

表面 TLD 法测定瓷器的年剂量

夏君定 王维达
(上海博物馆 上海 200231)

梁宝鏊
(香港城市大学)

摘要 用 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 超薄型热释光剂量片放在瓷器无釉或器物内部去釉后的部位,用表面 TLD 法测量瓷器样品中的年剂量。与 α 计数法及内部 TLD 法测得的瓷器年剂量值比较的结果表明,表面 TLD 技术能用于瓷器年剂量的测定,有助于提高 TL 测定瓷器年代的准确性,同样也适用于 TL 测定陶器的年代。

关键词 热释光测定年代,瓷器,热释光剂量片,年剂量

中图分类号 K854.2

随着热释光测量技术的不断发展,用于测量瓷器的 TL 方法也日趋成熟,因此,人们对 TL 测量陶器年代的准确度要求也越来越高。目前,在 TL 测量陶器古剂量的精度和重复性较好的情况下,人们逐渐把视线转入了年剂量的测定。传统的方法—— α 计数法测量陶器年剂量致命的缺点就是取样量太大,以至对陶器造成破坏性也大,因而不被文物界和古董商们接受。我们实验室在用 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 超薄型剂量片(TLD)放在取样孔中测量瓷器年剂量的基础上,又采用了另一方法来测定陶器器的年剂量,即把 TLD 放在陶器器无釉或去釉的表面进行年剂量测定,我们称此方法是一种无损或微损的年剂量测量方法。根据我们对 34 件元、明、清瓷器样品进行测量的结果看,并与 α 计数法和把 TLD 片放在取样孔中测得的年剂量结果比较,发现此方法能用于陶器器年剂量测定。

1 实验方法

对一件待测陶瓷器的底部、内部或者露胎的部位进行去釉并清洁,去釉的面积只要直径大于 TLD 的直径即可,通常不大于 10mm。将一片 $\phi 5\text{mm}$ 、厚度为 $8\text{mg}/\text{cm}^2$ 的聚乙烯薄膜放在去釉器物的表面,然后放上 3—5 片整齐地重叠在一起的 $\phi 3\text{mm}$ 的超薄型 TLD,在 TLD 的上面放上一片同样厚度的聚乙烯薄膜,用不透明的胶带将这些 TLD 固定,把瓷样放在无放射性和热源的暗室内 3—4 个月(放置时间长些更好)。本实验由于时间充裕,放置了一年。取出 TLD 进行测量,由于放置的时间长,且稳定,因此每个瓷样的 TLD 之间的偏差很小,通常不超过 3%。选择这种厚度的聚乙烯薄膜既挡住了瓷器中的 α 射线到达 TLD,又不会影响 TLD 探测 β 、 γ 射线。

这些 TLD 探测到的剂量率只是瓷器样品中的二分之一的 β 剂量与探测期间样品放置处的环境剂量。在瓷样放置的同时,还放置了一个 TLD,用于测量瓷样放置处的环境剂量,同样也放了 375d,测得的平均结果为 $1.2\text{mGy}/\text{a}$,与我们几年前测量的结果完全一致。如果探测期间

的环境可以作为瓷器在整个历史时期的环境,则这个环境剂量率就作为瓷器年剂量中的环境剂量率。同样推理,TLD 探测到的剂量率就是这件瓷器的年剂量。

TLD 标定用的实验室 β 辐照源是采用加大源样距来实现的,一个 1.48×10^{12} Bq 的 β 放射源,源样距增加到约 50cm 时它的剂量率只有 1mGy/min 左右(该源 1992 年从英国 Littlemore 公司购进)。这样的剂量率用来刻度 TLD 是合适的(见文献[1-3])。TL 测量仪器是丹麦 Riso TL/OSL-DA-15 型,TLD 的退火温度为 400℃,退火时间为 10—30min。

