

《天然富硒土地划定与标识》（报批稿）

编制说明

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所

二〇二〇年七月十三日

目 次

一、工作简况	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 起草单位	1
1.3 标准主要起草人	2
1.4 主要工作过程	2
二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据	19
2.1 标准编制原则	19
2.2 确定标准主要内容	23
三、主要试验(或验证)的分析和预期的经济效果	39
四、采用国际标准和国外先进标准的程度	40
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	40
六、重大分歧意见的处理经过和依据	40
6.1 富硒土壤阈值	40
6.2 标准名称	41
6.3 考虑景观和重金属	41
6.4 对富硒标识管理等方面的分歧	44
6.5 行标评审会专家意见处理	44
七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议	47
八、贯彻标准的要求和措施建议	47
九、废止现行有关标准的建议	47
十、其他应予说明的事项	47

一、工作简况

1.1 任务来源

“天然富硒土地划定与标识”标准的制定是土地质量地球化学调查工程中设置的重要内容之一。2016-2018 年间，根据局有关部室的要求，该项工作内容以“富硒土地标识”的名称列入“全国土地质量地球化学监测”（项目编号：DD20160326）二级项目，2019 年该项内容以“天然富硒土地划定与标识”的名称列入“全国土地质量地球化学调查成果集成与服务应用”（项目编号：DD20190518），同时列入“地质调查标准化与标准制修订（中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所）”（项目编号：DD20190471），上述 3 个二级项目均由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所承担实施。

本项目按照中国地质调查局项目管理要求，于 2019 年 6 月 24 日通过了由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所组织的评审，评为“优秀”级。

《自然资源部办公厅关于印发 2019 年自然资源标准制修订工作计划的通知》，自然资办发[2019]49 号文中，该标准计划号为 201913005。

1.2 起草单位

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、中国地质调查局水环部。

1.3 标准主要起草人

标准主要起草人如下：

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所：成杭新、王惠艳、郭志娟、杨柯、彭敏、李括、成晓梦、曾道明、马荣荣、袁桂琴、孙跃。

中国地质调查局水环部：郝爱兵、林良俊、李亚民、胡秋韵。

1.4 主要工作过程

(1) 工作过程

2016年1-2月，标准起草组通过网上、图书馆等搜集国内外与地质、土地工作相关的标识、logo、标识牌的相关文献、资料、图案100余份，包括标准、论文、图案等；经过调研，拟定出“富硒土地标识”标准编写的提纲，提出标识的构成要素、各要素的含义等。

表1 主要编写人员组成及分工表

姓名	职称	单位	分工
成杭新	研究员/博导		全面负责
王惠艳	工程师		组织实施，国内外资料调研
郭志娟	工程师		参与标识设计
杨柯	副高	中国地质科学院	参与标识设计
彭敏	工程师	地球物理地球化学勘查研究所	资料查阅、综合研究
李括	工程师		数据收集
成晓梦	助理工程师		模型建立与计算
曾道明	工程师		模型建立与计算
马荣荣	硕士研究生		数据处理
郝爱兵	正高	中国地质调查局	参与标识设计
林良俊	处长	中国地质调查局	参与标识设计
李亚民	副处长	中国地质调查局	参与标识设计
胡秋韵	副处长	中国地质调查局	参与标识设计

2016年3-4月，标准起草组向全国同行发出设计“富硒土地标识”的通知，并要求各位同行提供建议，得到积极响应。

2016年5-6月，根据全国同行的各种建议，提出富硒土地标识设计的初步设想。

2016年7月，制定富硒土地标识工作方案，邀请设计公司参与标识的设计工作，并提供设计样图（图1）。logo设计样图，征求全国同行意见，并根据全国同行意见，进一步修改完善标识图案。



图1 富硒土地 logo 设计初稿

2016年8月，水环部提出将富硒土地标识改成有益营养元素土地资源标识。标准起草组在富硒土地 logo 的基础上，邀请设计公司重新设计有益营养元素土地资源 logo（图2）和有益元素土地资源标识牌（图3），并征求水环部、全国同行意见。



图 2 有益元素土地资源 logo 设计初稿



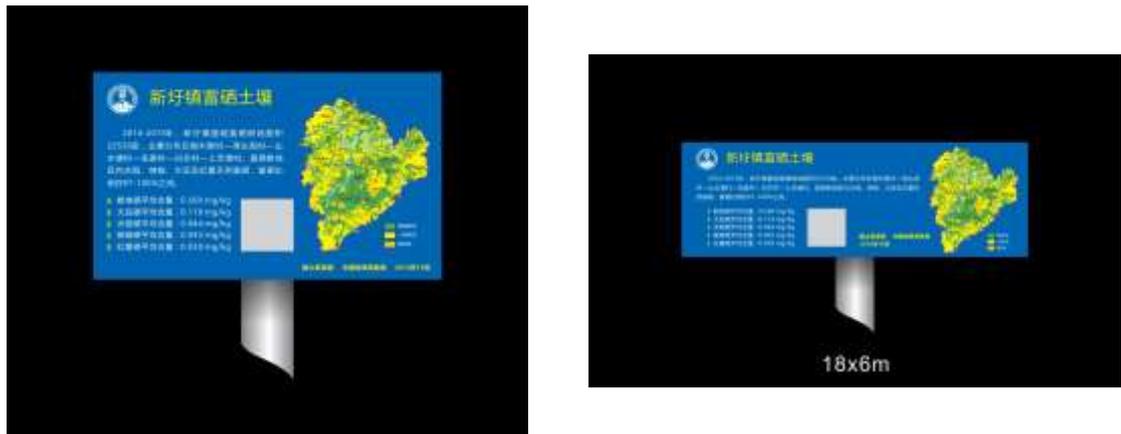


图3 有益元素土地资源标识牌设计初稿

2016年9-10月：根据全国征求的意见，对logo、有益元素土地资源标识牌进行修改，最终形成有益元素土地资源logo（图4）。



图4 有益元素土地资源logo和标识牌

2016年11-12月：编制“不同调查比例尺富硒土地认定的标识要求”。

2017年1-6月：起草“有益元素富集土地标识标准(征求意见稿)”。

2017年7-10月：征求全国意见，并根据全国意见进行修改完善。

2017年11-12月，经水环部同意，由王昆副局长主持专题会，原为“有益元素富集土地标识标准”。

2018年1-6月，因涉及挂靠单位的确定，该项标准的后续工作被

搁置。

2018年7-12月，土地地球化学调查工程根据全国圈定富硒土地资源的工作需求，提出了全国不同用地类型富硒土地资源的阈值。

2019年1-4月：进一步对全国富硒土地资源的阈值进行研究，补充完善。

2019年5月，总书记到江西视察，明确指出“这里还有一块情况没有介绍，富硒产品，这里有丰富的富硒土壤资源，一定要打好这个品牌，让富硒农产品在市场上更加畅销”。

同月赣州市委给中国地质调查局来函提出包括制定标准在内的4项请求，中国地质调查局局长钟自然要求制定落实总书记指示的实施方案。

2019年6月11日按照领导指示，总工室、水环部针对赣州市需求，编制了《支撑服务赣州市富硒土地资源产业发展地质调查工作方案》，方案中明确要求，为统一富硒土地评价划定标准，2019年6月底完成中国地质调查局《天然富硒土地划定与标识》标准的编审，并以地调局技术标准发布，年底前组织完成赣州富硒土地认证，为赣州市人民政府建立富硒土地田间标识提供技术支撑。

2019年6月13日：局明确要求开展“有益元素富集土地标识标准”编制工作，并按《天然富硒土地划定与土地标识标准》尽快完成标准的编制工作。

2019年6月14日，标准起草组在原标准的基础上，形成《天然富硒土地划定与标识标准（征求意见稿）》，面向全国征求意见，共收

到中国科学院、高等院校、地勘、农业、核工业、企业等 42 个单位，46 份意见，涉及 306 条具体意见建议。

2019 年 6 月 15 日标准起草组根据征集的意见对《天然富硒土地划定与标识标准》进行修改。

2019 年 6 月 16 日，局组织专家对《天然富硒土地划定与标识标准（送审讨论稿）》进行讨论。

2019 年 6 月 18 日，标准起草组与西北农林科技大学、江苏省硒生物工程技术研究中心、中国科学技术大学苏州研究院的代表进行座谈，就标准修改的具体细节进行研究。

2019 年 6 月 20 日，标准起草组根据专家意见进行修改后，形成《天然富硒土地划定与标识（送审稿讨论）》，并在全国范围内再次征求意见。

2019 年 6 月 22 日，标准起草组根据专家意见进行修改，形成《天然富硒土地划定与标识（送审稿）》。

2019 年 10 月 12 日：全国国土资源标准化勘查技术委员会召开“2019 年度勘查技术标准升级审查会”，审议通过《天然富硒土地划定与标识》（送审稿）。会后，标准起草组就审查会专家意见对标准进行了修改，主要调整了适用范围、增加了“富硒土地”等术语和资料收集等相关内容，并对标准全文的个别语句与顺序进行了调整，最终形成了《天然富硒土地划定与标识》（报批稿）。

（2）实物工作量完成情况

标准制定过程中完成的各项实物工作量，具体情况如下：

表2 实物工作量完成情况表

序号	内容	计划数量	完成数量	备注
1	资料及文献调研	80	95	
2	业务调研	30 人次	50 人次	
3	数据分析、建模、验证	5 个	10 个	
4	专家研讨会	2 次	3 次	
5	征求专家及相关单位意见	30 次	42	
6	分发征求意见稿	30 份	46	
7	意见汇总、整理、分析	200 条	380	
8	送审稿	1 套	1	

(3) 资料收集

a) 土壤、植物硒与人体健康、食品硒标准等文献 (95 篇)

Dinh, Q.T., Cui, Z., Huang, J., Tran, T.A.T., Wang, D., Yang, W., Zhou, F., Wang, M., Yu, D., Liang, D., 2018. Selenium distribution in the Chinese environment and its relationship with human health: A review. *Environment International* 112, 294-309.

Dinh, Q.T., Wang, M., Tran, T.A.T., Zhou, F., Wang, D., Zhai, H., Peng, Q., Xue, M., Du, Z., Bañuelos, G.S., Lin, Z.-Q., Liang, D., 2019. Bioavailability of selenium in soil-plant system and a regulatory approach. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 49, 443-517.

Ellis, D.R., Salt, D.E., 2003. Plants, selenium and human health. *Current Opinion in Plant Biology* 6, 273-279.

Fan, H., Wen, H., Hu, R., Zhao, H., 2011. Selenium speciation in Lower Cambrian Se-enriched strata in South China and its geological

implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, 7725-7740.

Fordyce, F., 2007. *Selenium Geochemistry and Health*.

Fordyce, F.M., Guangdi, Z., Green, K., Xinping, L., 2000. Soil, grain and water chemistry in relation to human selenium-responsive diseases in Enshi District, China. *Applied Geochemistry* 15, 117-132.

Gao, P., He, Z., Li, S., Lash, G.G., Li, B., Huang, B., Yan, D., 2018. Volcanic and hydrothermal activities recorded in phosphate nodules from the Lower Cambrian Niutitang Formation black shales in South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 505, 381-397.

Goh, K.-H., Lim, T.-T., 2004. Geochemistry of inorganic arsenic and selenium in a tropical soil: effect of reaction time, pH, and competitive anions on arsenic and selenium adsorption. *Chemosphere* 55, 849-859.

