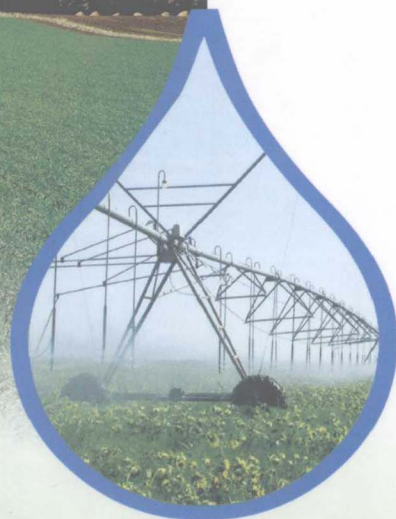


PENGUAN JISHU
YANJIU YU SHIJIAN

喷灌技术 研究与实践

黄修桥 主编



黄河水利出版社

喷灌技术研究与实践

黄修桥 主 编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所建所五十年来灌水技术研究室在喷灌方面发表的研究论文精选。全书共分五篇。第一篇为水力性能及参数实验;第二篇为恒压喷灌技术;第三篇为关于设备研制与开发;第四篇为喷灌规划设计与生产应用;第五篇为从喷灌发展宏观决策方面,提出的有关喷灌发展对策及发展战略的研究。

全书具有系统性、综合性,可供科研单位、管理部门和教学单位中从事与喷灌相关工作的人员和师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

喷灌技术研究与实践/黄修桥主编. —郑州:黄河水利出版社,
2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80734 - 541 - 1

I. 喷… II. 黄… III. 喷灌 - 文集 IV. S275.5 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 183536 号

组稿编辑:马广州 电话:0371 - 66023343 E-mail: magz@yahoo. cn

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940

传真:0371 - 66022620

E-mail: hhsclbs@126. com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:19.5

字数:450 千字

印数:1—1 000

版次:2008 年 12 月第 1 版

印次:2008 年 12 月第 1 次印刷

定价:75.00 元

《喷灌技术研究与实践》 编辑委员会

主任委员:余开德

副主任委员:李英能 廖永诚

委员:(按姓氏笔画排序):

丁惠南 仵峰 李久生 李金山 狄美良
郑仁塘 宰松梅 郭志新 黄修桥 龚时宏

主 编:黄修桥

副主编:郭志新 仵峰

参 编:李久生 龚时宏 宰松梅 高胜国 李金山 范永申
刘海军 李王成 刘新民 段福义 李辉

曾经在喷灌组工作过的人员:

陈景旺 孙知仁 田明元 姜阁臣 欧治澄 熊明洁
梁文经 谢礼贵 楼豫红 陈红群 万品阶 张天举
王晓森 韩相凤 王迎春 梁红岩 高伯文 武华香

前 言

喷灌是一项先进的灌溉技术,具有省水、省工、省地、增产和适应性强等优点。在我国水资源日益紧缺的形势下,推广喷灌是实现水利化、促进农业生产的重要措施之一。喷灌自 1978 年列入中国科学院 10 年科技攻关计划,开始研究并推广应用,至 2005 年,我国喷灌面积已达到约 280 万 hm^2 ,取得了巨大的经济效益和社会效益。

水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所(以下简称农灌所)是我国从事喷灌技术研究最早的科研单位之一,在 20 世纪 50~60 年代,就开始喷灌试验研究工作。70 年代以来,成立了专门研究喷灌技术的专题组,开展了系统的喷灌技术研究工作。40 多年来,在喷灌应用基础理论研究、设备研制、工程规划设计、推广应用、宏观发展研究诸多方面进行了大量系统深入的研究,取得了大批研究成果,发表及编写了数量可观的科技论文和研究报告,对推动我国喷灌技术水平的提高和促进喷灌技术的大规模推广应用起到了重要的作用。为了更好地总结农灌所喷灌技术研究的历史经验,为今后进一步开展喷灌技术研究提供借鉴,以促进我国喷灌技术的健康发展,特从农灌所已发表的数百篇有关喷灌技术的科技论文和研究报告中,挑选了 60 篇论文和报告,进行了系统整理和汇编,形成了《喷灌技术研究与实践》一书,希望能对我国喷灌技术的发展起到一定的参考和借鉴作用。

本书汇编收录了许多同志撰写的论文和报告,对他们做出的辛勤劳动表示衷心的感谢。在本书汇编的过程中,承蒙许多专家进行审阅,提出意见,农灌所灌水技术研究室的许多青年科技人员为本书文稿的搜集、整理做了大量工作,在此一并表示深切的谢意。由于本书所选论文和报告跨越时间很长,难免有疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 6 月

