

磨机的多条 演进路线

品牌、机族与耐磨件识别

01 球磨、棒磨与砾石磨

02 自磨与半自磨

03 搅拌细磨与再磨

面向矿山设备、磨矿工程与耐磨件采购人员

阅读目录

导读 从一张旧铭牌开始	3
第一章 工艺分工，使多条路线长期并行	4
第二章 早期筒磨：几何变化与尺寸语言	5
第三章 AG与SAG：把矿石纳入介质体系	6
第四章 大型化还需要驱动与维护共同发展	7
第五章 Metso、Outotec与STM：分流之后的再组合	8
第六章 FLS与Fuller-Traylor：企业年表与产品分支	10
第七章 搅拌细磨：竖直与水平布局共同发展	12
第八章 中国磨机谱系：企业节点与装机成果分开读	14
第九章 耐磨侧的历史：衬板、介质与主机共同演进	15
第十章 把历史转成可用的设备档案	16
附录A 分类型时间索引	18
附录B 原始来源与延伸阅读	19

目录与PDF书签均可跳转。正文来源编号可点击访问原始资料；附录B保留完整网址。

导读 | 从一张旧铭牌开始

一台磨机可能经历多次矿山扩建、几轮衬板改造和不止一次企业更名。档案柜里的图纸沿用旧厂名，当前服务文件换了新标识，现场人员又习惯按直径和长度称呼设备。若只问“它现在属于哪个品牌”，往往仍找不到要订的那块衬板。要把这段历史读清，需要同时看技术、企业和具体装机。

本篇沿球磨与棒磨、AG/SAG、搅拌磨三条路线展开。先解释不同机器为何长期并存，再以Hardinge、Allis、Metso、Outotec、FLS和中国制造谱系说明名称如何变化，最后回到衬板、介质与检修。这里的历史节点各有含义：公司更名、业务转让、产品推出和矿山装机分别记录。某种结构第一次出现在一份资料中，并不等于它在那一年才被发明。

书中表格以原厂目录、交易公告、企业披露和矿山业主资料为依据；工程解释用于连接这些事实。型号范围保留版本，历史实例保留年代，企业传承不作为零件互换证明。正文中的来源编号可点击，文末提供原始网址。无准确身份和使用许可的历史照片，以原创文字图表代替。

阅读时可以带着三个问题：这台机器怎样把能量传给矿石？它的资料为何分散在不同名称下？今天确认一个部件，究竟还缺哪些信息？这三个问题把磨机史与现场工作连在一起。

第一章 | 工艺分工，使多条路线长期并行

1.1 磨矿的目标连着后续选别

磨矿把矿石减小到适合后续处理的粒度，矿物能否充分解离是理解磨矿任务的关键。对某一种矿石，在某一处理量和目标产品下有用的设备，并不会因另一种机器更新就失去用途。粗粒给料的处理、细粒产品的获得、矿浆的输送和介质的消耗，是相互关联的工程问题。设备沿流程分工，发展也沿着不同约束推进。

从原厂现行目录可以直接看到这种并行：Metso同时保留水平磨与多种搅拌磨，FLS的FT系列仍含球磨、棒磨和砾石磨。FLS球磨资料还列明，球磨既可处于预破碎之后，也可接在SAG之后，或承担再磨。将历史写成“球磨被SAG替代，SAG再被立磨替代”，会抹掉这些实际用途。[\[S11\]](#) [\[S17\]](#) [\[S19\]](#)

因此，本篇所说的“三条路线”是便于阅读的分组。球磨、棒磨和AG/SAG都可能属于旋转筒体体系，但介质组织与流程角色有差别；搅拌磨则把驱动能量经搅拌机构传给磨腔中的介质。它们不是三个互不相连的时代，也不是每座矿山必须依次配齐的三段流程。

1.2 把运动部件看清，再记设备名称

旋转筒磨中，筒体转动带动介质和物料。球磨加入球形介质，棒磨加入棒状介质，AG主要利用矿石本身作为磨矿介质，SAG在矿石介质之外加入磨球。介质不同，不能只看相近外形就认为内部衬板、端部结构和排料件一致。[\[S17\]](#) [\[S18\]](#) [\[S19\]](#)

搅拌磨的一个重要结构区别，是主要传能部件变为磨腔内的搅拌机构。螺旋、盘片、转子以及相应的固定部件有各自设计。机器立起来或横放，只说明布局的一部分；它如何搅动介质、保持介质和排出产品，才决定部件怎样分类。Vertimill、HIGmill、VXPMill与IsaMill宜分别识别。[\[S12\]](#) [\[S13\]](#) [\[S20\]](#) [\[S45\]](#)

表1 三条路线的识别入口

路线	首先看什么	继续确认什么
球磨、棒磨、砾石磨	旋转筒体及外加介质	尺寸定义、介质、排料、支承与驱动
AG与SAG	矿石是否承担介质作用，是否另加磨球	实际机型、矿石试验、负荷与排料系统
搅拌磨	搅拌机构、磨腔与介质运动	螺旋/盘片/转子、介质保持、进排料及版本

1.3 流程图应当容纳选择

可以把流程关系概括为：经过试验与设计的矿石，进入适合其任务的粗磨或主磨；按需要接续球磨、细磨或再磨；各段产品再进入相应选别流程。这是一幅理解关系的示意，具体连接仍由矿石和项目设计决定。

搅拌磨也并非只能放在流程最后。Metso的产品组合与FLS的FTM资料均涉及部分二段、三段磨矿应用。某个机族出现新的应用，并不证明既有流程可以原位更换主机。原给料、目标粒度、循环和介质体系若改变，前后工艺条件也需要一起审视。[\[S10\]](#) [\[S12\]](#) [\[S20\]](#)