Han, T., Fan, H., Zhu, X., Wen, H., Zhao, C., Xiao, F., 2017. Submarine hydrothermal contribution for the extreme element accumulation during the early Cambrian, South China. *Ore Geology Reviews* 86, 297-308.

Han, T., Zhu, X., Li, K., Jiang, L., Zhao, C., Wang, Z., 2015. Metal sources for the polymetallic Ni–Mo–PGE mineralization in the black shales of the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China. *Ore Geology Reviews* 67, 158-169.

J, M.D., C, S.H., R, Y.L., 1990. An epidemiologic investigation on selenium poisoning in southwestern Hubei Province. *Chin J Endemiology*

9, 311-314.

Järup, L., Åkesson, A., 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology* 238, 201-208.

Jin, L., Mathur, R., Rother, G., Cole, D., Bazilevskaya, E., Williams, J., Carone, A., Brantley, S., 2013. Evolution of porosity and geochemistry in Marcellus Formation black shale during weathering. *Chemical Geology* 356, 50-63.

Lenz, M., Lens, P.N.L., 2009. The essential toxin: The changing perception of selenium in environmental sciences. *Science of The Total Environment* 407, 3620-3633.

Leventhal, J., 1993. Metals in Black Shales, in: Engel, M.H., Macko, S.A. (Eds.), *Organic Geochemistry: Principles and Applications*. Springer US, Boston, MA, pp. 581-592.

Li, H.-F., McGrath, S.P., Zhao, F.-J., 2008. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytologist* 178, 92-102.

Li, M., Xi, X., Xiao, G., Cheng, H., Yang, Z., Zhou, G., Ye, J., Li, Z., 2014. National multi-purpose regional geochemical survey in China. *Journal of Geochemical Exploration* 139, 21-30.

Li, S., Xiao, T., Zheng, B., 2012. Medical geology of arsenic, selenium and thallium in China. *Science of The Total Environment*

421-422, 31-40.

Li, Z., Liang, D., Peng, Q., Cui, Z., Huang, J., Lin, Z., 2017. Interaction between selenium and soil organic matter and its impact on soil selenium bioavailability: A review. *Geoderma* 295, 69-79.

Ling, S., Wu, X., Zhao, S., Liao, X., 2018. Evolution of porosity and clay mineralogy associated with chemical weathering of black shale: A case study of Lower Cambrian black shale in Chongqing, China. *Journal of Geochemical Exploration* 188, 326-339.

Liu, Y., Xiao, T., Baveye, P.C., Zhu, J., Ning, Z., Li, H., 2015. Potential health risk in areas with high naturally-occurring cadmium background in southwestern China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 112, 122-131.

Liu, Y., Xiao, T., Ning, Z., Li, H., Tang, J., Zhou, G., 2013. High cadmium concentration in soil in the Three Gorges region: Geogenic source and potential bioavailability. *Applied Geochemistry* 37, 149-156.

Liu, Y., Xiao, T., Perkins, R.B., Zhu, J., Zhu, Z., Xiong, Y., Ning, Z., 2017. Geogenic cadmium pollution and potential health risks, with emphasis on black shale. *Journal of Geochemical Exploration* 176, 42-49.

Loffredo, N., Mounier, S., Thiry, Y., Coppin, F., 2011. Sorption of selenate on soils and pure phases: kinetic parameters and stabilisation. *Journal of Environmental Radioactivity* 102, 843-851.

Long, J., Luo, K., 2017. Trace element distribution and enrichment

patterns of Ediacaran-early Cambrian, Ziyang selenosis area, Central China: Constraints for the origin of Selenium. *Journal of Geochemical Exploration* 172, 211-230.

Longchamp, M., Angeli, N., Castrec-Rouelle, M., 2013. Selenium uptake in *Zea mays* supplied with selenate or selenite under hydroponic conditions. *Plant and Soil* 362, 107-117.

Luo, K., Xu, L., Tan, J.a., Wang, D., Xiang, L., 2004. Selenium source in the selenosis area of the Daba region, South Qinling Mountain, China. *Environmental Geology* 45, 426-432.

Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D., Zhu, Y.-G., 2009. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *Journal of Environmental Management* 90, 2524-2530.

Lv, Y., Liu, S.-A., Zhu, J.-M., Li, S., 2016. Copper and zinc isotope fractionation during deposition and weathering of highly metalliferous black shales in central China. *Chemical Geology* 445, 24-35.

Mao, D., Zheng, B., Yan, W., 1999. High Se and Cd concentrations in stone coals and soils in Southwestern of Hubei Province. *Hubei Journal of Preventive Medicine* 10, 1-2.

Mao, D.J., Su, H.C., Yan, L.R., 1990. An epidemiologic investigation on selenium poisoning in southwestern Hubei Province. *Chin J Endemiology* 9, 311-314.

Matamoros-Veloza, A., Newton, R.J., Benning, L.G., 2011. What

controls selenium release during shale weathering? *Applied Geochemistry* 26, S222-S226.

Meyers, P.A., Pratt, L.M., Nagy, B., 1992. Introduction to geochemistry of metalliferous black shales. *Chemical Geology* 99, vii-xi.

Mou, S.H., Hu, Q.T., Yan, L., 2007. Progress of researches on endemic selenosis in Enshi District, Hubei Province. *Chin J Public Health* 23, 95-96.

Nogawa, K., Kido, T., 1993. Biological monitoring of cadmium exposure in itai-itai disease epidemiology. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 65, S43-S46.

Nriagu, J.O., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature* 338, 47-49.

Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333, 134-139.

Pagès, A., Barnes, S., Schmid, S., Coveney, R.M., Schwark, L., Liu, W., Grice, K., Fan, H., Wen, H., 2018. Geochemical investigation of the lower Cambrian mineralised black shales of South China and the late Devonian Nick deposit, Canada. *Ore Geology Reviews* 94, 396-413.

Parviainen, A., Loukola-Ruskeeniemi, K., 2019. Environmental impact of mineralised black shales. *Earth-Science Reviews*.

Qin, H.-b., Zhu, J.-m., Liang, L., Wang, M.-s., Su, H., 2013. The

bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China. *Environment International* 52, 66-74.

Qin, H.-b., Zhu, J.-m., Su, H., 2012. Selenium fractions in organic matter from Se-rich soils and weathered stone coal in selenosis areas of China. *Chemosphere* 86, 626-633.

Quezada-Hinojosa, R.P., Matera, V., Adatte, T., Rambeau, C., Föllmi, K.B., 2009. Cadmium distribution in soils covering Jurassic oolitic limestone with high Cd contents in the Swiss Jura. *Geoderma* 150, 287-301.

Reimann, C., Garrett, R.G., 2005. Geochemical background—concept and reality. *Science of The Total Environment* 350, 12-27.

Søby, F., Potin-Gautier, M., Giffaut, E., Borge, G., Donard, O.F.X., 2001. A critical review of thermodynamic data for selenium species at 25 °C. *Chemical Geology* 171, 173-194.

Satarug, S., Baker, J.R., Urbenjapol, S., Haswell-Elkins, M., Reilly, P.E.B., Williams, D.J., Moore, M.R., 2003. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. *Toxicology Letters* 137, 65-83.

Seale, L.A., Berry, M.J., 2013. Selenium in Human Health and Disease, in: Kretsinger, R.H., Uversky, V.N., Permyakov, E.A. (Eds.), *Encyclopedia of Metalloproteins*. Springer New York, New York, NY, pp.

1914-1919.

Song, C., 1989. A brief description of the Yutangba sedimentary type selenium mineralized area in southwestern of Hubei Province. *Mineral deposits* 8, 83-89.

Tan, J., 1989. The atlas of endemic diseases and their environments in the People's Republic of China. Science Press, Beijing.

Tang, X., Zhang, J., Liu, Y., Yang, C., Chen, Q., Dang, W., Zhao, P., 2018. Geochemistry of organic matter and elements of black shale during weathering in Northern Guizhou, Southwestern China: Their mobilization and inter-connection. *Chemie der Erde* 78, 140-151.

Wang, H., Li, J., 1996. Geological characteristics of Shuanghe selenium ore deposit in Enshi, Hubei Province. *Hubei geology* 10, 10-21.

Wang, Y., Dang, F., Evans, R.D., Zhong, H., Zhao, J., Zhou, D., 2016. Mechanistic understanding of MeHg-Se antagonism in soil-rice systems: the key role of antagonism in soil. *Scientific Reports* 6, 19477.

Wen, H., Carignan, J., 2011. Selenium isotopes trace the source and redox processes in the black shale-hosted Se-rich deposits in China. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, 1411-1427.

WHO, W.H.O., 2010. Exposure to Cadmium: A Major Public Health Concern. (Geneva).

Xie, X., Cheng, H., 2014. Sixty years of exploration geochemistry in China. *Journal of Geochemical Exploration* 139, 4-8.

Xie, X., Mu, X., Ren T, 1997. Geochemical mapping in China. *Journal of Geochemical Exploration* 60, 99-113.

Yang, G.Q., Wang, S.Z., Zhou, R.H., Sun, S.Z., 1983. Endemic Se intoxication of humans in China. *Am. J. Clin. Nutr.* 37, 872–881.

Yang, G.Q., Xia, Y.M., 1995. Studies on human dietary requirements and safe range of dietary intakes of selenium in China and their application in the prevention of related endemic diseases. *Biomedical & Environmental Sciences* 8, 187-201.

Yi, Y., Pi, D.-H., Jiang, S.-Y., 2017. Occurrence, source and enrichment mechanism of silver in black shale-hosted Baiguoyuan Ag-V ore deposit, Hubei Province, China. *Journal of Geochemical Exploration* 183, 79-87.

Zheng, B., Hong, Y., Zhao, W., Zhou, H., Xia, W., 1992. The Se-rich carbonaceous siliceous rock and endemic selenosis in southwest Hubei, China[J]. *Chinese Science Bulletin* 37, 1027-1029.

Zhu, J.-M., Johnson, T.M., Clark, S.K., Zhu, X.-K., Wang, X.-L., 2014. Selenium redox cycling during weathering of Se-rich shales: A selenium isotope study. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 126, 228-249.

Zhu, J.-m., Johnson, T.M., Finkelman, R.B., Zheng, B.-s., Šýkorov á I., Pešek, J., 2012. The occurrence and origin of selenium minerals in Se-rich stone coals, spoils and their adjacent soils in Yutangba, China. *Chemical Geology* 330-331, 27-38.

Zhu, J., Wang, N., Li, S., Li, L., Su, H., Liu, C., 2008. Distribution and transport of selenium in Yutangba, China: Impact of human activities. *Science of The Total Environment* 392, 252-261.

Zhu, J., Zheng, B., 2001. Distribution of selenium in a mini-landscape of Yutangba, Enshi, Hubei Province, China. *Applied Geochemistry* 16, 1333-1344.

Zhu, J., Zuo, W., Liang, X., Li, S., Zheng, B., 2004. Occurrence of native selenium in Yutangba and its environmental implications. *Applied Geochemistry* 19, 461-467.

李海蓉, 杨林生, 谭见安, 王五一, 侯少范, 李永华, 虞江萍, 韦炳干. 我国地理环境硒缺乏与健康研究进展. *生物技术进展*, 2017,7(5):381-386.

