



中华人民共和国国家标准

GB/T xxxxx—xxxx

节能量测量和验证技术要求 照明系统

Technical requirements of measurement and verification of energy savings, lighting system

(征求意见稿)

2014. 3. 6

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：

本标准主要起草人：

# 节能量测量和验证技术要求 照明系统

## 1 适用范围

本标准规定了室内和室外照明系统节能项目节能量测量和验证的术语和定义、系统边界、节能量计算原则、测量和验证方法以及不确定等。

本标准适用于照明系统改造项目节能量的测量和验证，新建类项目可参考使用。

本标准不适用于照明系统的节能改造明显影响其他用能系统运行的情况。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5700-2008 照明测量方法

GB/T 15316 节能监测技术通则

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 28750-2012 节能量测量和验证技术通则

GB/T 50034 建筑照明设计规范

CJJ 45 城市道路照明设计标准

JJG 245 光照度计

## 3 术语和定义

GB/T 5700、GB/T 28750 所确定的术语及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**照明系统** lighting system

以照明为目的由照明器具、控制设备、附件、仪器仪表的集中式或半集中式照明设施组成的总体。

## 4 系统边界

根据项目要求和被测照明系统的现场条件，合理确定照明系统边界。照明系统一般包括灯及灯具和照明控制系统，如图 1 所示。照明系统可包括多个子系统。

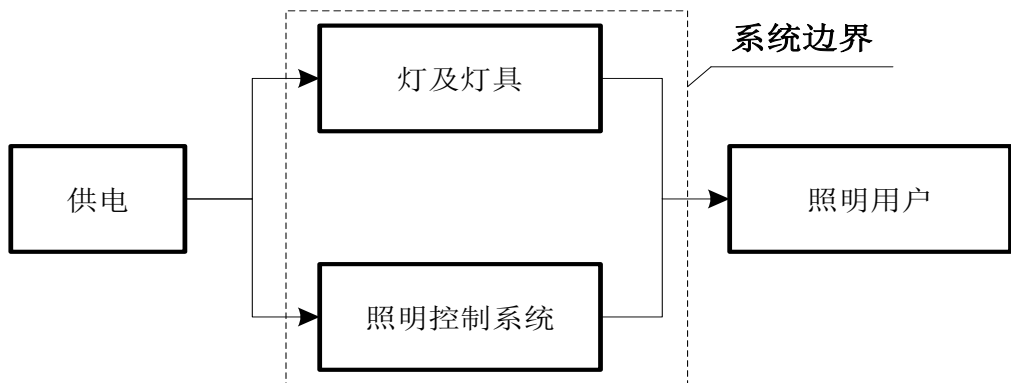


图 1 照明系统边界示意图

## 5 节能量计算原则

### 5.1 计算节能量的基本公式

按照GB/T 28750的4.2给出的公式（1）计算，

$$E_s = E_r - E_a \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_s$ ——照明系统节能量，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_r$ ——照明系统统计报告期能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_a$ ——照明系统校准能耗，单位为千瓦时（kW·h）。

