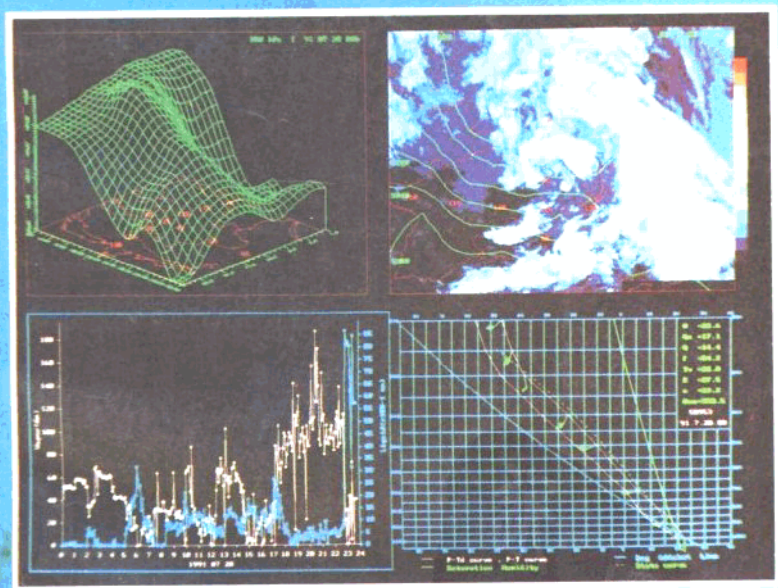


人工影响天气 技术体系的研究

李大山等著



气象出版社

前 言

本书是针对当前省以下人工影响天气工作存在的主要技术问题来研讨的。因为,这项工作虽然同属于大气物理、云物理学科的应用范畴,但我国的人工影响天气工作与其他技术先进国家如美国、苏联等相比,具有明显的特殊性。最为突出的特点是以省以下外场作业为实体和基础。任务、经费、组织等等都是围绕本省的抗灾需要和行政领导的决策来进行的。派生而来的,是长期存在在试验研究、技术指导和外场作业三脱节,缺乏科学性,反复出现盲目性。由于争议起伏,三十多年来有“大力开展”、“慎重调整”和目前的一种“各显神通”等不同阶段和发展模式。究竟如何在各地开展人工影响天气工作,这是一个需要引起科学家、科技管理人员和各级领导重视的问题。

1986年8月,在全国第九届云物理人工影响天气学术会议的大会报告中,我们第一次提出了《人工影响天气可行性模式》的设计,受到与会一百三十多名专家和学者的肯定。报告会后,国家气象局召开了关于讨论技术政策的专家座谈会。大会秘书处安排我们发言。我们便再次提出了人工影响天气的可行性模式,即科学化现代化模式,提出了相应的总体设计方案。在随后的工作中,我们使其不断完善,并付诸实施。近三四年时间里,我们在以下十个方面取得了初步进展:

一、针对省以下增雨、防雷带有盲目性的问题,提出并完成了国家气象局科研基金项目《人工影响天气可行性研究》;完成了总体设计、背景分析、云物理研究、雷达系统和现代化技术系统等方面的科研和实施;初步形成了试验研究、业务管理和业务现代化三者相结合的技术体系。

二、以技术为中心，在增强科学性、避免盲目性的目标下，开展飞机增雨和在黑龙江九个地区，五十八个市县布设 117 门高炮开展人工增雨和防雷，平均每年空中和地面增雨累积受益面积为 2—3 千万亩，防雷累积防护面积 1—2 千多万亩。

