

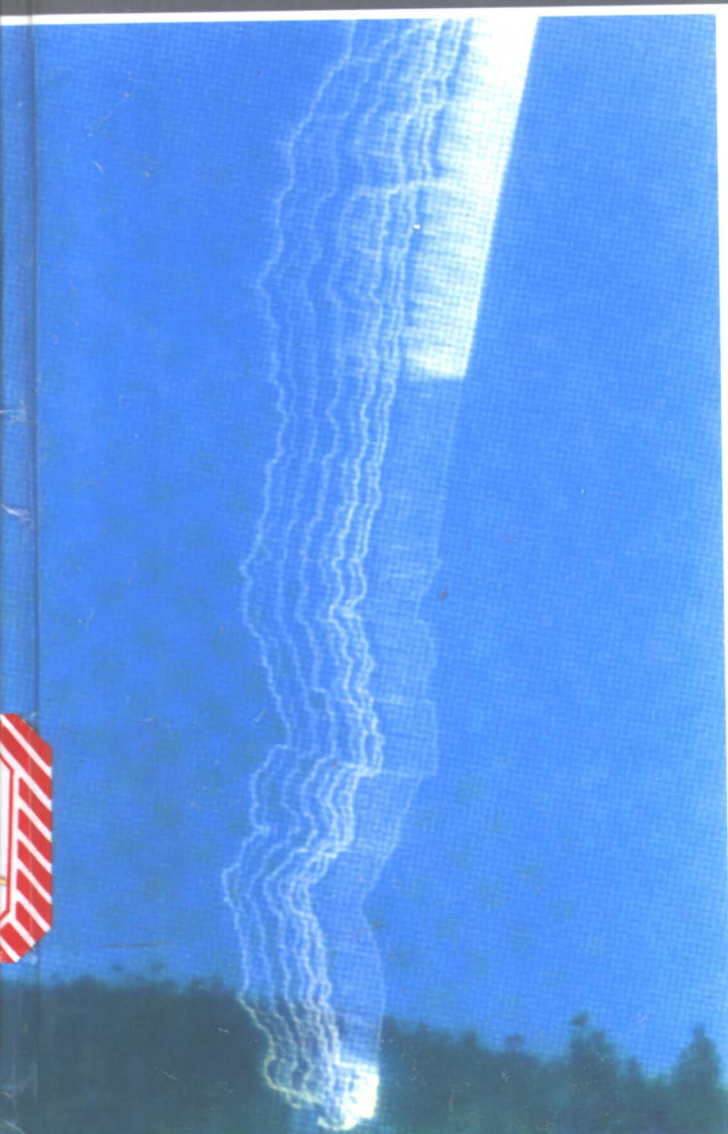


国家“九五”重点图书

LEIDIAN YU RENGONG YINGLEI
雷电与人工引雷

国家自然科学基金资助研究成果
中国科学院重点基金资助研究成果

王道洪 郑秀书 郭昌明 编著



LEIDIAN YU RENGONG YINGLEI

上海交通大学出版社

国家“九五”重点图书

国家自然科学基金资助研究成果

中国科学院重点基金资助研究成果

雷电与人工引雷

王道洪 郅秀书 郭昌明 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书为由国家自然科学基金、中国科学院重点基金资助的研究成果,国家“九五”重点图书。主要介绍现代人工引雷技术及其有关成果,其内容包括:雷暴及其起电、闪电现象、负地闪放电过程、闪电始发条件与人工引雷、人工引雷的特征、人工引雷的应用、激光引雷和防雷。

本书可供大气物理、高压工程、防雷工程技术人员、大专学生及研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

雷电与人工引雷/王道洪等编著. —上海:上海交通大学出版社,2000

ISBN7-313-02962-7

I. 雷... II. 王... III. 消电—普及读物
IV. P48-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)字 031886 号

本书出版由上海科技专著出版资金资助

雷电与人工引雷

王道洪 郑秀书 郭昌明 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂 全国新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:9.125 彩插:8 字数:238千字

