

# JJG

## 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 772—92

---

### 电子束辐射源（辐射加工用）

1992年2月15日批准

1993年1月1日实施

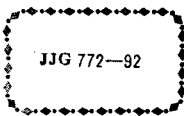
---

国家技术监督局

---

电子束辐射源(辐射加工用)  
检定规程

Electron Beam Radiation Source  
(for Radiation Processing)



JJG 772—92

---

本检定规程经国家技术监督局于1992年2月15日批准,并自1993年1月1日起施行。

归口单位: 北京市技术监督局

起草单位: 北京市计量科学研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

**本规程主要起草人：**

史克勤（北京市计量科学研究所）

李承华（中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

谢立青（北京师范大学低能核物理研究所）

张利民（上海市计量技术研究所）

郭洪涛（北京市计量科学研究所）

# 目 录

一 概述.....	(1)
二 技术要求.....	(1)
三 检定条件.....	(2)
四 检定项目和检定方法.....	(3)
五 检定结果处理和检定周期.....	(4)
附录	
附录 1 名词术语解释 .....	(6)
附录 2 检定证书背面内容 .....	(8)
附录 3 一些重要材料的电子射程 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) .....	(9)

# 电子束辐射源(辐射加工用)

## 检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的辐射加工用电子束辐射源辐射场计量学性能的检定。电子束能量范围为 $0.2\sim 10$  MeV, 吸收剂量范围为 $5\sim 1\times 10^2$  kGy。

### 一 概 述

辐射加工用电子束辐射源由电子加速器、束下装置及其它有关设备组成。

电子加速器是利用磁场使电子获得较高能量的装置。用于辐射加工的加速器主要有直流高压型和微波直线型两类, 包括电子带加速器、静电加速器、绝缘磁芯变压器、高频高压发生器、高压倍加器和微波直线加速器等。

电子束辐射加工是指被照射物质吸收电子束辐射能量后产生物理、化学或生物学效应, 以达到某种预期目的工艺过程。被辐照物质产生的辐射效应与其吸收辐射能量的多少有着定量关系。因此, 电子束辐射加工质量控制通常是通过电子束剂量学参数的测定来实现的。

