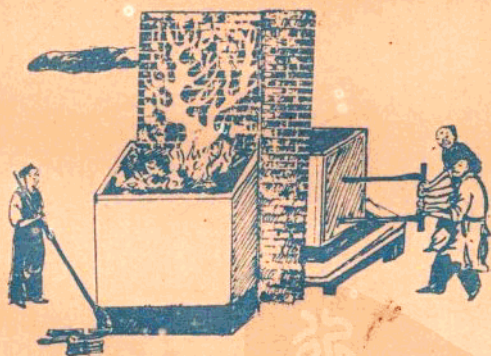


国家自然科学基金资助

中国古代矿冶成就及其它

霍有光 著



陕西师范大学出版社



前 言

早在遥远的古代,中国人民就善于开发利用自然界各种资源。司马迁在《史记·平准书》里把这种伟大实践概括为一句话,那就是:“徽山海之业。”“徽”通“遯”,意为“求取”。求取的对象包括山业和海业;而求取之道,则取决于国家的政策和科技。数千年来,诸如新石器时代肇始的玉石文化,商周青铜文化,春秋战国的钢铁文化,西汉武帝时开创的盐铁官营体制等等,都从政策和科技两方面标志着“徽山海之业”的能力日渐提高,从而满足了日益增长的社会需求。可以说,直到明代中叶,我国矿冶发展一直处于世界领先地位。明中叶以降,矿冶生产才逐渐滞后。因此,中国古代矿冶的兴衰,“徽山海之业”的得失经验,是一部政治经济与科学技术相互制约、彼此影响的历史。

中国古代矿冶科技史研究,属自然科学和社会科学交叉领域。治史是为了“史”为今用,从社会科学入手,旨在揭示古代矿冶所取得的辉煌成就及近代矿冶科技落后的历史原因,探讨矿冶科技与社会、经济、文化的关系,对中国人民谋求生产资料和生活资料、推进科学技术作为生产力的历史作出客观的总结,弘扬民族文化;从自然科学入手,旨在将古代矿产信息与当代地质科技成果相结合,为地质找矿服务。用地学界的术语说,找矿首先要确定成矿有利地段或地区。古人并不比后人聪明能干,先民不能违背客观规律在成矿无利地段或地区找出一个矿床来。理清浩瀚典籍中千百年来积累的采矿线索,有利于今人在历史矿产地段就地(或外围)扩大找矿,分析、圈定被历史遗忘的、当代尚未顾及的古采矿区,总结主要矿产成矿与找矿的规律。

本书是国家自然科学基金资助项目：“中国历史矿产(地质)图集及说明书”的部分研究成果。课题设计思想，一是为现代找矿服务，提出找矿见解；二是要对古代矿冶发展作出简要说明；三是为历史地理、经济地理及考古学科提供素材。为此，编制“图集”首先要弄清历史上的采矿信息或矿冶地点，同时也要涉及矿冶发展历程。这个文集只是为编图所做的前期工作，许多资料尚待挖掘整理。只有在此基础上，才能高屋建瓴地演绎综合，用文字将其系统化，撰成矿冶断代史或通史。不久前出版的拙著《司马迁与地学文化》，仅是初步尝试。用视觉信息将其系统化，编制矿产地质图集，即在现代地质图上，叠加历代金属、非金属矿产地及监冶场务坑洞的位置，古今地名对照，研究成矿有利地段和地区。此项工作，亦在进行中。总之，笔者今后仍将以“国家自然科学基金资助”为鞭策，勤奋不懈，唯愿为后人完成这一宏大工程草创一个雏型。限于学养，这部文集的不足和谬误之处自难避免，尚希同行专家不吝指教。在此，谨向国家自然科学基金委员会表示衷心的感谢。

1995年8月于西安交通大学

目 录

前言	(1)
宋代的银矿开发冶炼成就	(1)
宋代的银矿产区与当代找银	(15)
宋代金矿开采区	(27)
宋代砚石文献的地学价值	(35)
从《证类本草》看北宋地学思想之集成	(47)
宋代的矿冶法令和政策	(71)
清代延长石油开发简史	(79)
中国近代金矿开发概貌	(86)
中国近代锡矿开发概貌	(95)
中国近代锑矿开发概貌	(106)
中国近代银铅矿开发概貌	(116)
中国近代铜矿开发概貌	(129)
胶东近代及建国前金矿开发概貌	(141)
外国势力进入中国近代地质矿产领域及其影响	(152)
秦巴地区古代银矿分布信息及成矿区划	(184)
若干史籍中商州银矿信息的初步分析	(196)
史籍中秦陇银矿及前寒武纪赋矿地层	(204)