2000年12月第1版 2000年12月第1次印刷

印数:1-1050

ISBN7-313-02692-7/P·02 定价:26.00元

版权所有 侵权必究

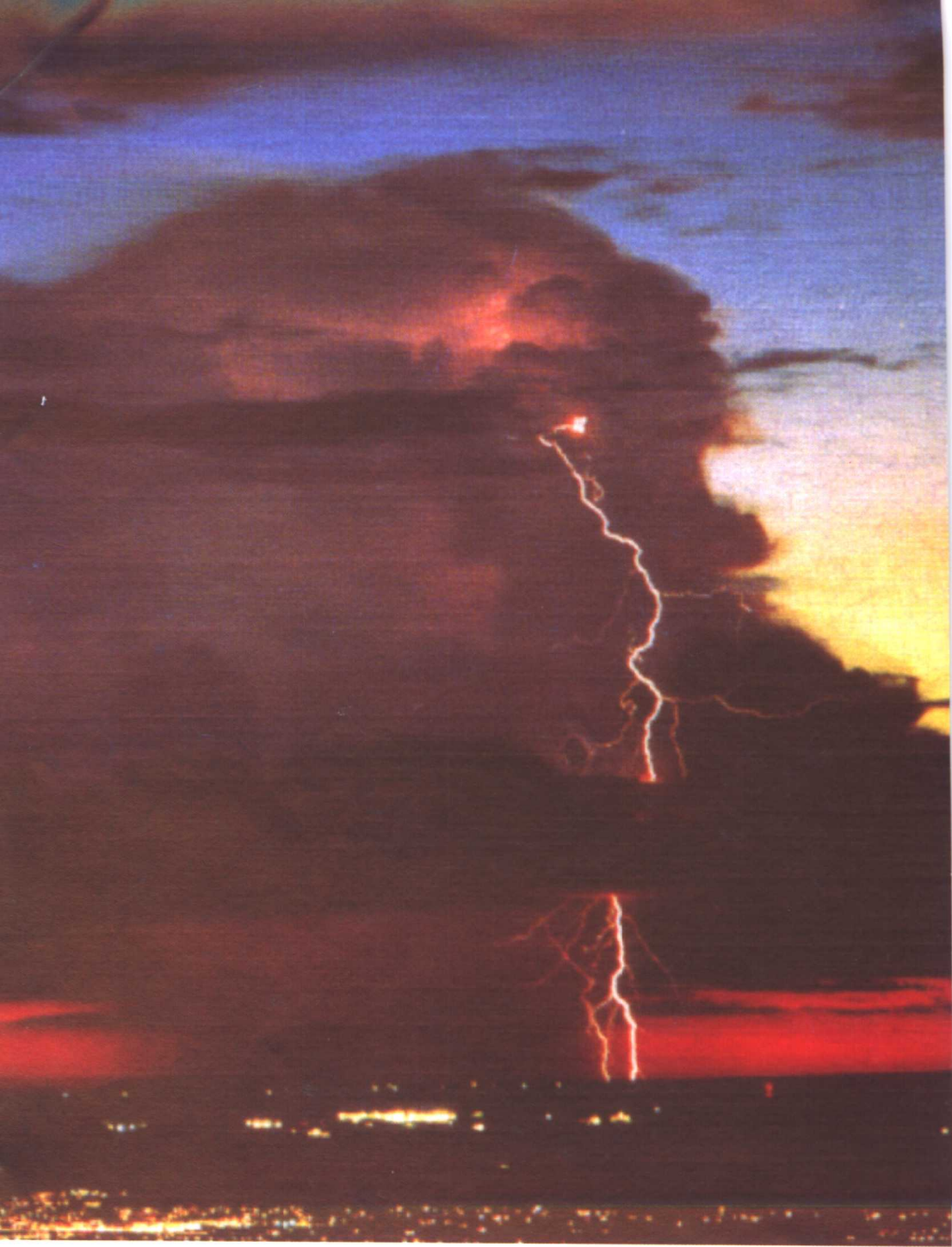


图 1-1 一次对地闪电



图 1-2 带有双接地的地闪



图 1-3 雷雨云的相邻两次对地闪电



图 5-10a 美国火箭

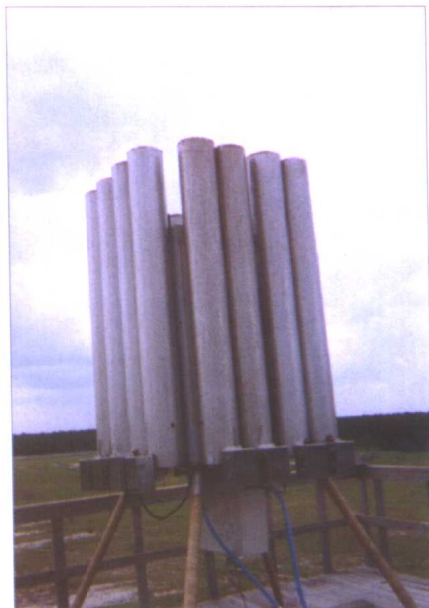


图 5-10b 现美国所用火箭架



图 5-10c 80 年代法国所用火箭架及火箭



图 5-10d 日本火箭



图 6-17 典型的人工引雷远景照片(王道洪提供)