### 5.2 基期和统计报告期

照明系统的基期和统计报告期的设定应符合 GB/T 28750 的 7.2 的要求。

## 6 测量和验证方法

### 6.1 “基期能耗-影响因素”模型法

#### 6.1.1 适用条件

“基期能耗-影响因素”模型法适用于通过测量、计量手段可以获得基期和统计报告期能耗的照明系统改造项目。

#### 6.1.2 “基期能耗-影响因素”模型的建立

##### 6.1.2.1 选取能耗主要影响因素

照明系统能耗的影响因素通常包括光源的数量、光源的功率、照明系统运行时间、控制方式、照明质量（包括照度、眩光、颜色等）、照明区域的数量等。

##### 6.1.2.2 建立“基期能耗-影响因素”回归模型

基于照明系统能耗和相关影响因素的基期数据，建立以能耗影响因素为独立变量的照明系统“基期能耗-影响因素”函数。

$$E_b = f(x_1, x_2, \dots x_i) \quad (2)$$

式中，

$E_b$ ——照明系统基期能耗，单位为千瓦时（kWh）；

$x_i$ ——可作为独立变量的基期影响因素值， $i=1,2, \dots, n$ ，其中， $n$ 为影响因素的个数；

$f$ ——基期能耗与影响因素独立变量之间的函数关系。

##### 6.1.2.3 校准能耗的计算

应将统计报告期的测量数据带入建立的回归模型对校准能耗进行计算。

##### 6.1.2.4 校准能耗调整值（非常规调整）

通常情况下， $A_m$ 为0。实施非常规调整时， $A_m$ 应得到各相关方的确认。

##### 6.1.2.5 节能量的计算

按照式（1）计算节能量。

#### 示例：

项目改造前后照明区域总面积不变，照明系统的能耗与光源的数量、光源的功率、照明系统运行时间、控制方式、平均照度成正比，可建立如下的基期能耗与影响因素模型：

$$E_b = k \bar{I}_b \sum_{i=1}^j (Q_{b,i} \times P_{b,i} \times T_{b,i}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$Q_{b,i}$ ——基期第  $i$  个型号灯的数量;

$P_{b,i}$ ——基期第  $i$  个型号灯的抽样实测输入平均功率或标称输入功率,单位为千瓦(kW);

$T_{b,i}$ ——基期第  $i$  个型号灯的平均运行时间,单位为小时(h);

$j$ ——基期灯型号的总数量;

$\bar{I}_b$ ——基期照明系统的平均照度,单位为勒克斯(lx);

$k$ ——模型回归系数。

基期照明系统的平均照度计算公式如式(4):

$$\bar{I}_b = \sum_{i=1}^l I_{b,i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$I_{b,i}$ ——基期第  $i$  个照明区域内有关面、地面或作业面上的平均照度,单位为勒克斯(lx);

$l$ ——基期照明区域的总数量。

则该照明系统校准能耗可按公式(5)计算:

$$E_a = k \bar{I}_r \sum_{i=1}^m (Q_{r,i} \times P_{r,i} \times T_{r,i}) + A_m \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$Q_{r,i}$ ——统计报告期第  $i$  个型号灯的数量;

$P_{r,i}$ ——统计报告期第  $i$  个型号灯的抽样实测输入平均功率或标称输入功率,单位为千瓦(kW);

$T_{r,i}$ ——统计报告期第  $i$  个型号灯的平均运行时间,单位为小时(h);

$m$ ——统计报告期灯型号的总数量;

$\bar{I}_r$ ——统计报告期照明系统的平均照度,单位为勒克斯(lx);

$A_m$ ——照明系统校准能耗调整值。

统计报告期照明系统的平均照度计算公式如式(6):

$$\bar{I}_r = \sum_{i=1}^n I_{r,i} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$I_{r,i}$ ——统计报告期第  $i$  个照明区域内有关面、地面或作业面上的平均照度,单位为勒克斯(lx);

$n$ ——统计报告期照明区域的总数量。

照明系统统计报告期能耗  $E_r$  可按公式(7)计算:

$$E_r = \sum_{n=1}^m (Q_{r,n} \times P_{r,n} \times T_{r,n}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

该照明系统节能改造项目的节能量  $E_s = E_r - E_a$ 。

### 6.1.3 数据的收集、测量和验证

#### 6.1.3.1 基本要求

数据宜采用收集的方法获得，当无法获得时，应采用测量或者约定的方法获得；统计报告数据应采用统计、测量或约定的方法获得。

#### 6.1.3.2 可通过统计、计量资料获得的数据：

- a) 灯的型号及其数量；
- b) 灯的数量；
- c) 照明功率
- d) 运行时间；
- e) 照度；
- f) 照明区域的数量。

可用于照明系统节能量测量和验证的统计、计量资料包括：可采信的电费消耗数据及财务数据（如电力公司的电费账单等）、照明系统设备台账及技术资料、计量器具配置图等。

#### 6.1.3.3 当无法通过统计、计量资料获得数据时，应对数据进行抽样测量，抽样方法可参考附录 A 的内容。抽样测量并应满足以下条件：

- a) 选取典型的照明区域，能够涵盖大部分灯的型号；
- b) 典型照明区域内的照明应具有代表性，能够反映出照明系统的平均运行状况。

#### 6.1.3.4 数据测量应满足以下条件：

- a) 抽样实测功率平均值或标称输入功率的测量应符合 GB/T 5700-2008 的 6.5 条的规定；
- b) 全年平均运行时间可以选取固定值，或者采用抽样方法来确定；
- c) 平均照度的测量应符合 GB/T 5700-2008 的 6.1 条、第 7 章和第 8 章的规定。

