

引用格式:陈阳,陈远生,吕文菲,等.设备智能化与管理信息化对高校用水的影响——以北京市为例[J].资源科学,2017,39(10):1956-1963. [Chen Y, Chen Y S, Lv W F, et al. The influence of equipment intelligence and management informatization on campus water use in Beijing[J]. *Resources Science*, 2017, 39(10): 1956-1963.] DOI: 10.18402/resci.2017.10.14

# 设备智能化与管理信息化对高校用水的影响 ——以北京市为例

陈 阳<sup>1,2</sup>, 陈远生<sup>1</sup>, 吕文菲<sup>1,2</sup>, 刘华先<sup>1,2</sup>, 罗文哲<sup>1,2</sup>

(1.中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:**随着智慧城市建设脚步加快,智能技术逐渐成熟并得到广泛应用,智能设备走进千家万户,融入各行各业,改变了城市水资源消费和管理的方式,尤其是城市公共生活用水。在众多行业中,高校的用水管理起步早,节水管理水平较高,主要体现在节水型器具和设备的普及与水管理信息化系统的使用上。对以传感器技术和水管理系统为代表的高校节水技术和用水管理基本特征的研究,有助于提高城市公共行业用水效率和行业管理信息化水平。本文采用典型问卷调查法和数理统计法,以北京市为研究区域收集高校用水及涉水设备智能化和管理信息化数据,分析智能设备与管理信息化对高校用水的影响。并以此为背景,针对城市公共行业用水管理信息化提出建议:将北京市高校的节水和水管理信息化经验在高校间推广,同时向其他行业推广,如宾馆、医院、饭店、机关和洗车行业等;增加水管理信息系统应用及节水效果在城市行业节水工作的管理评价指标中的比重;在日常城市用水管理工作中,加强信息基础设施建设,增加信息技术应用,提高信息资源的使用效率,积极推进节水管理信息化进程,实现城市水资源管理精细化。

**关键词:**用水设备;智能化;管理信息化;用水管理;高校;北京市

DOI: 10.18402/resci.2017.10.14

## 1 引言

随着全球物联网、移动互联网、云计算和大数据等信息技术的发展和推广应用,城市向着更高阶段的智慧化方向前进。作为智慧城市的延伸,智慧水务构想通过信息化建设促进水务现代化,提升公共服务能力,保障水务可持续发展<sup>[1]</sup>。在水资源统一管理的前提下,水务管理对涉水政事物进行统一管理,包括防洪、水源、供水、用水、排水和污水处理等<sup>[2]</sup>,用水管理是其中的核心,智慧水务工作的探索 and 开展势必会带动用水管理向自动化程度更高、更加智慧的方向发展,而用水管理的信息化和现代化将有效提高城市用水管理效率,实现水资源的可持续利用。

近年来,智能技术发展加快,越来越多的智能

设备走进城市各行各业和居民家庭,改变用水和水管理的方式。Mutchek等、Shahanas等、Choi等、张小娟等、刘勇等的研究利用智能计量设备、智慧控制系统和传感器网络建立智能系统,可用于洪涝干旱灾害预测、跑冒漏滴感知、过度使用检测及水质问题的自动检测和控制<sup>[1,3-6]</sup>。Gambe等、Robles等研究发现使用传感器、Iot、云计算、互联网等技术可提高城市水管理效率,降低管理成本<sup>[7,8]</sup>。在居民生活用水方面,Joo等、Liu等、Nguyen等、Rodney等研究智能仪表、可视化、互联网、数值模拟等技术的使用对居民家庭和供水企业用水的影响,提出智能技术可方便人们查询实时用水信息,增加节水可能性<sup>[9-12]</sup>。在城市公共行业层面,Petersen等、Verma等、Kudva等在研究中通过智能水表、基于web的服

