

中小型冶金企业丛书

中小型选金厂 設計的基本知識

冶金工業部有色冶金設計總院 編

U199.84
Y931

出版者的话

我国金矿资源丰富，从事黄金生产已有悠久历史。随着社会主义建设事业的飞跃发展，对黄金的需要量也在逐年提高。

思想解放了，没有专家不能开采金矿的迷信也被破除了。现在全国各地已经形成了一个全党全民办金矿的高潮，在黄金产区，采金已经成了农业社的副业生产。

我们为了促进黄金生产的大跃进和为了便于各有关单位全面规划和合理利用资源，特出版这本《中小型选金厂设计的基本知识》。

书中简明地阐述了各种选金方法使读者能对金矿石处理上有个全貌的了解。

本书可供从事黄金生产的农业社以上干部在工作中参考，还可作为选金厂的工人和中等专业学校学生作学习资料。

目 录

第一章 緒論	1
§ 1 金矿石的分类	1
§ 2 金矿石的选矿法	2
第二章 混汞法	4
§ 1 捣矿混汞法	4
§ 2 捣矿机	4
§ 3 铜板	8
§ 4 水車捣矿机	13
第三章 氰化法	15
§ 1 氰化法的原理	16
§ 2 氰化滤过槽的大小及个数	16
§ 3 砂矿中金粒的溶解速度	17
§ 4 氰化液强度的测定	19
§ 5 氰化液的流入量	19
§ 6 砂矿的装入及排出法	20
§ 7 氰化场的配置	21
第四章 重选法	24
§ 1 跳汰机	24
§ 2 搖床	27
§ 3 溜槽和淘金盘	28
第五章 浮选法	33

第一章 緒論

§ 1 金矿石的分类

依据金矿的存在状态可分为砂金与山金两种。砂金为山金經過风化霉烂成砂粒状流入河川或海岸，沉积于砂砾之間，多半用淘洗方法即可回收。山金是由矿脉中采出的金矿石，山金的脉石多为石英，并伴生有其他共生矿物。普通金矿脉的脉石及其共生矿物的种类与性質列如下表：

脉 石

名 称	成 分	硬 度	比 重
石 英	SiO_2	7	2.6—2.65
綠泥石		2—2.5	2.6—2.85
方解石	CaCO_3	3	2.7—2.72
正长石	$\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3(\text{SiO}_2)_6$	6	2.6
粘 土			

共生矿物

名 称	成 分	硬 度	比 重
硫化鉄	FeS_2	6—6.5	4.95—5.1
硫砷鉄矿	$\text{FeS}_2\text{FeAs}_2$	5.5—6.0	5.9—6.3
輝鐮矿	Sb_2S_3	2.0	4.52—4.62
方鉛矿	PbS	2.5—3.0	7.4—7.6
閃鋅矿	ZnS	3.5—4.0	3.9—4.1
黃銅矿	CuFeS_2	3.5—4.0	4.1—4.3
辰 砂	HgS	2—2.5	8.0—8.2
黝銅矿	$\text{Cu}_3\text{Sb}_2\text{S}_7$	3—4.5	4.4—5.1
輝銀矿	Ag_2S	2—2.5	7.2—7.36
碲	Te	2—2.5	6.1—6.3

金銀矿石的共生有用矿物，除上述之外，有时还含有其他貴金屬，如下表所示，这些金屬比重大、熔点高，很容易用重选方法选别，富集到精矿中，但用小型炼金設備又不易熔融。因此全国各重点矿山应經常注意对海棉金、炼金渣及重砂矿物的分析研究，以利于貴金屬的綜合利用。

貴金屬的性質

金 屬	原子序	原子量	比重	硬 度		熔點溫度 ℃
				普 氏	莫 氏	
鈳 Ru	44	101.7	12.20	220	6.5	2450
銩 Rh	45	102.91	12.41	139	—	1966
鈳 Pd	46	106.7	12.16	49	4.8	1553
銀 Ag	47	107.88	10.49	50	2.7	960.5
銱 Os	76	191.5	22.48	—	7.0	2700
銱 Ir	77	193.1	22.42	172	6.5	2454
鉑 Pt	78	195.23	21.40	47	4.3	1773.5
金 Au	79	197.2	19.26	45	2.5	1063

