

曹永民, 李群. 陕西省飞机增雨(雪)作业航线设计及应用[J]. 陕西气象, 2015(3): 45-48.

文章编号: 1006-4354 (2015) 03-0045-04

陕西省飞机增雨(雪)作业航线设计及应用

曹永民¹, 李群²

(1. 陕西省人工影响天气办公室, 西安 710014; 2. 澄城县气象局, 陕西澄城 715200)

摘要: 利用2007—2014年陕西飞机增雨(雪)作业的气象及机场保障等资料, 分析影响航线设计的主要因素, 介绍陕西飞机作业航线设计 and 应用经验, 结果表明: 固定航线加临时修正的模式设计作业航线, 可提高飞行作业批复率, 增加作业量, 延长作业时间。

关键词: 飞机增雨(雪); 作业航线设计; 综合因素; 陕西

中图分类号: P481

文献标识码: B

开发利用大气水是解决水资源危机后备战略的一条途径^[1]。飞机人工增雨(包括增雪), 是人类利用现代化科学技术开发利用空中云水资源的有效途径和抗旱减灾的重要措施^[2]。但飞机人工增雨作业受多方面的条件制约, 在技术环节上还存在某些不确定性, 还需要在科学概念和作业技术等方面不断研究、改进和完善^[2]。陕西在人工增雨作业的同时, 也开展了云的宏、微观物理结构探测及人工增雨技术和效果检验等研究^[3], 尚未开展飞机增雨航线设计相关研究。根据陕西气候和降雨天气特征, 结合飞机增雨作业实际情况, 科学合理设计作业航线, 最大限度规避不利因素的影响, 保障飞机作业在最理想的时机和区域以最理想的方式进行, 达到改善作业效果、增加作业架次、提高作业效益的目的。

1 飞机作业航线设计的内容及要求

飞机作业航线设计除需确定作业目标区、作业时机、作业层高度、播撒方式、催化剂、天气变化趋势等外, 还需考虑机场放飞条件、作业飞机性能、作业空域管理等制约因素, 使作业计划能够得以顺利批复, 及时实施作业。

1.1 作业目标区

选定作业目标区是作业航线设计的主要内容。首先满足作业目的需求, 抗旱作业以特旱、

重旱、干旱区为作业目标区, 一般根据生态环境建设、水库蓄水等需求设计作业目标区。其次, 选定有降水潜力的目标云。研究表明, 适宜开展飞机作业的主体目标云应当为云系发展较为稳定的层积云, 云层厚度(不含层云间的无云区) $> 2 \text{ km}$, 过冷层厚度 $> 1.5 \text{ km}$, 云底高度 $< 2 \text{ km}$, 适宜催化作业的 $-6 \sim -13 \text{ }^\circ\text{C}$ 云系处于 $4.0 \sim 5.5 \text{ km}$ 之间^[4]。第三, 对作业目标区和飞行航线天气变化趋势做出预测, 避免雷暴、强对流等不利天气对飞行和起降安全的威胁^[5]。第四, 飞机作业航线应符合飞行管制的基本要求, 避让战斗飞行任务、重要飞行任务和航班, 合理穿越空中走廊、运输航路, 避让空中禁区、限制区、危险区和飞行训练空域, 符合飞行管制、指挥、调配、监督等有关规定。

1.2 作业时间(时机)

降水处于发展或持续阶段的云层是适宜开展人工增雨(雪)作业的重要条件之一^[6]。当系统云减弱或消散时云层厚度一般不超过 2 km , 云中过冷水较少, 不宜进行人工催化作业^[4]。地面无降水时, 低层大气尚处于不饱和状态, 实施增雨作业后的云层即使有增雨效果, 产生的雨滴在下落过程中由于蒸发等原因也很难降到地面^[7]。确定飞机作业时机, 应依