目 录

第一篇 水力性能及参数试验

喷头水力性能测试方法提纲(初步建议)	(1)
“中原 50Y”型喷头水力特性的实验研究	(3)
“中原 12Y”型喷头的试验与研究	(8)
常用喷头对喷灌水源含沙量要求的试验研究	(20)
喷洒水滴分布规律的研究	(30)
喷灌水滴的蒸发研究	(37)
有风时的喷洒水滴运动规律及风对喷头射程的影响	(42)
节能异形喷嘴水力性能的研究及其研制	(49)
摇臂式喷头方形喷嘴水力性能的研究	(60)
喷灌条件下小气候变化规律的研究	(71)
喷灌和地面灌条件下冬小麦根系分布特点的研究	(75)
玉米冠层对喷灌水量空间分布的影响	(80)

第二篇 恒压喷灌技术

恒压喷灌泵站设计中的几个问题	(86)
恒压喷灌系统调压特性研究	(91)
喷灌泵站调压系统的研究	(95)
恒压喷灌系统运行压力限的确定	(103)
恒压喷灌系统田间允许调压范围的研究	(106)
减少恒压喷灌系统机组启停频度的水泵配置方案	(111)
调压灌溉系统水泵机组运行状态的改善	(114)
恒压喷灌系统水气自然分离式调压罐多变指数的试验研究	(119)
郟县恒压喷灌试验工程水源泵站水锤防护措施	(123)
分布式恒压自动化灌溉系统的研制	(127)
我国第一座恒压喷灌系统技术经济初步分析	(133)
管网水锤与调压的分析计算	(137)

第三篇 设备研制与开发

中原 40Y 型喷头的扇形机构研制小结	(153)
喷头仰角调节机构的研制及其对喷头性能的影响	(156)
美国“雨鸟”喷头剖析	(161)

邳县恒压喷灌试验工程地面移动铝管道系统	(170)
喷灌用镁合金管道成形工艺	(173)
轻型镁合金喷灌移动管道的研制	(176)
空气罐在管道灌溉中的应用	(180)
喷灌金属管道球形铸铝快速接头的研制	(184)
低压可调幅式喷灌机研制	(187)
浅论我国喷灌设备技术创新	(190)
从质量检测看我国节水灌溉设备的现状与问题	(196)

第四篇 规划设计与生产应用

半固定式喷灌系统设计中若干问题的分析	(199)
半固定式喷灌系统移动部分优化设计方法的探讨	(205)
有风条件下喷灌系统组合均匀度的计算理论与方法研究	(212)
喷灌系统能量利用率的分析计算及提高措施	(220)
坡地喷灌系统中竖管适宜偏角的选择	(225)
灌水定额、灌水周期对半固定式喷灌系统投资的影响	(228)
也门酒也马(YE MEN JUAY MAH)固定喷灌工程的建设与分析	(231)
对丘陵山区喷灌工程设计若干问题的探讨	(233)
从清丰县喷灌试点喷灌设备测试结果看我国的喷灌机具	(237)
丘陵区管网压力分布特征数值模拟的研究	(240)
关于抓好喷灌技术经济指标分析的建议	(247)

第五篇 对策及发展研究

喷灌概况介绍	(250)
关于大、中型喷灌机组发展情况的今后建议	(253)
当前我国喷灌发展中值得注意的一些问题	(255)
我国喷灌发展去向	(260)
现阶段喷灌发展中存在的问题与对策剖析	(264)
试论我国喷灌区划分区	(267)
我国北方地区喷灌发展研究	(275)
发展中的希望——在喷灌学组成立会上的发言	(279)
制约喷灌发展速度因素的探讨	(281)
对我国喷灌技术发展若干问题的探讨	(283)
喷灌技术向农业以外行业发展的探讨	(287)
浅议我国喷灌发展前景	(288)
国内外喷灌技术简介	(295)
喷灌发展与土地经营模式的思考	(298)
附 录	(303)

第一篇 水力性能及参数试验

喷头水力性能测试方法提纲(初步建议)

在 1976 年 7 月国家第一机械工业部召开的喷灌机具现场经验交流会上提出的《喷头测试提纲》的基础上,经过进一步讨论、补充、修改,提出了现阶段的《喷头水力性能测试方法提纲(初步建议)》,供各地试行。

1 测试项目和目的

在预定工作压力下,测定喷头喷水量、射程(喷洒半径)、雨滴大小、喷洒雨量分布及喷头转道等性能参数,并以此为依据,计算喷头的喷灌强度、喷洒均匀性系数、喷洒半径和工作压力的比值,以作为喷头的水力性能指标。

2 测试方法及设备

测试应在距地面 2 m 高处无风或风速不大于 1 m/s 时进行,并应测定和记载风速和风向。

2.1 喷头工作压力(单位:kg/cm²①)

(1)喷头的工作压力用压力表进行测定。一般测试时,压力表可用 1.5 级,如系鉴定性测试,建议采用 0.35 级标准压力表。

(2)测压位置应在离喷头进口 20 cm 处,接出软管与压力表连接,压力值应加減压力表放置位置和接出软管位置的高度差。

2.2 喷水量(单位:m³/h)

