

# Lead-Zinc Mineral Resources Development Patterns on Regional Ecological Environment

—A Case Study in Youxi

Qi Chen

Fujian Monitoring Center of Geological Environment, Fuzhou  
Email: [8095182@qq.com](mailto:8095182@qq.com)

Received: Jun. 12<sup>th</sup>, 2014; revised: Jul. 8<sup>th</sup>, 2014; accepted: Jul. 16<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper comprehensively summarizes the ecological status of lead and zinc production resources of Youxi Basin, and discusses the impact of the pollution of Youxi County business activities have on the environment; meanwhile, detailedly compares the “three wastes” pollution sources which are produced by the development of mineral resources in different ways. The article proposes the re-greening, three anti-transportation and limited time practical measures for the lead and zinc resources development and provides a theoretical basis for local governments.

## Keywords

Development Approach, Mineral Resources, Lead-Zinc Mine, Ecological Environment

---

# 铅锌矿产资源开发方式对区域生态环境影响

—以尤溪县为例

陈 琦

福建省地质环境监测中心, 福州  
Email: [8095182@qq.com](mailto:8095182@qq.com)

收稿日期：2014年6月12日；修回日期：2014年7月8日；录用日期：2014年7月16日

## 摘要

本文较为全面的总结了尤溪县流域铅锌矿产资源生态环境现状，论述了尤溪铅锌矿业活动产生的污染对县域生态环境的影响。同时针对不同矿产资源开发方式产生的“三废”污染源，进行详细的比较。为铅锌矿产资源开发提出了重绿化、防运输、限时间的三种切实可行的对策，为地方政府提供了理论依据。

## 关键词

开发方式，矿产资源，铅锌矿，生态环境

## 1. 引言

尤溪县地处福建省中部，东邻古田、闽清两县，西与大田、沙县相连，南接德化县，北靠南平市延平区。尤溪县行政区地理坐标：东经 117°48'~118°39'，北纬 25°50'~26°26'，东西长 88 公里，南北宽 72 公里，总面积 3442 平方公里，居全省第二大面积县，其中溪河水面 2.4 万公顷，全县总人口至 2009 年底 419,810 人，人口密度 122 人/平方公里[1]。近年来，特别是 1996 年以来，铅锌矿产资源开发利用已成为尤溪县支柱产业。矿业的开发促进了地方经济的发展，但也给环境带来许多不利的影响，尤其是对尤溪河水环境以及矿区周边环境产生一定影响[2]。分析尤溪县铅锌矿资源开发的现状以及引发的一系列环境问题，同时探讨相应的环境保护对策措施，对于促进尤溪县铅锌矿资源开发的可持续发展具有重要意义。

## 2. 地质概况

调查区地处闽西南拗陷带与闽东火山断拗带的结合部，政和一大埔北东向深大断裂带从西部贯穿县境，处于构造敏感部位。自元古代以来，经历了多期的构造变动，岩浆活动及变质作用频繁，最终形成了以北东向构造为主，北西向、南北向构造次之，东西向构造零星分布的基本构造格架。断裂产状一般较陡，介于 70~85 度之间。区域性滑脱型及逆冲推覆型缓断裂构造主要分布于南部的古迹口、东华、龙门场、十字隔王吉山一带，其中古迹口 - 七官场一带的折离滑脱构造，使二叠纪煤系地层的赋存受到较大的影响，造成煤系地层与中 - 晚元古代的变质岩系直接接触。

而东华、王吉山一带的逆冲推覆断裂，使其变质岩系推覆于古生代或中生代地层之上，该类构造线的倾角平缓，断层出露呈蛇曲状，明显受地形控制。在不同时期的构造发展阶段，都留下重要的构造痕迹，中生代的大规模造山运动，强烈的火山喷发，形成了洋中、湖山、埔宁、坑头等古火山喷发中心构造。较近时期新构造特点表现为以继承性断块差异活动为特征，并使早期部分断层复活，导致间歇性差异隆升，地形切割强烈，山峦突兀，沟谷纵横，并出现剥蚀台地，山间盆地河岸两侧发育 II 级阶地，形成了现今地形地貌基本轮廓。