理解这种分工后，历史中的新机器更像是增加了一种可选择的解题方式。它可能替代某个项目中的一段作业，也可能与原有设备组合，使原先难以处理的矿石进入可行流程。

第二章 | 早期筒磨：几何变化与尺寸语言

2.1 Hardinge是一个具体历史入口

Metso的原厂培训资料将Hardinge圆锥磨回溯到1906年，并另列1911年的公司节点。两个年份分别对应技术与企业，不能合写为“球磨机于1911年发明”。圆锥磨的意义，在于早期筒磨的几何形式并不只有今天最容易想到的圆柱筒体。[S01]

从工程角度看，磨腔几何、介质运动和磨矿区域相互关联。把圆锥磨放进历史，是为了让读者注意到筒体形状本身也是设计变量，而不是把某一位发明者写成全部工业磨机的唯一源头。本篇不据这份回溯资料裁定所有磨机的“全球第一”。

Hardinge名称还可能使检索者进入同名机床企业资料。矿用圆锥球磨、砾石磨的历史与机床产品不能仅因拼写相同就连成一条服务链。档案识别需要设备种类、制造年代和来源一起出现；单独一个商标，不足以确定工业实体。

2.2 一台12英尺×20英尺的磨机告诉了些什么

同一份培训资料列有1957年Hardinge/Koppers的12' × 20' 球磨实例。它是有年代的尺寸式识别例，能说明历史设备常以直径和长度进入档案；它不是一张涵盖该品牌所有机器的标准型号表。[S01]

如果只收到“12×20”四个数字，识别工作仍未完成。首先要确认单位：英尺符号' 与英寸符号" 不同。其次要确认长度的定义：有效磨矿长度EGL、法兰间长和筒体长不能互换；直径还要辨明测量边界以及是否考虑衬里。只有原厂图纸对这些字段作出定义后，尺寸才成为可比较的信息。[S01]

同一外形尺度也不说明内部功能相同。球磨与砾石磨使用的介质需要确认，棒磨与球磨的配置不能按尺寸直接等同。若历史装机后来改过排料端或衬板分块，现用部件还可能不同于最初出厂图。数字帮助缩小查找范围，图纸与版本才继续完成识别。

2.3 结构名称背后，还有排料路线

“球磨机”表示一种机族，不能据此认定每台都装有排料格子。溢流和格子属于不同排料配置；FLS的FT资料还列有周边排料和风扫等选项，说明排料分类本身就不止一个二选一问题。[S19]

排料端是耐磨件记录中容易失真的地方。筒体内的提升条或提升板用于影响介质运动；出浆提升器pulp lifter属于排料系统。中文都出现“提升”，不意味着它们是同一类部件。档案应写位置、英文名称、进料或排料端以及图号，不能只留下一个泛称。

表2 读尺寸与部件名称时应保留的区别

资料中的写法	应保留的信息	容易造成的误读
12' ×20'	单位、直径定义、长度定义	把英尺当英寸，或直接当零件型号
EGL	原厂定义的有效磨矿长度	等同于法兰间长或筒体全长
Lifter bar / plate	筒体内位置、轮廓、固定方式	与出浆提升器合成一种件
Pulp lifter	排料端位置、通道和配套结构	只译为提升条，丢掉排料功能
Ball / Rod / Pebble	实际介质与装机配置	只凭相同直径就合并设备

早期历史因此留下两种遗产：一类是具体的结构方案，另一类是延续到今天的设备识别语言。采购现场最常遇到的困难，往往来自后者被过度简化。

第三章 | AG与SAG：把矿石纳入介质体系

3.1 自磨和半自磨须分别解释

AG是Autogenous Grinding，自磨；SAG是Semi-Autogenous Grinding，半自磨。AG以矿石本身作为主要磨矿介质，SAG另加入磨球协同磨矿。两者可以出现在同一个产品页面，也可能有相近外观，但工况和内部设计不能由一个共同表头确定。[S18]

SAG使用磨球，并不使它与普通球磨变成同一种机器。理解它时，应同时看较粗矿石、介质组织、主磨角色与后续流程。相反，自生保护衬里中使用“autogenous”一词，也不意味着那台搅拌磨就属于AG筒磨；同一个词在不同结构语境中承担不同含义。[S18] [S29]

这里不设一个适用于全部SAG的加球比例。介质、负荷与操作是项目参数；给出脱离矿石和原厂资料的固定数字，会把机族定义误写成操作规范。

3.2 历史发展经过矿石与流程的检验

Outokumpu原作者在1996年会议论文的公开摘要中，回溯了1950年代起的AG试验，以及1970年代末两段AG工业应用。这个节点可说明，磨矿路线的发展离不开长期试验和工业验证；它只属于该作者叙述的技术历史，不能扩展成全球自磨起源的结论。本篇未取得该论文全文，不引用其全文试验数据。[S35]

从工程解释看，让矿石同时成为给料和介质，会把矿石性质更直接地带入磨机行为。某种矿石在一种流程中形成有效介质，并不保证另一种矿石也如此。因而，历史上的试验、装机和扩大应用应分别讲述，不能把一次成功投产概括为所有矿床都适用。

AG/SAG之所以在磨机史中占重要位置，也在于它们改变了对流程组合的考虑。它们可以成为主磨环节，但后面是否配置球磨、怎样组织分级和返料，要由项目决定。现行FLS资料仍明确列出球磨接续SAG的用途，这与“新机族使球磨退出历史”的叙述相冲突。[S17] [S18]

3.3 从单块衬板转向一整套内部系统

AG/SAG内部的提升结构、筒体与端部衬板、格子和出浆通道应放在同一装机背景下理解。某块衬板耐磨，不代表整套衬里就一定有理想的介质运动或排料表现；排料件变化，也不只是材料牌号的变化。这里的系统解释不替代任何原厂计算或矿山试验。

这一视角也帮助理解生命周期中的改造。Metso的RTB Bor案例记录了旧Allis棒磨和球磨流程中的更新，并涉及重新设计的橡胶衬板。它证明旧主机能够与后来的衬里工程相联系，却不能把某矿山案例的效果移到其他磨机上。[S34]

