

二、三等标准活塞式 压力真空计检定规程

JJG 239—1994

二、三等标准活塞式压力真空计检定规程

Verification Regulation of Standard Piston
Pressurevacuum Gauge (Grade II & III)

JJG 239—1994
代替 JJG 239—1981

本检定规程经国家技术监督局于1994年04月05日批准，并自1994年12月01日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：山东省计量科学研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

罗来勇（山东省计量科学研究所）

参加起草人：

韦覃恩（中国计量科学研究院）

目 录

一 概述	1124
二 技术要求	1124
三 检定条件	1126
四 检定项目和检定方法	1126
五 检定结果处理和检定周期	1129
附录 1 二、三等标准活塞式压力真空计检定记录	1129
附录 2 检定证书内面格式	1131
附录 3 中国各主要城市重力加速度	1131

二、三等标准活塞式压力真空计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的压力为 0.01~0.25MPa, 负压为 $-(0.1 \sim 0.01)$ MPa 的二等 (0.05 级)、三等 (0.2 级) 标准活塞式压力真空计 (以下简称压力真空计) 的检定。

一 概 述

压力真空计是利用压力作用于活塞上的力与活塞所负荷的重力相平衡的原理, 进行压力测量的计量标准器。压力真空计由校验器、活塞系统和专用砝码等组成, 主要用于压力的量值传递、检定和测试。

二 技 术 要 求

1 压力真空计的准确度等级和基本误差的规定见表 1。

表 1

准确度等级	基 本 误 差		
	压力在 0.01~0.025MPa 时	压力在 0.025~0.25MPa 时	压力在 $-(0.1 \sim 0.01)$ MPa 时
二 等 (0.05 级)	0.025MPa 的 $\pm 0.05\%$	实际测量值的 $\pm 0.05\%$	-0.1 MPa 的 $\pm 0.05\%$
三 等 (0.2 级)	0.025MPa 的 $\pm 0.2\%$	实际测量值的 $\pm 0.2\%$	-0.1 MPa 的 $\pm 0.2\%$

2 校验器的密封性能保证在 0.3MPa 压力下, 试验 10min, 后 5min 应无压力降。

3 压力真空计的承重盘平面对活塞轴线的垂直度偏差应不大于 $5'$ 。

4 压力真空计活塞转动延续时间的规定见表 2。

5 压力真空计活塞下降速度的规定见表 3。

表 2

准确度等级	负荷压力 /MPa	专用砝码外径 不大于/mm	惯性轮直径 /mm	活塞转动延续时间不小于	
				不带惯性轮	带惯性轮
二 等	1.25	90	160	20s	1min
三 等	1.25	90	160	20s	1min

表 3

准确度等级	负荷压力 /MPa	活塞标称面积 /cm ²	活塞下降速度不大于/(mm/min)	
			新 制 造	使用中或修理后
二 等	0.25	1	0.5	1.0
三 等	0.25	1	0.8	1.5

6 压力真空计的活塞有效面积测量时, 起始平衡点的压力值、各测量点的压力值及起始平

衡点复检之差值应符合表 4 的规定。

表 4

准确度等级	起始平衡点压力值 /MPa	各测量点压力值 /MPa	起始平衡点复检之差 值不大于/g
二 等	0.1	0.15 0.20 0.25	0.05
三 等	0.1	0.15 0.20 0.25	0.10

7 压力真空计的灵敏阈，二等标准器应不大于 50mg，三等标准器应不大于 100mg。

8 压力真空计的活塞有效面积允许范围、数据修约及允许误差的规定见表 5。

表 5

准确度等级	活塞标称面积 /cm ²	活塞有效面积的 允许范围/cm ²	活塞有效面积的 数据修约/cm ²	活塞有效面积的 允许误差/(%)
二 等	1	0.9970~1.0030	0.0001	±0.02
三 等	1	0.9970~1.0030	0.0001	±0.1

9 压力真空计专用砝码、活塞及其连接件质量的允许误差，二等为 ±0.02%，三等为 ±0.05%。

10 压力真空计测量压力和负压的专用砝码各制一套，其压力值和负压值及专用砝码数量参照表 6 的规定。

表 6

作用正压和负压值/MPa	数 量/个	作用正压和负压值/MPa	数 量/个
0.005	2	0.1	1
0.01	3	-0.005	2
0.05	2	-0.01	8

