

# 中国早期的冶金鼓风机——皮囊

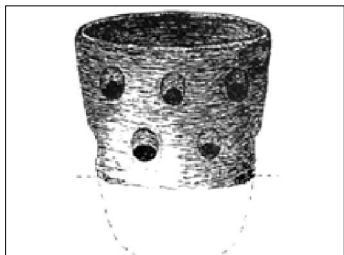
王星光 柴国生

鼓风应用于冶金 在我国有悠久的历史。我国古代先民发明的鼓风设备主要有皮囊、木扇式风箱和活塞式风箱。皮囊出现应不晚于春秋时代,是唐宋以前主要的鼓风设备,也是我国古代社会使用时间最长的鼓风机械,对我国冶金业的发展起到了重要的推动作用。因此,对皮囊的源流、原理、结构及原动力的演变等相关问题加以探讨很有必要。

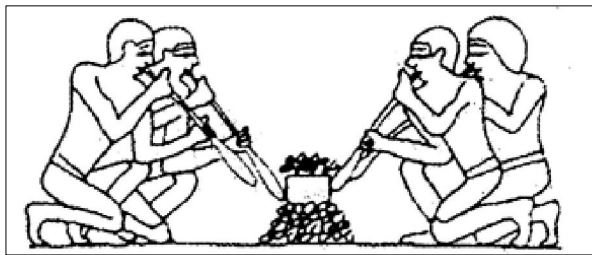
## 皮囊源流

我国至迟在夏代已将鼓风技术应用于冶金业。夏代早期主要是通过鼓风管用口吹气的方式向炼炉内吹风,从而达到提高冶炼温度的效果。辽宁凌源县牛河梁夏家店下层文化(前1900~前1600年)遗址中发现粘有炼渣的带有鼓风孔

的炼铜坩埚炉残片,是目前所知鼓风应用于冶金的最早实物。残片上的鼓风孔内壁表面光滑,没有磨损痕迹,表明鼓风器具并未通过鼓风孔与坩埚炉相连,推测其鼓风方式可能是用人力吹管鼓风(李延祥等:《牛河梁冶铜炉壁残片研究》,《文物》,1999年第12期)。北京科技大学冶金与材料研究所对冶炉上部结构进行了复原。鼓风孔分上下两排交错排列,两排孔中心间距为8cm,上排两相邻孔中心距为12cm,每排有6个,共12个,说明当时应该是一炉多人同时向炉内吹风以进行鼓风作业的。略晚于夏家店文化的古埃及古墓的壁画(约前1500年)上有人力吹管鼓风来熔化金属的场景图,该图形象地再现了早期人们利用陶管口吹鼓风工作的情景。这是目前发现的最原始的冶金鼓风方式。



青铜时代早期坩埚上部复原图



古埃及壁画描绘的吹管鼓风熔金图

到夏代中后期,我国应已出现了早期的鼓风设备。内蒙古赤峰市林西县的大井古铜矿(距今约2700~2900年,时间为夏家店上层文化)是青铜时代晚期一处较典型的冶炼遗址。经考古发掘的部分遗址中出土有陶质兽首鼓风管1个,管长33cm,首部内径7cm,中部外径6cm,尾部稍残,管首外部结有炉渣(孙淑云主编:《中国古代冶金技术专论》,中国科学文化出版社,2003年版)。这一发现表明,这一时期的鼓风方式应是将鼓风管通过鼓风管孔插入冶炉内进行鼓风。发掘的冶炉中的椭圆形竖炉,炉口残存部分长轴120cm,短轴80cm,说明这一时期的炼炉容积较早期有明显的增大,靠人力吹管鼓风显然不能满足生产的需要。此外,鼓风管插入炉内,因炉内高温使气体膨胀,在通常状态下,炉内高温气流可能通过鼓风管外窜,若仍为人力吹管鼓风,高温气体则会灼伤鼓风者,所以,当时应已发明并使用了原始的鼓风设备来代替人口吹鼓风。只是当时用来鼓风的设备实物,还有待考古学的进一步发现。

皮囊应是在原始鼓风设备的基础上逐步改进而成的,至迟在春秋时期已经出现。春秋及以后的文献中有较多的关于皮囊的记载,在古文献中皮囊被称为囊、炉囊、韦囊、鞴囊等。如《老子·道德经》载:“天地之间其犹橐籥乎”,这是目前所见关于皮囊最早的文献记载。《管子·揆度》:“摇炉囊而立黄金也。”《墨子·备穴》简单记述了皮囊的制作材料及工作方

