

智利小规模金属采矿(SSM)业对环境影响与运营方式

王京^{1,2}, 方维萱^{1,2}, 石香江², 马骋³

(1. 昆明理工大学, 国土资源工程学院 云南昆明 650093; 2. 中色地科矿产勘查股份有限公司, 北京 100012;
3. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

[摘要]智利小规模采选业因分布分散且缺乏相应的环保技术与资金投入, 其对环境造成了一定的影响。在智利法律系统监管和支持下, 该小规模采选业得到有序发展。同时, 小规模金属采选业与智利法律规定的大中型矿产开发项目须完成试验性工业开采(即小规模开发实验)存在一定联系。本文通过调查智利中北部第三、第四和第六区小型开采规模的铜、金和银矿山, 分析其生产经营过程中对环境的潜在影响因素, 剖析小规模金属选场对智利环境带来的影响, 总结金属矿小规模采选业的规范性运营方式, 找出法律规定与产业运营的内在联系。建议我国企业在智利进行矿产勘探和可行性研究中重视小规模采选试验与规模性勘查工作的合理有序结合。

[关键词] 小规模采矿(SSM) 运营方式 法律监管 智利

[中图分类号] P618 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2013)03-0548-6

Wang Jing, Fang Wei-xuan, Shi Xiang-jiang, Ma Cheng. Impact of small-scale metallic mining (SSM) in Chile on environment and its operational mode [J]. *Geology and Exploration*, 2013, 49(3): 0548-0553.

0 前言

智利政府及行业部门在行政管理和矿业市场上规定:在可行性研究中要求大中型矿产开发项目须完成试验性工业开采(即小规模开发实验),取得有关成本参数、环境参数,并完成技术经济与环境影响研究,最终智利政府组织有关机构和专家对矿产开发项目可行性研究报告进行审查。由于智利法律对小规模开发试验和小规模金属采选都有明细要求。因此,深入研究智利对小规模金属采矿业的有关规定,总结智利小规模金属采矿业对环境影响、运营模式和相关要求,对中国企业在智利投资矿产勘查开发具有启迪意义。

1 智利小规模采选业状况

1.1 智利小规模采选业概述

不同国家对小规模金属采选(Metallic small-scale mining, SSM)定义有较大差别,随不同时期的需求而改变。小规模金属采选业(SSM)一般指高度

依赖使用简单的工具和方法,而不使用炸药或者重淋降设备的手工采矿活动。SSM在不同生产阶段(勘探、开采、加工、关闭)对自然环境和社会环境有一定危害。SSM生产的单位产品所形成的污染程度比现代化中型和大型矿山企业高,总体上都比其他现代的规模化开采方式产生的环境代价高。现今小规模金属采选业对当地环境的影响日益受到关注,各国有关机构纷纷研究,对其应采取适宜的法律支持和监管框架。按照智利有关矿业行业分类,智利采矿业划分为小规模金属采选业、中等规模采选冶企业和大规模采选冶企业(Chilean Copper Commission, Research and Policy Planning Department, 2010)。

智利小规模金属采选(SSM)专门针对铜、黄金和白银(Chile Mining Code, 1983)。大多数生产者主要集中在智利中北部第一至第六区(表1),这些SSM位于沙漠之中,远离大城市和敏感的农业区。对于智利小规模金属采选业需要注意明确界定和延伸界定的关系和区别,虽然智利小规模金属采选(SSM)是专门针对铜、黄金和白银;但根据智利矿业

[收稿日期] 2012-11-21; [修订日期] 2013-03-05; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 科技部科技支撑计划项目“东川-易门铜矿山深部及外围勘查技术研究”课题(2006BAB01B09)和国家转制院所专项资金项目“铁氧化物铜金型矿床元素赋存状态及岩相构造学填图技术研发”(项目编号:2011EG115022)联合资助。