三、在 1987 年大兴安岭特大森林火灾扑火中，有效地进行了飞机和高炮人工增雨作业，为扑火胜利起到了积极推动作用，受到国家各级主管部门和国内外专家的好评。

四、初步建立了以雷达、卫星、通讯计算机网络、高空地面探测、中尺度云雨天气分析等组成的“五项联网”，使外场作业基本杜绝了过去的那种盲目性。

五、集中各种技术力量和设备，建立多层次、多学科、多渠道的科研结构，突出开展试验研究。采用 P、M、S 粒子测量系统、微波辐射计、数字化雷达和计算机处理中心等各种先进的云物理探测分析手段，完成了一批科研课题，多项在省内交流并获奖，数篇论文在全国性学术会议和世界气象组织学术会议上报告和交流。

六、初步建立了以各地原有的十部气象雷达为基础、以数字化雷达为中心的雷达通讯网络系统。

七、广泛开展了国内外、省内外的科技交流。得到气象科学研究院、中科院大气物理研究所、北京大学、南京大学、南京气象学院、哈尔滨工业大学等单位的协作和支持。接待了十几个省、市、自治区的局领导和专家的考察和指导。同时建立了与世界先进国家美国、苏联的科技交流和互访，受到美国国家大气海洋局和苏联部长会议水文气象委员会等单位的欢迎。

八、初步建立了三个人工降雨防雷试验示范区，为建立“科学化现代化模式”奠定了基础。

九、从管理、经费、设备、人才等方面，综合配套地完成了基础建设和技术储备。在打基础、出人才、出成果过程中，分类培

养、锻炼了一批年轻的技术力量，为今后的发展创造了条件和潜力。

十、完成了省级体制建设，成立了政府和气象部门双重领导的省政府人工降雨办公室。在全省九个地区五十八个县、市，上下形成了一套业务管理体系。制定和完善了十八项业务管理办法，使这一项摊子大、头绪多、技术复杂、时间性强、需要军事化和系统工程化的工作，初步建立了先进的管理系统。

通过上述进展，改变了过去那种落后状况，受到省政府多次表扬，得到美国、苏联国家气象部门前后三批共十一位专家的好评及国内专家的肯定，被普遍认为在国内同专业中已跨入先进行列。

这里，我们收集了近几年完成的部分试验研究报告和论文。大体分为：总体设计、现代化技术系统、背景条件分析、云物理数值模拟、云物理试验研究、外场作业技术、综合述评、国际科技交流等八个栏目。中心是围绕省级人工影响天气应用技术体系来讨论的，所以与过去发表的云物理分析与应用的成果和著作有所不同，也可能是为了寻找出路的一种尝试。本书针对性强，应用性突出，可供各地有关科技研究人员、应用云物理及人工影响天气方面的科技管理人员参考试用，可作为各级人工影响天气业务管理单位、气象局、有关大专院校、科研单位的参考资料。

这本书的大部分材料，经过国家气象局云物理基金会各位专家的审议。有的在全国学术会议上发表过摘要，有些是第一次发表。部分重要论文是经胡志晋、游来光、鄞大雄等研究员和有关专家审阅和批改过的。本书主编是高级工程师李大山同志。编辑工作由周政可、刘育生同志担任。

由于时间仓促，本书不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

目 录

前 言

总 体 设 计

- 黑龙江省人工影响天气应用技术体系初步现代化框
架设计…………… 李大山* (1)

现代化技术系统

- 黑龙江省人工增雨天气时机选择专家系统知识库
……………李大山 林 松 (24)
- 黑龙江省人工防雷天气时机选择专家系统
……………专家系统课题组 (32)
- 计算机局部地区网络在黑龙江省人工影响天气工作
中的应用……………林 松 王 琛 (39)
- 人工影响天气处理中心最新软件目录
……………黑龙江省人工降雨办公室 (43)
- MIGS中尺度云雨天气图象图形工作在人工影响
天气中的应用……………彭 伟 王 琛 林 松 (46)
- 中尺度数值模拟系统……………任绍臣 (55)
- 常规气象资料通信传输预处理系统……………陈 燕 (58)
- GMS卫星云图全自动接收处理系统……………王伟东 (60)
- 713数字化雷达回波资料传输反演系统的设计与实现
……………林 松 王 琛 (64)
- 黑龙江省人工影响天气专家系统研究述评……………林 松 (68)
- PMS数据处理系统的建立……………王伟东 孙立民 林 松 (71)