收稿日期: 2014-09-30

作者简介: 曹永民(1970—), 男, 陕西澄城人, 工程师, 从事人工影响天气工作。

据气象预报和实时探测的雷达、卫星、地面气象站等资料信息,结合作业飞机性能数据计算飞机起降时间和播撒作业时段,使飞机适时到达适合作业的目标区。

1.3 作业层高度

云系中 $-6\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的云层适合增雨(雪)作业,云层厚度一般在 $1\ 000\sim 1\ 500\text{ m}$ 之间。在实际作业飞行中,由于空军、民航空中管制、交通指挥对空间高度层通用分割标准的限制,执行作业任务的飞机飞行高度不可能在云中 $1\ 000\sim 1\ 500\text{ m}$ 范围内随意变换,经过地面指挥员批准允许空中机动飞行时,飞行高度机动变换的区间为预定高度上、下各 $100\sim 300\text{ m}$ 范围,飞行宽度机动变换的区间为预定航线的左、右各 10 km 范围,而且获准机动飞行的时间较短,最终须恢复到预定高度和航线,因此,飞机作业高度的确定应以作业目标区为主,结合航线天气情况,确定有利的飞行高度,既有利于作业效果,又便于飞行指挥,确保飞行安全。

1.4 播撒方式

飞机作业播撒方式有航线播撒、条形播撒、S形播撒、三角形播撒、重复播撒等多种方式^[8],一般情况下根据可催化降水云系尺度范围,结合选定的作业目标区、作业时间,确定最利于增雨效果的播撒方式。条形播撒是最有利的播撒方式,但对空域保障要求也最高,采用该方式作业时,预定作业时段、区域、高度范围内其他飞行器必须避让,不得进、出该区域和高度。近年来,我国航空器空域使用的范围、频率都大幅上升,条形播撒方式的空域保障只有在航运任务较少、较为边远的省(区)才能实现,内陆省(区)、航运枢纽省(区)基本无法保障。陕西省为内陆省(区),同时也是国内四大航运枢纽之一,空域使用十分频繁,陕西省一般采用航线播撒和重点区域重复播撒的作业方式,出现重、特大旱情时,协调空域管制部门提供条形播撒、S形播撒所需要的空域保障。

1.5 催化剂

人工影响天气使用的催化剂通常分为三类:可产生大量凝结核或凝华核的碘化银等成核剂,

可使云中水分形成大量冰晶的干冰、液氮等制冷剂,可吸附云中水分变成较大水滴的盐粒等吸湿剂。成核剂、制冷剂适用于负温区的冷云催化,吸湿剂适用于正温区的暖云催化。航线设计应充分考虑催化剂特性,冷云成核剂的成份主要是Agl(碘化银),一般可在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的过冷云中起到形成冰核的作用,特别是有过冷水滴的条件下才能大量成冰^[9-10]。吸湿剂的主要成份是NaCl(盐),适宜在正温区播撒,云中水含量越高催化效果越好。目前,陕西省作业飞机同时装载三类催化剂播撒设备,根据天气探测资料信息和作业层高度设计装载一种或多种催化剂,在作业过程中针对不同的云使用最适合的催化剂。

1.6 机场保障

不同机场保障飞机起降的能力有差别,同一种机型在不同机场执行起降的标准不同,航线设计时应考虑机场的起降标准,特别是飞机降落接收标准,保证任务结束后飞机顺利降落。同时,应当熟悉、掌握临近4个备降机场的保障标准及天气情况。

2 陕西飞机作业航线设计实践

2.1 获取多次审批机会的航线设计

2011年以前,陕西飞机以区域作业为主,作业方案批准概率较低,或者即使获批但实施时间被改变,造成作业架次少、错失时机。剔除天气条件、限制区、危险区和飞行训练信息缺失等技术因素外,造成这种情况的主要原因是与飞行管制审查批复要求、调整方式不适应,第一次申报未能通过的计划存在补报批复的可能。经过与空军、民航管制业务人员的研讨和协调,将区域作业方案改为在固定航线基础上临时修正的方案,为飞行管制批复提供多次选择机会,缩短审批时间,提高作业计划批复概率,争取作业时间,增加作业架次。