图 6-18a 典型的人工引雷近景照片(Rakov 提供)



图 6-18b 1991 年北京康庄的一次人工引雷 (肖庆复提供)



图 6-18c 1995 年上海南汇的一次人工引雷 (肖庆复提供)

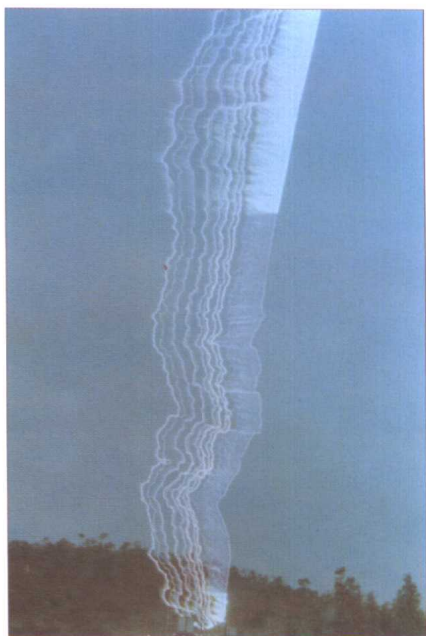


图 6-18d 1996 年江西的一次空中人工引雷(肖庆复提供)

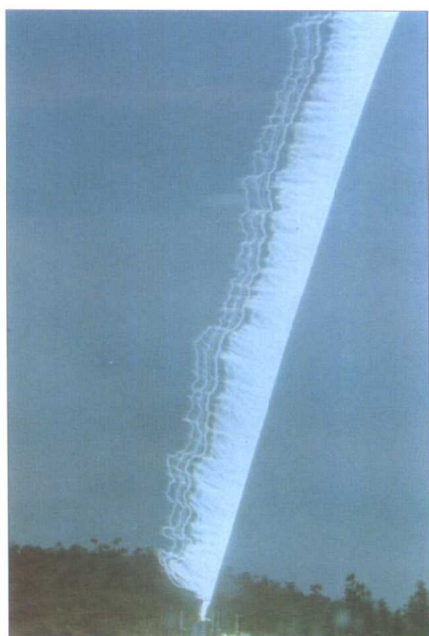


图 6-18e 1996 年江西的一次经典人工引雷(肖庆复提供)



图 7-9 人工引雷击中小汽车(日本角绅一提供)



图 8-12 晴天时在塔顶处产生的等离子体通道(王道洪提供)



