

球磨机衬板结构的改进和衬板材料

郑州工学院

郭振廷

球磨机衬板是冶金、矿山、火电、建材、水泥等行业物料粉碎设备上主要的易损零件之一。为了提高磨机的运转效率，人们对衬板的结构设计进行不断改进，对衬板材料进行过大量的研究。开发、实践证明：优异的衬板材料配以合理的衬板结构才能充分发挥其优越性。本文从衬板结构的改进和衬板用材料两方面进行简单论述。

一、衬板结构和尺寸的改进

改进球磨机衬板的结构和尺寸，不仅能满足磨机不断向大型化、高效方面发展（目前最大球磨机直径达 8.5 米，功率 5145KW），可以在磨机直径不变的条件下改善磨介和物料的提升高度，而且能提高衬板的使用寿命，运行的可靠性，易于制造、加工和控制质量，便于检修、更换，减轻劳动强度等，即能提高磨机的效率提高经济效益。

衬板结构和尺寸的改进主要有以下几种：

1 采用块小而厚的衬板。国外磨机衬板块小且厚，这有利于发挥耐磨材料的性能，又不易开裂。国内磨机型号较老，衬板大而薄，若使用硬度高，韧性低的耐磨材料：如白口铁，容易断裂。这是因为衬板在磨介和物料的冲击下，所受的冲击功与衬板厚度成反比。

2 衬板主受力部位增厚。我国水泥磨机衬板多用阶梯形。过去用高锰钢制造，衬板主受力部位架空且较薄，若改用硬度高，韧性低的材料制造就容易破裂，造成断裂失效，降低破碎效率，又不安全。所以若采用硬度高，韧性低的材料制造时，应采用改型的阶梯衬板。也就是说，设计衬板结构时，应使应力得到缓解。如采用园角过度，螺栓孔不应用方锥形或棒的圆锥形孔，而应采用椭圆锥形孔。

3 环沟衬板。由奥地利 Voest-Alpine 公司开始生产的一种衬板。该衬板安装以后，磨机筒体内形成一系列沟槽。这种衬板的基本原理归结于钢球在衬板上的最密集六方结构堆积（见图 1）两排球的中心距和钢球直径 d 的关系为

$$a = \sqrt{3}d/2$$

两球与衬板是 120 度圆弧接触，而不是点接触，从而增大了研磨面积（见图 2），供驱动磨介的扭矩减少，提高了研磨效率。使用这和衬板可以增加产量

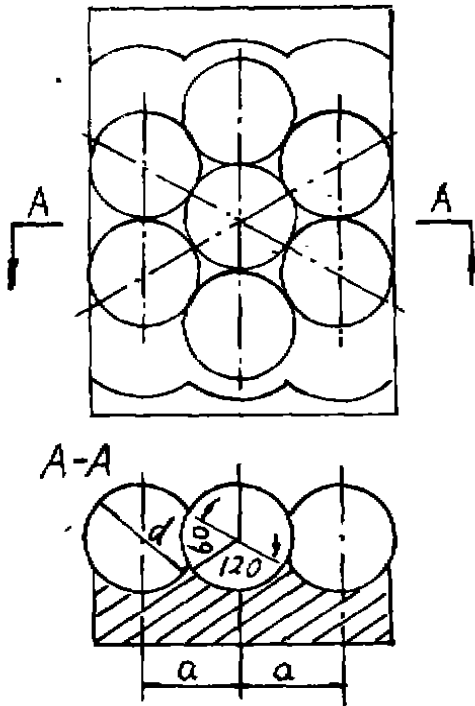
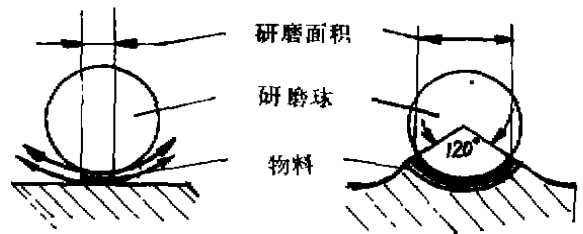


