

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2022.06.017

有色冶金工业遗存技术价值初探—— 以会泽铅锌矿工业遗存为例

陈萃¹, 陈静², 马绍斌³, 何醒民¹

- (1. 长沙有色冶金设计研究院有限公司, 长沙 410019;
2. 湖南大学, 长沙 410082;
3. 云南驰宏锌锗股份有限公司, 云南 曲靖 655011;)

摘要:有色冶金工业是我国工业化道路的重要组成部分,我国的有色金属提取可以追溯到夏商周,我国有色冶金步入工业化是在中华人民共和国成立以后。将有色冶金工业的技术价值分为生产实践价值、理论价值和社会价值三个维度,以此为框架对云南驰宏锌锗股份有限公司老厂——会泽铅锌矿工业遗存进行了分析研究,以其技术价值作为主要评述对象,阐明了其在有色冶炼工业遗存主体生存过程中所起的作用,进一步的为有色冶金工业遗存技术价值的评价提供思路。

关键词:有色冶金工业;工业遗存;技术价值

中图分类号:TF812;TF813

文献标志码:A

文章编号:1007-7545(2022)06-0110-08

Preliminary Study on Technical Value of Heritages of Nonferrous Metallurgy Industrial: A Case Study of Huize Lead-Zinc Mine

CHEN Cui¹, CHEN Jing², MA Shao-bin³, HE Xing-min¹

(1. CINF Engineering Co., Ltd., Changsha 410019, China;

2. Hunan University, Changsha 410082, China;

3. Yunnan Chihong Zn & Ge Co., Ltd., Qujing 655011, Yunnan, China)

Abstract: Non-ferrous metallurgy industry is an important part of China's industrialization road. The extraction of nonferrous metals from ore in China can be traced back to Xia, Shang and Zhou Dynasties in ancient China. It was after the founding of the People's Republic of China that China's non-ferrous metallurgy stepped into industrialization. The technical value of nonferrous metallurgy industry is divided into three dimensions: production practice value, theoretical value and social value. Based on this, the industrial heritage's remains of Huize Lead-Zinc Mine, an old zinc and germanium plant in Yunnan Chihong Zn & Ge Co., Ltd., were analyzed and studied. Taking its technical value as the main comment object, this paper expounds its role in the survival process of non-ferrous smelting industrial remains, and further provides ideas for the evaluation of technical value of metallurgical industrial remains.

Key words: nonferrous metallurgy industry; industrial heritage; technology value

2003年,国际工业遗产保护委员会第12次大会通过的《国际工业遗产保护的纲领性文件——《下

塔吉尔宪章》指出:“工业遗产是工业文明的遗存,具有历史的、科技的、社会的、建筑的或科学的价值”。

收稿日期:2022-02-12

作者简介:陈萃(1982-),女,硕士,高级工程师

2011年11月,国际古迹遗址理事会第17届大会通过的关于工业遗产遗址地、结构、地区和景观保护的共同原则——《都柏林原则》中指出:“蕴藏在旧工业工艺流程中的人类技能和知识是遗产保护中至关重要的资源,并应当在其价值评价过程中予以充分考虑”。工业生产是一种技术实践的形式,“技术”着重于采用什么样的工艺和装备,“科学”着重于采用这种工艺和装备的原因。简言之:科学价值是关于“是什么”的价值,技术价值是关于“怎么样”的价值,从矿石到金属首先解决的是“技术”问题。

我国工业遗存的主要时间跨度自19世纪后半叶近代工业诞生以来至今,这段时间是我国有色冶金技术从古法冶炼向以采用新材料、新能源、大机器生产为特征的技术更迭的重要阶段。随着对环境保护重要性认识的深入和世界范围的能源结构调整,有色冶金作为资源型、高能耗工业,工艺优化和设备更新成为一种必然趋势。工业遗存在有色冶金技术的转型发展中将不断出现,又在重新利用中消失,随之一起消失的还有时空范围内的工业信息。在新旧交替的过程中,对采用过的冶炼技术进行技术价值的梳理和评价,可以了解我国步入工业时代过程中有色冶金技术发展的脉络。充分了解被工业遗存所继承的技术,以至于能够评价这些技术在该工业主体的生存过程中所起的作用,工业遗存的价值评价就完成了其核心内涵。

本文从生产实践价值、理论价值和社会价值三个维度出发,对云南驰宏锌锗股份有限公司老厂——会泽铅锌矿工业遗存进行了分析研究,为有色冶金工业遗存技术价值的评价提供思路。