又金銀矿石依其成份又可分为硅酸盐矿、硫化矿及粘土矿等三大类。

§ 2 金矿的选矿方法

选矿方法决定于所处理矿石的性質。例如矿石类型、矿石中的金粒大小（粗粒的还是細粒的）。实际上在决定最适当的选矿方法之前，必須对金矿石的物理的和化学的性質进行研究。而且选矿方法的选择，一般也要考虑矿石儲量、含金品位和当地的具体条件。

金矿的选矿方法，一般可分为以下四类，即混汞法，氰化法，重选法（或称淘汰法）及浮选法。但这四种选矿方法很少单独采用，一般都是两种或三种方法的联合工艺流程，这是因为金矿的性質复杂，用一种选矿方法很难达到較高的回收率。

甲）混汞法+淘汰法：混汞尾矿进行淘汰，淘汰精矿再用混

汞法或氰化法处理，淘汰尾矿废棄。如广西僮族自治区的田阳金矿、吉林省二道甸子金矿，就是采用这种联合选矿法。

乙) 混汞法+淘汰法+氰化法：金矿中常含有硫化鉄及氧化鉄，因此混汞尾矿在氰化前再补加淘汰作业，这样可将这些共生矿物与金銀共同回收于淘汰精矿中。其淘汰尾矿分为砂矿和泥矿两部份，分別进行氰化处理。本法应用最广泛，在金矿的金泥氰化法应用以前，各国的主要金矿山大都采用此种方法。如广西僮族自治区东南金矿的桃花矿场，即利用此种方法。

丙) 混汞法+氰化法：这是最一般的选金方法，金矿先經混汞法处理回收。其中較大的金粒和混汞尾矿再經氰化法处理，此时对混汞尾矿进行分級，分成砂矿和泥矿，前者用氰化过滤法，后者用氰化搅拌法处理。普通的金矿用混汞法只能回收百分之六十到百分之七十的黄金，其尾矿中尚有百分之四十到百分之三十的黄金，用氰化法通常能回收此残留部份的百分之八十左右，总回收率可以达到 92—94%。

丁) 淘汰法+氰化法：本法沒有混汞作业。金矿先破碎、淘汰，得到淘汰精矿。其尾矿用氰化法处理。此种方法适用于含硫化物多的金矿，如金矿中含有硫化鉄及其他硫化金屬矿，用混汞法要消耗大量水銀，反而不能达到圓滿結果。很多金矿脉随着向深部掘进，一般硫化物的含量逐渐增加，最初只采用混汞法的金矿，由于硫化物的出现，常常不得不改成該种流程。

戊) 氰化法：此种方法分为将矿石粉碎，分級成砂矿与泥矿，分別实行氰化法处理。氰化法又分一般氰化法和用球磨机将矿石磨至微細顆粒的金泥氰化法两种。采用金泥氰化法时金粒溶解于氰化液中的速度快，回收率高，这是它的优点，但是因矿石磨的很細，要消耗大量的动力。尤其是当矿石中的金粒，不經過微細磨矿亦能裸露表面时，还是用氰化过滤法为合适。

己) 混汞法+浮选法：金粒一部份成游离状态存在，而另一部份成微細顆粒浸染于硫化物中，这时常采用此种方法，如吉林省夹皮沟金矿及老牛沟金矿，就是采用此法。

第二章 混汞法

§ 1 搗矿混汞法

混汞法可分为內混汞法与外混汞法两种。

內混汞法是在破碎設備的内部进行混汞作业，如在碾磨机、搗矿机及球磨机等磨碎设备中进行混汞作业。

外混汞法是在破碎設備的外部，如在混汞板上进行捕收金粒的方法。此种方法亦可应用于磨矿回路，即于球磨机与分級机之間加上混汞板。本章只是重点的叙述一下利用搗矿机进行混汞法的一些具体問題，因为在目前情况下，搗矿机构造簡單、建設容易、故障少且容易修理，对坚硬的大块原矿亦能很好的处理。