式:“具炉囊,囊以牛皮,炉有两龕,以桥鼓之。”“灶用四囊,穴且遇,以桔槔冲之,疾鼓囊熏之。《墨子·备城门》载:“救圉池者,以火与争,鼓囊,冯垣外内,以柴为燔。”西汉淮南王刘安《淮南子·本经训》载:“鼓囊吹埵,以销铜铁。”东汉赵晔《吴越春秋·阖闾内传》:“使童男童女三百人鼓囊装炭,金铁刀濡,遂以成剑。”“鼓囊装炭”需三百人,反映了当时冶金规模之大。以上记载表明,春秋战国以来,皮囊不仅被广泛应用,而且成为一种用途广泛的鼓风机械,被应用于冶金、战争等领域。到了唐宋时期,皮囊逐渐被相继出现的更为先进的木扇式风箱和活塞式风箱所取代。

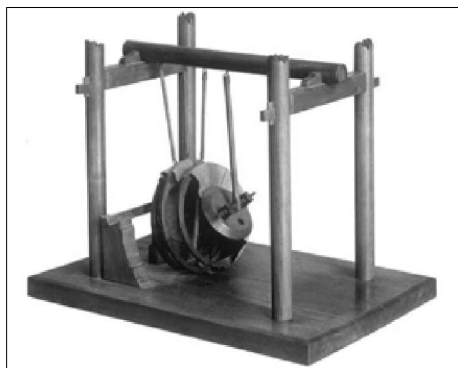
### 皮囊的原理及结构

1930年山东滕县出土的汉画像石刻中,有一幅冶铁图,其中左侧部分为应用鼓风设备进行冶炼作业的场景。经我国考古界、史学界的许多专家学者的研究,一致认为图中由两人操作的椭圆形形物是鼓风机械——皮囊。

1959年中国历史博物馆王振铎根据画像石刻及有关的文献记载,成功复原了皮囊。材料以木、皮为主。气囊部分有三个木环、两块圆板,外敷以皮革制成,由四根木制吊杆悬挂于横木上;



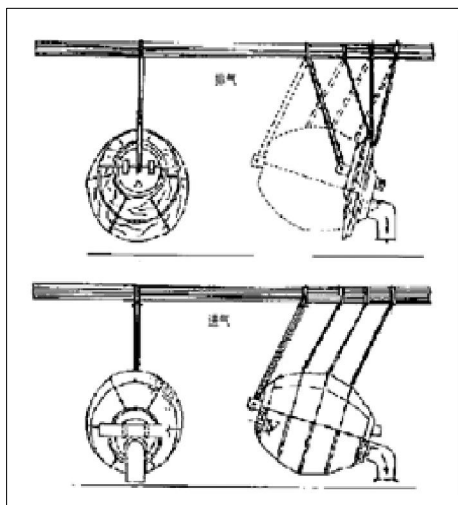
山东滕县宏道院汉画像石刻鼓风冶铸图



皮囊复原模型

一端圆板设手柄及进气活门,另一端圆板设出气活门及通风管道。工作时,人推拉与圆板相连的吊杆及装于圆板上的手柄,往复拉压皮囊,即可进行鼓风作业。

皮囊的出现,奠定了我国古代冶金鼓风设备的基本原理——即通过进出气门实现鼓风设备箱体内外气体的流通,靠压缩箱体內的空气产生一定气压的气流实现鼓风作业;并且也确定了古代鼓风设备的发展方向——即通过往复运动来压缩空气实现鼓风作业。同时,它也



皮囊复原图

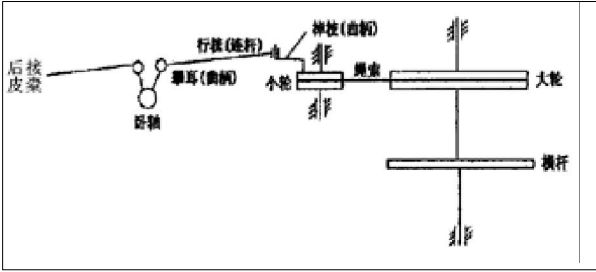
在其他领域得到利用,甚至其小型化的皮囊在现代清除精密仪器中的灰尘等作业时还在沿用。皮囊是整体的往复运动,以后出现的木扇式风箱采用门扇近似往复运动的摆动运动,到活塞式风箱则实现了活塞的往复运动双冲程做功,其技术发展的轨迹与皮囊的原理一脉相承。我国鼓风设备技术及结构至此日臻成熟。