(1)用三角堰循环水槽或在管路上安装流量计进行测定,测定时间应不少于 10 min。

(2)在田间可测定给喷灌机供水渠道取水点上下断面的流量差。

(3)如系水池供水,也可用体积法测量。

2.3 射程(喷洒半径)(单位:m)

(1)最大射程 R_m :工作状态下,在喷洒半径末端,喷灌强度等于各点喷灌强度平均值 5% 的那一点至喷头的距离,为喷头最大射程。

(2)有效射程 R :工作状态下,在喷洒半径末端,喷灌强度等于各点喷灌强度平均值 30% 的那一点至喷头的距离,为喷头的有效射程。

① 1 kg/cm² = 98.1 kPa。

(3) 上述两个射程的数值, 如有风时测定, 均取顺风向和逆风向两数值的平均值。

2.4 喷洒均匀性

(1) 对于全圆旋转的喷头, 测定喷头正常旋转时的喷洒均匀性; 对于有扇形机构的喷头, 测定时正、反转圈数应相等, 扇形角调整到 240° 。测定时间都应不少于 20 min。

(2) 在喷洒直径上, 沿风向放置雨量筒, 测量各点的喷水量。筒距 1 ~ 2 m, 对于远射程喷头, 筒距可适当放大。

(3) 计算各点喷水量时, 均取顺风向和逆风向两个数值的平均值。

(4) 各种喷头都要在 $1/2$ 射程处沿圆周每隔 3 ~ 5 m 布置一排雨量筒, 以测定计算喷头的横向喷洒均匀性。

2.5 雨滴大小(直径)(单位:mm)

(1) 沿喷洒半径方向不同喷灌强度区, 取 3 ~ 5 处(近、中射程的可取 3 处, 远射程的可取 5 处)进行测量。测量位置可等分最大射程。每处雨滴直径取中数直径(即小于某一直径的累计体积百分数为 50% 时的直径), 或取平均直径表示。

(2) 测量可采用滤纸法等方法。滤纸法是将涂有曙光红和滑石粉混合粉的滤纸, 固定在雨滴接收盒中, 活门快速启闭, 瞬时接收若干雨滴。待滤纸干后, 量取滤纸上水痕色斑直径, 再根据事先率定的曲线或经验公式计算。滤纸建议采用直径 12.5 cm 或 15 cm, 计算面积可取中间的 100 cm^2 。

(3) 如采用中国科学院、水利部水土保持研究所提供的率定曲线或经验公式计算, 则曙光红和滑石粉的配合比为 1:10, 滤纸为杭州新华造纸厂生产的定性分析滤纸(快速)。

2.6 喷头转速(单位:min/圈)

(1) 测定全圆周旋转的喷头转速, 采用 10 圈的平均值。

(2) 测定带有扇形机构的喷头转速, 采用 240° 往复 10 次的平均值, 并分别记录正转和反转 240° 所需的时间。

(3) 测定可用 $1/10$ 秒表。

3 测试数据整理

3.1 喷头水力性能测试结果列表

水力性能测试内容应包括风速、工作压力、喷水量、最大射程、有效射程、喷头转速、平均喷灌强度、纵向均匀系数、横向均匀系数、射程与工作压力的比值、雨滴直径等 11 项。

3.2 绘制纵向和横向喷水量分布曲线

曲线坐标以点喷灌强度划分, 横坐标以雨量筒间距划分。

3.3 计算公式

(1) 喷灌强度 ρ 。喷灌强度指单位时间内的喷洒深度, 以 mm/min 计。

点喷灌强度 ρ_i (mm/min):

$$\rho_i = 10W / (TA)$$

式中: W 为雨量筒内水的体积, mL; A 为雨量筒敞口的面积, cm^2 ; T 为喷水时间, min。

平均喷灌强度 $\bar{\rho}$ (mm/min): 系各点喷灌强度的平均值。

$$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho_i}{n}$$

式中: n 为雨量筒个数。

(2) 喷洒均匀性系数 K 。

$$K = \frac{\bar{\rho}}{\bar{\rho} + |\Delta \bar{\rho}|}$$

式中: $|\Delta \bar{\rho}|$ 为雨量筒喷灌强度的算术平均值偏差。

$$|\Delta \bar{\rho}| = \frac{\sum |\rho_i - \bar{\rho}|}{n}$$

(3) 雨滴直径 d (mm)。

中国科学院、水利部水土保持研究所的经验公式为:

$$d = 0.337D^{0.725}$$

式中: D 为滤纸上水痕色斑直径, mm。

(4) 有效射程和工作压力的比值: R/H 。

(原载于《节水灌溉》1976 年第 1 期)

“中原 50Y”型喷头水力特性的实验研究

“中原 50Y”型喷头是与 12 马力^①喷灌机配套的、实行单喷头定点作业的双嘴摇臂式喷头, 常用工作压力 4 kg/cm², 流量 25 m³/h, 射流仰角 28°。

