

孟辉, 宋薇, 王婉, 等. “8·12”天津港爆炸事故处置现场人工影响天气保障方案设计与实现[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 136–140. [MENG Hui, SONG Wei, WANG Wan, et al. Design and Realization for Artificial Rain Mitigation Operation Service Scheme in Explosion Accident of Tianjin Port[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(2): 136–140. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.023.]

“8·12”天津港爆炸事故处置现场人工影响天气保障方案设计与实现^{*}

孟辉^{1,2,3}, 宋薇¹, 王婉¹, 王萍⁴

(1. 天津市人工影响天气办公室, 天津 300074; 2. 中国气象局吉林省人民政府人工影响天气联合开放实验室, 吉林 长春 130062; 3. 河北省气象与生态环境重点实验室, 河北 石家庄 050021; 4. 天津大学 电气与自动化工程学院, 天津 30007)

摘要:“8·12”天津港特别重大火灾爆炸事故发生后, 救援处置工作面临巨大挑战。开展科学施救, 避免次生灾害发生和救援人员伤亡, 对应急气象保障服务提出了新的挑战, 也对人工影响天气工作提出新的要求。通过分析“8·12”天津港特大火灾爆炸事故救援工作对人工影响天气服务的需求, 设计人工消减雨试验方案, 明确了人工影响天气应急服务关键时间节点的主要工作内容、流程, 作业防线布设、时机掌握、催化部位、剂量和方式等技术要点, 并对人工影响天气作业保障情况进行评估, 试验期间消减雨作业有效率为 37.5%, 为今后应对突发事件人工影响天气保障服务提供参考。

关键词:突发事件; 爆炸事故; 人工影响天气; 消(减)雨; “8·12”天津港

中图分类号: X45; P48 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)02-0136-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.023

2015年8月12日23:30, 天津港瑞海公司危险品仓库发生特别重大火灾爆炸事故。爆炸造成多人死伤。爆炸区仓库里存有大量危险品, 其中氰化钠是天津爆炸次生环境风险的首要因素, 一旦下雨, 氰化钠遇水后将会产生剧烈反应, 生成有毒易燃氰化氢气体, 后果将不可预计。事故发生后, 天津市气象局及滨海新区气象局积极开展事故的应对和爆炸处置现场的气象保障服务工作。2 h之内迅速启动了重大突发事件气象保障一级应急响应, 立即进入突发事件应急处置状态。天津市人工影响天气办公室(注: 简称为天津市人影办)制定人工消减雨试验方案。

人工消雨主要是基于播云静力催化和动力催化综合方法, 在影响保护区的降水云系上风方, 对其进行大规模、连续催化作业以设法改变其降水分布, 使保护区内无雨或出现小雨空隙^[1]。在国际上, 俄罗斯、美国、马来西亚等国家曾进行过人工消减雨试验; 在国内, 人工消减雨技术仍处于试验阶段, 这些试验主要应用于大型活动天

气保障^[2-6]。而在应对突发事件的气象服务中, 以往的人工影响天气作业主要是人工增雨作业扑灭森林火灾^[7]。总体来看, 人工消(减)雨作业尚属于科学试验阶段, 有一定的不确定性, 而应对危化品爆炸这类突发事件, 由于可借鉴的经验较少, 是摆在天津市人影办面前一道必须解决的难题。

1 方案设计

一份完整的人工影响天气服务保障方案, 一般包括保障需求分析、空中和地面防线设计、作业方式、催化剂种类和数量、作业流程和效果评估几个方面^[8-10]。而对于突发公共事件, 由于其发生时间、地点、结束时间、作业需求均不能提前预知, 因此在设计作业方案时需要更多依靠已有资源。天津市人影办通过分析保障需求, 在借鉴2008年奥运会、2009年国庆60周年阅兵保障等方案的基础上, 考虑天津现有作业站点的布局、

^{*} 收稿日期: 2016-09-01 修回日期: 2016-10-28

基金项目: 中国气象局、吉林省人民政府人工影响天气联合开放实验室基金项目(2014003); 天津市气象为农服务系统建设工程项目(2015037); 河北省气象与生态环境重点实验室开放研究基金项目(Z201602Z)