图 1 钢球的密排六方堆积



a 普通衬板 b 沟槽衬板
图 2 球与普通衬板及与沟槽衬板的接触方式

10%，电耗降低 18%，钢球消耗降低 40%，还有衬板重量减轻，衬板在整个服役其期间内形状不变，保持高的研磨效率；噪音低，减轻振动等优点。

4 复合式衬板。复合式衬板的形式有：镶嵌式、双金属复合浇注、机械式等多种。

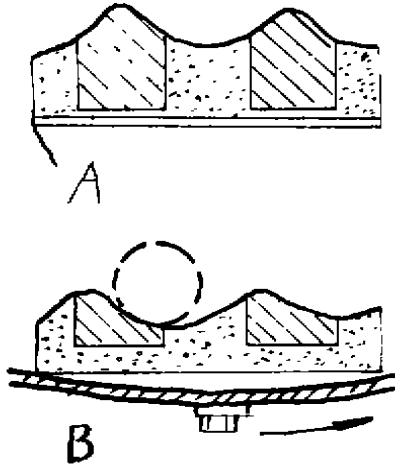


图 3 橡胶—钢组合衬板

①镶嵌式：镶嵌式就是采用硫化粘合工艺，将耐磨橡胶与耐磨合金粉粘结成一体或在组装时将耐磨合金压入制成波谷的橡胶中（见图 3）。镶嵌式衬板的优点是既能发挥衬板的最佳效益，又具有良好的吸振性能。磨机衬板的设计专家们认为：多波形衬板具有最佳性能，希望在整个使用期间内保持最佳波形，而单一材料制成的衬板在实际使用中逐渐磨平。橡胶—组合式，采用耐磨性好的材料制成波峰，耐磨性差的橡胶做成波谷，这有利于保持波形。图（3）中 B 是在 A 的基础上进一步改进的橡胶—钢组合式衬板，其磨矿效益可增加 5%。

②双金属复合式：双金属复合式就是采用铸造的方法，用合金白口铁作耐磨工作层，用低碳钢作衬垫层，以获得同时兼有两种材料特性的整体复合衬板，这种衬板既有高硬度的抗磨能力，可有效地延长衬板的使用寿命，又具有高的韧性，可承受一定的冲击，满足了使用安全可靠的要求。

综上所述，衬板结构形状改进在一定程度上对减轻磨损，延长使用寿命是有益的，但实际形状的设计又必须结合磨机的结构，被粉物料的特性及磨机运行的条件而定。

二、衬板用材料

球磨机衬板材料自 1883 年球磨机问世以来，几

经变化，为了适应各种不同的工况条件，出现了衬板材质多样化。目前有橡胶、弹性聚合衬板材料，陶瓷、天然石衬板材料，铁基合金衬板材料等等。

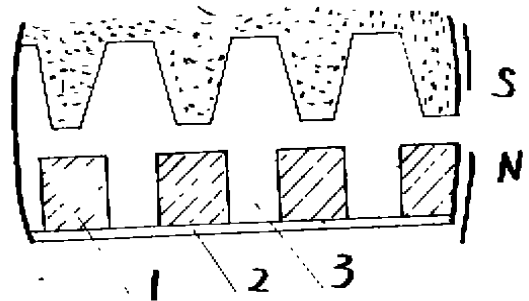
陶瓷、天然石衬板通常用于研磨白水泥、钛白和搪瓷材料、陶瓷粉料等的磨机。这些行业的粉料中对铁含量有严格的要求，不得采用铁基材料的衬板。

橡胶多用于化工、陶瓷、矿山等工业部门的湿式磨机中，我国矿山行业使用橡胶衬板的工厂已达 450 多家，橡胶衬板不能用于干式磨机和水泥管磨机。

铁基合金材料衬板目前用量最多，使用最广。高耐磨合金材料的开发，使合金衬板的使用范围逐步扩大，如苏州光华水泥厂用高铬铸铁衬板、筛板取代花岗岩衬板用在白水泥磨上。

从 30 年代至今世界上对磨机衬板进行过数百种铁基材料的试验研究，创造出许多新合金类型。目前世界上有代表性的铁基材料有：合金白口铁、低合金钢、奥氏体锰钢三大类十种（样细成分略）。这 10 种材料是经过长时期考验和工业应用的主要铁基材料。

我国铁基衬板材料的特点是：合金元素不含镍，少加铬，主要是硅锰，少量的硼、钼、钛等；无论是耐磨钢，还是耐磨铁都加入少量的稀土元素以净化合金溶液，细化组织，这对改善合金的综合性能，特别是对改善合金白口铁的韧性大有好处。



1 永磁铁块、2 磨机筒体、3 橡胶衬板

图 4 矿磁性衬板

矿层磁性衬板。这种衬板材料实际上是磨机筒体的一种无螺栓联接的磁性橡胶衬板（图 4 所示）。即在橡胶衬板加热时装入永磁铁块，利用球磨机的破碎钢球和磁性矿料，在筒体上形成一层抗磨损的保护层。在磨矿过程中，磁性保护层一方面被磨损掉，一方面重新生成新的保护层，仍然保持原来的衬板的形状。据报导：磨机磁性衬板运转 5000 小时，衬板表面无明显磨损痕迹，另外还有磨机单位电耗降低 11%，磨介节约 30% 以上，衬板重量（转 12 页）