1 有色冶金工业遗存技术价值的研究现状

有色冶金属于传统工业技术,其中铜、银、铅的冶金技术的发明是华夏文明繁荣、延续的物质基础。近代中国经历了半殖民地半封建的历史时期,进入工业化阶段的时间较晚,加之对工业文明认识的特殊性,对“工业遗存”、“工业遗产”领域的研究从20世纪中后期才逐步开始。

目前,冶金工业领域的遗产研究集中在钢铁冶金,研究和保护内容以建筑学和艺术领域为主。对“技术”的评价局限在效率提升的层面,如年处理能力、工作制度、技术经济指标等,缺乏对冶金技术的整体关照。在有色冶金工业领域,考古学和科技史方面有零散的研究,内容侧重于工业遗产考古。李

强等^[1]采用物相分析的手段对炉渣、矿石、平衡石、支护木等遗物进行检测分析,从而推断古代的炼铜工艺技术;长孙樱子^[2]对陕西蓝田县怀珍坊商代遗址出土的矿石、冶炼渣进行检测分析,为了解商代关中西部地区冶金生产提供了实物资料。考古学关于技术的研究评价取向着重于物——运用近代科学技术对古代金属开采、冶炼、生产等活动留下的遗迹和遗物进行研究和分析。研究尚没有涵盖有色冶金工业技术的黄金更迭期,不能充分体现中国有色冶金工业发展的特殊性;亦没有对获得的实物资料的研究结果做进一步的技术评价分析,即尚未触及技术评价的内涵部分——“技术价值”。

2 云南会泽铅锌矿冶炼工业遗存

2.1 研究背景

中华人民共和国成立之初,我国处于从农业社会向工业社会的转型期,有色冶金技术经历迅速的更新迭代。会泽铅锌矿(简称会矿)位于云南省会泽县者海镇,以铅锌氧化矿和硫化矿为主,矿石中还有银、铜、锗等其它有色金属。明代开始开发,土法生产500多年,官办、官督商办、官商合办等形式交替出现,是云南近代铅锌冶金工业的起点。1951年会矿被列入国家第二个五年建设计划,自主创立的从氧化铅锌矿石中提锗的生产工艺,填补了我国冶金史的空白。

会矿工艺技术从明代到近现代的变迁是我国铅冶炼由古代到近现代技术更迭的一个完整、典型的案例,从历史价值、经济价值、文化价值,以及最重要的冶金技术价值的角度进行评价分析,具有多重“唯一性”。

在走中国特色工业化道路的历史背景下,1950年,会矿重建10台炼铅土炉,1954年,接受苏联专家建议停止土法炼铅,只采用1951年投产的鼓风炉进行冶炼,即土法炼铅和鼓风炉炼铅工艺并存近5年。1955年,烟化炉处理氧化铅锌矿试验是火法冶炼从固态料柱的鼓风熔炼进入到熔池熔炼的开端^[3]。因此,这一时期既具有技术更迭的典型性和某项工艺技术的“唯一性”,又具有历史背景的特殊性。正如《下塔吉尔宪章》中所说:“许多旧的或废弃的生产工艺中,人类的技艺是极为重要的资源,一旦失传,无可替代。应当被详细记录并传给后代”。

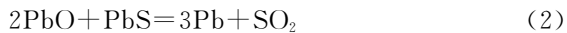
2.2 技术价值分析评价

技术在辞海中的定义是:泛指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种工艺操作方法与

技能。即技术包含三个基本要素:操作技能;生产工具、设备;生产工艺流程。本文以铅冶炼工艺及其核心装备作为技术价值评价的研究对象,对工艺的演变和装备的改进进行技术价值的研究和分析。

2.2.1 工艺

古代的铅冶炼只有火法,最早的铅冶炼技术的记载是在明朝崇祯年间,是有记载的最早的一步炼铅技术,矿石采集出来以后直接进入熔炼炉进行熔炼,基本反应^[4]如下:



2.2.1.1 生产实践价值

限于科学技术水平和地理条件限制,会矿没有引进西法炼铅,1952年以前一直采用土法炼铅工艺^[3],冶炼工艺流程如图1所示。

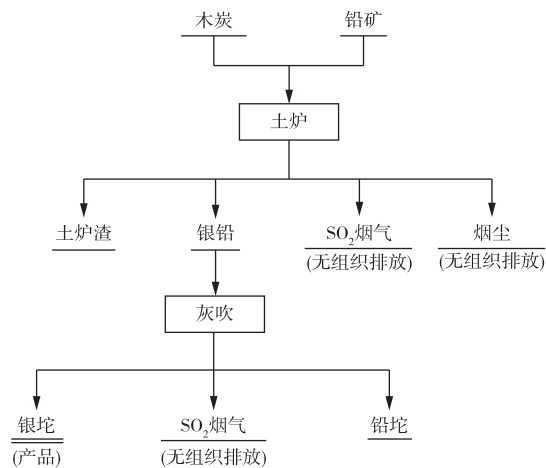


图1 会泽铅锌矿土法炼铅
工艺流程(1952年前)