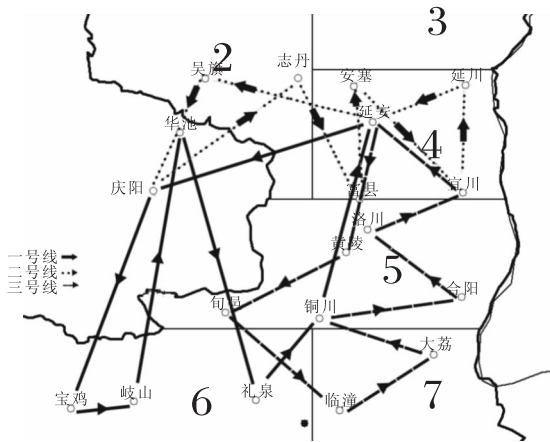
2.2 区域作业航线的特点

根据陕西省自然概况、区域特点、气候特征及降水天气系统类型和各类型降水天气系统历史作业量等资料,2011年3月设计制定了2011-I 1-5号飞机作业航线,并于2011年3-7月在飞机作业中试行5个月。方案的优点为:按照

关中西部、关中中部、关中东、陕北南部、陕北中部、陕北北部、陕南西部、陕南中部、陕南东部等 9 个主要目标区设计航线, 能够迅速将作业目标区按照最佳、适合、一般、不适合四种层次划分, 并根据作业目标区的优先顺序排列出最佳航线、适合航线、一般航线多种选择, 从而避免因作业计划审批而错失作业时机; 融合航线播撒、条形播撒、S 形播撒、三角形播撒、重复播撒等多种播撒方式的优点; 突出区域需求优势。缺点为: 按经、纬度设计航线转折点, 在飞行调配中无法向第三方通报飞机准确位置; 不结合地标的条形播撒航线与其他飞行任务冲突明显。

2.3 固定航线加临时修正作业航线的业务应用

2011 年 7 月, 对飞机作业航线进行了修订和完善, 制定了以延安机场为起降场的 3 条作业航线(图 1); 2012 年 1 月, 制定了以榆阳机场为起降场的 4 条作业航线; 2013 年 3 月, 制定



数字为作业目标区域, 带箭头线为飞机航线

图 1 延安机场固定航线加临时修正的飞机作业航线

了以咸阳机场为起降场的 6 条作业航线; 2014 年 4 月, 制定了以榆阳机场为起降场、针对红碱淖湿地保护区、跨省区、跨飞行管制区的 2 条作业航线。以延安机场为例, 作业航线主要指标为: 最大航程 1 119 km, 最小航程 629 km; 最长飞行时间 4 h 30 min, 最短飞行时间 2 h 40 min; 设计飞行高度 3 000~6 000 m, 平均安全高度 2 551 m; 航速 240 km/h。

2011、2012 年以延安机场为起降场作业飞行各 20 架次, 2013、2014 年以咸阳机场为起降场作业飞行各 30 架次, 共 100 架次。按照第一次申报批准, 第一次申报即时修正批准, 两次及以上申报批准三种情况进行统计分析(表 1), 其中 29 架次的作业计划通过即时修正得以批准, 使计划按时实施的概率提高了 29%。同时, 应用航线设计的 4 a 与未实施航线设计的 4 a 相比, 全省飞机作业量提高了 93 架次, 作业时长增加 299 h, 作业量增长 81%, 作业时长增加 146%, 单架次平均作业时间由 1 h 48 min 提高到 2 h 24 min(表 2)。

表 1 2011—2014 年陕西飞机作业计划批准情况统计表

年份	作业量/架次	第一次申报批准量/架次	第一次申报即时修正批准量/架次	两次及以上申报批准量/架次
2011	20	8 (40%)	7 (35%)	5 (25%)
2012	20	11 (55%)	5 (25%)	4 (20%)
2013	30	15 (50%)	12 (40%)	3 (10%)
2014	30	21 (70%)	5 (17%)	4 (13%)
合计	100	55 (55%)	29 (29%)	16 (16%)

表 2 2007—2014 年陕西飞机作业实施情况统计表

作业情况	区域作业					固定航线加临时修正的航线作业				
	2007	2008	2009	2010	小计	2011	2012	2013	2014	小计
作业量/架次	38	27	25	24	114	41	52	56	58	207
作业时长/h	53	54	50	47	204	88	138	135	142	503

4 结论与讨论

(1) 飞机作业航线的设计涉及作业目标区、作业时机、作业层高度、播撒方式、催化剂、天气变化趋势、机场放飞条件及备降场条件等多种

因素, 作业前需充分准备, 综合分析。

(2) 实施固定作业航线加临时修正的飞机作业航线的设计方案, 提高了作业架次、延长了单架次作业时间, 对抓住有利时机开展人工增雨作

孟妙志, 卢晔, 王仲文, 等. 2013年冬季宝鸡重度雾霾污染分析 [J]. 陕西气象, 2015 (3): 48-52.