GB 2762 食品安全国家标准 食品中污染物限量

GB/T 5009.93 食品中硒的测定

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行)

GB/T21010 土地利用现状分类

DZ/T 0130 地质矿产实验室质量管理规范

DZ/T 0258 多目标区域地球化学调查规范 (1:250 000)

DZ/T 0289 区域生态地球化学评价规范

DZ/T 0295 土地质量地球化学评价规范

NY/T 391 绿色食品 产地环境质量

NY/T 1104 土壤中全硒的测定

NY/T 5010 无公害农产品 种植业产地环境条件

GB 5009.93—2017 食品安全国家标准 食品中硒的测定

GBT22499—2008 富硒稻谷

GB 28050—2011 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则

NY/T 600—2002 富硒茶

DB61/T556—2012 富硒食品与其相关产品硒含量标准

DB45/T1061—2014 富硒农产品硒含量分类及标准

NY/T1104—2006 土壤中全硒的测定

HJ680—2013 土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法 HJ680-2013。

黑龙江省地方标准 DB23/T 2071—2018 《富硒土壤评价要求》

宁夏回族自治区质量技术监督局 DB64/T1220-2016《宁夏富硒土壤标准》

广西壮族自治区质量技术监督局 DB45/T 1442-2016 《土壤中全硒含量的分级要求》

中华全国供销合作总社供销行业标准 GH/T 1135—2017 《富硒农产品》

湖北省地方标准 DBS42/002-2014 《富有机硒食品硒含量要求》

陕西省地方标准 DB6109.1-2012 《富硒食品与其相关产品硒含量标准》

江西省地方标准 DBD36/T566-2017 《富硒食品硒含量分类标准》

江苏省地方标准 DB32/T 706-2004 《富硒稻米》

浙江省地方标准 DB33 345-2002 《富硒稻米》

安徽省地方标准 DB34/T 847-2008 《富硒大米》

b) logo 和标识牌

先后收集地质公园、基本农田、土壤年等 logo 和标识牌。

c) 大宗农作物-根系土数据收集

为研究确定天然富硒土地的富硒阈值，标准制定过程中先后收集全国 41 个水稻主产区，协同采集根系土-水稻籽实样品各 6917 件；11 个小麦主产区协同采集根系土-小麦籽实样品各 1489 件，14 个玉米主产区协同采集根系土-玉米籽实各 1816 件。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

2.1 标准编制原则

硒 (Se) 是人体和动物必须的微量营养元素，人体适量摄入硒，可以起到延缓衰老、防止器官老化与病变、增强免疫力、抵抗有毒重金属危害、防癌抗癌、保护心脏、防止糖尿病和心脑血管疾病、保肝明目等作用。人体硒摄入量的不足 ($<40\mu\text{g}/\text{人}\cdot\text{天}$) 和过量 ($>400\mu\text{g}/\text{人}\cdot\text{天}$) 均会导致各种健康问题。地表环境介质中硒含量过低导致的人体硒摄入不足，可引起克山病和心肌病等地方病；地表环境硒含量过高导致的人体硒摄入过量，也可引起头发和皮肤脱落，皮肤损伤，神经系统紊乱，瘫痪，甚至死亡。对自然界岩石、土壤、水体、作物中 Se 含量水平的调查和地方病的长期观察也已证实，硒在自然界分布极不均匀，因此在缺硒地区通过膳食增加硒的摄入量对维持人体健

康，预防疾病和提高生活质量均具有重要意义。中国是全球 40 个缺硒国家之一，全国有 366 个县（约 1.05 亿人）因硒摄入量不足而面临不利的健康影响。寻找富硒土壤和富硒农作物对增加人体硒摄入量，改善膳食营养水平，预防地方病尤为迫切。

谭见安等（1989）基于地理区划理论和方法，通过 236 个土壤剖面中的硒含量水平及硒与地方病的关系，给出了土壤总硒的如下环境阈值，即土壤总硒含量 $\leq 0.125\text{mg/kg}$ 的为缺硒土壤， $0.125 < \text{Se} \leq 0.175\text{mg/kg}$ 的为少硒或缺硒边缘土壤， $0.175 < \text{Se} \leq 0.40\text{mg/kg}$ 的为中等硒含量或足硒土壤，土壤全硒含量在 $0.40 < \text{Se} \leq 3.00\text{mg/kg}$ 的为高硒或富硒土壤，高于 3.00mg/kg 为过剩硒土壤。

1999 年以来，自然资源部中国地质调查局组织实施的全国 1:25 万多目标区域地球化学调查，采用统一的采样和分析方法，在我国主要农耕区进行了系统的土壤地球化学测量，目前已覆盖调查面积 253.87 万平方千米，以土壤 $0.40 < \text{Se} \leq 3.000\text{mg/kg}$ 为标准，协同《绿色食品产地环境质量》（NY/T 391-2013）中的土壤环境质量要求，圈定绿色富硒土壤 6869 万亩。但在部分富硒土壤的开发利用中，发现农作物富硒比例存在较大的变化，而在一些足硒、少硒甚至缺硒土壤中存在较高比例的富硒农作物。富硒土壤与富硒农作物之间的不一致性对富硒土壤资源的圈定、开发利用和保护及发展富硒特色农业带来困惑。

因此制定一个相对合理的天然富硒土地划分标准和天然富硒土地标识对准确统计天然富硒土地面积，划定天然富硒土地的分布范围

和边界，指导天然富硒土地的开发利用具有重要的价值。

项目组在系统地总结、梳理我国现有富硒土地、富硒农产品国家、地方标准的基础上，结合文献中对土壤、作物中硒含量水平、地球化学行为的研究成果，利用我国最近 10 年采集的土壤-作物样品的协同调查数据，编制完成《天然富硒土地划定与标识（报批稿）》。在标准制定过程中，严格按照国家《标准化工作导则》、《标准化工作手册》和标准化工作导则 第 1 部分《标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2009）有关规定的程序和方法进行编制。制订过程中遵循国际视角、科学推导、指导生产、简单实用的原则。

国际视角。标准制定过程中，系统充分考虑了世界卫生组织、日美等发达国家、克山病区、恩施硒中毒区、中国营养学会有关硒摄入量的相关数据（图 5），为标准的制定和富硒土地硒含量值的推导提供依据。

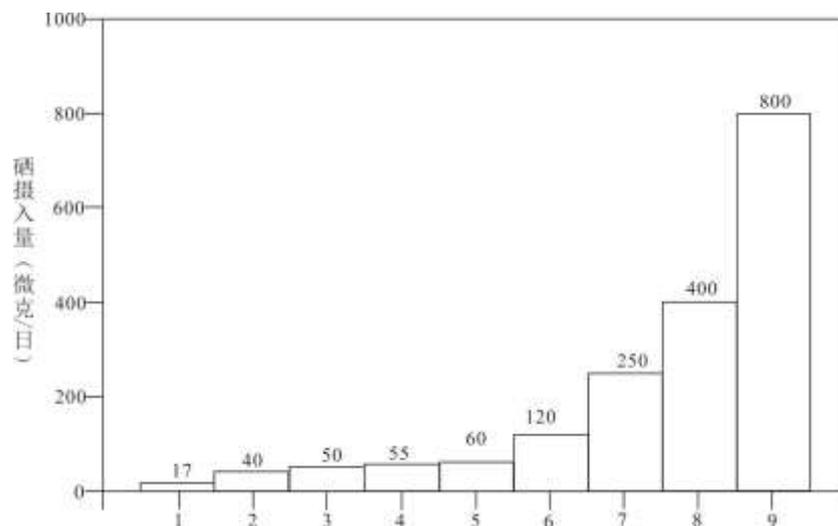


图 5 全球人体硒摄入量关键界限值

注：1：预防克山病最低界限值； 2：WHO 推荐安全摄入量下限值； 3：中国营养协会推荐日平均需要量； 4：美国和欧盟等发达国家推荐日摄入量； 5：中国营养协会推荐日

摄入量； 6: 发达国家平均日摄入量； 7: FAO、WHO 和 IAEA 联合推荐适宜上限值； 8: 中国营养协会推荐可耐受最高摄入量&WHO 推荐安全摄入上限值； 9: FAO、WHO 和 IAEA 联合推荐中毒剂量界限; Se 摄入量限值单位为 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$

科学推导。项目组在大量分析土壤—作物间硒转运规律文献的基础上，充分利用项目收集的土壤—水稻籽实、土壤—小麦籽实、土壤—玉米籽实的大数据，分析建立土壤—农作物之间硒迁移的线性模型；根据人体摄入量的相关限值要求，推导土壤硒的适宜含量区间；通过土壤—农作物富硒阈值权衡协同模型，确定土壤最佳硒含量阈值；并将最佳硒含量阈值邀请广东、广西、湖南、重庆、四川、浙江、江西、辽宁、黑龙江、陕西、山西、河南、河北等 13 个省，进行第三方检验，验证阈值的适用性。

指导生产。富硒土地的阈值既关系到全国层面富硒土地资源数据统计的精准，更涉及到各级地方政府在利用富硒土地资源指导富硒农产品开发、田园综合体、特色富硒小镇建设的规划编制。因此在制定富硒土地划定阈值过程中，对富硒土地资源开发利用较好的湖南新田、四川新文、江西丰城等地方政府、企业进行了广泛调研，系统分析了我国天然富硒土地资源的开发利用现状，充分考虑了我国南北方土地资源的硒含量特征和富硒农产品的产出比例，提出的阈值基本保证富硒农产品生产企业的利益，也有效满足了各级地方政府编制富硒土地开发利用规划的需求。

简单实用。项目组在考虑富硒土地划定指标时，明确要求富硒土地的含量需可全国对比，各应用主体能直接应用。对于一些虽然重要，但不同实验室分析测试结果不能全国对比的指标，如有效硒含量指

标，或不同景观、不同地区可能呈现不同规律的指标，如有机质、铁锰氧化物、重金属的协同-拮抗效应等，因影响因素复杂，不予考虑。因此在确定富硒土地划定指标时，最终直接采用土地硒含量作为划定指标。

2.2 确定标准主要内容

2.2.1 天然富硒土地分类及分类指标

(1) 天然富硒土地分类指标的阈值确定是本标准制定中难度最大、争议最多的条款。

标准制定过程中，系统收集了全国 41 个水稻主产区，协同采集根系土-水稻籽实样品各 6917 件；11 个小麦主产区协同采集根系土-小麦籽实样品各 1489 件，14 个玉米主产区协同采集根系土-玉米籽实各 1816 件（图 6）。