- 人工降雨防雹作业动态显示系统陈 燕 孙立民 (75)
- SSF—双通道微波辐射计在人工影响天气工作中
应用初探官福顺 (77)
- 人工降雨防雹基本技术系统的设计李大山 (83)
- 黑龙江省人工影响天气控制中心雷达监视系统
.....赵 勇 (89)
- 黑龙江省人工影响天气计算机通信系统赵 勇 (94)
- 黑龙江省人工影响天气资料处理显示系统王 琛 (100)
- 黑龙江省人工降雨防雹业务管理系统周政可 (107)

背景条件分析

- 黑龙江省人工降雨有利天气过程的分析.....
黑龙江省人工降雨办公室
黑 龙 江 省 气 象 台 (112)
- 黑龙江省5—9月降水卫星云图分析.....
黑龙江省人工降雨办公室
黑 龙 江 省 气 象 台 (125)
- 黑龙江省冰雹天气的统计分析.....
黑龙江省人工降雨办公室
黑龙江省气象局天气处 (134)
- 影响黑龙江省水资源的气象因子分析.....
黑龙江省人工降雨办公室
黑龙江省气象科学研究所 (144)
- 黑龙江省冰雹的时空分布周政可 (152)

云物理数值模拟

- 一维时变积云套柱模式李 盾 胡志晋 (157)
- 初始扰动与积云降水的数值模拟分析 ...李 盾 朱慧斌 (169)

- 一次飞机人工增雨作业效果的数值模拟分析任绍臣 (177)
- 丰水暖云降水效率的数值模拟分析任绍臣 (186)
- 层状云水分含量的数值模拟任绍臣 (194)
- 一维时变积云数值模拟雹云个例分析樊玲 (201)
- 数值模式图形输出的尝试李成才 (205)

云物理试验研究

- 龙A—1型焰弹AgI药剂成核率的检测.....
樊玲 鄧大雄 陈汝珍 蒋耿望 (210)
- 大气气溶胶粒子浓度随高度的分布及其影响因子
任绍臣 (215)
- 嫡与云滴窄谱的解释杨卫农 樊玲 (225)
- 气溶胶粒子数浓度随高度一种分布形式的研究
杨卫农 (229)
- 一次降水过程雨滴谱及其特征值的个例分析王伟东 (237)
- 静力扩散云室内水汽场与水汽吸收项关系初探 ...任绍臣 (247)
- 冰雪晶观测分析杨卫农 (254)
- 地面雨滴谱观测设计方案王伟东 (263)
- 面粉法测量雨滴谱的可行性分析杨卫农 王伟东 (266)
- 绥化试验区人工增雨统计检验初步方案彭伟 (271)
- 混合型毕格云室的结构及性能任绍臣 (280)

外场作业技术

- 87.5大兴安岭特大森林火灾飞机人工降雨作业情况及效
 果分析李大山 (287)
- 宾县防雷试验区外场作业技术分析王琛 董银山 (301)
- 高炮人工降雨用弹量探讨周政可 (311)

- 高炮人工降雨的天气时机选择和效果分析……………
……………齐齐哈尔市人工降雨办公室 (318)
- 外场作业技术系统在高炮降雨中的应用……………
……………李明见 薛振东 (323)
- 高炮人工防雹效果分析方法简介……………周政可 (327)

综合述评

- 人工影响天气科学技术的一种发展模式……………李大山 (333)

国际交流

- 与苏联在人工影响天气领域的科技合作……………李大山 (337)
- 美国人工影响天气技术介绍……………李大山 (353)

