文章编号：1004—5589（2018）01—0140—08

湖北省富硒资源的地质特征及利用区划

徐春燕，丁晓英，闫加力

湖北省地质科学研究院，武汉 430034

摘要：在系统收集并综合相关成果资料的基础上，结合野外典型区域样品的采集和补充，全面分析了湖北省不同类型硒资源地质特征，并对其利用区划进行了探讨。研究表明：湖北省富硒地层主要有寒武系（32.1%）、二叠系（29.8%）及震旦系（25.8%）；富硒岩石主要为炭质页岩、炭质板岩、硅质岩、炭质硅质岩和含炭页岩；表层富硒土壤主要分布于江汉平原区、恩施地区和鄂东南地区。主要为湖积、冲积成因。恩施地区的高硒和极高硒土壤与二叠系富硒地层及双河硒矿点和矿化点的分布相吻合。鄂东南地区富硒土壤一方面与二叠系地层有关，另一方面与鄂东南地区硒的伴生矿床有关。

关键词：富硒资源；富硒地层；富硒土壤；湖北

中图分类号：P618.76；P612　　**文献标识码**：A　　**doi**：10.3969/j.issn.1004-5589.2018.01.011

Geological characteristics and usage regionalization of Se-enriched resources in Hubei

XU Chun-yan, DING Xiao-ying, YAN Jia-li

Hubei Institute of Geosciences, Wuhan 430034, China

Abstract: On the basis of comprehensive collecting and integrating of existing research achievements, and the new samples collected in the field in typical regions of Hubei, the authors analyzed the geological characteristics of different Se resources, and discussed their potential exploitation and utilization. The results show that the Se-enriched strata were Cambrian (32.1%), Permian (29.8 %) and Sinian (25.8%), respectively. The Se-enriched rocks were mainly carbonaceous shale, carbonaceous slate, siliceous rock, carbonaceous siliceous rock and carbon-containing shale. The Se-enriched soil was mainly derived from lacustrine and alluvial deposits, and was distributed in the regions of Jianghan Plain, Enshi and southeastern Hubei. In particular, the distribution of Se-enriched soil in Enshi was in accordance with the distribution of Se-enriched Permian strata in this area and the Shuanghe Se mine and mineralized points in Enshi. The Se-enriched soil in southeastern Hubei, on the other hand, was related to both the Permian strata and the Se associated-deposit in this region.

Key words: Se-enriched resources; Se-enriched strata; Se-enriched soil; Hubei

0 引言

硒作为人体健康和生存所必需的一种微量元素，越来越受到关注。硒具有较强的抗氧化作用。能够将人体内产生的过氧化物还原分解，降解和消除自由基，保护细胞膜不受自由基的破坏[1]；同时硒有很好的抗癌作用，它能够激活肿瘤抑制基因，修复受损细胞，从而有效地增强动植物机体的

收稿日期：2017-05-18；**改回日期**：2017-12-21
基金项目：湖北省硒资源分布特征研究（KJ2015-10）资助.

免疫力[2,3]。此外，硒还是一种天然的解毒剂，它能够预防和抑制镉、砷、汞、银等有毒元素对有机体的伤害[4]。正是基于硒的这些独特功效，硒资源的开发及富硒产业的发展越来越受到重视。而在当今气候变化的背景下，硒资源短缺的风险正在不断加大[5]，如何更好的开发和利用硒资源因此变得更加重要。

湖北省正处于经济发展转型关键期，富硒产业是新常态下农业提质增效的战略产业。弄清湖北省富硒资源的分布及规律，对于湖北省发展富硒产业，提升农产品竞争力，加快转变农业发展方式具有重大意义。

1　材料与方法

1.1　湖北省硒矿资源的类型及其分布

湖北省硒矿床主要有矽卡岩型和沉积型两种类型。

矽卡岩型硒矿主要分布于鄂东南铜、铁、金成矿带，是铜、铁、金等矿的伴生矿产，含量高时可回收利用。沉积型硒矿主要分布于鄂西钒钼成矿带，在大地构造上属湘西—鄂西成矿带。硒矿和硒矿化主要产于二叠系、寒武系炭硅质岩中，是湖北省主要硒矿床类型。

湖北省硒矿及其储量见表 1[6]。

表 1　湖北省硒矿一览表

Table 1　List of selenium ore in Hubei

矿区名称	矿床类型	硒品位/μg·g^{-1}	硒资源储量/t	矿产类型
恩施市双河硒矿区	沉积型	1 774	66	主要矿产
兴山县白果园银钒矿区	沉积型	79	1 444	伴生矿产
鄂州市巷子口铜硫矿区	矽卡岩型	27	221	伴生矿产
大冶市鸡冠咀铜金矿区Ⅰ号矿体	矽卡岩型	92	0	伴生矿产
大冶市鸡冠咀铜金矿区Ⅱ-Ⅳ号矿体	矽卡岩型	31	24	伴生矿产
通山县徐家山锑矿区	沉积-热液层控型	353	25	伴生矿产
阳新县李家湾铜矿区	矽卡岩型	100	15	伴生矿产

