



中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 1040—2011

航空喷施设备的喷施率和分布模式测定

**Determining application rates and distribution patterns from
aerial application equipment**

2011-10-17 发布

2012-01-01 实施

中国民用航空局 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国民用航空局运输司提出。

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准起草单位：中国民用航空局第二研究所。

本标准主要起草人：王秉玺、俞瑾、朱小波、李欣、郭庆才、赵景祥、黄仲才。

航空喷施设备的喷施率 和分布模式测定

1 范围

本标准规定了农用航空器喷施设备的喷施率和分布模式的测定条件、程序和方法。
本标准适用于配备液态或固态物料喷施系统的固定翼和旋翼航空器喷施作业。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

喷幅 swath
航空器喷施作业后形成的条带状区域。

2.1.1

单喷幅 single swath
航空器一次通过作业区所形成的条带状喷施区域。

2.1.2

多喷幅 mutiple swathes
航空器多次通过作业区所形成的相互重叠的条带状喷施区域。

2.2

喷幅宽度 swath width
喷施作业区相邻两个喷幅中心线之间的距离。

2.3

有效喷幅宽度 effective swath width
与可接受喷施物分布均匀性相对应的最大喷幅宽度。

2.4

单向式喷施 one-direction application
航空器在相邻喷幅往同一方向通过作业区的喷施方式。

2.5

穿梭式喷施 forth-back application
航空器在相邻喷幅往返通过作业区的喷施方式。

2.6

沉积率 deposit rate

采样器中单位面积上沉积的喷施物沉积量。

2.7

喷施率 application rate

喷幅内单位面积上沉积的喷施物沉积量。

3 测定条件

3.1 测试物的理化性质

使用惰性测试溶液代替液态物料进行测定时,二者应具有相似的物理性质。测定过程中使用有毒物质时,应遵守行政主管部门和制造商对有毒物质搬运、装载、使用和处置的规定。

3.2 测定环境

测定分布模式时,测定区风速应不大于 4.5 m/s,喷施设备距离地表或作物冠层的高度应不小于 2.5 m,航空器飞行方向与风向的夹角应不大于 20°。

测定输出速率时,应考虑顺风 and 逆风因素,以最大限度地减小风速对航空器地速的影响。

4 测定方法和程序

4.1 测定内容

测定内容包括:

- a) 喷施物输出速率;
- b) 喷幅分布模式;
- c) 有效喷幅宽度;
- d) 喷幅分布均匀性;
- e) 喷施率。

4.2 喷施物输出速率测定

4.2.1 液态物料

4.2.1.1 在正常飞行条件下,应通过测量储料箱中液态物料在规定时间内输出量计算输出速率,输出速率单位为升每分钟(L/min)。可通过测量储料箱中液态物料补充至初始物料总量的补充量,或用初始物料总量减去剩余物料量,计算液态物料的输出量。测量误差应不大于输出液体体积的 2%。

4.2.1.2 为精确测定储料箱的输出速率,系统运行时间应不小于 30 s,测量时间应精确至 0.1 s。

4.2.1.3 液体喷施系统能在地面进行测试时,则无需在飞行状态下进行。

4.2.2 固态物料

在正常飞行条件下,应通过测量储料箱中固态物料在规定时间内输出量计算输出速率,输出速率

单位为千克每分(kg/min)。测量开始前储料箱中固态物料的体积应不低于储料箱容量的25%，测量误差应不大于输出物料质量的2%，测量时间应精确至0.1 s。

4.3 喷幅分布模式测定

4.3.1 基本要求

4.3.1.1 进行喷幅分布模式测定时，航空器应沿着采样线中心线飞行，飞行高度和速度应根据喷施物和喷施对象的特点确定，飞行方向应始终保持稳定。

4.3.1.2 采样线应置于地表、作物顶部，或符合测定要求的高度。采样线延伸距离应确保全喷幅采样。采样线设置方向应尽量减小侧风对分布模式的影响。

4.3.1.3 测量采样线上方1 m～3 m环境中的温度、湿度、水平风速和风向，标记采样线中心线，并记录航线与采样线中心线的偏差。

4.3.1.4 应在通过采样线前至少100 m处打开航空器上的喷施装置，并且在通过采样线后保持运行100 m。每次测定至少重复三次。

4.3.2 液态物料

4.3.2.1 可通过在储液箱中加入惰性化合物、染色示踪剂以及一些作为示踪物的活性化合物测定分布模式。同时可加入适量乳化剂、分散粘着剂及其他溶剂和载体，以模拟喷施物的物理性质。

