

浙江省天目山地区土壤地质与地球化学特征

任荣富¹, 解怀生¹, 简中华¹, 徐杨坤², 张 今³

(1 浙江省地质调查院, 浙江 杭州 311203; 2 浙江省安吉县农业局, 浙江 安吉 313300;

3 浙江省安吉县农业与农村经济委员会, 浙江 安吉 313300)

摘要: 阐述了浙江省天目山地区的土壤地质、地球化学特征和农用灌溉水环境, 对不同地质背景区土壤元素的本底值、养分水平、主要微量元素平均含量和土壤环境质量情况进行了对比评价。结果表明, 该区土地环境质量达Ⅰ级标准, 水环境质量达Ⅱ类标准, 是浙北地区发展特色农业、生态农业、生态旅游和开发绿色食品、有机食品等绿色产业区带的理想区域之一。

关键词: 天目山地区; 土壤地质; 地球化学; 土壤环境质量; 绿色产业区带; 浙江省

中图分类号: S153; S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)01-0049-05

Soil Geology and Geochemistry Characteristics in the Tianmu Mountain Area, Zhejiang Province

REN Rong-fu¹, XIE Huai-sheng¹, JIAN Zhong-hua¹, XU Yang-kun², ZHANG Jin³

(1 Zhejiang Province Institute of Geological Survey, Hangzhou 311203, Zhejiang, China;

2 Department of Agriculture, Anji County Government of Zhejiang Province, Anji 313300, Zhejiang, China;

3 Agriculture and Rural Economic Committee, Anji County Government of Zhejiang Province, Anji 313300, Zhejiang, China)

Abstract This paper expatiates the geology of soil, the characteristics of soil geochemistry, the environment of agricultural irrigation water in the area of Tianmu Mountain area in Zhejiang Province. The background value and nutrient level of elements in the soil, the average content of the main trace elements and the environment quality of soil in the areas with different geological background are analyzed, and the contrast and appraisalment are made. The result indicates that, in the area, the environment quality reaches levelⅠ, the water environment quality reaches levelⅡ. It also shows that this area is one of ideal sub-areas for devolving characteristic agriculture, ecological agriculture, ecology tourism, and devolving organic foods and green belt industry in north Zhejiang Province.

Key words: Tianmu Mountain area; soil geology; geochemistry; environmental quality of soil; green industry; Zhejiang Province

0 引言

土壤地质地球化学调查是一项不可或缺的农业基础性公益性工作,亦是实现农业合理布局的科学依据之一。土壤地质地球化学环境,影响着农业生产方式、生产力,关系到土地资源的持续利用和农业经济的持续发展^[1]。因此,查明一个地区的土壤地质地球化学特征,探讨土壤地质地球化学环境

与农业种植和养殖业发展的关系,了解其对农业生产的影响,对于在该地区进行农业产业结构调整、农业综合开发规划的编制与创建绿色产业区带等,均具有重要的指导意义。

1 自然地理与社会经济概况

天目山地区系指天目山以北、太湖以南、京杭大运河以西的广大地区,西与安徽广德、宣城接壤,

收稿日期: 2007-08-25

基金项目: 中国地质调查局项目(3300009950003)

作者简介: 任荣富(1952-),男,浙江建德人,工程师,从事国土资源与农业生态环境地质调查研究。E-mail: zjxsren@56.com

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

北与江苏宜兴相连, 素有三省通衢、浙北门户之称。地势西高东低, 地貌为低山、丘陵、岗地, 天目山主峰龙王山海拔 1 587. 4 m, 往东逐级递降至太湖之滨, 仅为 2~3 m。该区位于长江三角洲西南隅, 行政区属湖州市所辖长兴、安吉、德清县, 总面积 1 389 km², 耕地面积 8. 08×10⁴ hm², 总人口 148. 9 万。区内自然地理条件优越, 自然资源丰富, 农业基础设施完备, 农业产业化、农产品商品化程度较高。2001 年实现国内生产总值 214. 1 亿元, 一、二、三产业产值比分别为 15:56:29, 城乡居民储蓄余额达 94. 9 亿元^[2]。本区因居上海、杭州和南京之中心地带, 发展生态农业, 推行清洁生产, 为周边大都市提供绿色农产品, 是本区优势产业之一^[3-4]。

2 土壤地质特征

2.1 农业地貌

天目山地区农业地貌可分为山地、丘陵、岗地

和平原 4 个基本类型^[5], 其中丘陵根据高程不同可细分为高丘、中丘、低丘和孤残丘 4 种形式, 平原依据成因差异又可细分为河谷平原和水网平原 2 个亚类(表 1)。