1.2　富硒地层和岩石的界定

黑色岩系是硒富集的主要地层，其中最具代表性的地层是二叠纪茅口组（现为孤峰组）、大隆组，奥陶系龙马溪组，中-晚震旦世陡山沱组、江西沟组和早寒武世牛蹄塘组（剪竹坝组、杨家堡组、鲁家坪组等）。硒富集的主要地层为黑色岩系，这一观点得到普遍认同[7,8]。但硒含量达到多少能称作富硒地层、岩石，目前还没有统一的认识和含量标准。

从中国选矿技术中硒元素的一般工业要求中可以看出，含硒独立矿物的硒化物矿床类型（比如双河硒矿）硒含量达到 800 μg/g 时可作为硒矿开采，而辉钴矿或辉锑矿锑化物-硒化物型矿石中硒含量工业要求最低值为 1 μg/g。同时，从现有硒典型矿床富硒岩层中硒含量数据来看，鸡冠咀铜金矿中硒含量最小值为 1 μg/g，相对于硒在地壳中 0.05 μg/g 的丰度，其富集系数达到 20；还有目前土壤中 Se 含量达到 0.40 μg/g，即定为富硒土壤[9,10]。富硒土壤来源于富硒地层和岩石的迁移富集，因此此次尝试以富硒土壤标准的 2 ~ 3 倍来定义富硒地层和岩石。地层岩石中硒含量达到 1 μg/g，即定为富硒地层和岩石。

1.3　样品采集与分析测试

本研究野外工作布置了 5 条剖面，采集了 62 件岩石样品。主要采自硒资源调查空白的区域，且主要为硒富集的黑色岩系地层。对硒资源研究工作程度相对较高的地区，如恩施地区、鄂东南地区，则以文献资料整理为主。

62 件岩石样品中有 29 件样品达到富硒岩石标准（Se≥1.00 μg/g）。其中硒含量最高的为二叠系地层。特别是采自竹溪县青峰—襄广断裂附近的梁山组地层，岩性主要为炭质页岩、硅质岩。第二位为寒武系地层，其中鲁家坪组、箭竹坝组和牛蹄塘组地层硒含量较高，杨家堡组硒含量相对较低。寒武系中硒含量较高的岩石主要为炭质板岩、炭质硅质岩和炭质页岩。第三位为震旦系地层，陡山沱组地层硒含量较高，江西沟组相对较低。震旦系地层中硒含量较高的岩石主要为炭质页岩。志留系大贵坪组含量较高的岩石为炭质板岩。

本次野外工作中硒含量比较高的地层主要集中

在二叠系、寒武系、震旦系及志留系等地层中，富硒岩石主要为炭质页岩、炭质板岩、硅质岩、炭质硅质岩及含炭页岩，与已有资料基本相符[7,8]。

2 结果分析

2.1 湖北省富硒资源的地层及岩石特征

湖北省特别是鄂西地区黑色岩系分布较为广泛，且含矿层位稳定。以青峰—襄广断裂为界，其北部主要分布在震旦系下统江西沟组（Z_1j）、寒武系下统杨家堡组（$\in_1y$）和庄子沟组（$\in_1z$）、志留系下统大贵坪组（S_1d）中；南部主要分布在震旦系下统陡山沱组（Z_1d）、寒武系下统牛蹄塘组（$\in_1n$）、二叠系中统孤峰组（P_2g）和二叠系上统龙潭组（P_3l）、大隆组（P_3d）等地层中[11]。