### 二 技 术 要 求

#### (一) 安 全 性

1 电子束辐射源必须满足国家标准 GB 5172—85《粒子加速器辐射防护规定》的要求。

#### (二) 剂 量 学 性 能

2 在参考点处, 电子束吸收剂量测量的总不确定度应不大于 8% (置信因数  $k=2$ )。

3 吸收剂量分布测量总不确定度应不大于 15% ( $k=2$ )。

4 吸收剂量的测量重复性不大于 5%。

- 5 吸收剂量的稳定度不大于5%。
- 6 电子束能量测量的不确定度应不大于10%。
- 7 加速器电子注量的重复性小于5%。

### (三) 其它要求

- 8 电子加速器应配备束流监测装置。
- 9 辐射加工单位必须具备满足辐射工艺要求的剂量测量手段(包括目视剂量标签)。剂量计须经法定计量检定机构检定合格。

## 三 检定条件

### (一) 剂量计

#### 10 标准剂量计

10.1 量热计、液体化学剂量计作为标准剂量计

10.2 标准剂量计测量电子束吸收剂量的总不确定度不大于5% ( $k=2$ )。

#### 11 传递剂量计

11.1 丙氨酸/ESR、辐射显色薄膜等可作为传递剂量计。

11.2 传递剂量计测量电子吸收剂量的总不确定度不大于8% ( $k=2$ )。

11.3 传递剂量计必须经标准剂量计校准。

#### 12 工作剂量计

12.1 各种辐射变色薄膜或薄片,如辐射显色薄膜、有机玻璃、三醋酸纤维素以及蓝色玻璃纸等均可作为工作剂量计。

12.2 工作剂量计测量电子束吸收剂量的总不确定度不大于15% ( $k=2$ )。

12.3 工作剂量计必须经标准剂量计或传递剂量计校准。

### (二) 其它设备

#### 13 电子束能量测量设备

电子束能量测量的不确定度不大于10%。

#### 14 电子注量仪

电子注量仪测量的不确定度不大于5%,重复性小于1%。

### 15 温度计

最小分度值不大于 $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

### 16 计时器

最小分度不大于 $0.1\text{s}$ 。

### 17 尺

1 m 钢板尺或钢卷尺，其最小分度值不大于 $1\text{mm}$ 。

## 四 检定项目和检定方法

### 18 吸收剂量

18.1 电子束吸收剂量测量须用标准剂量计。

18.2 静态辐照：选取加速器常用参数（能量、束流、扫描宽度），将剂量计放在参考点处（见附录1），至少重复测量三次，求其平均值。

#### 18.3 动态辐照

18.3.1 选取加速器常用参数及传送速度，将剂量计放在传送装置上，通过参考点，在不同束流下，测量吸收剂量值。

18.3.2 选取加速器常用参数，将剂量计放在18.3.1项的位置，在不同传送速度下，测量吸收剂量值。

### 19 吸收剂量分布

19.1 剂量分布的测量须用传递剂量计或工作剂量计。

#### 19.2 横向剂量分布

19.2.1 对于静态辐照，选取加速器常用参数，将 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的薄膜剂量计在参考面的X轴向对称于参考点以每 $5\text{cm}$ 的距离均布测量点（见附录1，图1），根据工艺要求，确定分布点间宽度，辐照后用读出器进行测量，画出横向剂量分布曲线。

19.2.2 对于动态辐照，在传送装置上布点，要求同19.2.1项。

19.3 纵向剂量分布：对于静态辐照，选取加速器常用参数，将 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 薄膜剂量计在参考面的Y轴向对称于参考点以适当间距均布测量点，布点宽度须大于射束在参考面上的纵向宽度。辐照后用读出器进行测量，画出纵向剂量分布曲线。

19.4 深度剂量分布：选取加速器常用参数，小于 300 keV 的电子束，用均匀叠层法，大于 300 keV 的电子束用交替叠层法（见附录 1）。将叠层置于参考点处，辐照后用读出器逐片测量。画出深度剂量分布曲线。根据此曲线，估算产品的适宜辐照厚度。

19.5 产品中的剂量分布：选取加速器运行参数，将剂量计均布在产品中，在加工状态下辐照后，用读出器进行测量，求出产品中剂量分布不均匀度。

### 20 吸收剂量的测量重复性

选取加速器常用参数，在参考点处，用剂量计测量吸收剂量的重复性，重复开关束流  $n(n \geq 5)$  次。吸收剂量  $D$  的重复性  $V$  用下式计算：

$$V = \frac{1}{\bar{D}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{D} - D_i)^2} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $D_i$  为第  $i$  次测量值， $\bar{D}$  为  $n$  次测量的算术平均值。

### 21 吸收剂量的稳定度

检定开始后和检定结束前按 18 条进行测量。分别计算两次测量的算术平均值  $\bar{D}_1$  和  $\bar{D}_2$ 。稳定度  $I$  用其相对偏差来表示：

$$I = \frac{2 \times |\bar{D}_2 - \bar{D}_1|}{\bar{D}_1 + \bar{D}_2} \times 100\% \quad (2)$$

### 22 电子束能量

测量电子束能量采用射程法，如电子束能量仪、薄膜剂量计均匀叠层或交替叠层或盖玻片叠层法。选取加速器常用参数，测量参考点处的电子束能量。

### 23 电子注量

选取加速器常用参数，将电子注量仪的探头放在参考点处，加速器开关束流，测量电子注量  $\varphi$ ，按 (1) 式计算其重复性。

## 五 检定结果处理和检定周期

24 第 18.2、18.3、19.2、20、21 条款为必检项目；第 19.3、



19.4、19.5、22、23 条款为辐射加工单位根据需要选测项目。

25 检定周期为二年。由于事故、检修、更换零部件等造成辐照场明显变化时，使用单位须及时申报检定。

26 每更换一种产品，调节不同的辐照参数，辐射加工单位必须按 18~23 条中规定的有关项目测量，并做好详细记录备查。

27 经检定合格者发给检定证书。检定不合格者发给检定结果通知书。

# 附 录

## 附录 1

### 名 词 术 语 解 释

#### 1 吸收剂量

吸收剂量  $D$  是  $d\bar{\epsilon}$  除以  $dm$  所得的商, 即

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

式中:  $d\bar{\epsilon}$  是电离辐射给予质量为  $dm$  的物质的平均能量。吸收剂量的法定计量单位是  $J \cdot kg^{-1}$ , 它的专门名称是“戈”(Gy)。

