



中华人民共和国国家标准

GB/T 27612.3—2011/ISO 15886-3:2004
代替 GB/T 19795.2—2005

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 15886-3:2004, IDT)

2011-12-05 发布

2012-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 27612《农业灌溉设备 喷头》分为如下部分：

- 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

本部分为 GB/T 27612 的第3部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 19795.2—2005《农业灌溉设备 旋转式喷头 第2部分：水量分布均匀性和试验方法》，与 GB/T 19795.2—2005 相比技术差异很大。GB/T 19795.2—2005 修改采用 ISO 7749-2:1990。本部分等同采用 ISO 15886-3:2004。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 15886-3:2004《农业灌溉设备 喷头 第3部分：水量分布特性和试验方法》。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国农业机械标准化技术委员会(SAC/TC 201)归口。

本部分起草单位：江苏大学流体机械工程技术研究中心、中国农业机械化科学研究院、浙江大农实业有限公司。

本部分主要起草人：王洋、赵丽伟、王洪仁、兰才有、蔡彬、袁海宇、李彦军。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 19795.2—2005。

农业灌溉设备 喷头 第3部分： 水量分布特性和试验方法

重要提示：对任何一个喷头，由于喷嘴结构、运行条件和调节方式多样化，因此至少从理论上需要进行大量相关试验。在满足试验准确度要求的条件下，检测机构和制造厂可采用插值法，以减少实际试验次数。

1 范围

GB/T 27612 的本部分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。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。

本部分适用于 ISO 15886-1 分类中的所有类型灌溉喷头的水量分布均匀性、喷头射程和喷射高度等特定性能的测试。

本部分不适用于移动式灌溉系统或射程小于 1.0 m 的喷头。

本部分未涉及冰冻条件下使用的喷头的防冻性能试验，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。

使用本部分对灌溉区域做评价时，试验用喷头应一致，并按可重复的固定几何图形布局。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 15886-1 农业灌溉设备 喷头 第1部分：术语和分类(Agricultural irrigation equipment—Sprinklers—Part1:Definition of terms and classification)

3 术语和定义

ISO 15886-1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环境温度 ambient temperature

喷头试验场地周围的空气温度。

3.2

喷洒区域 area of coverage

喷头按制造厂的规定运行，喷洒水的强度大于或等于有效灌水强度时形成的湿润区域。

3.3

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

UCC

利用算术偏差法，对雨量筒方格网布置法试验所得数据进行处理后得出喷头水量分布均匀性的方法。

注：此概念于 1942 年提出，已被广泛认可作为判定设计优劣的指标，80% 为可接受的最小均匀系数。但是，该系数没有物理意义。雨量筒方格网布置法试验所得数据可通过田间现场测试或利用水量分布曲线通过计算机仿真进行研究，见 A. 2. 2。

3.4

清水 clean water

经过处理后,含有的悬浮颗粒不大于 200 目(74 μm),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