表3 同一类资料能支持到哪一层

资料	可支持的判断	仍需补充的依据
AG/SAG产品介绍	机族、机制、服务入口	某台装机究竟为AG还是SAG
矿山流程案例	该案例的配置和改造背景	另一矿山能否复制效果
衬板材料介绍	候选材料族与设计方向	具体牌号、接口、寿命和验收条件
历史投产资料	某时某地存在该装机	现行BOM及后续改造版本

从AG/SAG走向细磨，并不意味着大型主磨的故事结束。后续问题会分化：一部分工程继续解决主机尺度与可靠性，一部分转向更细的矿物解离；这两种发展可以同时发生。

第四章 | 大型化还需要驱动与维护共同发展

4.1 大直径并不是一项孤立的进步

描述大型磨机，最直观的是直径、长度和功率。然而筒体如何支承、如何获得转矩、怎样安装和检修，都决定机器能否形成稳定生产系统。把尺寸不断增大的年表当作全部技术史，会遗漏这些配套条件。

FLS当前球磨页面同时列出高速电机配减速器、低速电机配小齿轮，以及无齿轮驱动等路线，也区分中空轴或筒体支承。目录中这些选项并存，说明“大型磨机”仍包含多种系统架构。某台设备的主机规格不能自动给出它的驱动配置。[S17]

4.2 无齿轮驱动是一条独立的配套技术线

ABB的历史材料将其首台无齿轮磨机驱动应用回溯到1969年法国Lafarge水泥磨，功率6.4MW；同一材料将其矿物加工领域GMD节点记为1985年巴布亚新几内亚Bougainville铜选厂。这里应分别保留水泥与矿业场景，不能把1969年直接写成矿山SAG首例。[S42]

按ABB原厂对系统原理的说明，GMD把转子磁极直接装在磨机上，磨机成为电机转子的一部分，依靠磁场传递转矩。它与齿圈、小齿轮和相应机械传动路线有结构区别。这个区别解释了为什么主机档案里需要独立保存驱动身份，而不是仅记录一个电机功率。[S43]

从工程解释看，驱动和支承变化会影响整机接口、检修任务及相关资料。它们不能依据品牌并购或功率相近就合并为一种配置。旧设备能否改装某种驱动，需要项目评审，本篇不从技术发展史给出改装承诺。

4.3 换衬机械化把停机维护带入设计

磨机衬板在生产中消耗，也需要周期性拆装。机器尺度扩大以后，衬板的分块、质量、搬运路径和更换工具更需要共同考虑。衬板的价值既与运行期间的表现有关，也与如何安全、有效地完成维护有关。

RUSSELL MINERAL EQUIPMENT的原厂年表记载，该公司1985年成立，1990年其首台RUSSELL 6换衬机在Mount Isa铅锌选厂的棒磨上投用。这是换衬机械化发展的一个具名节点。本篇按“该公司首台”表述，不采用难以穷尽全球资料验证的首创排名，也不将其案例工时降幅作为通用承诺。[S44]

这一补充把磨机史的视角从“如何磨”扩展到“如何维持可用”。新衬里若改变分块或单件质量，检修装备与操作空间也应一起评审；新工具是否适用，仍要看具体磨机入口、吊装接口、承载与检修任务。换衬设备厂、主机厂和衬板供应方因此在同一生命周期中相遇，但各自供货边界不能混写。

技术史在这里呈现出一个共同特征：主机、驱动、内部件和维护系统相互配合。任何一条路线的改进，都不能仅凭一个宣传指标代替全系统评价。

第五章 | Metso、Outotec与STM：分流之后的再组合

5.1 历史服务名单保留了许多旧名字

Metso的历史磨机服务资料列有Allis-Chalmers、Hardinge、Marcy、Koppers、KVS、Denver、Dominion、MPSI、NEI、Sala、Svedala等名称，当前升级服务也保留历史装机入口。这说明旧品牌并未因目录换代就退出服务语境。[S02] [S33]

这份名单可以回答“今天从哪里查服务线索”，却不等同于一张逐年产权表。没有读到每一笔原始交易时，不宜把所有名字串成一条毫无分岔的收购链。Allis磨机的实例可以沿旧铭牌、矿山档案与改造资料追索，不能借用现行Select参数替它补一份型号表。

对Hardinge也是如此。早期圆锥磨、后来球磨或砾石磨的结构身份应当保存；进入今天的服务体系，不会把它们的原始筒体和内部接口自动改成现行新系列。

5.2 2001年：一次并购，同时发生业务分流

2001年Metso收购Svedala时，监管安排要求剥离部分业务。美国FTC原始分析明确把磨机业务指向Outokumpu；制造商随后发布的完成公告确认，原Metso磨机业务于2001年9月20日转至Outokumpu Mintec，技术范围包括棒磨、球磨、SAG和AG。Svedala收购要约完成日则为9月14日。[S03] [S04]

这两个节点解释了一种常见误读：看到Svedala最终进入Metso，就把交易前原Metso的全部磨机业务也画成一直留在Metso的一支。实际阅读必须下沉到业务范围。监管提出的安排与交易完成公告相互补充，不能只用收购标题代替资产去向。

表4 主干关系中的不同事件

时间	事件	关系的性质
2001-09-14	Metso完成Svedala收购要约	收购节点
2001-09-20	原Metso磨机业务转至Outokumpu Mintec	特定业务转让
2007-04-24	Outokumpu Technology更名Outotec	公司更名
2020-06-30	Metso矿产业务与Outotec组合完成登记	部分分拆及业务组合
2021-03-24	推出Premier与Select双产品线	产品线整合与发布
2023-05-04	Metso Outotec更名Metso	公司更名，部分产品品牌保留
2025-04-02	完成收购STM	股权收购完成

表中各项分别见S04、S06、S07、S08、S10、S41。Outokumpu Mintec与Outokumpu Technology之间的逐法人组织重构，本篇仍未获得完整原始链条；不以连续年表掩盖这项资料缺口。