4.3.2.2 雾滴采样线可由采样片或采样条带组成。采样片采样面积应不小于 $1.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ，相邻采样片的间距应不大于1 m，采样线的长度应满足全喷幅采样。如果采样片并非水平放置而是成一定角度，则采样线上的所有采样片都应放置成同样角度。

4.3.2.3 应采用适合的溶剂和洗脱技术将采样器表面的示踪物质全部或以常量百分比洗脱，并确保只有采样区内的样品被洗脱。采用与示踪物相适应的样品浓度分析方法(如光电比色法、吸收或发射光谱法、液相或气相色谱法等)测定洗脱样品浓度，样品检测灵敏度应不小于 $2 \times 10^{-6} \text{ mg/L}$ 。采样线上各位点的喷雾沉积率应根据公式(1)计算：

$$D = (KV_t C_t) / (C_s A) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D ——喷雾沉积率，单位为升每公顷(L/hm²)；

K ——常数，为 10^5 ；

A ——采样器面积，单位为平方厘米(cm²)；

V_t ——从采样器上洗脱示踪物的溶剂体积，单位为毫升(ml)；

C_t ——从采样器上洗脱的示踪物浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

C_s ——喷施液初始浓度，单位为毫克每升(mg/L)。

4.3.2.4 采用电子扫描技术分析采样片或采样条带表面的雾滴大小分布时，应扫描具有代表性的区域。雾滴尺寸至少应分为20个等级，以便精确计算雾滴大小及分布情况。

4.3.3 固态物料

4.3.3.1 粒径较大的颗粒通常由放置于喷施带上的容器进行采集，粉状物和微粒可用涂酯板、盛有粘附剂的浅底盘或其他粘性面板采集。采样器上方敞口面积应不小于0.1 m²。

4.3.3.2 称量采样器中沉积的固态物料，按公式(2)计算沉积率：

$$D = (KW) / (AE) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D ——沉积率，单位为千克每公顷(kg/hm²)；

K ——常数,为 10^5 ;

W ——采样重量,单位为克(g);

A ——采样器开口面积,单位为平方厘米(cm^2);

E ——采样效率,为 $0\sim 100\%$ 。

4.3.3.3 如果采集到的物质为粒状的且可计数,则可用单位面积内的颗粒数量表示沉积率。如果采集到的粉状物本身可作为示踪材料,或加入了适当的示踪材料与粉状物混合,则可按洗脱示踪物的方法(见 4.3.2.3)对粉状沉积物进行分析。

4.4 有效喷幅宽度测定

4.4.1 应根据 4.3.2.3 和 4.3.3.2 得到的各组测定数据,以沉积率为纵坐标,以航空器飞行路线两侧的采样点为横坐标绘制分布曲线,按照 4.4.2 中的检验方法,或 4.4.3 中的模拟叠加和统计分析的方法测定有效喷幅宽度。

4.4.2 用检验方法测定有效喷幅宽度——对于大多数空中喷施物,其沉积分布曲线近似于一个三角形或梯形,且最大沉积率应位于航空器飞行路线下方,沉积率从曲线中心向边缘逐渐减小。曲线两侧各有一点的沉积率为最大沉积率的一半,这两点之间的距离可作为有效喷幅宽度。如果测定结果中包含不可靠的最大沉积率或其他不规则点,则应在绘制曲线前将其剔除。

4.4.3 用模拟叠加和统计分析方法测定有效喷幅宽度——以航空器飞行线路为中轴线绘制单喷幅分布曲线,相邻单喷幅曲线经部分区域重叠后得到一个模拟田间分布的多喷幅复合曲线。由于单喷幅曲线两侧通常并不完全对称,因此曲线可分别模拟单向和穿梭式喷施方法。重叠的曲线数量应足够多,以确保模拟的田间分布曲线具有代表性。如果曲线尾部不超过相邻喷幅的中心线,则要求的曲线数量分别是:单向式喷施不少于 2 个,穿梭式喷施不少于 3 个;如果曲线尾部超过了相邻喷幅的中心线,则要求的曲线数量分别是:单向式喷施不少于 4 个,穿梭式喷施不少于 5 个。计算两种喷施方法中心线间距及喷施物的变异系数(CV),相应的喷幅增量应不大于该喷幅的采样间隔(采样条带为 1 m),与可接受变异系数相对应的最大喷幅宽度为最大有效喷幅宽度,将各重复的最大有效喷幅宽度平均后得出有效喷幅宽度。