目 录

商州红崖山古铜矿遗址位置及找矿意义·····	(213)
古代对秦岭汞矿带的认识、开发及找矿启示·····	(224)
陕西古代金矿开发简史·····	(233)
陕南找铜信息刍议·····	(239)
陕西历史名泉辑要·····	(242)
河西古代金银矿开发简史·····	(255)
端砚简史与端石坑洞简介·····	(260)
沅水金刚石及发现始末·····	(267)
蓝田玉及开发展望·····	(270)
史籍中甘肃的非金属矿产·····	(274)
主要参考文献·····	(286)

宋代的银矿开发冶炼成就

宋代(960—1279)是我国历史上银矿冶长足发展并令世人注目的时期,这一时期银矿开发冶炼所取得的成就,虽然已有某些专著、论文涉及,但是,就当时银矿冶迅猛发展的原因、银矿产量、产地与类型,以及银矿选矿冶炼方法等问题,从科技史研究角度还有待深入,因此本文试图进行专门探讨。

一、宋代银矿开发的国情、政策与产量

众所周知,唐代出土文物以大批金银器窖藏面世最引人注目,主要分布在陕西、辽宁、甘肃、浙江等省,重要考古发现有西安南郊何家村 1970 年出土金银器 270 件;陕西扶风法门寺地宫 1987 年出土金银器达 121 件(组)。唐代有能力大量制造金银器,显然金银矿开采是它的物质基础。据《新唐书·食货志》记载:元和(806—820)初期,全国每年银矿课税为 1.2 万两(495.6kg,唐一两约等于 41.3 克);开成元年(836),银矿课税增至 2.5 万两(1032.5kg)。《元和郡县图志》说:乐平县(今江西乐平县西)“银山,在县东一百四十里,每岁出银十余万两,收税山银七千两。”意味元和时期银课比例大约占产量的 7% 左右,开成与元和相距甚近,由此推算,唐开成时期,全国实际白银年产量可达 36 万两(14868kg)左右。

宋代出土文物以瓷器为特色,银器出土则比较少见。那么宋代银器衰落是不是由于银矿产量下降所致呢?如果产量高于唐代,那么白银又到那里去了呢?对于第一个问题,《宋史·食货志·

坑冶》可以找到答案(参见表1),北宋皇祐时期(1049—1054),银课税为21.98万两(8792kg),治平时期(1064—1067)为32.52万两(13008kg),元丰元年(1078)课税减少,达21.54万两(8616kg)。南宋时期,北方银矿产地尽失,银课额却没有减少,庆元二年(1196),宰执曾说:“封状银数比淳熙末年亏额几百五十万两,今务场所入不满三十万(两),而岁奉三官及册宝费约四十万(两)。”“务场所入”指是银务、银场开矿的银课收入,说明庆元时银课接近30万两(12000kg)水平。若将《宋会要辑稿》(简称《宋会要》)与《宋史·坑冶》对比,两者关于元丰元年银课额记载完全一致,只是前者还指出:“银坑冶祖额总计四十一万一千四百二十两(16457kg)。”看来元丰元年产量大幅度下降,银课只是祖额的一半稍多些。若将唐宋两代银课额对比,宋代比唐代开成元年增长了至少10倍。

仅有宋代的银课额,还不能估计宋代银矿的实际产量,也就是说还需弄清银课政策。《宋会要》对此曾有明确记载:绍兴七年(1137年)工部向高宗上书说:“知台州(治今浙江临海)黄岩县(今县)刘觉民乞将应金银坑场,并依熙(宁、元)丰法,召百姓采取,自备物料烹炼。十分为率,官收二分,其八分许坑户自便货卖。今来江西转运使相度到江州(治今江西九江市)等处金银坑冶,亦依熙丰二、八抽分,经久可行,委实便利。”对此,高宗下诏同意按熙丰法执行。熙丰时期是王安石实行变法的时代,制定金银矿开采二八分成法一直延续到绍兴,长达近70年,产量的8/10许坑户自便货卖,其实是扩大再生产和劳动力再生产的易被接受的分配方法,实践证明经长期采用便利可行。透过这项政策,可以估算出宋代白银每年实际产量应在105万两至205万两(42t—82t)之间,当然某些年份也可能突破205万两(82t)。

