

• 标准规范交流园地 •

给水系统节能设计的判别方法——系统效率系数 η_s 的提出

王 峰

(华南理工大学建筑设计研究院, 广州 510640)

摘要 给水系统节能一直广受关注,然而由于种种原因,业界还没有相关评价方法。提出并定义了给水系统效率系数 η_s 的概念,给出一组相关公式并解释其涵义,用于判断给水系统的耗能状况及优化给水系统节能设计,丰富及发展给水理论。

关键词 给水系统 系统效率系数 η_s 设备效率系数 η_E 管网效率系数 η_{pi} 折合电量 N_A 实际用电量 N_R

A discrimination method of water supply system energy-saving design: put forward the water supply system efficiency coefficient η_s

Wang Feng

(Architectural Design Research Institute of South China University of
Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Water supply system energy saving has attracted great attention, but for some reasons, none evaluation method has been put forward. This paper put forward the conception of water supply system efficiency coefficient η_s and series of relative formulas, used them to judge the water supply system energy consumption and optimization the system design. These will enrich and develop the theory of water supply system.

Keywords: Water supply system; System efficiency coefficient η_s ; Equipment efficiency coefficient η_E ; Pipe network efficiency coefficient η_{pi} ; Convert into quantity of electricity N_A ; Actual electricity consumption N_R

0 前言

建筑二次供水设备种类繁多,建筑给水系统设计也有多种方式,在供水可靠、安全卫生的前提下,如何使建筑给水系统达到节能效果?设计及制造节能的给水设备应遵循什么原则?如何评价不同给水设备的节能指标?如何评价建筑中不同给水方式的优劣?之前,给排水科研人员尚未提出相关的测试模型及评价方法。本文就上述问题进行探讨,以期引起同行的关注。

1 系统效率系数 η_s 及相关公式

鉴于目前还没有给水设备组合的性能测试及评价模型这一现状,笔者提出“系统效率系数 η_s ”及相关公式,供同行探讨。

$$\eta_s = \eta_E \eta_{pi} \quad (1)$$

$$\eta_s = \frac{N_A}{N_R} \times 100\% \quad (2)$$

$$N_A = (q_1 h_1 + q_2 h_2 + \cdots + q_n h_n) / 367.2$$

$$= \sum_{j=1}^{i=n} q_i h_j / 367.2 \quad (3)$$

$$N_A \approx Q \left(\frac{H}{2} + h_f \right) / 367.2 \quad (4)$$

式中 η_s ——给水系统效率系数, %;

η_E ——给水设备效率系数, %;

η_{pi} ——给水管网效率系数, %;

N_A ——给水设备提供的不包括系统管网累积水头损失的计算流量和扬程乘积折合的电量(即实际获得的功), kW · h;

N_R ——获得 N_A 的实际耗电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$;

$q_i \sim q_n$ ——给定的给水系统各用水点流量, m^3 ;

$h_1 \sim h_n$ ——水泵抽水的储水池液面至各用水点的垂直距离和自由水头之和, m ;

Q ——给水管系统计算流量, m^3 ;

H ——静扬程, 总扬程扣除管网水头损失, m ;

h_f ——系统最不利用水点的自由水头, m 。

2 公式涵义

2.1 $\eta_s = \eta_E \eta_{pi}$

提出系统效率 η_s 的概念, 即对给水系统来说, 欲评价其节能设计合理性, 应从整个系统考虑, 既要考虑给水设备的效率 η_E , 也要考虑管网的效率系数 η_{pi} , η_{pi} 、 η_s 、 η_E 分别为给水系统耗能(或节能)、设备效率和管网设计合理性的指标及评价标准。

η_s 的大小标示给水系统的整体耗能(或节能)状况; η_E 则是评价给水设备的设计、配置及耗能指标, 为给水设备输出功率与输入功率之比; η_{pi} 是指管网的耗能指标, 为给水设备不包括管网水头损失的扬程与总扬程之比。此三项系数可通过计算及实际测试求得。

2.2 $\eta_s = \frac{N_A}{N_R} \times 100\%$

η_s 定义如下: 对于给定的给水系统, 用户获得的各用水点的功效之和所折合电量与实际用电量之比。

用电量与功的换算关系为:

$$1 \text{ kW} = 102 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$1 \text{ kg} \cdot \text{m} = 2.724 \times 10^{-6} \text{ kW} \cdot \text{h}$$

由 $N = \frac{rQH}{102\eta} \times 100\%$ 推知: $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 102 \times$