注：本规程颁布前生产的压力真空计不受此限。

11 压力真空计应有下列标记：

11.1 压力校验器的铭牌上应标有仪器名称、型号、编号、准确度等级、测量范围、制造厂名称、出厂年月。

11.2 专用砝码、承重盘和活塞筒上应标有与校验器铭牌上相同的编号。

11.3 专用砝码及承重盘上应标有以 MPa 为单位的压力值及砝码的编号，负压值的专用砝码在数值前应加“-”号。

12 压力真空计的活塞系统和专用砝码

12.1 用手转动活塞时，活塞应灵活，并能自由地在活塞筒内移动，不得有卡住或卡紧现象。新制造的压力真空计、活塞和活塞筒的工作表面应光滑无锈点，使用中或修理后的压力真空计、活塞和活塞筒的工作表面不应有影响计量性能的锈蚀。

12.2 各个专用砝码的配合要有互换性，不得过松和过紧。

12.3 专用砝码和承重盘的侧面应有质量调整腔，并用螺钉封口。螺钉不得高于砝码的表面。

12.4 新制造的专用砝码和承重盘表面应有完好的耐磨防腐层（如发蓝、发黑或镀锌、镀

铬等), 并应光滑、无砂眼、无锈蚀或其他损伤。

12.5 压力真空计的活塞系统和专用砝码应配套使用。

三 检 定 条 件

13 检定用设备

13.1 标准器

13.1.1 测量上限为 0.6MPa 的一等、二等标准活塞式压力计或相应准确度等级的其他标准器。

13.1.2 相应准确度等级的天平。

13.1.3 相应准确度等级的 g 组、mg 组标准砝码各两套。

13.2 其他器具

13.2.1 专用水平仪: 分度值为 $1' \sim 2'$ 。

13.2.2 百分表及其支架: 百分表量程为 5~10mm。

13.2.3 秒表、温湿度计。

13.2.4 测量上限为 0.4MPa 的精密压力表。

13.2.5 一套灯光投影装置。

13.2.6 测量活塞系统垂直度和活塞有效面积用的特制专用砝码一块。

注: 特制专用砝码的外径为 180mm, 质量为 0.9kg, 无凸面, 开中心孔, 上、下面的平行度允差 0.018mm、表面粗糙度 R_a 不大于 $0.4\mu\text{m}$ 。

14 工作介质

压力真空计的工作介质为变压器油或变压器油与煤油的混合油。其 20℃ 时的运行粘度为 $9 \sim 12\text{mm}^2/\text{s}$, 酸值不大于 0.05KOHmg/g 。

15 环境条件

检定时环境要求:

15.1 检定二等压力真空计的温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$;

检定三等压力真空计的温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

15.2 相对湿度 $\leq 80\%$ 。

15.3 检定前, 压力真空计的活塞系统部件须在检定室放置不少于 4h, 并在规定的检定温度下放置 2h 以上方可进行检定。

四 检定项目和检定方法

16 外观检查

压力真空计的外观检查按 11~12 条的要求进行。

17 校验器的密封性检查

在校验器的接嘴上装一只测量上限为 0.4MPa 的精密压力表, 关闭通往活塞系统和通大气的阀门, 造压至 0.3MPa, 然后关闭气源阀门, 保持 5min 后重新将压力值调至 0.3MPa, 再关闭气源阀门并观察 5min, 检查结果应符合第 2 条规定。

18 承重盘平面对活塞轴线垂直度的检查

压力真空计活塞系统的清洗、安装、灌充工作介质和调整。

18.1 用洁净的绸布对活塞和活塞筒进行擦拭, 并用航空汽油 (或溶剂汽油) 对活塞和活

塞筒进行冲洗并分别晾干。

注：必要时，惯性轮的轴承系统亦需清洗并加注钟表润滑油。

18.2 借助专用螺母接头，把压力真空计的活塞系统安装在标准活塞压力计的校验器上，使活塞底部与活塞筒侧孔连通（注意排除活塞筒内腔及连通管内的空气），然后在压力真空计的承重盘上放上特制专用砝码。

