



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 595—2002

测 色 色 差 计

Colorimeters and Color Difference Meters

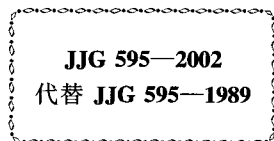
2002 - 09 - 13 发布

2003 - 03 - 13 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

测色色差计检定规程

**Verification Regulation of
Colorimeters and Color Difference Meters**



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 09 月 13 日批准，并自 2003 年 03 月 13 日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：北京康光仪器有限公司

中国测试技术研究院

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

马 煜 (中国计量科学研究院)
袁渤信 (北京康光仪器有限公司)
朱 音 (中国计量科学研究院)

参加起草人：

李晓滨 (中国测试技术研究院)
周 彦 (中国测试技术研究院)
余德萍 (中国测试技术研究院)

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
3.1 原理	(1)
3.2 计算公式	(2)
4 计量性能要求	(3)
4.1 稳定性	(3)
4.2 重复性	(3)
4.3 复现性	(3)
4.4 示值误差	(3)
4.5 配套工作标准板	(3)
5 通用技术要求	(3)
5.1 外观	(3)
5.2 照明与观测条件	(4)
6 计量器具控制	(4)
6.1 检定条件	(4)
6.2 检定项目	(4)
6.3 检定方法	(4)
6.4 检定结果的处理	(5)
6.5 检定周期	(5)
附录 A 关于测色色差计和色度计的照明与观测条件的规定	(7)
附录 B 测色色差计响应值与三刺激值的关系	(8)
附录 C 检定证书内页格式	(10)
附录 D 标准照明体和光谱三刺激值的加权系数表	(11)

测色色差计检定规程

1 范围

本规程适用于光电积分式测色色差计的首次检定、后续检定和使用中检验。光电积分式测色色差计的定型鉴定、样机试验中对计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

GB/T 5698—2001 《颜色术语》

GB/T 3978—1994 《标准照明体及照明观测条件》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

3.1 原理

测色色差计用于测量非荧光物体表面色及色差。测色色差计（包括色度计，下同）由照明系统、探测系统及数据处理系统三大部分组成，其输出结果（或经必要的数学处理）即为三刺激值 X 、 Y 、 Z （或 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} ），经计算得出色品坐标 x 、 y 或色差。

按国际照明委员会（CIE）所推荐的测色原理，仪器的总光谱灵敏度（光源、光学系统、探测器三者的综合响应）应符合式（1）或式（2）的关系：

对于 $C/2^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} K_1 S(\lambda) \tau_x(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_C(\lambda) \bar{x}(\lambda) \\ K_2 S(\lambda) \tau_y(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_C(\lambda) \bar{y}(\lambda) \\ K_3 S(\lambda) \tau_z(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_C(\lambda) \bar{z}(\lambda) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

对于 $D_{65}/10^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} K_1 S(\lambda) \tau_x(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_D(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) \\ K_2 S(\lambda) \tau_y(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_D(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \\ K_3 S(\lambda) \tau_z(\lambda) \gamma(\lambda) &= S_D(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中： $S(\lambda)$ ——仪器光源的相对光谱功率分布；

$S_C(\lambda)$ 、 $S_D(\lambda)$ ——分别为标准照明体 C 与标准照明体 D_{65} 的相对光谱功率分布；

K_1 、 K_2 、 K_3 ——与波长无关的常数；

$\tau_x(\lambda)$ 、 $\tau_y(\lambda)$ 、 $\tau_z(\lambda)$ ——仪器中拟合人眼色觉特性的修正滤光器的相对光谱透射比；

$\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ ——CIE 1931 标准观察者光谱三刺激值；

$\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ ——CIE 1964 标准观察者光谱三刺激值；

$\gamma(\lambda)$ ——仪器探测器未加修正滤光器前的相对光谱响应度。

通常把满足公式 (1), (2) 的测色条件称作卢瑟条件。

仪器符合卢瑟条件的程度, 决定着仪器测色准确度的高低。为了减少由于卢瑟条件不够满足而导致的测色误差, 应为仪器配备适当的专用工作色板, 用来分别校正仪器。对于满足卢瑟条件的仪器, 仅配上工作标准白板即可。而对于偏离卢瑟条件较严重的仪器, 应配足能覆盖相应测色范围的专用工作色板。

