

A.F. 塔加尔特 主編

选矿手册

仓库业务与物料运输

第四卷 第一分册

冶金工业出版社

74.4073

713

4-1

选 矿 手 册

第四卷 第一分册

仓库业务与物料运输

A. F. 塔加尔特 主编

苏联版学术編輯 E. И. 叶利金科副教授

謝 光 李宝泉 等譯

319.1/32

冶金工业出版社

A. F. Taggart

СПРАВОЧНИК ПО ОБОГАЩЕНИЮ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ТОМ IV)

Металлургиздат (Москва, 1950)

选矿手册 第四卷 第一分册

謝 光 李宝泉 等譯

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲 45 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

1960 年 2 月 第一版

1960 年 2 月北京第一次印刷

印数 3,012 册

开本 850 × 1168 • 1/32 • 230,000 字 • 印张 7 $\frac{12}{32}$ •

统一书号 15062 • 2021 定价 0.94 元

选矿手册第四卷是苏联冶金出版社組織波立金等根据塔加尔特主編的英文选矿手册編訂出版的。俄譯本第四卷的学术編輯为 E. H. 叶利金科副教授。

参加苏联版第四卷翻譯工作的有：K. A. 阿夫杰也夫（第二十篇第四——十四章），H. C. 沃倫斯基（第十九篇第九——十章），H. H. 茹科夫斯基（第十九篇第一章），B. K. 查赫瓦特金（第十八篇第六——十四章和第二十篇第一——三章），H. B. 查什亨（第十九篇第十一——十九章和第二十四章），A. Я. 波立斯基（第十八篇第一——五章），K. A. 拉祖莫夫（第十九篇第二十——二十三章），B. A. 魯謝斯基（第十八篇第十五——二十四章），Г. А. 韓（第十九篇第二——八章）。

参加苏联版第四卷校閱工作的有：

C. E. 安得列也夫（第九篇第二十——二十三章），П. Г. 古金可夫（第十八篇），C. Ф. 庫茲金（第二十篇第十一章），P. E. 列文（第二十篇第二章），M. Ф. 罗科洛夫（第十九篇第一章），B. H. 特魯什列維奇（第十九篇第二——八章），C. M. 雅修克維奇（第十九篇第九——十章）。

中譯本系根据苏联冶金出版社 1950 年出版的“选矿手册”第四卷並参考 1945 年英文版譯出的。

全卷共分三篇，由第十八篇到第二十篇：第十八篇仓库业务与物料运输；第十九篇取样与試驗；第二十篇选矿厂設計与建設。

本手册的主要讀者对象为：从事选矿工作的工程技术人员；此外对于在各工业部門、科学研究和設計部門及高等、中等工业学校中从事地質、采矿、矿物、冶金、建筑、机械、化工等工作的人员亦可作为参考。

本手册第四卷分三分冊出版。

本書为第四卷第一分冊，專門闡述有关选矿厂仓库业务与物料运输的問題。

本書由謝光、李宝泉、蔣朝烂翻譯，謝光、李宝泉、杨德森、罗致德、李启衡校对。

目 录

苏联版編者序.....	1
-------------	---

第十八篇 仓库业务和物料运输

仓库业务

第一章 緒論.....	3
第二章 矿仓的形状.....	6
第三章 矿仓的計算.....	9
第四章 矿仓的排矿.....	36
第五章 露天堆棧(矿堆).....	46

物料的运输

第六章 带式运输机.....	55
第七章 板式运输机.....	94
第八章 吊斗运输机.....	99
第九章 刮板运输机.....	100
第十章 螺旋运输机.....	102
第十一章 其它结构的运输机.....	108
第十二章 吊斗提升机.....	110
第十三章 連續的(重力的)吊斗提升机.....	123
第十四章 离心卸料提升机.....	127
第十五章 干料流槽(流矿槽).....	138
第十六章 矿浆流槽(輸矿槽).....	143
第十七章 离心泵.....	170
第十八章 螺旋泵.....	188
第十九章 隔膜泵.....	190
第二十章 提升(矿浆提升)輪.....	193
第二十一章 气升器.....	196
第二十二章 給矿机.....	208
第二十三章 自动称.....	225
第二十四章 分配器.....	228

