

Research on Water Consumption Quota Standards and Water-Saving Measures in Urban Building Construction in Shanghai

Danhua Shao, Jiamei Chen, Yong Zhang*

Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai
Email: jenny120910@163.com, yzhang@des.ecnu.edu.cn

Received: Jun. 27th, 2015; accepted: Jul. 9th, 2015; published: Jul. 16th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

As a pillar industry, urban building construction consumes the limited water resources, besides huge economic benefits. Water management is hard, as this industry has long construction period, complex organization of personnel with water, varied process, an obviously staggered feature and measuring difficulty. The current research mainly concentrates on designing material, structure and energy saving for buildings, but lack of specialized literature for water-saving in the process of urban building construction. Based on the analysis of water-using characteristics of this industry and summarizing the construction management standards, water consumption per unit of construction area is used as the index for calculating to arrive at a water consumption quota, with collecting and surveying water data of urban building construction in Shanghai. Some advices aiming at this quota on water-saving are given.

Keywords

Urban Building Construction, Water Consumption Quota, Water-Saving Management

上海市城市房屋建设中的用水定额标准及节水对策研究

邵丹华, 陈佳美, 张 勇*

*通讯作者。

华东师范大学环境科学系, 上海

Email: jenny120910@163.com, yzhang@des.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2015年6月27日; 录用日期: 2015年7月9日; 发布日期: 2015年7月16日

摘要

城市房屋建设作为我国的支柱产业, 带来巨大经济收益的同时也消耗着有限的水资源。整个房屋建设行业建设周期长、用水人员复杂、工艺多样、阶段性明显、计量困难以致管理相对困难。现研究多集中在建筑材料、结构以及节能的设计, 缺少专门针对房屋建设施工中的节水研究。在分析行业用水特点以及总结工程建设管理标准的基础上, 收集调查上海市房屋建设施工用水数据, 用单位建设面积用水量为指标计算得到了用水定额标准值, 并提出相关节水对策建议。

关键词

城市房屋建设, 用水定额, 节水管理

1. 前言

房屋建设是城市基础建设的重要内容, 其用水总量随其房屋建设数量的攀升而逐年增加[1]。尤其是施工阶段对于水资源的消耗, 目前既缺少相关标准和管理规定, 也缺少基础数据调查, 导致普遍存在房屋建设过程中用水量较大、用水量难以准确计量、用水方式粗放、浪费水现象严重、节水管理不健全、污染物排放量大且不受管控等问题[2]。为提高其行业用水效率, 众多针对房屋建筑节能的措施被提出来, 主要侧重于给排水系统设计、热水系统设计、节水器具的推广使用和非常规水资源的利用这四个方面, 旨在从房屋建筑的使用方面, 实现建筑节能[3]-[5], 但鲜有专门针对房屋建设施工过程的用水节水的研究。本文通过调查和分析上海市房屋建设项目相关用水数据, 计算提出作为上海市地方标准的城市房屋建设用水定额基准值, 并与部分省市相关定额标准进行了比较, 提出了相应的节水管理措施建议。

城市房屋包括住宅楼、工业厂房、商业楼宇、写字楼及其他专用房屋, 其建设浇筑方式分为现场浇筑混凝土与商品混凝土, 建筑结构分为框架结构与砖混结构。城市房屋的建造和运行是以消耗大量的自然资源以及造成沉重的环境负面影响为代价的[5]。施工中的用水主要用于混凝土搅拌、施工养护、模板清洗、设备清洗、车辆清洗及除尘等生产用水[6] [7]和生活用水。表1列出了房屋建设施工中的具体用水情况。

