

智能灌溉系统的应用

作者：王绍新

摘要：中央计算机灌溉系统在我国已经有十来年的历史了，但是几乎都没有真正的发挥设计者所设想的作用，真正实现节水、节能的目的。现在主要的原因是灌溉管理人员未能真正理解中央计算机软件中的一些灌溉参数的作用和如何去设定这些参数所致。本文着重介绍作物系数的设定方法。为灌溉管理人员提供一点帮助。希望能帮助灌溉管理人员提高灌溉管理水平，实现节水、节能的目的。

关键词：ET; 灌溉制度; 智能灌溉; 作物系数。

1. 引言

在各大园林、农业及高尔夫灌溉项目中，越来越多的人认识到了节水灌溉的重要性。由于全球气候的恶化和水污染等原因，水资源的短缺已经成为全球性的问题。气候变暖，导致干旱加剧，为了保证人工植被和农作物的正常生长，节水灌溉系统起到了至关重要的作用。在各大城市和农业园区等，节水灌溉系统被广泛的应用。

2. 怎样才能节约用水?

大家都知道节水灌溉系统既能保证植被的正常生长，又能节约用水。这里所说的节约用水有两个方面：

第一方面：工程上的节约用水

因节水灌溉系统多采用管道输送水，灌溉水利用系数从沟渠输送水的 0.45 左右上升到 0.9 以上，大大提高了灌溉水的利用率。同时，节水灌溉方式（如喷灌、微喷灌和滴灌）的变革，在灌溉水利用率上也提高了很多。过去的大水漫灌不仅浪费水，而且也极易引起土壤的板结和盐碱化。而采用节水灌溉方式，可以在相当大的程度上减少浪费和减轻土壤的板结等现象的发生。

第二方面：用水管理上的节约用水

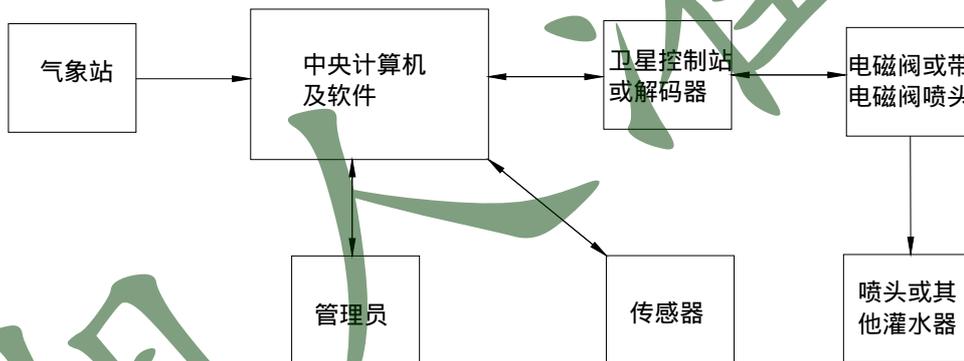
我们虽然采取了节水灌溉措施，也有很多公园、农业示范区和高尔夫球场安装有中央计算机灌溉管理系统。但是这些只是在一定程度上提高了灌溉水利用率和工作效率。很多灌溉作业出现地表径流和深层渗漏的现象。节约用水还是有相当大的空间的。

那么这个空间怎样才能挖掘出来呢？那就需要有合理的灌溉制度。节水灌溉的理论是作物消耗多少就灌溉补充多少。那么这个量是怎么确定的呢？在灌溉理论研究中，多采用土壤

湿度传感器和气象站等气象监测设备。现在这些监测设备已经完全应用在我们的灌溉管理中，而且发挥着重要的作用。

3. 什么是智能灌溉系统？

在各种大型项目中，业主或发包方都要求采用最先进的灌溉系统。什么样的系统才是最先进的灌溉系统呢？有很多人提出了**智能灌溉系统**这一概念。但是智能灌溉系统到底是什么样子的？可能没有几个人能提出来一个详细的说明。有些人认为有计算机软件和**一些传感器**就是智能灌溉系统。当然，智能灌溉系统是需要这两方面的软硬件支持。但最重要的是计算机软件的功能和与之匹配的传感器的功能。我理解是：智能灌溉系统应该能对植被的耗水量和什么时候需要进行灌溉有个准确的判断和提示，这是最基本的要求。因此，我认为智能灌溉系统的组成应该是：功能强大的计算机灌溉管理软件、先进的传感器（如：气象站、土壤湿度传感器等）、灌溉控制设备、先进的灌水器。