我们用表面 TLD 法对 34 件元、明、清瓷器样品进行了年剂量测定,TLD 在瓷器中共放置了 375d 后取出测量。先测量 TLD 在瓷样中探测到的天然 TL,再对 TLD 进行 400℃退火(可以在测量时同步完成),然后再对这退过火的 TLD 辐照一个 β 刻度剂量(约辐照 3—4min)。 β 放射源的剂量率为 1mGy/min,加热速率为 10℃/s。由于我们采用每一个 TLD 各自独立标定方法,所以 TLD 的灵敏度不需要归一。并且每个年剂量率都是由 3—5 个年剂量值平均所得,它们的平均值偏差都小于 5%,这样,年剂量就可以按下式计算

$$D = (G_n/G_\beta) \cdot \beta \cdot t(365/d) \times 2$$

式中, G_n 和 G_β 分别为同一个 TLD 的天然热释光和 β 刻度剂量热释光, β 为 β 源辐照剂量率, t 为 β 源辐照时间, d 为 TLD 在瓷样中的探测时间。表面 TLD 法探测到的瓷器 β 年剂量只是它的 1/2,故 D 必须乘以 2。

2 实验结果

表 1 为表面 TLD 法、内部 TLD 法和 α 计数法测得的瓷器年剂量结果比较。

表 1 表面 TLD 法、内部 TLD 法和 α 计数法测得的瓷器年剂量结果比较

Table 1 Comparison of surface TLD, inside TLD and alpha counting in measurement of annual dose on porcelain

序号 No.	样品号 Sample No.	窑 Kiln	时代 Dynasty	年剂量 Annual dose/mGy·a ⁻¹			表面 TLD 法：表面 TLD 法： α 计数法 内部 TLD 法	
				内部 TLD 法	α 计数法	表面 TLD 法	Surface TLD： α counting	Surface TLD： inside TLD
				Inside TLD	α counting	Surface TLD	α counting	inside TLD
1	SBC23	吉州 Jizhou	元 Yuan (1280 - 1368)	6.3	5.87	7.02	1.20	1.11
2	28	钧 Jun	元 Yuan	5.17	4.65	4.18	0.90	0.81
3	29	龙泉 Longquan	元 Yuan	6.32		5.06		0.80
4	38	景德镇 Jingdezhen	元 Yuan	4.78		4.98		1.04
5	41	景德镇 Jingdezhen	元 Yuan	5.04	3.97	5.32	1.34	1.06
6	63	慈州 Chizhou	元 Yuan	4.99	4.07	4.16	1.02	0.83
7	79	湖田 Hutian	元 Yuan	6.13		7.04		1.15
8	82	吉州 Jizhou	元 Yuan	6.75	6.04	4.48	0.74	0.66
9	83	枢府 Shufu	元 Yuan	6.99	5.38	6.08	1.13	0.87
10	93	枢府 Shufu	元 Yuan	5.02	3.85	4.82	1.25	0.96
11	97	龙泉 Longquan	元 Yuan	5.52	6.5	5.72	0.88	1.04
12	98	龙泉 Longquan	元 Yuan	6.59	6.2	6.7	1.08	1.02
13	44	景德镇 Jingdezhen	明(弘治) Ming(Hongzhi) 1368 - 1644	5.6	4.55	5.44	1.20	0.97
14	64	景德镇 Jingdezhen	明(成化) Ming(Chenghua)	6.67	6.11	6.8	1.11	1.02