5.3 2020年的组合，不是旧Metso全部业务整体合并

2020年6月30日证券公告记载，Metso通过部分分拆完成矿产业务与Outotec的组合，Outotec吸收该业务后成为Metso Outotec；股票于7月1日开始交易。6月30日是完成登记节点，7月1日是交易节点，叙述时应注明动作。[S07]

2023年5月4日公司更名Metso，公告同时说明Outotec继续作为部分技术和产品的品牌。因此，在较新的资料上看到Outotec产品标识，并不能直接判定它已过时或属于另一个无关企业。公司名和产品品牌有不同生命周期。[S08]

企业组合带来的一个产品层变化，是2021年发布Premier与Select。原始公告说明，组合后对两家历史水平磨机产品进行了梳理：Premier面向项目定制，Select采用预工程方案。这补上了“2020组合”与“今天两条水平磨产品线”之间的产品策略联系。[S41]

5.4 现行系列要带上版本读

2025年Select原厂单张资料分别列出球磨41个、SAG 31个、棒磨8个预工程配置，并给系列范围。数字说明目录的组织方式，不是一张逐行零件表；各范围的最大或最小值不能任意拼成一台机器。[S39]

表5 Select 2025版系列范围

机族	直径 / EGL	功率范围
球磨：41个配置	0.60-6.00m / 0.90-12.00m	2.2-7,800kW
SAG：31个配置	3.80-9.00m / 1.90-4.50m	400-7,800kW
棒磨：8个配置	2.40-4.60m / 3.60-6.10m	200-1,600kW

出处：S39物理页2，编号4360-07-25。范围为三个独立字段的边界，不表示直径、长度与功率的任意组合。Premier按项目定制，不继承本表的固定配置数。[S40]

5.5 HIGmill：技术合作与收购隔着十三年

2012年4月Outotec推出HIGmill时，公告描述的是与Swiss Tower Mills Minerals的独家权利合作，STM继续提供设计制造技术支持。到2025年4月，Metso才公告完成对STM的收购。将两条消息缩为“2012年收购STM”，会把合作和产权变更混为一事。[S09] [S10]

HIGmill当前原厂资料描述竖直磨体、轴上研磨转子和固定定子环；其系列规格也已发展。本篇沿用核验到的系列上限6,500kW、50,000L作为资料版本事实，不把该极值回填到2012公告，更不从它推出某台历史机的转子或衬件尺寸。[S13]

这条谱系的实用意义，是帮助把同一矿山档案中的不同名称回归正确时间层。旧图纸、产品推出、技术合作和今天服务入口都应保留，最终的机械身份仍由具体装机决定。

第六章 | FLS与Fuller-Traylor：企业年表与产品分支

6.1 三种时间不能合成一个成立年

FLS企业历史追溯至1882年；Fuller历史资料记录1990年被FLSmidth收购；当前矿业球磨页面则将Fuller-Traylor品牌球磨的设计制造回溯至1980年代初。它们分别是企业起点、收购和产品发展节点，彼此不冲突，也不能互相替代。[S14] [S15] [S17]

企业历史有助于理解服务资料的积累，但某个厂名历史悠久，不说明其所有机族在同一年诞生。读Fuller-Traylor时，应把球磨和AG/SAG产品页、项目资料与企业年表配合使用，避免把整个企业年龄当成每种产品的技术年龄。

6.2 FT系列与项目球磨是不同层级

FLS当前FT系列覆盖球磨、棒磨、砾石磨，列有1.6-4.3m标准直径，并有多种排料配置。FT必须连同设备种类读取；字母相同，不足以辨认一台主机。[S19]

FLS当前球磨总页给出的直径范围为1.6-8.5m、功率最高22,000kW，这个页面范围更广，不能把全部范围都重命名为FT系列。它还展示了驱动、支承与应用选择，说明项目球磨的识别需要多字段，不宜强行改造成一串想象的标准型号。[S17]

表6 FLS磨机目录中的层级

目录入口	能确认的对象	不能据此合并的对象
FT Series	球磨、棒磨、砾石磨预定系列	全部FLS项目球磨
Fuller-Traylor球磨	该品牌球磨历史与现行服务	同名水泥业务的所有设备
SAG / AG	两类主磨路线及项目设备	同规格下全部内部件
FLS Tower Mill (FTM)	螺旋式竖直磨机	EIRICH TowerMill或Vertimill
VXPMill	盘片式竖直搅拌磨	FTM螺旋组件或HIGmill转子系统

6.3 收购矿业业务与出售水泥业务，应分别画线

FLSmidth在2022年8月31日完成TK Mining收购，次日发布公告。交易对象是矿业业务，不能扩大为整个thyssenkrupp集团或所有Polysius水泥技术。公告日与完成日也应分别保存。[S38]

2025年10月31日水泥业务出售完成，今Fuller Technologies用于水泥业务身份。与此同时，FLS当前矿业球磨目录仍保留Fuller-Traylor。两者名称相近，不足以证明矿用球磨和SAG服务随水泥业务一起转移。[S16] [S37] [S17]

对旧机档案而言，这意味着需要按业务与设备类别查找。一个“Fuller”词条可能导向企业史、水泥产品或矿业磨机；只有确认是哪个分支，后续图纸和服务联系才有意义。识别错误往往发生在检索的第一步，而不是最终报价时。

第七章 | 搅拌细磨：竖直与水平布局共同发展

7.1 细磨带来的问题，超出机器尺寸

当矿物嵌布更细，磨矿任务会转向更细粒级及后续选别表现。除了能耗，介质与矿物表面的相互作用也进入工程考虑。Outotec在2012年推出HIGmill时，直接把技术引入与复杂细粒矿体、再磨及浮选工艺相联系；这是一份当时的技术与市场背景，不宜只摘取“大功率”作为全部历史意义。[\[S09\]](#)

搅拌磨的路线也不止一种：低速螺旋搅动、盘片或转子传能、不同介质与保持系统，以及竖直或水平布局，形成多个独立机族。它们之间有共同的细磨任务，却不能合并为一套部件目录。