提高单喷头定点作业机组的喷灌质量, 是当前一个比较突出的矛盾, 由单喷头作业改为多喷头作业是解决这个矛盾的主要方法, 但由于投资和管材等多方面的原因, 单喷头定点作业仍然是目前采用的主要作业方式。“中原 50Y”型喷头水力特性的研究, 目的是为了最大限度地提高大流量喷头的雾化、射程和均匀性。

在工作压力不变的条件下, 提高大流量喷头的雾化、射程和均匀性, 归根到底是选择喷头的最优结构参数。对这个问题国内外都曾经做了大量的工作, 但由于露天试验场地边界条件复杂、试验标准不一等多种原因, 结论出入很大。本文仅就研究中涉及到的几个问题做一个小结, 还有一些问题, 特别是风的影响问题, 尚有待于进一步研究。

1 试验及资料整理方法

(1) 全部试验都是在农灌所内露天试验场进行的, 虽然试验时严格选择在无风或最大阵风不超过 0.5 m/s 的条件下进行, 但气流的微小扰动对射程和水量分布的影响都很大。因此, 每一试验一般都必须做 2 次或 3 次、4 次重复, 以证实试验结果的可靠性。

(2) 全部试验一律控制在工作压力 4 kg/cm² 的条件下进行, 测压计采用 0.35 级压力表。

① 1 马力 = 735 W。

(3) 流量计采用垂直螺翼干式水表, 经与体积法校核, 误差为 -0.38% , 计算时忽略不计。

(4) 用 7 条径向测线观测喷洒水量分布, 线夹角 45° 。采用承雨面积为 100 cm^2 的铝制量雨筒, 筒的间距 2 m 。试验时喷头扇形角控制在 300° 左右。

(5) 每次试验时间不少于 20 min , 以喷灌强度 0.6 mm/h 作为喷洒的最远点来定射程。喷头射程取 7 条测线的平均值。

喷头射程取喷洒范围内最长轴线的长度(即最长直径)之半是不恰当的, 因为试验时出现小阵风或不规则的气流扰动是经常现象, 阵风时顺风向射程拉长, 逆风向射程缩短, 阵风过去射程缩短的部分又会补上, 这样沿阵风风向就形成了一条长轴, 取该长轴之半为射程, 显然是错误的。

(6) 为大大减轻计算工作量, 平均喷灌强度取算术平均值。经过对照, 两种方法计算结果的差值绝大部分均小于 6% 。这对于计算喷洒范围内平均喷灌强度和均匀度来说, 精度是可以的。

(7) 试验时喷头转速基本上控制在 $3\sim5\text{ min/圈}$ 。

(8) 在工作压力不变的条件下, 分散流量是提高雾化程度的根本办法, 这是“中原 50Y”型喷头采用双嘴的基本原因。即使这样, 最大水滴平均直径仍略大于 3 mm 。由于喷头结构参数的改变对雾化程度的影响不会很大, 而目前可采用的测试手段(如滤纸法)又不足以把这些不大的变化观测出来, 因此关于雾化问题的研究暂略。

2 喷嘴锥角问题

国外对喷嘴锥角(渐缩角)的选择看法很不一致。为了在相同压力流量下获得最大射程, 有的建议锥角选用 $12^\circ\sim13^\circ$, 有的建议用 32° , 有的 $40^\circ\sim50^\circ$, 有的 90° , 中国科学院、水利部水土保持研究所经过试验也建议采用 45° 。

为了解决这个问题, 当然必须在压力—流量不变的条件下选择最适宜的锥角。因此, 首先应确定各种锥角的流量系数, 据以计算达到相同流量的喷嘴直径。

试验用喷嘴锥角最小从 13° 开始, 有 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° , 最大到 90° 。喷嘴圆柱段长度小于 1 mm 。流量系数的测定结果(多组平均值)如图 1 所示。

试验用喷头的主、副喷嘴流量按 $8:7$ 分配, 总流量 $25\text{ m}^3/\text{h}$ 。喷嘴直径采用 $d = 1000 \times [4Q/(\mu\pi\sqrt{2gh})]^{1/2}$ 的理论公式进行估算。副喷嘴固定采用 10 mm 口径; 主喷嘴直径随锥角的变化而变化, 流量均控制在 $18\text{ m}^3/\text{h}$ (5 L/s) 左右。计算及实测流量结果见表 1。