Table 1. Water usage of various aspects in building construction process

表 1. 房屋建设施工各环节用水情况

序号	建设环节	用水内容
1	混凝土搅拌和打桩	混凝土搅拌与打桩用水随混凝土性质不同而不同, 干硬性混凝土用水量一般在 0.14~0.19 m ³ /m ² 之间, 塑性混凝土用水量一般在 0.15~0.23 m ³ /m ² 之间, 而普通混凝土用水量在 0.15~0.23 m ³ /m ² 之间; 另外, 其它配料砂石的搅拌, 用水量为 0.10~0.15 m ³ /m ² 。
2	施工养护	主要指混凝土养护用水, 其用水量随季节、湿度、气温变化而不同。
3	其他工序用水	主要指模板清洗、设备清洗除尘及输水损失, 一般单位面积用水量约为 0.10~0.12 m ³ /m ² 。
4	车辆清洗用水	指为防止混凝土搅拌车所带泥沙污染地面环境的清洗用水和使用完后防止混凝土凝固的冲洗用水。
5	生活用水	除生产用水外, 生活用水是房屋建设用水的主要部分, 主要供给以保证施工人员每日生活所需用水。

以上海为例，房屋建设施工中的用水有以下特点：1) 整体用水量大，且施工过程中用水与工程周期有关，但并不按照工程期时间平均分布。2) 混凝土用水是施工用水的主要环节，包括混凝土搅拌和养护用水。建筑工程对混凝土的性能要求不仅取决于设计，也与施工方式、施工环境等因素有关。3) 车辆清洗用水量占上海市房屋建设总用水量比重大，这是由于全市对于防尘、防噪音、保持道路清洁有严格环境标准，使混凝土搅拌车等各种车辆在进出厂、进出工地前都需要用大量水进行清洗。4) 生活用水随着工程期时间长度增加而增加，其用水量与施工人员是否入驻工地、人员用水素质、工地生活区条件有关。可见，城市房屋建设用水节水涉及多个方面、情况较为复杂，需要针对其用水特点制定符合实际的节水标准。

2. 城市房屋建设施工的节水管理现状

结合城市房屋建造与使用等不同阶段的特点，众多工程建设标准被提出来。包括了结构设计、节能设计、节水设计等的设计标准和包括了绿色建筑评估和绿色施工评估的评估标准，这些标准包含城市房屋建筑的全过程管理，均涉及水资源的使用。表 2 将这些标准从空间尺度上分成 5 类：国家标准、地方标准、行业标准、企业标准以及国外借鉴。

除以上标准外，建设部于 2007 年颁布的《绿色施工导则》中，专门针对城市房屋建设施工过程的用水进行规定，特别要求根据工程所在地的水资源状况，制定节水措施。但在实际施工过程中，节水情况并不理想。主要原因在于：1) 节水设备和技术的使用将增加建筑成本，企业推广绿色施工技术的动力不足；2) 针对建设施工用水的标准中均未规定具体的用水量，管理制度不健全导致节水效果不佳；3) 施工人员普遍受教育程度不高，在施工现场以及生活区浪费较为严重。因此，在企业内在节水驱动力不足、用水节水现场管理较为混乱，相应节水标准不够具体、节水设计以及措施无法真正发挥作用的情况下，通过调查和计算分析，提出地方性城市房屋建设用水定额标准，并由政府据其进行相应的总量控制与定额控制相结合的节水管理，成为城市房屋建设节水管理的必然要求。

3. 城市房屋建设施工的用水定额标准研究

3.1. 用水定额地方标准制订的必要性

根据《中华人民共和国水法》和国务院、水利部的相关规定，我国各省市自治区要制定用水定额地方标准，以为节约用水管理提供技术标准。上海是中国最大的城市，房屋建设数量多、速度快、标准高、种类繁多、功能多样，用水量较大且有自身特点。由于施工条件、工人住宿、工地及周边环境保护等众多要求，故在房屋建筑中优先采用占地少、污染小、扬尘少、建设方便快捷的建筑结构与形式，如采用商品混凝土浇筑方式代替传统的现场浇筑，减少了混凝土环节用水，但带来运输车辆清洗的水量增加；又如由于场地有限导致工人不住宿在工地，减少了施工中的生活用水消耗。因此，根据上海城市房屋建设施工用水的特点和节水管理需求，针对性地制订用水定额地方标准是非常必要的。

