



中华人民共和国国家标准

GB/T 27612.3—201×/ ISO 15886-3:2021

代替GB/T 27612.3—2011

农业灌溉设备 喷头 第3部分： 水量分布特性和试验方法

Agricultural irrigation equipment—Sprinklers—Part 3: Characterization of
distribution and test methods

(ISO 15886-3:2021, IDT)

(草案)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局 发 布
国 家 标 准 化 管 理 委 员 会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 27612《农业灌溉设备 喷头》的第1部分。GB/T 27612 已发布以下部分：

- 第1部分：术语和分类；
- 第3部分：水量分布特性和试验方法；
- 第4部分：耐久性试验方法。

本文件代替 GB/T 27612.3-2011《农业灌溉设备 喷头 第3部分：水量分布特性和试验方法》，与 GB/T 27612.3-2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准的适用范围（见第1章，2011年版的第1章）；
- b) 删除了部分术语，更改了部分术语，增加了部分术语（见第3章，2011年版的第3章）；
- c) 更改了被试喷头的安装要求（见第5章，2011年版的第5章）；
- d) 增加了“雨量筒内蒸发损失的修正”要求（见6.4）；
- f) 更改了试验方法（见第7章，2011年版的第7章）；
- g) 更改了附加试验（见第8章，2011年版的第8章）；
- h) 更改了试验操作（见第9章，2011年版的第9章）；
- i) 更改了水量分布特性要求（见第11章，2011年版的第11章）。

本文件等同采用 ISO 15886-3: 2021《农业灌溉设备 喷头 第3部分：水量分布特性和试验方法》。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会(SAC/TC201)归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

引 言

GB/T 27612《农业灌溉设备 喷头》拟由以下4个部分构成。

- 第1部分：术语和分类；
- 第2部分：设计和运行技术要求；
- 第3部分：水量分布特性和试验方法；
- 第4部分：耐久性试验方法。

农业灌溉设备 喷头 第3部分：水量分布特性和试验方法

1 范围

本文件规定了农业灌溉用喷头水量分布特性的试验条件和试验方法。

本文件中术语“喷头”具有广泛的通用含义，旨在涵盖各种产品。本文件涉及的性能测量包括灌溉喷头的水量分布均匀性、喷头射程和喷射高度。本文件适用于所有类型的灌溉喷头，需要对以上三种性能进行测量，以验证制造商定义的设计目标。

本文件主要包括室内、室外雨量筒放射线布置法和雨量筒方格网布置法。首先处理所有测试所共有的条件，然后处理仅室内测试所独有的条件，最后处理仅室外测试所独有的条件。

对于任何给定的喷头，各种喷嘴配置，工作条件和调节至少在理论上需要进行大量测试。在准确度满足标准的前提下，测试机构和制造商可以使用内插技术来减少实际测试的次数。

本文件未涉及冰冻条件下使用的喷头的防冻性能试验。

本文件也未涉及水滴光谱测量和特性以及土壤密实度、雾滴漂移、蒸发损失等相关问题，在设计灌溉系统时要考虑这些因素。

本文件用于评估相同并且以固定的重复几何图案排列的喷头的灌溉范围。本文件不适用于移动系统。

如果测试机构可以满足性能参数中潜在的异常问题，则本文件适用于扇形喷头。

注：附录 A 阐述了喷头均匀性的表征程序。附录 B 阐述了扇形喷头试验。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 保持使用以下地址的标准化的术语数据库