### 2.1. 矿石的矿物成分

矿石矿物主要有闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿，其次为方铅矿、磁铁矿，少量黄铜矿、赤铁矿、白铁矿、方铅矿、白铅矿、褐铁矿，极少量自然银等；脉石矿物主要有透辉石、绿帘石、阳起石、绿泥石，次为石榴石、透闪石、石英、碳酸盐矿物(方解石、白云石)、磷灰石、长石及少量萤石等。上述矿石矿物

大多分布在透辉石、绿帘石、阳起石、绿泥石及其集合体之间，部分分布在石榴石晶粒间；而其它热液矿物，如石英、碳酸盐矿物常分布在金属矿物的晶粒间[3]。

闪锌矿呈他形-半自形粒状，粒径一般为0102~5100 mm不等，其中含有不等量黄铜矿及磁铁矿的乳滴-微粒状包体。方铅矿呈半自形-他形粒状，粒径一般为0102~1120 mm，方铅矿与闪锌矿共生，常分布在闪锌矿粒隙边缘，可溶蚀交代闪锌矿[4]。黄铁矿呈半自形-他形粒状，粒径一般为0101~0120 mm，呈星散状分布在闪锌矿中，可被闪锌矿包含、半包含。磁铁矿呈半自形-他形粒状，粒径一般为0102~0120 mm，分布在闪锌矿、方铅矿中，被闪锌矿、方铅矿包含并溶蚀交代。黄铜矿呈乳滴状、微粒状，分布在闪锌矿中，与闪锌矿、黄铁矿关系密切[5]。磁黄铁矿呈他形粒状、乳滴状，不规则微粒状，分布在闪锌矿中。赤铁矿呈细粒状浸染状、板片状，星散分布在方铅矿边缘，粒径0106~0160 mm。针铁矿呈微晶集合体沿裂隙交代闪锌矿[6]。

## 2.2. 矿石的结构与构造

矿石结构：主要有他形-半自形微细粒、中粗粒粒状结构，另有交代结构、交代包裹结构、固溶体分解结构等。他形-半自形微细粒结构主要是指在结晶形态上黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿等硫化物呈现的结构[7]；交代结构较常见，有方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿交代闪锌矿和闪锌矿交代磁铁矿、黄铁矿；包裹结构表现为方铅矿中包有闪锌矿或闪锌矿中包有方铅矿，闪锌矿包裹磁铁矿、黄铁矿；固溶体分解结构主要表现了黄铜矿在闪锌矿中呈乳滴状分布，或黄铜矿在闪锌矿中呈方格状分布[8]。

矿石构造：有条带状构造、脉状充填状构造、交代蚀变充填状构造、稠密浸染和稀疏浸染状构造、浸染状-斑杂状构造、斑杂状构造、块状构造、同生角砾状构造[9]。

## 3. 铅锌矿产资源开发与利用中的环境问题

### 3.1. 矿产资源分布与储量

尤溪县地处福建省中部，境内初步查明的铅锌D+E级地质储存金属量达200万吨以上，居华东地区之首。铅锌矿主要分布于梅仙镇、新阳镇、台溪乡、中仙乡等地，特别是梅仙镇矿区面积约50平方公里，具有较高的工业开采价值。据调查铅锌选矿企业矿石入选品位为高于6%的铅锌矿[10]。但是，铅锌矿资源的开发存在着资源利用率不高，采富弃贫，单一开采富矿，资源浪费的现象，特别是个体采矿业主，点多面广，对开采未达到入选品位的铅锌矿石随意堆放，直接或间接污染地表水，地下水，破坏周围植被，造成水土流失，对周边生态环境产生较大的影响[11]。目前，全县年开采铅锌矿约33万吨，大部分集中在梅仙镇及周边区域范围，随着地质部门勘探区域的拓展，其他乡镇也已加大铅锌矿资源开发力度。全县已建有7家铅锌矿厂，均位于梅仙镇及附近区域，日处理铅锌原矿1050吨。废水排入尤溪河梅仙至拥口段，另有3家铅锌选矿厂在建，分别位于新阳镇、管前镇，规模为日处理铅锌原矿250吨，废水均排入尤溪河。其生产工艺为无氰浮选法，矿石经破碎，磨矿、浮选、浓缩过滤成精矿，选矿采用先选铅后选锌的优选浮选流程，经二粗二扫三精选浮选作业最后浓缩和过滤成精矿。选矿废水主要污染物为Pb、Zn、Cu、COD等，集中引至尾矿库，经沉淀过滤，部分循环使用，大部分外排。全县铅锌选矿企业年排放工业废水64.74万立方米，产生并处置固体废弃物22.61万吨[12]。