§ 2 搗 矿 机

实行搗矿混汞法最重要的設備为搗矿机。图 1 为五个杆一組

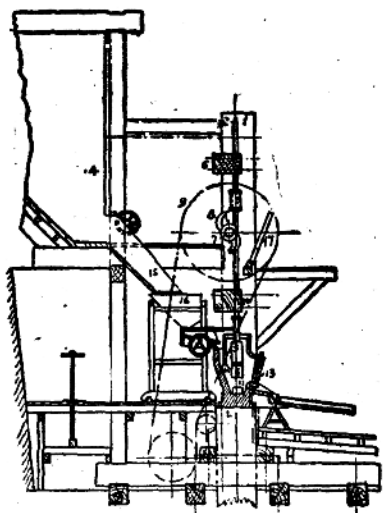


图 1

- 1—机架，2—絲綢，3—錐殼；
- 4—錐頭；5—推杆；6—导板；
- 7—凸輪軸；8—凸輪；9—皮帶輪；
- 10—导板；11—鋼砧；12—給矿口；
- 13—篩网；14—矿仓；15—給矿管子；
- 16—給矿机；17—杆枕

的二联捣矿机略图，其各部份的名称如下。

一) 捣矿机的规格、容量及动力

捣矿机的规格以一个杵的重量如多少磅重表示之。例如 500 磅的捣矿机，其每个杵的重量为 500 磅。小型金矿山普通用水車为动力，大多用木制捣矿机，每个杵的重量大約在 150 磅左右。大于 150 磅的（如 250 磅，300 磅，400 磅一直到 1000 磅的）杵，大部份皆用鉄制的。

捣矿机一个杵 24 小时的破碎矿石量称之謂捣矿机的捣矿容量。捣矿机的捣矿容量随着下述条件而变化。

甲) 杵的重量、捣数及扬程；

乙) 矿石的性质；

丙) 給矿粒度，排矿細度；

丁) 大槽的排出容量（即单位時間內，大槽中被破碎矿石的排出重量）受排矿高度、篩网种类、篩眼大小及排矿側大槽的宽度等条件的影响，因此捣矿机的容量不可能明确规定下来，只能根据其他类似矿山的实例或实验来确定。下表为捣矿机的一般技术特性，图 2 为捣矿机的产品粒度同处理容量的关系图。

捣矿机的技术特性

編 号	杵 重 量	杵 数	捣 数 (分)	捣 程 (吋)	給矿量, 吨 (天)	馬 力
1	250	5	100	6.5	1.6	2.5
2	300	5	100	6.5	1.8	3
3	400	5	100	6.5	3.3	4
4	400	10	100	6.5	6.5	8
5	450	10	100	6.5	7.5	9.5
6	500	10	100	7	9.5	10.5
7	600	10	90	7	13.0	13.0
8	700	10	90	8.5	15.0	15.0
9	800	10	90	8.5	18.0	17.5
10	900	10	90	8.5	22.0	20.0
11	1000	10	90	8.5	30.0	22.0

从上表可以归纳出 10 个杵的捣矿机每匹馬力的处理矿量約 1.05 吨左右。

搗矿机运转所需要的动力决定于杵的重量、扬程及一分鐘的搗数。由下式計算。

$$\text{馬力} = \frac{\text{杵重(磅)} \times \text{揚程(吋)} \times \text{一分鐘搗數}}{33,000}$$

