

浮选机 全球历史脉络

Global Development of Flotation Machines

从早期工业化到大型化、分区接触
与粗细粒专用路线

目录

导读：读懂一台机器的三个年代	3
Executive Summary	4
1. 全球时间轴：工艺、设备和企业各走一条线	5
2. 工业浮选的起点：矿山问题先于成熟机器	7
3. 机械浮选时代：同样有叶轮，工作方式仍然不同	8
4. 大型化与浮选柱：两种不同的扩展方向	9
5. 美卓谱系：两条业务来源汇合，历史结构继续分流	10
6. FLS谱系：机械浮选组合与后来的路线扩展	12
7. 中国路线：研究机构、设备放大与多厂制造	13
8. 澳大利亚与加拿大：把接触区从大槽里拆出来	14
9. 欧洲、俄罗斯、南非与印度：保留不同地区的技术线	15
10. 近期方向：按任务组织机器，而非只追求更大容积	16
11. 从历史牌名走到今天的设备识别	17
参考文献与原始链接	18

文中顺序数字为出处尾注；参考文献同时保留原研究证据ID。图表均为历史关系或编辑归纳示意，不代表制造图或等件关系。

导读：读懂一台机器的三个年代

今天选厂里的旧铭牌、备件图和新产品目录，常常使用不同的公司名称。理解浮选机历史，至少要回答三个问题：分选原理何时形成，具体结构何时被采用，以及设备业务后来归入谁的产品组合。三个日期通常不同。公司更名不会自动改变旧机的结构，专利公开也不等于商业投产。

本文延续已有研究的“通用机型简史-品牌历史-历史机型-传承边界”框架，增加早期工业化、浮选柱原始专利、时间轴及英文摘要。范围是矿物加工中的泡沫浮选设备；水处理溶气气浮、磨机、分级机、软件和实验室仪器仅在辨别对象时出现，不合计为工业浮选主机。本文不是全球装机普查或市场份额排名。

文中方括号编号指向文末原始来源。日期分别标明研发、专利申请/公开、投产、产品发布或企业交易；原厂历史回顾用于说明自身业务，不能独立证明全球首创。没有公开证据的停产日期、全部产权转移及跨厂零件适配均不补写。

Executive Summary

The global history of flotation machines is best understood as several interacting developments: industrial adoption of froth flotation, changes in the way air and slurry are contacted, scale-up of processing equipment, and consolidation of equipment businesses. These developments occurred on different timescales. A patent date, a product launch and a corporate acquisition should therefore be identified separately.

Broken Hill was a pivotal site for the industrial development of froth flotation in the early twentieth century. Mechanical agitation and pneumatic aeration then became parallel engineering approaches. Later developments included larger mechanical cells, flotation columns, downcomer-based contact, staged reactors and fluidized-bed coarse-particle flotation. These approaches address different process requirements; the historical record does not imply a universal replacement sequence.

Metso's flotation portfolio combines two significant lineages: Outokumpu Technology through Outotec, and Denver/Sala through Svedala. FLS's documented consolidation includes Dorr-Oliver Eimco and its associated flotation portfolio. Canadian developments contributed column flotation and reactor technologies; Australian work contributed Jameson Cell and other specialized approaches. Chinese development is represented here by BGRIMM's institutional history and documented KYF scale-up. Polish, Russian, German, South African, Indian and French sources broaden the geographical context without implying exhaustive coverage.

The chronology distinguishes Outotec's dated launch of the TankCell e630 on 15 October 2014 from a later retrospective reference to 2016. The latter is retained as a source discrepancy rather than silently converted into a commissioning date. The report also distinguishes the 30 June 2020 registration of the Metso Minerals/Outotec combination from the start of trading on 1 July.

Corporate succession provides a direction for finding archives and service information. It does not establish interchangeability between old and new mechanisms, nor does a publicly available catalogue prove that every historical model remains on sale. Equipment identification still requires the original manufacturer, series, tank configuration, serial number, mechanism drawing and revision.

This is a Chinese-language publication draft with an English summary and traceable references. Original editorial diagrams are used instead of unlicensed equipment photographs. It is intended for review as a future resource-page download; no website publication or external distribution has been performed.

1. 全球时间轴：工艺、设备和企业各走一条线



节点按事件年份排列；箭线不表示企业并购或产品替代。

图1 选定历史节点：完整事件及来源见下表。

时间	事件及类型	历史意义与依据
1905	工业采用: Minerals Separation 改进的少量油与机械充气工艺用于 Broken Hill	是重要工业化节点，不写成所有浮选概念均始于同一年。 ^{[1][2]}
1915 / 1921	专利: Callow 气动浮选槽申请 / 公开	多孔底供气与分隔槽体已有明确技术记录；不是投产年份。 ^[3]
1930年代	结构发展: Fagergren 机械浮选设计	WEMCO 原作者技术论文回溯该起点。 ^[4]
1948	产品销售传承: WEMCO 接续销售 Fagergren	是文献中的营销沿革，不独立证明每次资产交割。 ^[4]
1954	企业合并: Dorr 与 Oliver 形成 Dorr-Oliver	与后来的 DOE、FLS 收购节点分开。 ^[5]
1956	机构建立: BGRIMM 前身成立	研究机构历史起点，不等于 KYF 系列诞生年。 ^[6]
1963 / 1967	专利: Boutin、Tremblay 逆流浮选方法美国申请 / 公开	为浮选柱路线提供可定位的原始专利节点。 ^[7]
1967-1968	机构发展: WEMCO 1+1 转子与定子设计	原作者论文记载的开发阶段。 ^[4]
1973	商业应用: Outokumpu OK-16, 16 m ³	原厂回顾定位至 Hammaslahti 选厂。 ^[8]
1985 / 1989	研发 / 工业安装: Jameson 下导管路线	1989 年首两台全尺寸设备装于 Mount Isa 铅锌精选回路。 ^[9]
1995	产品路线: TankCell 起点	原厂回顾给出的品牌发展年。 ^[8]
2000-2008	放大研究: BGRIMM KYF 从50 m ³ 发展到 320 m ³ 试验	2009年原作者论文明确区分工业使用与工业试验。 ^[10]