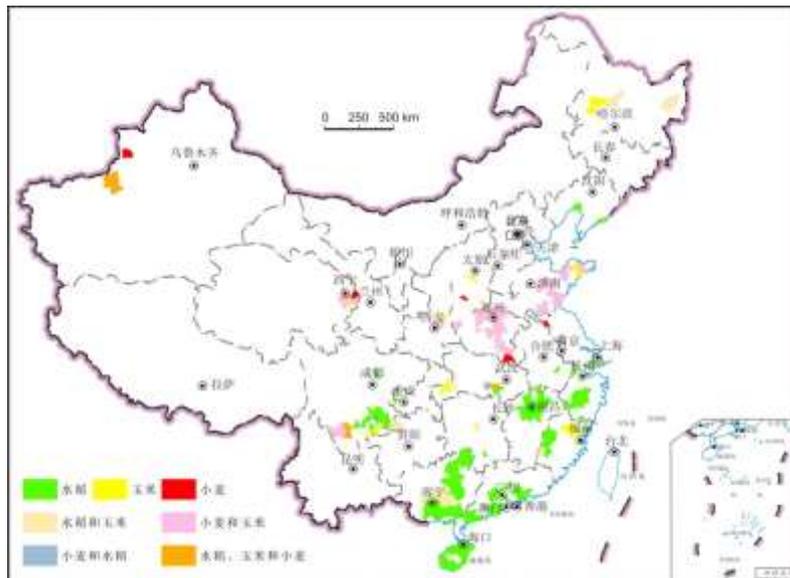


图 6 中国大宗农作物与根系土协同采样分布区

全国玉米、小麦和水稻产区根系土壤中的硒含量中位值分别为

0.284、0.289 和 0.370 mg/kg，对应的玉米、小麦和稻米籽实中的硒含量中位值分别为 0.031、0.059 和 0.050 mg/kg，硒的生物富集系数指示小麦富硒能力最大，水稻籽实次之，玉米富硒能力最小（表 2），说明不同农作物对硒的吸收能力存在较大的差异，暗示在开发利用富硒土壤资源，发展富硒特色农业时应根据土壤中的硒含量水平适时调整种植结构或制定差异化的富硒土地标准。

《富硒稻谷》（GB/T 22499-2008）中规定，富硒稻谷加工的大米检测结果硒含量在 0.04-0.30 mg/kg 的为富硒稻谷，如以富硒水稻的硒标准作为小麦、玉米籽实的富硒标准，对水稻、小麦、玉米根系土和作物籽实中 Se 的协同分析发现，在 $Se \leq 0.175$ mg/kg 的少硒土壤中，水稻、小麦和玉米籽实中富硒率高达 35%、24%和 16%；足硒土壤（ $0.175 < Se \leq 0.40$ mg/kg）中，水稻、小麦和玉米的富硒率分别为 65%、66%和 26%；在 $0.40 < Se \leq 3.00$ mg/kg 的富硒土壤中，水稻、小麦和玉米的富硒率分别为 81%、76%和 58%，不富硒的水稻、小麦和玉米籽实的比例分别为 18%、4%和 38%（表 3），指示用 0.40 mg/kg 作为划定富硒土壤存在明显的误判和漏判（图 6），给发展富硒特色农产品带来不确定性。出现这种误判和漏判的主要原因是由于作物在吸收土壤硒的过程中，受土壤总硒和有效硒含量水平、田间管理方式、天气和气候变化、土壤 pH 和 Eh 的高低、土壤有机质含量和粘度、元素的协同和拮抗作用等多种因素影响。

表 2 全国大宗农作物籽实和对应根系土 Se 含量特征（mg/kg）

玉米			小麦			水稻		
根系	籽实	生物	根系	籽实	生物	根系	籽实	生物

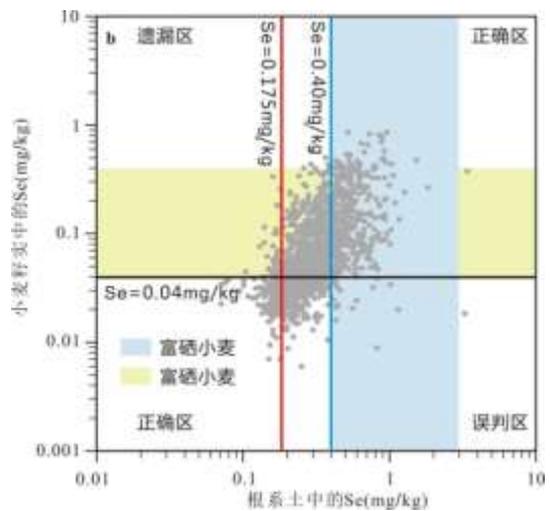
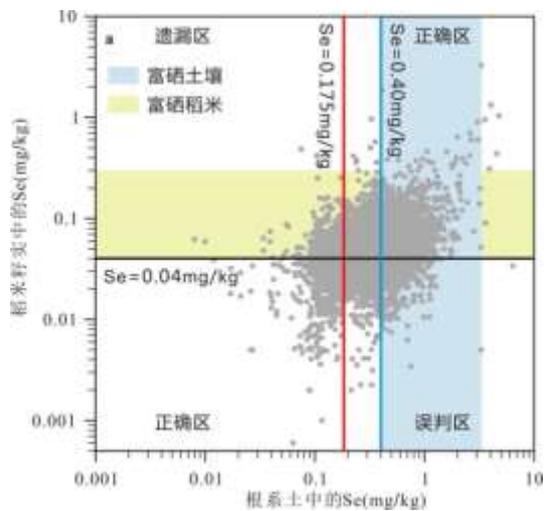
	土		富集		土		富集		土		富集	
			系数				系数				系数	
样品数 (件)	1816	1816	1816	1489	1489	1489	6917	6917	6917	6917	6917	6917
最小值	0.049	0.000	0.002	0.071	0.006	0.006	0.008	0.001	0.002	0.008	0.001	0.002
最大值	15.17 5	7.421	6.255	3.395	1.025	6.120	6.395	3.296	7.750	6.395	3.296	7.750
平均值	0.425	0.072	0.156	0.340	0.099	0.284	0.425	0.061	0.179	0.425	0.061	0.179
中位值	0.284	0.031	0.108	0.289	0.059	0.207	0.370	0.050	0.139	0.370	0.050	0.139
标准离差	0.663	0.353	0.270	0.208	0.112	0.286	0.302	0.068	0.221	0.302	0.068	0.221

生物富集系数=作物籽实中硒含量/根系土中硒含量，无量纲。

表3 不同土壤硒分区大宗农作物的富硒比例

土壤 Se 含量 分区 (mg/kg)	硒超标籽实 (Se≥0.30 mg/kg)	富硒籽实 (0.04≤Se<0.30 mg/kg)	不富硒籽实 (Se<0.04 mg/kg)
水稻			
Se≤0.175	样本数 (件)	4	288
	比例 (%)	0.49	35.42
0.175<Se≤0.4 0	样本数 (件)	7	2027
	比例 (%)	0.22	65.11
0.40<Se≤3.00	样本数 (件)	25	2419
	比例 (%)	0.84	81.26
Se >3.00	样本数 (件)	8	4
	比例 (%)	57.14	28.57
小麦			
Se≤0.175	样本数 (件)	2	39
	比例 (%)	1.24	24.22
0.175<Se≤0.4 0	样本数 (件)	18	631
	比例 (%)	1.87	65.59
0.40<Se≤3.00	样本数	71	277
			16

	(件)			
	比例 (%)	19.51	76.10	4.40
	样本数			
Se > 3.00	(件)	1	0	1
	比例 (%)	50.00	0.00	50.00
<hr/>				
	玉米			
	样本数			
Se ≤ 0.175	(件)	0	52	279
	比例 (%)	0.00	15.71	84.29
	样本数			
0.175 < Se ≤ 0.4	(件)	1	237	682
0	比例 (%)	0.11	25.76	74.13
	样本数			
0.40 < Se ≤ 3.00	(件)	24	318	210
	比例 (%)	4.35	57.61	38.04
	样本数			
Se > 3.00	(件)	8	5	0
	比例 (%)	61.54	38.46	0.00



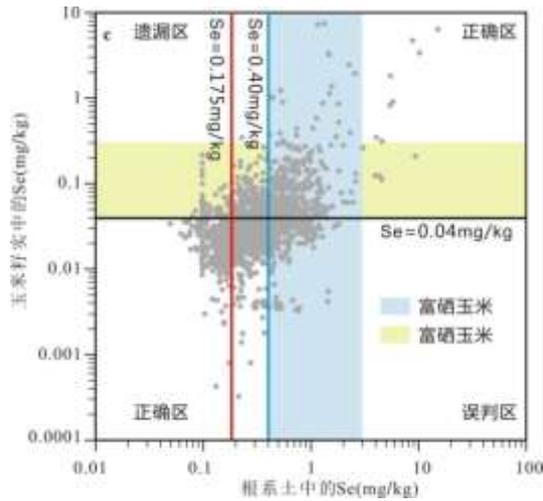
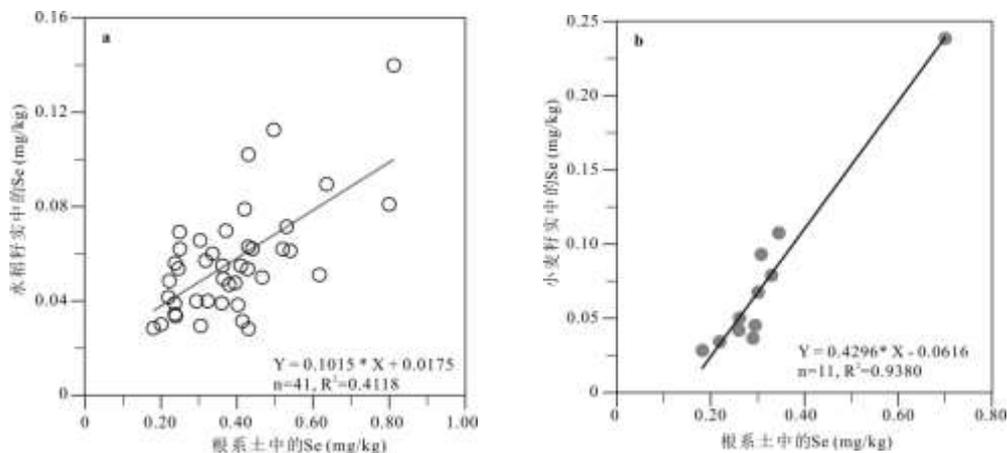


图7 我国土壤和大宗农作物籽实硒含量协同分析

(2) 天然富硒土地硒阈值的初步确定

作物硒主要来自于土壤，富硒土壤是生产富硒作物的基础。我国国土面积巨大，气候类型多样，不同地区土壤中的化学成分差异明显，作物从土壤中吸收硒的影响因素较为复杂，这对制定统一的富硒标准带来较大困难。为了便于全国科学开发利用富硒土壤资源，分别用41个水稻产区、11个小麦主产区和14个玉米主产区的土壤和作物籽实样品中Se含量中位值构建了大宗农作物和根系土中Se的关系模型，发现水稻、小麦和玉米籽实硒含量与土壤硒含量之间存在显著的线性相关（图7）。



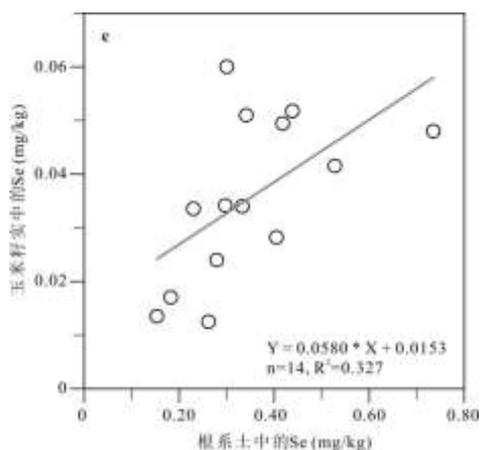


图 8 我国大宗农作物籽实与根系土中 Se 的线性模型

我国在《食品安全国家标准 食品中污染物限量》GB2762-2012 中已经取消了食品中 Se 的限量规定，且在《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB2762-2017) 中继续取消了食品中 Se 的限量规定，但由于硒对人体健康的两面性，为安全起见，在探索富硒土壤的圈定标准时，仍考虑了硒的限量值。我国一些地方标准多数以作物籽实中 Se 含量小于 0.30 mg/kg 作为富硒成品粮的上限，富硒成品粮的 Se 下限变化于 0.02~0.15 mg/kg 之间（表 4），下限变化的中位数为 0.07 mg/kg。根据富硒成品粮 Se 的上、下限值及作物籽实与根系土中 Se 的线性相关模型，推算出我国水稻产区富硒土壤的上、下限为 2.78 和 0.22mg/kg, 小麦产区富硒土壤的上、下限分别为 0.84 和 0.31 mg/kg, 玉米产区富硒土壤的上、下限分别为 4.91 和 0.94 mg/kg（表 5）。

