(>99.9%)金屬。例如：

这样不仅簡化了复杂的生产高純度金屬的老的生产过程，并且可以控制这些金屬顆粒的大小。用这样的方法来生产各种粒度的金屬粉末，一定会給金屬加工及合金制造展开新的途径。

有机溶剂的大量供应必定会将目前局限于使用无机浸取剂如硫酸、碳酸鈉等的小圈子冲破而使用有机溶剂，也将給湿法冶金帶來新的領域，但这是較長远的情况。在短时期內使用有机溶剂最有效的方法恐怕是用溶剂萃取，来富集或分离浸取液中的金屬。这个方法已經用在提鈾工業及原子能工業产品分离方面，不久也将在其他金屬的提炼上应用。很多金屬的硝酸盐或氯化物（如硝酸鈾及氯化鉄等）能够溶解于醚、脂、醇、胺等类溶剂中，另外一些金屬可通过与有机酸成为鹽而溶解于有机溶剂。浸取液与有机溶剂接触后，金屬即轉入有机层，然后再用水或其他溶剂从有机层中将金屬反萃取出来。这样可以將浸取液中各个金屬分离，同时也可以通过反萃后取得將溶液中的金屬濃度提高。使用这个方法可以將鉛、鋅分开，也可以將鈾、鈷及稀土金屬分开。

对浸取液中的金屬分离及富集与溶剂萃取同样重要的是离子交换。它最早用于水的軟化，近年来已經用在鈾的冶炼上。將鈾的硫酸或碳酸鈉浸取液通过阴离子交换树脂，鈾因为成为 $\text{UO}_2(\text{SO}_4)_4^{4-}$ 或 $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_4^{4-}$ 錯离子而吸附在树脂上，浸取液中其他金屬雜質除少

量高价鉄外，如鋁、錳、鋅等金屬不与树脂作用而与鈾分开，然后加上含有无机鹽的酸性溶液淋洗树脂，即可得到高濃度的鈾化合物。离子交换树脂可以用于很多金屬的回收与分离，目前它的缺点是处理量較小和不易連續操作。

湿法冶金工業的成本常取决于浸取后浸取液与殘渣分离的难易。很多流程因为固液分离投資太大而不能实地应用。近年来，由于应用了很多合成的高分子絮凝剂，解决这个问题已經有了新的希望。再加上溶剂萃取及离子交换都在发展直接从浸取液中回收有用金屬，即是浸取后殘渣与浸取液尚未分离时即加入溶剂或离子交换树脂，使有用的金屬轉入溶剂或树脂上，从而省掉了固液分离这一步。这些发展都有可能使得固液分离不再成为湿法冶金发展的障碍。

湿法冶金工厂因为操作的溫度不是太高，同时是連續生产，所以机械化、自动化甚至完全自动的湿法冶金工厂在未来都是可能实现的。

只注意到工程而忽視了化学及物理对湿法冶金的影响，那将是絕大的錯誤。化学工作者研究出新的化学反应新的反应机理、溶液理論等等，都将对湿法冶金起着重要的影响。电离辐射、超声波及固体物理学的应用对湿法冶金起着什么样的影响現在尚难預料。

湿法冶金看来是有着很宏偉的前途的。但是目前在我国这门学科及这类工厂都还在萌芽时期，希望大家在党的领导下迅速掌握及发展这项新的技术，使它为我们社会主义建設服务。

讓土法湿法提銅遍地开花

中国科学院化工冶金研究所湿法冶金組

編者按：1958年10月，中国科学院化工冶金研究所湿法冶金組的同志，在煉銅方面遵循了“土洋結合，水火并進”的方針，办起了一个土酸法提銅工厂，接着又与商業部合作办了一个土氨法提銅工厂。几个月来，他們已經获得了一些經濟技术数据，对推广土法湿法提銅很有帮助。有关这方面的詳細的技术資料，將由冶金工業出版社另行出版。

湿法冶金技术的应用，愈来愈多地引起了人們的注意和兴趣，原因在于它比火法冶金有許多无可比拟的优点：可以綜合利用矿藏資源，回收率高，过程易于机械化自动化，特别是可以經濟地利用低品位矿藏，这就为冶金工業的发展，开辟了新的道路。

所謂湿法提銅乃是采用一种工業溶剂（如硫酸、氨水等）浸取矿石中的銅及其化合物，使其轉到溶液中，嗣后再凭借化学法或电解法以金屬銅或氧化銅的形式从溶液中沉积出来。

銅矿因脈石性質不同而有酸性和碱性之分。酸性矿含二氧化硅高，适于酸法处理，碱性矿含碳酸鎂、碳酸鈣高，适用氨法处理。

在土法湿法提銅方面，我們注意了如下几个問題：（1）矿石含銅量在1—2%以下时，火法冶炼困难并且一般不經濟，特别是氧化銅矿，可采用土湿法；（2）燃料及助熔剂缺乏或矿藏儲量少时，可采用土湿法；（3）由于一般銅矿品位低，在破碎、細碎时需耗用許多劳动力，所以土湿法采用矿块，顆粒小于10毫米