图 8-3 CO₂ 激光等
离子体通道照片

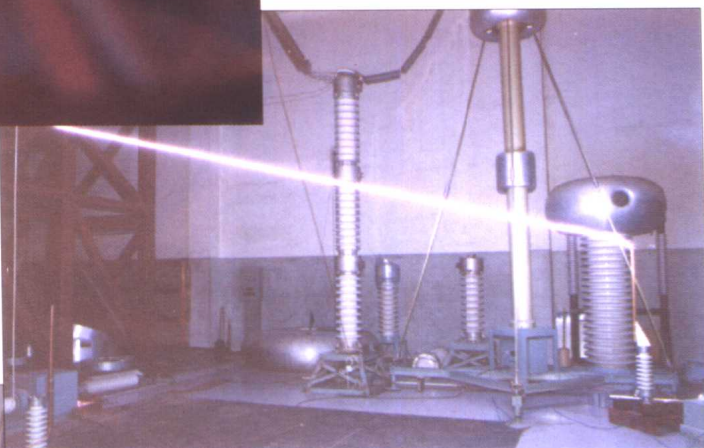


图 8-5 激光诱导的长间隙
放电

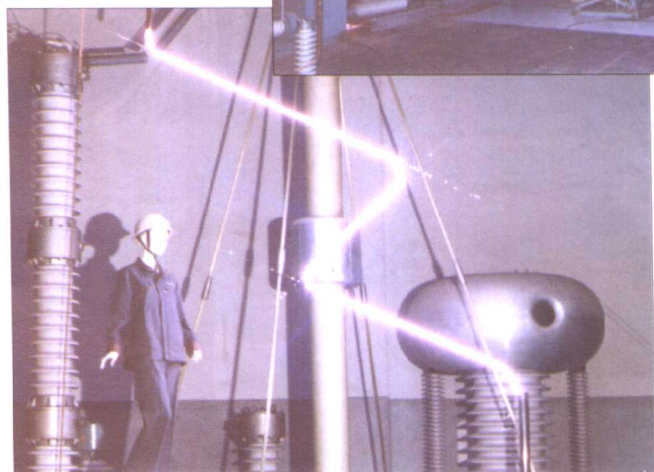


图 8-7 激光触发的弯曲放
电

图 9-1a 80 年代美国引雷试
验现场(左方为模型导弹及测
试车, 右方为法国发射架)





图9-1b 日本对“消雷器”引雷试验现场



图9-2a 1997年中国平凉引雷试验现场
(中间为引雷点及测试室, 两侧为发射架)



图9-2b 1999年广东
引雷试验现场(肖庆复
提供)



图9-2c 2000年广东
引雷试验现场(火箭在
发射架上)(肖庆复
供)

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

推動科技出版事業
提高學術研究水平

為「上海科技志著出版資金」題

徐匡迪

二〇〇〇年十月十一日

前 言

雷电(闪电),作为一种天气现象或一种大气中的放电及随之引起的发声和发光现象,是人们日常所熟知的。由于其随机、瞬时及危险性,用常规方法对它进行研究遇到许多障碍,导致认识进展较缓慢。目前,总体讲,尚属于积累资料阶段。

雷害是雷电与人类社会发生关系的主要方面,改善防雷技术是人们不懈努力的一个课题。

人工引发雷电(或称人工触发闪电、人工诱发雷电等,俗称人工引雷)是近 30 多年发展起来的一项技术。它本身的情况、它与自然雷电的关系及它在防雷等方面的应用,均是这些年来有关科研工作者及工程技术人员所关注的领域。

人工引雷是国家自然科学基金委员会和中国科学院的重点研究项目,中国科学院兰州高原大气物理研究所(现寒区旱区环境和工程研究所)的有关科研人员,多年来从事雷暴电、雷电物理及人工引雷等方面的研究,取得了一些成绩,并具有一定特色,在国际上也占有一席之地。

中国科学院原兰州地球物理所云雾物理室的科研人员,自 20 世纪 60 年代初在研究冰雹云的特征中发现了雷电活动的一些特点,开始了对雷电本身的探测与研究。

70 年代初获悉美国在海上人工触发闪电成功后,国内就力图跟踪这项对雷电物理研究及人工可能影响雷电有重要作用的技术,并在 1977 年夏季在宁夏固原地区获得成功。其时,国外,仅法国有这项技术。数月后,日本在冬季雷暴的人工触发闪电亦获成功。接着美国引进法国的技术与人员连续开展了数年的人工引雷试验。

80 年代中期,我国也开始对引雷火箭拖线技术进行重大改进。所采用的引雷火箭,从十分不稳定的消雹土火箭(黑火药),经历了四次联合不同单位重新设计、改进,直到有了相当稳定可靠的双基药钢制抛伞

火箭,其过程历时数年。并且,结合了国内实际情况,有了自己的放线轴与较廉价的金属导线。在点火装置上,长期以来一直沿用工作可靠的电点火技术,如条件成熟还有改进的余地。

其间,在试验过程中曾发生过由于引雷导致电点火装置烧毁以及误发射的事故。在国外,发生过更严重的人员烧伤并导致计划中断的事故。国内外在发控装置上经历了无线遥控、线绳拉控及压缩空气控制三个阶段。无线遥控野外使用十分简便,但由于所用频段难以抵御邻近雷电的强辐射,往往经常造成误动作,而无线装置本身还容易受损遭毁;机械线绳拉线控制是一种简便且可靠,反应速度也可以接受的方式,但是由于野外地形的不规则,并且难以避免人畜的干扰,它很难做到几十米、上百米距离的安全遥控;利用压缩空气通过耐压塑料管对压力开关进行电点火控制,成了长期以来经受住各种考验的方式。其缺点是装置在野外工作时仍显得过重,尤其是要备有相当重的贮气钢瓶,液压方式控制点火也是一种可供考虑的方式。