ISO 在线浏览平台 (ISO Online browsing platform): 可从以下网站获得 <https://www.iso.org/obp>

IEC 电子百科全书 (IEC Electropedia): 可从以下网站获得 <http://www.electropedia.org/>

3.1

环境温度 ambient temperature

喷头周围的空气温度。

3.2

喷洒区域 area of coverage

喷头按制造厂规定的有效强度 (3.9) 范围内操作的喷头湿润边界内的面积。

3.3

克里斯琴森均匀系数 Christiansen's uniformity coefficient

UCC

利用算术偏差法来表征喷头实地测量或模拟灌水均匀性的系数。

3.4

清水 clean water

经过处理（如需要）后，含有的悬浮颗粒不大于 74 μm（200 目），并且不含短期内会对喷头材料产生影响的非溶性化学物质的水。

3.5

雨量筒 collector

水量分布试验期间用于收集喷头喷出的水的容器。

3.6 临界干燥区域 critical dry area

基于干燥区域大小定义覆盖物的一致性。

3.7

密度曲线图 densogram

利用点阴影密度表示喷头或一组喷头喷洒区域（3.2）内水分分布深度的曲线图。

3.8

水量分布均匀性 distribution uniformity

DU

使用最低 25% 的灌水深度来表征喷头网格实测或模拟灌水均匀性的系数。

3.9

有效灌水强度 effective application rate

流量（3.11）大于 120 L/h 的喷头，灌水强度不应小于 0.26 mm/h；流量不大于 120 L/h 的喷头，灌水强度不应小于 0.13 mm/h。

3.10

有效喷洒半径 effective radius of throw

喷头复原水量 95% 处的半径，适用于测量点之间的内插值。

3.11

流量 flow rate

单位时间内流经某一设备的水的体积。

3.12

雨量筒方格网布置法 full grid collector array

将一组雨量筒（3.5）沿两直角坐标轴布置成格栅图案，为确定水量分布均匀性（3.8）提供统计数据。

3.13

进口规格 inlet connection size

用于描述与灌溉管连接尺寸相同的喷头的数值标识。

3.14

灌溉支（毛）管 irrigation lateral

灌溉系统中直接或借助管件、立管、管子等安装喷洒装置的供水支管道。

3.15

喷嘴 nozzle

喷头上的喷水孔或喷射管。

3.16

扇形喷头 part-circle sprinkler

具有调节功能、无论是否带有附件均可灌溉扇形或圆形区域的喷头，从而可调节灌溉另一个扇形和圆形区域。

3.17

埋藏式喷头 pop-up sprinkler

在无水压状态下喷嘴位于地面以下，有水压状态下喷嘴自动从地下升起位于地面以上的灌溉喷头。

3.18

测压孔 pressure tap

用于连接内部导压管与外部测压装置的连接。

3.19

雨量筒放射线布置方法 radial collector arrays method

一组雨量筒（3.5）仅沿从喷头中心线向外辐射的径向轴布置，用以确定喷头的水量分布特性曲线。

3.20

喷头射程 radius of throw, wetted radius

从连续运行的喷头中心线到喷头以最小有效强度（3.9）沉积水的最远点的距离，除部分圆形喷头在弧极附近测量外，在任何覆盖弧度下测量。

3.21

工作压力范围 range of working pressure

最小工作压力和最大工作压力之间的压力。

3.22

旋转式喷头 rotating sprinkler

通过绕其轴旋转运动，完成圆形、扇形或非圆形区域的喷洒装置。

3.23

时序系数 scheduling coefficient

SC

基于临界干燥区域（3.6）对方格网数据分析，用来表征水量分布均匀性的系数。

3.24

喷头间距 sprinkler spacings

常规设计包括灌溉支管（3.14）上两相邻喷头之间的距离以及两相邻灌溉支管之间的距离。

3.25

统计均匀系数 statistical uniformity coefficient

UCS

采用标准偏差作为统计学中的离差测量得到的系数，表征喷头田间实测水量分布均匀性的系数。

3.26

试验压力 test pressure

由制造厂声明并用以试验的喷头入口处的压力。

3.27

最大喷射高度 maximum trajectory height

在试验压力（3.27）下，喷头喷出的水束相对于喷头的最大高度。

3.28

灌水强度 water application rate

单位时间内的平均灌水深度。

3.29

分布曲线 distribution curve

喷头沿规定半径的距离与灌水深度之间的函数关系曲线图。

3.30

风速 wind speed

喷头进行水量分布均匀性（3.8）试验时，试验场内的平均风速。

3.31

工作压力 working pressure

制造厂推荐的、能够确保喷头正常运行的水压。

4 雨量筒

4.1 雨量筒设计

任一单项试验中使用的全部雨量筒应完全相同。每个雨量筒在结构上均应保证水溅入或溅出量以及可能由风流引起的积水量偏差至最小。

雨量筒的高度至少应为试验中所收集到的水的最大深度的两倍，且不小于 150 mm。

雨量筒应具有无缺口的尖劈状圆环形开口。雨量筒的开口直径应为高度的 0.5 倍~1 倍，且不小于 85 mm。

可采用其他型式的雨量筒，但其测量准确度不应低于上述雨量筒的测量准确度。

雨量筒的集水量应能直接读出数值，或为质量法，或为深度法，或为体积法，只要其准确度符合本文件要求。

4.2 雨量筒方位

所有雨量筒应位于任意方向的坡度均不应大于 2 % 的同一水平面上。任意两个相邻雨量筒之间的高度差均不应大于 20 mm。

雨量筒的高度不影响室内试验。室外试验时，雨量筒的高度应保证试验场内的植物不会干扰喷洒水进入雨量筒。

5 被试喷头的安装

选取的试验用喷头应能代表整体产品的水平，尤其应考虑转速性能。新喷头在试验前应进行试运转，使其旋转达到稳定，每转的转动时间偏差不应大于±5%。

将喷头安装在公称尺寸与喷头进口规格相同尺寸的立管上。立管应铅直稳固，试验中不应出现弯曲、偏斜以及可见的振动，立管相对于铅垂线的最大偏斜角应不大于 2°。

为保证所需的机械强度和便于标准测压孔的安装，推荐使用钢制立管。

喷头喷嘴相对于雨量筒的高度宜模拟喷头的正常使用状况。例如，草坪用喷头的喷体顶部宜与雨量筒顶部平齐。

对各种田间条件下使用的喷头，以下高度要求适用：

- 洒水立管顶部顶端高出雨量筒开口处的高度应符合制造商的规格。
- 如果制造商未提供规格，则相关数据应从表 1 中选取，公差为±0.05 m。

表 1 喷头高度

喷头流量 l/h	喷头喷嘴高出雨量筒的高度 m
埋藏式	0 (在无压状态下)
0~300	0.3
301~1500	0.5
1501~2500	1.0
>2500	1.5

如果制造厂规定了特定试验条件（例如，带稳流器进行试验），应确认该项目是喷头供货时的标准配置。

对非上述立管安装方式的被试喷头，试验时应采用制造厂规定的安装方式。

对单象限水量分布图，可在喷头周围设置阻挡喷射水流的遮挡物，遮挡物应符合下列要求：

- 应足够大，能限制喷射水流，且不影响喷头运行或利于雨量筒收集水；
- 结构上应为气旋在喷射流周围形成；
- 应构成最小扇形角使喷头在雨量筒中心线两侧 45° 范围内能够自由喷洒运行；如果检验机构使用的角度小于 45°，应论证试验结果的完整性。应特别注意扇形尺寸，以避免截断冲击臂产生的射流。
- 不应使喷射流偏离或直接飞溅到雨量筒中。