表 4 全国各地富硒粮食中硒含量标准

地区	粮食品种	Se 含量 (mg/kg)	引用标准
中华人民共和国国家标准	稻米	0.04-0.30	富硒稻谷 GB/T 22499-2008
中华人民共和国卫生部	固体食品	0.15	预包装食品营养标签通则 GB 28050-2011
中华人民共和国供销合作行业标准	谷物类	0.10-0.50	富硒农产品 GH/T 1135-2017

地区	粮食品种	Se 含量 (mg/kg)	引用标准
湖北省地方标准	大米、玉米、小麦	0.20-0.50	富有机硒食品硒含量要求 DBS 42/ 002-2014
江西省地方标准	稻米及制品	0.07-0.30	富硒食品硒含量分类标准 DB 36/T566-2009
陕西省地方标准	粮食加工品	0.15-0.30	富硒食品与其相关产品 硒含量标准 DB 61/T556-2012
陕西省安康市地方标准	成品粮	0.02-0.30	富硒食品硒含量分类标准 DB 6124.01-2010
	粮食加工制品	0.005-0.30	
重庆市地方标准	稻谷及制品	0.05-0.30	富硒农产品 DB 50/T524-2013
	玉米及制品	0.02-0.30	
广西省地方标准	粮食	0.15-0.50	富硒农产品硒含量分类要求 DB 45/T1061-2014
湖南省地方标准	固体食品	0.15	富硒农产品生产技术要求 DB 43/T816-832-2013
宁夏回族自治区地方标准	水稻、玉米、小麦	0.04-0.30	宁夏富硒农产品标准(水稻、玉米、小麦与枸杞干果) DB 64/ T1221-2016

表 5 基于作物籽实和根系土线性模型的富硒土壤标准值

	作物与根系土 硒含量关系模型	富硒成品量标 (mg/kg)		富硒土壤标准 (mg/kg)	
		下限	上限	下限	上限
水稻	$Y=0.1015X+0.01753$	0.04	0.30	0.22	2.78
		0.07	0.30	0.31	0.84
小麦	$Y=0.4296X-0.0616$	0.07	0.30	0.31	0.84
		0.07	0.30	0.94	4.91
玉米	$Y=0.0580X+0.0153$	0.07	0.30	0.94	4.91
		0.07	0.30	0.94	4.91

近年来一些地方政府根据当地富硒农作物的分布特征，也颁布了一些富硒土壤的地方标准，上述方程估算的富硒土壤硒含量下限变化于 0.22~0.94 mg/kg，完全覆盖了上述地方富硒土壤的标准，也表明本标准提出的富硒土壤的值能适用于全国。

在此基础上，在标准征求意见稿中提出富硒土地的含量阈值为土

壤中总硒含量介于 0.22~5.00 mg/kg，重金属含量小于《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(GB15618-2018)》中农用地土壤污染风险筛选值要求的土壤，并结合不同地区分别给出地区阈值和不同种植区的阈值。

2.2.2 天然富硒土地分类阈值的修订

反馈意见中对天然富硒土地分类阈值的标准存在巨大分歧，尤其是南北方因成土母质、气候、种植结构的巨大差异。长江以南的各地勘单位认为硒含量为 0.22mg/kg 的下限值，一方面致使南方出现成片地均为富硒土壤，另一方面在 0.22-0.30mg/kg 范围内的富硒土地，农作物富硒比例偏低，这对开发利用富硒土地生产农作物带来较大的误导；长江以北的广大北方地区，认为硒含量大于 0.30mg/kg 土地资源分布很少，且在硒含量在 0.22-0.30mg/kg 土地资源作物富硒比例也较高，已经开始把硒含量在 0.22mg/kg 的土地资源作为生产富硒农作物的特色土地资源进行开发，认为土壤硒含量过于严苛，不能真实反映富硒土地资源的数量和面积，不利于农业经济发展。

在此基础上，通过网上的讨论，认为南方主要为酸性土壤，北方主要为碱性土壤，提出尝试根据土壤酸碱性的不同，进一步细分富硒土壤阈值。

为便于估算不同 pH 间土壤硒含量的阈值，我们对农产品硒含量和人群硒摄入量进行了初步估算。众所周知，硒是人和动物必须的一个痕量元素，其不足和过量都会影响到人和动物健康，人体硒缺乏（20 $\mu\text{g}/\text{d}$ 人）、适量（55 $\mu\text{g}/\text{d}$ 人）和毒害（400 $\mu\text{g}/\text{d}$ 人）的间距非常小。

当前我国人群膳食的人均谷物摄入量在 250~400 g/day，谷物含硒量按 0.07 mg/kg 计算，对应的硒摄入量为 17.5-28 $\mu\text{g/day}$ 。根据中国人群膳食结构调查成果，一般谷物可贡献约 1/4 的日硒摄入量，这样对应居民日硒摄入量在 70~112 $\mu\text{g/day}$ 。

反之《富硒稻谷》(GB/T 22499-2008) 中规定硒含量 0.04 mg/kg 即为富硒稻谷的定值，按人均谷物摄入量 250-400 g/day 估算，对应的人均硒摄入量为 10-16 $\mu\text{g/day}$ ，低于人均硒摄入 (55 $\mu\text{g/d}$ 人) 的适量要求。

鉴于上述原因，我们按照农作物硒含量为 0.07mg/kg 作物富硒标准，重新进行了研究。各种 pH 条件下，土壤硒的阈值仍存在较宽广的变化区间 (表 6)。因此即使按照土壤的酸碱性，也很难确定给出一个全国比较易于执行的天然富硒土地的硒阈值。

表 6 天然富硒土地硒含量值 (mg/kg)

土地分类	pH<6.5	土壤 Se 含量		土壤 Se 含量		土壤 Se 含量		农作物 Se 含量
		6.5≤pH≤7.5		pH>7.5				
		下限	上限	下限	上限	下限	上限	
水田	y=2.2806x+0.2652 r=0.348,n=4818	0.42	y=2.8611x+0.3015 r=0.384,n=911	0.51	y=3.5374x+0.2821 r=0.763,n=896	0.53	1.34	0.07 0.30
		0.95		1.16		1.34		
旱地 (小麦)	y=1.7324x+0.1468 r=0.421,n=221	0.27	y=1.5864x+0.1994 r=0.445,n=99	0.31	y=0.7296x+0.2763 r=0.446,n=989	0.33	0.50	0.07 0.30
		0.67		0.68		0.50		
旱地 (玉米)	y=6.3509x+0.2113 r=0.425,n=618	0.65	y=2.1258x+0.3608 r=0.743,n=271	0.51	y=2.261x+0.2408 r=0.554,n=770	0.40	0.92	0.07 0.30
		2.12		1.00		0.92		

2.2.3 天然富硒土地分类阈值的确定

土壤—作物系统中硒的迁移过程是一个极其复杂的生物地球化学过程，该过程可受土壤环境条件、土壤硒、重金属含量和存在形式、气候、地貌及作物种类、田间管理过程等因素影响，导致土壤硒含量较高的地区，有可能存在作物不富硒，土壤硒含量较低的地区，作物可能富集硒，这对全国富硒土壤的阈值确定带来困难。在对土壤-作物系统富硒率进行空间分析的基础上，并通过土壤-作物富硒率协同分析模型，来确定富硒土壤的阈值（图 9）。图中显示 A 区作物富硒率明显大于土壤富硒率，说明该区土壤全量硒较低但有效 Se 含量很高或者 Se 有其它成因来源，比如灌溉水、大气干湿沉降、施肥等等；B 区作物富硒率与土壤富硒率相同，说明该区土壤 Se 全量及有效性都较高；C 区作物富硒率明显小于土壤富硒率，说明该区土壤 Se 全量很高但土壤有效 Se 含量一般。建立土壤富硒标准，如果标准较高，则大部分数据会落入 C 区，如果标准较低，则大部分数据会落入 A 区，原则是必须尽量满足投影到 B 区域的点最多。

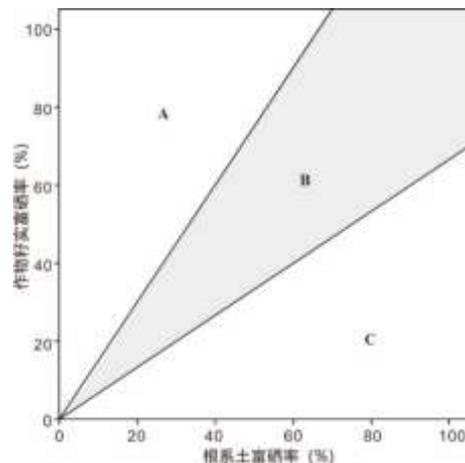


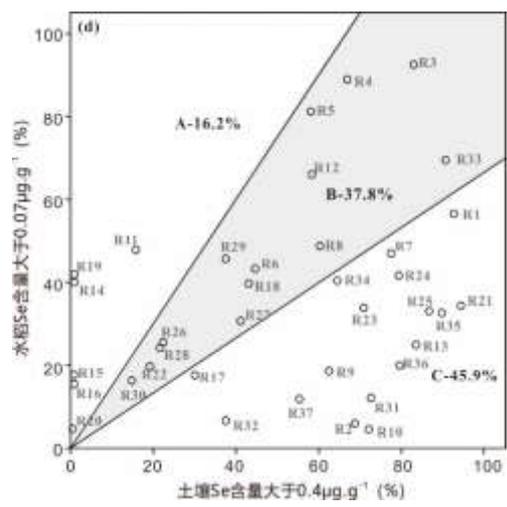
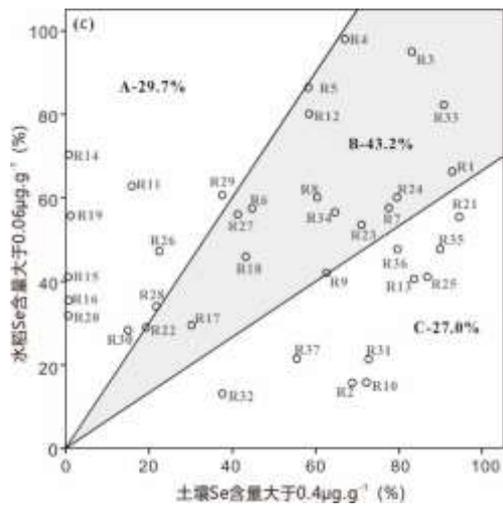
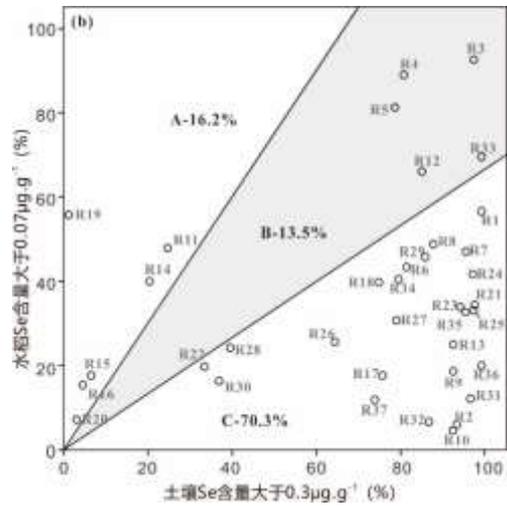
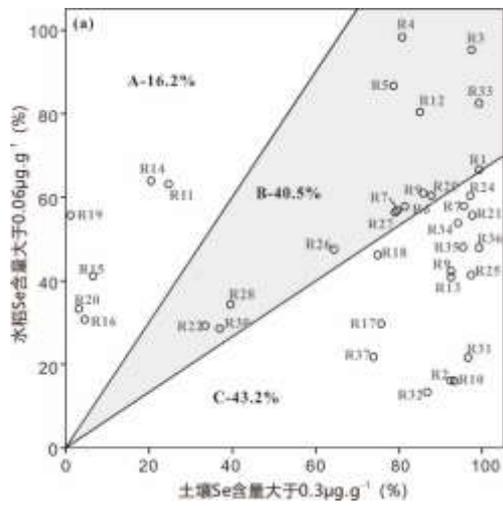
图 9 土壤-作物富硒率协同分析模型