收稿日期:2017-05-25;修订日期:2017-07-15

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0401408)。

作者简介:陈阳,女,江苏盐城人,硕士生,研究方向为水资源需求管理。E-mail:cheny.14s@igsrr.ac.cn

通讯作者:陈远生,E-mail:chenys@igsrr.ac.cn

2017年10月

务和传感器、通信、云计算等为高校住宿生和水管理部门提供用水数据服务,包括监测校园输送水过程和监测跑冒漏滴,研究显示基于数据的水管理更高效<sup>[13-15]</sup>。徐劲草等、王俊安等提出增加中水处理规模、基于定额管理的宿舍取水控制、阶梯式洗浴水价、冲厕水量控制、红外线节水控制器和普及绿化喷灌等高校节水对策,并观察到在高校中使用智能用水计价系统能有效降低开水房和洗浴等用水<sup>[16,17]</sup>。

高校集教学、科研和生活于一体,是城市的用水大户。由于高校人数多,用水复杂,用水设施新旧程度不一,其用水管理难度较大,也正是出于这个原因,相较其他行业,高校更加注重用水管理。北京市高校众多,水资源严重短缺的现实促使北京市高校在用水管理方面进行了积极的探索,用水管理信息化推行程度也较高,例如:在关键的用水环节使用多种类型的节水型器具和设备;配备智能节水管理系统,实时监测校园用水过程等,积累了丰富的经验。从1995-2015年,北京市高校数量从67所上升到91所<sup>[18]</sup>,增加了35.8%,普通高等学校在校人数从17.52万上升到60.36万,增长了244.5%<sup>[19]</sup>;而高校用水量从4532万 $\text{m}^3$ 下降至2987万 $\text{m}^3$ ,下降了34.1%,1995年、2015年高校用水量占北京市公共生活用水量的比重分别为12.3%和4.9%,下降了7.4%。在北京市高校数量增加和规模扩大的情况下,高校用水量不升反降,这无疑得益于高效、规范、先进的用水管理,其用水管理经验对其他行业或城市有一定的借鉴意义,对高校行业的用水影响因素研究也是重要的借鉴依据。

已有研究讨论了信息技术服务于居民、行业用水和宏观水管理的技术方案、对策及影响等内容,本文在此基础上,以北京市为研究范围,采用问卷调查法获取北京市高校用水现状,分析节水型器具和设备智能化与节水管理信息化对高校行业用水的影响,并进一步提出城市用水管理信息化建议。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

本文采用问卷调查和典型调查获取高校的用水及相关信息。高校承担生活和学习任务,人口集中,用水复杂,包含多种类型的生活用水。由于管

理难度大,再加上对节水工作的重视,高校的用水管理信息化起步领先于其他行业。结合上述背景,采用数理统计方法分析水龙头、便器和淋浴器智能化与高校用水之间的关系,并举例讨论管理信息化对高校用水的影响。

### 2.2 数据来源

本文使用的数据分为以下两类:第一类为研究区域的水资源统计数据,数据来源于北京市节约用水管理部门和国家统计局数据<sup>[18,19]</sup>,数据包括1995年和2015年的北京高校数量和用水量;第二类为调研数据,2015年10月对位于北京市的21所高校进行问卷调查,调查内容有师生人数、年取水量、各用水部门用水量、计量器具数量及计量率、用水器具类型和用水管理方式等。

## 3 北京市高校用水现状

### 3.1 高校用水情况分析

通过调查了解到普通高等学校的面积规模、人口规模、人均用水量之间的差异较大,这主要和学校的办学类型有关,普通高等学校包括大学、高等职业学校、学院和独立学院等。根据调研结果,21所高校的人均日用水量在(53.0~285.6)L/(人·d)之间,差异较大,均值为131.6L/(人·d)。出现人均日用水量的极低值和极高值的两所学校的办学性质分别是大学和学院,极低值的出现原因可能是这所大学开设的专业类型较少,在这些专业的教学活动中不需要使用大量水资源,并且该校的水计量器具和节水型生活用水器具配备情况较好;而这所学院的人均建筑面积在21所高校中排名第一,其水龙头和便器的类型分别是快开型和节能水箱型,没有安装节水效果明显的器具和设备,并且洗浴计费较便宜,按照洗浴收费标准从小到大排序,该校排在第二位。