Fig. 1 Lead smelting process by native method in
Huize Lead-Zinc Mine (Before 1952)

元宋时期,商品经济的发展使得白银日益成为流通的手段,彼时全国的炼银以云南为主^[5],提取银的同时获得铅或者氧化铅。当时人们对铅冶炼技术的认识是在积累矿石和金属间发生转化的条件和现象的劳动实践基础上采用的一种简单的工艺,缺乏科学的总结,对工艺指标、设备、环保亦没有认知,生产带有很多的盲目性。

1950年到1952年,土炉产出的铅再熔化、插入木材,将杂质氧化,以浮渣形式除去后,铸锭成净铅。1953年,增加了精炼系统,鼓入空气,脱除粗铅中的砷、锑,精铅的纯度高于净铅^[3],除杂烟气无组织排放,工艺流程见图2。

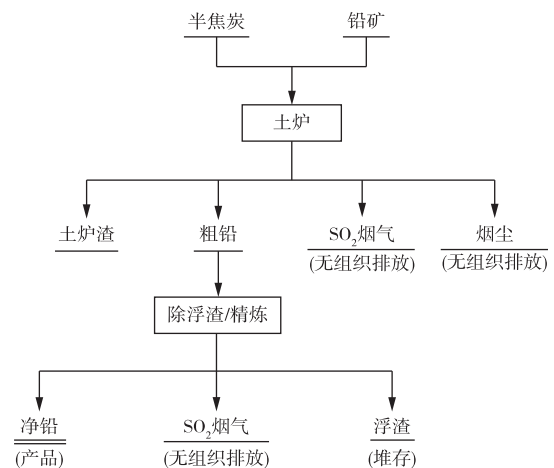


图2 会泽铅锌矿土法炼铅
工艺流程(1950—1954年)

Fig. 2 Lead smelting process by native method
in Huize Lead-Zinc Mine (1950—1954)

1954年增加了入炉物料的炼前处理工序,即将粉矿和细矿经团矿、烧结后投入鼓风炉。提高了系统的处理效率,工艺流程如图3所示。

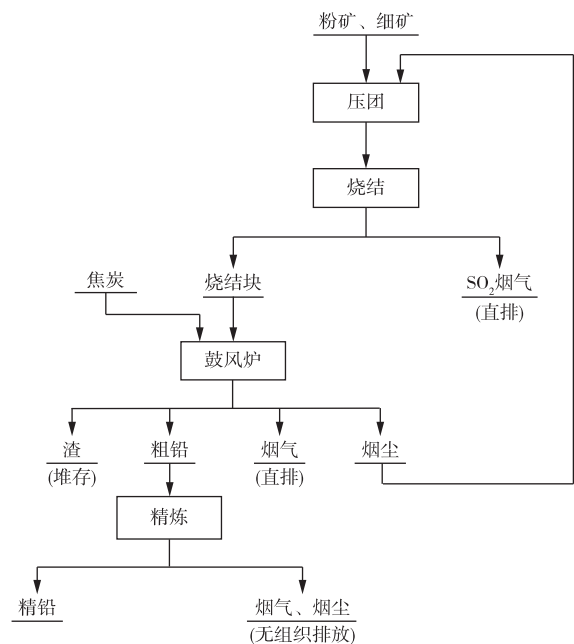


图3 会泽铅锌矿鼓风炉炼铅
工艺流程(1954—1965年)

Fig. 3 Lead smelting process by blast furnace
in Huize Lead-Zinc Mine (1954—1965)

1953年,为提取矿石中的锶,在苏联专家的指导下,会矿开展烟化吹炼工艺处理氧化铅锌矿的试验,工艺流程如图4所示,同时产出副产品七水硫酸

锌或电解锌。

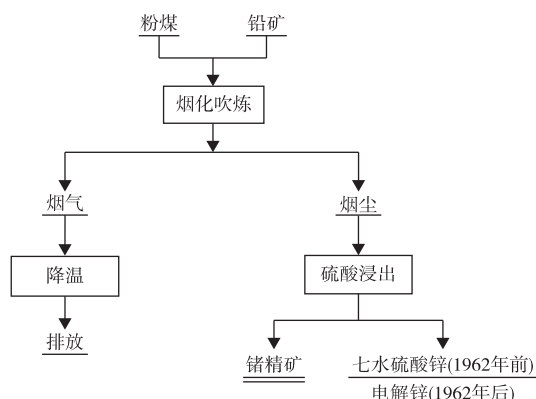


图4 会泽铅锌矿烟化
吹炼工艺流程(1955—1965)