6 测量

6.1 测量准确度

本文件未作规定的项目的测量准确度应为±3%。

雨量筒集水深度的测量准确度应为±3%。

压力测量准确度应为±1%。

喷头流量测量准确度应为±2%。

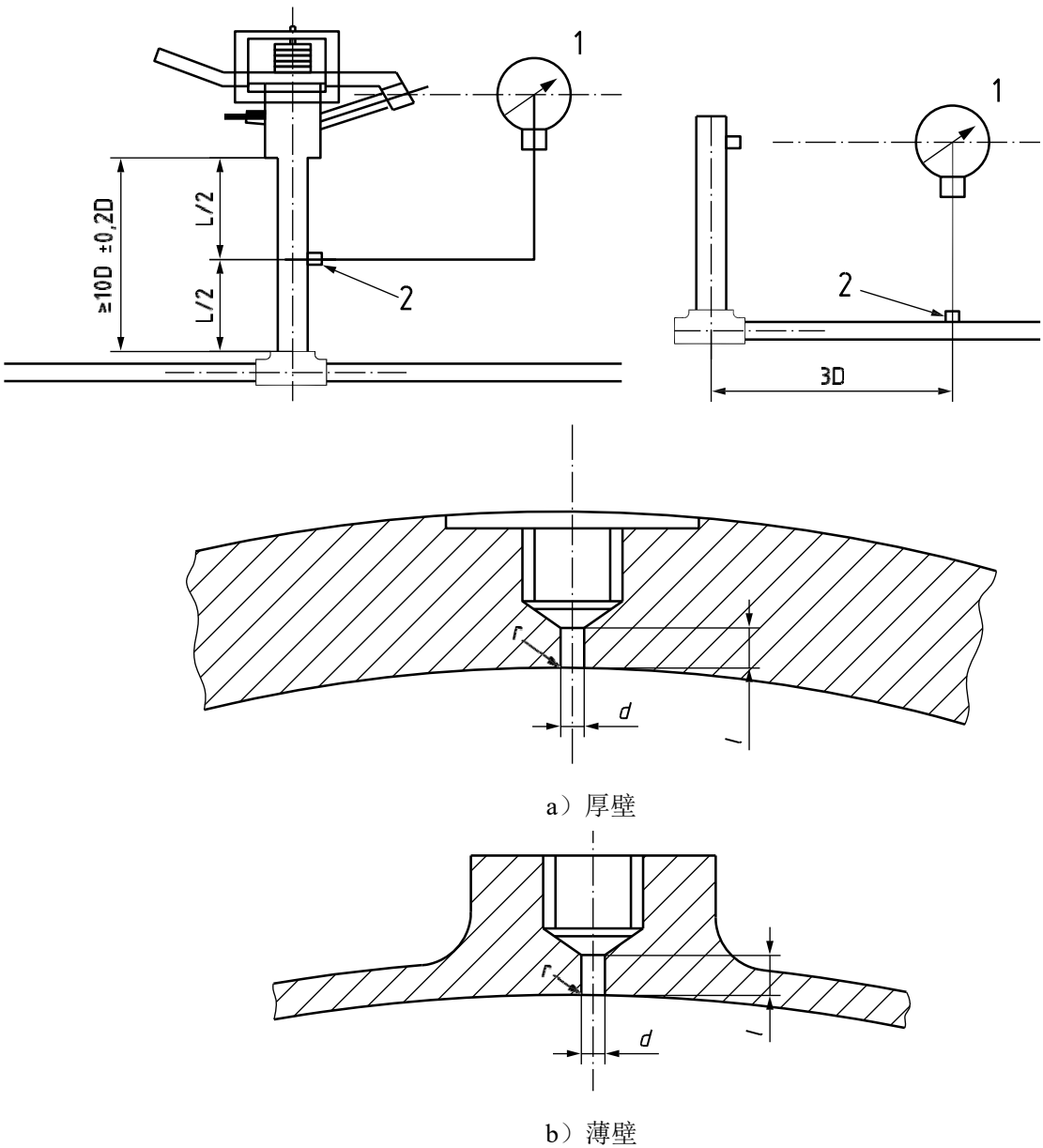
时间测量应采用测量准确度为 $\pm 0.1\text{ s}$ 的秒表。

温度测量准确度应为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 压力测量

试验压力应在喷头主喷嘴高度上测量。测压孔结构见图 1。喷头基准线与测压孔之间不应有阻挡水流的障碍物。安装测压孔的管件内部应干净、光滑。测压口应位于立管的中点。

对于埋藏式洒水喷头，应在距洒水喷头底座 $3D$ （主管）距离的主管中测量压力。



说明：

1——压力表

2——测压孔

D ——埋藏式喷头的立管公称直径/主管公称直径

L ——立管长度

图 1 测压孔位置和结构图

图 1a), $l \geq 2.5d$, 式中 $d=3 \sim 6\text{mm}$ 或 $1/10$ 倍管径
图 1b), $l \geq 2d$, $r \leq d/10$

6.3 大气参数测量

应在试验开始、中间阶段和结束前测量试验场内的相对湿度和环境温度。对于室内试验，试验过程中温度和湿度相对于试验初期的变化量应不大于±5.0%。
可能需要调节系统以确保测试设备满足此要求。