高校的用水可分为教学办公用水、生活用水、娱乐活动用水和其他公共用水。教学办公区域包括教学楼、图书馆、办公楼和实验楼等;生活区域包括学生宿舍、公共浴室、食堂、开水房和医务室等;娱乐活动场所包括体育场馆、游泳池、礼堂和学生活动中心等;其他公共用水是指绿化、空调、锅炉房供暖补水和洗车等。按照上述的分类进一步对用水进行统计,其中用水较多的是无独立卫浴学生宿

舍、公共浴室、教学楼、食堂和绿化用水,分别占高校用水的22.0%、16.4%、11.2%、10.0%和9.9%,总共约占70.0%左右。另有研究表明宿舍楼的用水量占高校总用水量的60%~70%左右<sup>[20]</sup>。而宿舍、公共浴室等场所主要的用水器具和设备是水龙头、便器和淋浴器,因此对这些设备采用节水技术是节水的重点<sup>[20]</sup>。

### 3.2 高校用水器具和设备智能化及管理信息化

城市生活节水的主要途径包括实行计划用水和定额管理,进行节水宣传教育,推广应用节水器具与设备以及发展城市再生水技术等。在公建、市政和居民住宅等多种类型的水资源消费者中,高校校舍占地面积大,用水类型多且用水终端分散,节水任务重、管理难度大,其管理经验具有一定的代表性和借鉴意义。而高校中用水使用最多的器具(水龙头、便器和淋浴器)几乎处于无人监管的状态,配备节水效果好的器具和设备十分关键。近年来,高校逐渐投入使用多种类型的节水型器具和设备,种类丰富,使用频率高,节水效果明显,尤其是自动化程度和智能化程度较高的节水型设备,如红外感应式水龙头、便器和刷卡淋浴器,既能满足卫生需求,又能减少不必要的用水浪费,对高校的节水工作起着至关重要的作用。21所高校中,节水型水龙头安装率为100%的有14所,占比66.7%;节水型便器安装率为100%的有16所,占比76.2%。16所学校提供了浴室智能卡洗浴收费方式和收费标准,其中15所学校是计时收费,1所学校是计流量收费。除了配备节水型设备和器具,高校还在信息技术与水管理方面有所进展。21所高校中,有7所学校配备了水资源管理系统,占比33.3%。

节水型器具和设备从材料、构造和技术等途径入手,以控制水流、注重卫生为目的,不断的更新换代,目前市场上出现了多种类型的节水型器具,其中感应式的节水器具即满足了卫生需求,即人体与器具不直接接触,接近则供水,远离则停水,又满足了日常用水需求。另有研究表明在高校实验楼安装红外感应式节水器具之后节水50%左右<sup>[21]</sup>。下文以水龙头、便器冲洗设备和淋浴器控制设备为例介绍感应式节水器具对各类终端用水的影响。

## 4 用水器具和设备智能化与管理信息化对高校用水的影响

### 4.1 用水器具和设备的智能化及其影响

#### 4.1.1 水龙头智能化及其对用水的影响

有研究表明,学生在洗脸、手洗衣物时常开水龙头,浪费严重,据初步估算,一次洗衣耗水150.0L,相当于甚至超过一个人一天的用水量<sup>[16]</sup>。随着人们对卫生条件、节水效果等方面的要求提高,在技术条件允许的情况下,用水器具自动化和智能化程度逐渐提高。以水龙头为例,为达到节水效果:一是限制水龙头出水流量;二是缩短水龙头开关时间;三是避免水龙头由跑冒漏滴造成的浪费。例如采用陶瓷阀芯的水龙头密封性好,可有效减少跑冒漏滴;安装红外感应水龙头预先设定水量和时长而限制流量,手放到水嘴下则出水,手离开则立刻停水,还能防止忘记关水龙头,以高度的自动化和智能化克服无人监管和不良的用水习惯导致的用水浪费。