[第一作者] 王京(1986年—),女,昆明理工大学博士研究生,研究方向:矿产资源与保护法学。E-mail:memoryeven@gmail.com。

[通信作者] 方维萱(1961年—),研究员,博士生导师,主要从事矿产普查与勘探、产业经济学。E-mail:fangweixuan@tom.com。

法典关于采矿权规定,在采矿权范围内,开采规模在一个月 内采矿规模在 5000t 原矿下,须按照智利环境法规定需要进行环境承 责声明。在采矿权范围内,采矿者完成月采规模在 5000t 原矿以上, 需要进行环境影响研究,并进行环境影响评估,且要取得用水权。而 在智利矿业法典中认为,需要进行环境承 责声明的即被认为是“小规模”。在实际操作中, SERNAGEOMIN (National Service of Geology and Mining)地质与矿业国家服务局,已开始使用每年业 主合同雇用采矿工人数作为分类的依据,每年雇 采矿工少于 80 人的被定义为小规模金属采选(SSM)。

因此,小规模金属采选(SSM)需要明晰核准和采用法律形式确认,(1) 限于铜、黄金和白银的智利小规模金属采选;(2) 还是采矿权范围内月采矿规模在 5000t 原矿以下;(3) 或是按照每年雇工采矿工 人少于 80 人的现在被定义为“小规模”。一般来 说,同时满足上述三种规定范畴内(铜、黄金和 白银),属于智利小规模金属采矿(SSM),具有明确 的适用法律和管理规则。但智利在铁氧化物铜金 型矿床和矿业产业管理上,已经具有清晰的运行 规则和严谨的执行程序(方维萱等,2008;马 骋等,2009)。由于铁氧化物铜金型矿床主矿种 包括铜、金、铁、银、钴等多种有用金属,且 在该类型矿床中铁(磷)类型属于端元成分(朱 关祥 1980;余近杰 1994;张兴春 2003)。因此, 从智利法律和现有行业管理看,铁矿和其他金属 矿小规模开采也适用于在采矿权范围内,月采矿 规模在 5000t 原矿以下和每年雇采矿工少于 80 人的标准,来定义“小规模”开采;在实际 中,需要采用适用于智利法律和矿业行业管理 规则书面界定其适用性。

铜是智利最重要的矿产(余金杰等,1994; Mar- schik *et al.* ,2001; Mathur *et al.* ,2002;Sillitoe,2003; 张兴春等,2003;方维萱等,2008;马骋等,2009), 智利也是世界上最大铜生产大国之一,拥有全球 最先进的大规模采矿技术。从经济价值角度看, 2010 年矿产品出口额为 80 亿美元,占到整个智 利出口总额的 48%,其中,铜矿产品占 72.5 亿美 元,为矿业出口额的 90% 以上(Sa’nchez *et al.* , 2010)。

从智利小规模金属采选业(SSM)的主要分布 区域(表 1)和业主提供给工人最低的工资收入(表 2) 看,综合以上内容和产业组织学特点,在智利矿 业经济中,智利小规模金属采选业(SSM)、中型 采选业和大规模采选业等是智利矿业产业的结 构性特点,因此,本文认为智利矿业产业经济结 构具有三重结构的特点,这种“三重结构”产业 组织学市场结构特征,也促进了智利矿业市场 中完全竞争格局的形成,

任何一个智利小规模金属采选业(SSM)(小型 企业),通过加大勘查力度和勘查投入,在采矿 权内新增资源储量规模,均有向中等规模采选 冶企业 and 大规模采选冶企业发展的市场空间, 因此,在智利,小规模金属采选业(SSM)主通过 加大投资力度,加强采矿权内的地质找矿力度, 实现新增资源储量规模,通过自主开发或有效 市场融资,或者选择转让部分采矿权资产的权 益进行项目市场融资等多种方式,可以实现小 规模金属采矿(SSM)企业升级发展,这种智利 “三重结构”产业组织学市场结构下,可提供 小规模金属采矿(SSM)企业发展的市场空间和 有效路径。

表 1 智利小规模 的矿山和加工 厂数量
Table 1 Amount of small-scale mines and processing plants in Chile