2.2 成土母质

天目山地区地质构造复杂, 地层岩性多样, 成土母质复杂, 土壤类型丰富多样(图 1)。

山地土壤与成土母质有十分明显的继承性。本区土壤的成土母质类型可分为凝灰岩类风化残坡积物、花岗岩类风化残坡积物、砂泥质岩类风化残坡积物、碳酸盐岩类风化残坡积物和红色砂砾岩类风化残坡积物 5 种基本类型, 其中砂泥质岩类和碳酸盐岩类成壤较好, 而砂砾岩类成壤较差。

平原区土壤的母质主要为海、湖、河流的冲积物, 与下部基岩无继承性关系, 成土只取决于冲积物的成分和结构构造特性, 其土壤理化性质明显不同, 因而对农业利用具明显的选择性。

表 1 天目山地区农业地貌类型特征

| Tab. 1 Dividing of Agricultural Ground Types in the Tianmu Mountain Area | | | | |
|--|-------|------------|-----------|---|
| 类型 | 亚类 | 地貌单元 | 地质条件 | 农业利用方式 |
| 丘陵 | 山地高丘 | 五通山、莫干山 | 上古生代沉积岩 | 林业用地为主, 生态公益林、水源涵养林、农林特产开发、山谷缓坡地经济林, 笋用早竹林、水土保持, 黄红壤改造, 综合治理与开发利用 |
| | 次级中丘 | 牛头山、九龙山 | | |
| 岗地 | 外缘低丘 | 黄芝山、笔架山 | 中生代火山沉积岩 | 生态公益林、水土保持林、人工防护林、经济林、旱地农作物 |
| | 平原孤残丘 | 龙山、鸡笼山、架子山 | | |
| 低山 | 高坡岗地 | 泗安岗地 | 晚白垩世红色砂砾岩 | 生态公益林、水土保持林、人工防护林、经济林、旱地农作物 |
| | 低坡岗地 | 南湖林场岗地 | | |
| 平原 | 低山山地 | 天荒坪山地 | 下古生代海相沉积岩 | 生态公益林、水源涵养林、材用毛竹林、用材林为主, 山坡低地, 经济林、低缓坡地旱地作物、山间水田粮油作物种植 |
| | 低山谷地 | 莫干山山地 | 中生代陆相火山岩 | |
| | 低山谷地 | 章村山谷地 | 燕山期花岗岩 | |
| 平原 | 河谷平原 | 梅溪平原、德清平原 | 全新世冲积平原 | 水产养殖、粮、油、桑、蔬菜种植等效益农业 |
| | 水网平原 | 湖州平原、长兴平原 | | |