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

#### 2 产品中剂量分布不均匀度

产品中剂量分布不均匀度  $U$ , 是产品中最大吸收剂量除以最小吸收剂量所得的商, 即

$$U = \frac{D_{\max}}{D_{\min}}$$

#### 3 参考面与参考点

如图 1 所示, 在直角坐标中,  $X$ 、 $Y$  两坐标轴组成的平面为参考面。 $Z$  轴在电子束中心, 原点  $O$  为参考点。参考面距束窗的距离视不同装置的具体情况而定, 一经确定, 每次检定不能更改。

#### 4 电子注量

电子注量为被照物体表面单位面积接受的电子个数。

#### 5 叠层法

##### 5.1 均匀叠层法

用薄膜剂量计本身, 作为被辐照材料叠成电子束不能穿透的厚度。如图 2 中 (a) 所示。

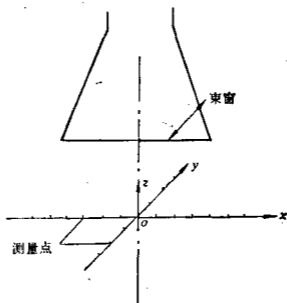


图 1 参考点和参考面示意图

这种方法给出剂量计材料中深度剂量分布，并且可以应用于类似剂量计薄膜原子组成的材料，它仅用于低能电子束 ( $<300 \text{ keV}$ ) 深度剂量分布的测量。

### 5.2 交替叠层法

用薄膜剂量计和具有类似于加工产品原子组成的材料的层片，交替叠层到电子束不能穿透的厚度，如图 2 中 (b) 所示。这个方法用于较高能量的电子束 ( $>300 \text{ keV}$ )。

5.3 为了防止散射束的影响，叠层应置于辐照盒内。如图 2, (c) 所示。

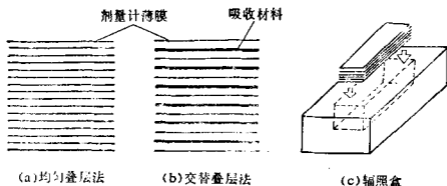


图 2 叠层法示意图

## 附录 2

## 检定证书背面内容

## (一) 检定条件

简要说明检定时的环境条件和所使用的仪器。

## (二) 检定结果

- 1 静态辐照时, 参考点的吸收剂量值。
- 2 动态辐照时, 在一定传送速度下, 不同束流对应的吸收剂量值。
- 3 动态辐照时, 在一定束流下, 不同传送速度对应的吸收剂量值。
- 4 横向剂量分布曲线 (静态辐照或动态辐照)。
- 5 纵向剂量分布曲线 (静态辐照)。
- 6 深度剂量分布曲线。
- 7 产品中的剂量分布及其不均匀度。
- 8 吸收剂量的测量重复性。
- 9 吸收剂量的稳定度。
- 10 电子束能量。
- 11 电子注量。