$3600 \text{ kg} \cdot \text{m} = 367.2 \text{ m}^3/\text{m}$, 即 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 367.2 \text{ m}^3/\text{m}$, 其含义是, 在零机械损耗时, 耗电 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 可把 367.2 m^3 水提升 1 m , 或可把 1 m^3 水提升 367.2 m 。据此可将流量和扬程的乘积直接换算为以 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 表示的耗电量, 使计算结果更直观。

2.3 $N_A = (q_1 h_1 + q_2 h_2 + \dots + q_n h_n)/367.2 =$

$$\sum_{j=1}^{i=n} q_i h_j / 367.2$$

$q_1 h_1 \sim q_n h_n$ 为给水系统中各用水点的获得功, 即各用水点流量 q_i 和该点距水泵轴线的垂直距离和自由水头之和 h_i (h_i 不包括管网水头损失) 的乘积。

把各用水点获得的功累加并除以 367.2 得到给

水系统实际做功折合的电量(单位: $\text{kW} \cdot \text{h}$)。

$$2.4 \quad N_A \approx Q \left(\frac{H}{2} + h_f \right) / 367.2$$

在住宅、酒店、教学楼、办公楼等建筑中, 用水点各层基本一致(有标准层)的前提下, 式(3)可简化为式(4), 即各用水点总和为给水系统在一定时间内供水量, 各用水点与水泵轴线的垂直距离可以近似看作其几何中点, h_f 为最不利点自由水头, 需要说明的是, 之所以采用最不利点自由水头, 是由于在建筑给水系统的竖向分区中, 处于低位的高于最不利点的自由水头实际上都浪费掉了, 这导致 η_{pi} 值下降。

该公式虽然为一近似值公式, 但对于评价不同设备供水系统时, 由于其评价指标一致, 其结果并不失公正性。同时, 由于简化了求解过程, 更容易计算, 更有利于检测。

3 公式应用实例

3.1 评价不同给水设备的耗能状况

设定如下测试系统:

在一栋建筑中设置几套需要进行比较耗能指标的给水设备, 如: ①水泵及屋顶水箱联合加压给水方式; ②市售变频调速给水设备(带气压罐); ③全流量高效变频调速给水设备^[1]; ④管网叠压(无负压)供水设备; ⑤带增压水箱的管网叠压(无负压)供水设备; ⑥二次给水前置设备^[2]。对上述设备安装一套水表及电表分别记录流量及耗电量。先假定一个累积流量, 如 1000 m^3 , 在①号设备累积供水 1000 m^3 时记录其耗电量, 然后水表电表归零记录②号设备, ②号设备供水 1000 m^3 时, 记录其耗电量。依次类推, 便得到 6 组耗电量 $N_{R1} \sim N_{R6}$, 该建筑的几何中点及自由水头 $\left(\frac{H}{2} + h_f \right)$ 为定值, Q 为定值, 管网布置一定, 其效率系数亦为定值。利用式(2)、式(4)即可计算出各设备的系统效率系数。

实际获得功折合电量为: $N_A = 1000 \left(\frac{H}{2} + h_f \right) / 367.2$

各设备系统效率系数为: $\eta_{s1 \sim s6} = \frac{N_A}{N_{R1 \sim R6}} \times 100\%$

由此可显而易见地评价不同给水设备的耗能状况, 以决定应该推荐采用何种给水设备。

3.2 评价同一建筑中不同给水方式的耗能状况

对于同一建筑,可能有不同的供水方式,例如有一栋 20 层的住宅楼,1~3 层可由市政管网直接供水,4~20 层需二次加压供水,加压供水竖向又分为 4~12 层和 13~20 层 2 个分区,若采用变频调速供水设备供水,假定串联及并联两种方式,因在建筑中难以同时设置两种方式,该测试可在给水试验塔中进行,对比两种方式供给相同水量的耗电量,可比较两种供水方式的优劣。

3.3 进行不同建筑给水系统耗电量调研

本文提出的公式设定了对不同建筑给水耗能的近似统一的评价标准。对于不同的建筑,其高度不同,建筑面积不同,用水量不同,给水加压设备不同,给水管网(方式)不同,比较其具体因素的优劣颇为复杂,如果采用系统效率系数评价,同时考虑一些定性因素,可大致了解及比较其给水系统节能状况的优劣。

3.4 经济流速的重新界定及研究

本文提出的公式直观地将流量和扬程(及水头损失)的乘积与耗电量联系起来,便于定量计算经济流速。

4 结语

给水系统效率系数 η_s 的提出,对建筑给水系统的优化及节能设计给出了量化的判别方法。该公式可对已经使用和正在研发的建筑给水系统及设备进行节能方面的定量评估。依据公式提出的判别标准发现,国内部分建筑给水设备效率较低(系统效率系