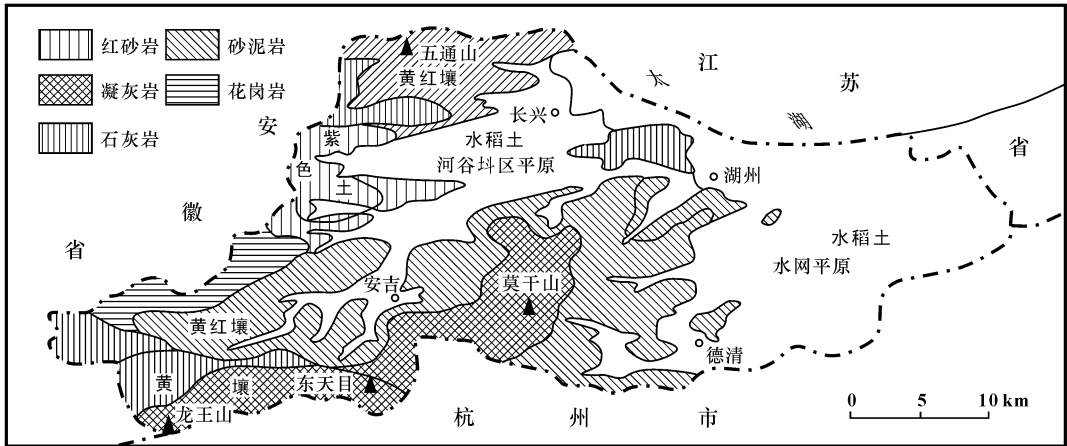


图 1 天目山地区土壤母质特征

Fig. 1 Soil Geological Sketch Map in the Tianmu Mountain Area

与平原区土壤完全不同的是, 天目山地区都为山地丘陵, 其成土母质主要为基岩风化残坡积物, 形成的土壤之理化性状明显继承了母质的性质特征。

根据浙江省土壤分类系统方案^[6], 天目山地区土壤主要有黄壤、黄红壤、红壤、岩性土、潮土和水稻土 6 个基本类型, 10 个亚类 33 个土属 65 个土种, 其中分布较广的是黄红壤和水稻土两类, 前者分布于西部的低山丘陵地区, 后者构成平原区的主体。黄壤则局限分布于 600 m 高程以上的中低山林区, 各土类土属土种的空间分布与地质、地貌类型均具明显的相关规律(图 2)。

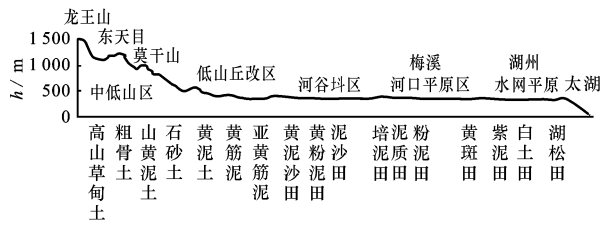


图 2 海拔高度与土壤类型及分布关系
Fig. 2 Distribution Relation about
Height above Sea Level and Soil Types

3 土壤地球化学

天目山地区土壤样品由国土资源部地球物理地球化学勘查研究所实验中心承测, 分析中用国标一级和二级样进行监控, 全部土壤样品分析检出率为 100%, 检验合格率除碘、镉、氯为 94%外, 其余元素的分析合格率均在 95%以上。分析方法和检出标准见表 2。

天目山地区土壤中 18 种元素的分析结果见表 3。第 I 土壤环境^[7] 80~100 cm 土柱中的含量可代表土壤的元素含量本底值, 第 II 土壤环境系指 0~20 cm 土柱中的含量, 代表土壤耕作层中的元素平均含量, 母岩均值即代表土壤基本元素库(母质)的平均含量。由表 3 可得出:

- (1)第 II 土壤环境中大部分元素的平均含量, 继承了第 I 土壤环境中土壤的地球化学特点, 即下高上也高, 其变异系数的变化规律基本一致。
- (2)第 II 土壤环境中的氮、磷、硫、氯、氟等元素含量明显高于第 I 环境土壤中相应含量(本底值), 这表明存在人类活动的富集趋势。
- (3)第 I 土壤环境中铬、镉、镍、砷、铜、铁、锰、锌等金属元素, 其含量明显高于表层土壤相应的元

表 2 样品分析方法、检出标准及质量检验
Tab. 2 Method about Analysis of Sample
Test Standard and Test Quality

| 元素 | 分析方法 | 检出标准/ 10 ⁻⁶ | 合格率/% |
|-----|---------|------------------------|-------|
| S | X 荧光光谱 | 10 0 | 100 |
| Pb | | 5 0 | 100 |
| Cu | | 1 0 | 100 |
| Cl | | 10 0 | 94 |
| Cr | | 3 0 | 100 |
| Mn | | 10 0 | 100 |
| P | | 10 0 | 100 |
| Zn | | 5 0 | 100 |
| 总 N | | 10 0 | 100 |
| Se | | 0 01 | 97 |
| As | 原子荧光 | 0 5 | 97 |
| Hg | | 0 002 | 97 |
| Ni | | 1 0 | 100 |
| Mo | 等离子质谱 | 0 3 | 100 |
| I | | 0 3 | 94 |
| B | 比色法 | 3 0 | 100 |
| Cd | 发射光谱 | 10 0 | 94 |
| F | 无火焰原子吸收 | 100 0 | 97 |
| | 离子选择性电极 | | |

注: Cd 检出标准为 10⁻⁹

表 3 天目山地区部分土壤元素均值
Tab. 3 Contents of Some Soil Elements
in the Tianmu Mountain Area