表 1 宋代银课收入及银冶数

时间	银课(两)	银冶数
皇祐中(1049—1054)	219829 两	
治平中(1064—1067)	315213 两	84
元丰元年前祖额	411420 两	
元丰元年(1078)	215385 两	(表 3)
绍兴三十二年(1162)		174
庆元二年(1196)	不满 30 万两	

注：宋代 1 两相当现今 39—40 克，宋代的一斤相当今 625—640 克。

表 2 宋代每年用银支付赔款数

时间	用银赔款数(万两)
景德元年(1004)	10 万两(向辽国)
景德三年(1006)	10 万两(向辽国) 1 万两(向西夏)
庆历二年(1042)	20 万两(向辽国) 1 万两(向西夏)
庆历四年(1044)	20 万两(向辽国) 7.2 万两(向西夏)
宣和二年(1120)	海上之盟，将原给辽的岁币如数给金国
绍兴九年(1139)	25 万两(向金国)
绍兴十一年(1141)	25 万两(向金国)
嘉定元年(1208)	30 万两(又犒师银 300 万两，向金国)
开庆元年(1259)	20 万两(向蒙古)

宋代流通的货币是铜钱及铁钱,百姓赋税允许用金银绢交纳。早在开国初期,至道二年(996)“东、西川盐酒商税半输银帛外,有司请令二分入金。”《宋史·食货·赋税》亦称:宋制岁赋之物中有“金铁之品四:一曰金,二曰银,三曰铁镞,四曰铜铁钱。”总之,开采银矿由民间坑户所得的十分之八的白银,做为开采冶炼的成本、追加投资及劳动力再生产的耗费,经过赋税及消费等形式,最终回流到官府国库。

宋代发展白银生产,受到当时国情的制约,除宫廷官府及民间消费外,很大一部分要以“岁赐”、“岁币”名义用来支付战争赔款。(表2)宋初自英宗起,为换取边境安定,与我国北方游牧民族不得不采取妥协政策。景德元年(1004),宋与辽国(契丹)签订澶渊之盟,每年向辽输银10万两(4000kg)、绢20万匹;景德三年(1006)又对西夏妥协,每年向西夏岁赐银一万两(400kg)、绢一万匹、钱二万贯。宋仁宗时,赔款进一步加重,庆历二年(1042),辽国乘宋与西夏战争之机,迫使宋增加岁币,每年输银20万两(8000kg)、绢30万匹;庆历四年(1044),宋与西夏议和,每年向夏输银7.2万两(2880kg,含银器二千两,说明宋代金银器手工业并不亚于唐代)、绢15万匹、茶3万斤;宣和二年(1120),宋与金国达成“海上之盟”即联合破辽,宋将原给辽的岁币如数给予金国;靖康元年(1126),金兵包围开封,乘机勒索黄金30万两(12000kg)、银1200余万两(480000kg)及大量珠玉宝器;绍兴九年(1139)及十一年(1141)、宋金两次和议,规定宋每年向金纳银25万两(10000kg)、绢25万匹;嘉定元年(1208),宋金再次和议,每年输金国银30万两(12000kg)、绢30万匹,另给金“犒军银”300万两(120000kg);开庆元年(1259),蒙军包围潭州、鄂州,南宋投降派宰相贾似道私下和议,每年向蒙军纳银20万两(8000kg)、绢20万匹。由于铜币不足,两宋不得不用白银支付军费,如《宋史·理宗纪》说:淳祐七年

(1247),一次便下令“户部银五千万两(2000t)付督视行府赵葵调用。”可见,从北宋至南宋,200多年间沉重的战争赔款包袱,迫使两宋政权必须把加速银矿找矿与开采工作列为矿冶发展的基本国策之一,银荒只有靠发展矿冶来补偿。同时也从侧面提供证据,宋代年银课额不等于实际产量,否则仅凭银课收入不足以支付战争赔款,更谈不上宋廷自身的消费。