时间	事件及类型	历史意义与依据
2001	业务并入：Svedala 浮选能力进入旧 Metso	包括 Denver、Sala 的经验和技術来源。 ^[11]
2002年末	企业组合：Dorr-Oliver Eimco 形成	2005年原厂档案回溯。 ^[12]
2005	企业交易：SGS 收购 MinnovEX	不能据此把后来的 Woodgrove 画成 SGS 转售资产。 ^{[13] [14]}
2007	企业变化：Outokumpu Technology 更名；FLS收购GL&V Process；Eriez收购 CPT	三宗独立事件，分别对应不同技术来源。 ^{[15] [16] [17]}
2009	企业成立：Woodgrove	创始团队的经验延续与公司产权分开。 ^[14]
2014-10-15	产品发布：TankCell e630	采用有日期的原始发布公告。 ^[18]
2020	企业组合 / 机构发布：Metso Minerals与Outotec组合；DELKOR MAXGen	业务交易与机构技术事件分列。 ^{[19] [20]}
2021-11-01	产品发布：Concorde Cell	面向细粒、超细粒回收的新接触路线。 ^[21]
2023-05-04	母公司更名：Metso Outotec → Metso	公告同时保留Outotec作为部分产品品牌。 ^[22]
2026-09-10	商业发布：Sampo Cell	记录发布事实，不把新品发布等同于长周期运行验证。 ^[23]

2. 工业浮选的起点：矿山问题先于成熟机器

2.1 Broken Hill 为什么成为关键节点

早期工业浮选面对的核心问题，是含铅、锌、银硫化矿及堆积尾矿难以经济回收。墨尔本大学相关档案指出，Minerals Separation 在1905年把少量油与强烈机械充气结合，并用于 Broken Hill；后续又发展出选择性浮选。CSIRO的回顾也把 Broken Hill 视为泡沫浮选工业化的重要地点。^{[1][2]}

这段历史说明，工艺成功依赖矿物表面性质、药剂、气泡及设备接触方式的共同作用。用“某年发明一台机器，从此所有矿种均适用”来概括，会把矿山试验、工艺许可和整机制造压成一个事件。对早期专利争议，本文保留多方发展背景，不裁定唯一发明人。

2.2 气动路线从一开始就存在

Callow 的 US1366766A 于1915-04-26申请、1921-01-25公开。说明书描述多孔假底、底部气室、连续分隔和溢流收集：外部空气通过槽底进入矿浆，槽内结构帮助控制流动及沉积。^[3]

这为“气泡发生与矿浆流动可以由不同结构承担”提供了早期例子。它与依靠旋转机构同时完成悬浮和充气的机械路线长期并存。专利仅证明所述设计及文件日期，不能据此填入首台销售时间或今日品牌归属。

3. 机械浮选时代：同样有叶轮，工作方式仍然不同

3.1 自吸气与强制充气

自吸式依靠机构形成的吸力引入空气；强制充气式把供气交给外部气源，机构负责相应的混合和悬浮。两种路线都需要协调气泡分散、固体悬浮、颗粒捕收与泡沫区稳定。原厂目录分别列出WEMCO 11自吸式、nextSTEP强制充气式和Denver DR充气式，不能仅凭“都有转子、定子”判为同一机构。^{[24][25][26]}

路线	历史或现行例子	阅读时要分清
自吸机械搅拌	历史Denver Sub-A; Fagergren/WEMCO传统；现行WEMCO 11	原始Sub-A描述、WEMCO代际及当前厂商分别核对。 ^{[27][4][24]}
强制充气机械搅拌	Denver DR、Outokumpu OK; FLS nextSTEP	气源、槽体、循环方式、机构版本均可能不同。 ^{[26][28][25]}
历史机构改进	Galigher/Agitair; WEMCO 1+1	专利和原作者论文可证明机构历史，不自动证明现售完整机谱。 ^{[29][4]}

3.2 Fagergren、WEMCO 与 Agitair

P. Kind于1976年发表的WEMCO设计论文回溯：Fagergren设计形成于1930年代初；1948年起由WEMCO销售；1967–1968年开发1+1的一体式转子、定子。它展示的重点是机构几何、充气与循环的联合放大，而非把旧叶轮按比例增大即可。^[4]

Galigher 的 US2673724A 记录了浮选叶轮设计，为Agitair相关历史研究提供原始技术依据。2005年DOE目录又列出Agitair产品。两份材料分别支持“历史设计”和“当时产品组合”，中间每一笔企业交易仍需独立证据。^{[29][12]}

