

$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪法技术原理及其在土壤侵蚀中的应用

胡菊芳^{1,2}, 沙占江^{1,3}, 马玉军³, 翟于乐³, 王求贵^{1,2}

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 青海师范大学, 青海 西宁 810008)

摘要: 土壤侵蚀是全球性的环境问题之一, 严重威胁到资源、环境和社会经济的可持续发展。应用核素示踪技术研究土壤侵蚀已成为当前该领域研究热点, 它体现出了很多的优越性, 并在今后研究中有着广阔的应用前景。介绍了 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的示踪原理, 概述了 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 在土壤侵蚀示踪研究中存在的关键性问题及其应用, 并对其研究进行了展望。

关键词: 土壤侵蚀; $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$; 示踪; 应用

中图分类号: X144

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2017)01-0076-05

引言

土壤侵蚀是全球性的环境灾害之一, 也是关系到人类生存和社会可持续发展的重大问题。土壤侵蚀不但可以引起养分流失、土地退化等问题, 而且会给相邻地区的生态环境等带来严重影响^[1]。了解土壤侵蚀机理及估算土壤侵蚀速率是当前该领域研究的重要内容之一。自从20世纪60年代初, 国外学者^[2-3]研究了土壤侵蚀和放射性核素沉降运移的关系。之后, 核素示踪法在土壤侵蚀研究中的应用受到人们广泛关注。与传统方法(径流小区法、调查法和人工模拟降雨等方法)相比, 该法具有可在不改变研究区原始地貌的情况下, 通过示踪核素含量变化差异对土壤侵蚀的物理过程进行定性和定量描述^[4]。目前应用于研究土壤侵蚀的放射性核素主要有, 核爆炸产生的 ^{137}Cs 以及天然放射性核素 ^{210}Pb 和 ^7Be 。放射性核素示踪在土壤侵蚀研究中已经取得了较多的成果, 其中以 ^{137}Cs 示踪法研究最为成熟, 应用

最为广泛^[5-6]。 ^{137}Cs 是20世纪50年代至70年代核爆炸或核泄漏产生的, 但由于其半衰期仅为30.2 a, 随着时间的推移, 土壤中 ^{137}Cs 因衰变不断减少, 在 ^{137}Cs 沉降本来就少或是经历了比较严重土壤侵蚀的地区 ^{137}Cs 含量更少, 甚至低于检测限, 加之 ^{137}Cs 在全球的分布差异性显著, ^{137}Cs 的应用受到限制, 其作为示踪元素的灵敏度受到影响。因此, 寻找另一种核素来代替或辅助 ^{137}Cs 来研究土壤侵蚀具有重要的实际意义。 ^{210}Pb 是天然放射性核素, 由于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的物理化学性质以及在土壤中特殊的环境地球化学特征, 使核素 ^{210}Pb 成为替代 ^{137}Cs 进行土壤侵蚀研究理想的示踪剂, 对示踪百年时间尺度土壤侵蚀速率具有重要价值。文中简述了 ^{210}Pb 的示踪原理, 探讨了示踪土壤侵蚀的一些关键技术问题, 并对其研究进行了展望。

1 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪土壤侵蚀的原理

^{210}Pb 是 ^{238}U 系衰变的一种天然放射性核素, 半衰期22.26 a。 ^{226}Ra 作为 ^{238}U 的系列衰变

收稿日期: 2015-10-27; 修回日期: 2015-11-17

作者简介: 胡菊芳(1988-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为环境地球化学。Email: jufangh@sina.com。

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目和青海省科技厅应用基础研究项目(2015-ZJ-761)

通信作者: 沙占江。Email: sazhjiang@sina.com。

产物之一,广泛存在于土壤和岩石中,它衰变产生气体 ^{222}Rn ,一部分 ^{222}Rn 存留于土壤中直接衰变为 ^{210}Pb ,与土壤中的 ^{226}Ra 平衡,称为“补偿性” ^{210}Pb (记为 $^{210}\text{Pb}_{\text{sup}}$);另一部分 ^{222}Rn 沿土壤孔隙和岩石裂隙通过分子扩散输送至地表再逃逸至大气,再经由一系列短寿命子体衰变成 ^{210}Pb ,并很快被气溶胶吸附,参与大气混合和输送过程,然后通过干、湿沉降到达地表,并被土壤颗粒所吸附。通过大气沉降并被土壤颗粒所吸附的这部分 ^{210}Pb 通常称为“非载体来源”或“过剩” ^{210}Pb (记为 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)^[7-8]。