数为 0.15~0.4),优化空间很大,这将催生建筑给水节能设备高端企业的建立及发展,同时对提高建筑给水系统节能设计水平提出新的要求。

此外,建筑给水的科研项目如:建筑给水设备及相关系统的测试及评价;我国建筑给水能耗的现状调查、评价及对策;建筑给水节能系列设备的研发及批量生产;经济流速的重新界定及相关研究;与建筑给水节能设计相关的规范、设计手册及标准图的调整等,可以该公式为基础理论相继展开。

给水系统效率系数概念及相关公式的提出,是笔者对判断给水系统能耗状况及优化给水系统节能设计的研究成果。同行们如有更好的判别方法,欢迎进行探讨。

参考文献

- 1 王峰. 全流量高效变频调速给水方法. 中国发明专利, ZL200610057595. X. 2008-09-17
- 2 王峰. 二次给水前置设备及其控制方法. 中国发明专利, ZL200810306080. 8. 2010-01-27

※ 通讯处:514640 广州五山华南理工大学建筑设计院

电话:13602866400

收稿日期:2011-01-17

修回日期:2011-03-11

工程信息三则

宝应县仙荷污水处理厂二期工程

宝应县仙荷污水处理厂总规模 5 万 m^3/d ,一期工程已建成规模 2.5 万 m^3/d ,采用百乐克(Biolak)工艺,目前已满负荷运行,出水标准执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)。

本次工程包括二期扩建 2.5 万 m^3/d 及深度处理 5 万 m^3/d ,扩建工艺仍采用改进型百乐克工艺。深度处理工艺采用高密度沉淀池+微絮凝过滤工艺,出水标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。目前可行性研究报告已经批复。

海门市临江新区工业水厂一期工程

联系单位:海门市沿江投资开发有限公司

项目内容:海门市临江新区工业水厂一期工程总规模 4 万 m^3/d ,一期工程规模 2 万 m^3/d 。包括:取水头部、水源厂、浑水输送管线和净水厂工程。净水工艺采用网格式絮凝斜板沉淀池+浸没式膜滤池工艺,污泥处理工艺采用膜浓缩工艺。主要设备包括管材、泵、阀门、超滤膜、仪器仪表、自动化设备。

项目投资:10 700 万元

建设时间:2011~2012 年

太仓市第三水厂一期工程

联系单位:太仓市水处理有限责任公司

项目内容:太仓市第三水厂一期工程包括净水厂工程、南郊配水厂工程和配套管线工程。其中:净水厂总规模 60 万 m^3/d , (按 80 万 m^3/d 控制预留用地),一期工程规模 40 万 m^3/d ,出水满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求。南郊配水厂工程总规模 20 万 m^3/d ,一期工程规模 10 万 m^3/d 。配套管线工程包括:浑水输水管线,敷设两根 DN2 000 管线,单管长度 1.77 km;出厂管线,敷设 DN1 200~2 200 管线,长度 11.20 km;输配水管线,敷设 DN500~1 400 管线,长度 23.04 km。主要设备包括:管道、阀门、水泵、自控仪表、电气设备等。

项目投资:10.26 亿元

建设时间:2011~2012 年

(通讯员 孔 宇)

• 行业综合信息 •

绍兴水处理发展有限公司污水处理提标改造项目

联系单位:绍兴水处理发展有限公司

项目内容:本工程是在绍兴水处理发展有限公司 90 万 m^3/d 处理规模的基础上,按照节能减排的要求,提高出水标准,增加的一些预处理、后物化设施设备,主要分两阶段实施,第一阶段对一期工程改造前物化高效沉淀池的加药管、曝气池的曝气管、更新折板絮凝池搅拌器。新增曝气池内回流泵、凝聚沉淀池配水井的排泥泵。对二期工程新建化工废水调节池、提升泵房(原调节池出水提升)、前物化高效沉淀池、后物化高效沉淀池。三期工程新建 3 座二沉池及配水井,新建后物化高效沉淀池。电气上新建 3 座变电所,改造厂外架空 35 kV 线路、自控上新增部分 PLC 系统、自控仪表等。加药系统新建 2 座碱液投加间,新增氧化剂投加系统及后物化 PAM 投加系统。改造铁盐、铝盐及前物化 PAM 投加系统。第二阶段为一期工程新建预沉池、改造调节池、水解酸化池、中沉池、曝气池。二期工程新建水解酸化池。三期工程改造水解酸化池。

项目投资:4.79 亿元,其中工程费用 3.97 亿元(第一阶段 2.53 亿元),其他费用 0.82 亿元

建设时间:第一阶段 2011 年底竣工,第二阶段 2012 年底竣工

(通讯员 蔡芝斌)