皮囊对冶金技术的提高起到了重要作用,但其缺点是只能单冲程间歇鼓风,效率较低。为保证冶炼的效率,克服皮囊仅能单冲程鼓风的不足,当时的炼炉应是采用一炉多囊同时鼓风作业,这也许是后来称之为“人排”、“马排”、“水排”的原因。

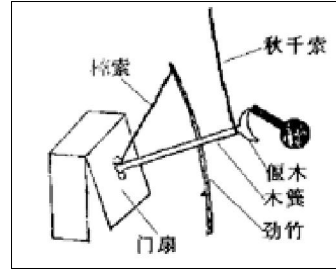
### 皮囊鼓风的自动化——马排、水排

《吴越春秋》记述当时冶炼一炉需要300人“鼓囊装炭”,劳作极为辛苦。“欲免力役繁”,减轻劳动强度,提高功效,以适应社会生产发展的需要,人们将畜力、水力应用于鼓风作业,发明了自动化的鼓风机械——马排、水排。《三国志·魏书·韩暨传》记载了马排、水排的演变过程:“旧时冶,作马排,每一熟石用马百匹;更作人排,又费功力;暨乃因长流为水排,计其利益,三倍于前。”

马排的结构文献少有记载,根据后世文献关于以畜力为动力的机械的记载,可推知马排的原理及驱动机构。《中国科学技术史·机械工程卷》中绘制了结构示意图。竖立一圆木为立轴,在立轴上装横杆和大绳轮,由马拉着横杆转



马排结构示意图



立轮式水排示意图

动带动大绳轮,通过绳套带动小绳轮;然后通过安装在小绳轮上的曲柄,再由连杆和另一曲柄将动力传到卧轴,使其发生摆动;再通过卧轴上的曲柄和另一连杆推动皮囊,使其往复摆动,达到鼓风的目的。

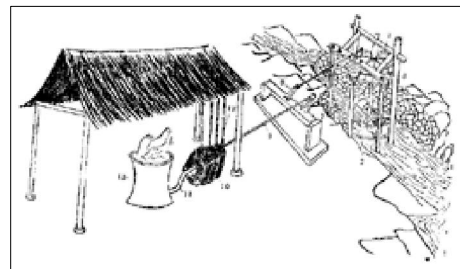
水排是通过原动机——水轮将水流的势能转化为鼓风所用的机械能,以推拉皮囊鼓风作业。元代《王祯农书》对我国古代的立轮式和卧轮式两种水排的结构有详细的记载。

关于立轮式水排的结构,《王祯农书》载:“先于排前直出木簏,约长三尺,簏头竖直偃木,形如初月,上用秋千索悬之。复于排前置一劲竹,上带索,以控排扇。然后却假水轮、卧轮所列拐木,自然打动排前偃木,排即随入。其拐木既落,引排复回。如此间,打一轴可供数排,宛若水碓之制,亦甚便捷。”杨宽先生在《关于水力冶铁鼓风机“水排”复原的讨论》中绘有末端为木扇式风箱的立轮式水排示意图,即以“秋千索”控制“木簏”,用“劲竹”以控制“门扇”,使门扇开合作业,达到鼓风的目的。

对卧轮式水排《王祯农书》载:“其制当选湍流之侧,架木立轴,作二卧轮。用水激转下轮,则上轮所周弦索,通缴

轮前旋鼓,掉枝一例随转,其掉枝所贯行枕,因而推挽卧轮左右攀耳以及排前直木,则排随来去,治甚速,过于人力。”李崇州先生对其进行了复原。

水轮作为原动机最早应用于水力粮食加工机械——水碓。中国最早出现的应是立式水轮(谭徐明:《中国水力机械的起源、发展及其中西比较研究》《自然科学史研究》,1995年第1期),最早见于西汉人桓谭的《新论》,用水碓“役水而舂”。水排出现于公元31年,晚于水碓。根据立轮式水排的结构及相关文献记载可知,立轮式水排的出现应源于立轮式水碓,是我国最早出现的水排,东汉杜诗发明的水排应为立轮式水排。立轮式水排鼓风作业时,其空回行程是利用“劲竹”的弹力,使皮囊恢复到初始状态;“劲竹”的弹力很难持久保证,所以其运行的稳定性较差;另外,以“秋