$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 与土壤细颗粒具有很强的亲和力,大气中核素 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 通过干湿沉降到达土壤表层,快速被有机质和粘土矿物颗粒强烈吸附,植物对 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的吸收和摄取有限,与因物理过程搬运的核素量比较,可以忽略不计。 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 在土壤中的这种稳定性,使 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 只随土壤颗粒运动,进而引起的土壤 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 再分布主要反映了土壤、沉积物颗粒与有机质和矿物复合物随时间的再分布^[9-10]。因此, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 可以被用来作为估算中长期的土壤再分布速率的示踪剂。

与 ^{137}Cs 一样, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪土壤侵蚀时,基于以下三个假设^[11]:局部地区 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的大气输入量一致,且已知或者可通过参照点获得;沉降到达地表的核素能快速、牢固地固定在土壤颗粒上,只有通过泥沙搬运、土壤混合、侵蚀造成核素的再分布,而没有其它过程造成的流失;土壤流失(或堆积)量可通过核素流失量来推算,即可以建立两者之间的转换模型。也就是通过对比采样点土壤中 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的面积浓度与参考点 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的面积浓度,如果采样点活度低于参考点时,说明该处有侵蚀作用发生,如果采样点的活度高于参考点时,说明该处有沉积作用发生。根据 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的减少量或增加量,通过转换模型,定量计算该处土壤流失量或堆积量。

耕地和非耕地 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的剖面分布形状不同。由于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的连续输入,土壤剖面表层核素浓度最高。非耕地中,核素浓度向下逐渐呈指数衰减,分布深度较浅;而农耕地中,由于耕作混合作用, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 均匀分布于犁耕层内,一般认为,犁耕层底以下没有 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 分布^[12]。但最

近的报道表明,紧邻犁耕层的底部存在少量 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的分布,界面处 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 浓度最高,向下呈指数衰减。这是由于在犁耕层与犁底层界面处存在浓度梯度,犁耕层内的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 会向犁耕层底扩散,至达到稳定态^[13]。但在现有转换模型的研究中,并没有考虑到这种因素的影响,这便需要对现有的模型进行改进、完善,以消除这种影响。

2 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪法研究土壤侵蚀的关键技术

2.1 背景值的确定

准确的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 背景值是利用转换模型估算土壤侵蚀速率的关键。理想的背景值点应选在邻近采样点,既没有经历土壤侵蚀也没有经历沉积地势平坦、植被覆盖较好的区域,含量只反映核素大气沉降量和衰变。由于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 空间变化性较大,为了防止这种变化可能产生的误差,一般需要一定数量参照点的平均值才能较好地代表 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的背景值^[14]。参照点的个数可以通过下式确定,

$$N = \left[\frac{t \times cv}{AE} \right]^2$$

式中, N 为需要的参照点个数; t 为95%置信区间的 t 值; cv 为变异系数(用小数表示); AE 为允许误差(小数表示)。 t 和 cv 值的确定可以预先在研究区域选取一定数量(如10个)的参照点,测量其 ^{210}Pb 活度,然后统计结果得到。

但有时在某一限定的研究区内,并不能找到符合条件的理想区域,陈瑞廷等^[15]则利用年降水量与核素的关系建立了 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 背景值含量动态平衡模型,为背景值的确定提供了一种新的计算方法,但其模型并不完善,需要结合实际采样进一步进行验证与完善。

国内有关 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 背景值的研究比较少。近几年,相关学者在我国三江源地区、四川丘陵区、黄土高原、江西红壤区、东北黑土区等地得出 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的背景值分别为2 612 ~ 7 377^[16]、18 902^[17]、5 730^[18]、44 382^[19]、6 600 Bq/m²^[20]。