苏联版編者序

选矿手册第四卷将述及仓库业务、厂内运输、有用矿物的取样及試驗、选矿厂的设计和建設。

本手册虽然有許多优点（有大量国外选矿厂的设计、生产和设备，以及关于矿石和选矿产品的取样与試驗的技术經濟資料），但也有很大的缺点，在書中未提及关于选矿理論和实践的苏联文献，以及苏联科学研究工作者、设计工作者和生产工作者在选矿和有用矿物加工方面所取得的成就。同时，本手册在美国出版（1945年）时，苏联的科学研究工作者、设计工作者和生产工作者在选矿和有用矿物加工的技术领域中已占据了主导地位。

在斯大林五年计划的年代里，在苏联已改进了研究矿物和矿物集合体的方法，而且在这方面也获得了巨大的成績。苏联的学者們按照自己特有的风格进行工作，把科学理論与实践紧密地联系在一起。

在矿物分析方面取得成就的，主要有科学院士 Д. С. 別良金——关于創立厂内岩相学的方法，矿物学博士、莫斯科加里宁有色金屬和黄金学院副教授，И. С. 沃倫斯基——关于制定金屬矿物显微鑑定的新方法，教授 А. А. 哥拉高也夫——关于矿物定量分析，教授 В. В. 多里沃-杜布洛沃里斯基（Механобр）、教授 Г. Ф. 卡馬夫斯基和地質矿物学副博士 П. П. 索洛維耶夫（Механобр）和 Г. И. 別得洛夫以及其他的学者——关于矿石和选矿产品的矿物学研究。

許多研究院（选矿研究设计院、国立有色金屬科学研究院，等等），在包裹体性質的研究方面，在磨碎后的矿物的比表面的測定方面，在研究选矿过程的方法和对結果的分析估价方面都进行了大量的工作。

在浮选剂行为的表面现象的物理化学和电化学方面，在浮选机的流体力学作用的理論方面，苏联的学者和研究人員（科学院士：А. Н. 弗魯姆金，П. А. 列賓捷尔，通訊院士 Н. Н. 普拉克辛，教授、博士 К. Ф. 別洛格拉佐夫，Г. О. 叶尔奇科夫斯基等）在这些方面所取得的研究成果之独創性和深度，都远远超过国外。

各设计院和研究院根据设备和选厂各个部分的傾斜或运输（水平）配置系統的特点和优点，制定了适于本国实际情况的设计选矿厂的方法；也制定了黑色和有色金屬矿石、非金屬矿石和其它有用矿物选矿厂和燒結厂的貯料

场和矿仓容积的选择方法；研究了用于各种矿石和精矿的矿仓的各种合理型式，因此出现了許多新型矿仓——带小室的矿仓、阶梯和多阶梯矿仓。

苏联在厂内外运输方面取得了巨大的成就：研究了矿石和矿浆沿溜槽和输矿槽运动和运输的适用于选矿厂生产条件的规律，以及排除干产品和废料的方法。

关于选矿厂的检查理论、取样和统计的实际工作，在苏联都有自己的方法，同时也有用于自动检查原矿处理量、矿浆浓度和酸度等的自制的设备。

在手册第四卷中把各公司带有吹嘘性质的全部材料都删去了。

对在文中讲到的不符合苏联科学技术的记述，在译文中都作了补充、修改和注释。

在本手册第四卷译文的某些地方，作了苏联学者和专家的著作索引。本书在很大程度上作了补充和修改。陈旧的和错误的资料均已删掉。

第十八篇 仓库业务和物料运输

仓库业务

第一章 緒 論

矿仓的必要性。由于矿石加工作业的不同，有的是周期进行，有的是連續进行，因而就需要在矿仓或堆栈中贮存将被加工的物料。一些机器的工作由于检修和清理常常要被中断，而另一些机器是經常而連續地进行工作，如果在不同加工阶段之間沒有集中和貯存物料的地方，就会造成选矿厂工作不連續，也就会影响企业的質量指标和赢利。

中間矿仓。为了由一台第一段碎矿的重型碎矿机向几台第二段碎矿的輕型碎矿机分配破碎产品，中間矿仓是最简单和最有利的設置（例如，将顎式碎矿机的产品分配到几台搗碎机中，将細碎的产品分配到几台篩子上，或将干式碎矿的最終产品分配到几台球磨机中）。为使給入选矿厂的物料在矿仓中能更好的混合，以保证物料的均匀性，常采用大容积的矿仓。原矿进入粗碎前经过篩分所得的篩下产物和经过破碎后的篩上产物同时給入矿仓时，这两种物料应由同一处給入，以避免物料在粒度上的差別，如可能，也会避免質量（組成）上的差別。