第一作者简介: 孟辉(1967-), 女, 天津人, 高级工程师, 主要研究方向为人工影响天气。E-mail: menghui67@sina.com

火箭及高炮的作业影响范围等因素, 设计了“8·12”天津港爆炸事故地面人工消减雨试验方案, 开展为期一个月的人工消减雨作业试验。

1.1 需求分析

“8·12”天津港爆炸现场的情况复杂程度远超以往的任何一种危化品事故, 由于各种不同化学性质的危险品混放, 且严重超量堆放, 爆炸核心区内大量的氰化物呈片状散落地面, 溶于水后会渗入地面, 增加土地污染, 未燃尽的危化物品(电石、氰化钠等)遇水发生化学反应, 可能引发再次火灾, 引发人员伤亡等次生灾害^[11]。

爆炸核心区距离滨海新区(塘沽)气象局仅 1.5 km, 选用 1971—2010 年 8 月中旬至 9 月中旬塘沽气象局历史降水资料进行统计分析, 该时段逐旬出现降水的概率分别为 45.75%、40.5%、39.5% 和 35.75%, 其中以出现 1 mm 以下降水的概率最大为 22.63%, 出现 1~4.9 mm、5~9.9 mm 以下、中雨和大雨以上降水概率分别为 6.44%、4.50%,

4.19% 和 2.63% (表 1)。由此可见, 出现对核心区救援和清理有威胁的降水的可能性较大, 有必要开展人工消减雨作业。

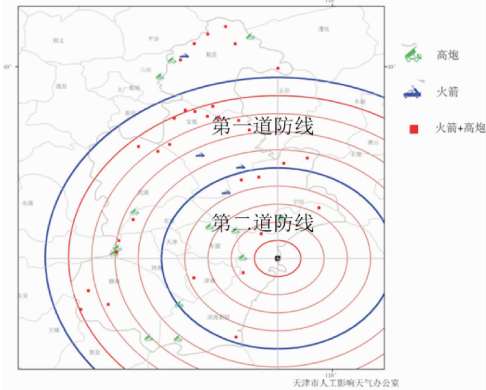


图1 地面防线布局示意图

1.2 防线设计

根据影响天津地区主要天气系统的来向, 结合国内外人工消减雨试验成果, 通过对影响天气

表 1 1971—2010 年 8 月下旬至 9 月中旬塘沽降水类型日分布

时间	平均	微量降水	0.1~0.9mm	1~4.9mm	5~9.9mm	10~24.9mm	>25mm
8 月中旬/d	4.575	1.525	1.025	0.525	0.55	0.575	0.375
8 月下旬/d	4.05	1.125	1.225	0.65	0.3	0.45	0.3
9 月上旬/d	3.95	0.875	1.275	0.65	0.55	0.425	0.175
9 月中旬/d	3.575	0.85	1.15	0.75	0.4	0.225	0.2
出现概率/%		10.94	11.69	6.44	4.50	4.19	2.63