综合已有成果资料，结合野外采样验证，湖北省富硒地层、岩石特征如图 1 所示。其富硒地层、岩石具有的特征和规律为：

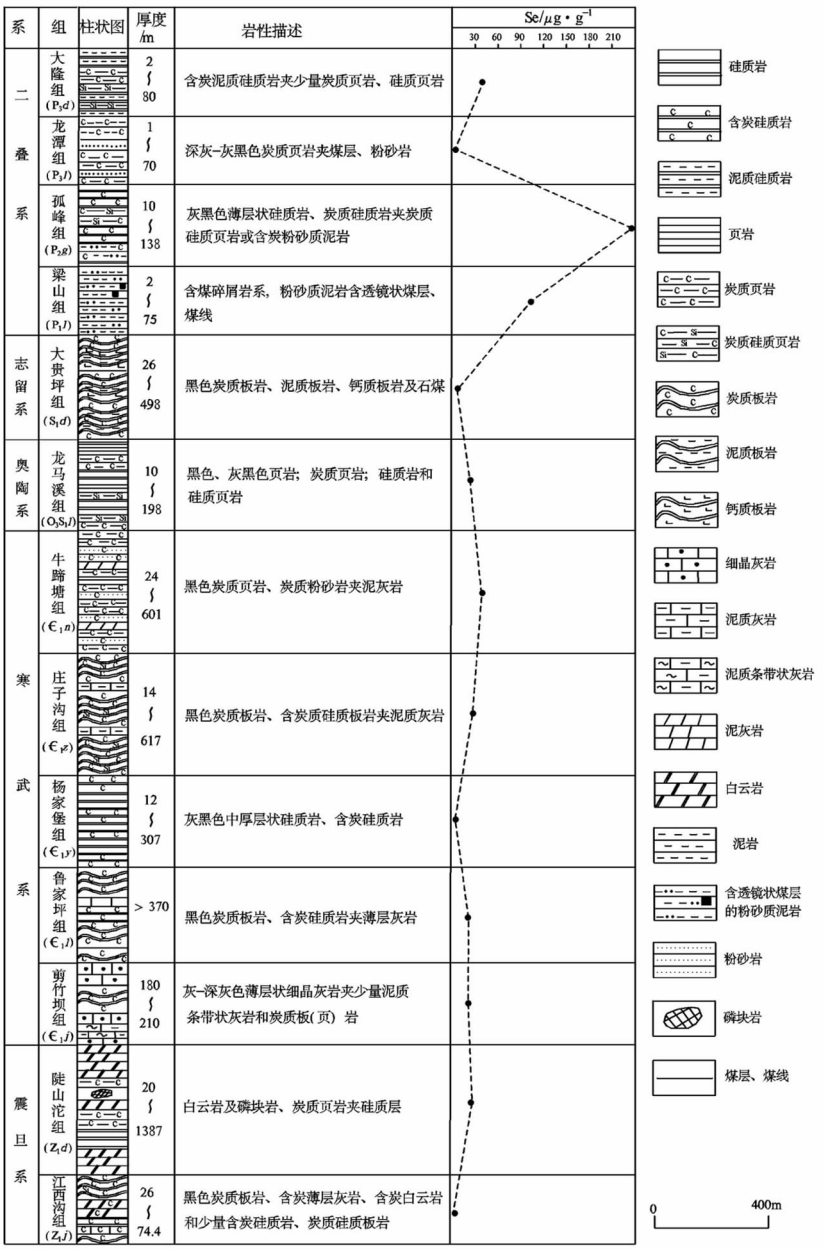


图 1 湖北省富硒岩石、地层信息柱状图

Fig. 1 Histogram of selenium-rich rock and stratum in Hubei

不同地层富硒程度存在差异　从平均硒含量来看，二叠系 > 寒武系 > 震旦系 > 志留系 > 奥陶系。

二叠系富硒地层中硒平均含量最高，其中，孤峰组 > 梁山组 > 大隆组，龙潭组在二叠系中硒平均含量最低。寒武系富硒地层中硒平均含量牛蹄塘组 > 庄子沟组 > 鲁家坪组（剪竹坝组） > 杨家堡组。震旦系富硒地层中硒平均含量为陡山沱组 > 江西沟组。

岩性相同的岩石在不同地层中其硒含量也有差别　①硅质岩、炭质硅质岩硒含量表现为孤峰组 > 大隆组 > 鲁家坪组 > 龙马溪组 > 杨家堡组；②炭质页岩在不同地层中硒含量由大到小为牛蹄塘组 > 陡山沱组 > 龙马溪组 > 龙潭组；③石煤在不同地层中表现为梁山组 > 大贵坪组 > 龙潭组；④炭质板岩、炭质硅质板岩在不同地层中硒含量表现为庄子沟组 > 鲁家坪组（剪竹坝组） > 大贵坪组 > 江西沟组。