3.3 Denver：历史牌名应保留

1967年公开的US3307790专利已引用Denver Equipment的Sub-A技术公告，说明Sub-A在此前已是业内可识别的既有设备。DR则有原厂充气式样本。两者应按原系列识别，不能互作别名。^{[27][26]}

另有厂商使用Sub-A名称描述自己的产品。Quinn/QPEC当前目录列Sub-A与T-BR，这支持其自产产品的存在，不能证明其购买了Denver全部商标或成为所有Denver装机的继承者。^[30]

历史资料中的机号也不是统一容积编码。识别“No. 某号”、ft³与m³时，应先看该份手册的型号表；不能把相同数字跨品牌、跨单位合并。D12手册对应实验室设备，其零件编号不能移植到工业槽机。^[31]

4. 大型化与浮选柱：两种不同的扩展方向

4.1 从多台小槽走向较少的大槽

大型化回应的是更高处理量与设备数量管理。原厂回顾把OK-16商业使用定位在1973年，并把TankCell起点放在1995年。圆槽、大型机构与泡沫收集布局的协同演进，比“方槽变圆槽”更能解释设备放大的工程含义。^[8]

大槽减少单元数量的同时，仍要解决有效混合、气泡分布、液位及泡沫输送。因而容积增长不自动等于单位回收率提高；任何改造收益都要回到矿石、流程和运行条件。本文不引用无条件的节能或回收率提升百分比。

e630的日期采用2014-10-15原始产品公告。2023年发表、后续更新的原厂回顾另写630 m³设备于2016年 introduced。现有材料不足以确定后一日期指首次装机还是另一阶段，因此本文不自行解释为“2016投产”。两个表述及出处均保留。^{[18][8]}

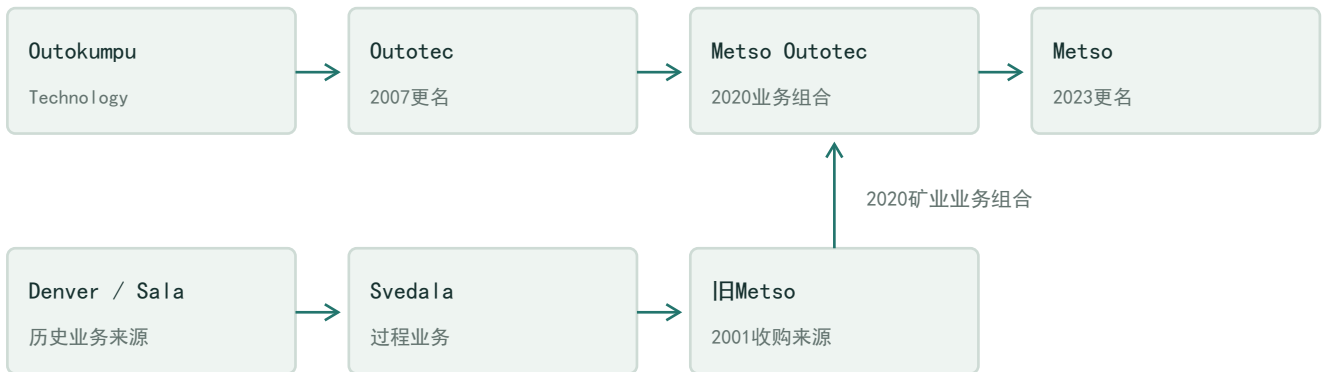
4.2 浮选柱的独立技术脉络

Boutin与Tremblay的US3339730A题为逆流分离浮选方法，美国申请日为1963-06-19，公开日为1967-09-05。它为加拿大浮选柱路线提供原始专利坐标；本文不把该美国申请日改称全球发明日。^[7]

加拿大CANMET的《Theory and Application of Column Flotation》系统讨论浮选柱的原理和应用，封面标注1987年10月、出版页标注1988年。柱内接触、气泡发生、洗水与泡沫层控制形成了一套不同于传统机械槽的设计问题。^[32]

今天Eriez Column、Metso ColumnCell和FLS柱式产品说明，这一路线仍属于厂商组合的一部分。充气器、喷射器或静态混合组件属于系统构件，不能再作为另一种完整主机重复计数。^{[33][34][35]}

5. 美卓谱系：两条业务来源汇合，历史结构继续分流



业务主链示意；不表示机构、零件或所有法人完整继承。

图2 Metso浮选业务的两条来源。依据H01、H03、H20、H19。

5.1 Outokumpu Technology → Outotec → Metso

2007年公告将Outokumpu Technology更名日期定为4月24日。2020-06-30公告确认Metso Minerals业务与Outotec组合完成登记，Outotec在吸收该业务后成为Metso Outotec；新股交易从7月1日开始。2023-05-04母公司更名为Metso，Outotec仍保留为部分技术和产品品牌。^{[15][19][22]}

这是技术业务的演进，不能写成整个Outokumpu钢铁集团被收购。阅读旧目录时，“Outokumpu” “Outotec” “Metso Outotec” 既可能是不同年代的公司名称，也可能保留在产品或图纸抬头中。