4.5 喷幅分布均匀性测定

4.5.1 用沉积量的变异系数表示多喷幅喷施物分布的均匀性。根据 4.4.3 中模拟叠加和统计分析的方法,或者在实际飞行测试中得到的多喷幅样品沉积量,可计算该变异系数。

4.5.2 采用分布模型的中心区域数据计算变异系数。对于具有两条喷幅的分布模型,应采用相邻喷幅中心线之间的数据;对于具有三条喷幅的分布模型,应采用第一条和第三条喷幅中心线之间的数据;对于具有四条喷幅的分布模型,应采用第二条和第三条喷幅中心线之间的数据;对于具有五条喷幅的分布模型,应采用第二条和第四条喷幅中心线之间的数据。

4.5.3 应按公式(3)、(4)和(5)计算样品沉积量的平均值、标准偏差和变异系数:

$$\bar{X} = \sum x_i / n \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$SD = \left[\frac{\sum ((x_i) \sum \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} = \left[\frac{\sum (x_i^2) \sum (\sum x_i)^2 / n}{n-1} \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$CV = (100SD) / \bar{X} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$\bar{X}$ ——沉积量的平均值;

X_i ——采样点的沉积量;

n —— 采样点的数量；
 SD —— 标准偏差；
 CV —— 变异系数。

4.6 喷施率测定

应根据输出速率的平均值、航空器地速和有效喷幅宽度，按公式(6)计算喷施率：

$$R=(QK)/(VS) \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 R —— 喷施率，单位为升每公顷(L/ hm²)或千克每公顷(kg/ hm²)；
 Q —— 输出速率，单位为升每分(L/min)或千克每分(kg/min)；
 K —— 常数，为 600；
 V —— 航空器地速，单位为千米每小时(km/h)；
 S —— 有效喷幅宽度，单位为米(m)。

5 报告

农用航空器、液态或固态物料喷施系统的相关信息，以及输出速率和分布模式测定的相关结果应记入报告单(见附录 A)。



附 录 A
(规范性附录)
报告单

本标准使用的报告单格式见表 A.1～表 A.5。

表 A.1 航空器

机 型		机 号	
航空器制造商		出厂日期	
翼展		翼尖阻流板型号	
机翼改动情况		发动机制造商	
发动机额定功率		螺旋桨制造商	
螺旋桨型号		螺旋桨长度	
航空器毛重 ^a		其他	
^a 航空器位于作业区上方时,包括飞行员、燃料、油料、喷施物等在内的航空器总重量。			

表 A.2 液态物料喷施系统

喷施物	组分及比例		主要物理性质	
喷施设备	制造商		型号及序列号	
	出厂日期			
驱动泵	制造商		类型	
	尺寸		驱动方式	
喷杆	截面尺寸		截面形状	
	长度			
雾化器(喷头)	类型和型号		数量	
	布置方式 ^a		喷施方向	
喷施参数	压力		流量	
其他				
^a 如果雾化器(喷头)点位对称应提供雾化器间距;如果雾化器(喷头)点位不对称,应提供一张显示各雾化器点位的图表。				

表 A.3 固态物料喷施系统

喷施物	名称		粒径尺寸	
	形状		密度	
喷施设备	制造商		类型	
	型号及序列号		出厂日期	
进料口	形状		尺寸	
定量门	形状		尺寸	
	开闭方式		操纵方式	
	定量方式			
输送机或搅拌器	旋转直径		驱动方式	
	转速		操纵方式	
其他				

表 A.4 输出速率测定

序号	喷施物消耗量	喷施时间	输出速率
1			
2			
3			
输出速率平均值			

表 A.5 分布模式测定

喷施设备距地表或作物冠层的高度		航空器地速	
测定区风速		测定区风向	
测定区湿度		测定区温度	
采样器尺寸		采样器放置方向	
采样器放置高度		测定区地表类型	
测定区作物类型		测定区作物高度	
有效喷幅宽度		样品沉积率	
样品沉积量的平均值		样品沉积量的标准偏差	
样品沉积量的变异系数		喷施率	
如果采用间隔采样片,应记录间距和数量;如果使用容器来采集固态物料,则应报告器壁高度,容器是否盛有液体,以及用于粘附喷施颗粒或粉尘粘性材料的类型。			

参考文献

- [1] MH/T 0017—1998 农业航空技术术语
 - [2] ASTM E642—91(2002) Standard practice for determining application rates and distribution patterns from aerial application equipment
 - [3] ASAE S386.2 FEB04 Calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment
-