3.2. 调查方法及结果

本文在上海市节约用水办公室的配合下，采用问卷调查法、访谈法和资料收集法，调查了近三年来用水量较大、企业愿意主动配合、用水数据可信，且已经建成的房屋建设项目 31 个。剔除其中因缺乏计量措施造成数据不健全的项目、无法区分在建场地与使用场地用水的项目、因用水浪费而数据明显偏高的三类项目，可用有效样本共计 21 个。

21 个样本数据调查共涉及总施工面积为 687,164 m^2 ，总用水量为 892,862 m^3 ，平均房屋建设单位面积用水量为 1.30 m^3/m^2 。图 1 为 21 个项目总用水量与建设面积分布的散点图，反映出用水量基本上随着

Table 2. Construction standards of urban building
表 2. 城市房屋工程建设标准

类别	标准名称	标准内容
国家标准	《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005	从建筑、热工和暖通空调设计方面提出控制指标和节能措施。
	《住宅建筑规范》GB50368-2005	从住宅的性能、功能和目标方面提出的强制性要求。
	《混凝土结构设计规范》GB50010-2011	用于房屋和一般构筑物的混凝土结构的设计。
	《民用建筑节水设计标准》GB50555-2010	用于民用建筑节水设计,包括节水计算、节水系统设计等。
地方标准	《上海市工程建设规范-公共建筑节能设计标准》DGJ08-107-2012	包括热工设计、供暖、通风和空调节能设计、给水节能设计、照明节能设计、电力节能设计等的控制指标和节能措施。
	《绿色建筑评价标准》DG/TJ08-2090-2012	规范绿色建筑设计和运行两个阶段的评价。
行业标准	《民用建筑绿色设计规范》JGJ/T229-2010	包括场地、室外环境、室内环境、建筑设计、建筑材料、给排水暖通、电气方面的设计。
企业标准	《绿色施工评价标准》ZJQ08-SGJB005-2008	旨在对工业、民用建、构筑物现场绿色施工进行标准化管理。
国外借鉴	LEED™(美国)	
	BREEAM 体系(英国)	均为绿色建筑评估体系,包括场地优化设计、建材与资源、建筑节能、室内环境质量等方面的评估[8][9]。
	CASBEE 体系(日本)	
	GBC 评估体系(加拿大发起,多国合作)	

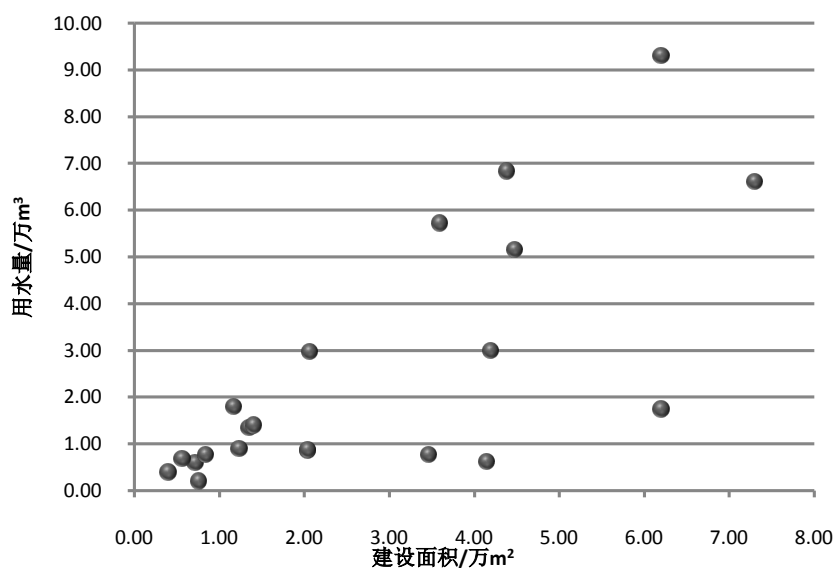


Figure 1. The distribution scatter plot of total water consumption and construction area of 21 projects