地区	名称	加工厂	矿山	合计
一大区		3	27	30
二大区	Taltal	11	191	202
三大区	Vallenar-Diego de Almagro-Copiapo		Chanaral	
四大区	OvalleAndacollo	139	588	727
五大区	Quilpue	20	95	115
六大区	VI Rancagua	1	55	56
其他		8	29	37
合计		281	1626	1907

数据来源:conama,based on public 2010, <http://www.conama.cl>。

表 2 2010 年智利大、中、小型规模 开采员工数量、薪水
Table 2 Employment amount and salary (US) of large - , medium - and small mines in Chile in 2010

规模	数量(人)	薪水(美元)	平均月薪水(美元)
大型	28601	837641643	2440.6
中型	3326	47660874	11942
小型	1710	8784791	428.1
总计	33637	984087308	

资料来源:Cochilco, based on public reports 2010, <http://www.cochilco.cl>。

1.2 小规模金属采选业发展现状

在 2006 ~ 2010 年间(表 3),铜、金和银产量持 续增长。其中,2010 年智利铜产量约为 541 万 t,白 银为 1162000kg,黄金为 3949kg。虽然智利铜产量 受到气候和罢工影响,但也出现了平稳增长,而黄 金和白银产量增加有下降趋势。由于智利重视大 规模开采,所以 SSM 行业在总体产量中所占比例 较少。

2010 年,智利大规模开采产量在总产量占比 中(表 4),铜为 93.7%,银为 81.5%,金为 50.6%; 智利小规模金属采矿业(SSM)在总产量占比中,铜 为

0.97%,银为 1.1%,金为 6.5%。在智利小规模金属采选业(SSM)各矿种生产量中,铜为 44718t,银为 17049.4kg,金为 5175.1kg。虽然小规模采选业占比例较少,但也是不容忽视的部分。智利从事小规模采选活动人数上,约有 1700 名从事小规模金属采选业(SSM),约为智利同行业总从业人数的 5.1%。从事小规模金属采选业(SSM)员工的薪酬水平,明显低于智利同行业中大型和中型采选业。

表 3 2006~2010 年智利铜,金和银产量分布
Table 3 Production of Cu, Mo, Au and Ag in Chile in 2006~2010

种类	2006	2007	2008	2009	2010
铜(t)	5361000	5557000	5328000	5390000	5418000
银(kg)	1608000	1936000	1405000	1301000	1162000
金(kg)	42100	41527	39162	40834	39494

资料来源:Cochilco, based on public reports,2011 <http://www.cochilco.cl>。

表 4 2010 年智利铜,钼,银和金产量
Table 4 Copper, silver and gold production in Chile in 2010

规模	铜(t)	钼	金(kg)	银(kg)
大型	5126188	33639	20297.6	1008896.1
中型	247094		15201.3	136054.5
小型	44718		5175.1	17049.4
总计	5418000	33639	39494	1162000

资料来源:Cochilco, based on public reports,2011 <http://www.cochilco.cl>。

1.3 小规模金属采选业(SSM)的开采技术

智利小规模金属采选业(SSM)使用了各种技术进程的工具和方法。小规模金属采选业(SSM)的原矿日采选生产能力可达 50t,包括开采和粉碎、研磨、浮选等矿物加工的工艺流程等,矿山最终产品为用于生产金和银、铜和铜金银的精矿产品。铜矿采用的浮选设备一般与大型或中型规模铜矿企业的使用设备类似,但浮选设备的装置多为简易化的设备。在铜氧化矿石的生产工艺上,部分 SSM 活动使用硫酸堆浸处理铜氧化矿(包括含较多辉铜矿等),然后使用铁屑等还原铜离子,最终形成海绵铜等初级冶炼产品。在小规模金属采选业(SSM),部分小型铜采选业使用了硫酸堆浸-萃取-电积等先进工艺,年生产规模多在 1 万 t 阴极铜以下。