5.2 Denver / Sala → Svedala → 旧Metso

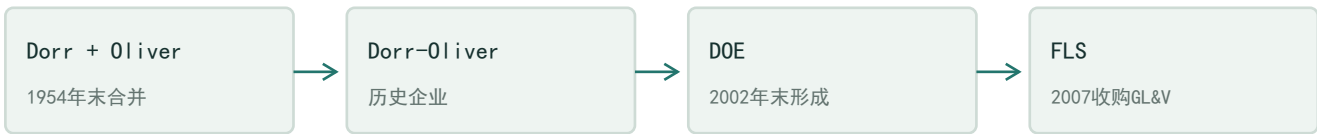
Metso2019年官方文章明确说，其2001年收购Svedala带来了Denver Equipment与Sala AS的浮选经验，并与RCS后续开发有关。这足以把Denver/Sala业务放入Metso浮选历史主链，不能把Denver划入FLS。^[11]

基线研究还记录Joy Manufacturing及Denver Sala等中间节点。本篇保留这些历史检索名称，但不把泵业务历史图中的每个年份扩大为浮选资产精确交割日；更详细的链条留在内部复核附录。读者遇到旧牌名时，仍应从原机系列出发查档。

5.3 产品、机构和系统分开读

名称	应按什么对象阅读	说明
OK / TankCell	工业浮选机族	沿Outokumpu/Outotec技术业务检索。 ^{[28][8]}
DR / Sub-A	各自独立的历史工业机族	保留Denver原牌与版本。 ^{[26][27]}
RCS	Metso工业浮选产品路线	与Denver/Sala经验关联，不据此判为DR原样延续。 ^[11]
SkimAir	磨矿回路闪速浮选单元	流程位置与常规粗选槽分开。 ^[36]
ColumnCell	浮选柱	不等同于传统机械槽。 ^[34]
FloatForce	混合机构	机构改进不等于每台旧槽自动换代。 ^[8]
Concorde Cell / Sampo Cell	专项工业浮选路线	分别在2021、2026年发布；保留发布事件性质。 ^{[21][23]}
D12 / HSC	实验室设备 / 软件	都不计为新的工业主机族。 ^{[31][37]}

6. FLS谱系：机械浮选组合与后来的路线扩展



EIMCO参与2002年末DOE组合；2005年DOE目录还列出：

WEMCO 1+1 / SmartCells、Agitair、Pyramid柱及Dorr-Oliver强制充气设备。

目录组合与企业交易分别有证据；不是跨系列适配图。

图3 FLS相关业务与目录组合。依据H37、H29、H05。

6.1 Dorr-Oliver、EIMCO及DOE

AIM人物档案记载Dorr与Oliver于1954年末合并。DOE的2005年原厂档案则明确，它在2002年末由Dorr-Oliver和Eimco合并形成，属于GLV；当时目录列1+1、SmartCells、Pyramid浮选柱、Agitair及Dorr-Oliver强制充气设备。^{[5][12]}

FLSmidth于2007-08-10发布交易完成公告，将Dorr-Oliver Eimco与Krebs Engineers置于GL&V Process收购范围。该公告支持矿业过程业务进入FLS的主链；不能扩大到所有同名水处理、石油或其他地区法人。^[16]

6.2 WEMCO与nextSTEP各有机机构逻辑

当前FLS分别设置WEMCO II自吸式与nextSTEP强制充气式产品页。WEMCO的Fagergren、1+1与SmartCell历史名称可帮助辨认旧装机，但不能直接把它们改写成WEMCO II。nextSTEP又可作为机构改造方案的一部分；改造后的槽体历史与机构版本需分别记录。^{[24][25][38]}

6.3 mixedROW、柱式、RFC与粗粒设备

mixedROW把不同浮选技术配置在同一流程中，是系统组合。RFC是REFLUX Flotation Cell，不能与名称接近的REFLUX Classifier分级机混为一谈。FLS还列柱式浮选与coarseAIR粗粒浮选。^{[39][40][35][41]}

这些产品说明公司组合已跨越单一机械搅拌槽。它们在流程中的适用位置仍需试验和工程设计决定，企业目录上的并列不是“后一机型全部替代前一机型”的证据。

7. 中国路线：研究机构、设备放大与多厂制造

7.1 先把机构史和产品史分开

矿冶科技集团官方历史记载，其前身成立于1956-04-08，最初名为重工业部选矿研究设计院；2017-12-29公司制改制为北京矿冶科技集团有限公司；2020-04-21更名为矿冶科技集团有限公司。北矿机电是具体机电业务主体，不应把集团沿革、子公司成立与单个机型研发混成一个日期。^[6]

7.2 KYF放大的可定位证据

T. Song等BGRIMM作者在2009年CFD会议论文中写到：KYF系列从2000年的50 m³发展至2008年的320 m³，KYF-320在2008年经过工业试验；文中另称当时已在选厂使用的最大有效容积为200 m³。这两个状态应原样区分，不能改成“2008年320 m³已普遍商业运行”。^[10]

论文同时把气液流动模拟与工业测试进行比较。这一节点呈现出中国大型浮选装备从样机、流场研究到工业验证的路径；具体放大与回收效果仍受试验条件限制。

7.3 族名重叠不等于企业传承

基线已收集KYF、XCF、BF、JJF、SF、CLF及浮选柱等多条线。Roytec/BGRIMM联合样本可用于理解合作产品范围；鑫海、金鹏和瑞科也有各自的浮选产品目录。相同字母族在不同厂商出现，并不能证明并购、许可、原始发明权或零件互换。^{[42][43][44][45]}