从全省 1∶50 万地质图中提取以上地层，得到全省富硒岩石、地层分布图（图 2）。这些富硒地层、岩石是全省富硒土壤主要的来源。

2.2　富硒地层岩石的空间分布特征

据湖北省富硒地层、岩石分布图（图 2），统计出湖北省各富硒岩层分布面积（表 2）。

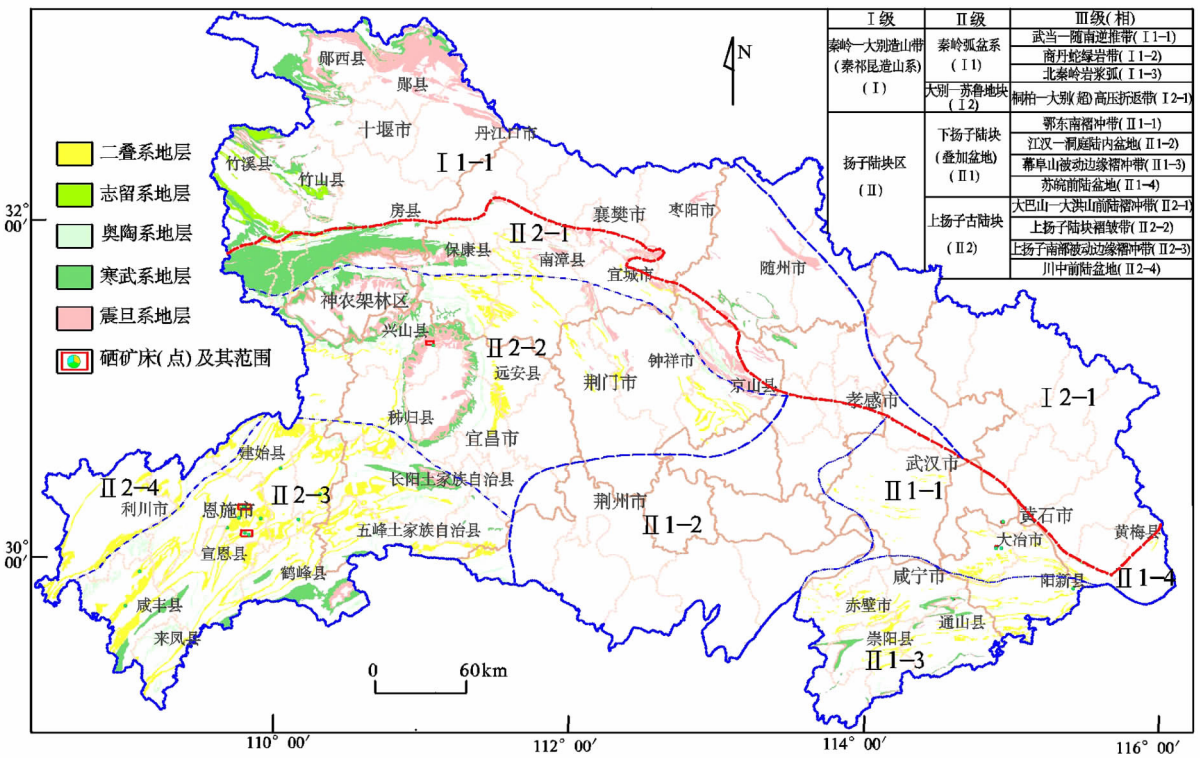


图 2　湖北省富硒岩石、地层分布图

Fig. 2　Selenium-rich rock and strata distribution in Hubei

表 2　湖北省富硒岩层面积统计一览表

Table 2　Area statistics of selenium-rich rock stratum in Hubei

地质年代	地层	富硒面积/km^2	占比/%
震旦系	陡山沱组（Z_1d）、江西沟组（Z_1j）	5 269. 9	25. 8
寒武系	牛蹄塘组（$\in_1n$）、杨家堡组（$\in_1y$）、庄子沟组（$\in_1z$）、鲁家坪组（$\in_1l$）、箭竹坝组（$\in_1j$）	6 554. 3	32. 1
奥陶系	龙马溪组（O_3S_1l）	1 964. 5	9. 6
志留系	大贵坪组（S_1d）	522. 6	2. 6
二叠系	梁山组（P_1l）、孤峰组（P_2g）、龙潭组（P_3l）、大隆组（P_3d）	6077. 8	29. 8

全省富硒岩层分布面积最广的为寒武系、二叠系和震旦系地层，奥陶系富硒岩层在扬子陆块区均有分布，但分布面积较小，较为分散。志留系富硒岩层仅仅分布于竹山、竹溪一带。

寒武系富硒岩层主要有牛蹄塘组（$\in_1 n$）、杨家堡组（$\in_1 y$）、庄子沟组（$\in_1 z$）、鲁家坪组（$\in_1 l$）和箭竹坝组（$\in_1 j$）。以青峰—襄广断裂为界，牛蹄塘组分布在扬子地层区，而杨家堡组、庄子沟组、鲁家坪组和箭竹坝组等地层分布在南秦岭—大别地区。

二叠系富硒岩系在富硒地层中占有重要的地位，特别是孤峰组地层。其黑色炭质硅质岩、炭质硅质页岩及腐泥质煤层组成的黑色岩系硒最高含量达到8 590 μg/g。是世界上唯一沉积型硒矿-双河硒矿硒的物质来源。

二叠系富硒地层主要有梁山组（$P_1 l$）、孤峰组（$P_2 g$）、龙潭组（$P_3 l$）和大隆组（$P_3 d$）。在秦岭—大别造山带没有分布，主要分布在鄂东南和鄂西南地区。

湖北省震旦系富硒地层主要为陡山沱组（$Z_1 d$）和江西沟组（$Z_1 j$）。陡山沱组在省内广泛分布，江西沟组仅在南秦岭—大别地层区的竹山县境内有分布。震旦系富硒岩层常与寒武系富硒岩层相伴出现，构成向斜或背斜的翼部。奥陶系富硒地层、岩石主要为龙马溪组（$O_3 S_1 l$）地层，广泛分布于扬子陆块区除江汉平原外的广大地区，该富硒地层主要以线状展布。志留系富硒地层、岩石主要为大贵坪组（$S_1 d$）地层，在全省仅分布于竹山、竹溪地区，主要呈北西向展布。