文章编号: 1006-4354 (2015) 03-0048-05

2013年冬季宝鸡重度雾霾污染分析

孟妙志¹, 卢晔¹, 王仲文¹, 张向荣¹, 韩洁¹, 庞翻¹, 朱筱娟²

(1. 宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721006; 2. 宝鸡市环境监测中心站, 陕西宝鸡 721006)

摘要: 利用气象观测资料和 PM_{2.5} 质量浓度资料, 统计分析宝鸡市 2013 年冬季重度雾霾污染日时空特征, 探讨雾霾污染日各气象要素的特征。分析发现: ①2013 年 12 月—2014 年 2 月宝鸡出现重度雾霾污染日 28 d, 为近 5 a 来最多。②重度雾霾污染天气过程多持续 4~8 d; 污染严重时次出现在 19—24 时, 具有显著日变化。③宝鸡市东部污染重于西部, 弱东风利于重度雾霾污染出现 (加剧), 转为西风时污染减弱。④重度雾霾污染天气的主要成因包括, 有利的天气形势 (地面关中处于高压底部或后部) 维持, 大气混合层高度低, 相对湿度较大 (70% 左右), 风速较小 (<2 m/s), 连续无降水日长。⑤重度雾霾污染主要为本地污染物聚集所致。

关键词: 重度雾霾污染; 统计特征; 气象成因; 区域输送

中图分类号: X16

文献标识码: A

空气污染与气象条件密切相关, 当出现雾霾天气时, 空气污染加重。2013 年冬季宝鸡雾霾天气出现频繁, 宝鸡市空气质量一度排在全国空

气质量最差行列, 因此有必要对 2013 年冬季宝鸡重度雾霾污染天气进行分析, 为做好空气质量预报积累经验。

收稿日期: 2014-12-23

作者简介: 孟妙志 (1964—), 女, 甘肃平凉人, 高工, 从事天气预报及其研究工作。

基金项目: 陕西省社会科学基金重点项目 (2014ZD09), 宝鸡市渭滨区科技进步计划社会发展项目 (201405)

业具有重要作用。

(3) 应充分利用现有的气象观测网和人影特种设备雨滴谱仪、微波辐射计等, 与空中飞机探测资料相结合, 开展飞机作业效益评估, 指导航线设计, 使航线设计方案更加科学。

参考文献:

- [1] 王守荣, 朱川海, 程磊, 等. 全球水循环与水资源 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 19.
- [2] 中国气象局科技教育司. 飞机人工增雨 (雪) 作业业务规范 (试行) [S]. 2000.
- [3] 梁谷, 田显, 李燕. 人工增雨效果评估中历史降水量代表性的探讨 [J]. 陕西气象, 2012 (4): 16-18.

- [4] 段英, 吴志会, 石立新. 飞机人工增雨催化条件的研究 [J]. 生态农业研究, 1998, 6 (1): 82.
- [5] 周线娅, 胥洁, 杨海蓉. 西安咸阳机场雷暴天气统计分析及其观测方法 [J]. 陕西气象, 2014 (3): 23-25.
- [6] 胡志晋. 层状云人工增雨机制、条件和方法探讨 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (增刊): 10-13.
- [7] 刘文. 用极轨气象卫星资料分析飞机增雨云层条件 [J]. 气象科技, 2005, 33 (1): 81-86.
- [8] 中国气象局人工影响天气办公室, 中国气象局科技教育司. 人工增雨指导手册 [G]. 北京, 1994.
- [9] 苏正军. 含 AgI 焰剂成冰特性的实验研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [10] 李艳伟. 冷云催化剂及其在层状云催化增雨中的应用研究 [D]. 南京: 南京气象学院, 2004.