上式为計算馬力；实际需要馬力視搗矿机的种类及制造得好坏有很大出入，例如鉄制搗矿机实际馬力比計算要多出20%，木制的要增加40%。

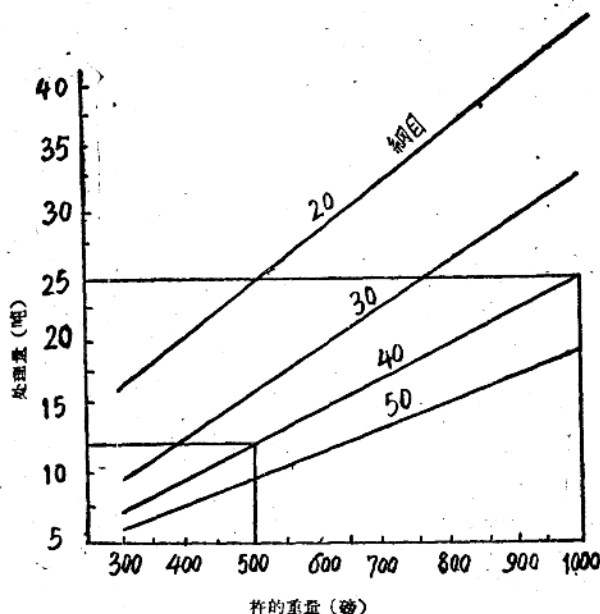


图 2 搗矿机产品粒度与处理能力关系图

例如 10 个杵 900 磅，搗数 95，扬程 7 吋的搗矿机所需馬力为

$$\text{馬力} = 10 \times \frac{900 \times \frac{7}{12} \times 95}{33,000} \times 1.2 = 18.2。$$

图3为10杵捣矿机扬程与馬力的关系图（一分鐘的搗数为90次）。

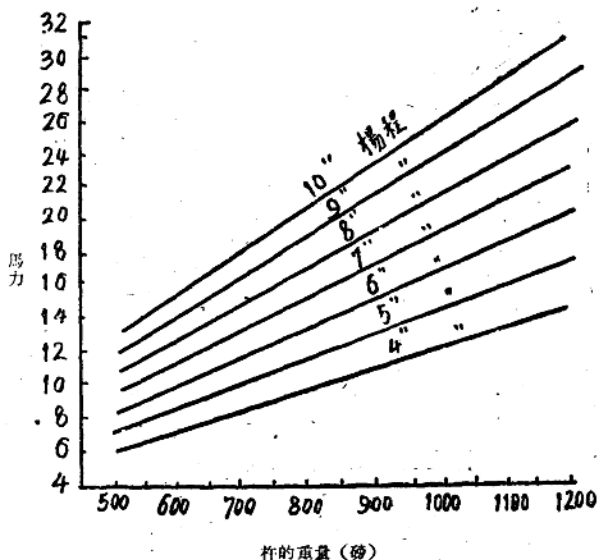


图3 扬程与馬力的关系图

二) 扬程与搗数的关系

扬程愈高，給矿的冲击力愈大，从而破碎矿石的能力亦大。从矿石的性质來說，硬的矿石需要較高扬程，軟的矿石容易破碎，扬程就可以低些。扬程通常以吋表示之。

搗数为一分鐘杵的落下次数，其数愈多，一定時間內破碎矿石的量亦多。但搗数与前述的扬程之間有一定关系，两者不能同时增加，通常对坚硬而致密的矿石扬程在8吋到9吋之間，对軟質矿石扬程由5吋到6吋。下表为搗矿机的扬程与搗数的关系。

· 搗矿机的搗数与扬程的关系

扬 程 (时)	3	4	5	6	7	8	9	10	14
搗数 (每分钟)	143.5	128.6	115.2	105.9	97.6	91.3	85.5	80.3	65.5

三) 搗矿机杵的落下順序

为了充分发挥搗矿机的效能, 并使杵头与砧均匀磨损, 必须使矿石均匀地落入大槽中, 为此杵应按照一定的順序落下, 称之为「杵的落下順序」。

搗矿机杵的落下順序

十杵搗矿机

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(杵号)
1	7	3	9	5	2	8	4	10	6	(落下順序)

五杵搗矿机

1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	(杵号)
1	3	5	4	2	2	4	5	3	1	(落下順序)