由图2可以看出，恩施地区大部、秦巴山片区郧西—郧县、竹山—竹溪、神农架地区以及鄂东南地区分布有大量的富硒岩石，这些富硒岩石风化后会形成残积、坡积型富硒土壤。

2.3 湖北省富硒土壤空间分布及与富硒地层岩石及硒矿的关系

本次富硒土壤的研究数据来源于2015年5月前的多目标地球化学调查数据。主要集中在江汉平原及周边地区和恩施地区的部分区域，数据覆盖面积达88 020 km^2。

研究区内表层土壤硒含量在0.02～10.8 μg/g，平均硒含量0.31 μg/g，高于全国平均值（0.29 μg/g）。恩施地区硒平均含量高达0.82 μg/g。江汉平原及周边地区硒含量变化较大，最低值为0.02 μg/g，最高值达10.80 μg/g。恩施地区硒含量整体较高，在0.18～9.5 μg/g。

以收集到的多目标土壤表层数据为基础，按照中国目前通用的富硒分级标准[9,12]，把湖北省土壤Se元素划分为4个含量等级：中硒（0.30～0.40 μg/g）、富集硒（0.40～0.80 μg/g）、高硒（0.80～3.00 μg/g）和极高硒（>3.00 μg/g）。

表3 湖北省表层土壤硒含量等级一览表

Table 3 Selenium-rich topsoil content in Hubei

丰缺程度	含量区间/μg·g^{-1}	面积/km^2	所占比例/%
极高硒	>3.00	115	0.13
高 硒	0.80～3.00	1 741	1.98
富集硒	0.40～0.80	9 706	11.03
中 硒	0.30～0.40	23 506	26.70

由表3可以看出，研究区内有13%的表层土壤达到富硒标准，富硒土壤面积为11 562 km^2。同时还有分布面积达23 506 km^2的占全省多目标工作区26.7%的中硒土壤区。据2014年湖北省“金土地”工程-高标准基本农田地球化学调查项目成果，中硒土壤区广泛产出富硒农作物，因此此次以土壤中硒含量0.3 μg/g作为湖北省表层富硒土壤的下限值，并以此作湖北省表层富硒土壤分布图（图3）。

由图3可以看出，湖北省表层富硒土壤主要分布于二带三区。其中一带为北西向沿着汉江冲积带分布的十堰—丹江口—钟祥带，另一带为西北向沿长江冲积带分布的巴东—秭归—宜昌带；三区为江汉平原地区、恩施地区及鄂东南地区。富硒土壤区带呈现不同的特征，并与富硒岩石、地层分布极为吻合：①江汉平原区主要分布中硒土壤和富集硒土壤，主要为湖积、冲积成因。②二带中土壤以富集硒土壤为主，局部形成高硒土壤。③高硒和极高硒土壤主要集中在四大区域：恩施地区，其高硒和极高硒土壤沿西南方向呈带状展布，基本上与二叠系富硒地层的分布相吻合，极高硒分布区域均为二叠系地层区以及双河硒矿点和矿化点处（图4）；鄂东南地区，富硒土壤的分布一方面与二叠系地层有关，另一方面与鄂东南地区硒的伴生矿床有关，高硒土壤区基本上与硒伴生矿床相伴而行（图5）；沿襄广断裂分布的北西向展布的随州—武穴一线由