表 2 “8·12”爆炸事故地面人工消减雨作业情况

序号	日期	区县	云系特征	防线	站次	工具	高炮用 弹量/发	火箭弹 用量/枚	作业前 天气	作业后 天气	效果
1	8.18	西青	积云	1	2	高炮	30		雷雨	减弱	有效
		北辰	积云	1	6	高炮	108		雷雨	减弱	有效
		蓟县	积云	1	1	高炮	20		大风、雷雨	小雨	有效
2	8.22	汉沽	积云	2	4	高炮	118		雷雨	雷雨	无效
		宁河	积云	2	5	高炮	57		雷闪大风	降雨	无效
3	8.23	蓟县	积云	1	2	高炮	33		雷闪	大雨	无效
		东丽	积云	2	2	高炮	43		雷闪大风	云散, 无雹	有效
4	8.24	宁河	积云	2	3	高炮	50		雷闪	降雨	无效
5	8.26	宁河	积云	2	2	高炮	25		雷闪大风	降雨	无效
6	8.28	蓟县	积云	1	2	高炮	32		雷闪大风	降雨	无效
		宁河	积云	2	4	高炮	69		雷闪大风	降雨	无效
7	8.29	蓟县	积云	1	4	高炮	113		雷闪	大雨	无效
8	8.30	蓟县	积层混合云	1	7	高炮	80		小雨	小雨	无效
		武清	积层混合云	1	4	高炮	80		小雨	小雨	无效
		北辰	积层混合云	1	4	火箭	18	6	小雨	雨量加大	无效
		静海	积层混合云	1	6	高炮	144	7	雷雨	降雨	有效
		东丽	积层混合云	2	1	高炮	18		黑云, 风	云打散	有效
		西青	积层混合云	1	5	高炮	324		降雨	降雨	无效
	8.31	大港	积层混合云	1	1	高炮	20		小雨	中雨	无效
		蓟县	积层混合云	1	1	高炮	21		小雨大风	中雨	无效
		宝坻	积层混合云	1	3	高炮	30		小雨	小雨	无效
10	9.1	北辰	积层混合云	1	2	高炮	18	4	小雨	小雨	无效

系统移向、移速、范围、火箭和高炮作业点间距及催化剂影响范围等计算,依托天津市现有作业站点布局,拟以爆炸核心区为中心,设立内外两道防线,对来自各方向的降水过程进行拦截式作业。

第一道防线:设置在降水系统距核心区 50 ~ 100 km 圆弧形区域,防线宽度 50 km,包括蓟县、宝坻、武清、西青、北辰、静海、大港 7 个区县 36 个作业点;第二道防线:设置在降水系统距核心区 10 ~ 50 km 环形区域,防线宽度 40 km,包括汉沽、塘沽、津南、宁河、东丽 5 个区县 13 个作业点。火箭高炮作业点布设情况详见图 1 所示。

1.3 作业技术方案

1.3.1 作业时机

实施人工影响天气作业的云层条件是:当有利于作业的云系结构已形成,且正处于发展阶段,即为人工催化的有利时机。在消减雨实际实施中,可以对观测出现的云或降水提早进行人工干预。

1.3.2 催化部位

作业时催化剂须播撒入过冷云中,对应的温度应在 $-6\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

1.3.3 催化剂量

作业时根据降雨量大小及云系发展情况确定催化剂播撒剂量。

针对层状云系(回波强度小于 20 dBZ)实施消减雨作业时的催化剂用量为:火箭作业时,每台发射车每次作业用弹量为 4 ~ 8 枚专用型火箭弹,每门高炮用弹量为 30 ~ 60 发炮弹。

对弱积层混合云系(回波强度 20 ~ 30 dBZ)实施消减雨作业时的催化剂用量为:火箭作业时,每台发射车每次作业用弹量为 8 ~ 12 枚增雨火箭弹;高炮作业时,每门高炮每次作业用弹量为 60 ~ 100 发。

对强积层混合云系、积状云系(回波强度大于 30 dBZ)实施消减雨作业时的专用火箭弹用量为每台发射车每次作业用弹量为 12 ~ 20 枚;高炮作业时,每门高炮每次作业用弹量为 100 ~ 150 发。

1.3.4 作业方式

当出现降水性天气时,两道防线均采用过量播撒方式进行作业,作业时间间隔 20 ~ 30 min。

1.4 作业流程

当预报未来 24 h 保障区有降水天气出现时,市人影办依据 Micaps 资料、云精细化模式预报产品等制作出人影作业指导产品,初步确定降水性质、落区、量级等,并给出作业方案。通过卫星、雷达、自动气象站等探测设备对天气系统进行跟踪,判断云的移向、移速,预计降水将在未来 0 ~ 6 h 影响保障区时,第一道防线的高炮和火箭做好