2.2 测样技术

准确的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 活度的确定是应用其进行土壤示踪研究的基本需求。 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 活度通过总 ^{210}Pb 和 ^{226}Ra 的差值得得。 ^{210}Pb 和 ^{226}Ra 的测定技术通常有 γ 能谱仪、 α 能谱仪。它们的差别反映在可达到的检测线、实验室工作量和分析所花费的时间和成本上。 γ 能谱仪具有对样品无损坏技术的优势,可以同时测量 ^{210}Pb 和 ^{226}Ra ,以及其它被用于土壤和沉积物示踪的核素,如 ^{137}Cs 和 ^7Be ,但可达到的检测限较高,不适合测定 ^{210}Pb 活度较低的样品,但与其它技术相比,更节省时间、精力和花费。相反, α 能谱仪则是通过测定 ^{210}Pb 的衰变子体 ^{210}Po 产生的

α 射线来得到活度,可达到的检测限较低,可测定 ^{210}Pb 含量较低的样品,但在测定时需要使用示踪剂同位素溶液,进行长时间的化学分离过程^[10]。因此在选用样品测试方法时,可以综合考虑所要求的检测限、准确性和所需时间等因素,来选择合适的测试方法。

2.3 模型的选择

选择简单可行、能真实反映土壤侵蚀水平的转换模型是准确评估土壤侵蚀的关键。目前应用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪土壤侵蚀的研究较少,现有模型也很少,大多通过对 ^{137}Cs 转换模型的修正^[21]得来,其应用并不成熟(如表1)。

表 1 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪土壤侵蚀常见转换模型

Table 1 Conversion models of $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ trace method

模型名称	基本形式	特 点
质量平衡模型 2 (MBM2) ^[22]	$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - \Gamma)I(t) - (\lambda + P \frac{R}{D})A(t)$	考虑了降雨、粒径等影响因素,但形式复杂,参数较多
质量平衡模型 3 (MBM3) ^[21]	$\begin{aligned} \frac{dA(t)}{dt} = & (1 - \Gamma)I(t) + R_{t, \text{in}}C_{t, \text{in}}(t) \\ & - R_{t, \text{out}}C_{t, \text{out}}(t) \\ & - R_wC_w, \text{out}(t) - \lambda A(t) \end{aligned}$	考虑因素较全面,更接近真实值,但形式复杂,适用于斜坡断面
扩散迁移模型 ^[23]	$\int_0^t \text{PRC}_u(t')e^{-\lambda(t-t')}dt = A_{\text{ls}}(t)$	考虑了土壤的扩散与迁移,以及土壤对核素的吸收等因素
稳定态计算模型 ^[24]	$\Delta A(t) = I(t) - \lambda A(t) - C_s(t) \times h(t) \times \gamma$	形式简单,易于计算

国外学者^[21-23]通过对 ^{137}Cs 转换模型的修正得到适用于耕地和非耕地的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 转换模型,用于估算土壤侵蚀量或土壤侵蚀速率。质量平衡模型考虑的因素比较全面,其中,MBM3还考虑了由于耕作土壤发生横向位移的影响,其估算值更接近于真实值。但这两种平衡模型形式比较复杂,参数较多,并且个别参数难以测得,不确定性大,使其应用受到了限制。2003年,国内张信宝经过研究,推导出 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的稳定态质量平衡模型^[24],形式简单,易于计算,但其区域可适用性还有待进一步进行验证。在实际应用中,选择转换模型时,一般应该考虑以下几

点因素:研究区土地利用历史;获得速率的用途;参数的可用性以及可获取性。因此,在选择转换模型时,应根据研究区的特殊性,选择合适的转换模型,或可对其进行合适的修正,以更好评价该区域真实的土壤侵蚀水平。