18.3 使活塞升至工作位置，把专用水平仪放在特制专用砝码上（靠近中间位置），调整校验器上的螺钉，使气泡处于零位，然后将水平仪转动 90° （承重盘与砝码不动），用同样方法调整，使气泡处于零位。这样反复调整直至水平仪放在这两个位置上，气泡均处于零位为止。

18.4 将水平仪分别放在 0° 、 90° 位置上（ 0° 为第一次放置的任意位置），在每一个位置均将承重盘连同专用砝码转动 90° 、 180° ，此时气泡对零位的偏移应符合第3条规定。

18.5 活塞系统已装上水准器的压力真空计，上述要求达到后，应检查活塞系统上的水准器气泡是否居中，如不在中间位置，须对水准器进行调整。

19 活塞转动延续时间的测量

按表2规定的负荷压力，将专用砝码放在压力真空计的承重盘上，然后造压使活塞升至工作位置，以最大转速使活塞按顺时针方向转动。自开始转动至完全停止的时间间隔为活塞转动延续时间。在测量过程中，活塞应保持在工作位置上。

压力真空计活塞转动延续时间的测量需在带惯性轮和不带惯性轮的不同状态下测量2~3次，各取其平均值。其中每种状态均需有2次数值符合表2的规定。

20 活塞下降速度的测量

在活塞承重杆的顶端以螺纹连接的方法安装1个直径约50mm、深度约10mm的小杯（最好用铝或有机玻璃材料，此杯同时用于测量活塞有效面积时加放平衡小砝码），使活塞底部与活塞筒侧孔连通。按表3规定的负荷压力，将专用砝码放在压力真空计的承重盘上，用校验器造压，使活塞升至工作位置。在小杯的底面中心处垂直放置百分表，使表的触头升高3~5mm。重新调整活塞工作位置，使其比工作位置高出1~2mm。然后关闭通往活塞系统的阀门，耐压约2min，以最大转速使惯性轮带动活塞按顺时针方向转动。察看百分表指针移动的距离，同时用秒表测量时间，每次测量不少于30s。下降速度测量3次，取其最大值。然后使活塞筒侧孔通大气，用同样方法测量，其值均应符合表3的规定。

21 活塞有效面积的测量

21.1 如图1所示，将被检压力真空计活塞系统连同专用螺母接头和高一等级的标准压力计活塞系统装在同一校验器上，按本规程第19条中的方法调整好两压力计的垂直位置。用液体静力平衡方法，将被检压力真空计与高一等级的压

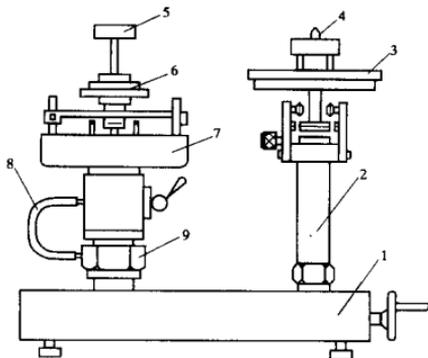


图1 活塞有效面积测量装置示意图

1—压力校验器；2—高一等级标准活塞式压力计；3—专用砝码；4—平衡时所加的小砝码；5—小杯；7—被检压力真空计；8—连通管；9—专用螺母接头

力计进行比较测量。

21.2 测量活塞有效面积,采用起始平衡的方法,分别对测量正压和负压的活塞有效面积进行测量。

先将活塞底部与活塞筒侧孔连通,测量正压部分的活塞有效面积,然后使侧孔通大气,测量负压部分的活塞有效面积。

21.3 按表4规定的起始平衡点和各测量点,将专用砝码(包括特制专用砝码)分别放在高一等压力计和被检压力真空计的承重盘上。用校验器加压,使两个活塞处于工作位置,并借助灯光投影装置观察两活塞起始平衡位置。若两活塞不平衡,则在上升活塞的专用砝码或承重杆上端的小杯内加放标准小砝码,直至两活塞平衡为止。