| 元素 | 样品数 | 第 II 土壤环境均值 | 样品数 | 第 I 土壤环境均值 | 样品数 | 母岩均值 |
|-----|-----|-------------|-----|------------|-----|--------|
| Cd | 286 | 133 4 | 70 | 198 10 | 35 | 71 80 |
| I | 177 | 2 34 | 80 | 1 93 | 34 | 0 87 |
| Se | 185 | 0 45 | 79 | 0 23 | 35 | 0 06 |
| As | 255 | 9 09 | 77 | 15 04 | 36 | 3 09 |
| Hg | 274 | 77 97 | 66 | 73 94 | 36 | 11 25 |
| Mo | 270 | 0 88 | 73 | 0 83 | 34 | 0 42 |
| F | 225 | 393 50 | 87 | 380 80 | 35 | 529 10 |
| B | 244 | 54 66 | 74 | 57 11 | 35 | 41 66 |
| Cl | 296 | 96 90 | 81 | 63 40 | 35 | 80 60 |
| Cr | 310 | 46 60 | 88 | 62 90 | 33 | 45 70 |
| Mn | 284 | 496 60 | 76 | 808 70 | 34 | 406 30 |
| Ni | 248 | 20 50 | 90 | 24 40 | 34 | 19 60 |
| P | 272 | 447 70 | 82 | 431 70 | 36 | 397 10 |
| Zn | 329 | 62 90 | 81 | 64 70 | 36 | 63 90 |
| S | 296 | 253 50 | 36 | 66 00 | 35 | 33 60 |
| Pb | 273 | 30 00 | 83 | 28 40 | 33 | 21 80 |
| Cu | 309 | 19 90 | 83 | 21 00 | 35 | 15 20 |
| 总 N | 298 | 1 101 70 | 80 | 482 60 | 36 | 397 20 |

注: Cd、Hg 质量分数为 10⁻⁹, 其他为 10⁻⁶

素平均值,即反映原生母质母岩影响和上层土壤的淋积作用。

(4)从表层土、深层土到母质母岩,镉、砷、硼、铬、镍、锰、铜元素表现为正相关。

以上特征表明本区成土母质母岩对土壤化学成分深刻影响,体现土壤对成土母质的继承性,这也是土壤母质为基岩风化残积物山地土壤区的共同特点。

4 土壤养分

4.1 养分元素平面分布

天目山地区地貌类型多属低山丘陵及岗地,其土壤与母质母岩具明显的继承性特点,因此,土壤养分状况在一定程度上与母质乃至母岩之化学成分密切相关(表 4)。

表 4 不同母岩条件下土壤养分与微量元素含量

| Tab. 4 Soil Nutrient and Micro-Contents in Different Mother Rock Terms | | | | | | |
|---|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 养分及微量元素 | 样品数 | 红层岗地区 | 河谷平原区 | 砂泥质沉积岩丘陵区 | 碳酸盐岩低山丘陵区 | 火山岩低山区 |
| 有机质 | 92 | 1.89 | 2.850 | 1.83 | 2.56 | 2.22 |
| 碱解氮 | 92 | 95.80 | 142.400 | 121.35 | 129.90 | 141.65 |
| 速磷 | 92 | 4.34 | 6.295 | 7.38 | 8.78 | 9.24 |
| 速钾 | 92 | 85.95 | 68.800 | 105.35 | 110.60 | 105.75 |
| 总水平 | | 186.09 | 217.495 | 234.08 | 249.28 | 256.64 |
| Fe | 92 | 145.450 | 333.900 | 19.650 | 16.20 | 20.750 |
| Mn | 92 | 47.700 | 66.450 | 31.850 | 47.10 | 42.550 |
| Cu | 92 | 4.430 | 10.035 | 1.625 | 4.61 | 2.095 |
| Zn | 92 | 4.405 | 10.385 | 3.840 | 6.84 | 5.605 |
| B | 92 | 0.310 | 0.340 | 0.325 | 0.32 | 0.340 |
| S | 92 | 43.050 | 32.700 | 30.050 | 31.10 | 34.600 |
| Mo | 92 | 0.125 | 0.250 | 0.215 | 0.33 | 0.190 |
| Si | 92 | 173.250 | 166.700 | 132.350 | 202.60 | 134.500 |
| Ca | 92 | 501.150 | 794.550 | 334.700 | 720.10 | 335.450 |
| Mg | 92 | 161.900 | 155.650 | 88.950 | 187.50 | 96.050 |
| 总水平 | | 1 081.770 | 1 237.060 | 643.555 | 1 216.70 | 672.130 |

注:有机质质量分数为 10^{-2} ,其他为 10^{-6}

从表 4 可知,红层岗地区耕作层养分水平普遍较低,冲积河谷平原区耕层养分水平相对较高,这与人类有目的的生产活动加速土壤熟化、肥力提高密切相关。土壤主要微量元素含量显示,火山岩区的高钾高磷、碳酸盐岩区土壤的高钙^[8],与母质母岩岩石地球化学特性和微量元素的组合特征密切相关。河谷平原区土壤含钙高于碳酸盐岩区,这显然与钙的淋溶淀积密切相关。除河谷平原区外,

