

# 坛式根灌循环模式及其在干旱缺水城市的应用

高辉巧, 夏旭东

(华北水利水电学院, 河南 郑州 450011)

**摘要:**坛式根灌循环模式是在原有根灌模式的基础之上进行改进,并结合地表水和地下水循环特点设计的。该模式经济合理,技术简单,适合推广使用。种植试验表明,它能使有限的水资源得到高效利用,并能使观赏植物的花期延长一个月之多。同时,坛式根灌循环模式能改善城市地表水与地下水的循环关系,有助于缓解干旱缺水城市的地下水漏斗问题。由于制造坛子的材料取源于矿山废料,因此对防止环境污染也有益处。

**关键词:**坛式根灌;循环模式;储水池;循环利用

**中图分类号:**S273.1 **文献标识码:**B

## The Crock-type Root Irrigation Circulation Mode and Its Application in Droughty City

GAO Hui-qiao, XIA Xu-dong

(North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450011, Henan Province, China)

**Abstract:** The crock-type root irrigation circulation mode is improved on the basis of the former root irrigation mode and combined with the circulation characteristic of surface water and groundwater. The mode is economical and reasonable, and its technology is simple. So it is suitable to promote. The planting experimental result indicated that the mode can use the limited water resources with highly efficiency, and can prolong the flowering period of decorative plant for more than one month. At the same time, the mode can improve the circulation relation between surface water and the groundwater of city, which is helpful to alleviate the ground water funnel question of droughty city. Because the manufacture material of crock is taken from the waste material of mine, it is beneficial for the environmental pollution prevention.

**Key words:** crock-type root irrigation; circulation mode; water storage pond; circulation use

## 0 引言

随着经济发展、人口增多及人民群众生活水平的日益提高,人们对水的需求不断增加,水资源供需矛盾日益加剧。特别是随着我国城市化进程的快速发展,城市对淡水资源的需求与日剧增。我国绝大多数城市是以地下水和天然降水作为城市的主要供应水源,由于技术和设备不完善,天然降水的利用率很低。大多数城市,特别是干旱缺水城市,对地下水过分依赖,长期过量开采地下水,造成城市市区下层地下水位呈漏斗状分布,越靠近市区中心漏斗越深。而在用水如此紧张的地方,城市生态用水就不可避免被占。但作为现代人聚集生活的

城市是不能没有优美的环境的,没有好的环境意味着没有健康,也意味着没有幸福的生活。那么如何解决干旱缺水城市的生态用水问题,同时又不挤占城市生活及其他事业用水,并能改善城市地下水漏斗恶化问题呢?坛式根灌循环模式无疑是一种很好的选择。

坛式根灌是一种新型的节水技术,它对解决干旱地区的农业生产用水问题,改善城市生态环境,维持可持续发展等方面都具有现实意义。许多工业发达国家的根灌利用技术已趋于成熟,我国的根灌综合利用系统还处在探索阶段,为此,对该技术体系进行系统研究和总结,尽快构筑和完善该技术体系,以便使其更好地为节水灌溉服务。本文将从坛式根灌循环模式

的结构、功能、效益等方面,结合干旱缺水城市生态需水,水资源的利用效率,地表水与地下水关系等进行全面阐述,并结合事例说明坛式根灌循环模式的优点。

## 1 坛式根灌循环系统

坛式根灌循环系统是由地下综合储水池、具有渗透能力的坛子、输水管道、浅井、过滤进水口、水位报警器、抽水控制器等组成。有时还设渗透设施与贮水池溢流管相连,使超过储存容量的部分溢流雨水和生活废水渗透。

### 1.1 具有渗透能力的坛子

该系统采用的是一种由矿渣废料制作而成的坛子,既造价低廉,又能变废为宝。坛子的顶端有一个圆形口是进水口,用于接管道,其直径约为坛身直径的 $1/4$ ,或者更小一些。坛身的周围和底面都均匀地分布着空隙,这可以使坛中的水分均匀而缓慢地渗流到四周的土壤中去,并被植物根部吸收。坛子的大小和其在土壤中的埋深,要视具体情况而定。一般情况下,坛子的尺寸与其埋藏数量、灌溉面积及单位植被需水量等有关。在坛子数量和灌溉面积一定时,坛子的大小由单位植被需水量来决定。而坛子的埋深和灌区土质、所要灌溉的植被种类等有关。在易产生盐碱化的灌区,适宜深埋;当被灌溉植物根系深植时,也适宜深埋。反之,坛子就可以适当浅埋。在正常情况下,坛子取直径 $30\text{ cm}$ 、高 $50\text{ cm}$ 、埋深 $100\text{ cm}$ 左右。