#### 6.1.3.5 需要测量的数据及其要求应符合附录 B 中表 B.1 的规定。测量仪器/表的检定和校准相关要求应依照国家相关计量检定规程执行，具体要求应符合附录 B 中表 B.2 的规定。

### 6.2 直接比较法

#### 6.2.1 适用条件

直接比较法适用于节能措施可关停且对系统正常运行无影响的照明系统改造项目，例如照明系统仅增加控制系统，但灯及灯具未发生变化的情况。

#### 6.2.2 节能量计算

采用直接比较法的项目节能量计算按照以下步骤进行，

- a) 在统计报告期内，节能措施开启时，测量典型运行状态下照明系统总能耗 ( $E_{on,i}$ )；
- b) 在统计报告期内，节能措施关闭时，测量典型运行状态下照明系统总能耗 ( $E_{off,i}$ )；
- c) 照明系统典型运行状态的选取，应覆盖照明功率、日运行时间等主要影响因素的变化范围；节能措施开启和关闭时典型工况下对应的能耗影响因素值偏差允许范围应由相关方事先约定。
- d) 将各典型情况下的  $E_{on,i}$  和  $E_{off,i}$  作为输入数据，根据测量和验证方案中约定的计算

方法，将各典型运行状态下的能耗映射到整个统计报告期后，分别确定  $E_r$  和  $E_a$ ；

- e) 由式 (1) 计算  $E_s$ 。

#### 示例：

某照明系统增加了节能控制装置，该控制装置可关闭且不影响照明系统的运行。经进一步分析，该照明系统在统计报告期仅有 2 种典型工况，节能量计算时不考虑非常规调整。

采用直接比较法时，照明系统的校准能耗可按公式 (8) 计算：

$$E_a = E_{\text{off1}} \times \frac{t_{r1}}{t_{\text{off1}}} + E_{\text{off2}} \times \frac{t_{r2}}{t_{\text{off2}}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$E_{\text{off1}}$  ——统计报告期内，节能措施关闭时，第 1 种典型工况下照明系统（包括光源系统和控制系统）总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_{\text{off2}}$  ——统计报告期内，节能措施关闭时，第 2 种典型工况下照明系统总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$t_{\text{off1}}$  ——统计报告期内，节能措施关闭时，第 1 种典型工况下照明系统进行能耗测量的时间，单位为小时（h）；

$t_{\text{off2}}$  ——统计报告期内，节能措施关闭时，第 2 种典型工况下照明系统进行能耗测量的时间，单位为小时（h）；

$t_{r1}$  ——测量和验证方案中规定的第 1 种典型工况在统计报告期内出现的总时间，单位为小时（h）；

$t_{r2}$  ——测量和验证方案中规定的第 2 种典型工况在统计报告期内出现的总时间，单位为小时（h）。

照明系统的统计报告期能耗可按公式（9）的计算：

$$E_r = E_{\text{on1}} \times \frac{t_{r1}}{t_{\text{on1}}} + E_{\text{on2}} \times \frac{t_{r2}}{t_{\text{on2}}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$E_{\text{on1}}$  ——统计报告期内，节能措施开启时，第 1 种典型工况下照明系统总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_{\text{on2}}$  ——统计报告期内，节能措施开启时，第 2 种典型工况下照明系统总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$t_{\text{on1}}$  ——统计报告期内，节能措施开启时，第 1 种典型工况下照明系统进行能耗测量的时间，单位为小时（h）；