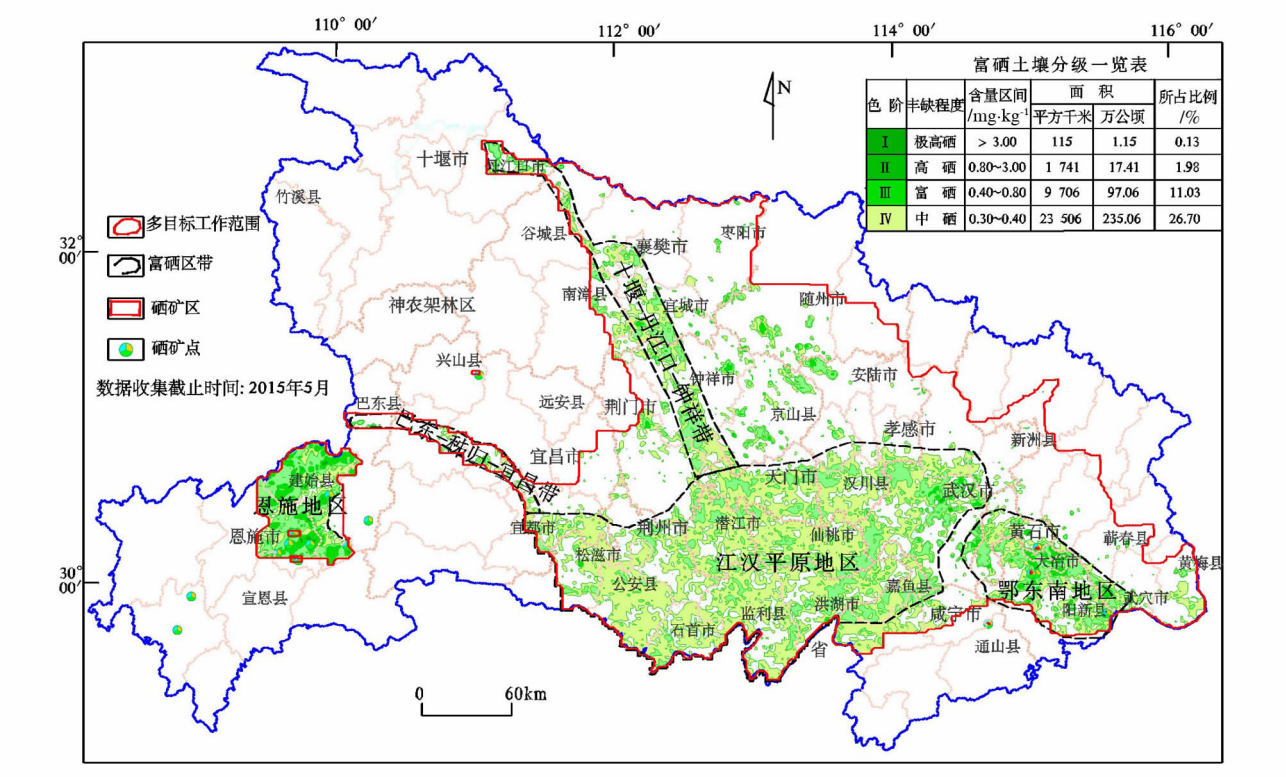


图 3　湖北省表层富硒土壤分布图

Fig. 3　Distribution of selenium-rich topsoil in Hubei

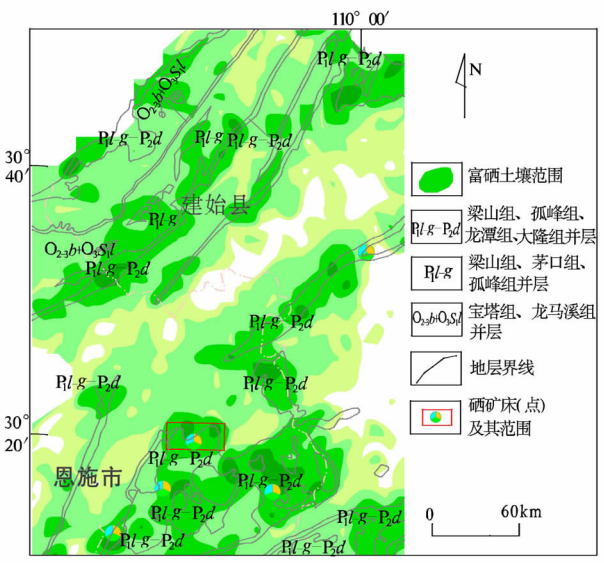


图 4　恩施地区富硒土壤与富硒地层对应示意图

Fig. 4　Schematic diagram of selenium-rich soil and strata in Enshi

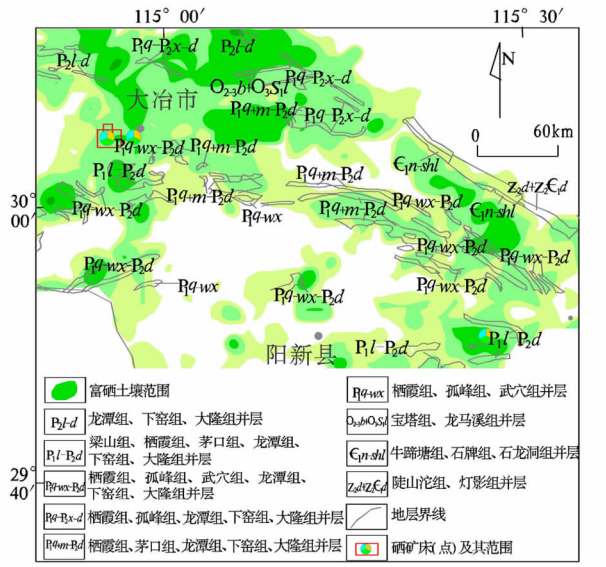


图 5　鄂东南地区富硒土壤与富硒地层对应示意图

Fig. 5　Schematic diagram of selenium-rich soil and strata in Southeast Hubei

寒武系、震旦系地层引起的高硒极高硒土壤区，集中在随州、武穴地区；分布在钟祥、京山北西向展布的与震旦系、奥陶系地层一致的高硒极高硒土壤区；城市周边特别是武汉周边主要由人为污染形成

