 到达地面的太阳辐射·····	(96)
4.4.4 地面辐射和大气辐射·····	(97)
4.4.5 地面有效辐射·····	(99)
4.4.6 地气系统的辐射差额·····	(100)
4.4.7 地气系统能量平衡·····	(101)
4.4.8 空气的增热和冷却·····	(103)
4.4.9 大气的主要能量形式·····	(104)
4.5 大气的性质·····	(106)
参考文献·····	(113)

第五章 爆炸作用理论····· (114)

5.1 爆轰波·····	(114)
5.2 爆轰波的基本关系式·····	(115)

5.3	冲击波	(120)
5.4	空气冲击波	(124)
	参考文献	(127)
第六章 炸药爆炸生成物		(128)
6.1	炸药的种类	(128)
6.2	炸药爆炸生成的气体混合物	(129)
6.3	炸药爆炸产生的能量	(131)
6.4	爆压	(133)
6.5	爆热	(135)
6.6	爆炸分解反应及生成物成分	(135)
6.7	几种炸药的爆炸计算例	(137)
	参考文献	(147)
第七章 声波		(148)
7.1	声波的性质	(148)
7.2	声压	(149)
7.3	声场中的能量关系	(150)
7.4	声波的波动方程	(151)
7.4.1	声波的一维方程	(152)
7.4.1.1	运动方程	(152)
7.4.1.2	连续性方程	(153)
7.4.1.3	物态方程	(153)
7.4.1.4	三维声波方程	(155)
7.5	介质的性质与声波传播速度	(156)
	参考文献	(158)

第八章 冲击波与声波的区别 (159)

- 8.1 冲击波衰减至最后才变为声波 (159)
- 8.2 冲击波与声波的频率范围不同 (159)
- 8.3 爆源与声源不同 (160)
- 8.4 爆炸波与声波的振幅强度大小不同 (163)
- 参考文献 (164)

第九章 爆炸防雷 (165)

- 9.1 高空爆炸防雷 (165)
- 9.2 中空爆炸防雷 (172)
- 9.3 低空爆炸防雷 (179)
- 9.4 低空爆炸防雷的器械制作 (194)
- 9.5 低空爆炸防雷规律 (202)
 - 9.5.1 雹源地消雹、雹线上防雷 (202)
 - 9.5.2 爆炸防雷要防在冰雹增长期 (204)
 - 9.5.3 低空爆炸防雷主要影响上升气流的聚能部位
..... (210)
 - 9.5.4 爆炸防雷的社会性 (211)
- 9.6 低空爆炸对雹云的影响 (211)
 - 9.6.1 爆炸使上升气流膨胀、变形、转向 (211)
 - 9.6.2 冲击波在上升气流中散射 (212)
 - 9.6.3 冲击波的迭加原理 (216)
 - 9.6.4 冲击波会引起上升气流与环境空气的挟卷
..... (220)
 - 9.6.5 爆炸对雹云微物理过程的影响 (225)
 - 9.6.6 冲击波触发上升气流后出现的无量纲参数
..... (225)

9.6.7 爆炸对雹云能量关系的影响	(226)
9.7 爆炸防雹的效果检验	(227)
9.7.1 高空爆炸防雹效果	(227)
9.7.2° 低空爆炸防雹效果	(228)
9.7.3 横山县低空爆炸防雹前后典型调查	(229)
9.8 低空爆炸防雹中应正确对待的几个问题	(230)
9.8.1 “土”和“洋”的问题	(230)
9.8.2 高和低的问题	(231)
9.8.3 炮点设置	(232)
9.8.4 防雹安全问题	(232)
9.9 爆炸防雹的物理模式	(233)
9.10 低空爆炸防雹是适合我国当前国情的一种较好的 防雹形式.....	(236)
9.11 冰雹预报及冰雹天气识别.....	(237)
9.12 识别雹云.....	(239)
参考文献.....	(241)
附录一.....	(243)
一、主要物理常数	(243)
二、基本单位	(245)
三、导出单位	(245)
四、其它单位	(245)
五、长度单位和换算表	(246)
六、一些炸药的爆炸能指标	(246)
七、冲击波对人员的损伤程度	(246)
八、空气冲击波各参数关系计算表	(247)
附录二.....	(248)
一、我的防雹工作报告	(248)