喷头试验中,用于收集喷头喷出的水的容器。

3.6

等值线图 contour graphs

由一组等值曲线表示喷洒区域集水量的方法,表示在相同灌水强度下的同一水平面内每个接点位置的集水量。

注:所绘制的等值线条数应足够多,以表征数据的物理意义。此概念用于绘制喷洒区域图。

3.7

密度曲线图 densogram

利用点阴影密度表示喷洒区域集水量的方法,点阴影密度与喷洒区域内的灌水强度成正比。

3.8

水量分布曲线 distribution curve

沿特定区域(象限)或喷洒区域某一条线上测定的灌水强度(纵坐标)与距离(横坐标)之间的关系曲线。

3.9

水量分布均匀性 distribution uniformity

DU

按雨量筒方格网布置法得出的数据,取 25% 低值区域作为临界区域表示喷头灌水均匀性的一种方法。

注:此概念在农作物灌溉方面已在一定程度上得到认可,但一直受到定义随机性的困扰,见 A.2.4。

3.10

有效灌水强度 effective application rate

流量大于 75 L/h 的喷头,灌水强度不应小于 0.26 mm/h;流量不大于 75 L/h 的喷头,灌水强度不应小于 0.13 mm/h。

3.11

流量 flow rate

单位时间内流经某一灌溉设备的水的体积。

3.12

雨量筒方格网布置法 full grid collector arrays

将一组雨量筒沿两直角坐标轴布置成格栅图案,以得到期望的统计结果并表征喷洒区域。

3.13

进口规格 inlet connection

为商业目的标注的公称管道尺寸,除可作为标准规定的参考标识外,其与实际尺寸无特定关系。

3.14

灌溉支(毛)管 irrigation lateral

灌溉系统中直接或借助管件、立管、管子等安装灌水器(非旋转式喷头、旋转式喷头、滴头)的供水支管道。

3.15

最大工作压力 maximum working pressure

P_{\max}

灌溉设备具有正常水力功能和机械动作下的最大压力。

3.16

最小工作压力 minimum working pressure

P_{\min}

灌溉设备具有正常水力功能和机械动作下的最小压力。

3.17

喷嘴 nozzle

喷头上的喷水孔或喷射管。

注：一个喷头可以配一个或多个圆柱形或其他形状的喷嘴。该定义即可表示单喷嘴，也可表示多喷嘴喷头中的一组喷嘴。

3.18

喷嘴压力 nozzle pressure

在喷嘴上游最近处测得的瞬时压力或借助皮托管在喷嘴孔中测得的压力。

3.19

喷嘴尺寸 nozzle size

与水力性能无特定关系、用于标识的喷嘴公称尺寸。

注：按水力性能对喷嘴进行定义更准确。

3.20

换向喷头 part-circle sprinkler

具有调节功能、可灌溉扇形或圆形面积的喷头。

3.21

埋藏式喷头 pop-up sprinkler

在无水压状态下喷嘴位于地面以下，有水压状态下喷嘴位于地面以上的灌溉喷头。

3.22

测压孔 pressure tap

用于连接内部导压管与外部测压装置的精密连接。

注：GB/T 18688 中给出了测压孔结构图。

3.23

雨量筒放射线布置法 radial collector arrays method

一组雨量筒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。

3.24

喷头射程 radius of throw, wetted radius

正常旋转情况下，喷头中心线距测出的灌水强度为某一数值的最远点的距离。对流量大于 75 L/h 的喷头，该点的灌水强度为 0.26 mm/h；流量不大于 75 L/h 的喷头，该点的灌水强度为 0.13 mm/h。对换向喷头，应在除最大极限角度以外的其他任何角度上测量。

3.25

工作压力范围 range of working pressure

P_{\max} 与 P_{\min} 之间的所有压力值。

3.26

时序系数 scheduling coefficient

SC

通过定义临界干燥区域得到的单项系数,按雨量筒方格网布置法所得数据表示水量分布均匀性的一种方法。

注:此概念特别适用于草坪管理,给出了一个基于临界干燥区域草坪质量的运行时间因数,见 A.2.6。

3.27

喷头间距 **sprinkler spacing**

灌溉支管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。

3.28

统计均匀系数 **statistical uniformity coefficient**

UCS

按雨量筒方格网布置法所得数据,采用标准偏差作为统计学中的离差测量得到的系数,表示喷头水量分布均匀性的方法。

注:尽管1947年就提出了此系数,但仍未得到广泛认可。此方法的前提条件是数据呈通常的高斯分布,见 A.2.3。

3.29

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。

3.30

喷射高度 **trajectory height**

在试验压力下,喷头喷出的水束相对于喷头的最大高度。

3.31

灌水强度 **water application rate**

单位时间内的平均灌水深度。

3.32

喷洒直径 **wetted diameter**

同一直径上的两个喷头射程之和。

3.33

风速 **wind speed**

喷头进行水量分布均匀性试验时,试验场内的平均风速。

3.34

工作压力 **working pressure**

制造厂技术文件中给出的、用于了解喷头机械性能的压力。

注:工作压力与喷头的水力性能无关,除非制造厂另有说明。

4 雨量筒

4.1 设计

任一单项试验中使用的所有雨量筒应完全相同。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部分要求。

4.2 雨量筒开口方位

所有雨量筒开口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开口之间的高度差均不应大于20 mm。

雨量筒开口的高度不影响室内试验。室外试验时,雨量筒开口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,应使用钢制立管。

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

对各种田间条件下使用的喷头,喷头主喷嘴相对于雨量筒开口的高度应为喷头连接处公称直径的10倍,且不应小于300 mm。该高度也可由制造厂规定。

如果制造厂规定了特定试验条件(例如,采用最小立管高度或带稳流器进行试验),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:

- a) 应足够大,能限制喷射水流,且不影响喷头运行;
- b) 结构上应为气旋在喷射流周围形成;
- c) 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;
- d) 不应使喷射流偏离或直接飞溅到雨量筒中。

如果检测机构采用c)中规定的小于45°扇形角进行试验,应论证试验结果的完整性。

6 测量

6.1 准确度

本部分未作规定的项目的测量准确度应为±3.0%。

雨量筒集水深度的测量准确度应为±3.0%。

压力测量准确度应为±1.0%。

喷头流量测量准确度应为±2.0%。

温度测量准确度应为±0.5℃。

时间测量应采用测量准确度为±0.1 s的秒表。

6.2 压力测量

试验压力应在喷头主喷嘴高度上测量。测压孔应位于喷头基准线上游至少200 mm处(见GB/T 18688有关测压孔结构的规定)。喷头基准线与测压孔之间不应有阻挡水流的障碍物。

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 $\pm 5.0\%$ 。

7 试验方法——雨量筒的布置方式、间距和数量

7.1 雨量筒方格网布置法

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。

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。喷洒区域内应至少布置 80 个雨量筒。

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。在所有情况下,每条放射线上应至少布置 10 个雨量筒。