3.2 计算公式

3.2.1 三刺激值与色品坐标的关系按 CIE 规定为:

对于 $C/2^\circ$:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} = 1 - (x + y) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

对于 $D_{65}/10^\circ$:

$$\left. \begin{aligned} x_{10} &= \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \\ y_{10} &= \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \\ z_{10} &= \frac{Z_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} = 1 - (x_{10} + y_{10}) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

3.2.2 色差按 CIELAB 均匀色空间下的色差公式计算, 该公式为:

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中: ΔL^* ——参考样品与被测样品两者明度指数 L^* 的差值;

Δa^* , Δb^* ——参考样品与被测样品色度指数 a^* 和 b^* 相应的差值。

L^* , a^* , b^* 的计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116 \left(\frac{Y_i}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \\ a^* &= 500 \left[\left(\frac{X_i}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y_i}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \\ b^* &= 200 \left[\left(\frac{Y_i}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z_i}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

式中: X_i , Y_i , Z_i ——参考样品或被测样品的三刺激值;

i ——当 i 值为 1 时对应参考样品, i 值为 2 时对应被测样品;

X_n , Y_n , Z_n ——标准照明体的三刺激值, 其值见表 1。

表 1 标准照明体的三刺激值

参 数 条 件	X_n	Y_n	Z_n	备 注
C/2°	98.07	100.00	118.23	根据 GB/T 3978—1994 标准照明体及 照明观测条件
D ₆₅ /10°	94.81	100.00	107.32	

3.2.3 本规程要求用 Y, x, y 表示色度值；用 ΔE_{ab}^* 表示色差。对特殊要求，可以增加其他表示法。

4 计量性能要求

4.1 稳定性（分级要求详见表 2）

4.2 重复性（分级要求详见表 2）

4.3 复现性（分级要求详见表 2）

4.4 示值误差（分级要求详见表 2）

表 2 测色色差计分级标准

指 标		级 别	一 级	二 级
项 目				
稳定性	$\Delta h(Y)$		≤ 0.2	≤ 0.4
重复性	$s(Y)$		≤ 0.3	≤ 0.5
	$s(x), s(y)$		≤ 0.001	≤ 0.003
	$s(\Delta E)$		≤ 0.2	≤ 0.4
复现性	$\Delta l(Y)$		≤ 1.0	≤ 2.0
	$\Delta l(x), \Delta l(y)$		≤ 0.002	≤ 0.006
	$\Delta l(\Delta E)$		≤ 0.5	≤ 0.7
示值误差	ΔY		≤ 1.5	≤ 3
	$\Delta x, \Delta y$		≤ 0.020	≤ 0.025

4.5 配套工作标准板

仪器的配套工作色板中，必须包括一块白板，而且色板的色覆盖性应与仪器满足卢瑟条件的完善程度和测量对象相适应。其量值经计量检定合格，且在检定周期内。色板的年变化率 $\Delta x, \Delta y$ 应小于 0.005。

5 通用技术要求

5.1 外观

5.1.1 仪器主机的光、机、电各部分应能正常工作，不应有任何影响仪器计量性能及

功能的缺陷。

5.1.2 仪器配套的专用工作白板 and 色板应平整、清洁、干燥、颜色均匀、不透明，无裂痕、皱纹和气泡等缺陷。

5.1.3 仪器应有如下标记：名称、型号、编号、厂名、 标志及出厂日期。

5.2 照明与观测条件

应符合 GB/T 3978—1994《标准照明体及照明观测条件》中的规定，即应符合 45/0, 0/45, 0/d, d/0 四种条件中的任一种。

6 计量器具控制

包括首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 检定条件

6.1.1 检定设备

颜色分别为白、红、绿、蓝、黄的一级标准色板各一块。其色度量值由国家法定计量检定机构或经国家授权的计量技术机构检定给出。

6.1.2 环境条件

检定的环境温度 of $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%。

6.2 检定项目

6.2.1 任何等级的测色色差计在周期检定中的检定项目都包括：外观、重复性、复现性和示值误差。

6.2.2 首次（包括修理后）检定，在 6.2.1 必检项目之外，应增加对仪器稳定性、照明与观测条件的检定，如表 3 所示。

表 3 测色色差计检定项目

检定项目	定型鉴定	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	+	+	+
仪器稳定性	+	+	-	-
重复性	+	+	+	+
复现性	+	+	+	+
示值误差	+	+	+	+
照明与观测条件	+	+	-	-
注：“+”表示需检定的项目，“-”表示不需检定的项目。				