平衡矿仓。即容积为5—10吨的小矿仓，常設置在第二段碎矿机、篩分机和其它一些需要均匀給矿才能正常工作的机器的前面。矿仓应安設給矿机，以保证按重量均匀地給矿，而与靠近排矿口的矿块粒度无关。

矿浆可貯存在有机械搅拌裝置的收集器中。該收集器用于物料需要化学

处理或調整时，亦可用来控制矿流。

仓库需要的容积。应根据选矿厂每昼夜的生产率来确定。全厂所安設的设备和采用的加工方法、个别设备或一組設備正常的和意外的停車頻率和停車時間，以及矿石由矿山运到选矿厂的方法，都对选择矿仓容积有很大的影响。在某些矿山，一昼夜內只有几小时往地表运送矿石，因为还要經過同一个矿井往下运送材料。另一方面應該指出，只有保持了过程的連續性，选矿厂的工作才会有成效，因为当机器停車和开动的时候，都会不可避免地將有用矿物丢失于尾矿中。在矿山，工作意外中断的现象要比选矿厂更为頻繁，而粗碎設備又較細碎設備和其它选矿設備的事故更多，因此矿山与粗碎工段的小时生产率应大于細碎工段和选矿厂的生产率，而在它們之間应設置貯矿仓。通常在一般矿山，預料和意外的停車不会超过 24 小时，而粗碎工段的一般检修，当备有必需的备件时，也不会超过一昼夜。因此在矿仓中，如有一昼夜的經過粗碎后的物料儲量，而且矿山与粗碎工段的停車時間不超过 24 小时，則选矿厂就不会受它們停車的影响而能連續生产。考虑到选矿厂操作过程停車的可能性，建造超过一般儲备而足够貯存一昼夜的矿量的貯矿仓，是非常合理的。普通型式的矿仓具有死角，如不采用耙出作业，則原矿不能装满或排空，而耙出作业的成本毕竟是相当高的，因此，应适当地加大矿仓容积，以保証在沒有耙出作业的情况下，使矿仓容积等于矿山或碎矿車間停車时的选矿厂一昼夜的处理量。矿仓所增加的几何容积（等于死角所占的容积），与矿仓的型式以及裝載和排矿的方法有关。例如普通矩形矿仓的容积，常大于选矿厂一昼夜的生产率。

根据上述条件，矿仓容积应計算为稍大于三昼夜的处理量，仅利用 50% 的矿仓容积，而其余的 50% 作为考虑企业任一部分的意外停車时使用。这种方法同样也需要考虑矿石沿加工流程所經過的路綫。按目前实际数据，矿仓平均容积应确定为三昼夜。在个别情况下，矿仓容积可波动于一小时到十六昼夜之間（第二十編第 13 表）。在大多数情况下，这些数字都包括矿山与粗碎工段之間，以及粗碎工段和选矿厂之間的矿仓貯量。

在特殊的条件下，例如：矿山和选矿厂距离很远，在同一选矿厂中所加工的矿石性質不同以及其它因素，都会使仓库业务复杂化，並引起矿仓平均貯量大大提高。

貯存矿石的方法。在矿山和回采工作面以及矿仓中，可以大量貯矿。这就保証了在地面堆棧装满之后，井下工作仍能繼續进行。假如由于某种原

因，选矿厂停工时间很长，而井下工作要想在超过井下堆栈容积的时候仍能继续生产，那就必须在适于堆积工作和以后的装运工作的地方，建立地表矿石堆栈。这种方法也就解决了在兴建选矿厂时，在加紧矿床勘查的情况下的矿石贮存问题。当由于气候条件限制，在冬季不能露天采矿，而选矿厂所需要的全年矿石贮量必须在暖季里开采时，则需要建立矿堆和露天堆栈。这种贮矿方法同样也适用于即使开采工作仍可继续进行，但矿石冬季运输工作必须停止的某些企业。同样，贮存粗粒的选厂产品，如煤或碎石，当需要量不平衡和可能超过矿山及选矿厂供应能力时，也使用矿堆和露天堆栈。铁路运输在矿仓业务中可以起极大的作用，特别当矿山与选矿厂的距离很远的时候。