### 3.2. 采矿过程产生的污染源

铅锌采矿废水来源于采矿用水和硐中失水。采矿用水主要用于凿岩除尘。采矿中流失的地下水是采矿废水的主要来源，废水主要含泥及其他易溶的造岩物质，在沿沟道、巷道自然排出过程中，大部分固体杂质靠重力沉降在沟道或巷道中，因此废水中悬浮杂质、有机物和细菌的含量少，水质清澈，但溶解

盐含量较高,硬度和矿化度较大。采矿废水含有大量离子,常见的有  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 以及重金属元素等[13]。因铅锌矿为含硫较高的矿物,易氧化并分解渗入地下水,因此采矿废水大多为酸性水,pH在2~5之间。据监测,某二个铅锌选矿企业采矿过程中矿硐外排的废水中铅浓度严重超标,对下游水源以及地下水水质产生不良影响。采矿区的主要污染是矿渣堆的淋滤液及采矿运输过程当中的粉尘。

尤溪县铅锌矿采矿方式为硐采,与露天开采相比,生态破坏程度低。其主要问题:一是矿山开采过程中,硐中失水现象较普遍,失水主要原因为上部含水层或土壤中水分通过岩石风化裂隙和构造裂隙渗透下来[14]。矿山开采过程必然伴随着地下水补给,径流、排泄及动态变化特征,从而间接影响顶部土壤层的植物生长。地下水受大气降水影响明显,如果在干旱季节,矿硐失水严重,可能会导致植物脱水而死亡。因此,在矿山开采过程中一方面要防止矿硐上方土层塌陷,引发大规模水土流失,造成植被破坏;另一方面要防止矿硐上方植被因缺少地表水而枯死。据对梅仙镇某铅锌矿区调查发现由于矿山开采导致地下水减少,影响周围农田生产,引发厂群纠纷现象[15]。二是采矿区及周围选矿厂尾矿库的建设中,部分树木被砍伐,草地被铲除,主要品种有松杉、茅草等,破坏了周围的植被和地貌景观[16],有些地方可能造成泥石流和山洪爆发。三是退役期矿山闭坑,特别是个体矿硐,未能进行土地复垦,重新绿化,影响生态环境。

无序堆积的矿废石头,其中所含硫化物矿就会不断与水接触,形成各种重金属离子和硫酸根离子,同时废石堆表面层与空气接触,不断分解氧化,形成浓度较高的硫酸盐,在降雨时形成酸性水外排[17]。如果未能及时妥善处理,一方面它可能对地表水、地下水产生污染;另一方面,会增加有毒物质特别是重金属向土壤渗透的潜在危险[18]。

### 3.3. 选矿过程的污染源

目前尤溪县已投产的铅锌选矿企业厂址大部分集中在梅仙镇及附近区域,分布于尤溪河两岸,选矿废水经尾矿库处理后排入尤溪河梅仙至拥口段拥口电站库区内,拥口电站库区接纳了铅锌选矿企业排放的全部工业废水。选矿企业排放废水污染物主要为重金属总铅。根据尤溪县铅锌选矿企业位置分布可知,铅锌选矿废水经处理后均排向尤溪河梅仙至拥口段拥口电站库区约15 km河段内。县环境监测站在拥口设置监测断面,监测河水质。铅锌矿资源开发对地表水影响主要为各选矿企业排放的工业废水,采矿过程中矿硐溢流出的采矿废水,影响区域目前仅限于梅仙至拥口段。据监测,多年来拥口断面水质保持在GH ZB 21999《地表水环境质量标准》三类标准。其中虽然重金属总铅年均值范围在0.001~0.026 mg/l。1996年~1997年总铅测定值较高,但未超过三类水质标准,1998年以后趋于正常,到2000年已均未检出,五年总铅检出率由100%下降到0。但是重金属总铅的化学特性,易沉降蓄积于地表水底泥中,特别是拥口电站建成后,尤溪河水文条件发生变化、流速变缓、泥沙易淤积于河床,这就更容易使总铅沉积于库区底泥中,并随着铅锌选矿企业外排废水量增多而逐步累积,影响库区水生生物。选矿厂及尾矿库周边重属的来源主要是尾矿库的渗液、飘尘、选矿厂生产、运输等过程当中产生的粉尘和污水。