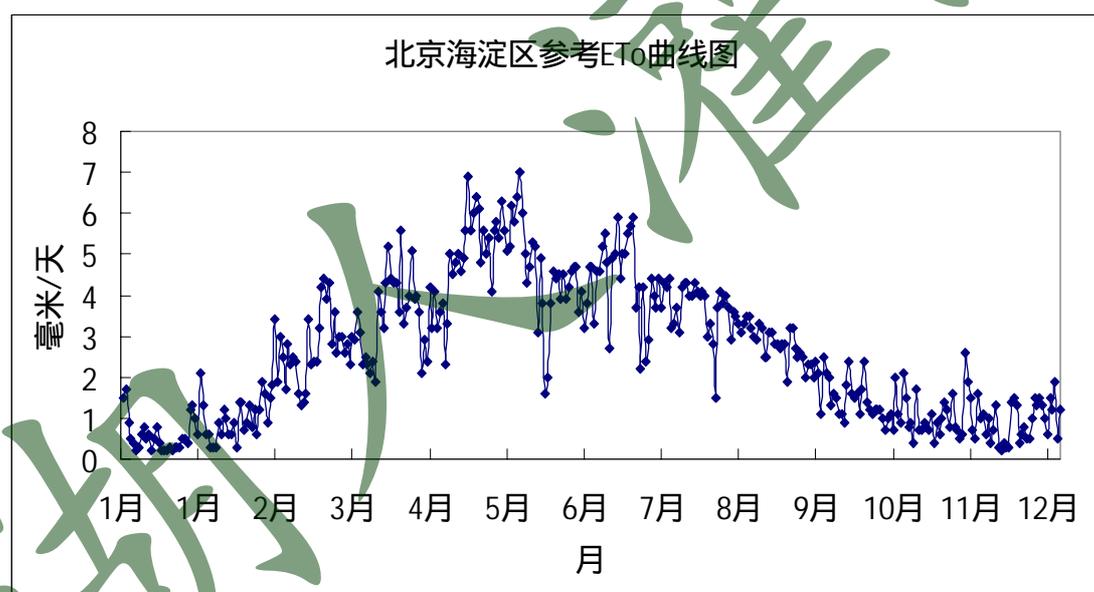
智能灌溉系统结构图

4. 智能灌溉系统能做什么？

智能灌溉系统最主要的是能确定作物的耗水量和确定到什么时候需要进行灌溉。但是，很多业主反应这个智能灌溉系统实现不了上述所说的智能功能。他们认为中央计算机管理软件使他们的操作更简便、更快捷，安装在田间的气象站和传感器能给他们提供一些参考。**需要注意的是**：再好的东西，再智能的东西也是要人来用的。只有使用者正确合理的使用才能发挥其效用。的确，安装在田间的气象站和传感器是给我们提供一些参考。但是这个参考值与我们现场的实际情况是有机相关的。比如说 ET（作物腾散量和蒸发量的合称，又称为腾发量），我们把气象站测得的 ET 值称为 ET_0 。实验测量 ET_0 的前提是：以 12cm 长、生长正

常、完全覆盖的苜蓿草为测试对象，用彭曼公式计算而得。而我们在灌溉中选用的气象站也是用彭曼公式，经 6 次修正计算而得。所不同的是，我们测试的对象是本地大面积种植的选种草种，修剪高度不一定是 12cm。但总的来说，作物的实际 ET 与 ET_0 之间是存在一定的比例关系的。我们用公式 $ET=K_C*ET_0$ 表示，式中的 K_C 称之为作物系数。决定作物系统的因素有很多。比如：作物种类、修剪高度、区域小气候等等。因此，智能系统是否能真正发挥其效用，决定于管理人员对 K_C 值的确定是否准确。如果 K_C 确定了，那么作物的耗水量也就相对确定下来了。根据气象站每天测得的 ET_0 的不同，作物每天的耗水量也不同。

这时的系统还不能说是智能的，还需要制定合理的灌溉制度。以草坪为例，草坪可以分为景观草、牧草和运动型草。景观草和牧草的养护等级相对较运动型草要低。因运动型草要有一定的耐践踏性和球类等的运行速度要求。如果灌溉制度不合理，草坪生长不强壮，就缺乏耐践踏性。在草坪养护中，要求是“见湿见干”，也就是要求草坪在养护过程中干旱达到一定程度才进行灌溉，一次灌溉就要灌溉到一定的深度和湿度。当然在灌溉过程中，



出现了降雨等情况时，我们是不需要进行灌溉的。当降雨结束后，如果降雨量很小，那么我们还需要继续灌溉来满足作物的需求。在理论上讲，我们希望的是还需要多少我们就补充多少水量。现在雨鸟的灌溉软件，利用安装在田间的雨量桶已经完全能解决这个问题了。其实智能灌溉系统能解决我们在灌溉管理过程中遇到的大部分问题。

5. 现在灌溉系统应用中存在的问题

上面我们说过了，如果 K_C 值确定下来了，那么作物的耗水量也就相对确定下来了。但是，在现实管理过程中，绝大多数业主未能准确的确定 K_C 值。产生这种情况的原因有多