采用富硒阈值权衡协同模型对水稻、小麦、玉米及对应根系土作物-土壤富硒率分析显示(图 10, 图 11, 图 12), 对水稻-根系土而言, 土壤硒含量大于 0.4mg/mg, 水稻籽实硒含量为 0.06mg/kg, 属最佳协同模型; 对小麦-根系土而言, 土壤硒含量大于 0.30mg/mg, 小麦籽实硒含量为 0.07mg/kg, 属最佳协同模型; 对玉米而言, 土壤硒含量大于 0.50mg/mg, 玉米籽实硒含量为 0.07mg/kg, 属最佳协同模型。

表 7 水稻籽实-土壤富硒率统计表

编号	分区	样品数	土壤			水稻	
			Se> 0.3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 比例 (%)	Se> 0.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 比例 (%)	Se> 0.5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 比例 (%)	Se> 0.06 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 比 例 (%)	Se> 0.07 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 比 例 (%)
R1	广西崇左	30	100.0	93.3	80.0	66.7	56.7
R2	辽宁丹东	32	93.8	68.8	28.1	15.6	6.3
R3	四川德阳	109	98.2	83.5	49.5	95.4	92.7
R4	广东佛山	64	81.3	67.2	39.1	98.4	89.1
R5	广西贵港 1	91	79.1	58.2	24.2	86.8	81.3
R6	广西贵港 2	83	81.9	44.6	21.7	57.8	43.4
R7	广西贵港 3	240	96.3	77.9	51.3	57.9	47.1
R8	广西桂林 1	43	88.4	60.5	27.9	60.5	48.8
R9	广西桂林 2	87	93.1	72.4	44.8	16.1	4.6
R10	广西桂林 3	59	93.2	62.7	44.1	42.4	18.6
R11	海南 1	144	24.3	15.3	8.3	63.2	47.9
R12	海南 2	118	85.6	58.5	34.7	80.5	66.1
R13	广东江门	44	93.2	84.1	79.5	40.9	25.0
R14	浙江金华 1	26	3.8	0.0	0.0	30.8	15.4
R15	浙江金华 2	34	5.9	0.0	0.0	41.2	17.6
R16	浙江金华 3	25	20.0	0.0	0.0	64.0	40.0
R17	湖北荆州	272	76.1	29.8	1.5	29.8	17.6
R18	广西来宾	93	75.3	43.0	26.9	46.2	39.8
R19	四川凉山彝 族自治州	33	0.0	0.0	0.0	51.5	42.4
R20	福建龙岩	42	2.4	0.0	0.0	33.3	7.1
R21	湖南娄底	61	98.4	95.1	82.0	55.7	34.4
R22	广西南宁 1	304	33.2	18.8	15.1	29.3	19.7
R23	广西南宁 2	271	94.8	71.2	36.5	53.9	33.9
R24	广西南宁 3	139	97.8	79.9	52.5	60.4	41.7
R25	广西南宁 4	157	98.1	87.3	67.5	41.4	33.1
R26	广西钦州 1	82	64.6	22.0	8.5	47.6	25.6

R27	广西钦州 2	78	79.5	41.0	16.7	56.4	30.8
R28	浙江衢州 1	99	39.4	21.2	7.1	34.3	24.2
R29	浙江衢州 2	59	86.4	37.3	15.3	61.0	45.8
R30	福建三明	49	36.7	14.3	12.2	28.6	16.3
R31	黑龙江双鸭山	74	97.3	73.0	37.8	21.6	12.2
R32	安徽芜湖	150	87.3	37.3	3.3	13.3	6.7
R33	江苏徐州	46	100.0	91.3	84.8	82.6	69.6
R34	四川宜宾 1	536	80.0	64.7	52.4	56.9	40.5
R35	四川宜宾 2	52	96.2	90.4	78.8	48.1	32.7
R36	江西宜春	50	100.0	80.0	38.0	48.0	20.0
R37	广西玉林	101	74.3	55.4	28.7	21.8	11.9



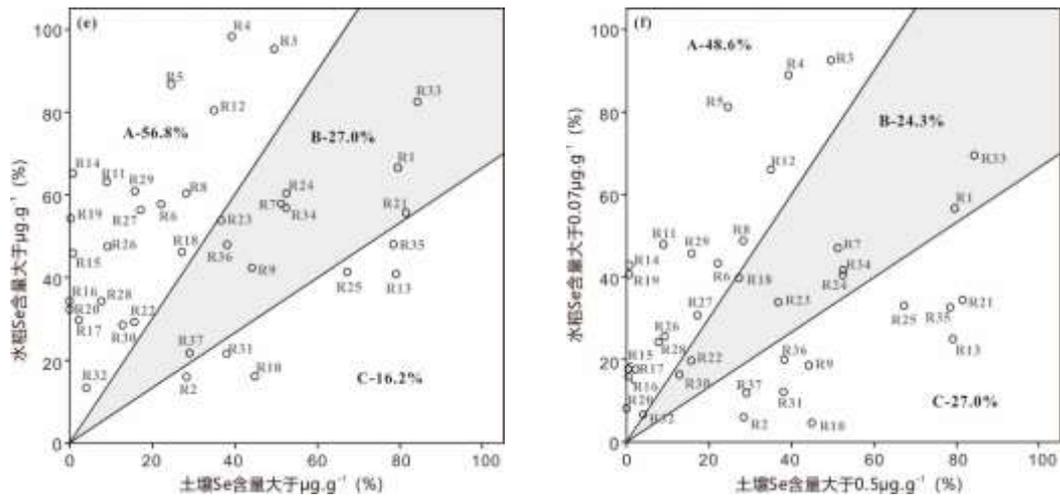


图 10 水稻籽实-根系土富硒率协同模型分析

表 8 小麦籽实-土壤富硒率统计表

编号	分区	样品数	土壤			小麦	
			Se > 0.2 μg·g ⁻¹ 比例 (%)	Se > 0.3 μg·g ⁻¹ 比例 (%)	Se > 0.4 μg·g ⁻¹ 比例 (%)	Se > 0.07 μg·g ⁻¹ 比例 (%)	Se > 0.08 μg·g ⁻¹ 比例 (%)
W1	新疆阿克苏地区	30	93.3	40.0	10.0	53.3	50.0
W2	河北保定	53	92.5	67.9	28.3	54.7	52.8
W3	青海海东	45	95.6	42.2	15.6	35.6	20.0
W4	青海海南藏族自治州	39	94.9	61.5	43.6	59.0	43.6
W5	河南焦作	121	96.7	82.6	66.1	61.2	50.4
W6	山东莱芜	20	100.0	55.0	35.0	50.0	45.0
W7	山西临汾	30	100.0	100.0	96.7	93.3	93.3
W8	湖北仙桃	105	95.2	52.4	23.8	65.7	60.0
W9	陕西渭南	31	96.8	54.8	29.0	74.2	64.5
W10	陕西西安	232	97.8	65.9	35.8	70.3	65.5
W11	陕西咸阳	153	95.4	62.1	32.0	65.4	61.4
W12	新疆伊犁哈萨克自治州	20	100.0	85.0	65.0	55.0	50.0