6.3 检定方法

6.3.1 外观检查

按 5.1 的要求，用目视法判断。

6.3.2 仪器稳定性

仪器预热后，在 15 min 内对三刺激值 Y 至少进行 8 次测量，并应符合表 2 要求。

稳定性 Δf 的计算方法如下:

$$\Delta f = |Y_i - \bar{Y}|_{\max} \quad (i = 1, 2, \dots, 8) \quad (7)$$

式中: $\bar{Y}$ ——测量的平均值;

Y_i ——第 i 次测量值。

6.3.3 重复性

仪器预热之后, 对仪器定标, 连续测量专用工作白板 8 次。在测量中, 白板保持不动。测量结果应符合表 2 要求。重复性 s 的计算方法如下:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \quad (8)$$

式中: u_i ——(刺激值、色度坐标、色差等的)第 i 次测量值;

$\bar{u}$ ——测量的平均值;

n ——测量次数。

6.3.4 复现性

复现性是表现仪器与白板对量值的综合复现能力的指标。接上一步骤, 重新定标仪器后, 连续测量专用工白板 8 次, 测量中, 每次都要以白板中心为轴转动约 45° 。测量结果的复现性应符合表 2 的要求。复现性 Δl 的计算方法如下:

$$\Delta l(u) = |u_i - \bar{u}|_{\max} \quad (i = 1, 2, \dots, 8) \quad (9)$$

式中: u_i ——(刺激值、色度坐标、色差等的)第 i 次测量值;

$\bar{u}$ ——测量的平均值。

6.3.5 示值误差

仪器预热之后, 对白、红、绿、蓝、黄 5 种标准色板的 Y , x , y 进行测量, 每块色板重复测量 3 次, 取平均值与色板的各自标准值之差定义为示值误差。其结果应符合表 2 要求。示值误差的计算方法如下:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y &= |\bar{Y} - Y_0| \\ \Delta x &= |\bar{x} - x_0| \\ \Delta y &= |\bar{y} - y_0| \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

式中: Y_0 , x_0 , y_0 ——色板的标准色度值;

$\bar{Y}$, $\bar{x}$, $\bar{y}$ ——仪器测量标准色板所得的各自平均值。

6.3.6 照明与观测条件

用经验和目视方法进行判定 (参见附录 A), 并可参照仪器说明书。

6.4 检定结果的处理

6.4.1 重复性、复现性和示值误差为主要项目, 其余为非主要项目。当有一个主要项目或三个以上非主要项目超差或不合格者, 降一级或者定为不合格仪器。

6.4.2 按本规程要求, 对检定合格的测色色差计出具检定证书, 并定级; 对检定不合格的测色色差计出具检定结果通知书, 并注明不合格项目。

6.5 检定周期

检定周期一般不超过 1 年。但当仪器专用工作色板有损伤或量值可疑时, 应提前送

检。每次送检应带上次检定的证书，否则按首次检定处理。

检定证书的内容见附录 C。

附录 A

关于测色色差计和色度计的照明与观测条件的规定

仪器的照明与观测条件用“照明/观测”表示。有如下 4 种：

A.1 45°/垂直（用 45/0 表示）

样品被一束或多束光照明，照明光束的轴线与样品表面的法线成夹角 $(45 \pm 2)^\circ$ ；观测方向和样品的法线间的夹角不应超过 10° ，照明光束的轴线和任一条光线间的夹角不应超过 8° 。在观测光束方面也应遵守同样的限制。

A.2 垂直/45°（用 0/45 表示）

样品被一束光照明，该光束的有效轴线与样品的法线间的夹角不应超过 10° ；在与法线成 $(45 \pm 2)^\circ$ 的角度下观测样品；照明光束的轴线和任一光线间的夹角不应超过 8° 。在观测光束方面也应遵守同样的限制。