契丹、西夏及金国位于两宋的西北或北方。由《宋史·食货》看,当时宋与它们的边境贸易主要是以物易物交易,严禁使用铜铁钱,原因是害怕流出边境后对方熔铜铁钱制兵器。金国允许部分“银钞相兼”使用,但辽、夏、金国内一般仍采用铜币。从边贸看,它们还与西域即“西北诸部”有贸易往来,同时它们自身也害怕铜铁币外流。那么我国北方这些民族为什么需要白银呢?这显然也是值得探讨的问题。《宋史·沈括传》记载:熙宁八年(1075)沈括对开发边境银矿有一段谈话,他说:“朝廷岁遗契丹银数千万(千应为十之误),以其非北方所有,故重而利之。”对此,《续资治通鉴长编》记述更准确,即“朝廷岁遗单于银以数十万,以其非北方所有,故价重而契丹利之。”可以看出,我国北方游牧民族非常看重白银,但做什么用,沈括没有回答。若自景德元年到熙宁八年,累计达72年,从北宋历年战争赔款中,辽可获白银1060万两(424t),西夏可获白银268.4万两(107.4t),它们从北宋得到这么多白银,不用岂不可惜?笔者认为,从地理位置分析,它们阻断了大宋通往西域、中亚及欧州的丝绸之路;沿这条道路的西线国家,贸易多使用金银币,也就是说辽、夏、金都可能用白银开展对西域、中亚地区的贸易。如《辽史·太祖纪》中有天赞时期(922—926)波斯国、大食国进贡之记载。值得一提的是,丝绸之路除河西走廊这条通道外,还有一条重要支线。宋末元初,邱处机在1219年曾应成吉思汗之邀前往阿富汗,路线是经外蒙翻阿尔泰山入新疆,横穿东准噶尔白骨旬,到达奇台附近并与传统丝绸之路衔接。说明夏虽控制了河西

走廊,但并不妨碍辽、金与西域的交往。白银沿丝绸之路向西域流动,或许能对夏、辽、金游牧民族活动地区文物出土不多见银器的现象做一种合理的解释。

二、宋代的银矿产地与主要银矿类型

宋受到我国北方游牧民族长期战争的压力,边界由北向南逐渐推移,有效治理区域不断缩小,北部的银矿产区相继丢失。与此同时,宋自身白银消费有增无减,战争赔款也呈渐长势头。从南宋银课数量(表1)并不低于北宋且执行同一税率看,宋廷在领土日益缩小的情况下,为了维持白银的稳定生产,一是必须依靠不断发现新的银矿产地,尤其是加强我国南方的找矿工作;二是必须提高已有矿区的开采能力和选矿冶炼技术,这就推动了整个矿业的蓬勃发展。

宋代银矿产地及变化,《宋史·食货·坑冶》有多处较详记载。首先,它开门见山(但未谈具体时间)指出,宋廷共3个州设置银监,有17个州3个军设置银场51处,另有3个州设有银务;其次,北宋治平时期,“银之冶八十四”,分布于23个州、3个军及一个监的辖区内;再次,南宋绍兴三十二年(1162),“湖南、广东、福建、浙东、广西、江东西(即江南东路和江南西路)银冶一百七十四,废者八十四。”单从银冶的绝对数看,南宋数量远高于北宋。

元丰时期银矿开发情况尤以《宋会要》和《元丰九域志》记载最为详尽,内容包括银矿所在州军县、监冶场务名称及兴废时期、银课旧额、元丰元年课额及土贡资料,这正是《宋史·食货志·坑冶》所忽略的内容(见表3)。从产地看,涉及现行政区划甘肃、山东、陕西、河南、湖北、浙江、湖南、江西、福建、广西、广东、海南等12个省;从产地的代表性看,州军监一级的银矿产地,基本覆盖了两宋的绝大多数银矿产区。

综合分析宋代的银矿产区变迁,大致有五个特点:①北方银矿产量下降或矿坑停闭,与战争环境直接相关。如秦(州)、陇(州)银矿,同处一个矿带,北西向横跨甘陕两省交界地区,秦州银矿位置在北部的清水县境内,据《太平寰宇记》记载,太平兴国时期(976—984)设银监,“课利每年收银三万二千八百四十贯两。”元丰元年降至149两(5.96kg);陇州古道银场旧额达77262两(3090kg),元丰元年降至4322两(172.9kg)。究其原因,秦陇北部离西夏甚近,《宋史·神宗纪》说:熙宁三年(1070)“夏人寇镇戎军(治今固源县)三川砦;熙宁六年(1073)二月“夏人寇秦州。”边境战争制约了秦陇银矿的发展,山东、陕西、河南的某些银矿开发中断可能均属此类。②元丰时期,银矿课较高的地区如浙江、福建、江西、广东、湖南等(表3),直到南宋始终属稳产高产区。③我国南方经济水平较低的地区如广西、海南,元丰前后已进入实际开发阶段。就银矿而言,许多州或有课额或有土贡,到了绍兴末期,广西已跃为南宋的主要银矿产区之一。④许多产地,经历了两宋的长期开发,虽缺少系统资料,但从已有资料中能看出银矿产量有较大波动,即产量时多时少,如韶州旧额曾达94488两(3780kg),元丰元年收420两(16.8kg);循州旧额15650两(626kg),元丰元年收3241两(129.6kg);宜州旧额为19486两(779.4kg),元丰元年收3254两(130.6kg);信州旧额为103393两(4135.7kg),元丰元年收35957两(1438.3kg);桂阳监旧额为27033两(1081.3kg),元丰元年收875两(35kg),等等。⑤南宋又新增一些银矿产地,如台州、江州等。