6.4 雨量筒内蒸发损失的修正

在某些情况下，雨量筒内的蒸发损失已知会导致测量误差超过所需的±3.0%精度。在这些情况下，应使用以下程序对雨量筒读数进行修正：
在三个雨量筒中的每一个中放置大约等于测试期间要收集的平均体积的水。将雨量筒放置在测试区域附近但在喷洒区域之外。测量测试前后的水量，并将差异应用于每个雨量筒中的水量。

7 雨量筒的布置方式、间距和数量

7.1 雨量筒方格网布置

7.1.1 方法

该方法将雨量筒布置成正方形方格网，喷头放置在方格网内。该方法特别适用于测试风对喷头性能的影响，也适用于测试喷洒区域不对称的喷头。

7.1.2 雨量筒间距

沿方格的两条坐标轴布置雨量筒，并保证其间距相等。如果需要覆盖预期的喷洒区，可在雨量筒布置区顺风边缘布置附加雨量筒。表 2 规定了与喷头喷洒半径有关的雨量筒间距。

表 2 雨量筒间距

喷头有效喷洒半径 m	最大雨量筒间距 (中心至中心) m
1.0~3.0	0.25
3.0~6.0	0.50
6.0~12.0	1.00
12.0~17.0	2.00
大于 17.0	3.00

建议在覆盖区域内至少放置 80 个雨量筒。如果覆盖范围内的雨量筒少于 80 个，则检验机构应证明结果的统计性。

7.1.3 相对于网格的喷头位置

喷头应布置在四个相邻雨量筒的中间。

另外，喷头也可布置在方格网线交点上。

7.2 雨量筒放射线布置

7.2.1 方法

该方法将雨量筒布置在一条或几条（通常为 4 条，间隔 90°）由喷头所在位置引出的放射线上，用于测试喷头灌水强度在径向上的变化规律。该方法特别适用于喷洒图形对称的喷头和无风条件下试验。

该试验的目的是确定灌水强度与径向距离之间的准确函数关系。如果已知喷头的喷嘴组合有不连续点，应布置足够多的雨量筒以适应这种特性并且能够允许连续功能表征。

7.2.2 雨量筒间距

表 2 规定了与喷头喷洒半径有关的雨量筒间距。

7.2.3 喷头位置

喷头应布置在距第一个雨量筒为一个雨量筒间距处，并与雨量筒在同一射线上。

7.2.4 喷头射程

对复合布置法试验，喷头射程/喷洒直径应取所有布置法的平均值。

8 附加试验

8.1 旋转时间

依靠自身驱动机构旋转的喷头，应在试验开始、中间和结束前测量旋转时间。每个位置至少应记录三个测量值。试验中间时通过每个象限时均应测量一次时间。每个象限至少应记录三个测量值。并应标出雨量筒方格网的各象限位置。计算通过每个象限所需的旋转时间以及相对于测量的旋转时间的最大偏差（百分比，%）。最大偏差不应超过旋转时间的 $\pm 12\%$ 。该测试不适用于旋转时间少于 10 s 的喷头。

8.2 喷射高度

应从通过主喷嘴的水平面开始测量。有代表性的主水流上表面偶然达到较大高度的水滴应忽略。测量时应保证立管在铅直方向的偏差不大于 2°，应记录最大喷射高度位置的径向距离，喷射高度和喷头射程的测量准确度应为 $\pm 5\%$ 。

9 试验操作

9.1 转动喷头立管

雨量筒放射线布置法（7.2）试验时，应在喷射水流不在雨量筒上方时、按相等的时间间隔人工将安装喷头的立管转动 3 次，每次转 1/4 圈（90°）。

对具有特殊运行方式的喷头，应在不影响试验的情况下转动立管。

9.2 试验持续时间

试验持续时间应保证至少 80% 的雨量筒集水量的读取精度满足 $\pm 3\%$ 。雨量筒内的水量应至少达到按

喷头流量计算出的理论值的 90%。

所有雨量筒至少应进行 30 次通过。

对于在操作特性方面有程序变化的喷头，试验的持续时间应足够长，以使所有雨量筒接受相同的操作顺序。

9.3 其他试验事项

应在喷头达到稳定的水力运行状态后（例如空气已全部排出）开始试验。喷头未达到稳定状态时将其罩住，并在开始试验时撤去遮罩物。

试验中，试验压力应在工作压力范围内，并且其变化应在规定值的 $\pm 4\%$ 范围内，水温的变化应在 $\pm 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

试验刚启动和停止时，应避免压力不足或不稳定运行状态下喷头喷洒的水滴落到雨量筒内。这可以通过使用位于立管底部的手动杠杆作用阀来实现。

应避免喷头旋转时通过雨量筒各象限或各部分方格网的次数不相等。

本文件未特殊规定时，应首先考虑被试喷头的使用方法和应用场合，其次考虑制造厂对产品性能试验的要求。考虑的因素包括：

- 与植物冠层有关的喷头高度；
- 立管或悬吊管长度；
- 喷头结构以及喷射方向（喷射水流向上或向下）等。

除非喷头制造商规定更高的水清洁度，否则所有测试均应使用清水。

10 试验场地

10.1 室内试验用建筑物

假定室内喷头测试可提供不受风影响的模拟结果。为符合假定的无风试验条件，试验用建筑物不应有使空气流动速度大于 0.10 m/s 的通风结构（门、窗等）。建筑物的尺寸不应使最大喷射水流造成限制。