在智利小规模金属采选业(SSM)中,小型金矿运用人工方法,利用重选技术从老金矿的堆放尾矿大坝中提取出金。广泛使用“矿石粗磨机”,即一种手工球磨机技术工艺和设备,在磨矿期间,使用水银回收和提取经破碎后矿粉中的金(可回收的金),即

进行金矿选冶工艺和简易设备为混汞法。在智利小规模金矿开采中,氰化法工艺不常用(Sergio *et al.*, 2003)。

智利小型铁矿(常含铜和金等)开采一般采用地表开采富矿石、浅部井巷工程开采富矿体等作业方式,多数采用直接出售矿石的方式进行运营,具有分散开采、集中销售(选矿等)等方式,实现在产业链节点上多方联合和合作经营。

1.4 小规模采选中环境影响问题

智利小规模开采的主要环境影响:向河流排放污染废液,废弃物土壤渗透,污染地下水,残渣处理,和来自于尾矿库的安全威胁。表 5 显示了一些污染元素在智利地表水域中的最大含量。尾矿库溢流和酸性废水是智利 SSM 当中常见的液态工业残留物(Sa'nchezet *al.*,1999;Castro *et al.*, 2001)。

表 5 智利水体中最大范围允许残留的污染物(单位:mg/L)
Table 5 Maximum allowed of residual contamination in water in Chile(mg/L)

污染物质	河流水	稀释的河流水	湖泊水	海水(保护海岸)	海水(非保护海岸)
砷	0.5	1	0.1	0.2	0.5
氰化物	0.2	1	0.5	0.5	1
总铜	1	3	0.1	1	3
溶解铁	5	10	2	10	
钼	1	2.5	0.07	0.1	0.5
水银	0.001	0.01	0.005	0.005	0.02
pH 值	6~8.5	6~8.5	6~8.5	6~9	5.5~9
硫酸	1000	2000	1000		

资料来源:Chilean Copper Commission, Research and Policy Planning,2010。

智利个体和小型规模金矿开采常使用混汞法回收金,矿工通常在作业时不慎吸入蒸馏金汞时产生的汞蒸气。近年来,很多业主通过培训,这种汞事故已有了显著减少。此外,还引进了一些设备,用于收集在蒸馏过程中的汞。然而,汞毒性依然是智利小规模金矿开采中最主要的环境影响之一。

智利小规模金属采选业(SSM)活动一般都在智利边远的农村地区,生产设备精简,生产工艺和过程简化,尾矿堆放具有不安全性,小规模金属采选(SSM)活动形成的尾矿堆放适用于干旱气候环境下,虽然智利这些采矿活动区常年降雨量很少,这些长期堆放的尾矿大多数没有产生较大环境问题,但如果遇到强降雨,潜在的地质灾害则是很大的隐患。

尾矿库是智利小规模金属开采中另一个严重的环境问题,因为其存在污染问题,尤其是靠近城市边缘的尾矿库。该尾矿库的建设和经营活动会带来的

额外污染和周围社区的安全风险。

2 智利政府对小规模采选业的管理

2.1 小规模采选业的监管规章和立法

迄今为止,关于智利小规模金属采选业最为重要的环境措施是1990年成立的环境理事会(Comisio'n Nacional del Medio Ambiente)和1994年颁布的19300号环境法。该法结合其他规范法规,制定了一些关键的环保政策,如“环境影响评价”及“环境管理计划”。智利成立了环境理事会(Comisio'n Nacional del Medio Ambiente)协同卫生、农业和矿业部以促进智利矿业部门可持续发展为社会责任。

其他立法:(1)智利1995年颁布的非最终规范第2280号,规定了浅表水和地下水的污染残留物范围。(2)智利1980年颁布的“Decreto Ley”2867号,强制行业实施技术解决方案,以解决污染问题。智利在环境立法中并没有区分大、中和小规模采选,只是某些条例对某些群体的某些部分适用。例如,限制排放的二氧化硫和砷条例(“Decreto Supremo”185/year 1991),是针对大型和中型采矿中铜冶炼厂的。但其他关于浅表水域污染规范,以及其他一系列环保法规也适用于小型规模开采。