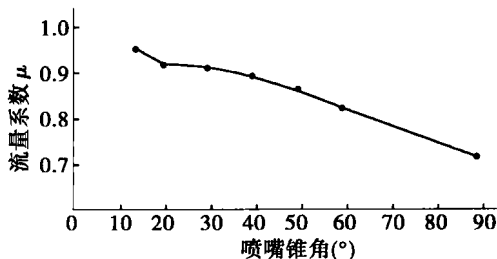


图 1 流量系数随锥角的变化

表 1 计算及实测流量结果

锥角 (°)	喷嘴计算直径 (mm)	喷嘴实际直径 (mm)	计算流量 (L/s)	实测流量 (L/s)	计算与实测比较 (%)
13	15.38	14.86	4.65	4.63	+0.4
20	15.52	15.33	4.88	4.80	+1.7
30	15.70	15.90	5.10	5.06	+0.7
40	15.97	16.00	5.00	5.02	-0.4
50	16.24	16.40	5.09	5.13	-1.7
60	16.54	17.00	5.27	5.15	+2.3
90	17.75	17.38	4.77	4.81	-0.8

试验时喷嘴安装在内径为 42 mm 的圆柱形喷管上,喷管总长 335 mm,内无整流装置。测得不同锥角时的射程如图 2 所示。

图 2 说明在压力—流量相同条件下,小锥角可以获得较大的射程,这一点应该是不难理解的。锥角小,流量系数大,即流速系数大,水舌冲出喷嘴的速度大,因而具有较大的动量,达到了较远的射程。所以,目前我们已经接触到的国外大小喷头,绝大多数都采用小锥角。“中原 50Y”型喷头原设计参照国家第一机械工业部对喷头“三化”的要求,把主喷嘴锥角定为 40°,实践证明是不恰当的,现已改用 15°锥角。

为了论证圆柱形喷管与锥形喷管对喷嘴锥角水力特性的影响,在长度相同和均无整流装置条件下,进行了 45°喷嘴锥角的试验,其结果见表 2。

表 2 45°喷嘴锥角的试验结果

喷管形状		圆柱形,内径 42 mm, 长 195 mm,喷嘴锥角 45°	锥形,内径 42×32 mm, 长 195 mm,喷嘴锥角 45°
射程(m)	第一次试验	33.6	33.6
	第二次试验	33.3	33.9
	平均	33.45	33.75

试验结果是两者相差不足 1%,因此可以初步得出这样的结论:喷管形状对喷嘴锥角水力特性的影响是不显著的。

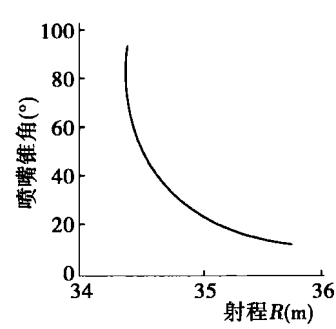


图 2 喷头射程随锥角的变化

3 雾化指标 H/d 问题

通过对喷嘴锥角的研究,显然可以看出一个问题:以工作压力 H 和喷嘴直径 d 的比值作为衡量喷头雾化程度的指标,是一个不确切的概念。

工作压力不变,流量越小雾化越好;或流量不变,工作压力越大雾化越好。这是一个基本的水力学概念。但是能不能笼统地用喷嘴直径 d 的大小来反映喷头流量 Q 的多少呢?不能!水力学常识告诉我们, Q 的大小不仅决定于喷嘴直径 d ,同时还决定于喷嘴的形状,形状不同,小喷嘴流量比大喷嘴还可能多。以喷嘴锥角 13° 和 90° 为例(见表3),由于流量系数不同,结果喷嘴小的流量大、喷嘴大的流量小。这是 H/d 不能确切反映雾化程度的一个原因。

表3 试验结果

喷嘴直径 (mm)	喷嘴锥角 ($^\circ$)	流量系数	工作压力 (kg/cm^2)	流量 (m^3/h)
16	13	0.96	4	19.4
18	90	0.72	4	18.4

表1和图2还反映了另外一个问题:在压力—流量相同的条件下,小喷嘴小锥角获得了较远的射程,大喷嘴大锥角射程减少,那么雾化情况会有什么变化呢?

喷洒水滴直径 d_0 的大小与 Q 和 H 有关,当然也与水滴飞越的距离 L 有关,即:

$$f(d_0) = f(Q, H, L)$$

这些函数相互之间的关系目前并不完全清楚,但 d_0 与 Q 、 L 之间成正相关,与 H 成负相关,这一点是可以肯定的,苏联学者(M·N 那扎洛夫)从试验中得到了:

$$d_0 = \frac{5L^{0.75}}{H^{0.85}}$$

虽然这个经验公式是不全面的,但在 H 不变的条件下水滴飞越的距离越远,体积越大,应该是没有疑问的。

这样一来,在 $H \sim Q$ 相同的条件下,具有小锥角的小喷嘴,射程远,水滴平均直径大;而具有大锥角的大喷嘴,射程近,水滴平均直径小。结果成了小喷嘴雾化差,大喷嘴雾化好。这是 H/d 不能确切反映雾化程度的第二个原因。