### 1.2 输水管道

输水管道的作用是连接坛式根灌循环系统的各个部分,使水分在系统中自由地传输。输水管道的材质规格和尺寸,要视实际情况而定。在已经建立地下排水系统的地区,可以利用已有的地下管道。尚未建设排水系统的地区,应根据灌溉需水情况,选择水管的尺寸和材料,可以是金属管、硬塑管或其他适宜的材料管等。一般条件下,塑料管仍然是比较经济实惠的管道。

### 1.3 浅水井

当雨水、地表水供应不足时,可以打浅井。用水泵抽取地下水,供应系统需要。当然,在发生突发用水事件或遭遇干旱年时,浅井也可以用作应急水源。但在雨水、地表水能满足需求时,不提倡采用地下水。至少,在用地下水时,保证不会发生地下水持续下降的恶性后果。

### 1.4 地下综合储水池

地下综合储水池是用于收集生活废水、天然雨水等地表水,经过滤净化后由输水管道传输到坛子,当地表水不足时,地下综合储水池也用于储存浅井抽取的地下水,并将其传送到坛子中。地下综合储水池由净化装置和储水池两部分组成,两者直接相连。净化装置由沉沙池、沙砾层、砾石层、棕榈层、净化层、隔栅等组成,其厚度是具体情况而定,即可以对收集的生活废水、天然雨水等地表水进行处理,使其达到灌溉要求<sup>[1]</sup>。储水池则是整个循环系统的核心,它是将经净化的地表水和抽取的地下水储存起来,并把水输送到系统的各个部位。地下综合储水池的顶部与地面平行,或略低地面,这样便于收集雨水。地下综合储水池由不透水混凝土衬砌而成,池的大小视周围情况而定,尺寸一般做成 $300\text{ cm}\times 200\text{ cm}\times 150\text{ cm}$ 的较合适。

地下综合储水池不封顶,但有盖板,且外留有带过滤装置的进水口。过滤净化装置和储水池一般结构纵剖面示意图如图1。

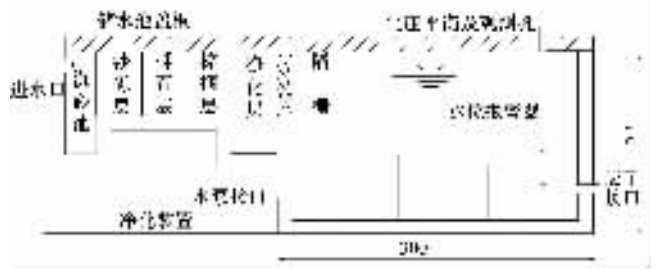


图1 地下综合储水池纵剖面(单位:cm)

### 1.5 过滤进水口

雨水、生活废水等地表水在循环过程中,会掺杂一些废弃的树叶或垃圾物等。这些东西能够堵塞管道,给传输水分造成障碍。过滤进水口的功能就是在地表水传入地下综合储水池以前,将掺杂的物体自动过滤掉。过滤进水口安装在略低于地面处,由塑料制成,其直径可以和输水管道进行插接或套接,过滤管长度在 $60\text{ cm}$ 左右,上下两端留有 $15\text{ cm}$ 管长,用于接口,中间有一个椭圆开口,在开口中间斜放一个塑料过滤网,以便隔除水中杂物。其形状和结构如图2。

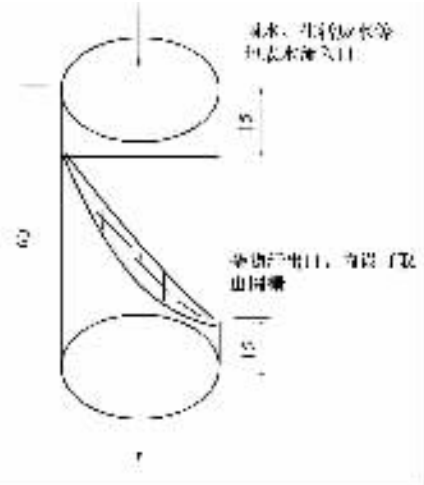


图2 过滤进水口示意图(单位:cm)

### 1.6 水位报警器

水位报警器是对储水池水位进行观测的仪器,它的底部感应器和输水到坛子的水管平行,见图1。当储水池的水位低于输水管时,储水池就不能正常向系统输水。这时,水位报警器就会向系统控制器报警。它的顶部感应器则与储水池盖板平行,当储水池的水位达到盖板时,水位报警器也会向系统控制器报警。