Fig. 4 Lead smelting process by fuming process
in Huize Lead-Zinc Mine (1954—1965)

图3的鼓风炉炼铅工艺的出现和应用早于图4的熔池熔炼工艺,从工艺的演进角度分析:第一,我国古代劳动人民很早就掌握了焦炭炼制技术,鼓风炉炼铅中焦炭是必不可少的原料,不仅起供热和还原作用,亦是鼓风炉内料柱形成的“骨架”;第二,鼓风炉炼铅较熔池熔炼的反应温度低,古代采用人工风箱鼓风的供风方式无法达到熔池熔炼所必需的温度。图4的工艺流程属于“舶来”技术,现在已经广泛应用于多金属矿产的综合回收,特别是铅锌二次物料的贫化。

2.2.1.2 理论价值

图1~图4是以时间节点划分的工艺流程,不同的工艺流程之间有承前启后的技术联系,从中我们可以知晓古人对炼铅工艺获得了如下理论(规律):1)铅是一种低熔点、易挥发的金属;2)铅和银之间具有良好的互溶性;3)碳和矿参与冶炼过程的质量比例;4)需要有“火”参与;5)需要大量空气参与反应。以上五点均属于冶金化学里铅火法冶炼的基础原始理论。冶炼技术从土法向现代的演变使得其中一些参数进一步被作为工艺指标,用来比较和表征不同工艺和技术的优劣及先进性。

理论(2)的产生促使人们在对银的装饰性和货币性产生更多需求的时候,利用铅将银从银矿石中捕集下来,再用理论(1)将铅银分离获得银。现在的冶炼沿用了这一原始理论,生产中将含银物料在配料工序加入铅火法冶炼系统,使银富集于粗铅中,在后续精炼中进行提取,并进一步获得铅富集银比例的经验数据。理论(3)在现代工艺中称为配料,生产

中多数金属冶炼过程同时存在多种化学反应,且影响因素较多,化学反应方程式只能作为定量计算的基础,需要汇总生产实践数据,并归纳不同物料之间的定量关系,以反应方程式为基础进行线性修正或拟合经验公式,即为定量化学在冶金领域的产生提供数据支撑。理论(4)是我国火法冶金的开端,元素化学传入中国以前,火法冶炼和炼丹术同为中国五行学说提供实践基础,五行学说中炉属“土”,被提炼金属属“金”,反应要素燃烧属“火”——“火生土、土生金”。理论(5)为后来划分冶炼过程是氧化还是还原提供了基础,同时成为冶炼炉系统装备进步的一个需求点。

比较图1和图2,从铅坨到净铅乃至精铅是工艺链向上游的延申,获得了与当时工业和社会需求相匹配的更高纯净度的产品后,人们开始关注和解决熔炼效率的问题,从影响因素出发,“引进”了炼前处理,如图3中所示,工艺链向下游延伸,增加了压团和烧结工序。

从图1到图4的工艺流程中均没有专门的烟气处理(脱硫或者制酸)工序。中华人民共和国成立之前,以会泽铅锌矿为代表的民族冶金工业企业,对铅冶炼过程中产生的烟气和烟尘的处理都没有太多关注,环境保护意识的萌芽还没有出现。一方面,由于中国的工业化起步晚;另一方面,由于烟气烟尘的处理设备的理论基础涉及物理学、工程学等一系列学科,从无到有并非易事。在引进苏联的烟化吹炼工艺开始,陆续出现了烟气处理设备,例如表面冷却器等。

2.2.1.3 社会价值

从明代至1965年,这期间的铅冶炼工艺技术的社会价值可以分两个阶段进行分析,第一阶段是明代至1948年,第二阶段是1949至1965年。

古代金属铅是青铜合金、胡粉和黄丹的原料,其中青铜器的使用最为广泛。铅具有降低合金熔点、改善合金成型能力和加工性能的作用^[6],对液态合金流动性的提高作用尤为突出。青铜器最早由矿石混合冶铸,铅提取冶炼工艺的出现使得人们可以根据不同器物的要求改变铜、铅成分的配比,是促使青铜器冶铸技术从初级阶段向高级阶段发展的主要因素之一。春秋中叶,青铜器开始具有商品属性^[7]参与市场竞争,其造型趋向越来越精巧玲珑:质薄、形巧、花纹精细,分别提取金属再合铸的方法为各种工艺造型的青铜器物提供了必备的下游工艺技术条件,同时铅冶炼工艺的出现拓展了整个人类社会在自然界的取材空间。青铜器的应用包括兵器、礼器