此外,由于各种喷头损失是不相同的,因而射流所具有的初始能量与工作压力之间的关系也就不会完全一样。这样一来,各种喷头的 H/d 这个值也就失去了可以互相进行比较的基础。

4 主喷管长度问题

主喷管长度,即喷头弯管的末端到喷嘴锥角进口之间的长度,是影响喷头中水流状态,因而也是影响射程的一个重要因素。对此国外曾做了大量的试验研究工作,结论大致在喷管直径 D 的 4~7 倍,范围太宽,难以做出确切的选择。在“中原 50Y”型喷头的原始

设计中,主喷管长度曾取其中值,选用 $5.5D$,结果射程没有达到预期的指标。

为了解决这个问题,我们做了一组试验。主喷管采用圆柱形,控制管内流速在 $3 \sim 4 \text{ m/s}$,确定喷管直径为 42 mm 。喷嘴锥角用 45° ,喷嘴直径 16.24 mm ,工作压力保持 4 kg/cm^2 ,流量 5 L/s ($18 \text{ m}^3/\text{h}$)。喷管长度分 195 、 230 、 265 、 300 、 335 mm 和 370 mm ,共 6 个等级,即大致范围为 $4.5D \sim 9D$ 。试验时不采用整流装置。试验结果如图 3 所示。

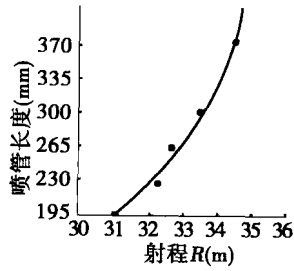


图 3 射程随喷管长度的变化

毫无疑问,试验结果必然反映喷管越长射程越远,但从总的趋势来看,喷管长度超过 335 mm ,即超过 $8D$ 以后,射程虽仍有增加,但增值已经不大了。因此,可以认为喷管长度最大不应超过 $8D$ 。

在喷管长度为 $7D$ (300 mm) 和 $8D$ (335 mm) 的两种喷管内,加 4 叶片整流器,整流器的长度为 195 mm ,置于喷管的末端。喷嘴锥角 13° ,喷嘴直径 14.36 mm ,工作压力 4 kg/cm^2 。试验结果列于表 4 。

表 4 试验结果

喷管长度 (mm)	喷嘴锥角 (°)	射程 (m)	
		不加整流装置	加整流装置
300(7D)	13	34.0	36.8
335(8D)	13	35.7	36.7
230(5.5D)	45	32.3	34.4

表 4 所列结果说明,喷管长度 $8D$ 比 $7D$,由于已经通过管子的长度对水流进行了比较充分的整流,所以整流装置的作用明显降低,结果管长 $8D$ 与 $7D$ 的射程基本相同,故喷管长度以采用 $7D$ 为宜。“中原 $50Y$ ”型喷头的喷管长度最后确定为 305 mm 。

5 主、副喷嘴流量分配问题

“中原 $50Y$ ”型喷头主要用于单喷头扇形作业,为了达到较高的组合均匀度,喷洒水量径向分布图形应近似于梯形。达到这个要求,必须合理选择主、副喷嘴流量分配的比例关系。根据过去的实践经验,把主喷嘴流量 $Q_{主}$ 和副喷嘴流量 $Q_{副}$ 的比例关系安排了 3 个等级进行试验,即 $Q_{副}:Q_{主} = 1:2.5$ 、 $1:2.0$ 和 $1:1.6$,试验结果如图 4 所示。

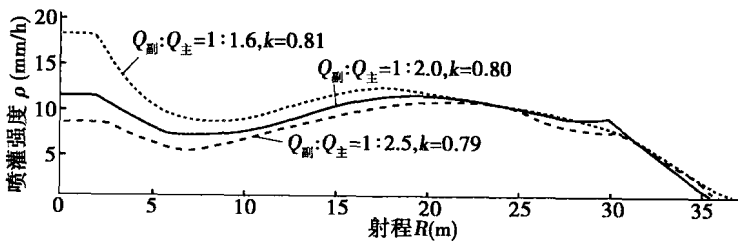


图 4 喷洒水量径向分布曲线

图4中各点喷灌强度均系7条径向测线各相应点的平均值。3种流量分配关系所得到的径向水量分布图形说明,虽然均匀程度 k 相差不大,但 $Q_{副}:Q_{主}=1:2.5$ 时喷头近处水量偏少;而 $1:1.6$ 时水量又偏多; $1:2$ 时比较近似于梯形。因此,“中原50Y”型喷头的 $Q_{副}:Q_{主}$ 最后决定采用 $1:2$,即 $Q_{主}=16.7\text{ m}^3/\text{h}(4.64\text{ kg/s})$, $Q_{副}=8.3\text{ m}^3/\text{h}(2.31\text{ L/s})$ 。副喷嘴因结构上的要求,锥角取 30° ,喷嘴直径为 10.8 mm ;主喷嘴锥角采用 15° ,喷嘴直径为 14.9 mm 。