A.3 漫射/垂直（用 d/0 表示）

样品被积分球漫射照明，样品的法线和观测光束的轴线之间的夹角不应超过 10° ；当积分球开孔部分的总面积不超过球内反射整球面积的 10% 时，其直径可以是任意的；观测轴线和任一观测光线间的夹角不应超过 5° 。

A.4 垂直/漫射（用 0/d 表示）

样品被一束光照明，该光束的轴线与样品法线间的夹角不应超过 10° ，用积分球收集反射通量；照明光束的轴线和任一光线间夹角不应超过 5° ；当积分球开孔部分的总面积不超过球内反射整球面积的 10% 时，其直径可以是任意的。

A.5 镜反射的影响

对于采用上面第 A.3，A.4 款条件的仪器，对于镜反射成分影响，可以通过设置光泽吸收阱来处理，并应说明光泽吸收阱的大小、形状和位置。

A.5.1 当需要有包括镜反射分量一起测量时，在“0/d”条件下，不应在严格的垂直照明下测量；相反，在“d/0”条件下，不应在严格垂直观测情况下测量样品。两者都应在不使用光泽吸收阱的情况下测量。此时可以用 0/t 代替 0/d，或者用 t/0 代替 d/0 来表示。

A.5.2 当不需要包括镜反射分量的测量时，应使用光泽吸收阱，用 0/d 或 d/0 来表示。

附录 B

测色色差计响应值与三刺激值的关系

多数测色色差计具有三个探测器，以分别传感三路色通道的响应值。有的仪器有四个探测器，从而有四路色通道的响应值。

仪器响应值与三刺激值的关系随着仪器的结构不同而不同，分述如下：

B.1 仪器具有按 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 匹配的三个探测器者，其关系式为：

对于 $C/2^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X &= K_x R \\ Y &= G \\ Z &= K_z B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B1})$$

对于 $D_{65}/10^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= K_{x_{10}} R \\ Y_{10} &= G \\ Z_{10} &= K_{z_{10}} B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B2})$$

式中： K_x , $K_{x_{10}}$, K_z , $K_{z_{10}}$ ——仪器测色校准系数；

R , G , B ——仪器各探测器的响应值。

B.2 仪器具有按 $\bar{x}_r(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 匹配的三个探测器者，其关系式为：

对于 $C/2^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X &= K_{x_r} R_r + K_{x_b} B \\ Y &= G \\ Z &= K_z B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B3})$$

对于 $D_{65}/10^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= K_{x_{r10}} R_r + K_{x_{b10}} B \\ Y_{10} &= G \\ Z_{10} &= K_{z_{10}} B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B4})$$

式中： K_{x_r} , $K_{x_{r10}}$, K_{x_b} , $K_{x_{b10}}$, K_z , $K_{z_{10}}$ ——仪器测色校准系数；

R_r , G , B ——仪器各探测器的响应值。

B.3 仪器具有按 $\bar{x}_r(\lambda)$, $\bar{x}_b(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 匹配四个探测器者，有两种不同表示法：

a) 第一种表示法

对于 $C/2^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X &= K_x (R_r + fR_b) \\ Y &= G \\ Z &= K_z B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B5})$$

对于 $D_{65}/10^\circ$ ：

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= K_{x_{10}} (R_r + f_{10} R_b) \\ Y_{10} &= G \\ Z_{10} &= K_{z_{10}} B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B6})$$

式中: K_x , $K_{x_{10}}$, K_z , $K_{z_{10}}$, f , f_{10} ——仪器测色校准系数;

R_r , R_b , G , B ——仪器各探测器的响应值。

b) 第二种表示法

对于 $C/2^\circ$:

$$\left. \begin{aligned} X &= K_{x_r} R_r + K_{x_b} R_b \\ Y &= G \\ Z &= K_z B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B7})$$

对于 $D_{65}/10^\circ$:

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= K_{x_{r10}} R_r + K_{x_{b10}} R_b \\ Y_{10} &= G \\ Z_{10} &= K_{z_{10}} B \end{aligned} \right\} \quad (\text{B8})$$

式中: K_x , $K_{x_{10}}$, K_{x_b} , $K_{x_{b10}}$, K_z , $K_{z_{10}}$ ——仪器测色校准系数;