在火箭引雷上,经过了初期的所谓“经典”式即接地式,到“空中”式或“高度”式,即导线对地绝缘式,并且还在力图进一步改进为双火箭式,以逼真模拟及测量各种放电过程。

解决了火箭的安全可靠发射后,引发雷电的成功率是所面临的主要问题。国内外当前所能达到的水平在60%左右。其问题是:①人们还并不能真正确认闪电产生的条件,包括电场、电荷或其他有关的空间条件。②根据现有观测及室内试验,一般认为电场应在一定空间中足够大。但是,由于空间电荷的存在,人们对于空中电场还难以直接测量,由地面电场的情况来控制引雷必然会有一定的盲目性。③火箭引雷技术的缺点之一,是从发射到引雷火箭需进入百米级的空中,即有一些时滞。这一特点导致相当一部分引雷,可因在这期间发生一次自然雷或者过分提前发射而发射到成熟度不够的空中,从而导致失败。国内外在这问题上并没突破性进展,相关的理论分析与模拟工作一直在进行着。

人工引雷的物理特征,是在引雷技术上一个台阶后开始着重进行的一项观测研究。目前,由于大容量超高速记录系统的开发,由于传感

技术的进展,有关人工雷的电流、不同距离的光辐射、电磁辐射信号的亚微秒级同步资料已开始积累。揭开大气雷电过程细微时空发展的前景是十分光明的。

人工引雷能产生人造超强电磁脉冲源,它可用于雷电和接近于雷电的源模拟。近年来,它已用于雷电定位系统的性能检测,并已用于防雷系统性能的检测上。

总之,无论是基础研究还是实际需要,人工引雷均是一项很重要的技术、工具与研究对象,这也是国内外几十年来该项研究不断得到支持的根本动力。

人工引雷的背景条件是存在雷雨云或强带电云,人工引雷需要一个实施作业及测量的场地,目前只有在美国有一个固定试验场(Camp Blanding, FL);国内,在宁夏、甘肃、北京、上海、江西及广东进行过成功的引雷,但由于基础设施及经费问题,尚未能建成固定的观测作业场,这也导致研究及开发工作进展缓慢。

本书主要介绍人工引雷的基本原理、技术、研究成果及应用,并较详细介绍了激光引雷。读者可以发现,这部分内容既简述了其发展历程,又叙述了有关的最新进展,它不仅包括一些2000年刚发表的文献精华,甚至也提供了尚未正式发表的一些进展报道。为便于不熟悉有关学科而又需了解本书主要内容的读者可以较顺利地完成阅读,对有关雷暴云、雷暴电及雷电的一些主要内容亦作了介绍。由于人工引雷是鉴别防雷装置功能的一项重要技术,本书还从所介绍的基本雷放电过程出发分析了一些个例。

本书是一个写作小组的产物。参加的人员都在或曾在这个研究集体中工作或工作过。其中,王道洪博士(现日本岐阜大学副教授)撰写了第五至第八章;研究员郅秀书博士撰写了第二至四章,郭昌明研究员撰写了第一及第九章,研究员张义军博士及萧庆复高工参加了第五、六、七章中的部分写作。全书由郭昌明统稿。

需要指出的是,没有参加撰写工作的该研究集体中的主要人员,还有研究员刘欣生、言穆弘、王才伟、葛正谟、肖正华及张广庶;高级工程师、实验师王怀斌、惠世德和张翠华,以及一些博士、硕士生。他们各自

都为有关研究及技术的开展做出了自己的贡献。其中,邵选民博士在美国做的宽带干涉仪及其应用的研究取得了令人瞩目的成果。陈明理博士在先导的时空传播特征方面,在日本也做了许多有益的工作。

本书尽量用一般的物理概念和图表来配合叙述,以便于读者阅读,篇幅也可以压缩。对了解细节有兴趣的读者可以查阅书中提供的有关文献。

本书为国家“九五”重点图书,并获上海科技专著资金资助。上海交通大学出版社对本书的出版给予了积极的鼓励与支持。

在此,我们感谢所有上述单位和个人,是他们使本书编写工作得以顺利开展并使本书可以面世。

本书筹划几经周折,造成撰写时限较为局促,加之水平有限,错误、遗漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

郭昌明

2000年11月