每一测量点需进行升、降压测量,在升降压测量时各读取一次数值。

在测量活塞有效面积的整个过程中,两活塞均应保持起始平衡点时的工作位置,并以约30~60r/min的初始转速使活塞按顺时针方向转动(惯性轮不转)。

21.4 活塞有效面积测量完后,须对起始平衡点进行复测。前后2次所加小砝码质量之数值应符合表4中的规定,否则重新测量。

21.5 确定两活塞是否平衡,应观察其在工作位置上是否保持不变,或以同样不显著的速度下降。

22 活塞有效面积及其误差的计算

22.1 压力真空计各测量点的活塞有效面积单独值按式(1)计算:

$$A'_i = A \frac{m'_i + \Delta m'_i}{m_i + \Delta m_i} \quad (1)$$

式中: A'_i ——被检压力真空计第 i 个测量点($i=1,2,\dots,n$)的活塞有效面积单独值, cm^2 ;

A ——标准压力计活塞有效面积值, cm^2 ;

m'_i ——起始平衡点后,放在被检压力真空计第 i 个测量点上的专用砝码质量, kg ;

$\Delta m'_i$ ——起始平衡点后,放在被检压力真空计第 i 个测量点上的小砝码质量, kg ;

m_i ——起始平衡点后,放在标准压力计第 i 个测量点上的专用砝码质量, kg ;

Δm_i ——起始平衡点后,放在标准压力计第 i 个测量点上的小砝码质量, kg 。

22.2 压力真空计活塞有效面积平均值按式(2)计算:

$$A_{\text{平均}} = \frac{\sum_{i=1}^n A'_i}{n} \quad (2)$$

式中: $A_{\text{平均}}$ ——活塞有效面积平均值, cm^2 ;

A'_i ——由公式(1)得到的活塞有效面积单独值, cm^2 ;

i ——测量点, $i=1, 2, \dots, n$;

n ——测量次数, $n=6$ 。

22.3 活塞有效面积的相对误差按式(3)计算:

$$\delta A' = \frac{\Delta A'}{A_{\text{平均}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $\delta A'$ ——活塞有效面积的相对误差;

$\Delta A'$ ——活塞有效面积单独值与平均值的最大差值, cm^2 。

23 压力真空计活塞有效面积的允许范围、数据修约(修约后的数值填入检定证书)及相

对误差应符合表 5 的规定。

24 灵敏阈的测量

压力真空计灵敏阈是在被检压力真空计的测量上限压力下测量的。测量时，两活塞按顺时针方向以 30~60r/min 的转速转动。当标准压力计和被检压力真空计在上述压力下平衡后，在被检压力真空计上加放能破坏两活塞平衡的最少砝码，其质量值即为该被检压力真空计灵敏阈。其数值应符合第 7 条的规定。

25 专用砝码、活塞及其连接件质量的计算和检定

压力真空计测量压力和负压时所用的专用砝码、活塞及其连接件的质量，按其活塞有效面积、使用地点的重力加速度及空气浮力进行配重，其质量值按式 (4) 计算：

$$m = \rho A' \frac{1}{g} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) \quad (4)$$

式中： m ——专用砝码、活塞及其连接件质量，kg；

ρ ——测量压力值，Pa；

A' ——压力真空计压力或负压部分的活塞有效面积， m^2 ；

ρ_a ——空气密度（取 $1.2\text{kg}/m^3$ ）；

ρ_m ——专用砝码、活塞及其连接件材料密度（钢取 $7.8 \times 10^3\text{kg}/m^3$ ，铝取 $2.7 \times 10^3\text{kg}/m^3$ ）；

g ——压力真空计使用地点的重力加速度， m/s^2 。

当压力或负压以 MPa 为单位，活塞有效面积以 cm^2 为单位时，专用砝码、活塞及连接件的质量按式 (5) 计算：

$$m = \rho A' \frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) \quad (5)$$