为减轻大型采选业对环境的影响智利实施了空气净化计划,污染企业与有关当局签署协议,以解决在特定时间内的空气污染问题。尤其是在铜冶炼厂周围饱受砷和二氧化硫排放危害的居民区域进行了空气净化计划。智利砷和二氧化硫排放标准只针对了大型采选业,所以在小型规模采矿中实施空气净化计划更具挑战性。另外一系列的环保措施正在制定当中,例如通过立法规定对汞的有效利用,以减少在球磨环节中,从废水中携带汞而排放到环境中;使用先进汞蒸馏设备,使用先进设备进行尾矿库建设和管理、废水的回收利用等有效措施进行综合治理,以及培养矿工安全和环境意识也是环境立法越来越重视的方面。

2.2 国家对小规模采选业的服务与管理

智利对小型和中等规模矿业开发的技术支持,主要来自于国家矿业公司和国家矿业服务局(图1)。一般情况下,这些公共机构的目的是提供技术援助、信贷和补贴,购买矿产品,引入环境管理工具,并减少由此产生的环境问题。但智利小规模金属采矿(SSM)一般很难申请到银行贷款支持,智利国家矿业公司(ENAMI)采用收购矿石或矿石委托加工、提供地质勘探服务和精矿统一销售方式为小规模金属采选(SSM)业主提供行业服务。国家矿业公司的具体目标是为小型和中等规模的矿业开发提供必要

的服务,以提高其进入精炼金属市场的竞争力。

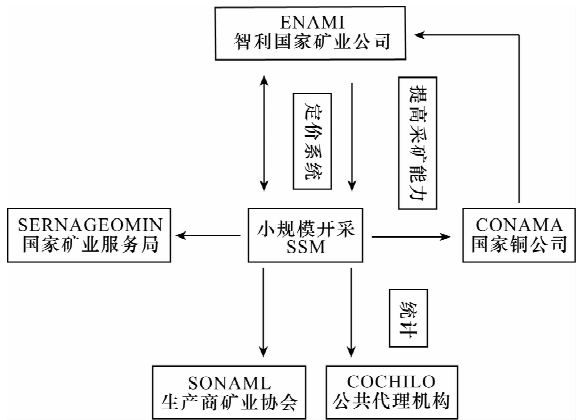


图1 智利铜、金、银小型规模开采监管机构示意图
Fig.1 Schematic diagram of supervision to small-scale mining of Cu, Au, and Ag in Chile

智利政府对小型金属采选业提供三类服务是:(1)矿业开发服务:包括为矿业企业融资,为筹备和评价项目提供技术援助,为可行的项目提供分配信贷资源和市场准入即矿石采购方式。(2)矿石加工服务:包括硫化矿铜和氧化矿铜的冶炼,即小型和中等规模矿业公司所开采的铜矿石可以集中由国家矿业公司或者其他第三方进行冶炼。(3)冶炼和精炼服务:有助于确保从SSM出产的矿产品能采用和大型采矿业相同的冶炼和精炼技术。

智利国家矿业公司(ENAMI)实际上是一个没有自有矿山的非营利性公司。智利国家矿业公司(ENAMI)在矿产品价格低迷时,集中购买来自智利第三、第四和第五区内的小规模和中等规模矿业开发公司的产品,以实现对其活动的政府支持;这可以理解为在全程铜矿产业价值链上,将小型采选业和国家矿业公司(ENAMI)经营活动进行了联合,从而实现了智利在国家层面对智利小规模金属采矿业(SSM)提供的行业服务和技术支持。收购的铜矿石集中在塔尔塔尔萨拉、多曼努埃尔、安东尼奥马塔和瓦伦尔的工厂;最后都在维德拉里拉(派波特)和本塔纳斯冶炼厂进行冶炼。本塔纳斯也有电解质冶炼厂和贵金属厂(黄金和白银)。2000年,该厂电解精炼了319 000t电解阴极铜,占到整个国家生产的6.93%。