§ 3 銅 板

搗矿混汞按汞金的采取方法分为两种, 即一种于大槽内直接投入水銀, 作成混汞金, 另一种讓破碎的矿石流过涂有水銀的銅板, 使矿石中的自然金与水銀相結合作成汞金。

銅板分为三块, 一为普通銅板; 二为黃銅銅板; 三为鍍銀銅板。

其中最好用的是鍍銀銅板, 銅板面上很少生成汚斑, 且不需要經常清理銅板, 尤其是对酸性矿液, 这种銅板最实用。下表为普通銅板与鍍銀銅板的回收率比較。

鑑于銅板鍍銀的好坏对搗矿混汞法回收金銀有莫大的影响, 推荐采用吉林省二道甸子金矿的鍍銀操作法。

普通銅板与鍍銀銅板回收率比較表

	普 通 銅 板	鍍 銀 銅 板
淘矿机槽內	15.46%	20.97%
銅 板	53.96%	69.17%
捕 汞 器	5.74%	1.76%
毛 布 盘	12.18%	1.31%
其 他	12.64%	6.80%

一) 銅板定額与規格

搞矿混汞法所需銅板面积一般为每昼夜处理一吨矿石需 $0.25-0.50$ 米²，即每平方米銅板面积处理矿石为 $2.0-4.0$ 吨。

但如果銅板位于浮选或氰化水冶之前作为輔助作业，其面积可以縮小为每昼夜处理一吨矿石 $0.1-0.2$ 米²。銅板規格如下表：

銅板的規格表

銅 板 形 状	有效面积			落口数	重量 (公斤)	木料 (米 ³)	外形尺寸		
	宽 (米)	长 (米)	面 积 (米 ²)				宽	长	高
一 列	1	4	4	2	300	1.7	1200	5060	1600
一 列	1.4	4.2	5.8	3	400	2.0	1600	5540	1600
二 列	2	4	8	3	500	2.2	2200	5060	1900
二 列	2	6	12	3	700	2.8	2200	7300	1900

上表仅供参考，现场应根据具体情况加以改变。

二) 銅板的配置 (图4)

銅板的坡度应能調整，用螺絲或木楔，沒有調整装置只好用矿量及浓度来調整。銅板的坡度非常重要。急傾斜金粒无暇与水銀接触；傾斜过緩时，于銅板上沉积矿泥，妨害汞齐化，通常坡度为 $4^{\circ}-11^{\circ}$ 。粗粒的傾斜要大。銅板宽、矿层薄、运矿能力小时，亦可讓傾斜大些，又当矿泥多水量大时，傾斜可以緩些。

三) 捕汞器

捕汞器回收銅板流失的水銀及混汞金。捕汞器必須裝于銅板的后边。捕汞器的型式甚多，如图5、图6所示。另外混汞法之下一工序采用搖床进行重力选矿时，搖床的給矿箱亦起到一种捕汞器的作用。