和各种生活器具,是最早中国人图形和文字记录的载体,许多克拉苏克的器物都在安阳附近商(殷)国首都出土的制品和青铜器的装饰上找到了它们的直接原型^[8],因此铅冶炼工艺技术的出现和应用使得文明可以在更低的社会成本和资源消耗下进行传播和发展,推动了整个人类社会文明的进步。

中华人民共和国成立以前,云南铅冶炼企业生产工具简陋、管理制度腐朽,生产以手工操作和笨重的体力劳动为主,因此云南地区的冶炼工人多数来源于没有土地或者只有少量土地的不具备冶炼知识的农民,以及部分从四川、湖南、湖北等省来的小的手工业者^[5],这种劳动密集型产业接纳了大量的无产者,并且产生了第一批云南的近代冶金工人,同时会矿也给云南冶金工业中民族资本主义的发展产生了一定的刺激和影响。

中华人民共和国成立后,中国近代工业兴起,铅被广泛应用于化工、电子、国防工业领域。铅冶炼工艺的发展,特别是精炼工艺的出现和进步,满足了工业化对基础原料的需求。与此同时,通过从苏联引进技术和装备,使得中国铅冶炼工艺实现了跨越式发展。按照工业发展客观规律,从图3的烧结—鼓风炉工艺到图4的烟化炉吹炼工艺需要一段发展和过渡期,而从会矿工艺的发展来看,两种工艺之间呈现割裂状态,这和清政府禁止在炼银过程提取铅的政策有关,与中华人民共和国成立以前我国有色冶金工业发展远远滞后于国外有关,与当时中国与世界其他国家的关系有关,也和中华人民共和国建国之初为了尽快恢复和发展国民经济,党中央作出尽快开展社会主义工业化的重大战略决策有关。

2.2.2 冶炼核心装备

火法冶炼最核心的技术在于使用的熔炼设备。熔炼炉根据炉型不同,古代炼铅熔炼炉包括:敞式铅银炉(又名象腿炉)、竖炉和坩埚炉(又称等风炉)。

2.2.2.1 生产实践价值

会矿的铅冶炼设备从明朝到1924年采用敞式铅银炉,如图5^[9]所示。炉身为方型,用土筑成,炉底铺瓷片和炭灰,炉身一侧砌筑一道挡火墙,墙高大约是炉身高度的2倍多,墙的另一侧设一个风箱,人工拉动鼓风。挡火墙可以使在冶炼过程中鼓风的人免于火焰长时间炙烤,改善操作环境。每一炉冶炼时,炉内先放入铅矿,再在铅矿周围叠加栗木炭^[9]。这是中国最早介于料柱熔炼和熔池熔炼的“鼓风炉”。

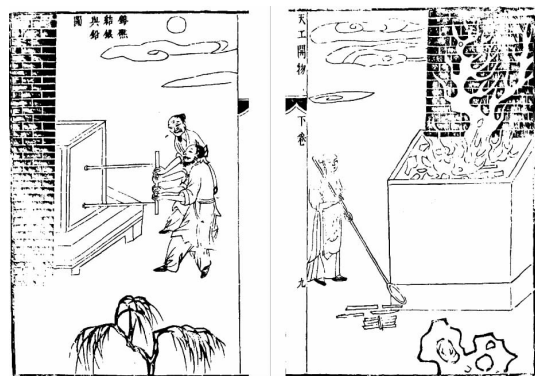


图5 敞式铅银炉^[9]

Fig.5 Open furnace for lead and silver smelting^[9]

1924年后,滇北矿物公司(会矿前身)对原来的敞式炉进行改进,如图6~8^[10-11,3]所示。

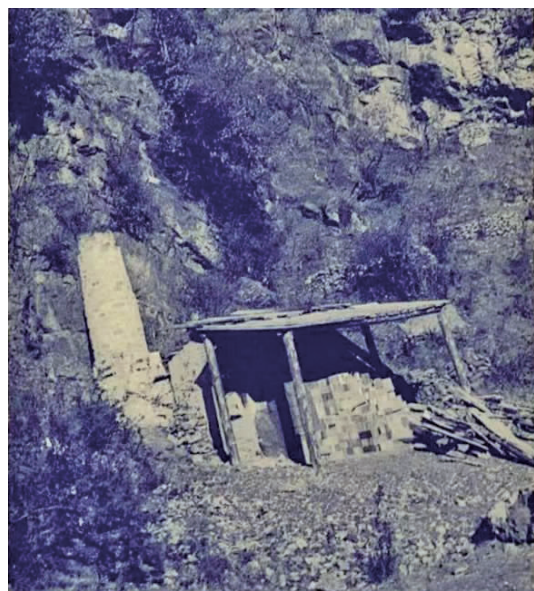


图6 1950年恢复的土法炼铅“高炉”^[10]