根据调查结果,高校中较多使用的节水型水龙头类型包括陶瓷阀芯、感应式、延时自闭式和其他类型,分别有1所、9所、3所和5所高校安装了以上类型的节水型龙头,其中感应式水龙头使用的最多。如图1a所示,只使用了1种节水型水龙头的高校有10所,其人均用水量均值为139.9L/(人·d),采用了2种的为126.9L/(人·d),采用了3种的为106.5L/(人·d)。可以看出,高校安装的节水龙头类型越多,高校的人均日用水量越低。采用的节水型龙头类型多,说明高校更换节水型器具的速度较快,反映了管理部门对用水效率管理工作较为重视。调查还发现,水龙头的智能化程度越高,节水效果越好,安装有感应式水龙头的高校共9所,它们的人均日用水量均值为122.4L/(人·d),在这9所高校中,感应式水龙头安装率为100%的高校有2所,它们的人均日用水量更低,为101.7L/(人·d);而其他12所高校的人均日用水量均值为138.5L/(人·d),比安装了感应式水龙头的9所高校高13.1%。

#### 4.1.2 便器和冲洗设备智能化及其对用水的影响

卫生间的冲洗设备及冲洗方式是当前节水的主要努力方向,目前公共卫生间正逐渐采用自动冲洗装置,以克服手拉冲洗阀、冲洗水箱、延时自闭冲



2017年10月

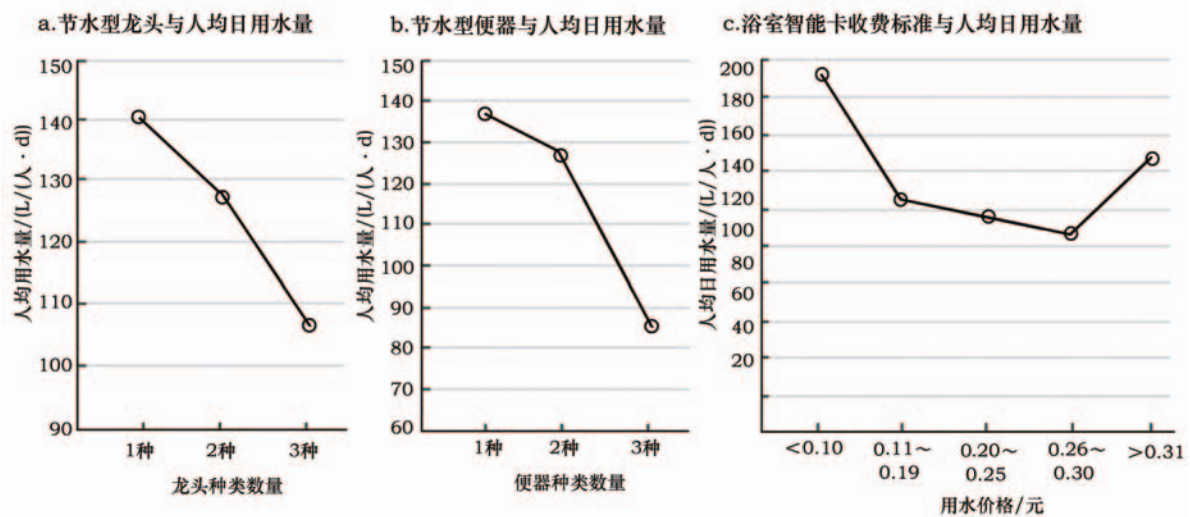


图1 水龙头和便器种类数量、智能淋浴器收费标准与北京市高校人均日用水量变化趋势

Figure 1 The quantity of faucet and toilet, the charge standard of intelligent shower and the changing trend of per capita daily water consumption in universities of Beijing

洗水箱等只能依靠人工操作而引起的弊端<sup>[22]</sup>。根据调查结果,高校多数采用独立蹲位式卫生间,便器冲洗设备常用类型包括3L和6L两档冲洗设备、红外感应式冲水阀、弹簧延时自闭冲水阀及其他类型。有些高校安装了多种类型的便器冲洗设备,其中安装了感应式、延时自闭式、脚踏式、低压喷嘴式和其他类型的学校分别有6所、3所、5所、1所和4所,有1所学校安装了按钮式便器。如图1b所示,便器冲洗设备安装类型越多,人均日用水量均值便越低。对应安装1种、2种和3种节水型便器的高校分别有10所、3所和1所,他们人居日用水量均值分别为136.6L/(人·d)、126.9L/(人·d)和85.6L/(人·d)。高校用水管理部门对便器及冲洗设备的节水越重视,安装的便器的类型越多,由此带来的节水效果也越明显。

