

693965

# 矿物原料预均化

56115  
0076

KUANG

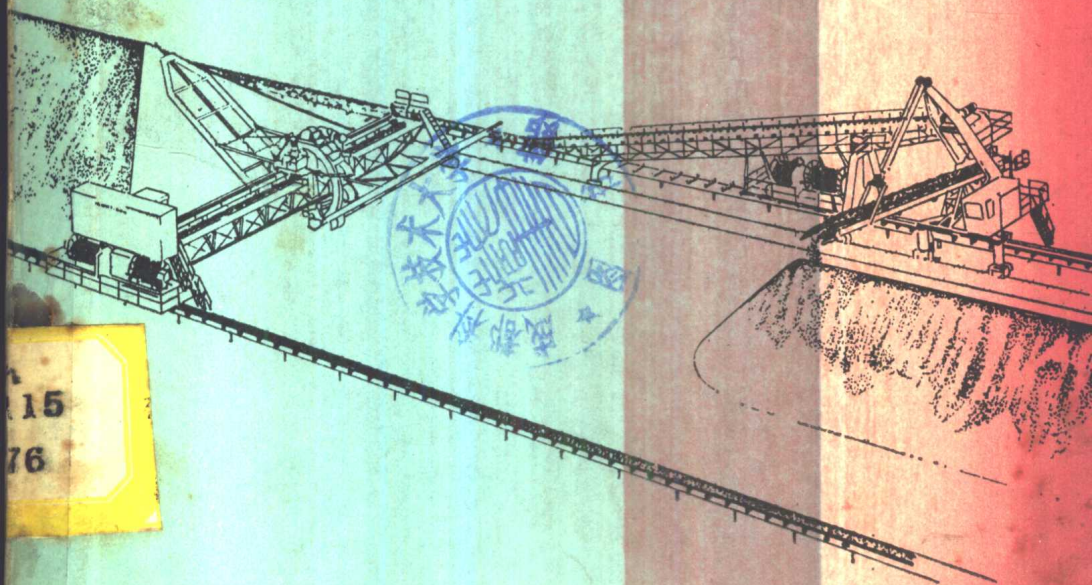
WUYUANLIAO

YU JUN HUA

高长明 编

成都科学技术大学图书馆

基本藏书



15  
76

中国建筑工业出版社

# 矿物原料预均化

高长明 编

中国建筑工业出版社

矿物原料的预均化，是近十几年来国际上得到迅速发展和广泛应用的工艺技术，适用于一切以矿石为原料的基础工业部门，具有较高的技术经济价值。研究采用预均化技术，是我国各工业部门面临的一个课题。

本书综合了国内外最新的有关资料，系统而简要地介绍预均化的理论、工艺模拟试验、预均化堆场的类型和设计计算；各种堆料机、取料机和堆取料机的工作原理、操作特性以及它们的比较；预均化堆场的实例，列举了国外用于各工业部门的98台不同类型的堆、取料机的生产操作参数。

本书适于建材、冶金、电力、煤炭、化工和运输等部门从事预均化和堆场设计、科研及生产管理的工程技术人员参考。

\*       \*       \*

责任编辑：程佛根

## 矿物原料预均化

高长明 编

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

\*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：6 1/2 字数：175 千字

1983年5月第一版      1983年5月第一次印刷

印数：1—2,200册      定价：0.82元

统一书号：15040·4437

## 序 言

原料的预均化堆场是国际上实践证明颇为成功的新工艺、新技术。积极推广采用这项新技术，对促进我国现代化工业建设，具有积极的意义。

我国从七十年代开始，许多单位在斗轮堆取料机方面做了不少工作，相继设计制造并安装投产了近 20 台各种型号（如 DQ 3025、DQ5030、KL-4A、MDQ 15050、DQ 402）的斗轮堆取料机，为预均化堆场的应用创造了有利条件。但是，有关矿物预均化和堆场方面的技术资料，国内目前只见于散篇，没有一本较全面地阐述预均化理论和实践方面的书籍。为此，根据近年来所搜集到的国内外文献资料，结合我们的工艺模拟试验情况，编写了这本小册子，试图较系统地介绍预均化原理及堆场的工艺和装备方面的技术现状，作为抛砖引玉，借以促进预均化技术在我国的应用和发展。

本书内容大多取材于西德和英、美等国的文献资料，虽然与水泥工业相关的居多，但是其主要内容——预均化堆场的基本原理、均化理论和计算、堆取料机的设计和应用等，对于冶金、电力、煤炭、化工、运输等工业部门的预均化堆场是完全适用的，具有同等的参考价值。

本书的参考文献除书末所列外，还有一些是来自国内有关单位编印的内部资料，主要有：石灰石预均化堆场工艺模拟试验报告（1977.11）；丹麦史密斯公司（1975.5）、英国兰圈公司（1978.5）来华技术座谈资料；以及西德伯力鸠斯公司、洪堡公司，丹麦史密斯公司，日本三菱、川崎、石川岛播磨等公司1978年向我国提供的水泥厂成套设备的报价和技术座谈资料等。