Fig.6 “Blast furnace” of indigenous lead smelting resumed in 1950^[10]

改进前后对比如下:

1) 结构对比

a. 图7是在图5敞式铅银炉上增加了一段炉身及烟囱,炉身为收口状,整个炉子高至8米,使得烟气排放较高、较远,减轻了炉身附近的烟尘污染,改善了操作环境;

b. 图7炉身中部增设工作门,用于加料和观察炉内火焰情况;

c. 图8在炉缸位置、风口以下增设放铅口和渣口。



图 7 1950 年恢复的土法炼铅“高炉”^[3]
Fig. 7 “Blast furnace” of indigenous lead smelting resumed in 1950^[3]

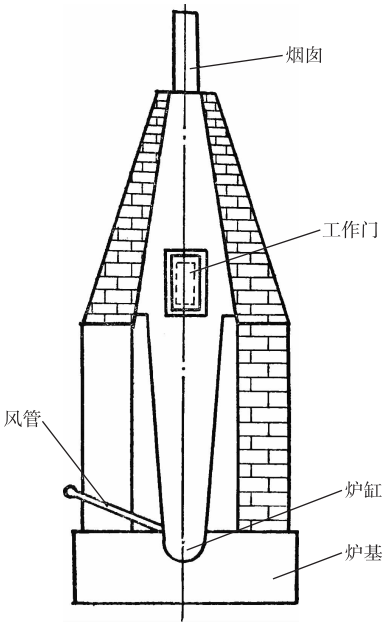


图 8 土法炼铅“高炉”结构示意图^[11]
Fig. 8 The structure of “blast furnace” of indigenous lead smelting^[11]

2) 材质对比

图 5 的敞式铅银炉炉底的陶瓷是我国最早用耐火泥烧制的“耐火材料”，古人将它铺在炉底；图 6～图 8 采用砖砌替代泥土，砖为泥土烧制而成，较土砌更耐高温、更适应雨雪天气，因此有更长的寿命。

1953 年，由云南省工业厅自主设计的半水套开顶式鼓风炉建成并投产，半开顶式鼓风炉的冶炼系统如图 9^[3]所示，水套形式是利用循环流动的水带走炉体工作面热量，使得工作面在其材质许用温度

下稳定工作的一种方式，目前广泛应用熔池熔炼炉、闪速熔炼炉、鼓风机、高温烟道等。图 10^[3]是 1958 年从苏联引进的烟化吹炼系统，烟化炉的引进带入了新的喷嘴类型——粉煤喷嘴，喷入的是气固混合流体，鼓风炉的喷嘴鼓入的是单独的气体流体，两种喷嘴在材质和结构上都有所不同。

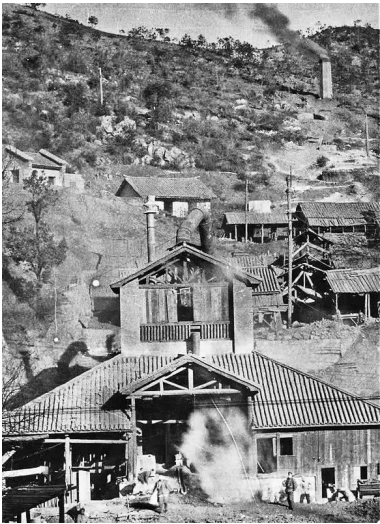


图 9 1953 年建成的 1.4 m² 鼓风炉^[3]
Fig. 9 1.4 m² blast furnace built in 1953^[3]



图 10 1958 年投产的烟化吹炼系统^[3]
Fig. 10 Fuming refining system put into operation in 1958^[3]

2.2.2.2 理论价值及社会价值

炉体结构的变化体现出人作为生产实践的主体。首先从自身的需求出发，考虑到了冶炼过程中烟尘的危害，铅很容易挥发、氧化，敞式铅锌炉在冶炼过程中，铅挥发氧化成氧化铅粉尘弥散在炉子周围，与高温烟气一起极度恶化了司炉工的操作环境；由于烟尘的无组织飘散的特点，对鼓风人员不可避免会产生危害；增加炉身并在炉身上设置工作门，既