## (三) 检定结果使用说明

## 附录 3

一些重要材料的电子射程 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )\*

能 量 MeV	碳 ( $\rho=1.70$ $\text{g}/\text{cm}^3$ ) $\text{g}/\text{cm}^2$	水 ( $\rho=1.00$ $\text{g}/\text{cm}^3$ ) $\text{g}/\text{cm}^2$	空气(干燥) ( $\rho=1.205 \text{E}-$ $03 \text{g}/\text{cm}^3$ ) $\text{g}/\text{cm}^2$	聚酰胺 ( $\rho=1.14$ $\text{g}/\text{cm}^3$ ) $\text{g}/\text{cm}^2$	聚乙烯 ( $\rho=0.94$ $\text{g}/\text{cm}^3$ ) $\text{g}/\text{cm}^2$
0.100 0	1.602 E-02	1.431 E-02	1.623 E-02	1.416 E-02	1.339 E-02
0.125 0	2.333 E-02	2.083 E-02	2.362 E-02	2.063 E-02	1.952 E-02
0.150 0	3.156 E-02	2.817 E-02	3.193 E-02	2.791 E-02	2.642 E-02
0.175 0	4.059 E-02	3.622 E-02	4.103 E-02	3.590 E-02	3.399 E-02
0.200 0	5.032 E-02	4.487 E-02	5.082 E-02	4.450 E-02	4.215 E-02
0.250 0	7.152 E-02	6.372 E-02	7.212 E-02	6.322 E-02	5.991 E-02
0.300 0	9.462 E-02	8.421 E-02	9.527 E-02	8.359 E-02	7.923 E-02
0.350 0	1.192 E-01	1.060 E-01	1.199 E-01	1.052 E-01	9.979 E-02
0.400 0	1.450 E-01	1.288 E-01	1.456 E-01	1.279 E-01	1.213 E-01
0.450 0	1.718 E-01	1.523 E-01	1.722 E-01	1.515 E-01	1.437 E-01
0.500 0	1.993 E-01	1.766 E-01	1.995 E-01	1.757 E-01	1.667 E-01
0.550 0	2.274 E-01	2.013 E-01	2.274 E-01	2.005 E-01	1.902 E-01
0.600 0	2.561 E-01	2.265 E-01	2.568 E-01	2.258 E-01	2.142 E-01
0.700 0	3.147 E-01	2.778 E-01	3.135 E-01	2.774 E-01	2.632 E-01
0.800 0	3.745 E-01	3.302 E-01	3.722 E-01	3.301 E-01	3.133 E-01
0.900 0	4.352 E-01	3.832 E-01	4.315 E-01	3.836 E-01	3.641 E-01
1.000 0	4.964 E-01	4.367 E-01	4.912 E-01	4.377 E-01	4.155 E-01
1.250 0	6.509 E-01	5.717 E-01	6.408 E-01	5.742 E-01	5.452 E-01
1.500 0	8.062 E-01	7.075 E-01	7.900 E-01	7.116 E-01	6.759 E-01
1.750 0	9.614 E-01	8.432 E-01	9.387 E-01	8.492 E-01	8.068 E-01
2.000 0	1.116 E+00	9.785 E-01	1.085 E+00	9.865 E-01	9.375 E-01
2.500 0	1.423 E+00	1.247 E+00	1.374 E+00	1.259 E+00	1.197 E+00
3.000 0	1.727 E+00	1.514 E+00	1.658 E+00	1.530 E+00	1.455 E+00
3.500 0	2.027 E+00	1.777 E+00	1.935 E+00	1.797 E+00	1.710 E+00
4.000 0	2.323 E+00	2.037 E+00	2.208 E+00	2.082 E+00	1.983 E+00
4.500 0	2.616 E+00	2.295 E+00	2.476 E+00	2.324 E+00	2.213 E+00
5.000 0	2.906 E+00	2.550 E+00	2.740 E+00	2.583 E+00	2.461 E+00
5.500 0	3.193 E+00	2.802 E+00	2.999 E+00	2.840 E+00	2.706 E+00
6.000 0	3.476 E+00	3.052 E+00	3.255 E+00	3.095 E+00	2.950 E+00
7.000 0	4.038 E+00	3.545 E+00	3.757 E+00	3.597 E+00	3.431 E+00
8.000 0	4.585 E+00	4.030 E+00	4.246 E+00	4.092 E+00	3.905 E+00
9.000 0	5.125 E+00	4.506 E+00	4.724 E+00	4.579 E+00	4.372 E+00
10.000 0	5.657 E+00	4.975 E+00	5.192 E+00	5.058 E+00	4.833 E+00

\* 摘自 ICRU REPORT 37.