需要一提的是,与宋朝对峙的北方政权,亦是中华大家庭的成员。《宋史·沈括传》提到沈括不赞成开发北方边境地区的银矿,原因是“昔日银城县、银坊城皆没于彼(指辽),使其知凿山之利,则中国之币益轻,何赖岁饷?”这表明夏、辽、金起初不掌握较为先进的银矿冶科学技术,但是南北战争,北方游牧民族不仅占领了大宋许多地盘,并且接收了大批汉族民户、工匠、知识分子及生产的物质

表3 北宋元丰元年(1078)银矿产地及银课额

现行政区	银矿历史产地(今地)	元丰元年课额
甘肃	秦州(天水市)	149 两
山东	登州(蓬莱县)、莱州(莱阳)	637 两
陕西	商州(商州市)、凤州(凤县)、凤翔府(凤翔)、陇州(陇县)	12392 两
河南	魏州(灵宝县)、西京伊阳县(嵩县西南)、唐州(唐河县)、邓州(邓县)、卫州(汲县)	26042 两
湖北	鄂州(武汉)	(土贡 30 两)
浙江	越州(绍兴市)、衢州(衢州市)、婺州(金华市)、处州(丽水)	5492 两
湖南	潭州(长沙市)、衡州(衡阳)、道州(道县)、彬州(彬州)、桂阳监(桂阳县)、永州(零陵)、邵州(邵阳市)	27001 两 (土贡 60 两)
江西	饶州(波阳)、信州(上饶市)、虔州(赣州市)、建昌军(南城、南城县)、南安军(大余县)	44790 两
福建	福州(福州)、建州(建瓯)、南剑州(南平市)、邵武军(邵武)、汀州(长汀)、漳州(漳州市)	68996 两
广西	贺州(贺县东南)、藤州(藤县)、宣州(河池市)、昭州(乐平)、梧州(梧州)、融州(融水县)、龚州(平南县)、潯州(桂平县)、贵州(贵县)、柳州(柳州)、宾州(宾阳县北)、横州(横县)、郁林州(玉林市)、白州(合浦境内)、廉州(合浦)、桂州(临桂县)、容州(容县)、邕州(南宁市)	3758 两 (土贡 210 两)
广东	广州(广州)、韶州(韶关市)、循州(龙川县)、潮州(潮州市)、连州(连县)、端州(肇庆市)、康州(德庆)、南恩军(阳江)、英州(英德)、惠州(惠州)、梅州(梅州)、高州(高州西北)、新州(新丰县)、封州(封开县)、化州(廉江县)	23841 两 (土贡 90 两)
海南	琼州(琼山)、昌化军(儋县西北)、万安军(万宁县)	土贡 25 两

基础,汲取了汉族的文化,使自身发生了由奴隶制向封建制的过渡,矿冶上也有了显著进步。西夏文字典《文海》受汉族文化的影响,就记载了“关于铁、黄铜、金银的冶炼方法。”《辽史·食货》说:“太祖(916—926)征幽、蓟,师还,次山麓,得银、铁矿,命置冶。圣宗太平间(1021—1031),于潢河(今西拉木伦河)北阴山及辽河之源,各得金、银矿,兴冶采炼,自此以讫天祚(1101—1125)国家皆赖其利。”《金史·食货》也指出:“世宗大定五年(1105),听人射买宝山县银冶,”“(大定)二十七年(1187),尚书省奏,听民于农隙采银,承纳官课”;“坟山、西银山银窟凡百一十有三。”这里“听民于农隙采银”显然是农耕民族即汉族的生产方式。总之,以上信息说明,通过南北文化交融,北方游牧民族向汉族学习,亦掌握了当时先进的找矿冶金知识,这也是我国宋代银矿开发的组成部分。