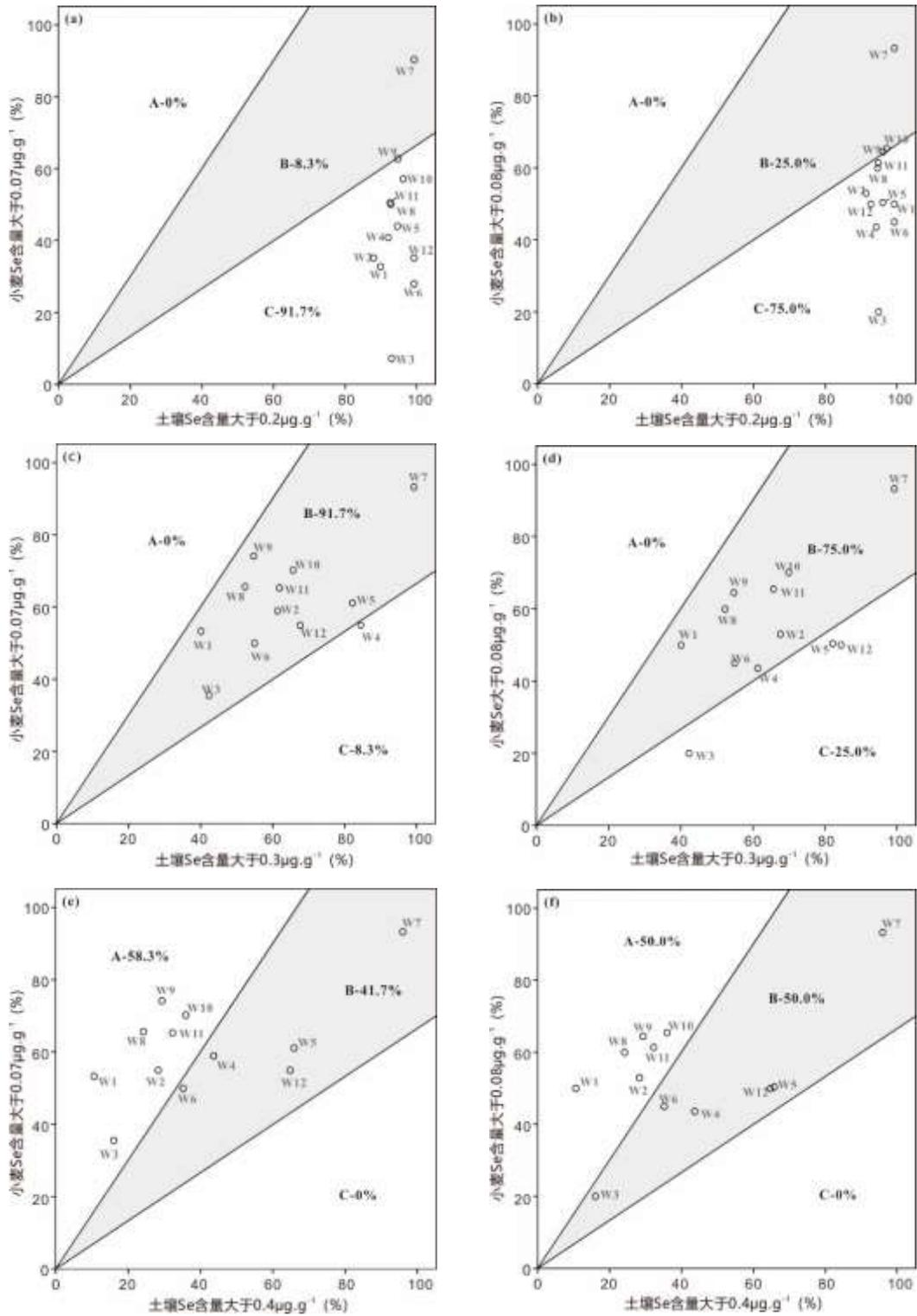
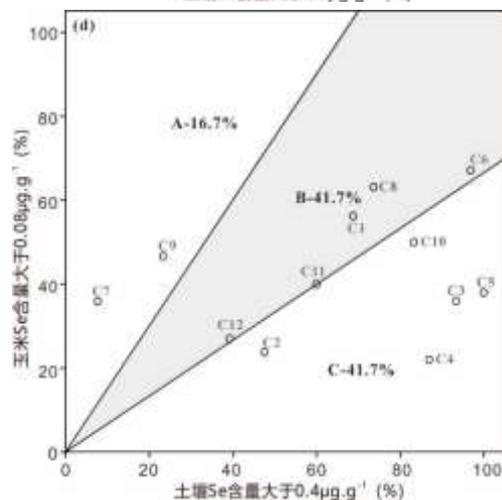
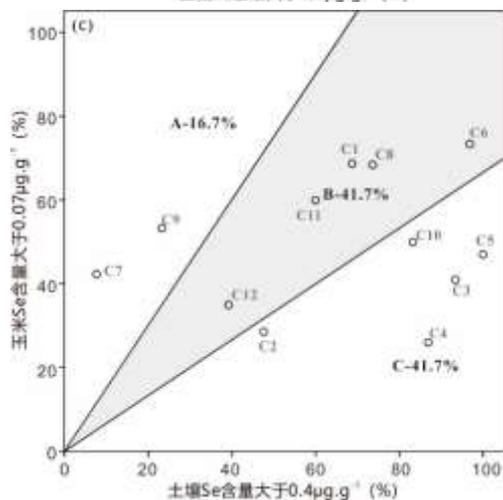
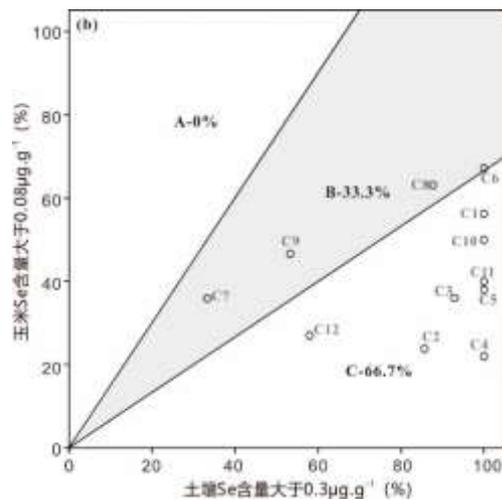
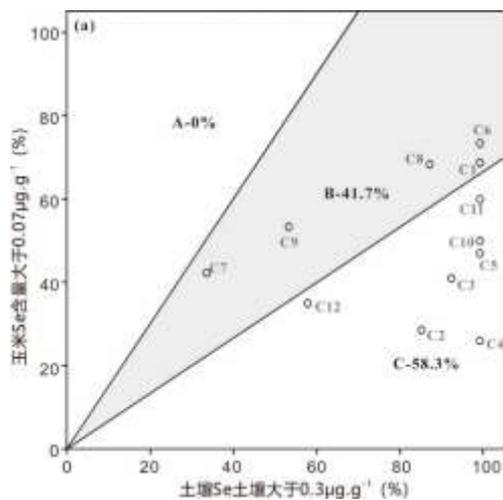


图 11 小麦籽实-根系土富硒阈值协同模型分析

表 9 玉米籽实-土壤富硒率统计表

编号	分区	样品数	土壤			玉米	
			Se > 0.3 μg·g ⁻¹	Se > 0.4 μg·g ⁻¹	Se > 0.5 μg·g ⁻¹	Se > 0.07 μg·g ⁻¹	Se > 0.08 μg·g ⁻¹

		比例 (%)	例 (%)	比例 (%)	比例 (%)	比例 (%)
C1	四川西 昌	16	100.0	68.8	37.5	68.8
C2	黑龙江	21	85.7	47.6	38.1	28.6
C3	广西	61	93.4	93.4	88.5	41.0
C4	湖南娄 邵	23	100.0	87.0	56.5	26.1
C5	广西	32	100.0	100.0	65.6	46.9
C6	湖北恩 施	64	100.0	96.9	93.8	73.4
C7	湖北江 汉	78	33.3	7.7	0.0	42.3
C8	山西	57	87.7	73.7	59.6	68.4
C9	新疆	30	53.3	23.3	16.7	53.3
C10	山东	12	100.0	83.3	58.3	50.0
C11	河北保 定	15	100.0	60.0	46.7	60.0
C12	陕西	153	58.2	39.2	20.9	35.3



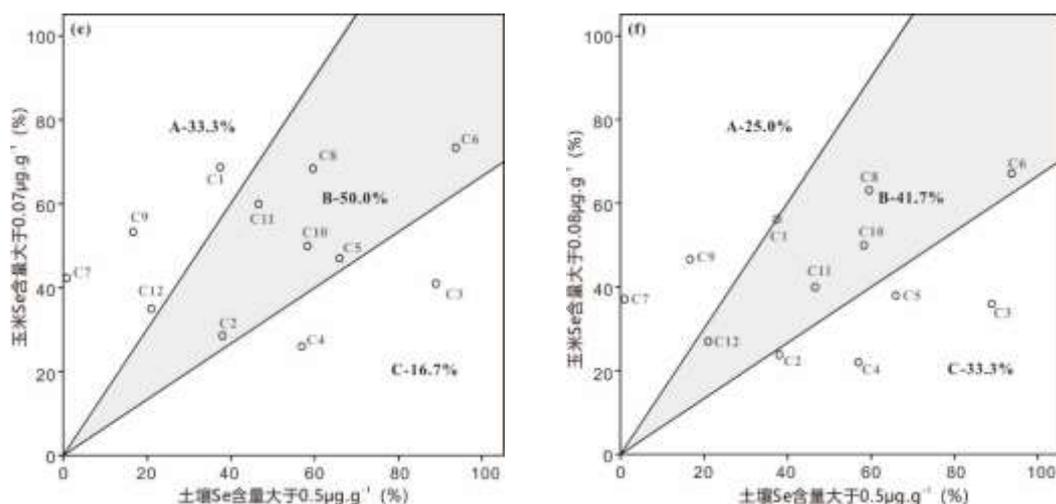


图 12 玉米籽实-根系土富硒率协同分析模型

总书记到江西视察时明确指出“这里还有一块情况没有介绍，富硒产品，这里有丰富的富硒土壤资源，一定要打好这个品牌，让富硒农产品在市场上更加畅销”。为了落实好习总书记的指示，标准编制组对天然富硒土地的硒阈值采用相对严格的标准，即水田土壤中总硒含量 ≥ 0.40 mg/kg，富硒旱地土壤中硒含量 ≥ 0.30 mg/kg，划归为天然富硒土地，以确保划定的富硒土地上生产的农作物具有较高的硒含量和富硒比例。为与《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB2762-2017）标准保持一致，对富硒土地的硒含量上限不做要求。

2.2.4 天然富硒土地划定

天然富硒土地划定是本标准的主要内容之一，考虑到当前我国富硒土地资源的开发利用均是政府主导，企业参与，农户参加的模式。因此将富硒土地的划定与土地利用图斑紧密结合，这有利于精确刻画富硒土地的边界，也有利于政府主导开发。

2.2.5 标识组成

标识组成主要规定了标识的构成要素和用色、字体和信息表达的

内容,主要目的是增加富硒土地资源的辨识度和扩大富硒土地资源开发的影响力。

三、主要试验(或验证)的分析和预期的经济效果

在提出上述天然富硒土地硒阈值标准后,标准起草组邀请广东、广西、湖南、四川、重庆、江西等地质调查院对土壤硒含量大于0.40mg/kg、水稻籽实的富硒情况,邀请陕西、山西、河北、河南等地质调查院对土壤硒含量大于0.30mg/kg、小麦籽实的富硒情况进行检验,结果见表10和11。

表10 土壤硒含量大于0.40mg/kg,水稻籽实富硒率统计表

地区	总样本 (件)	水稻籽实 Se>0.04mg/kg		水稻籽实 Se>0.07mg/kg	
		样本(件)	富硒率%	样本(数)	富硒率%
广东	210	154	73.3	61	29
广西	2420	2021	83.5	896	37
湖南	205	137	67.0	61	30
重庆	184	155	84.0	56	30.4
四川	631	430	68.2	195	30.9
浙江	288	211	73.3	63	21.9
江西	128	115	89.8	45	35.2
辽宁	15	9	60.0	1	6.7
黑龙江	28	19	67.9	4	14.3

验证结果显示,当土壤硒含量大于0.40mg/kg,水稻籽实富硒率为60—90%;当土壤硒含量大于0.30mg/kg,陕西、山西、河北小麦籽实富硒率为80—85%;但河南小麦籽实富硒率仅为32%。

根据上述验证结果,我们认为水田土壤中总硒含量 ≥ 0.40 mg/kg,富硒旱地土壤中硒含量 ≥ 0.30 mg/kg,划归为天然富硒土地的阈值标准基本适用全国。

表11 土壤硒含量大于0.30mg/kg,水稻籽实富硒率统计表

地区	总样本（数）	小麦籽实 Se>0.04mg/kg		小麦籽实 Se>0.07mg/kg	
		样本（数）	富硒率%	样本（数）	富硒率%
陕西	329	—	—	288	87.54
山西	113	—	—	91	79.8
河南	119	95	79.8	38	31.9
河北	154	—	—	131	85

—：未统计。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

无。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准为新制定标准，标准内容符合国家有关标准化工作的法律、法规和方针、政策要求，技术先进、切实可行，有利于促进科技进步与创新及科技成果转化，有利于建立和完善科学合理的自然资源技术标准体系。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

6.1 富硒土壤阈值

前已述及，标准制定过程中，南北方地勘单位对富硒土壤阈值的确定存在重大争议。标准制定过程中，主要从科学性、适用性和可靠性三个方面来协调解决重大争议。

1、充分利用已经收集的作物-根系土的系统调查数据，通过建立具有统计意义的线性方程，提出一个较宽泛的富硒土壤阈值区间。

2、根据反馈意见，按土壤酸碱性分类建立线性方程，提出不同pH条件下的富硒土壤的硒阈值，发现阈值变化仍显宽泛。

3、是深入开展硒摄入量、作物硒含量、土壤硒含量之间的硒阈值权衡协同模型分析，根据协同模型分析结果，给出主要农作物的最佳阈值。

4、拟确定的阈值提交地方进行检验，进一步确定其适用性和可靠性。

5、围绕习总书记“...，一定要打好这个品牌，让富硒农产品在市场上更加畅销”的指示，以确保富硒土地能比较稳定地生产出富硒农产品为目标，综合权衡，采取相对严格的阈值标准。