的高硒极高硒土壤区。

3 湖北省富硒资源开发利用的区划建议

湖北省富硒资源主要包括硒矿资源、富硒岩石资源和富硒土壤资源。富硒土壤主要为江汉流域经济区由长江、汉水夹带的富硒泥沙沉积形成的冲积型土壤，还有一小部分为武陵山片区、恩施地区富硒岩石风化后形成的残坡积型土壤。

湖北省硒资源优势显著，各地区硒资源分布各有特点。因此，硒资源的开发应立足于各地区硒资源特征，同时结合各地区产业特点来进行。

恩施州拥有全球唯一沉积型的独立硒矿床和大面积的富硒土壤，还有天然的富硒生态环境，享有“世界硒都”的美誉。应大力推进恩施地区富硒茶叶、畜禽、药材和蔬菜等富硒产业转型升级，加快“世界硒都·中国硒谷”建设，打造全国闻名的硒产业聚集地、硒标准和硒技术研发地、硒文化传承地、硒养生旅游目的地和硒产业发展引领地。江汉平原作为中国主要产粮区，富硒土壤总面积达 10 068 km^2，其中可开发面积约 7 000 km^2，位居全国前列，具备打造“中国生态富硒粮都”的环境与资源条件。打造富硒粮油、水产、畜禽、蔬菜等大宗富硒农副产品生产和加工基地，打造传统农区农业新优势。同时推进鄂西北、鄂中、鄂东山区丘陵及沿江平原的富硒土壤潜力区发展，基于本地资源条件的富硒粮油、林果、蔬菜、水产、药材等特色产业，构建新型富硒产业体系（图 6）。