宋代银矿高度发展的标志之一表现为掌握了开采不同类型的银矿,即懂得了银在自然界中赋存规律和元素的共生组合关系。宋代开采的银矿类型:一是银铜型银矿,如绍圣元年(1094)福建路转运司上奏说:“建州浦城县(治今福建浦城)唐岱坑,银铜矿滋盛,可置场冶。从之。”就是说唐岱坑一坑之内是银铜共生型银矿,置场兴冶,得到皇帝批准。二是银铜铅型银矿,如绍兴十三年(1143),韩球上书说:“韶州铜冈场,连州元鱼场,银铜铅坑已见发泄,”要求增派监官。三是独立银矿,如乾道七年(1171),姚述尧上书说:处州“龙泉(治今龙泉县)等县见有石堰等银坑十处,库山等铜坑九处,合将银铜分作两所:银坑即令采银……铜坑即令采铜。”四是银铅型银矿及银铁伴生型银矿,如乾道三年(1167),“晁公愚言:诸路出产坑冶之处,往往五金杂出,如铜坑有铅,铅坑有银,银坑有铁之类,盖是所产矿脉厚薄不等。”此外,还有银金型银矿(如莱州金银矿)。

自然界银矿物主要是辉银矿和自然银,但比较少见。大部分银呈机械的混合形式存在于黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等矿物的结晶

格架中。故大部分银是伴生在铜矿、铅锌矿或铜铅锌矿组成的多金属矿体中。一般来讲古代通过长期找矿冶金实践,首先会发现赋存在这三种类型矿产中的银矿。因为铜矿主要含黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿等矿物;铅锌矿体主要含方铅矿、白铅矿、闪锌矿等矿物;铜铅锌矿体则是前两种矿体中矿物的混合。这些矿物除常具规则晶形外,还具有明亮的金属光泽,肉眼极易发现识别,野外找矿容易被发现。独立银矿是银含量较高的银矿,矿物中方铅矿含量相对较低,辉银矿含量较高。辉银矿颜色呈灰黑色,缺少方铅矿、闪锌矿那种闪烁的光泽。所以,一方面寻找独立银矿有一定的识别难度,另一方面自然界中独立银矿也比较少见。宋代能将独立银矿和铅锌型银矿区分,说明已积累了丰富的找矿知识。建国后,曾在陕西柞水银洞子(属清末采银地,故名银洞子)找铁矿,意外地在不甚理想的铁矿体下发现了特大型银矿,而远在宋代,先民已有了“银坑有铁”的找矿实践,的确是很了不起的成就。此外,《证类本草》“生银”条下转引陈藏器的一段话也颇有价值,他说生银可分为曾青银、土碌银、水银银、生铜银(即未经冶炼的铜矿中含银)、生铁银、硫黄银、砒霜银、雄黄银、雌黄银、黑铅银等。这是指自然界的铜、铅、砷、汞、铁的硫化物及某些碳酸盐类矿物中可含银,其认识也是科学的。

三、宋代银矿选矿冶炼技术及生产规模

宋代的银矿冶炼技术,夏湘蓉等(1980)、杜石然等(1982)及李仲均等(1991)都有过探讨与介绍,即认为采用的是“吹灰法”,其法至少唐代业已成熟,故宋代只是在前人基础上继承。关于这种方法的具体内容,上述研究者都引用了南宋赵卫彦《云麓漫钞》卷二中的一段记述,赵卫彦指出:“取银之法,每石壁上有黑路乃银脉,随脉凿穴而入,甬容入身,深至十数丈,烛火自照,所取银矿皆碎

石,用臼捣碎,再上磨。以绢罗细,然而以水淘,黄者即石,弃去;黑者乃银,用面粉团入铅,以火煅为大片,即入官库。俟三、两日再煎成碎银。”必须注意,这里所说的“黑路乃银脉”、“黑者乃银”,夏湘蓉等先生认为“前者指的是黑色的辉银矿脉,后者指选取的银精矿。”宋代开采的银矿类型很多,铅又易和银共生,故赵卫彦所言的黑色银脉,只能指银矿的部分类型,可能是独立银矿脉,也可能是银铅多金属矿脉。这类矿石,分选需经过捣碎、磨细、罗筛、水洗等工序,冶炼时加铅,目的在于降低熔点。与渣滓分离后的银铅合金再锻成金属片,待用。