即可，省略了細磨工序；(4)設備簡單易于推广，操作簡單易于控制。

酸法提銅包括如下几个部分：矿石的鉴定及破碎、溶剂的选择、浸取、分离净化、置换、沉积和干燥等。

酸法溶剂主要有稀硫酸、硫酸——硫酸高铁混合液、亚硫酸、食醋等。

稀硫酸是浸取銅矿的一种經濟而有效的溶剂，酸的濃度約5%，酸来源可由化工部推荐的上法造硫酸；机械加工厂的酸洗液；化工厂的廢酸液等。

硫酸——硫酸高铁混合液特别适于处理低品位的混合矿。此混合液可用硫酸、硫酸高铁配制而成，亦可用硫酸高铁溶液吸收 SO_2 而得，或者，用焙燒出的 SO_2 爐气通入吸收塔中，上面噴洒硫酸亞铁溶液即可。此法浸取效果很好，来源較易。

亞硫酸浸取效果較差，困难在于生成的亞硫酸銅不稳定，易分解，造成分离操作困难，并且用水直接吸收 SO_2 ，困难很大。

沒有硫酸来源的地方可以考虑采用食醋，此法优点是可用白薯及野生植物等做原料、来源容易、制造方便、操作安全等。缺点是濃度較低、浸取率低、以高粱酸醋則价錢很貴。

土酸法提銅工厂曾用稀硫酸及食醋做过实验。过程如下。

矿石破碎成7毫米以下，置于水缸中，再加水，加硫酸，使固液比为1:2，酸濃度为5%，銅矿品位約1.7%。在室溫下进行浸取并施以間歇性的人工攪拌。浸取时系遵循着多次向流操作原則。当用北京市平谷氧化性銅矿时，浸取時間一天半，浸出率即达到90%以上，殘渣含銅仅0.1%左右。浸取后的溶液含銅8—10克/升，予以沉降、澄清，必要时再加以過濾。澄清后的溶液舀到置換缸中，加入鉄屑(可用机械加工厂的鉄屑，但須除去油垢；也可使用土銅、土鉄块，施以間歇性的人工攪拌。時間約半天即置換完毕。所得銅粉的純度一般在80%以上，有时可高达94.5%，所得銅粉沉降、分离、干燥即可。

土酸法提銅的主要經濟技术指标：依北京平谷銅矿而論，提一吨金屬銅需3.5吨硫酸(可以断定，处理酸性矿时，酸耗量要少一些)，室溫下浸取不需燃料，置換用土鉄1.5吨，銅的总回收率在90%以上。矿渣含銅量很低。日產100公斤銅粉的土酸法工厂投資很低，所用劳动力也很少。

用北京食醋作中間工厂浸取实验时，浸取率为65%，浸取時間为8天。置換时，相当完全，所得銅粉純度在80%以上。理論上提取一吨銅需66.5吨食醋，实际上的消耗量要大得多。

氨法提銅过程包括如下几个部分：矿石破碎、浸取、澄清分离、蒸氨操作、氧化銅粉的沉降、分离及干燥，还原熔煉等。

氨法浸取銅矿时，系用一定濃度的游离氨及若干种銨鹽(如碳酸銨等)配成溶液。浸取过程的实质在于使銅成为可溶性的絡合物而溶解。如以氧化銅为例： $\text{CuO} + 2\text{NH}_4\text{OH} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，把所得的銅氨液进行蒸氨操作，絡合物热分解而得CuO沉淀。

浸取时，土氨法工厂使用含銅3.7%矿石，破碎到顆粒直徑小于5毫米以下，采用1:2的固液比，氨液中含 2NNH_3 及 2NNH_4^+ 。在 70°C 下，进行二段式逆流浸取操作，間隔20分鐘用人工进行攪拌，当浸取時間为16小时时，浸取率可达70—80%，当用北京市平谷銅矿一段浸取时，浸取率只达50%。浸取槽系家用的大水缸，缸壁周圍包紮稻草以保溫，底部用烟道气間接加热。由于氨液具有强烈的揮发性，应密封缸口，减少氨的损失，这是土氨法提銅經濟效果好坏的关键。浸取后的殘渣，使用三級逆流洗滌。沉降、澄清、分离、過濾后的銅氨液置于蒸餾鍋內，底部直接加热。蒸出的氨及碳酸气由頂部逸出，通入浸取缸內进行吸收。蒸餾后所得的氧化銅悬濁液由蒸餾鍋下部流出，嗣后再沉降而得到氧化銅粉。

蒸餾鍋是用汽油桶做成的。壁上裝有液面計，出口处有U形管压力計。蒸氨的完全程度可由溶液的顏色来判断。氧化銅还原熔煉后即得銅。

土氨法提銅的主要經濟技术指标：处理一吨銅矿需消耗氨水80公斤，碳酸銨14公斤及少量煤炭。浸取率在70%以上，氨的回收率可高达80%，所得氧化銅純度为84%，还原熔煉后銅純度在95%以上。

綜述說来，氨法提銅是較經濟的。氨的經常性損失可由煉焦和回收烟道气中的氨加以弥补。

在推广土酸、土氨提銅过程中应注意劳动保护。含銅的溶液都是有毒的，溶剂对人的身体有損害，特別应注意維護眼睛。

目前用土法湿法提銅，不仅在技术上而且在經濟上也有一定的优越性。在跃进的1959年中，讓它为銅的生产跃进服务，遍地开花，充分发挥作用。