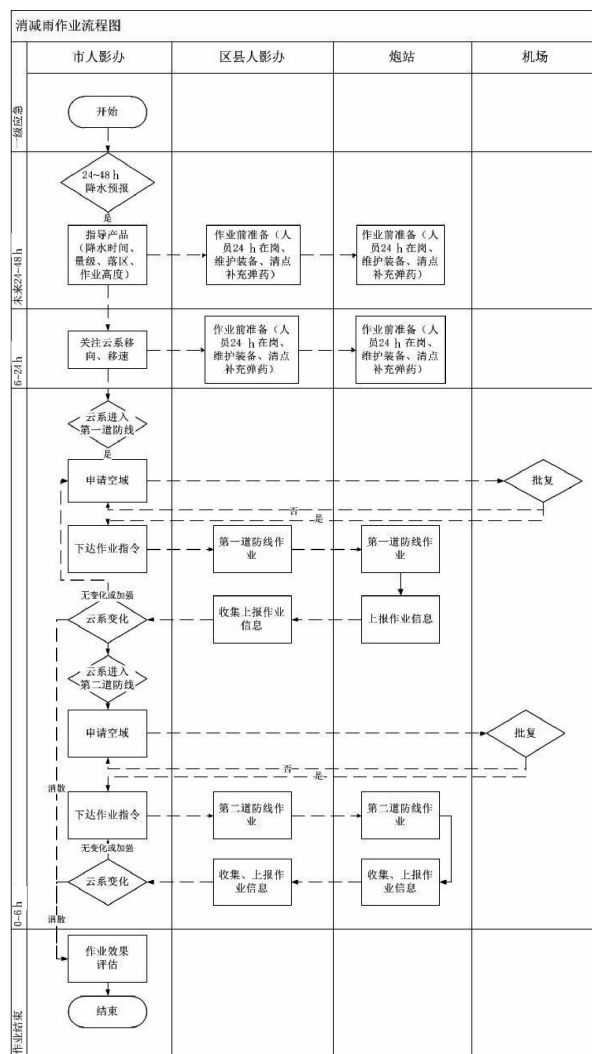


图2 消减雨作业流程示意图

作业准备,待降水云团抵达第一道防线时,迅速组织地面消减雨作业。与此同时,第二道防线作业点进入待命状态。若第一道防线作业后降雨仍未停止,则第二道防线与第一道防线作业点同时进行消雨作业。作业结束后作业点上报作业信息、天气变化等情况,市人影办对作业效果进行评估。消减雨作业流程示意图如图 2 所示。

2 人工消减雨作业保障情况

“8·12”爆炸事故发生后,针对保障区有威胁的降水过程,天津市人影办共组织 10 次地面消减雨作业试验,具体情况见表 2。

对作业站点作业前后天气现象对比,把天气趋于稳定或雨量减小定义为作业有效,雨量增大或无法判断变化情况定义为无效,试验期间消减雨作业有效率为 37.5%;按云的性质分,对积云作业有效率为 50%,积层混合云作业有效率为 25%。

3 典型个例应用检验

2015 年 8 月 18 日, 受高空低涡影响, 爆炸事故现场出现首场降雨, 天津市人影办按照制定的消减雨作业方案, 制作人工影响天气作业指导产品, 并组织消减雨作业试验。

3.1 作业情况

18 日 06:00, 多普勒雷达探测到在河北省保定地区有降水回波生成, 该回波在自西向东移动过程中逐渐加强, 未来将对爆炸核心区产生影响。07:42, 回波在东移过程中形成两个强中心, 强度达到 55 dbz, 冰雹自动识别系统识别回波降水性质分别为冰雹和暴雨(图 3)。08:24 两块回波继续东移并合并。08:42, 回波移至北辰区炮站境内, 回波强度 56 dbz, 云顶高度 13.6 km, 市人影办下达消减雨作业指令。08:56 北辰区双口、前丁庄炮站高炮作业, 分别发射炮弹 18 发。09:05-09:08, 上述两个炮站进行第二轮作业, 09:38 西青区水高庄和当城炮站作业, 9:50 双口和前丁庄炮站进行第三轮作业。