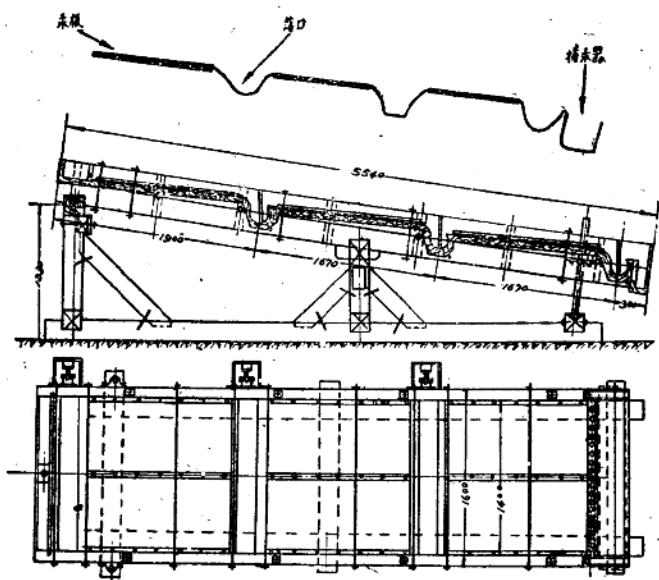


图 4 铜板的配置图

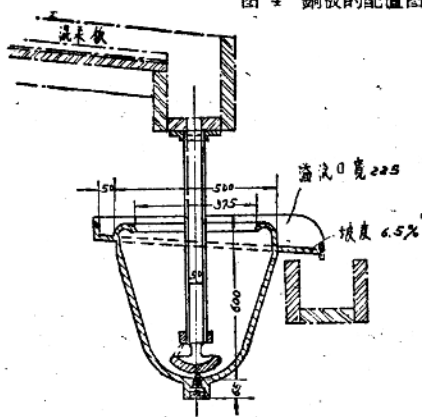


图 5

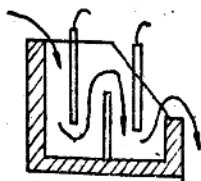


图 6

利用捕汞器回收水銀与混汞金的一例如下表

利用捕汞器回收率的实例

月 份	1	2	3	4	5	6
水銀, %	12.44	18.44	28.20	20.25	17.80	11.28
混汞金, %	1.07	0.39	0.83	1.07	1.83	1.28

四) 水銀的消耗量

各种組成的矿石和精矿的混汞,其水銀的大概消耗量如下表。

矿 石 特 性	水銀消耗量, 克/吨矿石		
	全部矿石混汞		重选精矿混汞
	磨 矿	細 度	
石英氧化矿石	2—4	4—6	0.5—1.0
含少量硫化物石英矿石	3—6	8—10	0.7—1.5
大量硫化物	5—9	10—12	1.0—2.0
存在砷、铋矿石	10—15	12—20	2.0—3.0

上表前面数字指处理低品位矿石的,

上表后面数字指处理高品位矿石的。

吉林二道甸子金矿, 其水銀消耗量为总用量的30%左右, 即水銀总用量为原矿品位的2—5倍: 如原矿品位为10克/吨矿石, 則水銀总用量应为20—50克, 其消耗量在6克—15克之間。

五) 汞金蒸馏及毛金熔炼

混汞金利用蒸馏器蒸馏。图7所示为比較简单的一种蒸馏器。先将混汞金放入1中, 以木炭徐徐加热, 水銀变成蒸气由管2流入接受器3中, 途中经冷却管4冷却又还原成水銀, 冷却管4为双重管, 内管通水銀蒸气, 外管用水冷却。冷水由管5进入, 从管6排出。更简单的方法为不使用冷却器, 将管2放出的水銀蒸气再接导入水中, 凝結成为水銀。