智利地质矿业服务局(SERNAGEOMIN)是智利政府(矿业部)1980年设立的以专业地质和矿业为主的公共行政机构,在智利第一区至第五区(包括第八区等)均有其区域办事处,为各类勘探公司和矿业公司提供国家地质和矿业资料有关服务。地质服务包括:在矿区承担勘探、环境地质和地质风险评

估工作。矿业资料服务包括矿业资产、项目风险控制、环境管理和资源保护。

从 1992 年起,环境保护委员会对采矿作业安全进行监控,对冶炼厂、尾矿大坝和残渣处理系统进行管理。环境理事会提供关于环境影响评价的咨询服务,向环境委员会报告任何环境破坏或污染的检测,并监督所有尾矿坝。

综上,(1) 智利 SSM 活动是受智利政府监管机构地质矿业服务局(SERNAGEOMIN)的管辖,包括对安全和技术的支持。(2) 环境保护委员会进行采矿活动监督和管理,环境理事会进行环境影响评估与处置残留物、污染和污水处理有关事项(图 1)。(3) 智利这些公共机构都致力于减少智利 SSM 行业对智利环境的危害,鼓励使用符合环境标准的工程,引进环境健康风险管理工具。(4) 智利政府还致力于通过改善工人及其家庭的生活条件,推动智利 SSM 可持续发展,以促进和谐社区发展。

2.3 智利小型金属采选业环境评估

环境问题近年来才得到智利政府重视。政府的最初应对方式是 1990 年成立了国家环境委员会(环境理事会),1994 年颁布了环境保护法。从此,国家开始积极参与管理和控制采矿对环境的影响。

对小规模采选该国拥有两个不同的观点:第一,考虑社会和经济效益应该支持这项活动,进而支持该行业;第二,为维护所有智利人生活在一个没有环境污染国家的权利而反对该行业。最初,智利政府目标是建立一个法律和财政框架,提供给矿工及家人教育和卫生保健方面知识,以减少他们接触污染物的机会。现在致力于改善矿工生活条件,引入环保与安全开采加工技术。

3 智利环境保护机构

国际机构:特别是联合国拉美经委会在圣地亚哥的区域办事处,一直在收集有关智利小型采矿部门信息,并且与世界其他国家小型采矿部分进行比较研究(Sa'nchez *et al.*, 1999)。世界银行集团通过国际金融公司,正探索建立作为评估和处理智利小型规模开采部门一些问题的论坛。其计划包括:制定政策指导方针,提供为当地矿工咨询和传播相关知识的最佳方案。

国家制度:1998 年,智利通过 SERNAGEOMIN 和 ENAMI 制定了 ECOMIN 计划,其目的是控制和减少小型和中等规模开采对环境的影响,并改善行业安全和健康。它提供了基本的保护环境的培训;帮助环境净化知识的传播;并致力于将控制小型规模采矿环境影响纳入国家制度。

研究机构:在智利有 11 所大学,分布于伊基克、安托法加斯塔、科皮亚波、拉塞雷纳、圣地亚哥和康塞普西翁市,相当重视采矿和/或冶金等学科。其中主要以大、中型规模开采为重点研究,对小规模开采的研究相对匮乏。不过,高校作为研究中心收集反馈为小型规模采矿进行环境培训方面的意见,并鼓励有效的环境管理工具的使用,以及更环保技术的扩散。

4 结论与建议

智利各项法律健全且执法力度行之有效,各类产业具有良好的法律环境,总体上来看,智利公共机构都致力于减少智利 SSM 行业对环境的危害,鼓励使用符合环境标准的工程,引进环境健康风险管理工具;智利 SSM 活动受智利政府监管机构地质矿业服务局(SERNAGEOMIN)管辖,并由其提供对安全和技术支持。环境保护署进行采矿活动监督和管理,环境理事会对进行环境影响评估与处置残留物、污染和污水处理有关事项。智利 SSM、中型和大型矿业公司协同发展,法律运行环境和监管体系都有值得借鉴之处。在智利小规模金属采矿(SSM)业对环境的影响与运营方式上,结论和建议如下:

(1) 智利小规模金属采选业因分布分散且缺乏相应的环保技术与资金投入,其对环境造成了一定的影响。但智利小规模金属采选(SSM)业是金属矿产业的组成部分,也是全程产业价值链的初级形式,这是矿业发展必须经历的初级阶段;同时,也是智利铜产业具有国家垄断下完全可竞争市场的一种表现形式。由于智利采矿权适用智利民法关于不动产管理的条款,属于财产权。因此,智利政府必须保护该财产权,实现金属矿行业上具有小规模、中等规模和大规模采矿业与环境社区的和谐发展。中国企业进入智利进行矿业活动根据企业规模和自身发展需要,可选择大规模采选、小规模采选、大规模勘探与小规模采选实验等不同的项目公司运营方式。

(2) 小规模金属采选业与智利法律规定的大中型矿产开发项目须完成试验性工业开采(即小规模开发实验)存在联系。所以中国企业在智利进行矿产勘探和可行性研究中应重视小规模采选试验与规模性勘查工作的合理有序结合。

(3) 智利小型金属采选业是智利矿业不可或缺的一部分,国家对小型采选业进行限定的情况下特别保护和扶持。建议中国企业在智利进行“草根型”投资时可充分利用法规和政策对小型金属采选业的保护和扶持,为企业“走出去”到智利提供便利。

[References]

Castro SH, Sa’nchez M. 2001. An environmental view to the Chilean Copper Industry[C]. New Development in Mineral Processing, Proceedings of the Balkan Mineral Processing Congress[A]. Turkey:59 – 564

Chile Mining Code . 1983. [EB/OL]. <http://www.lexadin.nl/wlg/legis/nofr/oeur/lxwechl.htm>

Fang Wei-xuan. 2008. Risk analysis and management of overseas mining projects [C]. Beijing:Exploration Forum of Mineral Deposits A-broad in 2008;21 – 34 (Chinese with English abstract)

Fang Wei-xuan. 2012. R & D on new mapping technology of geochemical lithofacies in prediction and exploration for iron-oxide copper gold deposits (IOCG)[J]. Advances in Earth Science, 27(10):154 – 160 (Chinese with English abstract)

Li Qing. 1981. Chile-Argentina, porphyry copper beltregion research [J]. Geology and Exploration, 24(11): 11 – 14 (in Chinese with English abstract)

Ma Cheng, Fang Wei-xuan. 2009. Chile’s mining investment and operating barrier [J]. China Mining, 18(3): 9 – 18 (Chinese with English abstract)

Ma Cheng, Fang Wei-xuan. 2009. Chile’s mining projeel operation model [J]. World Nonferrous Metals, 23(2): 24 – 26 (in Chinese with English abstract)

Ma Cheng, Fang Wei-xuan. 2010. Competitiveness of copper industry in Chile[J]. Geology and Explortion, 46(6): 1133 – 1137 (Chinese with English abstract)

Marschik R, Fontboté L. 2001. The Candelaria-Punta del Cobre iron oxide Cu – Au(– Zn – Ag) deposits, Chile[J]. Econ Geol, 96:1799 – 1826

Mathur R, Marschik R, Ruizetal. 2002. Age of mineralization of the Candelaria Fe Oxide Cu – Au deposit and the origin of the Chilean iron belt, based on Re – Os isotopes[J]. Econ Geol, 97:59 – 71

Oyarzun R., Lillob J, Higuerae P. . 2004. Strong arsenic enrichment in sediments from the Elqui watershed, Northern Chile: industrial (gold mining at El Indio-Tambo district) vs. geologic processes [J]. Journal of Geochemical Exploration, 84: 53 – 64