铜、锌、钼、硼等微量元素在其他土壤区则表现为普遍缺乏。微量元素总水平由高到低依次为:河谷平原区—碳酸盐岩丘陵—红层岗地—火山岩低山—砂泥岩丘陵土壤区。

4.2 养分元素纵向分布

本区土壤养分元素在 1 m 土体内的平均含量变化见表 5,反映土壤耕作层、心土层、底土层中养分水平在垂向上的 3 种分布形态及组合结构。

(1)表现为上高下低型的下行线结构的是有机质、氮、硼、硫元素,显示表层富集作用明显。

(2)硅、镁、钙、钼等元素为上低下高型的上行线结构,表明这些元素的原生富集环境。

(3)磷、钾、铁、锰、镉、锌等元素则呈上下两头高、中间低的 V 字型结构^[8],反映出表土层有人为活动影响存在,同时也显示了土壤母质层的高背景特点。结合土壤母质母岩的成分分析测试资料,认为上行线结构类型与母质母岩中相应的高背景值有关,下行线结构形态表现人工施放作用的影响十分明显,V 字型结构则反映了人为因素和自然背景场因素的双重作用特征。

表 5 1 m 土体内各段元素含量分布

| Tab. 5 Distribution about Every Element Contents in the Body of 1 m Soil | | | | | | |
|---|-----|---------|--------|--------|--------|--------|
| 元素 | 样品数 | 土体厚度/cm | | | | |
| | | 0~20 | 20~40 | 40~60 | 60~80 | 80~100 |
| 有机质 | 36 | 2.01 | 1.13 | 0.80 | 0.74 | 0.72 |
| 碱解氮 | 36 | 109.30 | 66.40 | 49.10 | 40.20 | 41.90 |
| 速磷 | 36 | 8.73 | 6.33 | 6.69 | 6.29 | 7.54 |
| 速钾 | 36 | 81.70 | 70.90 | 71.40 | 76.00 | 74.50 |
| Fe | 36 | 170.90 | 76.10 | 44.20 | 58.30 | 61.80 |
| Mn | 36 | 58.90 | 52.30 | 39.90 | 43.00 | 40.50 |
| Cu | 36 | 5.05 | 3.52 | 2.79 | 3.37 | 3.42 |
| Zn | 36 | 4.98 | 3.19 | 3.39 | 4.04 | 4.54 |
| B | 36 | 0.29 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.25 |
| Mo | 36 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.24 |
| S | 36 | 32.90 | 37.60 | 33.20 | 22.20 | 12.40 |
| Ca | 36 | 505.80 | 518.30 | 589.40 | 805.10 | 839.30 |
| Mg | 36 | 142.80 | 171.40 | 233.80 | 372.40 | 428.80 |
| Si | 36 | 161.70 | 179.40 | 232.60 | 298.50 | 317.80 |

注:有机质质量分数为 10^{-2} ,其他为 10^{-6}

5 土壤地球化学环境

评判土壤环境质量优劣的重要指标主要为:土壤的酸碱度和镉、汞、砷、铅、铬、铜、锌、镍等重金属元素的含量水平。

5 1 土壤酸碱度

天目山地区不同土壤区 1 m 土体的不同深度酸碱度平均值以及土壤酸碱度分级标准见表 6。结果表明, 红壤酸化最大, 水稻土与水域中酸化最小, 河谷平原区低于低山丘陵区。在 1 m 土体内, 自上而下酸化降低, 表明表层土壤(耕作层)中酸化明显。从全区范围看, 总体属于酸性土壤。

表 6 土壤土体酸碱度分级

Tab. 6 Hierarchical form about Sour Alkali Degrees in the Soil Body of Different Soil District

| 酸碱度 pH | 土体厚度/ cm | | | | |
|--------|------------|-------------|--------------|--------------|------------|
| | 0~20 | 20~40 | 40~60 | 60~80 | 80~100 |
| 不同土壤区 | 红壤区 4.8 | 黄红壤区 5.2 | 岩性土区 5.45 | 水稻土区 5.50 | 水域中 6.5 |
| 本区 | 5.32 | 5.64 | 5.97 | 6.50 | 6.65 |
| 标准 | 4.5~5.5 | 5.5~6.5 | 6.5~7.5 | 7.5~8.5 | >8.5 |
| 酸碱度分级 | 强酸性 | 酸性 | 中性 | 碱性 | 强碱性 |