矿仓是贮存矿石最简单的型式。它有不同的形状，可用石块、混凝土、钢材和木材来建造。矿仓的形状首先取决于它的用途，其次是矿仓建筑材料的性能。木质矿仓的投资费用最低，结构也很简单。砖和混凝土建成的矿仓，使用年限较长。金属矿仓最轻便，当容积相同时，其占地面积较小。金属矿仓是抵抗充填物料压力最好的一种型式，同时与木质矿仓比较，能较久地保持原形。在防火方面，木质矿仓是危险的，如果矿石潮湿没有采用良好的通风，矿仓底部很快就会被腐蚀。如采用火车卸矿，矿仓将遭到很大的振动，同时除了矿石的载荷以外，尚遭受列车箱的附加载荷。因此必须经常检查木质矿仓的螺栓和拉紧装置，并要随时加紧。随着时间的消逝，木质矿仓会受到严重的损耗，使用它已经是不安全了。此外，建造大型木质矿仓用的大尺寸木料是极其缺乏的，而且价格昂贵（指美国——编者），因此这种矿仓的造价与用其它材料建造的矿仓的造价几乎相等。

注：在苏联关于仓库业务有下列主要文献：

1. Шебурев В. А. Железобетонные резервуары, бункеры и силосы, 1935.
2. Блюх В., Чайка К., К вопросу о рациональной форме бункера. журн. «Сталь» №5, 1935.
3. Шахтострой. Типовое оборудование для транспортирования и обогащения угля, ОНТИ, 1936.
4. Нефедов Г. А. Организация складского хозяйства, 1937.
5. Демищев Г. М., Справочник по проектированию складского хозяйства, 1937.
6. Олевский В. А., О рациональной форме бункеров, Бюллетень института Механобр №7, 1938.
7. Алферов Н. В., Бункеры, питатели, затворы. Машгиз, 1946.

8. Энциклопедический справочник «Машиностроение», том 9. Машгиз, 1949.

9. Васильев Н.В., Олевский В.А., Транспорт на обогатительных фабриках, Углетехиздат, 1949.

10. Канторович З. В., Расчет подвесных железных бункеров, 1939.

—編者。

第二章 矿倉的形狀

矿倉的一般形狀如图 1 所示。

平底矿倉(型式 а) 系由木材、鋼材或混凝土制成。建筑这种矿倉所需的費用最少。而且矿倉底部由于鋪上了一层矿石, 所以在排矿时不致遭到磨損。

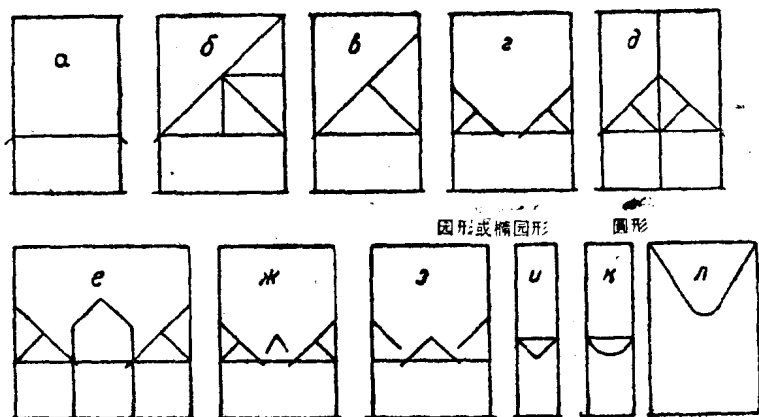


图 1 矿倉的型式

在 1939 年考察过 50 个矿倉, 其中有 23 个是平底矿倉。在銻工业所采用的 66 个平底矿倉中, 有 44 个是用鋼材制造的, 有 21 个是用木材制造的, 有 1 个是用混凝土制造的。

平底矿倉的缺点是: 第一, 在沒有耙出作业的情况下, 不可能將物料全部排出; 第二, 当装载湿的或含有大量細粒的矿石时, 矿倉死角处物料的自然

安息角可达 60° ，因此这种矿仓的有效容积与相同断面的斜底矿仓相比要小得多。当选矿厂处理由各个矿山运来的各种类型矿石时，由于它们有混合的可能，故平底矿仓就显得十分不合适了。在平底矿仓的底部常常充以废石，主要是处理富矿时，可避免在死角处造成有价物料的损失。另一方面，在运输工作长期中断的时候，充填在死角处的物料，可以用来保证选矿厂的生产继续进行。品位高的细粒矿石落入充填矿仓死角的废石中，结果会造成极大的损失。若矿仓的死角中充满了矿石，则这些矿石就成了可以补偿耙出费用的一种储备。如果动用了这一储备之后，而在下一次使用矿仓之前，又没有将这一部份耙出的矿量重新补充，则矿仓将不能继续排矿。平底矿仓同样不适用于贮存煤，因为下层的煤会由于上部的压力而碎解。