在本书编写过程中，建筑材料工业部基建局胡宏泰总工程师曾给予鼓励和指导，提出了许多宝贵的意见，天津水泥工业设计院朱祖培总工程师对全书进行了仔细的审核和修改，特此致以深切的谢意。

因限于水平和条件，书中谬误之处在所难免，恳请读者多加指正。

编 者

一九七九年四月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....             | 1   |
| 第二章 预均化堆场的类型和堆取料方式 ..... | 7   |
| 第一节 预均化堆场的分类 .....       | 7   |
| 第二节 堆料方式 .....           | 11  |
| 第三节 取料方式 .....           | 18  |
| 第三章 均化理论和计算 .....        | 20  |
| 第一节 预均化料堆的模型 .....       | 20  |
| 第二节 偏差分布理论 .....         | 26  |
| 第三节 料堆动态过程的分析 .....      | 32  |
| 第四节 均化效果的计算 .....        | 36  |
| 第四章 堆料机 .....            | 43  |
| 第一节 悬臂皮带堆料机 .....        | 43  |
| 第二节 天桥皮带堆料机 .....        | 50  |
| 第三节 桥式皮带堆料机 .....        | 52  |
| 第四节 圆形堆场用皮带堆料机 .....     | 53  |
| 第五节 耙式堆料机 .....          | 55  |
| 第五章 桥式取料机 .....          | 58  |
| 第一节 桥式斗轮取料机 .....        | 59  |
| 第二节 桥式圆筒取料机 .....        | 82  |
| 第三节 桥式括板取料机 .....        | 91  |
| 第四节 桥式圆盘取料机 .....        | 97  |
| 第五节 桥式链斗取料机 .....        | 106 |
| 第六章 耙式和叶轮式取料机 .....      | 109 |
| 第一节 耙式取料机 .....          | 109 |
| 第二节 叶轮式取料机 .....         | 118 |
| 第七章 预均化堆场的设计 .....       | 120 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第一节 预均化堆场的模型试验 .....       | 120 |
| 第二节 预均化堆场的料堆 .....         | 128 |
| 第三节 堆料机的纵向移动速度 .....       | 132 |
| 第四节 预均化堆场的设计计算举例 .....     | 135 |
| 第五节 采用圆盘取料机时预均化堆场的设计 ..... | 136 |
| 第八章 预均化堆场的控制、保护和取样系统 ..... | 149 |
| 第一节 堆、取料机的控制保护系统 .....     | 149 |
| 第二节 预均化堆场的取样及试样处理装置 .....  | 153 |
| 第九章 预均化堆场的实例 .....         | 161 |
| 第一节 各种堆、取料机的应用实例 .....     | 161 |
| 第二节 桥式刮板取料机的应用实例 .....     | 182 |
| 参考文献 .....                 | 196 |

## 第一章 绪 论

矿物原料的预均化不仅可以提高产品质量，而且可以利用劣质原料和燃料，具有较高的技术经济价值。世界上许多国家将预均化堆场应用于冶金、电力、煤炭、化工、建材、运输等工业部门，均已获得了显著的效果。

预均化堆场创始于钢铁工业。1905年美国一家钢铁厂首先用于铁矿石的料堆上。至本世纪中叶便盛行于西欧各国，由冶金工业开始遍及其它工业部门。钢铁厂、化肥厂、铝氧厂、洗煤厂、炼焦厂、电厂、炼铜厂等竞相采用，主要原因之一是为了充分利用低品位原料<sup>[88]</sup>。尤其是钢铁、煤炭和电力工业，为了利用当地的贫矿和劣质煤，采用预均化堆场不仅是生产上的必需，而且在经济上也较进口原料合算，从而促进了这一技术的发展。

二十世纪六十年代和七十年代，世界水泥产量由年产不足三亿吨发展到超过八亿吨（1978年），回转窑的最大单机能力由六十年代初的日产1000吨左右扩大到8000~10000吨，扩大将近十倍。随着生产规模的扩大，工艺技术也取得了重大的突破。干法生产已决定性地代替了湿法。悬浮预热窑和预分解窑的出现，不仅使窑的热效率较湿法窑提高一倍，而且成倍地提高了窑的单位容积生产能力。预均化堆场为大型水泥厂的原料储存开辟了新的途径，在储存的同时实现原料均化，满足了干法生产的需要，并为水泥工业扩大应用低品位原料创造了条件。由于原料在入磨以前先行均化，就有可能简化出磨后的生料均化系统，从而简化了操作，降低成本并节省投资。预均化堆场代替了过去习用的联合储库，使水泥厂的总体布置发生了根本性的变化。同时，预均化堆场在完全自动化的条件下进行操作，可以象其它主要生产车间