试验用建筑物应符合下列规定：

- 地面坡度不大于 1.0% 以满足排水要求（雨量筒开口表面应在同一水平面上）；
- 最小长度应至少为最大喷头射程的 125% ；
- 最小宽度等于径向雨量筒排列每一侧的最大喷头射程的 25% ；
- 顶棚净高应至少为喷头最大预测喷射高度的 125% ；
- 雨量筒附近不应有干扰喷射水流（当水流经过雨量筒径向阵列时）的立柱或桁架。

10.2 室外试验场

10.2.1 一般要求

布置雨量筒的试验场应整平，任何方向的坡度均不应大于 2% 。地面上不应有阻碍喷射水流降落的障碍物。地面的粗糙程度包括植被高度不应超过 150 mm ，以免对喷射水滴落入雨量筒造成干扰。

试验场周围不应有影响风力风向的树木、建筑物或其他障碍物。逆风试验场，风速每增加 0.45 m/s ，空旷区最小长度应增加逆风防风物高度的 6 倍；当风速大于或等于 2.24 m/s 时，空旷区长度取最大值，即逆风防风物高度的 30 倍；顺风试验场，空旷区最小长度等于顺风防风物高度的 5 倍。

10.2.2 大气环境条件的测量

试验中应采用相同的时间间隔测量相对湿度和环境温度，在试验持续时间内至少应测量 10 次。

风速风向测量仪表应放置在相对于喷头最大喷射高度偏差为±10%处。应测量放置的实际高度并记录在数据表中。

传感器应放置在距湿润边缘 45 m 范围内，并应选在试验场内最有代表性的位置。

在试验开始后、结束前应以不大于试验持续时间 10%的时间间隔连续测量并记录风速和风向。风速记录应精确到 0.2 m/s，风向记录应精确到 10°。应以雨量筒布置的主轴线为风向的基准线。对单象限试验，风速不应大于 0.4 m/s，对四象限试验，平均风速不应大于 1.3 m/s，且任何情况下的风速不应大于 2.2 m/s。

11 水量分布特性

11.1 概述

本章提出了按雨量筒方格网布置法试验所得结果有效表征喷头性能的方法。特殊性能根据制造厂规定的喷头用途确定。

11.2 水量分布图和均匀性

表 3 给出了表征水量分布均匀性的四种方法。

表 3 均匀性计算方法

名称	符号	附录 A 条款
1.克里斯琴森均匀系数	UCC	A.2.2
2.统计均匀系数	UCS	A.2.3
3.水量分布均匀性	DU	A.2.4
4.时序系数	SC	A.2.6

应选择与喷头设计目标或预期用途相吻合的表示方法。

水量分布图可通过密度曲线图或等值线图表示，以增加其几何精确度。如有必要，可将喷头的实际性能与设计目标进行对比。

11.3 按放射线布置法测得的数据获取喷头性能

如果检测机构决定采用雨量筒放射线布置法，应保证满足雨量筒方格网布置法的准确度。如果风是喷头设计中考虑的一个影响因素，则只能采用雨量筒方格网布置法。

如果认可基于假设的试验结果，且喷头具有常见的对称水量分布图，可利用雨量筒放射线布置法所测数据，由计算机生成方格网图，并将试验数据采用曲线拟合程序进行分析，建立喷洒水量与距喷头旋转中心距离之间的函数关系方程式，计算方格网线交点上的喷洒水量，并由此模拟方格网图。

11.4 试验结果验证

要验证，重组流量（ Q_{rel} ）与水表测得的流量之间的偏差不应超过 5%（洒水喷头流量为 0.14 l/s 或更高），偏差不应超过 7% l/s（流量小于 0.14 l/s）。重构流量由公式（1）和（2）计算：

$$V_{\text{rel}} = \sum 2\delta r_i d_r x_i \quad (1)$$

式中:

r_i ——测量 x_i 的半径

d_r ——测量间距

x_i ——雨量筒灌水深度

$$Q_{\text{rel}} = \frac{V_{\text{rel}}}{t} \quad (2)$$

式中:

t ——喷头运行时间

12 覆盖范围和水量分布曲线

12.1 概述

测试 3 个相同品牌、型号和公称尺寸的喷头。

在无风条件下沿一个半径进行测试。

操作喷头 1h, 保持喷头入口处的测试压力

测量每个雨量筒收集到的最远点的水量, 在那里可以获得有效的用水量。

重复测试并计算覆盖范围, 即两次测试中测得距离的平均值。

12.2 喷洒半径

喷头的喷洒半径是 r_t 的四次测量的平均值, 当喷头底座围绕其轴线旋转四分之一圈进行每次测量时, 或通过雨量筒沿四个相互垂直的半径放置时得出。

在无风条件下进行室内测试时, 可以使用单个半径。

覆盖范围应符合制造商提供的值, 允许偏差为±10%。

12.3 分布曲线

使用公式 (3) 计算用水量 h (以 mm/h 为单位):