7.2 TowerMill与Vertimill有各自历史

EIRICH的原厂TowerMill资料将其历史回溯至日本1950年代，后经Kubota，1999年转至Nippon Eirich。其结构说明包括固定磨腔内的螺旋搅拌和自生网格保护衬里。网格捕捉介质形成保护层，不能因为出现“自生”就把整机归为AG。[\[S29\]](#)

当前Nippon Eirich目录的NE、ETM命名与其他品牌不同；详细表已出现ETM-2500，而旧册止于ETM-1500。这个变化说明旧目录很适合证明历史，却未必能证明今天的最大范围。当前页面简介与详细型表还存在范围口径差异，本篇只采用具名型号事实，不合成一个新极值。[\[S30\]](#)

Vertimill则有独立的品牌历史。Metso在Minas-Rio案例中将其推出时间追溯至1979年；当前产品资料描述由螺旋搅动介质与矿浆，并已出现Vertimill 7000。1979年是该机族历史节点，不是全世界搅拌磨的发明年份；7000也不能仅凭名称换算为功率。[\[S36\]](#) [\[S12\]](#)

7.3 同为竖直磨，内部件仍然不同

FLS FTM使用中央双螺旋，将能量传给磨腔中的钢介质；VXPmill则使用可拆盘片和隔套，带陶瓷介质及顶部介质保持筛。HIGmill的转子与定子环又是另一种结构组织。这些差别直接影响耐磨件对象：螺旋分段、盘片、隔套、转子、定子环和磨腔衬里必须分别记录。[\[S20\]](#) [\[S13\]](#)

表7 搅拌磨结构对照，限机族层

机族	布局与传能结构	识别耐磨件时的重点
Vertimill	竖直、螺旋搅拌	VTM型号后缀、螺旋及衬件代际
EIRICH TowerMill	竖直、双螺旋、网格保护	NE/ETM型号、螺旋、网格结构
FLS FTM	竖直、中央双螺旋	螺旋、磨腔、具体装机接口
HIGmill	竖直、转子与定子环	转子/定子、间隔及装机版本
VXPmill	竖直、盘片与隔套	盘片、隔套、保持筛与介质体系
IsaMill	水平、高强度搅拌、内部产品分离	机族版本、盘片/隔套、分离与检修结构

表7依据S12、S13、S20、S29、S45。它是识别框架，不是跨品牌结构等同表。

7.4 IsaMill补上水平搅拌磨的一条路线

Mount Isa矿业业主的历史记录指出，铅锌矿更细的嵌布要求促使其与德国NETZSCH联合开发。技术方回溯记载1991年实验室阶段、1992年中试，1994年全尺寸IsaMill在Mount Isa选厂安装；业主记录亦确认1994年全尺寸装机，1995年在Mount Isa和McArthur River继续安装。[S45] [S46]

这一发展并不是把普通筒体简单缩小。技术方把内部产品分离器视为重要突破，它使介质保持与连续运行能够配合。由实验室到中试再到工业装机的历程，也说明小尺度有效的细磨概念需要解决放大、磨损和工艺接口，才能成为矿山生产设备。[S45]

商业化年份需按行为区分：技术方正文提到1998年的商业权利转移与产品发布，年表及业主记录则使用1999年的商业化或许可。保留动作名称后，这些日期可以并列，不必强行归成一个“诞生年”。本篇也不采用网页宣传标题中的周年数字代替事件年份。[S45] [S46]

IsaMill作为补充支线，改变的是叙述的完整性：搅拌细磨既有竖直，也有水平路线。它不改变本篇以既有品牌谱系为主的结构，也不被并入Metso或FLS的产权图。

7.5 中文“立磨”需要再问一步

现场俗称立磨，可能指立式辊磨，也可能指竖直搅拌磨。前者以磨辊与磨盘体系为识别入口，后者围绕介质和搅拌机构。它们的辊套、磨盘衬板与螺旋衬件不属于同一种部件分类。

“Tower Mill”作类型表达时，应与EIRICH TowerMill、FLS Tower Mill等品牌名区分；历史STM型号中的VRM字母，也不能仅凭缩写就解释成Vertical Roller Mill。完整名称、结构图与原厂版本比三个字母更有判断力。[S10] [S20] [S29]

第八章 | 中国磨机谱系：企业节点与装机成果分开读

8.1 从洛矿到中信重工

中信重工2025年度ESG报告的企业历史页列明：1954年洛阳矿山机器厂开工建设，1993年整体资产划拨中信，2008年股份改制，2012年上市。开工、改制与上市分别代表不同发展阶段，不能全部压缩成一个成立年。
[S21]

这条厂史提供了追索国内老装机资料的路径。旧图纸可能保留洛矿标识，后续改造和服务文件使用中信重工名称；历史名称应和原始图号一起保存。企业发展与制造体系积累有关，但它仍不能替代某台机的具体制造、改造和验收资料。

同一报告列举Φ8.84×14.5m球磨、Φ13.42×8.8m半自磨以及CSM-2750。三个实例分别说明大型水平磨和立式搅拌磨的公开成果，适合放进当代发展段落。它们是2025报告列举的设备实例，不是一张全部在售规格表，也不能拿最大一个尺寸填作其他机族上限。
[S21]

表8 中信报告实例的保留方式

报告所列对象	稿中保留的身份	不作的推算
Φ8.84×14.5m球磨	报告期球磨规格实例	不补不存在的逐尺寸功率表
Φ13.42×8.8m半自磨	报告期SAG规格实例	不改写为AG或球磨
CSM-2750	具名立式搅拌磨成果	不把2750直接解释为功率或容积

以上均定位于报告物理页37、印刷页34；厂史位于物理页8、印刷页5。页码口径写清后，读者才能从引用回到原文。
[S21]

8.2 沈重、沈矿与北方重工

方大集团体系的成员介绍确认，北方重工由原沈重与沈矿合并重组，并记载2019年4月30日重整混改。沈重与沈矿对应不同前身，不能把它们当作同一厂名的两个简称；集团回溯的更早历史起点，也不能直接赋给每家前身或现公司注册身份。
[S22]