### 1.7 抽水控制器

抽水控制器是系统的简易大脑,它对水位报警器汇报的信息进行处理。当水位报警器底部感应器报警时,表明系统缺水,抽水控制器启动水泵从浅井中抽水,注入储水池中;反之,当水位报警器顶部感应器报警时,表明储水池已满,抽水控制器关停水泵,停止供水。

## 1.8 气压平衡及观测孔

该孔主要用于平衡系统的气压,保证整个系统内的气压处于平衡状态。它可以防止雨水入灌或向系统抽水时,挤压储水池中的空气,影响外界水流入储水池。除此之外,当水位报警器发生故障时,还可以通过该孔观测储水池中的水位,并可以经该孔将发生故障的水位报警器取出修理。

## 2 坛式根灌的结构模式及循环机理

### 2.1 结构模式

坛式根灌循环系统的结构模式是整体上串联和局部并联相结合,整个系统可看成两条串联线路和两个并联部分。第一条线路:浅井由抽水管道连接到储水池,储水池再由输水管道连接到坛子;第二条线路:从过滤进水口到净化池,再到储水池,最后经输水管道到坛子。两个并联部分则是,浅井、抽水管道和过滤进水口、净化池的并联,若干输水管道、坛子之间的并联。

### 2.2 循环机理

坛式根灌循环系统的水源有两类,即地表水和地下水。地表水主要包括雨水、生活废水及其他地表水体,这些水来源繁杂,且带有杂质和污染物,需要进行处理后,才能进入系统。首先,雨水、生活废水等地表水要经过过滤进水口过滤掉杂物,然后再进入净化池进行一系列净化处理,最后进入储水池。而地下水就不需要上述处理,它由浅井经水泵抽出后即可直接注入储水池。储水池是整个系统的核心,经过处理的地表水和经水泵抽取的地下水均汇集在储水池中,储水池的水经输水管道传送到坛子。坛子是具有渗透功能的,坛子中水分由坛身孔隙渗透到植物根部的土壤中去,一部分被植物吸收,另一部分渗入地下,补给地下水。被植物吸收的水分除供植物生长之外,还会有一部分由植物自身的蒸腾作用挥发到空气中,形成雨水,最终还会变成地表水进入系统循环<sup>[2]</sup>,而补给地下水的水分也会由浅井抽水再次进入系统循环。同时,由浅井抽取但用于其他用途的水分,最终也会以地表水的形式进入循环。

### 2.3 坛式根灌循环系统的优点

坛式根灌循环系统有其突出的优点。首先,系统同时采用地表水和地下水这两种水源,这样能最大程度地保证灌溉用水;其次,系统建立了地表水和地下水的循环模式,改善地表水和地下水的水力关系;再次,坛式根灌循环系统的水分被直接输送到植物根部,有利于植物吸收。同时,系统的水循环主要在地下,这样可以很好地避免蒸发作用,能有效地节约用水,使水的利用率大大提高。最后,坛式根灌还有其独特的优点,那就是坛式根灌走出了传统的点式根灌,从面式的角度来做根灌,这样做便于扩展根灌的面积。由群体坛子的渗透作用可在小灌溉区内形成一个地下水位线,这个水位线要比实际的地下水位线浅很多,它对干旱缺水地区的生态环境是很有意义的。因为这些地区的地下水除缺少地表水补给之外,还被过量开采,这样最终会导致地下水持续下降。地下水持续下降会最终威胁整个地区的生态安全,也会最终威胁人类的生存,而坛式根灌循环系统所能形成的这个地下水位线对维持和保护干旱地区的生态环境是很有帮助的。

## 3 坛式根灌循环模式的应用及效果

在干旱缺水城市,坛式根灌循环模式可用于城市绿地灌溉、花卉灌溉、幼苗培育及道路两旁绿化带灌溉等,且效果显著。城市绿地具有消除灰尘、净化空气、降低噪音、保持水土、改善小气候、保护生物多样性、提供休闲运动场所、美化人居环境等多种功能,是现代城市的“肺”<sup>[3]</sup>。但目前我国的城市绿地发展水平还很低,特别是在干旱缺水城市,这种现象更明显。造成这种后果的一个重要原因就是水资源短缺。随着城市的发展、人口的增多,水资源短缺会越来越严重,这就给城市绿地建设带来了巨大的挑战。与此同时,许多城市的新建绿地还依然使用生活饮用水,大水漫灌,这更加剧了水资源紧张的局势。更值得关注的是,与水资源短缺相反,城市雨水、生活废水等不能被人们直接利用的水却白白地流掉,并给生态环境带来损害<sup>[4]</sup>。当人们不得不面对这两方面问题时,坛式根灌循环系统恰能帮解决这些问题。首先,坛式根灌循环系统能高效节水,这样能减少对其他用水的挤占;其次,坛式根灌循环系统能处理和利用城市雨水、生活废水等进行灌溉,能变废为宝;同时,坛式根灌循环系统的结构简单、造价低廉,适宜广泛推广。