$t_{\text{on2}}$  ——统计报告期内，节能措施开启时，第 2 种典型工况下照明系统进行能耗测量的时间，单位为小时（h）。

该照明系统节能改造项目的节能量  $E_s = E_r - E_a$ 。

#### 6.2.2.4 节能量的计算

按照式（1）计算  $E_s$ 。

6.2.3 数据的收集、测量和验证可参考6.1.3.2、6.1.3.3、6.1.3.4和6.1.3.5的要求。

### 6.3 模拟软件法

#### 6.3.1 适用条件

因基期能耗数据缺失等原因无法采用“基期能耗-影响因素”模型法或“直接比较法”的照明系统改造项目。

#### 6.3.2 对模拟软件的要求

选用或开发的模拟软件应满足以下要求：

- a) 能够模拟项目的用能特性；
- b) 能够全面覆盖照明系统的运行特性并对其进行自定义设置。

#### 6.3.3 节能量的计算

可采用模拟软件计算  $E_r$  和  $E_a$ ，并由式（1）计算  $E_s$ 。

计算用模拟软件应预先经过校核，以使模拟的能耗与实测数据吻合。

当没有实际的基期能耗和统计报告期能耗数据时，用于计算 $E_a$ 的 $A_m=0$ 。如果有实际的基期能耗或统计报告期能耗数据时，可根据约定条件采用模拟软件计算 $A_m$ 。

6.3.4 数据的收集、测量和验证可参考6.1.3.2、6.1.3.3、6.1.3.4和6.1.3.5的要求。

## 7 不确定度

### 7.1 概述

节能量是没有发生的量，因此节能量不存在真值和误差。在确定测量和验证方案（包括测量和验证的数据基础、成本、目的等内容）后，可以评价节能量评估结果的不确定度，以说明节能量评估结果的可信赖程度。其表达方式是：一定置信水平下的节能量置信区间。

### 7.2 不确定度的来源

7.2.1 使用“基期能耗-影响因素”模型法时，节能量的不确定度可能来源于：

- a) 基期和报告期数据的测量、计量或统计
- b) 模型
- c) 抽样
- d) 非常规调整

7.2.2 使用直接比较法时，节能量的不确定度可能来源于：

- a) 基期和报告期数据的测量、计量或统计
- b) 抽样

7.2.3 使用模拟软件法时，节能量的不确定度可能来源于：

- a) 基期和报告期数据的测量、计量或统计
- b) 模型
- c) 抽样

### 7.3 不确定度的量化分析

7.3.1 对于测量、计量或统计相关的不确定度，可参照参考文献[1]进行量化分析。

7.3.2 对于抽样的不确定度，可参照参考文献[2]的附录B、参考文献[3]附录B进行量化分析。

7.3.3 对于模型的不确定度，可参考文献[3]的附录B进行量化分析。

7.3.3.1 当采用数学模型进行非常规调整时，可参考模型的不确定度量化分析方法。

7.3.3.2 当采用人为约定进行非常规调整时，所有的调整量均应加入置信区间。

### 7.4 注意事项

不确定度的量化分析需要较高的成本和人员能力。因此，通常可以忽略那些不重要的不确定度来源，仅对重要的不确定度来源（如模型或抽样等）进行分析。例如：在检定有效期内的计量仪表的数据可认为具有较低的不确定度，在分析时可以忽略。



## 附录 A

### (资料性附录)

#### 抽样方法及其分析

抽样势必会造成误差，因此必须分析由于抽样所引起的误差，以确定最佳的抽样方案。一般来说，增加抽样的样本数量，会减少抽样误差，但同时会增加测量的成本，因此需要确定合适的样本数量。其确定步骤如下：

##### A.1 选择均一性的母群

对需要进行抽样的整体进行分类，将属性相同的用能设备分成一组，为一个样本母群。

##### A.2 确定抽样的精确度和置信度

根据统计学的基本原理，确定在抽样时需要的精确度和置信区间。置信度越大，精确度越高，则抽样所需的样本数量则越多。

##### A.3 计算初始样本量大小

初始样本大小的计算为公式 (A.1)：

$$n_0 = \frac{z^2 \times C_v^2}{e^2} \quad (\text{A.1})$$

其中：

$n_0$  —— 抽样之前的样本量大小的初步估计；

$C_v$  —— 变异系数， $C_v = \frac{SE}{\bar{Y}}$ ，在未能得到实际平均值和标准偏差之前，起始的  $C_v$  值可以用 0.2；

$$\bar{Y} \text{ —— 样本的平均值, } \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} ;$$

$$SE \text{ —— 样本的标准偏差, } SE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}{\sqrt{n(n-1)}} ;$$