式中： ρ ——测量的压力或负压值，MPa；

A' ——压力真空计测量压力或负压的活塞有效面积， cm^2 ；

其余符号的意义同 (4) 式。

26 专用砝码、活塞及其连接件质量的检定，按照有关国家检定规程进行，其质量的称量值与计算值之差应符合第 9 条的要求。

五 检定结果处理和检定周期

27 经检定符合本规程要求的压力真空计，发给检定证书，不合格的发给检定结果通知书。

28 新制的压力真空计的检定周期一般为 1 年；使用中 and 修理后的最长为 2 年。

附录 1 二、三等标准活塞式压力真空计检定记录

送检单位 _____ 检定日期 _____ 检定时室内温度 _____ $^{\circ}\text{C}$

被检器 _____ 等 _____ 号测量范围 _____ MPa 制造厂家 _____

标准器 _____ 等 _____ 号测量范围 _____ MPa 工作介质 _____

标准活塞有效面积 A _____ cm^2 使用地点的重力加速度 _____ m/s^2

1. 外观检查 _____

2. 校验器的密封性检查 _____

3. 承重圆盘平面对活塞轴线垂直度的检查 _____

4. 活塞转动延续时间的测量
- 带惯性轮 (1) _____ min _____ s (2) _____ min _____ s
 - (3) _____ min _____ s 平均值 _____ min _____ s
 - 不带惯性轮 (1) _____ min _____ s (2) _____ min _____ s
 - (3) _____ min _____ s 平均值 _____ min _____ s
5. 活塞下降速度的测量
- 开侧孔 (1) _____ mm/min (2) _____ mm/min
 - (3) _____ mm/min 最大值 _____ mm/min
 - 不开侧孔 (1) _____ mm/min (2) _____ mm/min
 - (3) _____ mm/min 最大值 _____ mm/min
6. 被检仪器灵敏度 _____ mg
7. 被检活塞有效面积 $A' \pm$ _____ cm^2

检定点作用的压力 MPa	在仪器承重圆盘上加放专用砝码的质量						活塞有效面积单值 $A' = A \frac{m_i' + \Delta m_i'}{m_i + \Delta m_i}$	$\Delta A'$
	被检器质量			标准器质量				
	m_i' / kg	$\Delta m_i' / \text{g}$	$m_i' + \Delta m_i'$	m_i / kg	$\Delta m_i / \text{g}$	$m_i + \Delta m_i$		
平衡点								
平衡点复检								

活塞有效面积的平均值正压 $A' =$ _____ 负压 $A' =$ _____

活塞有效面积误差最大值正压 $\Delta A' =$ _____ 负压 $\Delta A' =$ _____

活塞有效面积的相对误差正压 $\delta A' =$ _____ 负压 $\delta A' =$ _____

8. 活塞及与其连接件的质量正压 _____ \pm _____ kg

负压 _____ \pm _____ kg

9. 专用砝码质量 $m = \rho A' \frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right)$

序 号	专用砝码产生压力 MPa	专 用 砝 码	
		质 量/kg	个 数
1	0.005	\pm	
2	0.01	\pm	
3	0.05	\pm	
4	0.1	\pm	
5	-0.005	\pm	
6	-0.01	\pm	

10. 检定结果 _____

11. 检定证书或检定结果通知书号码 _____

检定员 _____

复核员 _____

附录 2 检定证书内面格式

测量范围	-0.1 ~ -0.01	0.01 ~ 0.25	MPa
基本误差	±		%
活塞有效面积正压	±		cm ²
负压	±		cm ²
活塞及其连接件质量正压	±		kg
负压	±		kg
活塞转动延续时间带 惯性轮	min		s
不带惯性轮	min		s
活塞下降速度开 侧孔			mm/min
不开侧孔			mm/min
仪器灵敏阈			mg
检定时室内温度			℃
工作介质			油
仪器使用地点重力加速度			m/s ²

专 用 砝 码

序 号	专用砝码产生的压力 /MPa	专用砝码质量及允许误差 /kg	数量/块
1	0.005	±	
2	0.01	±	
3	0.05	±	
4	0.1	±	
5	-0.005	±	
6	-0.01	±	
备 注:			

下次送检带此证书

附录 3 中国各主要城市重力加速度

序 号	地 点	$g / (m/s^2)$	$\frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_s}{\rho_{m\text{水}}} \right)$	$\frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_s}{\rho_{m\text{水}}} \right)$
1	北 京	9.8015	10.2041	10.2070
2	上 海	9.7946	10.2113	10.2142
3	天 津	9.8011	10.2045	10.2075