沿放射线布置的雨量筒最大间距应符合表 1 的规定。

表 1 采用放射线布置法时的雨量筒最大间距

单位为米

喷头射程	雨量筒最大间距 (中心到中心)
1.0~3.0	0.30
3.0~6.0	0.60
6.0~12.0	0.75
>12.0	1.00

喷头应布置在距第一个雨量筒为一个间距处,并与雨量筒在同一射线上。

对符合布置法试验,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。试验中通过每个象限时均应测量一次时间,并应标出雨量筒方格网的各象限位置。时间测量的准确度应符合 6.1 的规定。

8.2 喷射高度

应从通过主喷嘴的水平面开始测量。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 $\pm 5\%$ 。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。

9 试验操作

9.1 转动喷头立管

按 7.2 的规定进行试验时,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。

应在喷头达到稳定运行状态后(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,试验压力的变化应在规定值的 $\pm 4\%$ 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。

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。

对运行中按拟定程序变化的喷头,试验持续时间应保证所有雨量筒达到相同的喷洒效果。

9.2 试验持续时间

喷射水流应至少在所有雨量筒上方通过 30 次。本部分未特殊规定时,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。考虑的因素应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。

试验持续时间应保证至少 80% 的雨量筒集水量的读取符合 6.1 规定的测量准确度要求。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%。

10 试验场地

10.1 室内试验——试验用建筑物

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)。建筑物的尺寸不应应对最大喷射水流造成限制。

试验用建筑物应符合下列规定:

- 地面坡度满足排水要求,但不大于 1.0% (雨量筒开口表面应在同一水平面上);
- 长度应至少为最大喷头射程的 125%;
- 宽度应至少为测得的实际喷头射程的 60%;
- 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的立柱或桁架。

10.2 室外试验场

10.2.1 试验场

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 100 mm~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。最小空旷面积应符合下列规定:

- a) 逆风试验场,风速每增加 0.45 m/s,空旷区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;

b) 顺风试验场,空旷区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 一般要求

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

应至少采用下列方法中的一种方法计算水量分布均匀性,参见附录A:

- a) 克里斯琴森均匀系数(UCC)——见A.2.2;
- b) 统计均匀系数(UCS)——见A.2.3;
- c) 水量分布均匀性(DU)——见A.2.4;
- d) 时序系数(SC)——见A.2.6。

应选择与喷头设计目标相吻合的表示方法。

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

采用雨量筒方格网布置法测定喷头性能优于雨量筒放射线布置法。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。制造厂声明作为通用喷头时,风是喷头设计中的影响因素。

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。

附录 A

(规范性附录)

喷头水量分布均匀性的确定

A.1 试验目的

喷头性能试验的目的：

- 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。
- 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。检测机构、制造厂和用户按喷头用途选择本部分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部分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。采用插值方法应使结果一致。

A.2.2 UCC

1942年克里斯琴森(Christiansen)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。

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

式中：

UCC——克里斯琴森(Christiansen)均匀系数；

m ——平均值,即

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

式中：

n ——用于分析均匀性的网格数；

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

D ——平均绝对偏差,等于各个绝对偏差的平均值,即

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

式中:

D_i —— 单个绝对偏差, 等于 x_i 与 m 之差的绝对偏差值, 即

$$D_i = |x_i - m| \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

A.2.3 UCS

统计均匀系数(UCS)于1947年首先由威尔科克斯(Wilcox)和斯维勒斯(Swailes)提出。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-Swailes)系数:

$$UCS = 100 \times \left(1 - \frac{s}{m}\right) \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

UCS —— 统计均匀系数;

m —— 平均值, 即

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

式中:

n —— 用于分析均匀性的网格数;

x_i —— 用于分析均匀性的网格中的一个数值;

s —— 标准偏差, 即

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

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。

$$DU = 100 \times \left(1 - \frac{l_q}{m}\right) \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

DU —— 水量分布均匀性;

m —— 平均值, 即

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

式中:

n —— 用于分析均匀性的网格数;

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

l_q ——25%低值的平均值，即

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

式中：

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。

A.2.5 UCC、UCS 和 DU 之间的线性关系

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。

$$\begin{aligned} UCC &= 0.798UCS + 20.2 \\ UCC &= 0.63DU + 37.0 \\ UCS &= 1.253UCC - 25.3 \\ UCS &= 0.79DU + 21.0 \\ DU &= 1.59UCC - 59.0 \\ DU &= 1.27UCS - 27.0 \end{aligned}$$

A.2.6 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需增加的灌水时间。

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% 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。这可能是由于喷头水量分布图的形状通常都是平滑的，极少有不连续的。

$$SC = \left(\frac{m}{m_{crit}} \right) \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

SC——时序系数；

m ——平均值，即

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

式中：

n ——用于分析均匀性的网格数；

x_i ——用于分析均匀性的网格中的一个数值；

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。

注：由于水量分布图对称，可能会有其他与此同样干燥的区域，但不会比此更干燥。

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. 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, 1947.
 - [4] C1978, *Describing Irrigation Efficiency and Uniformity*. On-Farm Irrigation Committee, Irrigation and Drainage Division, ASCE. J. Irrig. & Drain. Div. ASCE104(IR1):35-41.
-