

X射线荧光光谱仪、X射线荧光分析仪品种很多，哪一种最合适土壤中重金属测定？

1. 标准分析方法对X射线荧光光谱仪的要求：要求用台式波长色散X荧光光谱仪

表1 土壤中重金属定量测定应使用波长色散型X射线荧光光谱仪，这是HJ780-2015标准指定的

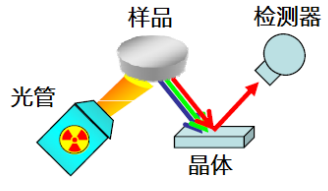
波长色散型 X 射线荧光光谱仪 (英文缩成 WDXRF)	能量色散型 X 射线荧光光谱仪 (英文缩成 EDXRF)	现场手持式 X 射线荧光分析仪 (英文缩成 PFXRF) 手持式都是能量色散 EDXRF
		

为什么土壤中重金属定量测定需要 WDXRF？ 因为分开元素谱线需要高分辨率并需要消除背景干扰。

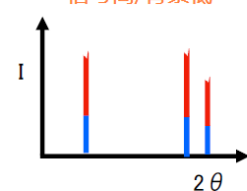
Leading With Innovation

波长色散和能量色散两种技术X射线荧光光谱仪光学系统比较

波长色散技术WDXRF

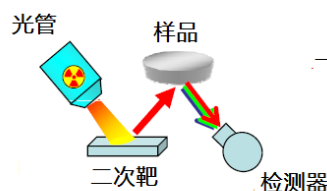


■ 信号高/背景低

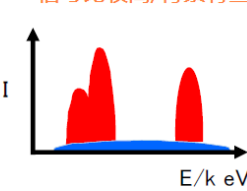


能量色散技术EDXRF

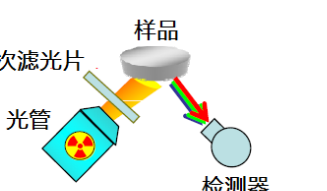
二次靶激发高端台式EDXRF



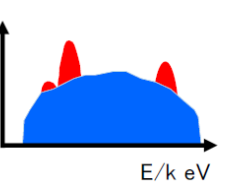
■ 信号比较高/背景有些高



直接激发便携手持式EDXRF



■ 灵敏杜差/背景很高



Rigaku

2. 手持式 X 荧光土壤重金属分析仪用处多大？



图 2 手持式 X 荧光重金属分析仪很多情况下还是拿到实验室里面用。

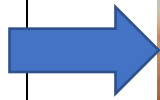
尽管用户购置手持式 X 荧光重金属分析仪之后，希望方便的现场获得所需要的数据，但是最后还是需要把土壤样品拿到实验室去分析。手持式 X 荧光重金属分析仪厂家为此设计了小塔架，据上图所示。很显然，其操作不如小型台式带自动进样器的 X 射线荧光光谱仪方便。为什么在很多情况下样品还是拿到实验室去分析？原因如下：

- 现场土壤湿度大，一般来说湿度大于 20%就已经不能在现场进行测定，还是要把样品拿到实验室晒干；
- 需要反复进行多次测定或者避免现场环境的干扰，以便获得更准确的数据 - 手持式 X 荧光分析仪不是一个玩具，为了其能在现场准确测量，需要满足多种条件，现场也需要对分析反复进行能量标定，现行分析的土壤也不能含有多杂物大颗粒。

3. 手持式 X 荧光土壤重金属分析仪使用是否安全？



手持式 X 射线荧光土壤分析仪是高风险的敞开式的 X 射线荧光系统，X 光管直接暴露在外头。X 射线辐射不仅限于发射区域，周围区域存在大量散射式射辐。仪器厂家说明书特别强调辐射无处不在，抽烟有辐射，坐飞机也有辐射，好像手持式 X 荧光分析仪的辐射水平是理所当然似的。其实已有文献发表了相关的数据。另外，根据国际放射防护委员会(ICRP)的定义，辐射不管多还是少，都有可能对身体造成危害。因为辐射对身体造成的危害是通过积累存储。等所积累的值达到某一个值之后，人体会可能出现癌症。根据 ICRP，当人体接受周围环境辐射强度 1mSv，得癌症的概率会增加 1/20000。打个比方某个场所有 2 万个人居住，当这个场所多接受 1mSv 的辐射，里面会有一个人得癌症。这个概率虽然是很小的，但是通过概率计算的要发生的事情是必然会发生的，无法避免。