仔细推敲赵卫彦的记载,不难发现他仅介绍了独立银矿及银铅矿型银矿的找矿、采矿、选矿和冶炼的一般工艺过程。所谓等二三天后再煎成碎银,其法是将锻片重新冶炼,把银化合物中的铅(其熔点比银低),氧化成氧化铅(PbO),从而促使银析出。要获得高纯度的银,这一步骤往往要重复几次,这就是“吹灰法”炼银的全过程。然而赵卫彦的记载仍有不足之处,偏于简略,部分细节不甚清楚。直到明代,宋应星(1578—?)在《天工开物》中对这种方法才有更详尽地记载,书中所举实例乃云南楚雄、永昌、大理一带的银矿。这种银矿开采的矿石称“礁砂”,礁砂“先行拣净淘洗,”选出精矿砂,其砂“银隐铅中。”表明宋应星介绍的银矿冶炼方法,仍然是针对银铅矿型银矿或独立银矿而言的。

然而正如前面所谈,宋代开采的银矿有多种类型,它们在银矿冶中的地位各有千秋。《宋会要》中有一段记载十分重要,其内容是:嘉定十四年(1221),“臣僚言:产铜之地莫盛于东南,如(处州)括苍(今浙江丽水东南括苍山)之铜廓、南弄、孟春、黄焕峰、长枝、殿山、炉头、山庄等处,诸暨(今浙江诸暨县)之天富,永嘉(今浙江温州)之潮溪,信(州)上(饶)之罗桐,浦城(今福建浦城)之因浆;尤溪(今福建尤溪)之安仁、杜塘、洪面子坑 50 余所,铜银共产,大场月解净铜万(斤)计,小场不下数千(斤),银各不下千两,为利甚博。

至若双瑞、西瑞、十二岩之坑；出银繁瀚。大定、永兴等场，虽是银铅并产，兴盛日久，泽灵不衰。”由这段记载可有三点认识，一是宋代已总结出我国东南浙闽某些地区是多金属成矿有利地带。二是银矿类型有：“铜银共产之矿，”“为利甚博”；独立银矿，“出银繁瀚”；“银铅并产”之矿，“兴盛日久，泽灵不衰。”三是“铜银共产”之矿，这种类型的银矿经济地位引人注目，嘉定时浙闽就有 50 余处，每月大场可产净铜万斤(6330kg)，小场可产数千斤，银则各场月产不下千两(400kg)。也就是说，大场年产净铜 12 万斤(75960kg)、银 1.2 万两(480kg)以上，小场每年可产净铜数万斤，银亦达 1.2 万两(480kg)左右，那么这 50 余处(场)年产银至少在 60 万两(24000kg)以上。依据铜银产量可估算“银铜共产”之矿的铜银含量之比，即铜：银大约在 160:1—80:1 之间。

现代工业开采的银铜型银矿床，一般矿石铜含量约占 0.4%—0.5%，银的含量为 50g/t—150g/t，铜银含量之比大约是 100:1—33:1 左右。古今对照，意味宋代开采的银铜型银矿中银的含量，比现代还略低，其选矿冶炼水平之高令人惊叹。

银铜型银矿古人究竟怎样来开发利用呢？第一，从选矿角度来考察，“银铜共产”之矿其实也是铜矿，银赋存于铜矿物中，铜矿石中铜含量比银高出几十倍至一百几十倍，故选矿可先按铜矿石来分选。《宋会要》记载嘉定十四年(1121)“臣僚言”还提到对前人铜矿采冶方法做过调查，即“旧来铜坑，必差廉勤官吏监辖，置立隔眼簿、遍次历，每日书填：某日有甲匠姓名、几个入坑及采矿几箩出坑；某日有碓了矿末几斤下水淘洗；某日有净矿肉几斤，上炉煅炼。然后排烧窖次，二十余日每铜矿千斤，用柴炭数百担，经涉火敷足，方始请官监视，上炉匣成铜，其体红润如烟脂，谓之山泽铜。”从这段记载可知“净矿肉”就是精矿粉，而“旧来铜坑”生产的这种精矿粉，显然可以是铜精矿粉，也可以是含银铜精矿粉。就选矿程序看，和赵卫彦介绍的重力选矿法相似。