试验表明,坛式根灌循环系统用于花木灌溉、幼苗培育及道路两旁绿化带灌溉等,除具备上述优点之外,还能使花木的花期延长一个月左右,使幼苗的存活率和生长率都明显增加,使道路两旁绿化带植物的生长状况得到改善,绿叶期延长。这些结果表明坛式根灌循环系统是对城市生态大有益处的灌溉模式,特别是在干旱缺水的城市,它的作用就会更为明显<sup>[5]</sup>。

以郑州市为例,据郑州市市政管理局公布的数据,2005年郑州市的绿地总面积约为2 600 hm<sup>2</sup>。据了解,郑州市对绿化灌溉一直实行定额管理,即每公顷绿地每年用水量不得超过9 000 m<sup>3</sup>。由于近几年郑州市公园、游园、绿化带增长很快,管理相对滞后,实际用水量在1万 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>以上,即郑州市今后每年用于绿地灌溉的用水量都在2 600万 m<sup>3</sup>以上。与此同时,郑州市年均降雨量为628 mm,而路面硬化,郑州市只有大约10%的雨水可以渗入地下,由于郑州市在收集雨水灌溉方面几乎是空白,90%的雨水就随着下水道或排洪道白白流失,而这些流失掉的雨水是完全可以满足郑州市全年绿化用水需要的。据郑州市供水节水办公室副主任洪玉锡介绍,郑州市的绿地灌溉三环以外和三环以内是不一样的。三环以外的绿地灌溉都是用井水,而三环以内主要利用防火栓和洒水车灌溉。这表明郑州市绿地灌溉用水仍然主要使用地下水和自来水。按照郑州市目前行政性用水3.05元/m<sup>3</sup>的价格计算,郑州市今后每年用于绿地灌溉的费用都在7 900万元以上<sup>[6]</sup>。

由于生态价值的不确定性,以下仅从节水和资源利用及环保等方面来比较坛式根灌循环模式和郑州市现用绿地灌溉方式的优劣。第一,节水方面。坛式根灌循环模式采用的是根灌方式,在相同情况下,它的灌溉用水量不及郑州市现用绿地灌溉方式用水量的30%,若郑州市的绿地灌溉全部采用坛式根灌循环模式,但还使用现用绿地灌溉方式的水源,每年至少可节约用水量1 800万 m<sup>3</sup>,节约费用5 500万元以上。第二,资源利用。坛式根灌循环模式采用了雨水收集处理技术,把雨水当

作一种资源使用,而郑州市的雨水又是完全可以满足绿地灌溉要求的,因此,坛式根灌循环模式的使用可以使郑州市今后每年节省出 2 600 万  $m^3$  以上的可用水资源,这对缓解郑州水资源短缺问题和地下水漏斗问题都具有重要意义。第三,环保方面。坛式根灌循环系统中的坛子是由矿山废料制作成的,坛式根灌循环模式可以适当处理利用轻度污染的生活废水,因此其环保价值也是郑州市现用绿地灌溉方式所不具备的。综上所述,坛式根灌循环模式是比郑州市现有绿地灌溉方式更优越一种节水灌溉方式。

表 1、表 2 为郑州市正常年份每年每公顷单位绿地面积,在使用两种灌溉模式情况下的用水量和成本比。

表 1 两种灌溉模式在灌溉水源相同情况下的用水量和运行成本比较

模式	主要水源	用水量/ $m^3$	用水量差/ $m^3$	价格/ (元· $m^{-3}$ )	用水成本/ 万元	成本差/ 万元
现用灌溉方式	地下水、自来水	10 000	—	3.05	3.05	—
坛式根灌模式	地下水、自来水	<3 000	>7 000	3.05	<0.915	>2.135

注:不考虑雨水和其他水源,只考虑井水和自来水用于绿地灌溉。

表 2 两种灌溉模式在灌溉水源不同情况下的用水量和运行成本比较

模式	主要水源	节约水量/ $m^3$	用水量差/ $m^3$	价格/ (元· $m^{-3}$ )	用水成本/ 万元	成本差/ 万元
现用灌溉方式	地下水、自来水	10 000	—	3.05	3.05	—
坛式根灌模式	雨水、污水	3 000	10 000	0	0	3.05