$e$  —— 期望的精确度；

$z$  —— 在指定置信度下的标准常态分布值，其值如表 A.1 所示

表 A.1 指定置信度下标准常态分布值

置信度	95%	90%	80%	50%
标准常态分布值	1.96	1.64	1.28	0.67

##### A.4 调整初始样本量大小，以适应较小母群

当母群的整体数量不超过样本数量的 20 倍时，样本数量可以适当地减少。具体调整的公式如下：

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + N}$$

### A.5 确定样本量

由于初始样本的大小是通过一个假设的  $C_v$  值估算得出，而实际的  $C_v$  值很可能与估算值差别很大。因此，根据调整后的样本数量  $n$ ，计算实际  $C_v$  值。如果实际的  $C_v$  值小于步骤 3 中的假设值，则说明样本量大于保证精度的最小样本量，满足要求。如果实际的  $C_v$  值大于假设值，说明样本数量不能满足要求，需要增加样本量。需重新假设一个  $C_v$  值，重复步骤 3 和步骤 4，直至样本量满足要求。

## 附录 B

### （规范性附录）

#### 照明系统的数据测量和仪器要求

在测量照明系统节能量的过程中，数据的测量及其测量仪器的要求见表 B.1～表 B.2。

表 B.1 数据测量和计算要求

参数名称	符号	单位	参数类型
灯的型号数量	m, n	种	测量
灯的数量	$Q_i, Q_j$	盏	测量
照度平均值	$E_{v, rq}, E_{v, aq}$	lx	测量
基期照明功率	$P_i$	W	测量
统计报告期照明功率	$P_j$	W	测量
运行时间	$T_i, T_j$	h	测量
项目节电量	$\Delta A_e$	kW·h	计算
项目节能量	$E_s$	tce	计算

表 B.2 数据测量仪器要求

计量器具类别	计量目的		准确度等级要求
照度计	测量照明系统的照度		见注 1
功率计	测量照明系统的功率		1.5 级
电能表	进出用能单位有功交流 电能计量	I 类用户	0.5s
		II 类用户	0.5
		III 类用户	1.0
		IV 类用户	2.0
		V 类用户	2.0
	进出用能单位直流电能计量		2.0
电压互感器	测量电能		0.2.

注 1: 照明的照度测量应采用不低于一级的光照度计, 对于道路和广场照明的照度测量, 应采用分辨率 $\leq 0.1\text{lx}$ 的光照度计。其计量性能应满足以下条件:

- a) 相对示值误差绝对值:  $\leq 4\%$ ;
- b)  $V(\lambda)$  匹配误差绝对值:  $\leq 6\%$ ;
- c) 余弦特性(方向性响应)误差绝对值:  $\leq 4\%$ ;
- d) 换挡误差绝对值:  $\leq 1\%$ ;
- e) 非线性误差绝对值:  $\leq 1\%$ 。

注 2: 当计量器具是由传感器(变送器)、二次仪表组成的测量装置或系统时, 表中给出的准确度等级应是装置或系统的准确度等级。装置或系统未明确给出其准确度等级时, 可用传感器与二次仪表的准确度等级按误差合成方法合成。

注 3: 运行中的电能计量装置按其所计量电能量的多少, 将用户分为五类。I 类用户为月平均用电量 500 万  $\text{kW}\cdot\text{h}$  及以上或变压器容量为 1 万  $\text{kVA}$  及以上的高压计费用户; II 类用户为小于 I 类用户用电量(或变压器容量)但月平均用电量 100 万  $\text{kW}\cdot\text{h}$  及以上或变压器容量为 2000 $\text{kVA}$  及以上的高压计费用户; III 类用户为小于 II 类用户用电量(或变压器容量)但月平均用电量 10 万  $\text{kW}\cdot\text{h}$  及以上或变压器容量为 315 $\text{kVA}$  及以上的计费用户; IV 类用户为负荷容量为 315 $\text{kVA}$  以下的计费用户; V 类用户为单相供电的计费用户。

## 参考文献

- [1] JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示
- [2] ASHRAE guideline 14-2002 Measurement of energy and demand savings
- [3] EVO 10000-1:2010 International Performance Measurement and Verification Protocol-Concept and Options for Determining Energy and Water Savings.