本稿不采用尚缺原版史料支撑的“国产第一台”叙述；沈阳6AM等线索保留在内部复核附录，不从报纸转录跳到完整量产型谱。当前HIF等目录的访问问题也不能反推为厂商没有该产品。

8. 澳大利亚与加拿大：把接触区从大槽里拆出来

常规机械槽	悬浮、充气、捕收与泡沫的协调
浮选柱	逆流接触、气泡发生与泡沫洗水
下导管 / 分区	Jameson、SFR等分别组织接触与分离
专项流程任务	HydroFloat粗粒、Concorde细粒、SkimAir闪速

编辑归纳：不同原理与流程位置可交叉；不是互斥机型分类或性能排序。
图4 按接触组织与流程任务理解不同路线，依据本章及第10章。

8.1 Jameson Cell：下导管成为主要接触区

原厂历史记载，Jameson在1985年受托改进浮选柱充气器，后发展出矿浆与空气同向流动的下导管。研究发现主要捕收可在下导管完成，因此不再需要原来同等尺度的柱式捕收区。1989年首两台全尺寸设备用于Mount Isa铅锌精选回路。^[9]

Jameson Cell由MIM与Jameson教授共同开发；Glencore Technology获得TUNRA的全球营销许可。发明者、大学商业化主体、制造与营销业务并非同一实体。大学说明还分别关联Jord商业化NovaCell、Metso许可Concorde，不能因为同一研究者而画成同一产品或同一收购链。^{[9][46]}

8.2 MinnovEX、SGS与Woodgrove

SGS在2005-08-01公告收购MinnovEX。Woodgrove官方说明其于2009年成立，并延续创始人此前公司的技术方向。这是“人员与研究经验延续”的证据，不能写成SGS把MinnovEX转售给Woodgrove。^{[13][14]}

Woodgrove SFR把浮选的不同阶段分配到不同区；DFR有自己的产品定义。历史阅读的关键，是接触、分离和泡沫回收不一定全部在同一混合环境完成，而不是直接比较各厂商宣传的占地或能耗百分比。^{[47][48]}

8.3 Eriez与CPT

Eriez官方总册明确记载2007年收购Canadian Process Technologies。当前浮选组合包含Column、HydroFloat和StackCell等路线；它们应按技术对象分列，而不是把CPT与Eriez当作两个现集团重复排名。^{[17][49]}

HydroFloat以充气流化床促进粗粒矿物浮选；其分选依赖浮选选择性，不能因为采用床层和上升水流，就归为纯水力分级。CrossFlow则应按水力分级设备识别。^{[50][51]}

9. 欧洲、俄罗斯、南非与印度：保留不同地区的技术线

9.1 Bateman、DELKOR、Tenoa与TAKRAF

DELKOR官方标识沿革记载2012年被Tenoa收购；TAKRAF官方历史记载2014年整合DELKOR，并将2020年列为BQR采用MAXGen机构的重要节点。2020年TAKRAF Group品牌调整是另一类企业事件。^{[52][20]}

BQR是浮选机产品族，MAXGen是其机构。基线中的Bateman BQR前史可以作为继续查档的路线；在缺少全部交易原件时，不把所有Bateman同名法人及业务画成一条完整产权链。^[53]

9.2 气动、喷射和区域工业机族

地区/路线	可读的设备史线索	证据能说明什么
德国/南非技术联系	Maelgwyn Imhoflot V、G、H、VC	原厂列不同接触与分离结构；并非WEMCO或Jameson别名。 ^[54]
德国/印度业务历史	Humboldt Wedag煤与矿物业务、MBE、PNEUFLOT	企业沿革与气动设备样本分别保留；不扩大到KHD所有现行水泥业务。 ^{[55][56]}
波兰	IMN IZ → IF	原厂样本记载1963–1976年IZ研发及1990年代末IF发展；历史连续性明确，仍不表示全部旧型现售。 ^[57]
俄罗斯	RIVS / Р И В С , RIF / Р И Ф 系列	当前原厂目录支持该厂产品路线存在；不代表整个苏联浮选工业史。 ^[58]
法国及Minpro线索	NEYRTEC公告所称MINPRO收购	公告支持其交易声明；未充分披露卖方法人和全部交割范围。 ^[59]

地区技术线对读懂旧图纸很有价值，但不能依中文译名或近似字母直接合并。Minpro A/S、矿场F15铭牌和NEYRTEC公告标的在基线中分成三个身份键，本篇保留该缺口，不凭同名填平。

10. 近期方向：按任务组织机器，而非只追求更大容积

Concorde Cell于2021-11-01由Metso Outotec发布，面向细粒与超细粒回收。Sampo Cell则于2026-09-10商业发布，面向粗粒路线。二者与大型机械槽并列，说明同一厂商也在针对不同粒度和接触条件安排设备组合。^{[21] [23]}

闪速浮选是另一种流程位置选择：例如SkimAir在磨矿回路回收已解离矿物。它不等同于把普通精选槽改个名字。粗粒、闪速、细粒强化接触与传统槽式粗选之间，仍需结合解离度、粒度分布、矿浆性质和回路试验判断。^[36]