2020年政府托管的企业展商资料列出球磨、（半）自磨及螺旋立式磨等制造服务范围。它能证明相应历史机族公开出现，不能自动成为2026现售目录。完整型号、尺寸与当前产品状态，仍需新的原厂目录或具体装机资料。
[S23]

现有可读资料尚未给出能直接确认2007合并精确日期的原始登记或公告，本篇保留这一缺口；不因网络上常见某个年份就补入已核时间线。同样，未获得现行北方重工目录时，不把MLS、MLK等辊磨系列、第三方尺寸表或名称近似企业的信息填进矿用筒磨表。

8.3 中国谱系应写到资料与设备两个层面

中国磨机史既包含制造企业重组，也包含大型化和搅拌磨等产品发展。只写企业成立、收购和更名，会留下没有机器的年表；只写尺寸纪录，又容易丢掉老图纸和服务主体的来源。二者并列，才有助于理解矿山现场的设备档案。

采购时宜保留历史厂名、制造年份、项目或机号、完整型号或尺寸定义，以及现行图纸版本。洛矿、沈重、沈矿等名称帮助定位资料，中信重工或北方重工的现行名称帮助寻找后续线索；具体备件仍需回到装机图纸与实际工况。

第九章 | 耐磨侧的历史：衬板、介质与主机共同演进

9.1 磨机史还包括主机以外的专业路线

主机品牌决定不了全部耐磨技术的来源。衬板、研磨介质、设计服务和状态监测，都有各自的发展。把这些企业列成另一张“主机品牌表”，会误导读者以为服务球磨或SAG就意味着制造同名大型主机。

Multotec原厂资料回溯其1973年南非起源，当前磨机衬板目录覆盖球磨、AG、SAG及擦洗机，并包括橡胶、橡胶复合与安装、监测服务。它同时制造其他矿物加工设备；准确表述是本篇把其磨机相关业务放在衬里服务侧，不能概括为“只卖衬板”。[S24] [S25]

Magotteaux原厂时间线分别记载1914年购入小铸造厂、1920年成立铸造厂、1967年高铬研磨介质节点以及2011年加入Sigdo Koppers。它的磨内件、耐磨铸件和研磨介质应各自列对象；实验室磨机或工艺工具也不能反推为大型生产球磨/SAG主机系列。[S26] [S27]

9.2 固定衬板与运动介质不是同一类消耗品

磨球、磨棒和其他介质参与矿石破碎与研磨，在运行中消耗；衬板则构成固定保护与提升系统的一部分。它们会互相影响，但材料选择、尺寸记录和更换逻辑不同。把“高铬介质”历史直接写成所有主机衬板统一采用高铬，既混淆对象，也丢掉工况。

Magotteaux的MVL筒体衬板资料将筒体钻孔、转速、介质尺寸和充填等列为设计输入。Metso的Poly-Met资料则展示橡胶与金属复合的另一种组织。不同企业和产品说明都指向同一工程判断：衬板不是仅凭材料族名称即可确定的通用件。[S28] [S31]

9.3 材料的发展增加了选择，也增加了接口责任

金属、橡胶和复合方案可以从冲击、磨粒磨损、质量、轮廓和维护等角度比较；最后采用什么材料，应落实到部位、介质、矿石、温度和化学环境、紧固及制造检测要求。这里的比较是筛选思路，不给任何机族设统一牌号、硬度或寿命倍数。

表9 从材料族走向具体部件

材料或体系	讨论时应连带的条件	需要具体证据的结论
金属衬件	冲击与磨损位置、轮廓、紧固、热处理	牌号、成分、硬度、裂纹控制与寿命
橡胶衬件	切割/冲击、矿浆、温度、固定方式	配方、适用边界与磨损表现
金属-橡胶复合	两者分工、结合、分块与拆装	结构、结合质量及装机匹配
搅拌磨专用保护	螺旋/转子/定子、固定磨腔、介质保持	各部件材料、间隙、版本和固定接口

复合商标也不等同于统一标准。不同供应方的复合产品可能有不同结构、材料与紧固方案；同样写“橡胶复合”不能代替设计与验收资料。

9.4 从磨损记录读出一台机器的第二部历史

一台老磨机的企业身份可能很稳定，内部件却经过数代调整。轮廓变化、排料改造、介质调整、扫描与磨损记录，构成主机投产后的另一部历史。FLS当前服务资料涉及衬板轮廓、扫描和磨损预测，Metso历史案例也记录旧装机衬里重新设计。[S17] [S34]

因此，比对旧图和现物不能只查“品牌对不对”。若装机已经改造，出厂图与现用版本都应保存，并标明哪一版对应当前运行。历史研究在耐磨件采购中的价值，是帮助建立这种可追溯的版本关系。

第十章 | 把历史转成可用的设备档案

10.1 建立三层记录

第一层记录企业与服务：原始品牌、制造主体、已知交易或更名、现行服务入口。第二层记录设备：机族、型号或尺寸定义、制造年份、项目或序列号、支承、驱动、介质和排料。第三层记录部件：安装位置、端别、图号与版本、数量、接口、材料及既有改造。

三层之间可以建立联系，但不能省略中间环节。从“某历史品牌现在有服务支持”，直接跳到“某衬板能够互换”，正是档案最容易发生的错误。服务关系只把调查引向正确入口，适配仍由设备和部件层的证据回答。

10.2 三种典型情境的处理

收到一台Hardinge旧机的12' × 20' 信息时，先保留原始写法，确认机族、长度与直径定义，再找机号、排料和现行图纸；不要先替它换一个今天的系列名。收到Outotec文件时，同时记录文件年代和原品牌，不把当前服务归口直接写成原始制造身份。

收到“Fuller磨机”时，先确认矿业球磨或SAG，还是水泥业务设备，再查对应产品资料。收到“立磨叶片”时，先确认完整品牌与机族，以及现场所称叶片究竟是螺旋、盘片还是其他部件。每多保留一个有定义的字段，后面的图纸匹配就少一次猜测。