### 3.4. 铅锌矿产资源冶炼污染

张晓勇等人的研究结果表明[13]尤溪县七里乡梅恒冶炼厂全部土层轻度污染以上的占到65.6%,西滨镇成明冶炼厂全部土层轻度污染以上的占到52.08%,冶炼厂周边重金属的主要来源为烟囱向外排放的烟尘;其次是工厂生产、运输等过程当中产生的粉尘和污水(图1)。

主要为采矿过程中矿坑废水,尾矿库澄清外排废水。这些废水对环境影响情况与其排放量,排放浓度以及排放途径等因素有关,矿坑废水沿沟道自然排出,主要表现为对矿区周围植物生长发育的影响。尾

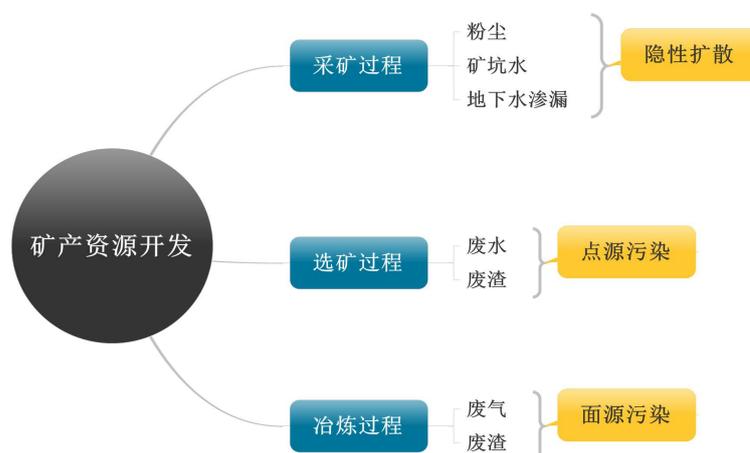


Figure 1. Mining activity pollution type map

图 1. 矿业活动污染类型图

矿库澄清废水排放到尤溪河，并以河水为载体，影响尤溪河水生态环境。据多年监测，尤溪河虽仍保持在三类水质标准，但选矿废水经尾矿库澄清后外排，其对尤溪河水质及生态环境的累积性影响仍不可忽视。对环境的影响矿山开采中爆破产生的粉尘可能对采矿工人及周边群众的健康产生危害。矿石在装卸运输，以及选矿过程中矿石破碎、筛分的粉尘、扬尘及噪声对工人及周边群众生产、生活带来一定的影响。

#### 4. 铅锌资源开发的生态环境现状与环境保护对策

鉴于为了实现铅锌矿资源开发的可持续发展。尤溪县特别是梅仙镇及附近区域不宜再兴建铅锌选矿企业，同时积极发展铅锌矿产品的深加工，提高产品附加值。在铅锌矿资源开发中，要运用法律、经济、行政、技术和教育等手段，控制其环境污染。同时，应严格控制新污染源，一切新、扩、改建设项目都必须严格执行环境影响评价制度。通过加强排污收费制度、污染申报登记制度和排污许可证制度，加强铅锌选矿企业污染源治理，并对其环保设施尾矿库加强监督管理，确保尾矿库能够正常运行，选矿废水达标排放。同时，加强采矿区矿洞管理，对矿洞外排废水应予以治理，使之达标排放，减轻对下游水质以及地下水的影响。铅锌选矿企业应转变经营观念，争取尽快实现生产从粗放型向集约型转化。强化生产全过程管理和控制，积极推行清洁生产。提高废水综合利用率，使选矿废水 80% 能够回用，最大限度地减少选矿废水的排放。对部分废渣进行综合利用，对含铁较高的废渣可考虑用于水泥生产的掺合料。对采矿废水应逐步予以综合利用，主要用于建筑材料、公路、道路建设用料，部分回填矿区采空区。一是重新绿化，加强矿产资源开发后的修复工作，对废矿石集中堆放，用石切围栏予以挡护，并重新绿化，对退役期矿山闭坑复垦，重新绿化；对退役期尾矿库及其周围重新绿化，在废渣上选择种植耐重金属的树种或草种；二是在矿山开采及运输中采取积极措施，避免粉尘、扬尘对矿工及周边群众产生影响；三是限制矿山的作业时间，减少在矿石装卸、运输中对周边群众的噪声污染。提高环境监测的整体能力，及时掌握尤溪河水质状况及区域环境质量状况变化，为环境管理提供科学依据。