从本文各条路线作出的综合判断是：浮选机史由“把矿浮起来”，逐步展开为“在哪里形成颗粒-气泡接触、在哪里分离、如何维持泡沫和怎样嵌入流程”。大型化仍然重要，接触和分离的分工、专项粒度及运行控制也同时发展。这是基于多来源的归纳，不是某厂商宣布的统一代际标准。

11. 从历史牌名走到今天的设备识别

品牌史提供查档方向，具体设备仍要回到原机。对旧装机和备件，应至少保留原制造商、系列/机号、槽型、容积与单位、序列号、项目号、机构型号、总装图及修订号。若经过改造，还要同时记录原槽体与新机构的版本。

常见写法	更准确的读法
“Denver现在就是TankCell”	Denver/Sala业务进入Metso历史链；Sub-A、DR、RCS与TankCell仍分别识别。
“同属FLS，WEMCO与nextSTEP零件通用”	集团及系统组合不证明机构、尺寸和接口相同。
“D12手册给出了工业机全部件号”	D12为实验室机，适用范围先隔离。
“某型PDF还能下载，所以仍在售”	可下载仅证明公开文档存在；现售、服务与停产另查。
“机号300就是300 m ³ ”	数字可能是机号、容积或系列标签，要查看该厂家当版规格表。
“原厂写节能X%，所有矿都能实现”	改造或新品效果必须保留原试验条件，不能直接当现场承诺。

本篇所有商标和系列名称均用于历史识别；不据此声称ANRANST获得OEM授权、可以供应全部系列或已验证任何替代件。技术史的价值是减少误认，使后续档案查找与工程确认更准确。

参考文献与原始链接

顺序编号对应PDF正文尾注；原研究ID保留在每条题名前。原始URL可点击。完整访问状态、局限与基线索引见随附《出处链接.md》。历史文献不证明现售，产品页不构成适配承诺。

[1] N01 · Minerals Separation Ltd档案历史说明

Broken Hill 1905年工艺采用与选择性浮选背景；档案机构的历史说明。

<https://www.austehc.unimelb.edu.au/guides/mine/historicalnote.htm>

[2] N02 · CSIRO: Green mystery, plumbian orthoclase

Broken Hill泡沫浮选工业化背景；不裁定全球所有发明优先权。

<https://www.csiro.au/en/news/All/Articles/2024/April/Plumbian-orthoclase>

[3] H90 · Callow原始气动浮选专利US1366766A

Callow气动槽；1915申请、1921公开；多孔假底与供气结构。

<https://patents.google.com/patent/US1366766A/en>

[4] H57 · P. Kind: Design criteria and recent developments in large-capacity Wemco flotation cells

P. Kind, 1976年3月，印刷345页起；Fagergren、WEMCO与1+1机构史。原作者论文；副本不是转载授权。

<https://www.saimm.org.za/Journal/v076n08p345.pdf>

学会原址受限；已复读原作者论文副本。副本链接见出处链接文件。

[5] H37 · AIME Dorr Oliver1954合并记录

Dorr与Oliver于1954-12-31合并；不证明当年完整浮选型谱。

<https://aimehq.org/about-us/governance/past-trustees/edwin-letts-oliver>

[6] H78 · 矿冶科技集团官方历史沿革

1956机构建立、2017公司制改制及2020更名。

<https://www.bgrimm.com/gywm/lsgy/index.htm>

[7] N03 · Boutin与Tremblay: US3339730A逆流浮选专利

逆流浮选方法与专利日期；不作首台商业装机证据。

<https://patents.google.com/patent/US3339730A>

[8] H02 · Metso机械浮选50年

OK-16于1973商业使用、TankCell起于1995、FloatForce于2005推出；文内e630的2016说法与原始2014公告有差异。

<https://www.metso.com/insights/blog/mining-and-metals/celebrating-our-50th-anniversary-in-mechanical-flotation/>

[9] H09 · Jameson Cell原厂历史

Jameson 1985研发起点、1989两台工业安装及TUNRA营销许可；不是产品产权完整交易链。

<https://www.glencoretechnology.com/en/technologies/jameson-cell/advantages/proven-technology>

[10] H27 · BGRIMM KYF原作者2009会议论文

T. Song等，2009 CFD会议，PDF第1页；KYF 50 m³(2000)到320 m³(2008工业试验)，文内已使用最大200 m³。

<https://flair.monash.edu/intranet/proceedings/cfd2009/PDFs/029SON.pdf>

[11] H03 · Metso浮选Denver/Sala来源

Metso原厂文章；2001年Svedala带来Denver/Sala浮选能力及RCS发展背景。

<https://www.metso.com/insights/blog/mining-and-metals/importance-of-flotation/>

[12] H29 · Dorr-Oliver Eimco 2005原厂档案公开副本

DOE原厂档案公开副本，页脚03/02/05，PDF第1-2页；2002年末形成、2005年目录组合。

https://cms.esi.info/Media/documents/dorr_profile_ML.pdf

[13] H63 · SGS收购MinnovEX原始公告

2005-08-01 SGS收购MinnovEX原始公告。

<https://www.sgs.com/en-us/news/2005/08/sgs-acquires-minnovex-technologies-inc>

[14] H08 · Woodgrove官方沿革

Woodgrove官方历史；2009成立、创始人此前MinnovEX经验；不证明SGS转售。

<https://woodgrovetech.com/about/>

[15] H01 · Outokumpu Technology更名公告

2007-04-20公告预告4月24日更名Outotec；适用技术业务。

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

[16] H05 · FLS收购GLV Process完成公告

2007-08-10发行人原始收购公告；GL&V Process含Dorr-Oliver Eimco及Krebs。

<https://www.globenewswire.com/fr/news-release/2007/08/10/1842914/0/en/flsmidth-s-acquisition-of-gl-v-process-is-now-closed.html>