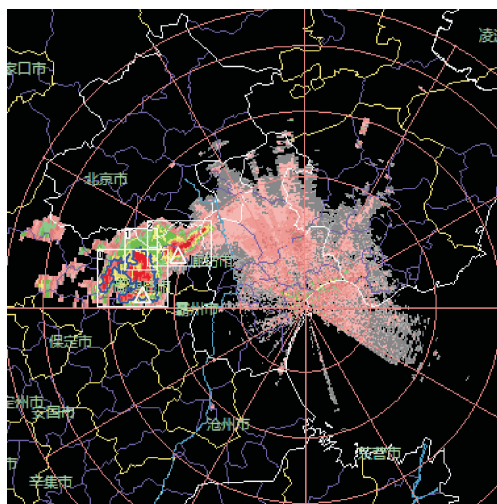


图 3 08:42 雷达回波(三角形为冰雹回波, 蓝色实现划定区域为暴雨回波)

3.2 消减雨作业效果初步分析

图 4 为 08:00-09:00、09:00-10:00、10:00-11:00 三个不同时段小时累积降水量图, 从图 4 中可以看出, 在作业开始前的 1 h, 累积降水量中心值在 25~50 mm, 中心面积较大, 作业开始后的 1 h 累积降水量中心值虽在 25~50 mm, 但中心面积明显减小, 作业结束后 1 h 累积降水量中心值降为 10 mm 以下, 爆炸核心区雨量 0.8 mm, 本次试验取得明显效果。确保了爆炸现场处置工作的顺利进行。

4 总结

(1) 对于人工影响天气保障服务, 应分析保障需求、特点, 根据保障对象需求制定人工影响天气保障服务方案。制订详细的人影作业工作流程, 细化各部门内部职责, 明确描述各个岗位的工作职责、承担角色的能力、具体行动步骤, 使所有指挥人员和作业人员清楚自己的角色分工及任务配合。

(2) 人工消雨作业目前仍处于试验阶段, 并不是所有降水系统都可以进行消雨作业。

参考文献:

- [1] 张纪淮, 苏正军, 关立友, 等. 人工影响天气几个前沿科技问题的研究与思考(II)[C]//第十四届全国云降水物理与人工影响天气科学会议论文集, 北京: 气象出版社, 2005: 753-754.
- [2] 张蕾, 刘建忠, 何晖. 北京 2008 年奥运会开、闭幕式人工消、减雨气象保障服务[C]//中国气象学会, 北京: 气象出版社, 2008: 168-169.
- [3] 龚佃利, 李春虎, 赵健, 等. 十一运会开幕式人工影响天气服务作业决策与实施流程设计[J]. 气象科技, 2010, 38(S1): 51-55.
- [4] 耿树江, 班显秀, 袁健, 等. 第十二届全运会开、闭幕式人工消减雨技术保障[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(2): 507-510.
- [5] 桑单平措, 次珍, 毛善明, 等. 一次保障重大活动人工消雨个例分析[J]. 西藏科技, 2013(2): 50-52.