这些是识读情境示例，不是已经核实的具体客户设备或供货案例。它们来自本篇对名称、结构和时间属性的综合整理。

10.3 一页识别表

表10 旧磨机与耐磨件的最小识别记录

字段	记录内容
历史身份	铭牌原文、原厂、制造年份、原始照片出处
设备身份	球/棒/砾石/AG/SAG/搅拌磨；完整系列与后缀
项目身份	矿山或项目名、序列号、设备号
几何尺寸	直径、长度、单位、测量边界与EGL等定义
运行结构	介质、排料、支承、驱动、旋向及已知改造
部件位置	筒体/进料端/排料端/螺旋/转子/定子等
图纸身份	原图号、修订号、现用版、总图与分件对应
接口与数量	孔系、紧固、分块、配套件及安装数量
工况与验收	矿石和介质、主要失效、材料/检测要求、检修约束
服务线索	已核的现行联系入口及其支持范围

本表是编辑整理的资料结构，不是任何原厂BOM、施工或操作规范。缺失字段记录为未知，不能以同集团、外形相似、功率相近或材料名称相同补齐。

10.4 结语

磨机发展的主线，是围绕矿石与流程不断调整能量传递、尺度、介质、内部结构和维护方式。企业整合使不同技术与服务体系重新组合，中国制造谱系与专业耐磨服务又从不同方向丰富了这幅图景。

一张旧铭牌因此同时通向两端：向前可以追索设备的制造与技术来源，向后可以寻找今天的资料与服务。把这条联系保持完整，历史才成为理解机器与确认部件的实际工具。

附录A | 分类型时间索引

下表用于定位事件，年份不表示所有技术都按同一条路线先后替代。

时间	对象与事件	类型 / 来源
1882	FLS企业历史起点	企业 / S14
1906 / 1911	Hardinge圆锥磨 / 公司节点	产品回溯 / 企业 / S01
1914 / 1920	Magotteaux购小铸造厂 / 成立铸造厂	企业 / S26
1950年代	日本TowerMill技术路线	产品回溯 / S29
1950年代	Outokumpu AG试验回溯	技术回溯，摘要限定 / S35
1954	洛阳矿山机器厂开工	建设 / S21
1957	Hardinge/Koppers 12' ×20' 实例	历史设备 / S01
1967	Magotteaux高铬研磨介质节点	材料/产品 / S26
1969	ABB历史GMD用于法国水泥磨	驱动装机 / S42
1973	Multotec南非起源	企业 / S24
1979	Metso回溯Vertimill推出	产品 / S36
1980年代初	Fuller-Traylor球磨设计制造回溯	产品 / S17
1985	ABB矿物加工GMD；RME成立	驱动装机 / 企业 / S42、S44
1990	Fuller收购；RME RUSSELL 6投用	收购 / 维护装备 / S15、S44
1991-1994	IsaMill实验室、中试到全尺寸装机	技术与装机 / S45、S46
1993 / 2008 / 2012	洛矿划拨中信 / 股改 / 上市	企业 / S21
1998 / 1999	IsaMill权利转移与发布 / 商业化许可	不同动作 / S45、S46
1999	TowerMill转至Nippon Eirich	技术业务 / S29
2001-09	Svedala收购与原Metso磨机业务剥离	收购 / 业务转让 / S03、S04
2007-04-24	Outokumpu Technology更名Outotec	更名 / S06
2011	Magotteaux加入Sigdo Koppers；STM成立	企业 / S26、S10
2012-04	Outotec HIGmill与STM合作节点	产品 / 技术合作 / S09
2019-04-30	北方重工重整混改	企业 / S22
2020-06-30	Metso矿产业务与Outotec组合登记	业务组合 / S07
2021-03-24	Premier与Select发布	产品线 / S41
2022-08-31	FLSmidth完成TK Mining收购	业务收购 / S38
2023-05-04	Metso Outotec更名Metso	更名 / S08
2025-04-02	Metso完成STM收购	收购 / S10
2025-10-31	FLSmidth水泥业务出售完成	业务出售 / S16
2025报告期	中信大型水平磨与CSM-2750实例	报告期成果 / S21

附录B | 原始来源与延伸阅读

以下链接为原始资料入口。完整的版本、支持范围、访问状态与缺口另见同目录《出处链接.md》。S01-S40沿用既有研究编号，S41-S46为本轮新增；列入参考文献不表示本篇引用了其中每一项参数。网络内容可能更新，阅读历史事实时应连同资料版本使用。

[S01] Metso: Workshop Vale Day — Grinding / Hardinge History

https://www.metso.com/contentassets/fde5455227854c2dbbc990383b204ae5/2024_workshopgrinding_2-introducao-moinhos_wilsonoka.pdf

[S02] Metso: Grinding mills — legacy service brochure 3001-04-14

<https://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/brochure-eto-grinding-3001-en-lowres.pdf>

[S03] 美国FTC: Metso Oyj and Svedala Industri AB — Analysis

<https://www.ftc.gov/sites/default/files/documents/cases/2001/09/metsoanalysis.htm>

[S04] Metso原始公告: Sale of Metso's grinding mill operations to Outokumpu concluded

<https://www.globenewswire.com/news-release/2001/09/20/1800234/0/en/sale-of-metso-s-grinding-mill-operations-to-outokumpu-concluded.html>

[S05] Outokumpu Technology is now Outotec

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2007/4/outokumpu-technology-is-now-outotec/>

[S06] Outokumpu Technology changes its name to Outotec on April 24, 2007

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2007/4/outokumpu-technology-changes-its-name-to-outotec-on-april-24-20072/>

[S07] Metso Minerals与Outotec组合完成的证券公告

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2020/6/metso-corporations-partial-demerger-has-been-registered---metso-corporation-and-outotec-oyj-have-completed-the-combination-of-metsos-minerals-business-and-outotec/>