现在公建中采用的感应式节水型便器冲洗设备能提供较为智能的、自动化程度高的用水方式,每次的用水量固定,减少因为水箱按钮长按不能弹回而造成持续冲水,避免人为长时控制便器冲洗阀产生的浪费。据调查,安装有感应式节水型便器的高校有6所,其人均日用水量为105.7L/(人·d)。其中有2所学校的安装率为100%,其人均日用水量为99.1L/(人·d)。1所学校安装有按钮式便器和脚踏式便器,安装率为100%,它的人均日用水量为

183.8L/(人·d),比安装了感应式便器的高校高了近一半。另有研究表明,在适用水压范围内,适用感应式小便斗比普通小便斗节水约20%,感应式大便器冲洗器比普通冲洗水箱或者普通冲洗阀节水20%~30%左右<sup>[23]</sup>。便器使用的频率高,节水效果对便器冲洗设备的性能依赖性也高。便器单次用水量较大,性能不好再加上不良的冲厕习惯极有可能造成较大的用水浪费,并且该部分排水不能作为中水再使用,故高校用水管理部门需高度重视便器及其冲洗设备的节水工作。

#### 4.1.3 洗浴设备智能化及其对用水的影响

淋浴器的类型有机械式半自动淋浴器、电子式自动淋浴器和插卡计费式淋浴器,前两者的典型产品是脚踏淋浴器和主动式红外感应淋浴器,都能实现人离阀闭、水自停的目的。目前公共场所尤其是高校的洗浴设备一般采用插卡计费式淋浴器。该类淋浴器将用水与个人利益挂钩,是行之有效的节水器具<sup>[24]</sup>。采用插卡计费式的智能淋浴器能够有力促进校园节水,有研究表明,采用插卡计费洗浴卡比不采用的情况节水40%~50%左右<sup>[21]</sup>。插卡计费式的淋浴器利用数显器提示消费者洗澡余额,增加用水的消费疼痛感。以此刺激消费者的节水意志,减少淋浴器无效使用时间,达到节约洗浴用水目的,并且还能减少学生洗浴的等待时间,提高浴室

的使用效率。

根据调查结果,有16所学校提供了智能插卡计费洗浴卡的收费情况,其中有15所学校按时计费,收费水平为(0.10~1.19)元/m,有1所学校按照水流量计费,收费标准为0.01元/L。如图1c所示,随着收费标准提高,高校的人均日用水量呈现下降趋势,但还需要考虑生活习惯、其他节水器具与设备安装情况和管理水平的影响。例如其中收费在0.31元/m以上的2所学校不符合该规律,其中有一所学校是民族院校,收费1.19元/m,可能是由于各民族的洗浴习惯差异导致洗澡水价对洗澡用水量的影响不显著。另外一所是独立学院,收费0.6元/m。可能和该校没有安装节水效果好的设备和器具有关,并且该校的用水管理措施也较少。洗浴卡的收费标准越高,学生洗澡的时间就越短,洗浴用水量就越少。

本次调查还发现,仅公共浴室用水就占高校用水的16.4%,另根据文献<sup>[20]</sup>,从按次计费或者买洗澡票的洗浴方式转变为使用智能卡进行按时/流量收费,可使人均洗浴用水量下降50.0%之多<sup>[20]</sup>,那么可为高校提供8.2%的节水空间,以北京市2015年高校用水2987万m<sup>3</sup>来估算,高校使用智能洗浴卡可为北京市节水245万m<sup>3</sup>。