续表

能量 MeV	聚乙烯对苯 二酸脂 ( $\rho=1.40$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	有机玻璃 ( $\rho=1.19$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	聚苯乙烯 ( $\rho=1.06$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	聚四氟乙烯 ( $\rho=2.20$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	聚氯乙烯 ( $\rho=1.30$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>
0.100 0	1.537 E-02	1.470 E-02	1.458 E-02	1.727 E-02	1.641 E-02
0.125 0	2.238 E-02	2.140 E-02	2.124 E-02	2.511 E-02	2.384 E-02
0.150 0	3.026 E-02	2.894 E-02	2.873 E-02	3.392 E-02	3.219 E-02
0.175 0	3.890 E-02	3.721 E-02	3.695 E-02	4.357 E-02	4.134 E-02
0.200 0	4.819 E-02	4.610 E-02	4.579 E-02	5.395 E-02	5.117 E-02
0.250 0	6.841 E-02	6.547 E-02	6.504 E-02	7.651 E-02	7.254 E-02
0.300 0	9.040 E-02	8.653 E-02	8.598 E-02	1.010 E-01	9.575 E-02
0.350 0	1.138 E-01	1.089 E-01	1.082 E-01	1.271 E-01	1.204 E-01
0.400 0	1.382 E-01	1.323 E-01	1.315 E-01	1.543 E-01	1.461 E-01
0.450 0	1.635 E-01	1.566 E-01	1.557 E-01	1.824 E-01	1.728 E-01
0.500 0	1.896 E-01	1.815 E-01	1.805 E-01	2.114 E-01	2.001 E-01
0.550 0	2.162 E-01	2.070 E-01	2.059 E-01	2.410 E-01	2.281 E-01
0.600 0	2.434 E-01	2.330 E-01	2.318 E-01	2.711 E-01	2.566 E-01
0.700 0	2.988 E-01	2.860 E-01	2.846 E-01	3.326 E-01	3.147 E-01
0.800 0	3.554 E-01	3.401 E-01	3.385 E-01	3.952 E-01	3.738 E-01
0.900 0	4.127 E-01	3.950 E-01	3.932 E-01	4.587 E-01	4.337 E-01
1.000 0	4.708 E-01	4.504 E-01	4.484 E-01	5.227 E-01	4.940 E-01
1.250 0	6.167 E-01	5.902 E-01	5.878 E-01	6.841 E-01	6.458 E-01
1.500 0	7.635 E-01	7.398 E-01	7.281 E-01	8.462 E-01	7.980 E-01
1.750 0	9.104 E-01	8.715 E-01	8.684 E-01	1.008 E+00	9.496 E-01
2.000 0	1.057 E+00	1.002 E+00	1.008 E-01	1.169 E+00	1.100 E+00
2.500 0	1.348 E+00	1.291 E+00	1.287 E+00	1.490 E+00	1.399 E+00
3.000 0	1.636 E+00	1.567 E+00	1.562 E+00	1.856 E+00	1.692 E+00
3.500 0	1.920 E+00	1.839 E+00	1.835 E+00	2.118 E+00	1.981 E+00
4.000 0	2.201 E+00	2.109 E+00	2.104 E+00	2.426 E+00	2.265 E+00
4.500 0	2.479 E+00	2.376 E+00	2.371 E+00	2.730 E+00	2.544 E+00
5.000 0	2.755 E+00	2.641 E+00	3.635 E+00	3.031 E+00	2.820 E+00
5.500 0	3.027 E+00	2.903 E+00	2.897 E+00	3.328 E+00	3.092 E+00
6.000 0	3.296 E+00	3.162 E+00	3.156 E+00	3.622 E+00	3.360 E+00
7.000 0	3.828 E+00	3.673 E+00	3.667 E+00	4.201 E+00	3.886 E+00
8.000 0	4.351 E+00	4.176 E+00	4.171 E+00	4.768 E+00	4.399 E+00
9.000 0	4.864 E+00	4.671 E+00	4.666 E+00	5.324 E+00	4.901 E+00
10.000 0	5.370 E+00	5.158 E+00	5.155 E+00	5.870 E+00	5.391 E+00