通过上述过程，不断调整优化，使分歧达到最小。

6.2 标准名称

标准征求意见过程，对标准是用《富硒土地划定与标识》还是用《天然富硒土地划定与标识》，大多数专家认为用《天然富硒土地划定与标识》较为合适，但仍有部分专家坚持用《富硒土地划定与标识》合适。围绕上述争议，我们认为本标准主要的适用范围是农用地，且天然富硒包含生态友好的含义，因此采用了大多数人的意见，把标准名称定为《天然富硒土地划定与标识》。

6.3 考虑景观和重金属

部分专家认为一些重金属（如：Hg、Cd、As、Pb）与硒有相互作用关系，标准制定中没有考虑；同时建议考虑中国硒景观划分标准、土壤pH、有机质、铁锰氧化物及有效硒等。

1、目前对硒与重金属的协同与拮抗作用仍停留在科学研究阶段，即使同一个重金属元素，在不同地区呈现的协同或拮抗作用也不一致，未形成明确的结论，因此在本标准制定过程中未考虑。

2、有许多文献探索了硒的生物有效性与生物富硒之间的相关关系，一些地区也确实发现土壤硒高，生物硒并不高的情况。目前土壤中有效硒的分析方法主要采用单步或分步提取技术，也有少量学者采用 DGT 技术研究有效硒。大量的调查实践表明，目前不同实验室的单步或分步提取获得的分析数据，误差较大，无法进行全国对比。因此不适合用于作为富硒土壤的通用指标。

3、以谭建安为首的中国老一辈科学家，在 40 年前对我国硒的景观分布格局及与地方病之间的关联做出了开创性的贡献，编制了我国硒元素生态景观类型图（图 13）。随着近年土地质量地球化学调查面积的不断扩大和调查数据的不断积累，呈北东-南西向分布的低硒带可能需要进一步修改完善。原先认为的一个硒缺乏区，如东北平原，目前已有的调查数据显示东北平原的农田土壤，也分布有较大面积的中等、甚至是高含量的硒（图 14），而原先认为西北宁夏、甘肃、新疆、青海的高硒带，也有相当大的面积土壤中硒的含量仅为正常和低硒带范围内（图 15），因此中国土壤硒的空间分布格局随着调查数据的不断增多，需要重新确认。在制定富硒土壤标注过程中参考了景观分布图和等级划分阈值，但未作为分区依据使用。

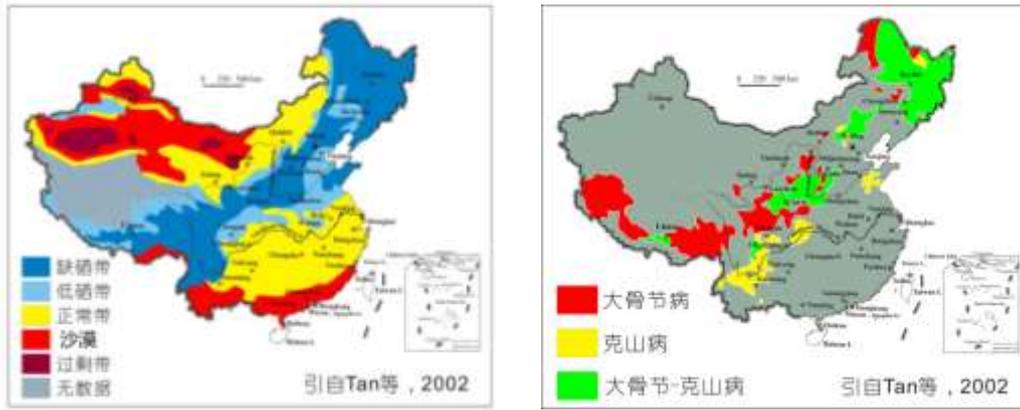


图 13 我国硒元素生态景观类型图 (Tan et al.,2002)

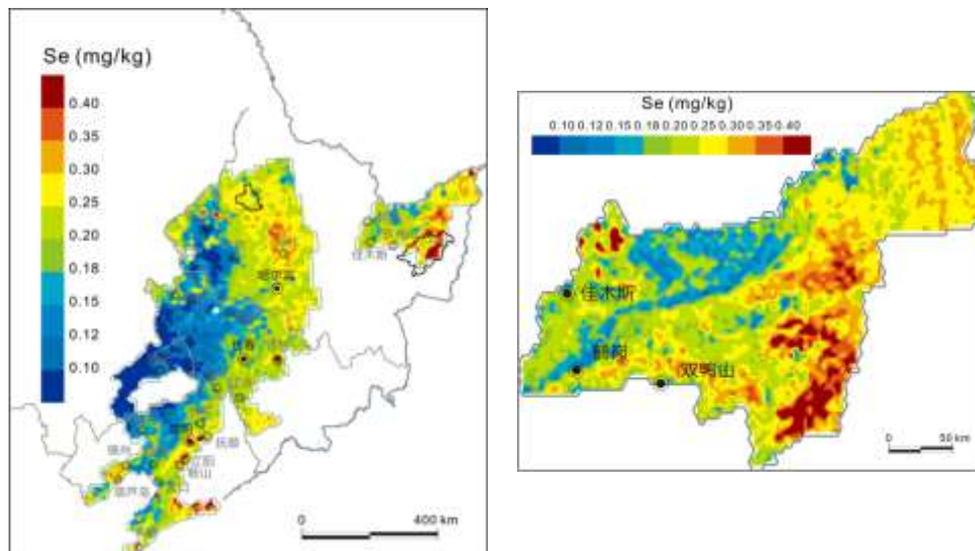


图 14 黑龙江平原区土壤硒地球化学图

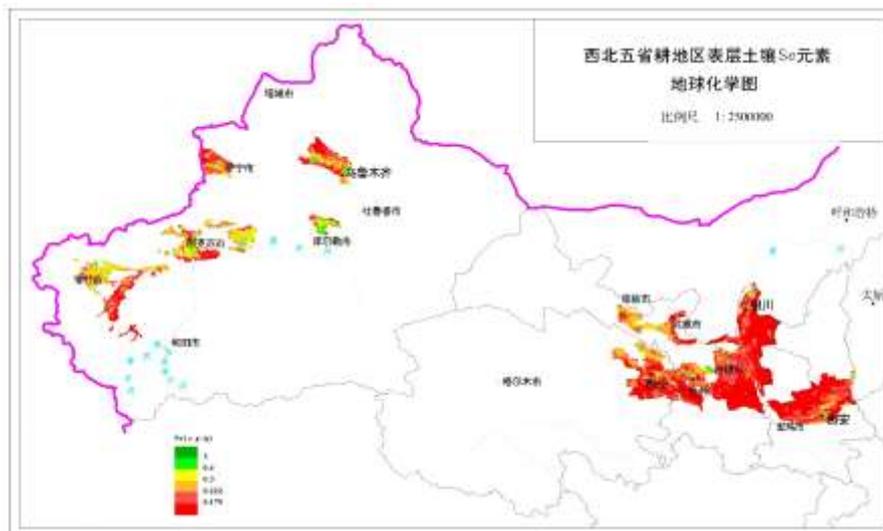


图 15 西北地区土壤硒分布图

6.4 对富硒标识管理等方面的分歧

反馈意见主要集中在哪些部门有权管理富硒标识及技术规范中是否要包含管理方面的内容。

标准组编写成员及大多数专家认为，标准只包括相关的技术要求，不应该包括管理方面的内容。根据上述建议，在修改过程中把与管理相关的内容均从标准中删除。

6.5 行标评审会专家意见处理

(1) 修改调整应用范围

会审专家提出调整适用范围，采纳。

送审稿中“本标准适用于耕地、园地、牧草地、林地等天然富硒土地的划定与标识。”，根据专家意见修改为“本标准适用于耕地、园地天然富硒土地的划定与标识，草地、林地等参照执行。”

(2) 增加规范性引用文件

会审专家提出应国家规范性引用文件，采纳。

已在规范性引用文件中增加了：**GB/T 21010** 土地利用现状分类。

(3) 术语和定义中增加图斑术语和修改“富硒土地”、“富硒土地划定”术语

已按专家意见把“富硒土地”修改为“天然富硒土地”，增加了“图斑”术语。

把“富硒土地划定 依据土壤地球化学调查数据和本标准规定值，以土地利用图斑为单元，按照规定程序，划定的富硒土地，包括富硒土地的面积、分布、地块边界等。”修改为“富硒土地划定 依据土壤地球化学调查数据和本标准规定值，以土地利用图斑为单元，按照规定程序，确定天然富硒土地的边界、范围、类型等。”

(4) 5.1 和 5.2 中个别文字调整

以按专家意见把 5.1 中“富硒土地依据土壤中硒元素含量和有益有害组分含量，...”调整为“富硒土地依据土壤中硒元素含量和有害组分含量，...”；5.2 中“当土壤中硒含量未达到表 1 中的富硒标准阈值...”修改为“当土地中硒含量未达到表 1 中的富硒标准阈值...”。

(5) 专家提出 4.2.1 中“富硒土地的划定需在完成土地质量地球化学调查的基础上进行。”限定范围偏窄。

该条意见未采纳，原因是为防止不按专业规范调查，可能导致圈定的富硒土地缺乏权威性。

(6) 专家提出是否考虑加上硒含量阈值上限

该条意见未采纳，原因是我国在《食品安全国家标准 食品中污

染物限量》GB 2762-2012 中已经取消了食品中 Se 的限量规定，且在《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017) 中继续取消了食品中 Se 的限量规定。

(7) 专家提出是否需要灌溉水作出要求。

未采纳，原因是标准适用范围已做调整，原适用包括了林地、草地，上述用地类型不灌溉。目前已将林地、草地修改为参照执行。也就不存在对灌溉水作出规定的需要了。

(8) 专家提出建议把“6 富硒土地划定”修改为“6 富硒土地确定”

未采纳。原因是标准名称为“天然富硒土地划定与标识”，为与标准名称保持一致，不做调整。

(9) 专家建议可否规定最小图斑面积。

未采纳。原因是在 4.2 总体要求和 6.1 划定要求中规定了调查、划定的最小工作比例尺、图斑数据比例尺，包含了最小图斑面积的含义。

(10) 专家提出“6.1.3 当单一土地利用图斑中有一个数据时，可将该数据作为该土地利用图斑划分天然富硒土地类型的依据。”中一个数据是否数据量太少。

已经过大规模试验，满足误差分析要求。

(11) 专家建议“将 6.1.4 和 6.1.5 调整到 6.2 中”。

未采纳。6.1.4 和 6.1.5 是图斑内数据处理要求，不是划定方法。

(12) 专家建议增加“土壤肥力、灌溉水数据”。

采纳，已在文本中修改。

(13) 专家建议 8.2 不体现行政管理方面的内容。

采纳。已修改。

其他意见已在标准中做了相应修改。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

根据《自然资源标准化管理办法》的相关规定和要求以及任务书的规定，建议《天然富硒土地划定与标识》作为推荐性行业标准颁布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准编制过程中做了较深入的调研和论证，信息比较丰富。新的标准颁布后，建议自然资源部有关业务主管机构，及时组织并委托本标准的起草单位进行标准的宣传贯彻和培训工作。

本标准的起草单位会主动跟踪标准的实施情况，积极配合自然资源部有关业务主管机构对标准实施工作进行监督和指导。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。