斜底矿仓（图 1 型式 6）是一种需要经常卸矿的典型小矿仓，如成品仓和精矿仓。型式 B 是选矿厂中最通用的矿仓型式。这种矿仓适用于对颚机、球磨机、捣碎机及相同设备的分配及自流给矿。矿仓中的物料能否全部排出，系取决于在矿仓长度方向排矿口的间距和矿仓底部的倾角。矿仓中物料滑动的允许倾角，则取决于物料的种类、粒度、细粒含量、水分以及矿仓的底和壁所用的材料。表 3 列有含少量细粒的干物料，当矿仓用金属衬底时，其滑动的允许倾角最小矿仓底部的倾角至少应比表 3 所列数据大 2° ，最好大于 5° 。在大多数情况下，矿仓底部的倾角为 45° 。这个数字对设计来说也是很合理的。这能保证矿石的滑动。当处理粘性矿石时，倾角需采用 $50 \sim 55^\circ$ 。但底部倾角过陡，将会造成矿石在排矿口附近堵塞和挤压现象，这样就得不偿失了。含水的细粒粘性矿石沿平滑的衬铁表面滑动，比在具有同样倾角的粗糙木制表面上滑动较差。设计时可采用图 2 所示的矿仓型式。矿仓底部倾角为 45° 时便于建筑，其结构和支架如图 2 所示。积存在三角形地带的矿石，可以防止底部的磨损。

型式 6（图 1）是型式 B 的某种变形，很少用以贮存粗矿仓，而通常用作细矿仓或成品仓。欲使矿仓双侧排矿时，这种型式的矿仓可以节约木材，并且很方便。

漏斗形底部的矿仓（图 1 型式 7）的特点是，其充填系数较高，比上述五种类型矿仓更有利于自流排矿。这种矿仓的排矿，一般都是用运输机或小矿车送到下一组机器中去。这种型式对大容积的长形矿仓特别适合。为了使矩形矿仓中的矿石能全部自流排出，最好安上一个漏斗形的底。应该注意，这种结构在每两个漏斗面交线的夹角，要大大地小于其中任何一个漏斗面的

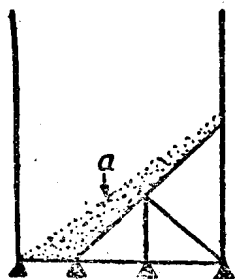


图 2 有矿石保护层的
斜底矿仓

a—矿石自然安息角面

傾角，这样就有可能使得大量矿石发生悬料现象。例如两个 45° 傾角的漏斗面互相成正交，則它們的交綫与水平所成的角度仅为 $35^\circ 15'$ 。

型式 e 、 x 和 s 的矿仓，是典型的貯煤仓。它們均能自流排矿，不太深，对仓中的煤及有粉碎作用，同时单位长度的容积也足够大。上述四种矿仓，都可以考虑用木材来制造，也可以用鋼材和混凝土来制造。

型式 u 、 κ 和 z 的矿仓宜于用鋼材来制造，但型式 u 和 κ 也可以用鋼筋混凝土来制造。貯存粗粒矿石（甚至精矿）常采用铆接的圓形木質儲矿器。这种儲矿器是平底的，而自流排矿却十分困难。圓形和橢圓形断面的矿仓，最适用于深矿仓，因为矿仓壁經受的拉应力較弯曲应力要大得多，因此其底部所受的压力相当小。若物料含水不多时，則具有錐形底的圓形矿仓就能将矿石全部排出。当需要用自流法将矿石全部排出时，在用相同衬底的条件下，圓錐形底部的傾角要比矩形矿仓的底部傾角大得多。例如矩形矿仓的底部傾角需要 45° 时，对处理同样的矿石，圓錐形底部的傾角应不小于 55° 。当装載量相同时，半圓形底部所受的应力比圓錐形底部小，所以前者可以采用較薄的壁，但半圓形底部矿仓的自流排矿是不完全的。当需要建造某种类似水泥仓一样的圓筒形矿仓时，而这些矿仓是紧紧地联在一起的，它們之間的空间就可用作附加矿仓。