避免了司炉工无遮挡近身面对熔炼,又可以达到司炉的目的;炉身做成收口状,可以加快烟气向烟囱外排放的速度,更容易保证炉身周围环境的清洁,这是在没有引风机机械抽力条件下对炉身在结构上的考量设计。风口设置在炉身位置,沿袭了敞式铅银炉的结构,将渣口和铅口设置在风口以下,使得铅和渣可以从炉子中自流出来,替代了敞式铅锌炉每一炉都需要等到金属和渣全部冷却后取出,炉子的操作从间断装卸料的间断操作过渡到间断装卸料的连续操作,提高了炉子的熔炼效率。直到现在,我们依然沿用这种出铅和出渣的方式,并由此发展出了连续装卸料的连续操作和虹吸排铅的方式。这些设备结构上的改进标志着人们开始把人工操作的安全性和便利性引入到了对工艺先进性和优劣的评价中。

由于炉子本体照片的缺失,我们无从获得半开顶式鼓风机炉的具体结构形式。从图9能看出鼓风机炉烟气依然没有设置烟气处理、收尘系统,经过一段很长的爬坡烟道后接烟囱,烟囱抽气直接排放到环境中。爬坡烟道里和烟囱下面收集到的自然沉降的烟尘返回压团一焙烧,减少了金属在冶炼流程里的损失。根据资料记载,这个时候的鼓风机炉的进料方式变化为炉顶进料,为半敞开式,烟气出口设在炉顶。

本质上讲,熔炼炉的使命是将燃料的热量传给被冶炼的矿物,即可以将熔炼炉看作一台热交换装置,因此从热利用率的角度来评价各种炉子具有重大意义。早期没有统计过具体数据,但从敞式铅锌炉和高炉烟气的状态和走向,可以获得相同条件下高炉的热利用率高于敞式铅银炉的直观认识,因此从敞式铅锌炉向高炉的过渡,是人们从自身操作环境以及炉子效能的角度出发进行的改进,标志着从纯功能到兼顾效能的结构性转变,也标志着从事炼铅工作的人思维的结构性转变。

1941年以后,滇北矿务局用普通耐火砖建造了一台鼓风机炉,用汽车引擎带动鼓风,又称为“机器炉”,机器鼓风机炉因为没有水冷结构,冶炼数日后,炉腹被腐蚀开裂被迫停产,再没有恢复。因为没有留下关于这台机器鼓风机炉的照片和其他资料,无从考证“高炉”与“机器鼓风机炉”从结构形式上的延续性和差别,也无法对“机器鼓风机炉”与引进的西法鼓风机炉设计结构进行技术上的对比分析。“机器炉”的出现是炉子附属设备从人工到机械化的一次进步,是从土法炼铅向工业化转变的一次尝试,标志着铅冶炼工业萌芽的产生。

炉子是一个复杂的机构,包括炉子本体和附属

设备,所有这些部分在工作中互相联系、作用,其结构的改变和发展的影响因素很多,比如工艺的需要、人的需要、社会需求、环境的需要,每一点的变化都为后期炉子结构上的定型、原则的汇总提供宝贵的经验,亦为工艺理论的补充提供了必要的实践经验。

工业遗产的研究在中国是一个新领域,有色冶金工业遗存和遗产的研究、保护和再利用工作已经开始被纳入到企业以及地方政府的计划中。像会矿这种有着悠久古法冶炼历史的老企业,经历了中华人民共和国建立之初从古法冶炼向现代化工艺跨越式转变,又在苏联专家的协助下直接引进与时代相匹配,和落后的社会生产力、自然科学建设和管理制度不相匹配的新工艺,在面临转型的时候,出于经济方面的考虑,多数会进行“闲置空间再利用”的改造,工厂工艺技术的历史被忽略,脱离了工业本身的原有意义,很多和技术有关的工艺、设备、操作方面的信息也没有被完整保留下来,包括文字、照片、图纸。我们对这些老企业在转型期的技术脉络的梳理和技术价值的评价,正是为了尽量减少技术的割裂性带来的对技术本身认识和反思的不足。

工业遗产评价体系应针对有色冶金工业的独特性给出有别于现有文物保护体系的一些特别的评价标准,这个标准可以在《下塔吉尔宪章》的基础上制定。这些具有独特性的标准可以作为文物保护体系用于工业遗产保护的补充,同时也可能对文物保护工作本身带来一些新的思路和借鉴。