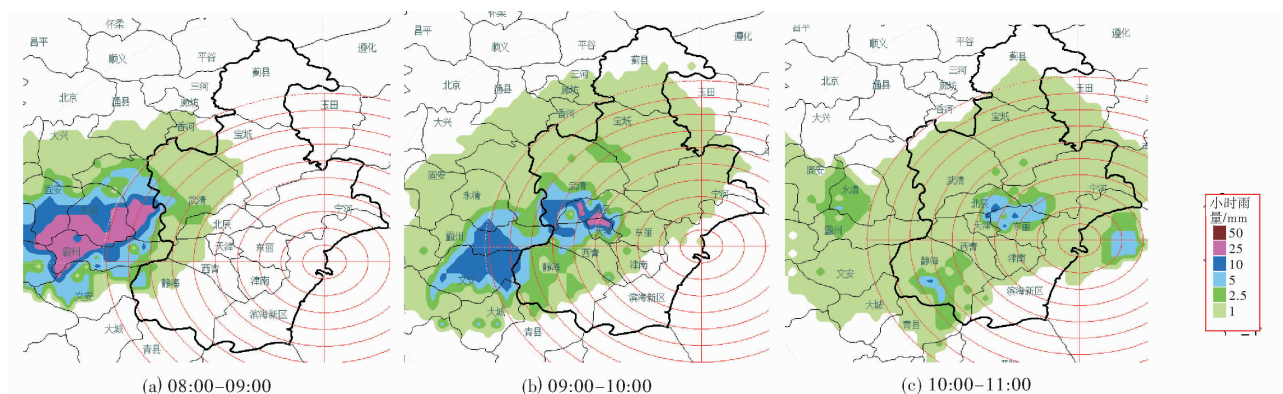


图 4 8 月 18 日三个时段小时累积降水量图

- [6] 高建秋, 王刚, 林俊君, 等. 广州亚运开幕日人工消雨作业的物理响应分析[J]. 广东气象, 2014, 36(5): 51-54.
- [7] 孙玉稳, 孙云, 吴志会, 等. “4·17”森林灭火飞机增雨过程分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(34): 92-101.
- [8] 张蕾, 何晖, 刘建忠, 等. 北京 2008 年奥运会开幕式人工消雨作业[J]. 气象, 2009, 35(8): 5-17, 131-133.
- [9] 高建秋, 冯永基, 赵博, 等. 基于广州亚运期间降水特征分析的人工消雨防线设计[J]. 广东气象, 2010, 32(4): 30-32.
- [10] 陈文. 文山 50 年州庆期间人工消减雨作业方案[C]//中国气象学会, 北京: 气象出版社, 2008: 94-95.
- [11] 徐敏. 天津港 8·12 特别重大火灾爆炸事故现场特点[J]. 城市与减灾, 2015(5): 9-12.

Design and Realization for Artificial Rain Mitigation Operation Service Scheme in Explosion Accident of Tianjin Port

MENG Hui^{1, 2, 3}, SONG Wei¹, WANG Wan¹ and WANG Ping⁴

(1. *Tianjin Weather Modification Office, Tianjin 300074, China*; 2. *China Meteorological Administration and Jilin Province Government Weather Modification Joint Laboratory, Changchun 130062, China*; 3. *Key Laboratory of Meteorological and Ecological Environment of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China*; 4. *School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

Abstract: After the serious fire and explosion accident on August 12, it's a great challenge for rescue and disposal works. Scientific rescue could avoid secondary disasters and rescue personnel casualties. Not only emergency meteorological service but also weather modification works has met new challenges. Based on the analysis for weather modification works in this severe fire and explosion accident, artificial rain mitigation operation experimental scheme is designed. The major work contents, procedure, arrangement of operation line, operation time, seeding location, and catalyst dosage and operation mode are all given in this scheme. The weather modification services are evaluated. Effective percentage of artificial rain mitigation operation is 37.5% during the trial. These works could provide reference for weather modification service of emergencies.

Key words: emergency; explosion accident; weather modification; artificial rain mitigation operation

(上接第 128 页)

Risk Assessment Comparison between Tazhiping Landslide before and after Treatment

SHI Lili¹, HUANG Dong^{2, 3}, QIAO Jianping^{2, 3}, ZHANG Jing⁴, HE Yuqiong⁴ and LI Hu¹

(1. *Chengdu Institute of Geo-Environment Monitoring, Chengdu 610042, China*; 2. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China*; 3. *Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chengdu 610041, China*; 4. *Ke Jia Engineering Management Co. Ltd, Chengdu 610041, China*)

Abstract: Through investigating and analyzing the geological conditions and mechanical parameters of Tazhiping landslide, the finite volume method was adopted, and, taking into account the rheological model was adopted to simulate landslide and avalanche entire mass movement process. We adopt GIS platform to simulate the entire mass movement process of Tazhiping landslide before and after treatment; also provide the conditions and characteristic parameters of the soil deposits(thickness, speed, stresses, etc.) during the landslide mass movement process and mapped the 3D division of risks before and after landslide treatment based on the risk evaluation indexes of landslides on the spatial scale. The results indicated that extend of the risk zones changed before and after the engineering of the landslides, particularly, the area of high-risk zones was significantly reduced (to about 2/3 of the area before treatment), and the characteristic parameters of the mass movement process after treatment decreased to 1/3 of those before treatment. Although engineering treatment had been provided, these landslides still created local high-risk zones, and therefore, it was proposed that houses located in high-risk zones be relocated or reinforced for protection.

Key words: finite volume method; rheological model; motion feature parameters; risk assessment