[17] H23 · Eriez CPT收购官方总册

Eriez官方总册PDF第2页，记载2007年收购CPT。

<https://www.eriez.com/Documents/Literature/Brochures/GeneralCorporate/B-90-Eriez-All-Products.pdf>

[18] H66 · TankCell e630 2014原始发布公告

2014-10-15 TankCell e630产品发布；不称当前全球最大。

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2014/10/outotec-launches-the-tankcell-e630---the-worlds-largest-flotation-cell/>

[19] H20 · Metso Minerals与Outotec完成合并登记2020

2020-06-30组合登记完成；7月1日开始新股交易。

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

[20] H22 · TAKRAF历史

TAKRAF官方历史；2014整合DELKOR、2020 MAXGen；与企业标识调整分开。

<https://www.takraf.com/about-us/history/>

[21] H67 · Concorde Cell 2021原始发布公告

2021-11-01 Concorde Cell发布，面向细粒/超细粒；不照搬无条件性能承诺。

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2021/11/metso-outotec-launches-innovative-concorde-cell-flotation-technology-for-fine-and-ultra-fine-particle-recovery/>

[22] H19 · Metso更名2023

2023-05-04 Metso母公司更名生效；Outotec保留为部分产品品牌。

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

[23] M18_Sampo_launch · 2026-09-10 Sampo Cell商业发布

2026-09-10 Sampo Cell商业发布；新品发布不等于长期矿场验证。

<https://www.metso.com/corporate/media/news/2026/9/metso-launches-sampo-cell-a-next-generation-coarse-particle-flotation-technology-to-extract-more-value-from-every-ton-of-ore/>

[24] F03_WEMCO_II · 当前原厂WEMCO II自吸式浮选产品

当前原厂WEMCO II自吸式浮选产品；不证明全部旧WEMCO已升级。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/self-aspirated-flotation-cells>

[25] F02_nextSTEP · 当前原厂强制充气式nextSTEP

当前原厂强制充气式nextSTEP；区分整机与转子/定子机构。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/forced-air-flotation-cells>

[26] M08_DR · Metso原厂Denver DR样本

Metso原厂Denver DR样本；强制充气工业浮选机；历史下载不等于全规格现售。

https://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/dr_flotation_brochure-en_lr.pdf

[27] H81 · 1967原始专利对Denver Sub-A既有设备的描述

US3307790, 1967公开；正文引用Denver Sub-A既有技术公告；不作首创年。

<https://patents.google.com/patent/US3307790>

[28] M02_OK · Metso Conventional OK产品页

Metso Conventional OK产品页；技术路线识别。

<https://www.metso.com/portfolio/conventional-ok-cells/>

[29] H07 · Galigher Agitair原始专利US2673724

John T. Potts, US2673724A, 1954-03-30公开；Galigher受让，正文明确提到Agitair。

<https://patents.google.com/patent/US2673724A/en>

[30] H84 · QPEC原厂Sub-A及T-BR浮选机目录

QPEC自产Sub-A、T-BR目录；不证明继承Denver全部商标。

<https://www.quinnprocess.com/products/flotation-cells>

[31] M10_D12_manual · D12 Denver实验室机手册

D12 Denver实验室机手册；隔离工业机件号。

https://pimly-prod-assets.pimlyapp.com/7db90d6f-f5a9-4a8a-96d6-0e285037a016/00D4J000000FbQwUAK/D12_DENVER_FLOTATION_MANUAL.pdf

[32] N04 · Moon与Sirois: Theory and Application of Column Flotation

加拿大政府报告；浮选柱原理、洗水与应用；文件36页。

https://publications.gc.ca/collections/collection_2019/mcan-nrcan/m38-13/M38-13-87-7-eng.pdf

[33] E05_Column · Eriez原厂浮选柱及其充气组件

Eriez原厂浮选柱及其充气组件；不重复计算组件为主机。

<https://www.eriez.com/Products/Flotation/Column-Flotation>

[34] M05_ColumnCell · Metso ColumnCell及SonicSparger组件

Metso ColumnCell及SonicSparger组件；主机与组件分层。

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

[35] F06_Column · FLS原厂柱式浮选

FLS原厂柱式浮选；不按旧文档推定所有历史型号现售。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/column-flotation-cells>

[36] M03_SkimAir · Metso SkimAir闪速浮选，磨矿回路应用。

Metso SkimAir闪速浮选，磨矿回路应用。

<https://www.metso.com/portfolio/skimair-flash-flotation-unit/>

[37] H11 · HSC为浮选流程模拟软件

Metso原厂HSC流程模拟文章；软件与工业主机分开。

<https://www.metso.com/insights/blog/mining-and-metals/simulation-of-flotation-plants/>