3 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪技术在土壤侵蚀中的应用

3.1 估算土壤侵蚀速率

$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 广泛应用于湖泊沉积研究,在土壤

侵蚀方面的研究还处于起步阶段。 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 在环境中特殊的分配性质,决定了其含量变化与土壤流失量的变化有一定的关系。Walling 等^[22] 尝试用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪了英国农耕地土壤侵蚀速率的可能性,并预示 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪法对估算土壤长期侵蚀速率具有很好的潜力。随后,Walling 等^[23] 应用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 调查了赞比亚南部小流域内不同土地利用类型下的土壤分布,得出研究区不同土地利用类型的土壤侵蚀速率,进一步说明了利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 代替 ^{137}Cs 进行土壤侵蚀示踪的可行性。Porto 等^[25] 应用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 估算了意大利南部3个小流域非耕地由水力侵蚀引起的土壤侵蚀速率,通过比较 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 估算的土壤侵蚀量和沉积物的输入量,确信了该法的有效性。Perreault 等^[26] 测定了美国爱达荷州中部未经火灾、经历中等程度火灾和严重火灾的森林样点土壤中的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$,得出不同燃烧程度样点 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的含量,并说明 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 应用于估算经历火灾的样点土壤侵蚀量的适用性。国内张信宝利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪技术计算了英国草地和农耕地、中国陕西子长县草地的土壤流失量^[24]。随后我国学者利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪技术先后在三江源^[16]、江西红壤区^[19]、东北黑土区^[20] 和青海共和盆地^[24] 等地也开展了土壤侵蚀量的研究,为相关部门合理评估区域土壤侵蚀量提供了依据。

3.2 查明流域泥沙来源

$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪技术是研究流域泥沙主要来源的方法之一,常与其它指纹因子复合定量示踪流域泥沙来源。Wallbrink 等^[27] 利用 ^{137}Cs 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 和 ^7Be 为特征组合探讨了泥沙来源地,说明了应用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 研究泥沙来源的可行性。国内张信宝等^[28] 研究了川中丘陵区武家沟小流域的泥沙来源,并通过对比物源区土壤和泥沙中 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 和 ^{137}Cs 的含量差异,得出了林地、农地和裸坡地的相对来沙量。

结 语

土壤侵蚀的研究可为生态环境建设提供决策依据,对土壤侵蚀的防治与治理有着重要的

意义。在现代土壤侵蚀研究中, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪技术存在着许多不足之处: $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 转换模型较少;仍处于探索阶段;现有模型并不完善。因此,精确的转换模型的建立与完善仍是当前土壤侵蚀研究的重点;由于单一核素在示踪研究土壤侵蚀时存在许多限制,多核素(如 ^{137}Cs 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 和 ^7Be 等)复合示踪,以及与其它方法如“3S”技术的结合也是今后土壤侵蚀研究的一个焦点。

参考文献:

- [1] 李占斌,朱冰冰,李鹏. 土壤侵蚀与水土保持研究进展[J]. 土壤学报,2008,45(5):802-809.
- [2] Menzel R G. Transport of strontium-90 in runoff [J]. Science,1960,131(3399):499-500.
- [3] Graham E R. Factors affecting Sr-85 and I-131 removal by runoff water[J]. Water and Sewage Works, 1963,110:407-410.
- [4] 丁晋利,巴明廷,郑晓梅. 多核素联合示踪技术在土壤侵蚀研究中的应用进展[J]. 中国水土保持,2013,(5):39-41.
- [5] Wallbrink P J, Murray A S. Determining soil loss using the inventory ratio of excess lead-210 to cesium-137 [J]. Soil Science Society of America Journal, 1996,60:1201-1208.
- [6] Mabit L, Bernard C. Relationship between soil ^{137}Cs inventories and chemical properties in a small intensively cropped watershed[J]. Comptes Rendus de l'Academie des SciencesSerie IIA Earth and Planetary Science, 1998,327(8):527-532.
- [7] Dorr H, Munnich K O. ^{222}Rn flux and soil air concentration profiles in West-Germany: Soil ^{222}Rn as a tracer for gas transport in the unsaturated soil zone [J]. Tellus, 1990, 42B:20-28.
- [8] 张信宝,张云奇,贺秀斌,等. 农耕地土壤 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 含量对侵蚀速率变化的响应模型[J]. 土壤学报,2010,47(4):593-597.
- [9] Guzman G, Quinton J N, et al. Sediment tracers in water erosion studies: current approaches and challenges[J]. Journal of Soils and Sediments, 2013,13(4):816-833.
- [10] Mabit L, Benmansour M, et al. Fallout ^{210}Pb as a soil and sediment tracer in catchment sediment budget investigations: A review [J]. Earth-science reviews, 2014, 138:335-351.
- [11] 王晓燕,田均良,杨明义. 土壤剖面中 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的分布特征及其在土壤侵蚀示踪中的应用[J]. 土壤通报,2003,34(6):581-585.
- [12] 张云奇,张信宝,贺秀斌,等. 无侵蚀土壤垦殖后的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 深度分布变化理论模型[J]. 核技术,2007,30(9):797-800.