❖ 悬吊式矿仓（图 1 型式 z ）是一个悬繩綫断面的槽，因此它的仓壁只承受拉力。这种矿仓可以做得很长（沿图的垂直面）而不增加每米长的金屬消耗，同时也不会浪費容积，而当設置一組圓形或橢圓形矿仓时，上述情况却是不能避免的。这种矿仓在煤矿和运输系統中应用极为广泛。如果选矿厂单位长度所需的容积与这种矿仓的可能容积相符时，則选矿厂也常用这种矿仓（參閱第一卷第二篇图 20 和 24）。

当矿石的粒度不同时，矿仓内部經常产生析离现象。矿仓装載和排矿时，大块物料总是力图从流动較慢的細粒所形成的圓錐体或尖錐上面滚下去。析离现象会影响从矿仓内排出的物料的假比重，其波动范围一般介于 20—30%，常通对試样也有影响（特别是对于脆性物料）。这种变化对选矿厂的很多

作业和冶金过程都是有害的。使細粒矿石和粗粒矿石混合最困难，使細粒和細粒或粗粒和粗粒混合較容易。当矿仓排矿时，按重量来調节物料的方法将在第二十三章中加以闡述。

在下列情况下，析离作用最小：1) 物料均小于6毫米；2) 矿仓連續排矿和快速装载；3) 矿仓具有这样的形式，它能防止在矿仓中角部物料堆积和压紧的可能性，同时也能避免在排矿口上部湿矿石或压紧后的物料形成穹窿。

在消除物料形成穹窿的許多建議中，沒有一个可以認為是完全合理的。从排矿口附近吹入壓縮空气是解决成拱現象的較好方法之一，但对大块物料就不适用。由于不规则排矿所造成的析离現象，可以用急傾角（如 60° ）的仓底来减小。具有两个相邻的垂直仓壁和两个傾斜仓壁以及排矿口在角部的矩形矿仓，虽然其单位容积的造价較具有对称形漏斗底的矿仓貴些，但它具有一定的优点。有一組密集排矿口（它們可能是同时排矿，也可能是先后排矿）的平底矿仓也能减少析离現象，但需要附加集矿运输机。在矿仓装载的时候，采用挡板常能消除析离現象。这些挡板可把矿仓中的物料錐体变成环形，或者把一个峯变成两个峯，以使一些粗粒落到矿仓的中間去。

第三章 矿倉的計算

基本数据。矿仓的計算包括确定載荷的一般要素和承受載荷的个别部件的尺寸。确定矿仓結構部件的尺寸时要考虑矿石通过矿仓时所产生的磨損，同时也应考虑矿仓的个别部份由于振动和打击所造成的損坏。矿仓載荷（当矿仓較浅时，矿石对仓底和仓壁的压力）可用計算挡土壤相同的方法来确定。

矿仓的計算有很多不同的公式和图解法^①。

下面要談到的是根据最大陷落柱理論來計算大型复杂的矿仓結構的图解法，此法在大多数情况下都适用。

計算和設計矿仓的原始数据：1) 貯存每吨矿石所需的有效容积；2) 在考虑了不能充填物料或在沒有耙出作业时不能排矿的死角之后，按物料的假比重（表1）計算的几何容积，米³；3) 在某地区或建筑物內，矿仓的位置对矿仓形状的影响；4) 矿仓的用途和与其形状有关的裝載及排矿，例

① 苏联有关計算矿仓的文獻可參考本篇第一章編者注——編者。

如向一組碎矿机或磨矿机給矿的矿仓的长度与該机組的位置有关；5) 建造矿仓所用材料的結構特点，例如木質矿仓的宽度和高度与木材的尺寸有关，金屬制深矿仓的装载和排矿較浅矿仓方便；6) 仓內物料的自然安息角（表2）；7) 物料与仓壁的摩擦角（表3）。