以上只是我们对“中原50Y”型双嘴喷头水力特性研究的一些片段,还有一些问题需要继续进行研究。如两股射流互相干扰,对径向水量分布的影响,在风的影响下射流最优仰角问题,整流器的形式和作用问题,以及提高雾化程度和增加射程、降低喷灌强度之间的矛盾协调问题等。

(原载于《节水灌溉》1979年第2期)

“中原12Y”型喷头的试验与研究

为了保证我国第一个恒压喷灌试验工程的喷洒质量,水利电力部提出要采用最好的喷灌设备的要求。从1982年开始我们进行喷头选型试验工作,分析研究了国内外几种摇臂式喷头的结构特点及水力性能指标,并利用农灌所在1980年对美国“雨鸟”喷头剖析的研究成果,于1983年底由农灌所与河南省水利厅机械厂合作研制成功“中原12Y”型喷头。通过对喷头样机的反复测试,各项水力性能指标均已达到设计要求,其中单喷头的射程略超过同类型的美国“雨鸟”喷头,经过对喷头2000 h的耐久考核后,运转仍然可靠,耐久性能良好。1985年3月通过了部级鉴定,认为“中原12Y”型喷头与同类产品比较,具有国内先进水平。现将我们在喷头试验研究中所考虑的一些技术问题,以及试验结果分述如下。

1 喷头的材质

我国目前生产的中小型摇臂式喷头的材质以铝合金为主,一般喷体、摇臂和喷嘴用铝合金,空心轴和空心轴衬套用黄铜。空心轴套、底座用铝合金或铸铁,摇臂轴用45号钢,弹簧采用65号锰钢。实践证明,这种类型的喷头存在一些比较大的缺点。例如:摇臂弹簧锈蚀,一般运转200 h甚至几十小时即失效,喷嘴易磨损,从而影响喷嘴的水力性能,喷嘴螺纹及喷体螺纹容易滑丝,加工空心轴的铜衬套费工等。为了克服这些缺点,“中原12Y”型喷头的材质主要采用黄铜,个别强度要求较高的部件或弹簧件则采用不锈钢,即喷体、摇臂用铸造黄铜,空心轴、空心轴套和喷嘴用锻造黄铜,摇臂轴、摇臂弹簧和密封弹簧用不锈钢、整流器、密封垫圈和缓冲圈用塑料。

2 喷头结构

2.1 喷体

喷体设计成双嘴框架式。用框架式结构支承摇臂轴,使承受摇臂频繁活动;受力条件

比较复杂的摇臂轴,支承在两个支点上,有利于防止摇臂轴松动,提高运转的可靠性。双喷嘴有利于改善喷头水量分布,而且在运转过程中,正反射流反冲力可以部分抵消,喷头在竖管上的稳定性较好。主、副喷嘴的喷射仰角均采用 27° ,比目前国内同类喷头采用的 30° 仰角稍低,影响射程不大,有利于提高抗风能力(见图 1)。

2.2 摇 臂

目前国内喷头的摇臂弹簧大多设计成可用弹簧座调节。但调节到什么程度,会达到什么结果,缺少量的概念,再加上弹簧座加工比较麻烦,精度低,固定弹簧座的销钉不是插不进去就是容易脱落,使喷头运转可靠性能大大降低。“中原 12Y”型喷头设计成把摇臂弹簧悬挂在喷体的框架上,弹簧的松紧程度在出厂时按设计要求进行了调整,并加以固定,使用时不需要也不允许再行调整,以确保摇臂在最优状态下运转。

2.3 密封机构

为了有效防止泥沙进入空心轴与轴套之间的间隙,提高运转的可靠性和喷头寿命,“中原 12Y”型喷头采用“H”密封轴承,这种轴承是美国“雨鸟”公司 1979 年在“TNT”密封轴承的基础上发展起来的一种新结构型式。“H”密封轴承的主要特点是:不仅在空心轴承的下端装有密封垫圈,而且对顶端也进行了严格的密封,可以更有效地防止泥沙从上下两端进入轴承间隙(见图 2)。为了确保喷头各连接部位的密封止水性,“中原 12Y”型喷头的喷嘴、空心轴与喷体连接处,均设计成锥形管螺纹,不需任何密封件就能有效地止水。

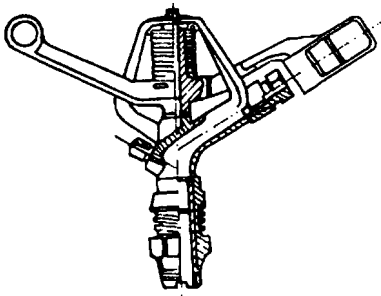
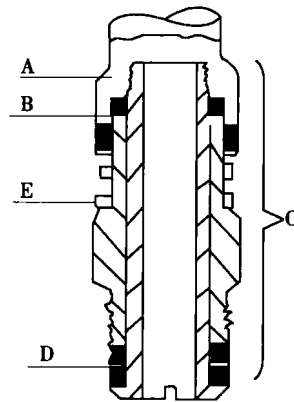