#### 4.2 用水管理信息化对高校用水的影响

在高校的用水终端配备自动化程度高的用水器具和设备是通过技术手段改变师生的日常用水行为,通过技术进步抑制不良用水习惯,增加节水潜力。另外还可通过行为或者管理实践达到节水目的<sup>[25]</sup>。目前针对信息技术在水资源管理领域的应用研究,较多的是城市尺度的智慧水务建设构想与预期,针对某个行业尤其是高校的研究较少,巴西的Maerbal等研究了巴伊亚州联邦大学主持并开展的节水项目<sup>[26]</sup>,该项目通过将公建中的水表数据上传到互联网上供日常监测,成为维修队伍判断跑冒漏滴现象的依据,在此基础上为用水设施和建筑建立电子档案。从1999-2008年,该计划使参与项目的大学人均用水量减少了50%<sup>[26]</sup>。该项目使用的设施增加了水资源消费信息的流转速度,水资源消费者(例如住宿生)能够随时掌握自身的消费行为,水管理部门得以快速判断用水异常现象并精准定位,

缩短决策过程,为实施节水措施争取时间。水表、用水信息管理平台与人的配合服务于学校用水效率的提升。而在信息技术的飞速发展的当下,获取水资源的成本上升、技术成本的下降和人工成本的提升都在鼓励并督促着高校加速水管理信息化进程。

北京某所大学在2013年建成并正式在校园内启动水资源管理信息化系统,使用智能远传水表收集校园建筑的用水量,传输至后台服务器实现管理可视化。管理人员可操作智能水管理软件系统监控全校实时用水量数据与关键用水设备的运行,智能水表和系统的配合实现真正的动态水平衡测试,有效监测跑冒漏滴现象,为后勤部门的维修工作提供精准的数据服务。

根据调查,水资源管理信息化系统安装前(2013年)和安装后(2014年),该校人均日用水量从134.6L/(人·d)下降到121.9L/(人·d),比安装前下降了9.4%。另外,以该校2008年11月和2015年11月部分场所的用水数据为例(见表1),教学实验楼、食堂、宿舍用水量都有所下降,且食堂节水最多,下降了78.8%,而该校的人数和建筑面积是持续增长的(2008年,该校有21582个学生,总建筑面积78万m<sup>2</sup>;2015年,有学生32609人,建筑面积92万m<sup>2</sup>)。对于没有收入来源的学生而言,食堂是用餐的首选之地,虽然2015年该校学生人数比2008年增加了51.1%,但食堂用水量却有大幅下降,这得益于管理部门对用水量的有效监测。水资源管理信息化系统在其中发挥了重要作用,提供了食堂的实时用水动态数据,管理部门可通过分解用水指标、规定用水定额、制定用水奖惩和加强节水宣传与教育等方式控制食堂的用水量;而针对教学楼、实验楼、学生宿舍区的用水管理:一是可基于该系统的数据更换、维修和保养关键的用水部位的节水型器具和设

表1 北京某大学安装智能水管理系统前后用水量变化对比

Table 1 The comparison of water consumption before and after the installation of intelligent management system

	of a university in Beijing (m <sup>3</sup> )		
	2008年11月	2015年11月	相对变化率/%
教学实验日用水量	320.9	295.6	-7.9
食堂日用水量	492.2	104.4	-78.8
宿舍日用水量	622.9	431.9	-30.7

2017年10月

备;二是有针对性加强对师生的节水宣传与教育。水资源管理信息化系统将用水过程解构,以直观的形式向水管理工作人员展示,给高校用水管理工作带来极大的方便,为增加师生群体用水过程人为干预提供了契机与依据,后台存放的海量的用水数据也可服务于行业乃至城市的用水管理工作。

## 5 结论与建议

本文以北京市21所高校为研究案例,分析了节水型器具和设备智能化与节水管理信息化对高校行业用水的影响,发现节水型器具和设备智能化以及节水管理信息化有效地降低了高校的用水量,取得了显著的节水成效。具体措施包括使用智能水表、安装节水型设备与器具、应用智能水管理系统等。节水型水龙头、便器及冲洗阀和智能刷卡淋浴器等,利用高度的自动化、精准控制力和消费可视化增加了节水的可能性;智能水表与智能水管理系统的配合提高高校水管理人员对水资源、用水设备的控制能力,扩展管理维度,打磨了管理的颗粒度,实现从宏观控制向微观和精细管理的转变。