表 7 主要农灌水源环境水化学分析

Tab. 7 Analysis of Hydrochemistry in the Environment of Source about Main Agricultural Irrigable Water^{0/}(mg·L⁻¹)

| 编号 | Cu | Pb | Zn | Cd | Hg | H ₂ S | As | Fe | Cr |
|---------|--------|--------|-------|---------|--------------|------------------|--------|------|-------|
| Sh-1 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.0005 | <0.0001 | <0.005 | 0.004 | 0.14 | <0.01 |
| Sh-2 | <0.005 | <0.026 | 0.02 | 0.0013 | <0.0001 | <0.005 | <0.002 | 0.20 | <0.01 |
| Sh-3 | <0.005 | <0.005 | 0.03 | 0.0008 | <0.0001 | 0.035 | <0.002 | 0.10 | 0.01 |
| Sh-4 | <0.005 | <0.006 | 0.06 | 0.0038 | <0.0001 | 0.070 | 0.002 | 0.20 | <0.01 |
| Sh-5 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | 0.0010 | <0.0001 | 0.035 | 0.002 | 0.14 | <0.01 |
| Sh-6 | 0.015 | <0.005 | 0.02 | <0.0005 | <0.0001 | 0.070 | <0.002 | 0.50 | <0.01 |
| Sh-7 | <0.005 | <0.005 | 0.11 | 0.0027 | 0.0003 | 0.070 | 0.002 | | <0.01 |
| Sh-8 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | 0.0014 | <0.0001 | 0.035 | 0.002 | | <0.01 |
| 国标 II 类 | 1.000 | 0.050 | 1.000 | 0.0050 | 0.0001(III类) | 0.100 | 0.020 | 0.30 | 0.05 |

注: 分析方法与测定下限按 GHZB1-1999^[10] 表 4 执行, 由浙江省湖州市环境监测站测试

7 结语

- (1)浙江省天目山地区地理区位优势明显, 自然资源丰富, 生态环境优良, 是上海等大都市的后花园。
- (2)该区农业地貌类型、土壤地质、土壤地球化学和土壤养分等具有优势和潜力, 是发展特色农业、效益农业、都市农业的有利地区。
- (3)全区土壤环境质量总体达到或超过国家土壤环境质量 I 级标准, 农用灌溉水源水质达到国家 II 类标准, 有开发绿色食品、有机食品的巨大潜力, 是创建绿色产业区带的理想之地。

参考文献:

[1] 刘立国, 王 洁, 赵剑强. 环境资源与生态系统的关系[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(3): 104-106.

5 2 土壤中的重金属元素

根据国家土壤环境质量标准^[9] 的规定, 本区分析统计镉、汞、砷、铅、铬、钙、锌、镍元素的平均质量分数分别为 133、78、9.09、30.0、46.6、19.9、62.9、20.5, 表明天目山地区土壤环境质量总体达到国家土壤环境质量 I 级标准, 适用于国家规定自然保护区、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护区的土壤环境等级, 为 I 类土壤环境, 是一处未受明显污染的绿色土地。

6 农用灌溉水环境

天目山地区是太湖的发源地, 其主峰龙王山已被确认为上海黄浦江之源, 良好的森林植被覆盖和自然生态成就了良好的水源环境。水化学分析显示, 本区主要农灌水源水质除总汞为 III 类外, 其余大多地表水环境为 II 类~ I 类水标准(表 7)。

- [2] 黄坤明. 浙江省湖州市 2001 年鉴[M]. 上海: 中华书局出版社, 2001.
- [3] 徐 的, 丁贤劫, 宋小棣, 等. 浙江省农业资源和综合农业区划[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.
- [4] 金敏毓, 丁贤劫, 曲建国, 等. 浙江省农业与农村可持续发展研究[R]. 杭州: 浙江省农业科学院, 1997.
- [5] 任荣富, 周建华, 董岩翔, 等. 浙江省安吉地区农业生态环境地质调查报告[R]. 杭州: 浙江省国土资源厅, 2001.
- [6] 魏孝孚. 浙江土种志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1993.
- [7] 邵亦平, 李慧凤, 霍雅琴. 资源环境与发展[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.
- [8] 李秉成. 黄土中的 CaCO₃ 与环境[J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(4): 73-75.
- [9] 国家环境保护总局. 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [10] 国家环境保护总局. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.