注：未注单位的作者，单位均为黑龙江省人工降雨办公室

黑龙江省人工影响天气应用技术 体系初步现代化框架设计

李大山

前 言

我国人工影响天气工作，从国家领导人的指示开始，经历了长期的探索发展阶段。在科学化现代化建设等方面存在差距的情况下，困难是多的。1987年5月，由于大兴安岭特大森林火灾扑火的需要，李鹏总理和国务院几位领导同志部署、检查和鼓励人工增雨工作。世界气象组织主席、国家气象局局长邹竞蒙、副局长章基嘉等领导同志都亲临大兴安岭扑火前线，指挥人工增雨实施，影响效果明显，得到国内外专家的充分肯定。可以预料，今后我国人工影响天气科学技术，将进入一个崭新的科学化现代化的发展时期。

我国人工影响天气科学技术的发展动力，来源于生产和经济发展的需要。能不能健康发展，关键在于面上作业能不能实现现代化。根据经济体制改革、国民经济现代化、科学技术现代化的要求和国家气象局《关于当前开展人工影响天气工作的原则意见》，根据国情，综合我国我省人工影响天气的发展过程，我们先后制订了《贯彻落实国家气象局人工影响天气技术政策的改革方案》、《试验研究方案》和十八项管理办法。为了寻求一套省以下面上作业的现代化技术系统和最佳技术路线，我们从现实可能的条件出发，在1986年制订了这个初步现代化的总体设计。

在实施中不断优化、完善。三年多实践证明，基本设计具有科学性、先进性、可行性，扭转了过去盲目作业的状态，提高了科学技术水平，由后进跨进了国内先进行列。部分项目达到国际交流水平，受到国内外专家的好评。

一、现状和发展目标

1. 科学性、重要性、可行性

黑龙江省是我国商品粮基地和大豆出口基地，有1.5亿亩农田。每年都要遭受1000—3000万亩不同程度的旱灾和500—800万亩雹灾。农业生产迫切需要人工增雨和防雹，因而受到各级政府、生产指挥部门和广大农民的欢迎。但由于科学体制不完善，过去一些面上作业带有不同程度的盲目性，严重地影响了学科的发展和为生产服务的效果。同时，这项科学技术面临三个特点：1) 人工影响天气事业发展的需要，只有从根本上加强科学技术现代化，才能尽快解决盲目作业的问题，才能增强这项事业的生命力；2) 国家科学技术现代化的进展迅速，尤其是气象业务现代化进展快。作为一个学科，人工影响天气已经落后了。现有的现代化新进展，是完全可以借鉴的；3) 过去飞机实验室进行微物理观测已有多年的历史，取得了大量资料，仍沿老路发展十分困难，有必要和可能开辟一种新的渠道，一种针对目前生产急需的渠道。我们正在寻求在这项事业上动员、争取和利用现有一切可以借用的技术力量，来开发新的现代化科学技术系统。这就是我们对现状分析的基本思想。

但是，过去黑龙江省人工影响天气科学技术在全国属于后进省份。原来只有少数业务管理人员，缺乏专业技术力量。在这种基础上，加速科学化现代化建设，实现总体设计，难度很大。自1986年第九届全国云物理人工影响天气科学会议的大会发言中我

们报告了这种设计以来，经过近三、四年的稳步发展，在加速科学化现代化建设上迈了一大步，初步建立了以试验研究、业务现代化和业务管理三结合的技术体系；完成了一批科研课题；筹建了试验示范区；培养了一批技术力量；配置了一整套技术设备；建立了长期稳定的国内外科技协作交流关系。受到国内外专家肯定，进入了国内先进行列，部分项目达到国际交流水平。因此，大大提高了为生产服务的科学技术水平。在为农业生产抗旱防雹，为森林扑火防火等方面做出了贡献，受到国家、省和地方政府各级政府的表彰。通过五年实践验证，这一套技术系统的设计具有科学性、重要性、可行性、先进性。如果1986年没有提出这一套加速科学化现代化技术系统的设计并付诸实施，可能至今仍处于盲目作业的落后状态。