Research and Policy Planning Department. 2010. Copper and gold mining investment in Chile estimations for 2010 – 2015 [R]. Chilean Copper Commission; Santiago, Chile; 3 – 13

Research and Policy Planning Department. 2001. Chilean Mining Compendium[R]. DTEC LTDA; Santiago, Chile; 36 – 48

Romero L, Alonso H, Campano P, Fanfani L, CiduR, Dadea C, Keegan T, ThorntonI, Farago M. 2003. Arsenic enrichment in waters and sediments of the Rio Loa (Second Region, Chile) [J]. Applied Geochemistry, 18:1399 – 1416

Sa’nchez JM, Enrr’quez SM. 1999. Environmental impact of medium and small mining in Chile [J]. Economic Rents and Environmental Management in Mining and Natural Resources Sector, Santiago, Chile; 363 – 383

Sergio H. Castro, Mario Sa’nchez. 2003. Environmental viewpoint on small-scale copper, gold and silver mining in Chile[J]. Journal of Cleaner Production, 11: 207 – 213

Sillitoe R H. 2003. Iron oxide-copper-gold deposits: An Andean view [J]. Mineralium Deposita, 38: 787 – 812

Yu Jin-jie. 1994. The status and progress of the domestic and international copper exploration[J]. Advances in Earth Science, 9(1): 52 – 56 (Chinese with English abstract)

Zhu Guan-xiang. 1980. Chile-Peru, a number of porphyry copper belt geological features[J]. Geology and Exploration, 13(9): 76 – 78 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

方维萱, 2008. 境外矿业项目的风险分析与管理[C]. 北京: 境外矿产勘查论坛 2008 会议报告汇编: 21 – 34

马 骋, 方维萱. 2009. 智利矿业项目运营模式研究[J]. 北京: 世界有色金属, (2): 24 – 26

马 骋, 方维萱, 王 京, 杨玲玲. 2010. 智利铜产业竞争力分析[J]. 地质与勘探, 46(6): 33 – 37

朱关祥. 1980. 智利、秘鲁斑岩铜矿带的若干地质特征[J]. 地质与勘探, 13(9): 76 – 78

余金杰. 1994. 国内外铜矿勘查的现状 & 进展[J]. 地球科学进展, 9(1): 52 – 56

方维萱. 2012. 论铁氧化物铜金型 (IOCG) 矿床地球化学岩相学填图新技术研发[J]. 地球科学进展, 27(10): 154 – 160

马 骋, 方维萱. 2009. 智利矿业投资与操作壁垒分析[J]. 中国矿业, 18(3): 9 – 18

黎 青. 1981. 智利 – 阿根廷斑岩铜矿带的区域研究[J]. 地质与勘探, 24(11): 11 – 14

Impact of Small-Scale Metallic Mining (SSM) in Chile on Environment and its Operational Mode

WANG Jing^{1,2}, FANG Wei-xuan^{1,2}, SHI Xiang-jiang², MA Cheng³

(1. Kunming University of science and technology, Kunming, Yunnan 650093;

2. Sinotech Minerals Exploration Co., Ltd., Beijing 100012;

3. China Geological Survey Development Research Center, Beijing 100037)

Abstract: In the past time, the small-scale metallic mines in Chile were scattered and lacked technology and funds for environment protection, thus have produced some impact on the environment. But now, under the supervision and support of the Chilean legal system, these mines have developed orderly, which are associated with the Chilean law provisions that specify large and medium development projects must complete trial industrial mining in advance. This paper presents investigation to small mines of Cu, Au and Ag in the III, IV and VI areas of central and northern Chile, and analysis of their potential impact on the environment. It also summarizes operational modes of small-scale metallic mines, and reveals inner relationship between legal specifications and industrial operation. We suggest that the Chinese enterprises should pay attention to combination of small-scale trial mining and large-scale surveys in mineral exploration in Chile and relevant research of feasibility.

Key words: small-scale mining (SSM), operation mode, legal supervision, Chile