斤，增产率为3.5—34.05%，油菜进行增产菌拌种试验增产率为8—40.9%。

(五) 增产菌对蔬菜、药材的增产效果

大白菜：1985—1989年南阳、郑州、驻马店、开封等地市24个县在3.8412万亩大白菜田进行增产菌拌种或喷雾，增产率11.4—20.0%，南阳地区示范2.8692万亩，亩净增鲜菜912.8—1294.5公斤，增产率为14.3—22.4%。

蕃茄：南阳、郑州、开封、洛阳等地市6个县、区1988—1989年试验示范1.12万亩，在定植成活后亩用菌液15—30毫升喷雾，表现结果早、果多，提前上市7—10天，增产率平均为6.9%，亩净增产值281.5元，投收比1:26.7。

黄瓜增产率15—22%，投资与收益之比为1:31.5。青椒亩平均增产68.25公斤，投收比为1:17.3。菜豆平均增产率23.5%，投收比为1:46.9。西瓜平均增产率26.8%，含糖量提高2—4度。芹菜增产率8.1—12.4%。

1989年，温县在山药、地黄等中药材上试用增产菌12亩，苗期亩用25毫升菌液喷雾，平均增产率15.4%，投收比为1:120，对山药白粉病防效达85%以上，提高了药材质量。

通过几年来增产菌在我省多种作物、多点试验及大面积示范应用，充分证明：增产菌不愧为生物工程技术在农业上应用的典范，它的突出优点在于适应性强，成本低，效益高，增产效果显著，且无任何副作用，具有非常广阔的应用前景。

二、增产菌的使用方法

根据全国各地及本省多年试验示范结果，增产菌在不同作物上的使用方法如表二。

(一) 拌种

1. 固体菌剂：先将种子用水浸湿，每亩用50—100克均匀撒入种子中，翻动数次，使菌剂均匀沾附在种子表面，稍晾干后即可播种。

2. 液体菌剂：每亩用30—50毫升加适量水均匀喷洒在种子表面，边喷边翻动，使菌剂均匀浸沾在种子表面，稍晾干，即可播种。

(二) 喷雾

1. 固体菌剂：每亩取30—50克固体菌剂，用每亩喷雾所需的水量进行稀释，取两层纱布或用过滤器进行过滤，以防固体颗粒堵塞喷雾器，然后将滤液均匀喷到植株上。

2. 液体菌剂：取15—30毫升菌剂用每亩喷雾所需

的水量稀释，然后将菌液均匀喷到每亩地的植株上。

(三) 浸沾根苗

每亩取30—50克固体菌剂或20—30毫升液剂，用每亩浸沾根苗所需的水量稀释，将根苗均匀浸沾上菌液，稍晾即可插播、移栽。

表二 增产菌使用方法简介

作物	用法	适期	用量毫升/亩 (按亩用菌加水)	
粮食作物	水稻	拌种	播种前	50
		沾秧	插秧	50
		喷雾	出苗—抽穗	每次15—30
	小麦	拌种	播种前	50
		喷雾	出苗—抽穗	每次15—30
	玉米	拌种	播种前	50
喷雾		幼穗分化前	每次15—30	
甘薯		沾秧	插秧前	30
油料作物	谷子	拌种	播种前	30
	花生	拌种	播种前	100
		喷雾	出苗后一个月	15—30
油菜	拌种	播种前	15	
	喷雾	抽苔前	每次15—30	
大豆	拌种	播种前	25—50	
	棉花	拌种	催芽后	30—50
喷雾		苗期、现蕾期、花期	每次10—30	
经济作物	西瓜	拌种	浸种后	50
		喷雾	瓜蔓期、开花期两次	每次15—30
蔬	叶菜类	拌种	播种前	20—30
		喷雾	定植成活后	每次15—30
		沾根	移栽时	30—50
	根菜类	拌种	播种前	30—50
喷雾		定植成活后	每次15—30	
菜	沾根	移栽时	25—50	
		拌种	播种前	25—50
	瓜果类	喷雾	定植成活后	每次15—30
沾根		移栽时	25—30	
苹果	喷雾	根据需喷5—6次	每次100	

(接18页)

轻等优点。尽管还有些问题(如价格较贵)，但它是湿式细磨机的一种有发展前途的筒体衬板。

人们对衬板材料还在研究，开发新的耐磨材料应考虑到衬板的结构；造材时，应根据磨机的工况条件、生产条件以及资源情况等多种因素。如高铬镍系列，不仅我国资源少，衬板制造成本高，而且因材料脆性大，用在中大型磨机上，若沿用原来高锰钢衬板的结构和尺寸、原磨机的操作工艺，虽然耐磨性好，但易被砸裂，造成早期断裂失效，又不安全。硅锰系列的中碳低合金钢以及金属复合衬板在我国值得推广，利用稀土孕育，充分发挥材料的潜力是个方向。