R_r , R_b , G , B ——仪器各探测器的响应值。

附录 C

检定证书内页格式

外观				照明与观测条件			稳定性		
示 值 误 差									
标准值				示 值			示值误差(示值 - 标准值)		
标准 色板	Y_0	x_0	y_0	Y	x	y	ΔY	Δx	Δy
重复性					复现性				
$s(Y)$	$s(x)$	$s(y)$	$s(\Delta E)$	$\Delta l(Y)$	$\Delta l(x)$	$\Delta l(y)$	$\Delta l(\Delta E)$		
温度					相对湿度				
检定 结论									

附录 D

标准照明体和光谱三刺激值的加权系数表

表 D1 CIE 标准照明体 C 和 CIE1931 标准色度观察者光谱三刺激值

 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 的加权系数 (波长间隔 $\Delta\lambda = 10 \text{ nm}$)

λ /nm	$S(\lambda)\bar{x}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$	λ /nm	$S(\lambda)\bar{x}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$
380	0.004	0.000	0.020	590	8.984	6.627	0.010
390	0.019	0.000	0.089	600	8.949	5.316	0.007
400	0.085	0.002	0.404	610	8.325	4.176	0.002
410	0.329	0.009	1.570	620	7.070	3.153	0.002
420	1.238	0.037	5.949	630	5.310	2.190	0.000
430	2.997	0.122	14.628	640	3.694	1.443	0.000
440	3.975	0.262	19.938	650	2.349	0.886	0.000
450	3.916	0.443	20.639	660	1.361	0.504	0.000
460	3.362	0.694	19.300	670	0.708	0.259	0.000
470	2.272	1.058	14.972	680	0.369	0.134	0.000
480	1.113	1.618	9.461	690	0.171	0.062	0.000
490	0.363	2.358	5.274	700	0.082	0.029	0.000
500	0.052	3.401	2.864	710	0.039	0.014	0.000
510	0.089	4.833	1.520	720	0.019	0.006	0.000
520	0.576	6.462	0.712	730	0.008	0.003	0.000
530	1.523	7.934	0.388	740	0.004	0.002	0.000
540	2.785	9.149	0.195	750	0.002	0.001	0.000
550	4.282	9.832	0.086	760	0.001	0.001	0.000
560	5.880	9.841	0.039	770	0.001	0.000	0.000
570	7.323	9.147	0.020	780	0.000	0.000	0.000
580	8.417	7.992	0.016	总和	98.046	100.000	118.105

表 D2: CIE 标准照明体 D₆₅ 和 CIE1964 标准色度观察者光谱三刺激值 $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ 的加权系数 (波长间隔 $\Delta\lambda = 10 \text{ nm}$)

λ /nm	$S(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)$	λ /nm	$S(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.001	0.000	0.003	590	8.537	5.934	0.000
390	0.011	0.001	0.049	600	8.707	5.100	0.000
400	0.136	0.014	0.613	610	7.946	4.071	0.000
410	0.667	0.069	3.066	620	6.463	3.005	0.000
420	1.644	0.172	7.820	630	4.641	2.032	0.000
430	2.348	0.289	11.589	640	3.109	1.295	0.000
440	3.463	0.561	17.754	650	1.848	0.741	0.000
450	3.733	0.901	20.088	660	1.053	0.416	0.000
460	3.065	1.300	17.697	670	0.577	0.225	0.000
470	1.934	1.831	13.025	680	0.276	0.107	0.000
480	0.803	2.530	7.703	690	0.119	0.046	0.000
490	0.152	3.176	3.889	700	0.059	0.023	0.000
500	0.036	4.337	2.056	710	0.029	0.012	0.000
510	0.348	5.629	1.039	720	0.012	0.004	0.000
520	1.062	6.870	0.548	730	0.006	0.002	0.000
530	2.192	8.112	0.283	740	0.003	0.001	0.000
540	3.386	8.644	0.123	750	0.002	0.001	0.000
550	4.744	8.881	0.036	760	0.001	0.000	0.000
560	6.069	8.583	0.000	770	0.000	0.000	0.000
570	7.285	7.922	0.000	780	0.000	0.000	0.000
580	8.361	7.163	0.000	总和	94.828	100.000	107.381