个。

第一种情况是管理人员不知道需要确定 K_C 值。产生这种情况的原因是设备销售商或者管理部门主管未对管理人员进行相应的培训。

第二种情况是管理人员知道需要确定 K_C 值，但是不知道如何去确定 K_C 值。的确，要能准确的确定 K_C 值是不容易的，需要进行长期观测。一个最简单的方法就是对土壤水分进行测定。无论什么作物都是需要从土壤中获得水分的。土壤水分消耗的多少，也就决定了作物消耗掉了多少水。同时，作物根系从土壤中获得水分也是一定量的。当土壤中水分含量降低到一定值时，作物根系就无法从土壤中获得水分，一般用土水势表示。把作物根系能否获取水分的临界点称为作物凋萎点，其土水势值约为 -1.5MPa 。有人说，作物耗水量与土壤水没有关系，要不怎么分耐旱作物和不耐旱作物呢，所以灌溉也不需要测土壤水。是的，作物的耗水与土壤没有直接的关系，耐旱作物只是其植株的腾发量较其它作物小。但是，耐旱作物也是要消耗水分。其消耗的水是从哪来的呢？当然是土壤，当土壤有足够多的水分时，作物可以获取水分；当土壤水分达到作物凋萎点时，耐旱作物也是获取不了水分的。耐旱作物只是其消耗水分速率比一般作物低罢了。因此，我们可以通过测量土壤水分来确定每种植被或不同区域植被的 K_C 值。当然， K_C 值也会根据季节的不同有所变化，主要是气候因素的影响。

第三种情况是管理人员根据经验来确定的 K_C 值误差较大。

对于管理人员，有的人经验非常丰富。并且在每次灌溉前后都取土样进行观察，察看其湿润程度。来判断灌溉水量的多少，在软件中来修正 K_C 值。为了更准确的确定 K_C 值，最有效的方法就是在灌溉后取土样，测量土壤的含水量。在下次灌溉前再取一次土样，测量土壤的含水量。同时记录下这个灌溉周期的 ET_0 。把一定周期（半年或一年）的数据做线性分析，最终来确定 K_C 值。还有另一种方法就是利用土壤湿度传感器来测量每个灌溉周期的土壤含水量。选取远程读取数据功能，减少人工取土样和烘干的繁琐工作。推荐采用 CAMPBELL 公司出品的时域反射（TDR）系统和 CROSSBOW 公司出品的 eke 无线土壤湿度传感系统。

6. 这些问题应该怎么解决？

如果上面说到的作物系统 K_C 值确定下来了，那么我们什么时候进行灌溉呢？这需要我们知道所灌溉区域土壤的性质。以草坪为例：一般草坪根系的深度为 $10\text{-}20\text{cm}$ 。对于不同质地的土壤，在这个土层内的有效水含水量是不同的。各种土壤的有效水含水量参见下表。此

表中的有效水含水量为近似值。相同质地的土壤，随着土层深度的变化，有效水含水量也会有所变化。在实际使用中，可以对土壤的有效水含水量进行测量。同时，对有效水含水量的上限和下限进行测量。从而确定灌溉的开始时间，在雨鸟的中央计算机软件中是以最小 ET 的方式来确定的。如使用雨鸟的中央计算机软件，只需要确定各种植被在所处土壤中的最小 ET 值即可。其最小 ET 值的确定是按照植被根系层土壤有效水含水量减去当地最大日耗水量确定的。

土壤性质	mm/m	有效水含水量
Sand 沙	60	
FineSan 沙土	90	
Sandy Loam 沙壤	110	
Loam 壤土	170	
Silt Loam 粉沙壤土	170	
ClayLoam 粘壤	165	
Clay 黏土	140	

7. 智能灌溉系统应用实例

在北京，使用智能灌溉系统较好的球场是北京 CBD 国际高尔夫球会和北京太伟峻岭高尔夫球场。其草坪面积分别约为：65 万平米和 48 万平米。2008 年的用水量分别为 25.4 万立方米和 18.5 万立方米。在节约用水的同时，也节约了电能和劳动力。这两个球场是使用智能灌溉系统的典范。但是，北京 CBD 国际高尔夫球会是根据气象站每天测得的 ET_0 ，由管理者来判断灌溉水量（即运行时间），其人为因素的影响较大。而北京太伟峻岭高尔夫球场是在软件的数据库中输入作物系数，由气象站测得的 ET_0 自动计算每次需要的灌溉水量，基本完成了灌溉管理数据库的建立。即使更换灌溉主管，系统也能很好的运行。只要完善灌溉管理数据库，维持系统设备的正常运行，就能够保证系统实现良好的灌溉作业，节约用水用电等等。

8. 结语

随着科技的迅速发展，在灌溉管理上也有了突飞猛进的发展。在市场出现了各种各样的计算机管理软件和传感器，为我们在灌溉管理上提供尽可能多的帮助。我希望有更多更好

的软件和硬件设备来为灌溉行业服务。同时，也希望有更多的专业人员来指导软件和硬件设备的使用，真正实现智能灌溉。让节水灌溉事业更进一步，更好的节约我们有限的资源。

湖
人
灌
溉