手持式 X 荧光分析仪安全使用要求： 千万不能把手持式 X 荧光分析仪对着手拿着的样品，以避免辐射烧伤手指。实际上手持式 X 荧光分析仪合格的操作也会让操作人员吸收一定当量的辐射。其中手指按扳机的时候收到的辐射当量比较显著的。

操作手持式 X 荧光分析仪所接受的辐射当量剂量预算如下：



按扳机的手指吸收的辐射对应的水平为 130uSv/h (毫西弗/小时)

手持式 X 荧光分析仪对周围环境辐射水平由以下因素有关：

- 离辐射窗口的距离和角度;
- 辐射窗口对面的样品种类 (其中手持式 X 荧光分析仪经常通过一层塑料薄膜分析土壤，塑料薄膜反射系数最大，危害身体的辐射最强，对钢铁合金材料分析反射系数最小，对身体危害较小，土壤和石英砂在其中。

根据以下文献数据可以进行如下计算：手持式 X 荧光分析仪适用于土壤重金属分析，并按厂家的建议，通过一层塑料薄膜进行分析，每天仅使用 1 个小时 (手指按着扳机时间)，一年 260 个工作小时，操作人员的手指会接受 33.8mSv (毫西弗) 当量剂量的辐射。这一数字已明显的高于国际放射防护委员会(ICRP)对社会人员的手指部位指定的当量剂量的限制为 20mSv。由于操作人员的手指处于最近的位置，所以接受的辐射最强，如果按整个人身进行计算，操作人员会接受 7.35mSv (毫西弗) 当量剂量的辐射。这一数据已经高于铀矿工人平均接受的当量剂量 3~5mSv。根据 ICRP 报告，一年接受的当量剂量的辐射每增 1mSv，得到癌症的几率会增加 1/20,000。

文献资料：

1. *Handheld X-ray Fluorescence Spectrometers: Radiation Exposure Risks of Matrix-Specific Measurement Scenarios* Marek Rouillon*, Louise J. Kristensen, Damian B. Gore [J] *Applied Spectroscopy* Volume 69, Number 7, 2015
2. *EFFECTIVE DOSE: A USEFUL CONCEPT IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY* David Brenner, Walter Huda. [J] *Radiation Protection Dosimetry* (2008), Vol. 128, No. 4, pp. 503-508 doi:10.1093/rpd/ncn056

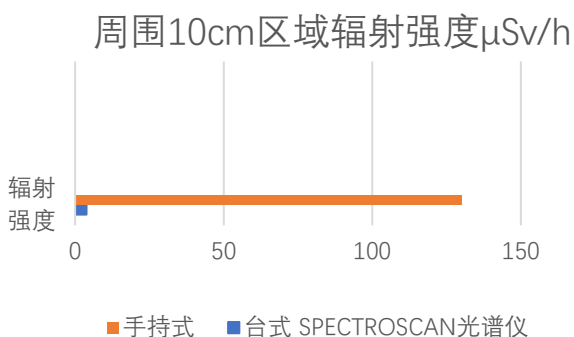
备注：文献[1]数据是通过国际放射防护委员会(ICRP)的公式 ($E = \sum_T W_T \times H_T$, $\sum_T W_T = 1$) 推算而获得操作人员一年接受的当量辐射的剂量，而该文献只列出的表面皮肤所接受的辐射当量。X 射线辐射会深入身体里面的。另外，假如 X 射线全部被皮肤挡住而吸收，也不能使用文献[1]对皮肤的因子 0.01。



个人辐射累计剂量仪戒指

跟在中国手持式 X 射线荧光分析仪越来越普及的情况成对比，欧美厂家倡导安全使用手持式 X 射线荧光分析仪，操作人员需要获得特殊许可而且佩戴专用个人辐射累计剂量仪。另外，厂家提供各种附件，尽量避免 X 射线荧光辐射影响到操作人员，如上图。

4. SPECTROSCAN G (GF2E) 型波长色散 X 射线荧光光谱仪和样本手持式 X 荧光土壤重金属分析仪 10cm 周围辐射强度分别为多少？



对周围环境产生的辐射强度对比：台式 SPECTROSCAN G (GF2E) 型波长色散 X 射线荧光光谱仪相对手持式 X 荧光分析仪相关的辐射指标要弱 10~100 倍。
 根据俄罗斯卫生检疫监督电离辐射安全技术条例ОСРОБ 99/2010 СП 2.6.1.2612-10, 第1.7.2项：
 对半径为0.1m的周围环境当量剂量小于1微西弗/小时 ($1\mu\text{Sv/h}$)的装置在办理卫生检疫检验之后免除装置特殊管理，不需要许可。