图 1. 21 个项目总用水量与建设面积分布散点图

工程量增长而增长。图 2 表示了 5 个典型项目的月用水量变化情况,反映了它们在整个项目建设周期内的用水变化特征。图 3 反映了 21 个项目中单位建设面积用水量的个数分布条形图。

通过对结果的统计和分析,得到上海市城市房屋建设施工用水特点:1) 施工用水量与建设面积正相关,但也因项目性质的差异而不同,也与企业节水管理水平、建筑材料、建筑用途、建设周期密切相关,这说明房屋建设施工中还有较大的节水潜力;2) 施工用水具有周期性特点,房屋建设用水前期较后期大,前期主要用于打桩、混凝土搅拌和施工养护等建设环节,因受自然条件、建设面积、工期长度、节水技

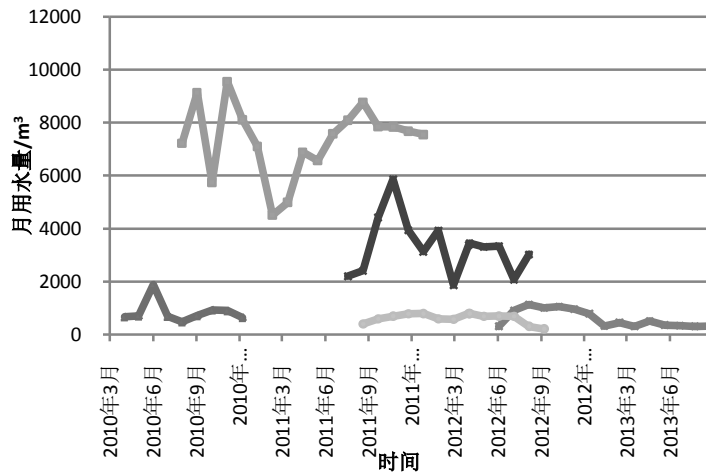


Figure 2. The scatter plot of monthly water consumption during construction period of 5 projects
图 2. 5 个项目建设周期内月用水量情况图

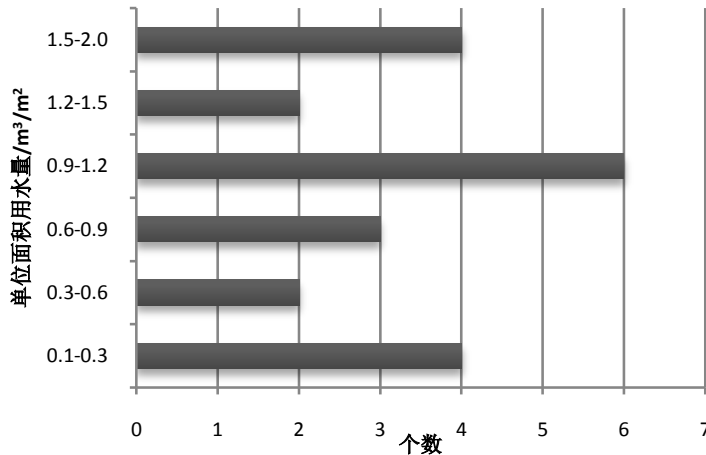


Figure 3. The distribution of a bar chart of water consumption per unit of construction area
图 3. 单位建设面积用水量个数分布条形图

术的影响,使各项目间月用水量变化趋势存在差异;3) 施工中单位面积用水量分布在 0.1~1.6 m³/m² 之间,差距较大,但单位面积用水量在 0.9~1.2 m³/m² 区间的项目个数最多,占总数的 28.57%。