3 结语

1)中国的铅冶炼工艺从土法到现代工业化萌芽的产生,又经历了对国外技术引进、吸收、转化的跨越式发展,工艺流程从最初的铅原矿冶炼,向上游增加选矿作为炼前处理,向下游延伸粗铅除杂获得精铅,同时获得副产品银、锗和锌化学品。

(1)不同的工艺流程之间有着承前启后的技术联系,人们在工艺流程的演变过程中获得了矿石和金属间发生转化的条件和现象的经验积累,并逐步总结出了金属铅火法冶炼的基础原始理论(规律),为冶金化学理论的出现和研究提供了必不可少的原始理论支撑。

(2)中国铅冶炼技术发展的特点:一是古代青铜器冶铸技术的发源地,使得文明可以在更低的社会成本和资源消耗下进行传播和发展,推动了整个人类社会文明的进步;二是近现代技术的滞后性和割裂性,采用舶来技术缩短了有色冶金工业现代化的进程,

同时也缺失了一部分在“发展过程”中对技术的积累。

(3)在云南没有外资开办的近代有色冶炼企业,会泽铅锌矿产生了第一批云南的近代冶金工人,给云南冶金工业中民族资本主义的发展以一定的刺激和影响,这些产业工人亦工亦农,缺乏专业的技术知识和学科背景。

2)会泽铅锌矿工业遗存中的铅冶炼技术以火法为主,火法的核心技术在于使用的熔炼设备。冶炼设备结构和材质的改进满足了不断发展的工艺需要,标志着人们开始把人工操作的安全性和便利性引入到了工艺先进性和优劣的评价中,从纯功能到兼顾效能的结构性转变,也是从事炼铅工作的人思维的结构性转变。

参考文献

- [1] 李强,魏国锋,何张俊,等.安徽省怀宁县铜牛井矿冶遗址冶炼工艺研究[J].有色金属(冶炼部分),2020(7):105-110.
LI Q, WEI G F, HE Z J, et al. Research on smelting process of Tongniujing mining and smelting site in Huaining county, Anhui province [J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2020(7):10-110.
- [2] 长孙樱子.陕西蓝田县怀珍坊遗址冶铜技术研究[J].有色金属(冶炼部分),2019(12):27-42.
ZHANGSUN Y Z. Study on metallurgical technologies of Huaizhenfang site in Lantian county, Shanxi province[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2019(12):27-42.
- [3] 景维祥,曾祥恕.云南会泽铅锌矿志[M].昆明:会泽铅锌矿,1992.
JING W X, ZENG X S. Records of Huize Lead-Zinc Mine in Yunnan province[M]. Kunming: Huize Lead-Zinc Mine, 1992.
- [4] 雷霆.铅冶金[M].北京:冶金工业出版社,2012.
LEI T. Lead metallurgy [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2012.
- [5] 云南大学历史系,云南省历史研究所,云南地方史研究室.云南冶金史[M].昆明:云南人民出版社,1980.
History Department of Yunnan University, Yunnan Institute of History, Yunnan Local History Research Office. Yunnan metallurgy history [M]. Kunming: Yunnan People's Publishing House, 1980.
- [6] 李松瑞.铅及铅合金[M].长沙:中南大学出版社,1996.
LI S R. Lead and lead alloy [M]. Changsha: Central South University Press, 1996.
- [7] 张子高.中国化学史稿[M].北京:科学出版社,1964.
ZHANG Z G. The draft of China chemical history [M]. Beijing: Science Press, 1964.
- [8] 苏联科学院.世界通史:第一卷[M].北京:三联书店,1959.
Soviet Academy of Science, USSR. History of the world: Vol 1 [M]. Beijing: SDX Joint Publishing Company, 1959.
- [9] 宋应星.天工开物[M].北京:人民出版社,2021.
SONG Y X. T'ien-kung k'ai-wu [M]. Beijing: People's Publishing House, 2021.
- [10] 吴仕艳.记忆·会泽铅锌矿的诞生! [EB/OL]. 搜狐网, [2021-12-28]. https://www.sohu.com/a/224219393_669214.
WU S Y. Memory · The birth of Huize lead zinc mine! [EB/OL]. Sohu. com, [2021-12-28]. https://www.sohu.com/a/224219393_669214.
- [11] 株洲冶炼厂《冶金读本》编写小组.铅的生产[M].长沙:湖南人民出版社,1973.
Zhuzhou Smelter's Compilation Group of Metallurgical Readings. Production of lead [M]. Changsha: Hunan People's Publishing House, 1973.