表 1

各种物料的假比重

物 料 名 称	物 料 状 态	假比重 (吨/米 ³)
灰 (煤灰)	干的, 压紧的	0.64—0.72
重晶石	破碎的	2.90
水泥	熔結块, 破碎的	1.52
水泥	磨細了的	0.80—0.90
粘土	湿的	1.92
煤	各种尺寸的, 破碎的	0.72—0.96
焦炭	松散的	0.37—0.51
土	略含水	1.10—1.44
土	軟的, 含水的	1.66—1.92
砾石	干的	1.92
铁矿 (鏡铁矿)	松散的	2.40
生石灰	磨細了的, 混合了的	1.03
磷灰石	磨細了的	1.20
石英	磨細了的, 松散的	1.45
石英	磨細了的, 捣碎了的	1.70
砂	干的, 松散的, 粒度相同的	1.45—1.70
砂	干的, 松散的, 粒度不同的	1.88
砂	粒度相同的, 含水的	1.92
爐渣	細粒的	0.85—0.96
爐渣	破碎的	1.28
中等石块	破碎的	1.50—1.60
重石块 (輝綠岩、斑岩)	破碎的, 松散的	1.75

注：可以認為在尾矿場內和矿仓中的松散岩石的容积超过矿柱中的 1.6—1.9 倍。

物料对仓壁的側面压力，由于仓內物料粒子間的粘着和对仓壁的摩擦，不可能用水力学上的定律精确地計算，但是可以認為对仓中充滿了等价的，其比重与附着有关的液体进行近似計算。

物料对仓壁的摩擦仅是在深而窄的矿仓中才有重要意义，而在计算时常是不予考虑的。等价液体单位体积的重量可用下式计算：

表 2

各种物料的自然安息角， Φ

物料名称	物 料 状 态	角 度， 度
无烟煤	破碎的，松散的	27
灰	干的	40—45
水泥	干的	40
水泥	95% -20 网目	37.5
水泥	96% -100 网目	①
水泥塔结块	-37 毫米	33
水泥原料	90% -20 网目	33
水泥原料	89% -100 网目	②
粘土	含少量水份的	27—45
粘土	含大量水份的	16—17
烟煤	63% -10 网目	34.5
烟煤	98% -100 网目	16
烟煤	破碎的，松散的	35—45
烟煤	微粒的	37.5—45
土	干的	29
土	含少量水份的	45
土	含大量水份的	17
砾石	干的	37—48
砾石	细粒的	26
軟的鉄矿石	破碎的	35
矿石	破碎的	45
砂	细粒的，干的	31—37
砂	湿的	26
砂	含大量水份的	32
爐渣	细粒的	45
石块	破碎的，无微粒的	37 (平均)

① 曲率半径为 23.4 米的凹坡；距頂端 12 米处的底角为 6° ，頂端夹角为 38.1° 。

② 曲率半径为 2.35 米的凹坡；距頂端 1.5 米处的底角为 5° ，頂端夹角为 48.3° 。

表 3

各种物料与仓壁的摩擦角

物料名称	物料状态	摩擦角 θ , 度①		
		矿仓的衬板		
		木	铁板	混凝土
无烟煤	筛过的	25	16—20	27
灰	干的	40	31	40
烟煤	破碎的	35	18—30	35
焦炭	不同粒度的	40	25—30	40
砾石	干的	—	40	—
矿石	破碎和筛分过的	40	30	40
矿石	新由矿山运来的	45	35—40	45
砂	含不同水份的	30—45	18—40	40—45
石块	破碎的	22②	16.7—40	40

① 当有大量细粒和湿物料时，摩擦角会增大。上表所示系各种不同产地的物料的摩擦角变化范围。

② 带有微粒。

$$L = \frac{W(1 - \sin\Phi)}{1 + \sin\Phi},$$

式中：L——等价液体单位体积的重量；

W——物料单位体积的重量；

Φ ——物料的自然安息角。

用上式计算的某些物料的等价液体的重量列于表 4。上述假设仅适用于垂直壁而不适用于仓底。

决定仓壁压力的图解法 设 $ABCD$ (图 3) 为平底矿仓的横断面。已知矿石沿中心轴投入矿仓，并沿 BE 和 EC 线进行堆集。 EBC 角称为物料的自然安息角 Φ 。其值与物料颗粒之间的摩擦有关，并随物料的粒度与水份而改变 (参看表 2)。 BEC 断面的物料堆对仓壁 AB 和 DC 不产生压力。侧压力被物料堆本身内部所均衡；此中对半流体物料和液体物料之间是有差别的。假如矿仓 $ABCD$ 充填到上部，物料体上部物质将沿 AB 和 BE 之间的 BF 面向下部移动。 AFB 楔形对仓壁 AB 的压力乃是对矿仓任何部份的压