- [13] 张云奇, 张信宝, 龙翼, 等. 农耕地土壤 ^{137}Cs 与 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 深度分布过程对比研究[J]. 核农学报. 2012, 26(4): 692 – 698.
- [14] 魏彦昌, 欧阳志云, 苗鸿, 等. 放射性核素 ^{137}Cs 在土壤侵蚀研究中的应用[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 200 – 206.
- [15] 陈瑞廷, 张明礼, 杨浩. 土壤中 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 背景值含量动态平衡模型[J]. 水土保持研究, 2013, 20(5): 73 – 76.
- [16] 李俊杰, 李勇, 王仰麟, 等. 三江源区东西样带土壤侵蚀的 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪研究[J]. 环境科学研究, 2009, 22(12): 1452 – 1458.
- [17] Zheng J, He X, Walling D E, *et al.* Assessing soil erosion rates on manually-tilled hillslope in the Sichuan Hilly Basin using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ measurements[J]. Pedosphere, 2007, 17(3): 273 – 283.
- [18] 张信宝, Walling D E, 冯明义, 等. $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 在土壤中的深度分布和通过 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 法求算土壤侵蚀速率模型[J]. 科学通报. 2003, 48(5): 502 – 506.
- [19] 崔文静. 江西红壤区双核素示踪土壤侵蚀研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2012.
- [20] 王禹. ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 复合示踪研究东北黑土区坡耕地土壤侵蚀速率[D]. 咸阳: 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心, 2010.
- [21] Walling D E, Zhang Y, He Q. Models for deriving estimates of erosion and deposition rates from fallout radionuclide (caesium-137, excess lead-210, and beryllium-7) measurements and the development of user friendly software for model implementation[A]. In: Dercon G, Hancock G, Zapata F(eds). Impact of soil conservation measures on erosion control and soil quality[M]. Vienna: IAEA, 2011. 11 – 33.
- [22] Walling D E, He Q. Using fallout lead-210 measurements to estimate soil erosion on cultivate land[J]. Soil Science Society America Journal, 1999, 63: 1404 – 1412.
- [23] Walling D E, Collins A L, Sickingabula H M. Using unsupported lead-210 measures to investigate soil erosion and sediment delivery in a small Zambian catchment[J]. Geomorphology, 2003, 52(3 – 4): 193 – 213.
- [24] 陶炳德. 基于 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的共和盆地塔拉滩土壤侵蚀研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2013.
- [25] Porto P, Walling D E, Callegari G, *et al.* Using fallout lead-210 measurements to estimate soil erosion in three small catchments in southern Italy[J]. Water Air & Soil Pollution Focus, 2006, 6(5 – 6): 657 – 667(11).
- [26] Perreault L M, Yager E M, Aalto R. Application of $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ inventories to measure net hillslope erosion at burned sites[J]. Earth Surface Processes & Landforms, 2013, 38(2): 133 – 145.
- [27] Wallbrink P J, Murray A S. Use of fallout radionuclides as indicators of erosion processes[J]. Hydrological Processes, 1993, 7: 297 – 304.
- [28] 张信宝, 贺秀斌, 文安邦, 等. 川中丘陵区小流域泥沙来源的 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 双同位素法研究[J]. 科学通报, 2004, 49(15): 1537 – 1541.

Technical Principle of $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ Tracer Method and Its Application in Soil Erosion

HU Ju-fang^{1,2}, SHA Zhan-jiang^{1,3}, MA Yu-jun³, ZHAI Yu-le³, WANG Qiu-gui^{1,2}

- (1. Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources, Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China;
3. Qinghai Normal University, Xining, 810008, China)

Abstract: Soil erosion is one of the environmental problems over the world, which seriously threatens the sustainable development of resources, environment and social economy. Studying soil erosion using radionuclides trace technique has become one hot topic. The radionuclides trace technique possesses lots of advantages, and has wide application prospects in future. In the present paper, we introduced the principle of the $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ tracing technique, and reviewed the existing vital problems of the $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ tracing technique, broad application in soil erosion studies, and Listed application prospects in future as well.

Key words: Soil erosion; $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$; Tracing; Application