图1 “中原 12Y”型喷头结构



A—与喷腔连成整体的轴承罩,喷腔与空心轴的连接用锥形螺纹;

B—新加的顶端密封垫圈;C—标准化的结构;

D—新式的三个扁平轴承垫圈;E—不锈钢轴承弹簧

图2 “H”密封轴承

2.4 喷 嘴

“中原 12Y”型喷头的主、副喷嘴均采用小锥角,长圆柱段。主喷嘴锥角为 25° ,圆柱段长 6.5 mm,副喷嘴锥角 33° ,圆柱段长 4.5 mm。喷嘴采用小锥角、长圆柱段可以获得较大的流量系数,在同等流量条件下,喷嘴直径可以缩小,则 H/d 变大,从而提高了喷头的雾化程度。

根据我们在 1979 年对“中原 20Y”型喷头水力特性的初步探讨,以及 1980 年对美国

“雨鸟”喷头剖析的研究中,发现全圆摇臂式双嘴喷头副喷嘴的结构型式对单喷头的水量分布影响甚大,在各种不同形式的副喷嘴中,以在喷嘴一侧开缝隙的副喷嘴较好。为此,我们给“中原 12Y”型喷头设计了两种不同结构的在一侧开缝的副喷嘴(见图 3、图 4),进行水量分布试验。试验是在室内无风的条件下进行的,试验压力为 3.5 kg/cm^2 ,主喷嘴直径 6.4 mm ,副喷嘴直径 2.5 mm ,试验时除副喷嘴结构外,其他条件完全相同,配用不同副喷嘴时的“中原 12Y”型喷头的水量分布曲线见图 5、图 6。

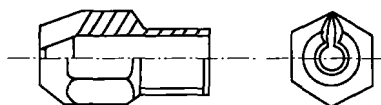


图 3 一侧开缝的副喷嘴

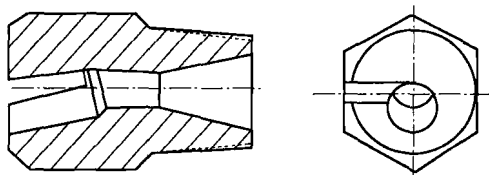


图 4 喷嘴有倾角和一侧开缝的副喷嘴

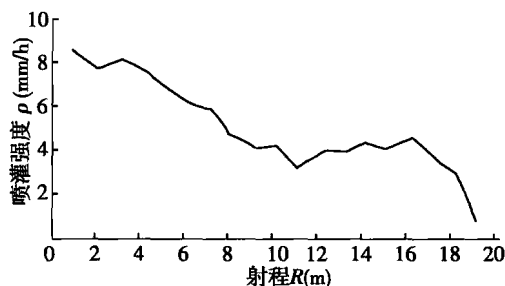


图 5 带有一侧开缝副喷嘴的“中原 12Y”型喷头水量分布曲线

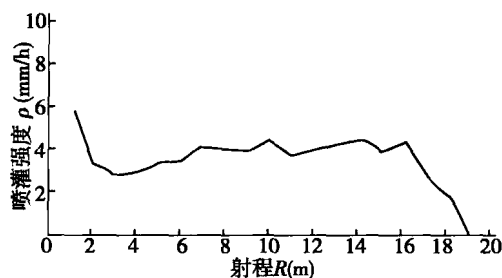


图 6 孔口带有倾角和一侧开缝副喷嘴的“中原 12Y”型喷头水量分布曲线

对比这两条水量分布曲线可以发现:图 5 的水量分布曲线近喷头处有一高水峰,喷灌强度高达 9 mm/h 。这是因为图 3 结构的副喷嘴对射流分散太充分,射程很短,引起近喷头处水量分布过多,而且这种喷嘴加工精度要求较高,喷嘴旁的楔形缺口深度对流量影响很大。因此,“中原 12Y”型喷头采用图 4 结构的副喷嘴。

3 “中原 12Y”型喷头的水力性能试验

3.1 不同喷嘴组合的水力性能试验

根据邙县恒压喷灌试验工程设计的要求,在设计工作压力为 3.5 kg/cm^2 时,流量应为 $3.2 \text{ m}^3/\text{h}$,在设计风速为 3.3 m/s 时,单支管喷头间距为 18 m 喷灌时,喷灌强度不得大于 8 mm/h (黏壤土)。

采用喷灌工程学推荐的计算单喷头全圆喷洒无风条件下的喷灌强度允许值公式:

$$P_{s允} = \frac{P_{允}}{KW \times CP}$$

式中: $P_{s允}$ 为单喷头全圆喷洒无风条件下的喷灌强度允许值, mm/h ; $P_{允}$ 为土壤的允许喷灌