$$h = \frac{V}{A} \cdot \frac{1}{t} \quad (3)$$

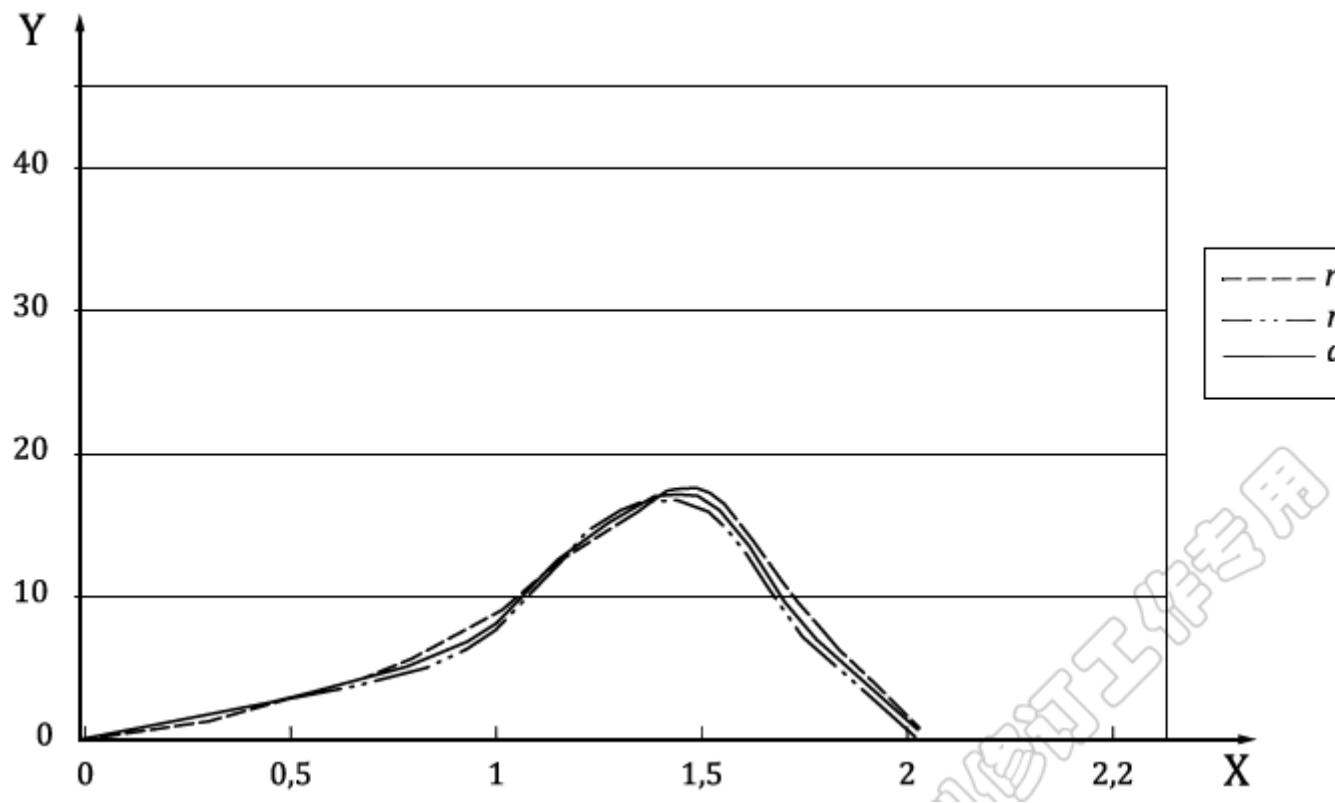
式中:

V ——每个雨量筒收集的体积, 单位为升 (L);

A ——雨量筒开口的面积, 单位为平方米 (m²);

t ——测试持续时间, 单位为小时 (h)。

对于 3 个喷头中的每一个, 绘制所有雨量筒的水量分布曲线, 测量为沿半径的雨量筒到喷头距离的函数。计算并绘制平均水量分布曲线 (见图 2)。



标引符号说明:

X 每个雨量筒与喷头的距离 (m)

Y 用水速率 (mm/h)

r_1 半径 1

r_2 半径 2

a 平均值

图 2 水量分布曲线

喷头应符合下列要求。

a) 被测喷头分布曲线上的任何点与平均分布曲线上的对应点的偏差不得超过 $\pm 0.25 \text{ mm/h}$ 或 $\pm 15\%$ 中的较大者。

b) 平均分布曲线上的任何点与制造商提供的分布曲线上的对应点的偏差不得超过 $\pm 0.25 \text{ mm/h}$ 或 $\pm 15\%$ 中的较大者。

12.4 旋转均匀性（用于以均匀方式旋转的旋转喷头）

本测试适用于流量大于 300 L/h 且转速小于每 8 秒转一圈的喷头。

安装在垂直立管上时，在其标称测试压力下操作喷头，并分别测量每四分之一转所需的时间。重复测量五次。

计算四分之一转所需的平均时间以及与平均值的最大偏差（以百分比表示）。

为符合本文件，与平均值的极端偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。

附录 A

(规范性)

喷头水量分布均匀性的表征程序

A.1 概述

喷头性能试验通常至少满足以下目标之一：

——提供产品的性能水平，判断设计或运行条件变化的效果。该类试验主要适用于产品设计工程师。可以评价喷头机械和水力性能变化对产品改进效果的潜在影响。

——提供制造厂产品技术文件中的技术性能数据。这些数据用于灌溉系统设计者设计灌溉系统组件、预先编制灌溉制度、进行经济分析和产品对比以及一系列喷头间距的系统性能表征。

——为特定产品提供性能合格判定依据。这些数据用于表示合同文件中的产品性能，保证产品符合设计要求。

——为评价灌溉系统的田间性能提供依据。允许设计者、工程师和种植者据此对在建项目的设备进行评估，用于判断其是否满足合同要求和验收试验条件。也可据此审核灌溉系统性能。审核结果通常用作提高水量分布均匀性和灌水效率的依据。