智能硬件设备和装置与信息化管理实践的结合为北京市高校水管理提供了一条有效的管理路径,其他公共生活行业也可借鉴。随着信息技术和管理实践的发展,推行用水管理信息化将成为必然趋势,对此,针对城市公共行业的用水管理信息化提出以下建议:

(1)在高校间传播成熟的节水和水管理信息化经验,并向宾馆、医院、饭店、机关和洗车行业等行业推广。

(2)将用水管理信息化基础设施建设和实际使用情况作为标准和指标,定期考核各行业和单位的节水成效并设置奖惩制度。

(3)在日常城市用水管理工作中,加强信息基础设施建设,增加信息技术的应用,提高信息资源的使用效率,积极推进节水管理信息化进程,实现城市水资源管理精细化。结合信息技术的发展,不断增强用水管理决策自动化的能力,促进水管理人员管理经验和行业知识的标准化,将人类的知识体系转化为可执行的机器语义体系,最终实现水管理的高度信息化。

## 参考文献(References):

- [1] 张小娟,唐锚,刘梅,等.北京市智慧水务建设构想[J].水利信息化,2014,(1):64-68. [Zhang X J, Tang M, Liu M, et al. Conception of wisdom water affair construction in Beijing[J]. *Water Resources Information*, 2014, (1): 64-68.]
- [2] 常永明.我国“水务”内涵探析[J].水利发展研究,2007,(4):31-35. [Chang Y M. Analysis of the connotation of "Water" in China [J]. *Water Resources Development Research*, 2007, (4): 31-35.]
- [3] Mutchek M, Williams E. Moving towards sustainable and resilient smart water grids[J]. *Challenges*, 2014, 5(1): 123-137.
- [4] Shahanas K M, Sivakumar P B. Framework for a smart water management system in the context of smart city initiatives in India[J]. *Procedia Computer Science*, 2016, 92: 142-147.
- [5] Choi G W, Chong K Y, Kim S J, et al. SWMI: New paradigm of water resources management for SDGs[J]. *Smart Water*, 2016, 1 (1): 1-12.
- [6] 刘勇,张韶月,柳林,等.智慧城市视角下城市洪涝模拟研究综述[J].地理科学进展,2015,34(4):494-504. [Liu Y, Zhang S Y, Liu L, et al. Research on urban flood simulation: a review from the smart city perspective[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(4): 494-504.]
- [7] Gambe T R. Prospects of prepaid smart water metering in Harare, Zimbabwe[J]. *African Journal of Science Technology Innovation & Development*, 2015, 7(4): 236-246.
- [8] Robles T, Alcarria R, Martín D, et al. An IOT based reference architecture for smart water management processes[J]. *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, 2015, 6: 4-23.
- [9] Jin C J, Oh H J, Ahn H, et al. Field application of waterworks automated meter reading systems and analysis of household water consumption[J]. *Desalination & Water Treatment*, 2015, 54 (4-5): 1401-1409.
- [10] Liu A, Giurco D, Mukheibir P. Urban water conservation through customised water and end-use information[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 112: 3164-3175.
- [11] Nguyen K A, Stewart R A, Zhang H. An autonomous and intelligent expert system for residential water end-use classification[J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(2): 342-356.
- [12] Stewart R A, Willis R M, Panuwatwanich M, et al. Showering behavioural response to alarming visual display monitors: Longitudinal mixed method study[J]. *Behaviour & Information Technology*, 2013, 32(7): 695-711.
- [13] Petersen J E, Shunturov V, Janda K, et al. Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives[J]. *International Journal of Sustai-*