卧轮式水排示意图

千索”控制“木箕”,结构本身稳定性不高,效率较低,因此,推测立轮式水排未能得到很好的使用。到曹魏时,人们在马排的基础上,改进而发明卧轮式水排。卧轮式水排结构上更为成熟,效率也较立轮式高。水排发明改进后,为后世冶金业长期沿用,到唐宋时期仍有使用。但唐宋时期的水排,其末端的皮囊已被木扇式风箱所取代。

畜力、水力的使用,实现了皮囊鼓

风作业的自动化,不仅使人得以从繁重的体力劳动中解放出来,也促进了冶金业的进一步发展。特别是水排的发明,较早地将水能与风能结合起来,充分反映了我国劳动人民的勤劳和智慧,也反映了我国古代利用自然能的先进的科学技术水平。欧洲直到13~14世纪才开始将水力用于鼓风,到15世纪水力鼓风才得到普及。

(作者单位:郑州大学历史学院)

# 书屋

邮发代号:42-150 月刊 每月6日出版 定价:5.00元  
地址:长沙市韶山路443号《书屋》杂志 邮编:410007  
电话:0731-5791300 5486812 传真:0731-5790197  
E-mail:nlh5314@263.net

## 2007年第5期目录

书屋讲坛	宪法中的“矛”与“盾”.....田雷
	“物权法”呼唤公共财政.....司晨
	《物权法》:呵护民生的法宝.....刘武俊
口述历史	我所知道的华罗庚与陈省身
	——徐利治先生访谈录...徐利治 口述 袁向东 等整理
史海钩沉	高宗武华盛顿隐居遗事(一)
	——奉蒋介石之命赴美“考察”...夏候叙五
	杨坚、朱元璋是节俭的皇帝吗?.....梅晓东
	陛下原是伪君子.....柳士同
说长论短	两大批评部落间的战争.....周泽雄
	世运变迁与文人隐疾.....黄波
	“谋道”与“谋食”.....丁辉
灯下随笔	在现代性迷失中反思“封建主义”.....蔡逢溪
	“三纲六纪”与独立自由意志
	——试释陈寅恪先生的思路.....张寅彭
书屋品茗	大小舞台
	——清末民初的梨园书写.....刘大先
	传播学的本土化.....伍曦文
人物春秋	追忆父亲朱骝先生.....朱元春
	姚克小传.....王炳毅
空谷回声	税收“三性”再认识
	——对《也谈税收》一文的回应...李炜光
	世间唯名实不可欺
	——“猪”字并非鲁迅所“生造”及其他...万伟珊
	强扭的瓜不甜
	——评说《儿童杂事诗图笺释》...李真波
茶余饭后	怎一个“忙”字了得.....齐庆民
来稿摘登	欧阳修的严谨.....焦辉煌
	法典就是人民自由的圣经.....李启咏

## 2007年第6期目录

书屋讲坛	我们怎样做母亲.....魏泉
	三岁的宝宝懂多少.....摩罗
	为自己的心灵寻找一个家.....张宝明
	珍贵而难与评说的子尤
	——读《谁的青春有我狂》.....樊百华
	“小胖子”克林顿的成材之路.....陈伟
学界新论	《道德经》与中国式宗教意识.....王蒙
	何谓“霸权主义”?.....邓晓芒
	人类是一个整体.....景凯旋
史海钩沉	高宗武华盛顿隐居遗事(二)
	——傅斯年的斥骂引出的一段故事...夏侯叙五
	历史学家的浪漫
	——话说雷海宗.....张晓唯
裁书刀下	谒明孝陵:萧条异代不同悲.....吴润凯
	谁遗文章四海传
	——李时珍与《本草纲目》.....王成启
灯下随笔	“城记”下的历史面影.....傅光明
	《时代》年度人物与“网民议程设置”.....刘畅
	孙中山的公仆意识.....黄霞
	梁启超何以不配?.....余斌
	人质是怎样爱上绑匪的.....狄马
	胡鲁眼中的尼采.....邵建
域外传真	与芦苇谈《图雅的婚事》.....孙康宜
	在鹿港发现历史
	——施叔青《行过洛津》读后.....钱南秀
说长论短	换偶现象的人类学解释.....杨帆
书屋品茗	现代困惑与乡村悲情.....卢元伟 董国强
	“袴下之辱”何以成为大丈夫行为
	——读《史记·淮阴侯列传》.....雷建军
	闲览杂书病自愈
	——病中读《我的笔名》.....赵普光
流年碎影	汪曾祺与“样板戏”.....季红真