(续表 1)								
序号 No.	样品号 Sample No.	窑 Kiln	时代 Dynasty	年剂量 Annual dose/mGy·a ⁻¹			表面 TLD 法 : 表面 TLD 法 :	
							α 计数法	内部 TLD 法
				内部 TLD 法	α 计数法	表面 TLD 法	Surface TLD : α counting	Surface TLD : inside TLD
15	66	景德镇 Jingdezhen	明(崇祯) Ming (Chongzhen)	5.38	4.42	5.38		
16	68	景德镇 Jingdezhen	明(弘治) Ming (Hongzhi)	5.51	4.19	4.74	1.13	0.86
17	95	景德镇 Jingdezhen	明(天启) Ming (Tianqi)	6.1	4.17	7.66	1.84	1.26
18	96	景德镇 Jingdezhen	明(嘉靖) Ming (Jiajing)	5.43	4.6	5.66	1.23	1.04
19	99	景德镇 Jingdezhen	明(洪武) Ming (Hongwu)	5.36	5.38	5.06	0.94	0.94
20	102	景德镇 Jingdezhen	明(永乐) Ming (Yongle)	5.56	4.8	5.12	1.07	0.92
21	103	景德镇 Jingdezhen	明(永乐) Ming (Yongle)	5.76	4.49	4.76	1.06	0.83
22	104	景德镇 Jingdezhen	明(天顺) Ming (Tianshun)	6.09	5.66	5.06	0.89	0.83
23	105	景德镇 Jingdezhen	明(嘉靖) Ming (Jiajing)	5.64	4.94	4.92	1.00	0.87
24	25	景德镇 Jingdezhen	清(同治) Qing (Tongzhi) 1644 – 1911	6.4	4.46	7.54	1.69	1.18
25	26	景德镇 Jingdezhen	清(嘉庆) Qing (Jiaqing)	5.84	5.2	6.43	1.24	1.10
26	27	景德镇 Jingdezhen	清(同治) Qing (Tongzhi)	5.88		5.84		0.99
27	32	哥 Ge	清(雍正) Qing (Yongzheng)	6.52	5.59	6.32	1.13	0.97
28	31	景德镇 Jingdezhen	清(雍正) Qing (Yongzheng)	7.14	5.62	6	1.07	0.84
29	37	白瓷 Baici	清(乾隆) Qing (Qianlong)	6.02	3.21	4.84	1.51	0.80
30	52	景德镇 Jingdezhen	清(康熙) Qing (Kangxi)	6.25		6.46		1.03
31	69	景德镇 Jingdezhen	清(康熙) Qing (Kangxi)	5.89		5.82		0.99
32	85	景德镇 Jingdezhen	清(康熙) Qing (Kangxi)	5.87	4.33	4.28	0.99	0.73
33	89	景德镇 Jingdezhen	清(康熙) Qing (Kangxi)	5.87	4.86	5.6	1.15	0.95
34	90	景德镇 Jingdezhen	清(道光) Qing (Daoguang)	5.71	4.62	5.34	1.16	0.94
平均				5.89	4.92	5.61	1.14	0.95

从表 1 可见,用表面 TLD 法测得的 34 只元、明、清瓷样的平均年剂量率为 5.61mGy/a,其中最大为 7.66mGy/a(见 No.17,明代天后景德镇青花瓷样),最小为 4.16mGy/a(见 No.6,元代

慈州窑样品),相差 84%。

用 3 种不同的测量方法测得的 34 只元、明、清瓷样的年剂量(其中 α counting 法,由于几个瓷样的样品量不够而未做测定),它们的平均年剂量分别是 内部 TLD 法为 5.89mGy/a, α counting 法为 4.92mGy/a,表面 TLD 法为 5.61mGy/a。表面 TLD 法测得的年剂量比 α counting 法大 14%,比 TLD 法小 5%。分析引起同一样品年剂量率差别的原因,目前认为可能是由不同的测量方法造成的。由此可见,用表面 TLD 法测量瓷器年剂量还是大有可为的,同样也适用于 TL 测定陶器的年代。

3 种不同年剂量测量方法所测得的不同朝代、不同窑口瓷样的年剂量率结果相差很大,最大相差约 1 倍多。要准确地测定一件瓷器样品的年代,年剂量的测量是必要的。

表面 TLD 法的缺点是测量周期太长,对急于要知道准确年代结果的器物不太适用。

参 考 文 献

- 1 梁宝鏊, Stokes M J, 王维达,等. 核技术, 1997, 20(8) 478—484
LEUNG P L, Stokes M J, WANG Weida, *et al.* Nucl Tech, 1997, 20(8) 478—484
- 2 周智新. 核技术, 1997, 20(8) 492—493
ZHOU Zhixin. Nucl Tech, 1997, 20(8) 492—493
- 3 梁宝鏊, Stokes M J, 夏君定,等. 核技术, 1999, 22(9) 617—621
LEUNG P L, Stokes M J, XIA Junding, *et al.* Nucl Tech, 1999, 22(9) 617—621

Measurement of annual dose on porcelain using surface TLD method

XIA Junding WANG Weida

(Shanghai Museum, Shanghai 200231)

LEUNG P L

(City University of Hong Kong, Hong Kong)

Abstract

In order to improve accuracy of TL authentication test for porcelain, a method of measurement of annual dose using ultrathin ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{Tm}$) dosage layer on porcelain was studied. The TLD was placed on the part of porcelain without glaze. A comparison of measurement of annual dose for surface TLD, inside TLD and alpha counting on porcelain was made. The results show that this technique is suitable for measuring annual dose and improving accuracy of TL authentication test for both porcelain and pottery.

Key words TL dating, Porcelain, Annual dose, TLD

CLC K854.2