2. 天气背景条件

(1) 降水性层状云飞机催化作业

黑龙江省降水过程，用卫星云图统计分析属于比较典型的中高纬天气系统，与天气学挪威模式接近。每年春夏季虽属旱季，降水系统频数少，但人工催化潜力较大，有利于飞机作业催化增雨。在低涡和高空槽的配合下，地面出现蒙古低压，河套低压和东北新生低压的暖锋前或低压中心附近或锢囚锋上，常出现温湿度条件好的催化增雨时机。根据182个催化作业个例统计，这种条件下有利作业的天气时机占79%，证明在黑龙江省春季进行飞机撒播催化增雨，资源条件是优越的。

(2) 降水性积状云高炮催化作业

入夏以后，6—8月，降水性对流天气较多，主要采用高炮作业。在高空冷涡，高空槽及切变线的配合下，地面出现东北低压(25%)，河套低压(24%)，蒙古气旋(16%)，登陆台风变性低压(16%)时，积状云有利于高炮催化增雨的机率占81%。黑龙江省对流云体的水平、垂直尺度多小于南方，降水性地形云或

局地对流云较少，绝大多数降水都发生在系统天气。因此，在一定的天气背景条件下，黑龙江省夏季进行高炮催化增雨往往效果较明显，是可行的。

(3) 冰雹天气及高炮防雹

黑龙江省冰雹灾害性区域少于旱灾。雹灾频数为每年3—5次，极端最高为16次，一般少于南方或西北。雹灾影响农业区主要在松嫩大平原和三江平原。冰雹天气常发生在锋面过境时。一场典型冰雹天气入侵，防与不防大不相同。这种实例是屡见不鲜的。可见，防雹在黑龙江不仅是必要的，而且长期效果较好，也是深受重视和欢迎的。因此，在58个市县开展高炮防雹，久盛不衰。

3. 奋斗目标

(1) 起草依据

我们制订本省人工影响天气面上作业加速业务技术现代化基础建设的奋斗目标，主要依据是：1) 农业和林业抗灾的需要；2) 人工影响天气学科自身的发展水平；3) 本省的基础和条件；4) 气象业务现代化的推进；5) 国外经验，包括美、加、苏等国外场作业的经验；6) 考虑科学技术能力学、科学技术体系学和科学发展的政治经济学的有关论点。

(2) “七五”期间初建(1988—1990)

经过专家论证，完成系统现代化基础建设的总体设计；筹备技术力量；完成财力许可的基本技术设备安装调试使用；基本完成指挥处理系统和试验研究基地建设总体建设；完成一批基础建设所需的试验研究课题；建立两个开发应用的试点地区，使整个系统初具规模，为“八五”攻关，打好基础。

(3) “八五”期间发展和优化(1991—1995)

健全和完善整个技术系统；装备多普勒雷达(或改型713雷达)、小型计算机；基本建成两个试验研究基地、两个开发应用

试点区；培养一支与发展相适应、具有攻关能力的技术队伍；基本完成地面和飞机探测系统、通信和指挥处理系统、资料情报收集分析系统、效果检验系统等四个系统的建设；完成一批应用开发的试验研究课题并参加国家攻关课题，解决目前存在的一系列可能解决的主要技术问题，为提高全省人工影响天气技术水平和经济效益迈进一大步。

二、中心控制系统H

基地与中心控制系统如何设计的问题是整个设计的主体部分。人工影响天气通常是把基地放在试验研究的首要位置。但是我们考虑：1) 点面结合是中国特色，离开面就无点的存在，关键在于避免盲目性，提高科学技术水平；2) 技术力量和设备的集中；3) 通信传输的限制；4) 发展方向是加速科学化现代化，虽与单纯的科研不同，实际上促进试验研究；5) 设控制中心有利于资料收集处理；6) 有利于争取支持力量。所以在设计上先抓好中心控制系统，设雷达、卫星接收、小型机、各种预处理机、高速传真机等8—10台，以综合自动化处理系统（人工智能系统）来运行。