3.3. 用水定额标准的制订方法与结果

根据上海节约用水工作的实际情况和水利部颁布的《用水定额编制技术导则(试行)》中的用水量计算方法,采用概率平均法计算定额值,能够体现房屋建设施工用水特点与发展趋势及节水指标的先进性[11]。

采用用水定额值计算公式为:

$$\bar{V} = \frac{a+4m+b}{6} + \frac{b-a}{12}$$

其中: \bar{V} 为调查值的加权平均值; a 为最小值; m 为中位值; b 为最大值。

对于 21 个样本的单位建设面积用水量数据进行计算分析,得到表 3。由公式计算得到:上海市房屋建设施工用水定额标准值 = 0.95 m³/m²。

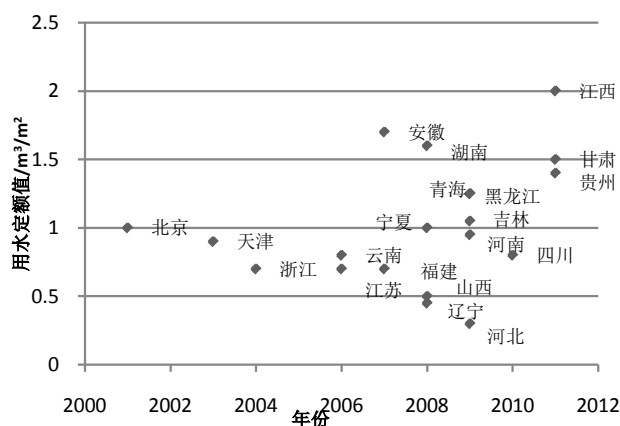
3.4. 用水定额标准的比较分析

为验证上海市城市房屋建设施工用水定额标准值的科学性与可行性，将其与其他省市已发布的相关定额标准进行比较。由于上海市主要采用的是商品混凝土的浇筑方式，将其单独列出，并因框架结构与砖混结构的用水量相差较大，将其分开，得到图4与图5。

Table 3. Typical survey datum summary table with water

表 3. 用水典型调查数据汇总表

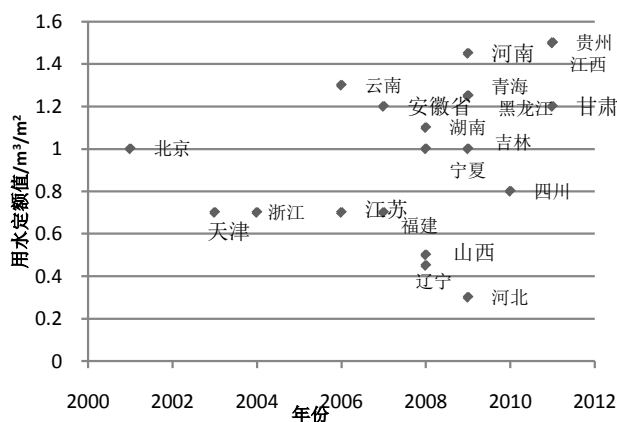
种类	单位建设面积用水量(单位: m^3/m^2)			
	最大值	最小值	中位值	平均值
城市房屋建设施工	1.52	0.15	0.84	0.86



说明: ① 数据来源为全国其他制定房屋建设等相关行业用水定额的省市用水定额标准; ② 选择浇筑方式为商品混凝土的定额; ③ 标准中若有取值范围, 则取中间值; ④ 标准中的单位均统一为 m^3/m^2 。

Figure 4. The water consumption quota of frame structure building construction in parts of provinces

图 4. 部分省市框架结构房屋建设用水定额



说明: ① 数据来源为全国其他制定房屋建设等相关行业用水定额的省市用水定额标准; ② 选择浇筑方式为商品混凝土的定额; ③ 标准中若有取值范围, 则取中间值; ④ 标准中的单位均统一为 m^3/m^2 。

Figure 5. The water consumption quota of brick structure building construction in parts of provinces