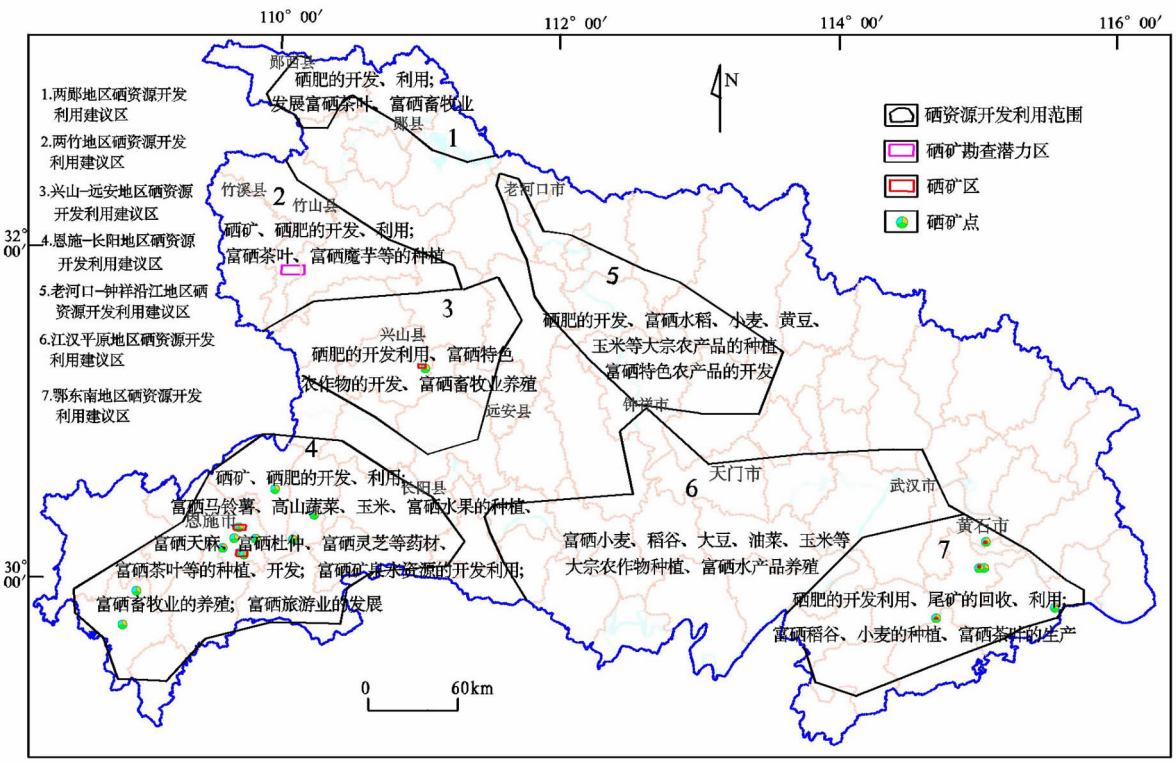


图 6 湖北省硒资源开发利用建议图

Fig. 6 Adopted proposal map of exploration and utilization of selenium in Hubei

4 结论

（1）湖北省富硒岩层面积分布最广的地层为寒武系，其次为二叠系和震旦系。

（2）富硒岩石主要为黑色岩系，岩性主要为炭质页岩、炭质板岩、硅质岩、炭质硅质岩及含炭页岩。

（3）表层富硒土壤主要分布于江汉平原区、恩施地区和鄂东南地区。江汉平原区富硒土壤主要为湖积、冲积成因。

（4）恩施地区的高硒和极高硒土壤与二叠系富硒地层及双河硒矿点和矿化点的分布相吻合。鄂

东南地区富硒土壤一方面与二叠系地层有关，另一方面与鄂东南地区硒的伴生矿床有关。

参考文献：

[1] 薛泰麟，侯少范，谭见安，等. 硒在高等植物体内的抗氧化作用-Ⅰ. 硒对过氧化作用的抑制效应及酶促机制的探讨［J］. 科学通报，1993，38（3）：274-277.
XUE Tai-lin，HOU Shao-fan，TAN Jian-an，et al. Selenium antioxidation in higher plants：I. discussion on the effects of selenium on peroxidation inhibition and enzymatic mechanism［J］. Chinese Science Bulletin，1993，38（3），274-277.

[2] 吴永尧，彭振坤，罗泽民. 硒的多重生物学功能及对人和动物健康的影响［J］. 湖南农业大学学报（自然科学版），1997，23（3）：294-300.
WU Yong-rao，PENG Zhen-kun，LUO Ze-min. Mutil-biological functions of selenium to the health of human beings and animals［J］. Journal of Hunan Agricultural University（Natural Science），1997，23（3）：294-300.

[3] 李家熙，吴功建，黄怀曾. 生物地球化学环境研究的进展在生命科学上的应用［J］. 中国地质，1996（10）：24-26.
LI Jia-xi，WU Gong-jian，HUANG Huai-zeng. Application of the developments in biogeochemical environment research in the field of life science［J］. Geology in China，1996（10）：24-26.

[4] 郦逸根，董岩翔，郑洁，等. 地质因素影响下的硒在土壤—水稻系统中的迁移转化［J］. 物探与化探，2007，31（1）：77-80.
LI Yi-gen，DONG Yan-xiang，ZHENG Jie，et al. The transport and transformation of selenium in the soil-paddy plant system affected by geological factors［J］. Geophysical & Geochemical Exploration，2007，31（1）：77-80.

[5] Jones G D，Droz B，Greve P，et al. Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change［J］. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America，2017，114（11）：2848-2853.

[6] 余军. 湖北省矿产资源储量表［Z］. 武汉：湖北省国土资源厅，2005.
YU Jun. Inventory of the mineral resources in Hubei Province［Z］. Wuhan：Department of Land and Resources of Hubei Province，2005.

[7] 罗泰义，宁兴贤，罗远良，等. 贵州遵义早寒武黑色岩系底部 Se 的超常富集［J］. 矿物学报，2005，25（3）：275-282.
LUO Tai-yi，NING Xing-xian，LUO Yuan-liang，et al. Super-enrichment of Se in the bottom black shales of Lower Cambrian at Zunyi，Guizhou Province，China［J］. Acta Mineralogica Sinica，2005，25（3）：275-282.

[8] 王鸿发，李均权. 湖北恩施双河硒矿矿床地质特征［J］. 湖北地质，1996，10（2）：11-12.
WANG Hong-fa，LI Jun-quan. Geological characteristics of Shuanghe selenium ore deposit in Enshi，Hubei Province［J］. Hubei Geology，1996，10（2）：11-12.

[9] 谭见安. 中华人民共和国地方病与环境图集［M］. 北京：科学出版社，1989：45-46.
TAN Jian-an. Atlas of the endemic diseases and environment of People's Republic of China［M］. Beijing：Science Press，1989：45-46.

[10] 谭见安. 生命元素硒的地域分异与健康［J］. 中国地方病学杂志，1996，15（2）：67.
TAN Jian-an. Regional variation and health of selenium［J］. Chinese Journal of Endemiology，1996，15（2）：67.

[11] 黎湘，黄桂珍. 鄂西地区黑色岩系金属矿产资源潜力评价［R］. 武汉：湖北省地质调查院，2009：39-41，17-18.
LI Xiang，HUANG Gui-zhen. Potential evaluation of the metal resources in the black shales in western Hubei［R］. Wuhan：Hubei Geological Survey，2009：39-41，17-18.

[12] 付强，王冬艳，李月芬，等. 吉林中部黑土区土壤硒元素土壤地球化学研究［J］. 世界地质，2014，33（1）：103-106.
FU Qiang，WANG Dong-yan，LI Yue-fen，et al. Pedogeochemiscal research on Se in black soil areas of central Jilin Province［J］. Global Geology，2014，33（1）：103-106.