续表

序 号	地 点	$g / (\text{m/s}^2)$	$\frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_{\text{水}}}{\rho_{\text{酒精}}} \right)$	$\frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_{\text{水}}}{\rho_{\text{酒精}}} \right)$
4	广 州	9.7883	10.2179	10.2208
5	南 京	9.7949	10.2110	10.2139
6	西 安	9.7944	10.2115	10.2144
7	太 原	9.7970	10.2088	10.2117
8	石 家 庄	9.7997	10.2060	10.2089
9	沈 阳	9.8035	10.2020	10.2050
10	贵 阳	9.7868	10.2194	10.2224
11	济 南	9.7988	10.2069	10.2099
12	郑 州	9.7966	10.2092	10.2122
13	成 都	9.7913	10.2147	10.2177
14	乌 鲁 木 齐	9.8015	10.2041	10.2070
15	长 春	9.8048	10.2007	10.2036
16	昆 明	9.7836	10.2228	10.2257
17	杭 州	9.7936	10.2123	10.2153
18	南 宁	9.7877	10.2185	10.2214
19	武 汉	9.7936	10.2123	10.2153
20	哈 尔 滨	9.8066	10.1988	10.2017
21	西 宁	9.7911	10.2149	10.2179
22	兰 州	9.7926	10.2134	10.2163
23	南 昌	9.7920	10.2140	10.2170
24	长 沙	9.7915	10.2145	10.2175
25	合 肥	9.7947	10.2112	10.2141
26	福 州	9.7891	10.2170	10.2200
27	银 川	9.7961	10.2097	10.2127
28	拉 萨	9.7799	10.2266	10.2296
29	承 德	9.8017	10.2039	10.2068
30	青 岛	9.7985	10.2072	10.2102
31	保 定	9.8003	10.2053	10.2083
32	徐 州	9.7967	10.2091	10.2121
33	唐 山	9.8016	10.2040	10.2069
34	开 封	9.7966	10.2092	10.2122
35	包 头	9.7986	10.2071	10.2101
36	乌 兰 里 哈	9.7994	10.2063	10.2092
37	浦 口	9.7951	10.2108	10.2137
38	蚌 埠	9.7954	10.2104	10.2134
39	海 拉 尔	9.8081	10.1972	10.2002
40	延 安	9.7955	10.2103	10.2133
41	洛 阳	9.7961	10.2097	10.2127
42	柳 州	9.7885	10.2176	10.2206
43	感 阳	9.7882	10.2180	10.2209

续表

序 号	地 点	$g / (m/s^2)$	$\frac{100}{R} \left(1 + \frac{\rho_s}{\rho_{m地}} \right)$	$\frac{100}{g} \left(1 + \frac{\rho_s}{\rho_{m地}} \right)$
44	海 口	9.7863	10.2199	10.2229
45	衡 阳	9.7907	10.2153	10.2183
46	大 连	9.8011	10.2045	10.2075
47	哈 密	9.8006	10.2050	10.2080
48	吉 林	9.8048	10.2007	10.2036
49	乌兰浩特	9.8066	10.1988	10.2017
50	佳 木 斯	9.8079	10.1974	10.2004
51	宝 鸡	9.7933	10.2126	10.2156
52	牡 丹 江	9.8051	10.2003	10.2033
53	吐 鲁 番	9.8024	10.2032	10.2061
54	安 庆	9.7936	10.2123	10.2153
55	九 江	9.7928	10.2132	10.2161
56	宜 昌	9.7933	10.2126	10.2156
57	芜 湖	9.7944	10.2115	10.2144
58	潼 关	9.7951	10.2108	10.2137
59	汉 口	9.7936	10.2123	10.2153
60	重 庆	9.7914	10.2146	10.2176
61	齐 齐 哈 尔	9.8080	10.1973	10.2003
62	山 海 关	9.8018	10.2038	10.2067
63	德 州	9.7995	10.2062	10.2091
64	丹 东	9.8019	10.2037	10.2066
65	阜 新	9.8032	10.2023	10.2053
66	张 家 口	9.8000	10.2057	10.2086
67	大 同	9.7984	10.2073	10.2103
68	锦 州	9.8027	10.2028	10.2058

注：本表未列地区的重力加速度值，可用下式计算：

$$g_{\phi} = \frac{9.80665 \times (1 - 0.00265 \times \cos^2 \phi)}{1 + \frac{2h}{R}}$$

式中： ϕ ——测量地点的纬度； R ——地球平均半径，等于 $6371 \times 10^3 m$ ； h ——测量地点的海拔高度。