1. 输入

- 1) 多种信道送入地面报及雷达资料送入IBM机进行处理。
- 2) 省台(W)通过有线传入的电报、高空报、地面报、雷达拼图报、物理量网格点报、台风报、雨量报、旬月报、各地请示空域报、作业情况汇报等直接通过有线送入APPLE—II。
- 3) W发送的静止卫星云图、卫星雷达数字化结果及各种实况图、预报图，通过有线送入高速传真机。
- 4) CZ—80传真机接收日本、北京等地的有关传真图表。
- 5) 试验研究基地G传入的各种资料及预处理结果。

6) 加密探空、雨量网点及自动气象站资料。

2. 处理

1) 处理试验基地传入或所需的各种资料分析、作业方案专家系统、效果分析专家系统、冰雹云判断专家系统等。

2) APPLE—II机完成自动选报和雷达拼图。

3) SUPER机完成：① 运行人工降雨防雹作业时机选择专家系统。② 计算一维层状云和积状云定常、时变模式。③ 为小型机计算二维积云模式做预处理机。

4) IBM—PC/AT机完成：① 中尺度诊断分析和雷达回波分析，显示打印14个物理量并绘图。② 大尺度背景诊断分析，显示打印8个物理量并绘图。③ 高空资料处理，显示打印41个物理量并绘图。分析探空资料，绘制各站的T—lnp图。④ 4小时短时预报专家系统。⑤ 高空报、地面报的自动选报。⑥ 按

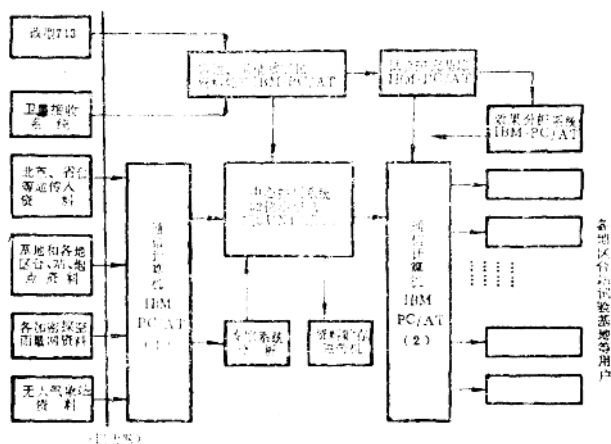


图1 人工影响天气控制中心系统基础建设框架

专家系统对所有输入的各种图表、资料进行综合分析。

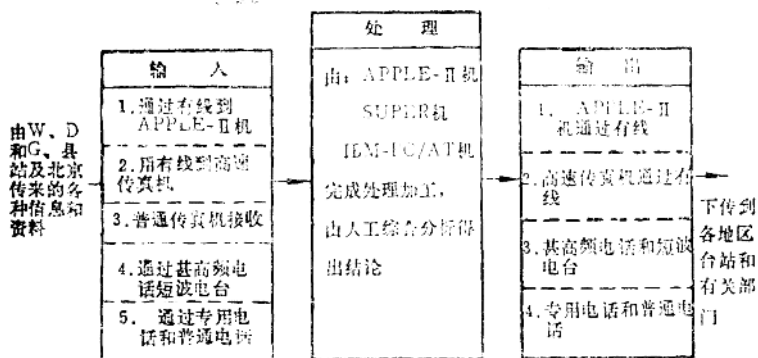


图2 控制中心通信传输系统运行概念

3. 输出

- 1) 试验基地所需各种处理结果。
- 2) 通过APPLE-II机, 答复各地空域情况, 下发各种作业指令和零度层及实况电报、雷达拼图结果电报。
- 3) 通过高速传真机将云图等有关各种图表下发到所需台站(D)。
- 4) 通过高频电话、短波电台答复尚不能用有线联系的台站, 关于空域情况和下达作业指挥命令。
- 5) 整理各种资料, 为试验研究提供各种资料、图象计算处理结果。