宁波宁海县城南污水处理厂一期工程

联系单位:宁海县水务集团有限公司

项目内容:项目位于浙江省宁波市宁海县水车上枫槎村西侧,总规模为 4.5 万 m^3/d ,分三期实施,一期工程处理规模为 1.5 万 m^3/d 。主要设备包括阀门、管材、自动化控制系统、自动化仪器、格栅、鼓风机、水泵等。

项目投资:8109 万元

建设时间:2011 年

(通讯员 范举红)

淮安自来水有限公司城南水厂改扩建工程

联系单位:淮安自来水有限公司

项目内容:工程位于淮安自来水有限公司城南水厂现有厂区内,该项目现有 10 万 m^3/d 常规处理设施,无污泥处理设施。本次工程扩建 10 万 m^3/d 常规处理设施,同时增加 20 万 m^3/d 深度处理设施和 20 万 m^3/d 污泥处理设施。深度处理工艺采用臭氧活性炭工艺。主要设备包括管材、泵、阀门、臭氧发生器、仪器仪表、自动化设备。

项目投资:1.95 亿元

建设时间:2011~2012 年

淮安自来水有限公司北京路水厂改扩建工程

联系单位:淮安自来水有限公司

项目内容:工程位于淮安自来水有限公司北京路水厂现有厂区内,该项目现有 9 万 m^3/d 常规处理设施。本次工程包括现有工程改造和增加 9 万 m^3/d 预处理设施,预处理技术采用澳大利亚 Orica 公司开发的 MIEX 处理技术。

项目投资:7000 万元

建设时间:2011~2012 年

(通讯员 孔 宇)

成都新建污水处理厂工程

联系单位:成都金融城投资发展有限责任公司

项目内容:成都市新建污水处理厂总规模为 100 万 m^3/d ,其中近期规模 70 万 m^3/d ,项目内容包括厂外粗格栅及污水提升泵站和污水处理厂,污水处理工艺采用粗格栅及污水提升泵站—细格栅渠—曝气沉砂池— A^2/O 池—二沉池—絮凝池—纤维滤池—紫外消毒渠;其主要构筑物包括粗格栅及污水提升泵站、配水井、细格栅渠、曝气沉砂池、初沉池及排放泵井(初期缓建)、 A^2/O 池、二沉池及及配水井、剩余污泥排放泵站、鼓风机房及变电间、絮凝池及纤维滤池、反冲洗房、紫外线消毒渠、加药间、污泥浓缩池、污泥浓缩脱水间、污泥料仓、场内污水提升泵井、应急消毒加氯间、甲醇投加间、综合楼、机修仓库、食堂、门卫等组成。

项目投资:约 10 亿元

建设时间:2012~2014 年

(通讯员 李亚选)

南水北调东线第一期工程金宝航道工程

建设单位:南水北调东线江苏水源有限责任公司

项目内容:南水北调东线第一期工程金宝航道是一条集通航、灌溉、排涝为一体的综合性河道,东起里运河西堤,西至金湖站下,全长 28.2 km。金宝航道工程输水河道是沟通里运河与洪泽湖,串联金湖站和洪泽站,承转江都站、宝应站抽引的江水,是运西线输水的起始河段。工程主要作用是通过疏浚金宝航道,扩大河道输水能力至 150 m^3/s ,满足金湖站、洪泽站抽水北调要求,并结合提高宝应湖地区排涝标准和金宝航道通航能力。工程主要建设内容包括疏挖河道,河坡护砌,新建、加固围堤;新建、拆除重建、加固改造沿线节制闸、支流河口闸、穿堤涵闸、排涝泵站;修建堤顶管理道路。

项目投资:9.59 亿元(其中工程投资 2.78 亿元)

建设时间:2011~2013 年

(通讯员 武云南 任晓艳 黄殊云)

给水排水

®

ISSN 1002-8471
CN11-4972 / TU

5

WATER & WASTEWATER ENGINEERING

主管单位：中华人民共和国住房和城乡建设部

主办单位：中国建筑设计研究院
中国土木工程学会

亚太建设科技信息研究院

2011 Vol.37 No.5

Litree立升

面对2012年强制实施的新国标，您准备好了吗？
立升超滤膜应用于市政供水，综合成本已经与传统工艺相当，甚至更低。
提标改造，是时候行动了！

超滤自来水厂不比传统工艺水厂贵！

主办：亚太建设科技信息研究院
中国建筑设计研究院

中国标准连续出版物号：ISSN1002-8471
CN11-4972/TU

邮发代号：2-757
定价：15.00元

© 1994-2011 Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.