[S08] Metso Outotec's name changes to Metso

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2023/5/metso-outotecs-name-changes-to-metso/>

[S09] Outotec High Intensity Grinding Mill

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2012/4/outotec-high-intensity-grinding-mill/>

[S10] Metso completes acquisition of Swiss Tower Mills Minerals

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2025/4/metso-strengthens-its-position-as-a-leading-commminution-technology-and-services-supplier-for-mining-industry-completes-acquisition-of-swiss-tower-mills-minerals/>

[S11] Metso: Grinding mills

<https://www.metso.com/mining/grinding/grinding-mills/>

[S12] Metso: Vertimill

<https://www.metso.com/portfolio/vertimill/>

[S13] Metso: HIGmill high intensity grinding mill

<https://www.metso.com/portfolio/higmill-high-intensity-grinding-mill/>

[S14] FLS: About us

<https://fls.com/en/company/about-us>

[S15] Fuller Technologies: History

<https://www.fuller-technologies.com/history>

[S16] FLSmidth closes the sale of the Cement business

<https://fls.com/en/announcements/2025/flsmidth-closes-the-sale-of-the-cement-business-to-pacific-avenue-capital-partners>

<https://www.globenewswire.com/news-release/2025/10/31/3178146/0/en/FLSmidth-closes-the-sale-of-the-Cement-business-to-Pacific-Avenue-Capital-Partners.html/>

[S17] FLS: Ball mills

<https://fls.com/en/equipment/grinding/ball-mills>

[S18] FLS: SAG and AG mills

<https://fls.com/en/equipment/grinding/sag-and-ag-mills>

[S19] FLS: Grinding

<https://fls.com/en/equipment/grinding>

[S20] FLS: Vertical fine grinding mills

<https://fls.com/en/equipment/grinding/vertical-fine-grinding-mills>

[S21] 中信重工：2025年度ESG报告（交易所披露）

https://www.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2026/0313/2026031301793_c.pdf

[S22] 方大钢铁：成员单位—北方重工

<https://www.jxfangda-steels.com/html/web/about/chengyuandanwei/index.html>

[S23] 大连高新区政府托管展商资料—北方重工

<https://www.dlhightech.gov.cn/resources/news/newsConstantImages/20200825172726804.pdf>

[S24] Multotec: South America / About the group

<https://www.multotec.com/en/location/south-america/multotec-south-america>

[S25] Multotec: Mill Liners

<https://www.multotec.com/en/mill-liners>

[S26] Magotteaux: Innovation / History

<https://www.magotteaux.com/en/innovation/>

[S27] Magotteaux: About

<https://www.magotteaux.com/en/about-magotteaux/>

[S28] Magotteaux: Mining shell liner

<https://www.magotteaux.com/en/products/mining-shell-liner/>

[S29] EIRICH: TowerMill brochure

https://www.eirich.com/fileadmin/user_upload/Eirich_Bilder/1.Produkte_Verfahren/2.Mahltechnik/5.TowerMill/TM1843_3_en.pdf

[S30] Nippon Eirich: TowerMill

<https://www.nippon-eirich.co.jp/en/processes/grinding-technology/towermill>

[S31] Metso: Poly-Met mill liners

<https://www.metso.com/products-and-services/parts/mill-liners/poly-met-mill-liners/>

[S32] Metso: Vertimill parts list leaflet 3828

<https://www.metso.com/globalassets/services/grinding-mill-services/vtm-parts-list-leaflet-3828-en.pdf>

[S33] Metso: Grinding mill upgrades

<https://www.metso.com/portfolio/grinding-mill-upgrades/>

[S34] Metso: RTB Bor grinding renovation case

<https://www.metso.com/insights/case-studies/mining-and-metals/rtb-bor-serbia-copper-ore-production-up-processing-costs-down/>

[S35] AusIMM: The Effect of Grinding Methods on Nickel Flotation Results

<https://www.ausimm.com/publications/conference-proceedings/nickel-96-kalgorlie-november-1996/the-effect-of-grinding-methods-on-nickel-flotation-results/>

[S36] Metso: Vertimill in Minas-Rio

<https://www.metso.com/insights/case-studies/mining-and-metals/anglo-americans-minas-rio/>

[S37] Fuller Technologies: FLSmidth Cement is now Fuller

<https://www.fuller-technologies.com/flsmidth-cement-is-now-fuller>

[S38] FLS: Completion of TK Mining acquisition

<https://fls.com/en/announcements/2022/flsmidth-completes-the-acquisition-of-tk-mining-and-releases-preliminary-financial-figures-for-tk-mining>

[S39] Metso Select horizontal grinding mills leaflet 4360-07-25

<https://www.metso.com/globalassets/portfolio/premier-and-select-mills/select-mills/leaflet-select-horizontal-grinding-mills-4360-07-25-en-mng.pdf>

[S40] Metso Premier Horizontal Grinding Mills

<https://www.metso.com/portfolio/premier-mills/>

[S41] Metso Outotec launches Premier and Select horizontal grinding mills

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2021/3/metso-outotec-advances-a-sustainable-innovation-legacy-with-the-launch-of-premier-and-select-horizontal-grinding-mills/>

[S42] ABB: Making mining operations more efficient

<https://resources.news.e.abb.com/attachments/published/38388/sv-SE/3793A8F5148C/Making-mining-operations-more-efficient.pdf>

[S43] ABB: Gearless mill drive system (GMD)

<https://new.abb.com/mining/grinding/gearless-mill-drives>

[S44] RUSSELL MINERAL EQUIPMENT: Who we are / 40 years of innovation

<https://www.rmeglobal.com/who-we-are/>

[S45] Glencore Technology: Manufacture to Mine

<https://www.glencoretechnology.com/en/technologies/isamill/about/manufacture-to-mine>

[S46] Glencore / Mount Isa Mines: 100 years

<https://www.glencore.com.au/operations-and-projects/metals/mount-isa-mines/who-we-are/our-history/mount-isa-mines-100-years>