当处理大量的混汞金时, 使用如图8所示的小爐子。1为蒸馏器, 2为水銀蒸气排出管, 3为冷却管, 4、5为冷却水的出入口, 6为水銀槽。

将混汞金直接放入蒸馏器中进行蒸馏，作业終了后，毛金常常固着于蒸馏器内表面很难取出。为此预先于蒸馏器的内表面涂以石墨、粘土或其他纸类，这样起毛金时就容易了。

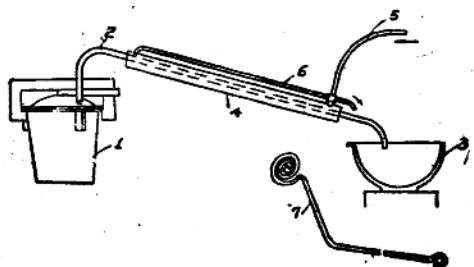


图 7 蒸馏器

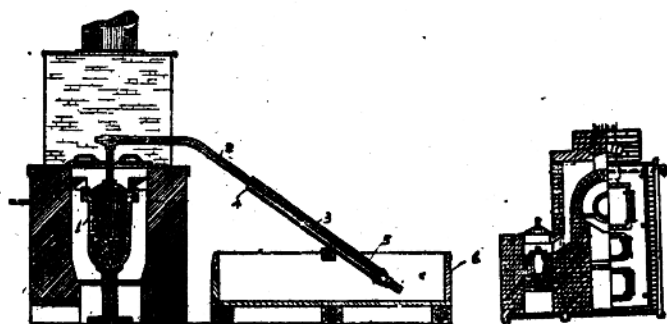


图 8 蒸馏爐

图 9 熔煉爐

水銀排出后的毛金，尚含有鉄及硫化矿等不純物質。为了清除这些杂质，要进行熔炼。将毛金放入石墨坩埚中。适当的混入硅砂、硝石、硼砂及碳酸鈉等熔剂，用木炭或焦炭作为燃料，放入图9所示的熔炼爐内进行熔融。熔融的毛金流入鑄型中，便与炼渣分离开来。因为炼渣中尚含有金銀成份，把它收集在一起，隔一定时期，与鉛共同溶解，作成貴鉛，再用灰吹法提取金銀。

§ 4 水車搗矿机

水車搗矿机为一种木制的简单搗矿机，用水車作动力，适合于农业合作社經營的小型金矿山使用。图10为水車搗矿机的机組图。作为原动力的水車，依水流的流入方向可分为上悬水車和下悬水車两种型式（图11，图12）。水量大、落差小时宜采用下悬水車，水車的大小一般为直径10—15呎、宽1.5—2.0呎。

水車的馬力可按下式計算。

$$\text{馬力} = \frac{62.4Qh}{33,000} = \frac{Qh}{8.8},$$

例如图11，水流宽1.5呎；水深0.5呎；流速每秒1呎。則每秒車的水量 $Q = 1.5 \times 0.5 \times 1.0 = 0.75$ 立方呎，落差 $h = 12$ 呎，故水車的理論馬力为：

$$\text{馬力} = \frac{0.75 \times 12}{8.8} = 1.02。$$

但上悬水車的效率只有約70%，故水車的真正馬力为：

$$\text{馬力} = 1.02 \times 0.75 = 0.75。$$

根据搗矿机的规格与能力計算，上述水車可以带动75磅4个杵、扬程5.5呎、搗数50次的搗矿机两台，每天生产能力約为1.5—2.0吨，广西僮族自治区蒙山县陈塘乡农业生产合作社有类似上述水車搗矿机（水碓）一台。該社使用的水車搗矿机有四个杵，每天可处理矿石2.0吨左右。为了使大家对水車搗矿机有一个明确的概念，附水車搗矿机简单設計总图（图13）一份。

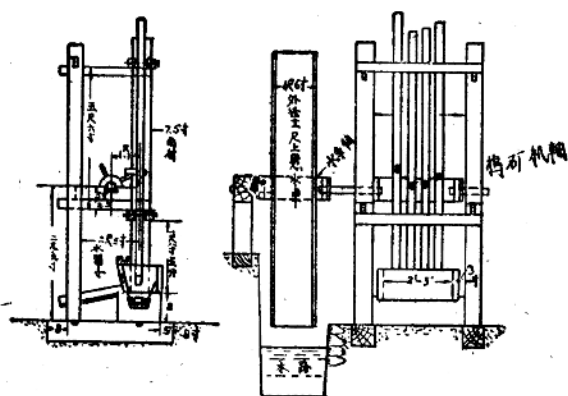


图 10 水車搗矿机組图

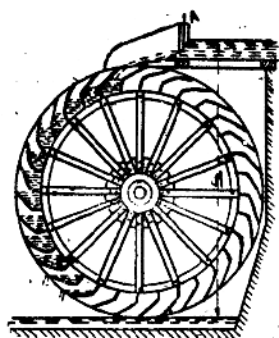


图 11 上悬水車

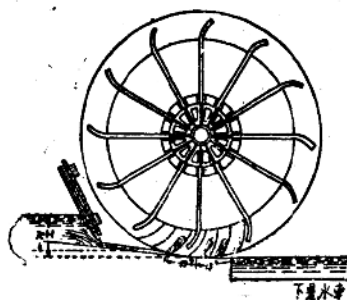


图 12 下悬水車