注:考虑雨水、生活废水等水源被充分利用于绿地灌溉。

由此可以看出,与郑州市现用绿地灌溉方式相比,坛式根灌循环模式可使郑州市每年每公顷绿地灌溉节约地下水和自来水 0.7~1.0 万  $m^3$ ,节约成本 2.135~3.05 万元。当雨水、生

活废水等未被利用时,坛式根灌循环模式节约的可用水量 and 成本分别为 7 000  $m^3$  和 2.135 万元;当雨水、生活废水等被充分利用时,坛式根灌循环模式节约的可用水量 and 成本分别为 1.0 万  $m^3$  和 3.05 万元;正常情况下,坛式根灌循环模式节约可用水量和成本介于两者之间。郑州市现有绿地约 2 600  $hm^2$ ,若全用坛式根灌循环模式灌溉,则每年节约地下水和自来水约 1 800~2 600 万  $m^3$ ,节约运行成本约 5 500~7 900 万元。

## 4 结 语

资源、环境及可持续发展是人们未来需要共同面临的问题。节约资源、保护环境、实现可持续发展需要大家共同的努力。坛式根灌循环模式的设计就是基于节约用水、改善环境、实现可持续发展考虑的。该根灌模式技术简单、造价低廉、节水和灌溉效果明显,并且能结合各个具体情况而建造,适宜在广大干旱缺水地区推广。

### 参考文献:

- [1] 孙绪金,李建华,高传昌,等.郑州市防洪及雨洪利用工程研究报告[R].郑州:华北水利水电学院,2003.
- [2] 杨金祥,季静秋.根灌高效节水农业新技术及其应用成果[J].中国农村水利水电,2003,(7):21-23.
- [3] 苏德荣,韩烈保,尹淑霞,等.解决城市生态绿地灌溉用水的途径[J].节水灌溉,2005,(4):10-13.
- [4] 宋永昌,由文辉,王祥荣.城市生态学[M].上海:华东师范大学出版社,1999:27-55.
- [5] 郑丹星,冯流,武向红.环境保护与绿色技术[M].北京:化学工业出版社,2002:63-85.
- [6] 河南省城市社会经济调查队.2005 河南城市统计年鉴[M].郑州:河南省诚和印制有限公司,2005.

(上接第 44 页) 上扎有间距为 35 cm、孔径为 1.2 mm 的水平单眼塑料细管做毛管,每 1 m 间距布设 1 条,埋入地下 8~10 cm 土壤中,两侧种植蔬菜。毛管首部与管径为 38 mm 的塑料支管用三通联接,支管首部安装同径闸阀并与水源接通,蔬菜灌溉时开启闸阀即可。

### 4.4 雨水资源的利用

在温室大棚的檐口设置 U 形水槽,在温室大棚的一角设置水箱,或者在温室大棚外设置一个蓄水池,可完成温室大棚顶部雨水的集和蓄过程,充分利用温室大棚顶面的高度,抬高集水箱的蓄水水位。这样集水箱与棚内滴灌系统相结合,就可利用自压进行温室大棚的灌溉,利用温室大棚外的蓄水池的水进行提灌,集水箱可兼作施肥灌和地下水补充灌溉时的调温箱。

### 4.5 灌水器堵塞的防治措施

滴灌系统存在的最大问题就是灌水器容易堵塞,滴灌系统的堵塞轻则引起均匀度下降,重则使系统报废。引起灌水器堵塞的原因可分为以下 3 种:①固体颗粒引起的物理堵塞;②化学反应生成的难溶性盐所引起的化学堵塞;③由微生物的活动引起的生物堵塞。预防的最好办法是定期对系统进行清洗,尤

其是在用滴灌系统施肥或施药后对系统进行清洗是系统安全运行的保障。

### 4.6 温室大棚采用微灌的优点

温室大棚采用微灌技术主要有以下优点:可以降低室内空气相对湿度 20%左右;几乎不会引起地温下降,有利于作物生长;灌水时还可结合施肥,把肥料直接送到作物根部,提高肥料的利用率;降低棚内空气相对湿度,可以大大减少蔬菜病虫害;采用微灌比大水漫灌节水 50%~90%,可使蔬菜的病虫害减少,从而用药就减少,食用蔬菜安全且品质好;大棚蔬菜提高作物产量,可增加收入 30%~100%。

### 参考文献:

- [1] 陈平,王景成.设施农业雨水资源自压利用系统研究[J].节水灌溉,2002,(1).
- [2] 吴兴波,赵德岭,李荣昌.塑料大棚蔬菜膜下滴灌技术试验研究[J].灌溉排水,1999,(1).
- [3] 向东,潘晓勇,刘兆民,等.不同灌溉方式对大棚西红柿产量和品质的影响[J].中国农村水利水电,2006,(5).