4. 中心控制系统未来的发展

上述业务是现时已经完成或即将完成的运行业务(图1)。在“七五”后期或“八五”初, 争取完成的业务框架如图2, 经过5—7年的发展, 中心控制系统将趋于完善, 接近或达到自动化、现代化水平。此处提到的只算是一个初步的设想和已经作过的工作。

三、基地建设

1. 人工影响天气试验基地的任务

1) 对人工增雨防雹现代化外场作业进行试验研究、技术开发、推广应用、提供新的技术方法和新样品。

2) 客观检验人工增雨的效果，并推出新的检验方法。

2. 基地选择

1) 基地选择的标准:

(1) 对比区和作业区(交叉检验)是地形相似、雨量密切相关、垂直于盛行风向、相隔一定距离、互不污染对方、可比较的两个区域，

(2) 生产迫切需要，当地政府重视、支持，

(3) 交通方便，

表1: 17站逐日降水相关(1977—1986)样本300

序号	站~站	月份						合计
		4	5	6	7	8	9	
1	海伦~绥棱	0.94	0.95	0.69	0.74	0.73	0.82	4.85
2	望奎~青冈	0.90	0.87	0.80	0.63	0.67	0.87	4.74
3	兰西~肇东	0.98	0.79	0.53	0.67	0.81	0.84	4.62
4	呼兰~兰西	0.94	0.87	0.63	0.64	0.71	0.78	4.57
5	绥化~望奎	0.38	0.87	0.59	0.39	0.70	0.77	4.20
6	肇东~肇州	0.87	0.67	0.70	0.54	0.64	0.76	4.18
7	哈尔滨~双城	0.89	0.90	0.62	0.40	0.61	0.69	4.11
8	安达~青冈	0.91	0.80	0.63	0.46	0.44	0.75	3.99
9	绥化~海伦	0.77	0.83	0.46	0.51	0.65	0.66	3.91
10	哈尔滨~肇东	0.82	0.82	0.61	0.41	0.64	0.56	3.86
平均		0.89	0.84	0.64	0.54	0.66	0.76	

注: 夏季积雪降水相关差

(4) 测点成网，保证密度，

(5) 气象技术力量较好，

(6) 通信传输便于解决。

2) A、B基地

根据标准，特别是进行了天气、地形、盛行风向和雨量300多个样本的逐日相关计算(见表1)。

表1计算了17个站逐日相关(十年)，样本为300个。相关条件要求高。所以 $r > 0.50$ 以上的应算为相关合格。我们所选基地相关在 $r > 0.8$ ，由各种条件综合比较，选定了两个基地：

A 积云增雨和防雷试验基地(6—8月)。计算了绥化市内各雨量点相关系数，考虑了其他五个标准，均好。除6—8月积云试验以外，其他季节与B进行交叉试验。

B 层状云催化增雨效果检验基地(4—6月或冬季)。分析各方面条件，拟选海伦或望奎。与A交叉试验。

重点建设A基地。

3) 基地设施

A基地：设711雷达，探空，自动气象站，雨量网(每10公里)，计算机通信系统与处理中心系统(H)联机，接通H所处理的各种信息和成果，包括雷达卫星数字化，数值模拟，各种专家系统等。一切设备保证任务需要。分设1号、2号两个交叉试验点。

B基地：以建设加密雨量网和通信系统为主，配备预处理机。

四、效果检验

检验方法的好坏直接影响到效果的确定和试验计划持续时间的长短，所以人工降水试验中效果检验是一个重要问题。由于目前对自然降水过程和引晶催化过程还不完全清楚，探测手段有限，不能完全用物理方法来确定效果，因此，大多采用统计方