A.2 水量分布均匀性表示方法

A.2.1 概述

目前尚无一种水量分布均匀性的最佳表示方法。由于喷头用途和技术要求的差别，可排除采用单一的水量分布均匀性表示方法。本附录中给出了四种程序。检测机构、制造厂和用户按喷头用途选择本文件规定的一种表示方法。

采用其他表示方法和计算程序，应与喷头的用途相一致。特殊用途的喷头应按本文件规定的同一种方法进行评价。

试验方格网图与表示的方格网图不一致时，可采取插值法。应采用不会不合理的造成结果偏差的插值方法。

A.2.2 UCC

1942 年克里斯琴森 (Christiansen) [2] 在对喷灌的研究中提出了以他名字命名的均匀系数 (UCC)。由于历史原因，UCC 是衡量喷头水量分布均匀性的最常用方法之一。见公式 (A.1)

$$UCC = 100 \times \left(1 - \frac{D}{m} \right) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

UCC ——克里斯琴森 (Christiansen) 均匀系数；

m ——平均值，即

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

d ——平均绝对偏差，等于各个绝对偏差的平均值，即

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

D_i ——单个绝对偏差，等于 x_i 与 m 之差的绝对偏差值，即

$$D_i = |(x_i - m)| \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

n ——用于分析均匀性的网格数；

A.2.3 UCS15886-3

统计均匀系数（UCS）于 1947 年首先由威尔科克斯（Wilcox）和斯维勒斯（Swales）提出^[3]。因为在统计学理论中将标准偏差作为离差测量的一种手段，所以他们推荐 UCS。UCS 也称威尔科克斯-斯维勒斯（Wilcox-Swales）系数：见（A.2）（原版中为 A.2 下同）

$$UCS = 100 \times \left(1 - \frac{s}{m} \right) \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中：

UCS ——统计均匀系数；

m ——平均值，即

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

s ——标准偏差，即

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 \right)} \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

n ——用于分析均匀性的网格数；

A.2.4 DU

水量分布均匀性（DU）是一个均匀性概念，最初由美国农业部土壤保护机构提出。当时它被称为图谱效率（PE），25%低值（修订者采用 25%低值，PE 的另一些版本已经定义为 25%高值）。虽然其名称里有“效率”一词，但 PE 实际上是一个均匀系数，而不是衡量效率的方法。PE 仅与灌水均匀性有关，而与任何设想的或实际的灌溉管理方案无关（灌溉管理方案应提出效率指标）。

大量其他工作者都已采用 PE 的概念，称其为水量分布均匀性（DU）、滴灌均匀性（DU）或微灌均匀性（EU）。美国土木工程师协会灌溉排水分会农业灌溉委员会认可 DU 和 UCC 作为两个推荐的均匀性表示方法。见公式（A.3）（和原版两个公式不一样右边的公式是我自己加的）

$$DU = 100 \times \left(1 - \frac{lq}{m} \right) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

DU ——水量分布均匀性；

m ——平均值，即

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (A.9)$$

n ——用于分析均匀性的网格数；

lq ——25%低值的平均值，即

$$lq = \frac{1}{n_{lq}} \left(\sum_{i=1}^n x_i : x_i \in LQ \right) \dots\dots\dots (A.10)$$

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

LQ ——一个包含最小 x_i 值的 25% 的数组，即

$$LQ = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_j, \dots, x_q\} \dots\dots\dots (A.11)$$

x_1 —— x_i 中的最小值；

x_2 —— x_i 中的第二最小值；

x_3 —— x_i 中的第三最小值；

q ——最靠近 n 的 25% 的整数。

对喷头喷灌均匀性的经验性研究发现，UCC、UCS 和 DU 之间本质上存在着线性关系。大量研究成果得出结论，喷头灌水深度分布通常被描述为正态（高斯）分布函数。由于下列关系式对许多喷头的实际灌水深度分布基本准确，微灌的灌水强度相对于正态分布偏离也不太大，因此当灌水值为正态分布时，下列关系式是准确（精确）的。

$$a) \quad UCC = 0.798UCS + 20.2$$

$$b) \quad UCC = 0.63DU + 37.0$$

$$c) \quad UCS = 1.253UCC - 25.3$$

$$d) \quad UCS = 0.79DU + 21.0$$

$$e) \quad DU = 1.59UCC - 59.0$$

$$f) \quad DU = 1.27UCS - 27.0$$

A. 2. 5 SC

时序系数（SC）是因其在测量草坪灌溉均匀性方面具有重要意义而提出的。在草坪灌溉中，即使相对较小的面积灌水不足，也会对草坪的景观效果产生影响。草坪管理者通常遵循“灌水不留干地”原则，即采用增加灌水时间的方法，使长势不好的草坪区域灌足水。作为相对术语，借助田间平均值与临界面积平均值的比例，SC 表示为避免产生不均匀干地而应增加的灌水时间。灌溉时间的增加对施用效率有负面影响。