- nability in Higher Education, 2007, 8(1): 16-33.
- [14] Verma P, Kumar A, Rathod N, *et al.* Towards an IOT Based Water Management System for a Campus[C]. Guadalajara: IEEE First International Smart Cities Conference, 2015.
- [15] Kudva V D, Nayak P, Rawat A, *et al.* Towards a Real-time Campus-scale Water Balance Monitoring System[C]. Bangalore: International Conference on Vlsi Design, 2015.
- [16] 徐劲草, 许新宜, 王韶伟, 等. 高校生活节水技术与措施改进研究-以北京师范大学为例[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(3): 53-57. [Xu J C, Xu X Y, Wang S W, *et al.* Study on the improvement of domestic water-saving technologies measures in universities-a case study in Beijing Normal University[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2012, 10(3): 53-57.]
- [17] 王俊安, 李冬, 张杰. 高校节水潜力分析与对策[J]. 给水排水, 2009, 35(2): 73-76. [Wang J A, Li D, Zhang J. Analysis and countermeasures of water saving potential in colleges and universities[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2009, 35(2): 73-76.]
- [18] 中国国家统计局. 北京高等学校数[EB/OL]. (2015-06) [2017-05-22]. <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E5%8C%97%E4%BA%AC%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E6%95%B0>. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Number of Institutions of Higher Learning in Beijing[EB/OL]. (2015-06) [2017-05-22]. <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E5%8C%97%E4%BA%AC%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E6%95%B0>.]
- [19] 中国国家统计局. 普通高等学校本科在校学生数[EB/OL]. (2015-06) [2017-05-22]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103&zb=A0M09&reg=110000&sj=2015>. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. The Number of Undergraduates in Regular Institutions of Higher Learning[EB/OL]. (2015-06) [2017-05-22]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103&zb=A0M09&reg=110000&sj=2015>.]
- [20] 李甲亮, 王琳, 吴水波, 等. 青岛高校用水与节水现状调查与模式研究[J]. 水资源保护, 2007, 23(2): 88-90. [Li J L, Wang L, Wu S B, *et al.* Water consuming and saving mode in universities of Qingdao[J]. *Water Resources Protection*, 2007, 23(2): 88-90.]
- [21] 王莹. 北京市第三产业节水潜力研究-以高校为例[D]. 北京: 中国科学院, 2008. [Wang Y. Study on Water Saving Potential of Tertiary Industry in Beijing-Take Colleges and Universities as a Case[D]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2008.]
- [22] 李国芳, 夏自强. 节水技术及管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011. [Li G F, Xia Z Q. Water Saving Technology and Management[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2011.]
- [23] 张祥中. 感应洁具节水性能研究[J]. 中国住宅设施, 2007, (8): 60-60. [Zhang X Z. Study on water saving performance of induction sanitary ware[J]. *China Housing Facilities*, 2007, (8): 60-60.]
- [24] 刘红, 何建平. 城市节水[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009. [Liu H, He J P. Urban Water Conservation[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.]
- [25] Vickers A. 城市用水与节水手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015. [Vickers A. Handbook of Water Use and Conservation [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.]
- [26] Marinho M, Gonçalves M D S, Kiperstok A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2014, 62(1): 98-106.

## The influence of equipment intelligence and management informatization on campus water use in Beijing

CHEN Yang<sup>1,2</sup>, CHEN Yuansheng<sup>1</sup>, LV Wenfei<sup>1,2</sup>, LIU Huaxian<sup>1,2</sup>, LUO Wenzhe<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences 100101, Beijing, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences 100049, Beijing, China)

**Abstract:** As the pace of smart city construction accelerates, intelligent technologies have gradually matured and smart devices have been integrated into all walks of life. The way people use and manage water has significantly changed, especially for urban public water use. Among public service industries, colleges and universities were early adopters of water management and advanced water saving management. Research on the basic characteristics of water saving technology and water management in colleges and universities represented by sensor technology and water management system will improve the water efficiency of the urban public industry and informatization level of industry management. Typical questionnaires and mathematical statistics were used to collect management information of water and wading equipment in Beijing to analyze the influence of intelligent equipment and management informationization on university water use. We found that it is necessary to popularize the experiences of water-saving and water management informationization among universities, and actively promote it to other industries, such as hotels, hospitals, restaurants, agencies and the car washing industry. Generalizing water management information systems and watersaving effects in the management evaluation index of urban industry water saving work is necessary. Meticulous routine urban water management could be realized by strengthening the construction of information infrastructure, increasing the application of information technology, improving the use of information resources and promoting informationalized water conservation management systems.

**Key words:** water use equipment; intelligence; management informatization; water management; university; Beijing