[38] F16_nextSTEP_retrofit · 原厂nextSTEP Retrofit Kit样本

原厂nextSTEP Retrofit Kit样本；槽体与改造机构需分别识别。

<https://brandhub.flsmidth.com/api/asset/eyJjbGllbnRJZCI6Im9wdGltXplbHlfdjEylwiiaWQiOjIwOTUwLzJ0aW1lc3RhbnXAiOjE3ODcyMjU5NzMsInZlcnNpb24iOjE3ODQxMjU1ODI9.flsmidth:VxUgJaXovjrmHVxepAlhsuRKovj-NCcBPYxrIEZiwhWU/download>

[39] F12_mixedROW_current · FLS mixedROW将nextSTEP与WEMCO组合

FLS mixedROW将nextSTEP与WEMCO组合；系统不是第三种独立机构。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/mixed-flotation-cells>

[40] F05_RFC · FLS REFLUX Flotation Cell

FLS REFLUX Flotation Cell；浮选设备，不与REFLUX Classifier混同。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/reflux-flotation-cell>

[41] F13_coarseAIR_current · FLS coarseAIR粗粒浮选

FLS coarseAIR粗粒浮选；区别中试与工业设备。

<https://fls.com/en/equipment/flotation/coarse-flotation-cells>

[42] H61 · Roytec BGRIMM合作原厂联合样本

Roytec/BGRIMM联合浮选样本；合作产品范围，不代表全型号跨厂互换。

<https://roytecgloba.com/wp-content/uploads/2023/01/flotation.pdf>

[43] H43 · 鑫海现行浮选目录

鑫海原厂浮选目录；只支持该厂所列族。

https://www.xinhaimining.com.cn/products_6.html

[44] H44 · 金鹏现行浮选目录

金鹏原厂浮选目录；KYF/XCF等族名不单独证明原始设计权。

<https://www.ytjpkj.com/pl38.html>

[45] H45 · 瑞科XJK原厂产品页

瑞科XJK (A) 原厂产品；不推导为Denver授权机。

<https://www.rhythermining.com/zh/products/xjk-a-flotation-machine/>

[46] N05 · 纽卡斯尔大学: Trailblazing technology delivering global impact

大学商业化说明；Jameson、NovaCell与Concorde分别对应不同商业合作。

<https://www.newcastle.edu.au/research/research-impact/trailblazing-technology-thats-delivering-global-impact>

[47] W04_SFR · Woodgrove SFR原厂说明

Woodgrove SFR原厂说明；不同阶段分区组织。

<https://woodgrovetech.com/woodgrove-staged-flotation-reactor/>

[48] W01_DFR · Woodgrove DFR原厂产品

Woodgrove DFR原厂产品；与SFR分别识别。

<https://woodgrovetech.com/direct-flotation-reactor/>

[49] E01_Eriez · Eriez当前浮选组合含Column、HydroFloat、StackCell与充气系统。

Eriez当前浮选组合含Column、HydroFloat、StackCell与充气系统。

<https://www.eriez.com/Products/Flotation>

[50] E03_HydroFloat · Eriez充气流化床粗粒浮选

Eriez充气流化床粗粒浮选；不能归为纯水力分级。

<https://www.eriez.com/Products/Flotation/HydroFloat-Flotation>

[51] E08_CrossFlow · Eriez CrossFlow明确为hydraulic classifier，水力分级。

Eriez CrossFlow明确为hydraulic classifier，水力分级。

<https://www.eriez.com/Products/Flotation/CrossFlow-Separator>

[52] H21 · DELKOR及TAKRAF标识沿革

DELKOR官方标识沿革；2012 Tenova收购、2020 TAKRAF Group调整。

<https://www.takraf.com/newsroom/news/detail/delkor-indias-logo-evolution/>

[53] T01_BQR · DELKOR BQR产品及MAXGen机构

DELKOR BQR产品及MAXGen机构；产品族与机构分开。

<https://www.takraf.com/product/bqr-flotation-cells/>

[54] H32 · Imhoflot V G H VC原厂产品

Maelgwyn原厂Imhoflot V/G/H/VC路线；不作不同型号等件证明。

<https://maelgwynafrica.com/imhoflot-pneumatic-flotation-technology/>

[55] H34 · MBE印度沿革

MBE印度官方沿革；2009煤与矿物业务变化；适用该业务范围。

<https://www.mbecoalandmineral.in/about.php>

[56] H35 · MBE Pneufлот原厂样本

MBE原厂PNEUFLOT样本；气动浮选产品。

<https://www.mbecoalandmineral.in/market/7.pdf>

[57] H47 · IMN原厂 IZ IF历史型号样本

IMN原厂样本PDF第2页；1963–1976 IZ研发、1990年代末IF；上传目录2023不是发明年。

https://imn.lukasiewicz.gov.pl/wp-content/uploads/sites/21/2023/10/maszyny-flotacyjne_en-2.pdf

[58] H41 · RIVS现行浮选目录

RIVS原厂浮选目录；区域产品路线，不概括全苏联工业史。

<https://rivs.ru/equipment/flotatsionnoe-oborudovanie/>

[59] H88 · NEYRTEC MINERAL官方浮选及MINPRO收购声明

NEYRTEC原厂页面中的MINPRO收购声明；卖方法人与精确交割范围仍不足。

<https://www.neyrtec.com/fr/equipement/cellule-de-flottation/>