SC 取决于临界干燥面积的相对值，并按不同的临界面积相对值计算。在美国，常用的临界干燥面积相对值为灌溉面积的 1%、2%、5%和 10%。即使是其中的最大值 10%也远远小于计算 DU 时所采用的低值 25%。经验表明，计算 SC 时通常取 5%的灌溉面积即可得到适合的结果。经验也表明，相邻干燥面积的形状在长方形和正方形之间变化，而“条”形干燥面积不常见。这可能是因为喷头水量分布图的形状通常都是平滑的，极少有不连续的。以及各个喷头模式的重叠以近似田间尺度分布模式见公式（A.4）。

$$SC = \left(\frac{m}{m_{crit}} \right) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：
SC——时序系数；
m——平均值，即

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (A.13)$$

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；
 n ——用于分析均匀性的网格数；
 m_{crit} ——用于分析均匀性的网格中具有最低平均灌水强度的相邻“干燥”区域，即临界干燥区域内的平均值。

关键干燥区域是要分析的均匀性最低的阵列中连续区域“干燥点”，其平均施用率或用量最低。 请注意，由于图案对称，可能会有其他区域具有相同的干燥度，但没有干燥器。

附录 B

(资料性)

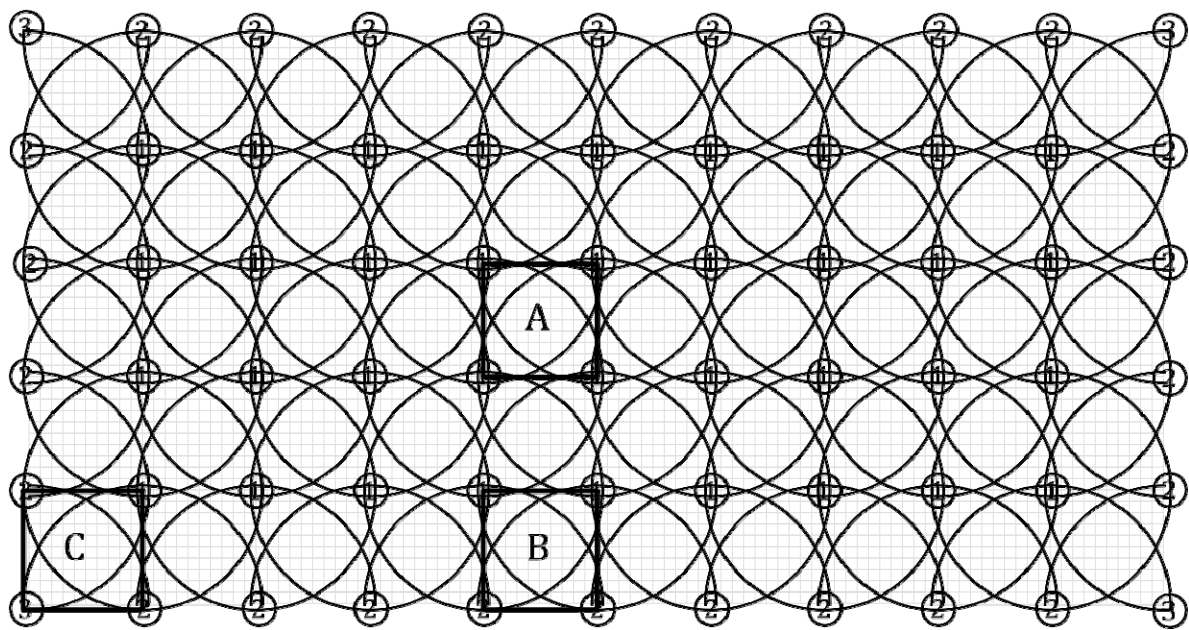
扇形喷头试验

如本文件所述，扇形喷头的测试应与全圆形喷头类似，并遵循以下原则。

- 扇形喷头宜采用雨量筒方格网法（7.1）进行测试。
- 如果制造商声明喷头设计用于在其预期的应用区域内均匀喷洒，则可以通过径向雨量筒放射线法（7.2）对扇形喷头进行测试，并注意以下几点：
 - 此测试方法不适用于具有不连续应用模式的喷头（例如，具有多个离散喷头的喷头）。
 - 雨量筒的径向线宜位于扇区的中心线附近。
 - 建议将附加的雨量筒径向线放置在扇区边界附近。
 - 对于声明为具有多个分布不同的扇区的扇形喷头。应在每个扇区中测试雨量筒的至少一条径向线。

图 B.1 展示了在计算过程中虚拟喷头和雨量筒的网络，其中考虑了多个喷头位置（全圆或扇形）的影响：

- 标有 A 的带边框的正方形代表全圆喷头的典型采样区域。
- 带边框的正方形 B 代表全圆和半圆喷头的典型采样区域。
- 带边框的正方形 C 代表全圆、半圆和四分之一圆喷头的典型采样区域。



标引序号说明：

- 1——全圆喷头
- 2——半圆(180°)喷头
- 3——四分之一圆(90°)喷头

图 B.1 虚拟雨量筒阵列

参考文献

- [1] GB/T 18688—2002, 农业灌溉设备 灌溉阀的压力损失 试验方法。
- [2] CHRISTIANSEN, J. E, 1942. Irrigation by Sprinkling. *California Agricultural Experiment Station Bulletin* 670, University of California, Berkeley, California, 1942
- [3] WILCOX, J.C., SWAILES, G.E. Uniformity of Water Distribution by Some Under-Tree Orchard Sprinklers. *Scientific Agriculture* 27 (11) :563-583,
- [4] C1978, *Describing Irrigation Efficiency and Uniformity*. On-Farm Irrigation Committee, Irrigation and Drainage Division, ASCE. J. Irrig. & Drain. Div. ASCE104 (IR1) :35-41.
-