续表

能 量 MeV	聚 丙 烯 ( $\rho=0.90$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	聚 碳 酸 脂 ( $\rho=1.20$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	硅 ( $\rho=2.33$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	二氧化硅 ( $\rho=2.32$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>	铝 ( $\rho=2.699$ g/cm <sup>3</sup> ) g/cm <sup>2</sup>
0.100 0	1.370 E-02	1.502 E-02	1.822 E-02	1.753 E-02	1.872 E-02
0.125 0	1.997 E-02	2.186 E-02	2.642 E-02	2.544 E-02	2.713 E-02
0.150 0	2.703 E-02	2.957 E-02	3.561 E-02	3.432 E-02	3.659 E-02
0.175 0	3.477 E-02	3.802 E-02	4.566 E-02	4.403 E-02	4.692 E-02
0.200 0	4.310 E-02	4.711 E-02	5.646 E-02	5.446 E-02	5.802 E-02
0.250 0	6.126 E-02	6.691 E-02	7.991 E-02	7.713 E-02	8.214 E-02
0.300 0	8.102 E-02	8.843 E-02	1.054 E-01	1.017 E-01	1.083 E-01
0.350 0	1.020 E-01	1.113 E-01	1.323 E-01	1.278 E-01	1.361 E-01
0.400 0	1.240 E-01	1.352 E-01	1.606 E-01	1.550 E-01	1.651 E-01
0.450 0	1.468 E-01	1.600 E-01	1.897 E-01	1.832 E-01	1.951 E-01
0.500 0	1.703 E-01	1.855 E-01	2.197 E-01	2.122 E-01	2.259 E-01
0.550 0	1.943 E-01	2.116 E-01	2.502 E-01	2.417 E-01	2.573 E-01
0.600 0	2.188 E-01	2.382 E-01	2.812 E-01	2.718 E-01	2.893 E-01
0.700 0	2.688 E-01	2.925 E-01	3.444 E-01	3.331 E-01	3.543 E-01
0.800 0	3.199 E-01	3.479 E-01	4.086 E-01	3.954 E-01	4.203 E-01
0.900 0	3.717 E-01	4.041 E-01	4.734 E-01	4.586 E-01	4.871 E-01
1.000 0	4.240 E-01	4.608 E-01	5.386 E-01	5.220 E-01	5.542 E-01
1.250 0	5.563 E-01	6.039 E-01	7.022 E-01	6.817 E-01	7.226 E-01
1.500 0	6.894 E-01	7.479 E-01	8.652 E-01	8.416 E-01	8.906 E-01
1.750 0	8.227 E-01	8.919 E-01	1.027 E-01	1.001 E+00	1.057 E+00
2.000 0	9.557 E-01	1.036 E+00	1.188 E+00	1.159 E+00	1.223 E+00
2.500 0	1.220 E+00	1.321 E+00	1.503 E+00	1.472 E+00	1.549 E+00
3.000 0	1.483 E+00	1.603 E+00	1.812 E+00	1.780 E+00	1.869 E+00
3.500 0	1.742 E+00	1.883 E+00	2.115 E+00	2.082 E+00	2.183 E+00
4.000 0	1.999 E+00	2.159 E+00	2.412 E+00	2.380 E+00	2.491 E+00
4.500 0	2.253 E+00	2.432 E+00	2.704 E+00	2.674 E+00	2.794 E+00
5.000 0	2.505 E+00	2.702 E+00	2.991 E+00	2.963 E+00	3.092 E+00
5.500 0	2.755 E+00	2.970 E+00	3.273 E+00	3.248 E+00	3.386 E+00
6.000 0	3.003 E+00	3.235 E+00	3.551 E+00	3.530 E+00	3.675 E+00
7.000 0	3.492 E+00	3.758 E+00	4.095 E+00	4.082 E+00	4.242 E+00
8.000 0	3.973 E+00	4.272 E+00	4.624 E+00	4.622 E+00	4.794 E+00
9.000 0	4.447 E+00	4.778 E+00	5.139 E+00	5.150 E+00	5.333 E+00
10.000 0	4.915 E+00	5.276 E+00	5.642 E+00	5.666 E+00	5.859 E+00