图 5. 部分省市砖混结构房屋建设用水定额

自 2000 年开始,先后有 20 个省市对房屋建设施工用水定额标准进行制定。经统计,砖混结构单位建设面积平均用水量为 $0.98 \text{ m}^3/\text{m}^2$, 框架结构单位建设面积平均用水量为 $1.03 \text{ m}^3/\text{m}^2$, 上海市制订的 $0.95 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 的标准值比这两者均低。考虑到房屋建设用水受当地气候、施工工艺、用水技术等条件的影响较大,根据相关企业的征询意见、相关政府管理部门咨询意见,最终提出上海市房屋建设施工用水定额标准值为 $0.95 \text{ m}^3/\text{m}^2$,并将其申报上海市地方用水定额标准。

4. 城市房屋建设施工中的节水对策建议

城市房屋的建设施工过程虽然相对建筑生命周期时间较短,但其对于资源和能源的消耗是非常集中的,且污染物排放量大[10],其施工用水节水环节是推进绿色建筑,加强节水管理的重要内容。制订房屋建设工程的用水定额地方标准,有利于从法规和标准角度,进一步推动政府管理部门、设计和施工企业进一步加强用水节水管理。

对于城市房屋建设行业而言,结合用水定额标准值,提出 5 条相关的节水对策建议。1) 建立完善的计量系统,便于用水定额分级管理,将施工各环节用水标准进行精细化管理,制订各个环节节水措施。2) 利用非常规水资源,减少自来水使用量。再生水或海水作为混凝土用水已获得相应的科研成果[12],减少新水量,降低建筑生产成本。3) 综合考虑施工各阶段的用水情况和影响因素,参照已有的绿色施工评估体系,建立适合企业自身的用水评估系统,定期将实测数据与定额标准值进行比较,及时了解用水效率。4) 政府提供补偿措施或节水奖励机制,促使企业改善施工工艺,推广节水材料、进行绿色施工。5) 采取有区域特色施工节水措施,如减少混凝土搅拌与养护用水、施工区生活用水、车辆清洗取用自来水,可在节水的同时,从源头上减少污染物的排放。

基金项目

教育部哲学社会科学重大课题攻关项目“节水型社会建设研究”(项目批准号:11JZD024)。

参考文献 (References)

- [1] Blanke, A., Rozelle, S., Lohmar, B., et al. (2007) Water saving technology and saving water in China. *Agricultural Water Management*, **86**, 139-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2006.06.025>
- [2] 王有为 (2008) 中国绿色施工解析. *施工技术*, **6**, 1-6.
- [3] 王若竹, 莫畏, 钱永梅 (2009) 节水及水资源利用措施在绿色建筑设计中的应用. *中国给水排水*, **14**, 22-24.
- [4] DGJ08-107-2012, 上海市工程建设规范.
- [5] 佟宇明, 于春波, 耿海成 (2011) 房屋建筑业用水定额应用的探讨. *黑龙江水利科技*, **4**, 258.
- [6] 柴宏祥, 孙永利, 林玲 (2008) 绿色建筑供水系统的节水设计要点. *中国给水排水*, **14**, 44-47.
- [7] 王志坤, 李伟, 赵博, 等 (2012) 辽宁省建筑业用水定额研究. *东北水利水电*, **10**, 64-66.
- [8] USGBC (2005) LEED for New Construction & Major Renovations version 2.2.
- [9] 王建龙, 车伍 (2011) 低影响开发与绿色建筑. *中国给水排水*, **20**, 17-20.
- [10] 张希黔, 林琳, 王军 (2011) 绿色建筑与绿色施工现状及展望. *施工技术*, **339**, 1-7.
- [11] 中华人民共和国水利部 (2007) 用水定额编制技术导则(试行). 北京.
- [12] 郭保林, 王宝民 (2005) 再生水及海水作为混凝土拌合用水的探讨. *低温建筑技术*, **1**, 11-12.