#### 5. 小结

本文较为全面的总结归纳了尤溪县流域铅锌矿业活动对生态环境的影响。论述了尤溪铅锌矿业活动的三种方式，采矿、选矿、冶炼产生的污染对县域生态环境的影响。同时针对不同矿产资源开发方式产生的“三废”污染源，进行详细的比较。为铅锌矿资源开发提出了重绿化、防运输、限时间的三种切实

可行的对策，为地方政府提供了理论依据。

## 致谢

本文成文过程得到邱海源高级工程师、白振炎高级工程师的指导及尤溪铅锌矿集区地球化学累积及预警研究项目组的热诚帮助，在此表示诚挚的感谢！

## 基金项目

国土资源部公益性行业科研专项(201111020-2)。

## 参考文献 (References)

- [1] 林庞锟 (2010) 矿山污染及环境破坏问题的思考. *中国环境管理*, **4**, 44-46.
- [2] 陈国成, 张美灵, 林翠生 (2010) 基于景观生态学的区域土地利用结构变化特征——以尤溪县为例. *山西师范大学学报: 自然科学版*, **24**, 100-104.
- [3] 石得凤 (2012) 福建尤溪丁家山铅锌矿矿床成因, 成矿机理及成矿规律研究. Doctoral Dissertation, 中南大学.
- [4] 孙洪涛 (2013) 闽中裂谷带梅仙铅锌矿床的地质特征及其成矿机制研究. Master's Thesis, 南京大学, 南京.
- [5] 张术根, 石得凤, 韩世礼 (2012) 福建尤溪梅仙地区马面山群变质岩原岩恢复及其与铅锌成矿的关系. *中南大学学报(自然科学版)*, **43**, 3104-3113.
- [6] 黄仁生 (2007) 福建尤溪梅仙矿田铅锌银矿床特征及找矿方向. *福建地质*, **26**, 211-221.
- [7] 王振民, 傅玉琴 (2001) 福建省上地幔结构与岩石矿物的基本特征. *福建地质*, **20**, 7-29.
- [8] 许顺山, 吴淦国 (2000) 福建上杭——尤溪地区岩浆岩的分形特征. *地球学报: 中国地质科学院院报*, **21**, 17-22.
- [9] 葛晓明 (2009) 浅析尤溪县银凤亭矿区铅锌矿的成矿原因. *能源与环境*, **6**, 104-105.
- [10] 黄春鹏, 张家元 (1991) 福建尤溪梅仙龙北溪组变质火山岩的 Sm-Nd 同位素年龄研究. *福建地质*, **10**, 150-157.
- [11] 李迪强, 林英华, 陆军 (2002) 尤溪县生物多样性保护优先地区分析. *生态学报*, **22**, 1315-1322.
- [12] 邱海源 (2011) 矿集区农业土壤剖面地球化学元素分布特征研究. *北方环境*, **4**, 103.
- [13] 郭世鸿, 马祥庆, 侯晓龙, 邱海源, 吴鹏飞, 蔡丽平, 刘露奇 (2013) 铅锌矿冶炼厂周边土壤重金属分布特征与生态污染评价. *农业环境与生态安全——第五届全国农业环境科学学术研讨会论文集*.
- [14] 张生辉, 石建基, 狄永军, 余心起 (2005) 闽中裂谷块状硫化物型铅锌矿床的地质特征及找矿意义. *现代地质*, **19**, 375-384.
- [15] 袁莹 (2011) 福建尤溪丁家山铅锌矿区龙北溪组变质岩岩石学特征, 原岩恢复及成因探讨. Master's Thesis, 中南大学.
- [16] 钱建平, 江文莹, 牛云飞 (2010) 矿山河流系统中重金属污染的地球化学研究. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, **29**, 74-82.
- [17] 邱海源 (2011) 土壤重金属潜在生态危害评价及其同源相关性研究. *资源节约与环保*, **1**, 68-70.
- [18] 郭平, 谢忠雷, 李军, 周琳峰 (2005) 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价. *地理科学*, **25**, 108-112.