一样连续稳定地运转，为进一步实现工厂自动化创造了前提。因此，预均化堆场对促进水泥生产现代化有不容忽视的作用。

预均化堆场主要由进料主皮带机、堆料机、料堆、取料机、出料主皮带机和取样装置等六个部分所组成，如图1-1所示。

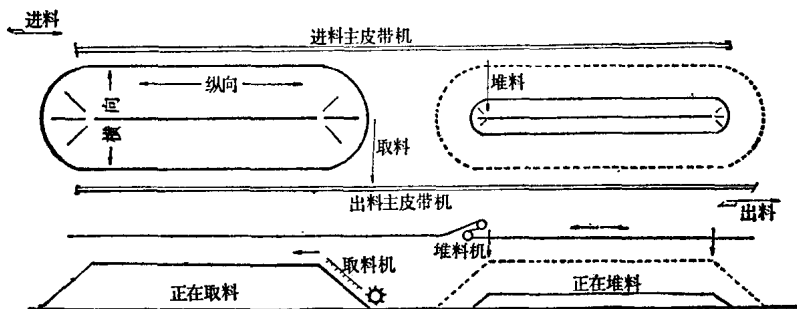


图 1-1 预均化堆场示意图

第一个采用预均化堆场的水泥厂是1959年美国的河边 (Riverside) 水泥公司奥罗格兰德 (Oro Grande) 水泥厂<sup>[78,94,95]</sup>。该厂由于原料品种多，成分波动大，使用后效果显著，从而引起各国水泥界的重视。1965年，法国拉法日 (Lafarge) 水泥公司的阿塞格斯河谷 (Azergues Valley) 水泥厂也加以采用，在堆场内对石灰石和粘土两种组分进行预配料和均化，获得良好的效果<sup>[8]</sup>。以后欧洲许多水泥厂纷纷采用，特别是资源较少、原料品位较低的国家，在发展水泥干法生产的同时，广泛采用预均化堆场来储存原料<sup>[7,9]</sup>。

预均化堆场的工作原理是，堆料机连续地把进料按一定的方式堆成许多相互平行、上下重叠的料层，每一层物料的重量基本相等。在一个料堆中料层的数目多达数百层。这样堆料的目的就是将进入堆场的物料尽可能均匀铺开。堆料时，在进料主皮带机上连续地或间歇地取样分析，以便及时掌握进料的成分波动情况和料堆的总平均成分。料堆堆成后，取料机按垂直于料层方向的截面对所有料层切取一定厚度的物料，通过出料主皮带机运往下

一道工序。取料机循序渐近，直到整个料堆的物料被取尽为止。这样的堆取料方法可称之为“平铺直取法”，这是最常用的一种堆料方法。由于取料中包含了所有各层的物料，所以在取料的同时完成了物料的混合均化。堆料的层数愈多，也就是说，取料时同时切取的层数愈多，其混合均匀性就愈好，出料成分也就愈均匀。由于这种均化工作是在原料入磨以前在堆场内完成的，所以称这种堆场为预均化堆场。

为了保证工厂生产的连续进行，长形预均化堆场一般有两个料堆。当一个料堆在堆料时，另一个在取料。两个料堆交替地进行堆料和取料。每一料堆的存量可供工厂5~7天生产之用。

预均化堆场应用于水泥工业对于原料、矿山开采和生产工艺的技术经济意义如下述：

第一，预均化堆场对于充分利用原料资源，尤其对于低品位原料的利用有重要作用。

在水泥厂建设中，有一些矿山，虽然在储量、交通、水电供应、靠近市场等方面都适于建设大型水泥厂，由于矿石品位低，或矿石平均品位虽然合乎要求，但地质构造复杂，成分波动大而弃置不用，只得选用其它建厂条件较差的矿山，增加了水泥厂的建设资金。采用预均化堆场后，不仅对于品位合格但成分波动的原料有均化作用，而且可以利用品位低、甚至品位不合要求的泥灰岩矿山。在利用泥灰岩矿山的情况下，需要搭配一定量的高钙石灰石，使两种矿石在预均化堆场内得到均化，以获得品位合乎要求的原料。这样做不仅有利于充分利用资源，而且也使水泥厂的建设更趋合理。

与上述情况相类似的是，在水泥厂的规模不断扩大的情况下，有时不容易找到储量充足而其它建厂条件又比较理想的矿山。在这种情况下利用一个以上矿山供应矿石有时是合理的。此外，有些工厂为了延长现有矿山的服务年限，也要求搭配使用其它矿山的矿石。预均化堆场将为充分利用这一类的原料资源提供方便的条件。

这一类情况对于其它工业部门更为常见。例如，高炉炼铁厂的铁矿石往往来自不同的矿山。炼焦厂的焦煤和火力发电厂的燃料用煤也常常由不同的矿井供应。预均化堆场为这些工厂提供了均质的原料和燃料。水泥厂的燃煤有时也来自不同的煤矿，当煤质差别很大时，也需要采用预均化堆场进行均化。

第二，预均化堆场为利用矿石中的夹层和覆盖以降低剥采比，以及为矿山开采提供更大的灵活性创造了条件，使采矿效率得到提高。

矿石中的夹层和覆盖在一定条件下是可以利用的。预均化堆场为这种利用创造了有利的条件。以一个具体矿山为例，该矿山的储量为一亿吨，矿石总平均品位为  $\text{CaO}$  含量 51~52%。另有 800 多万吨夹层（泥灰岩），其  $\text{CaO}$  含量为 40~45%。由于这部分夹层品位低，须作废石剥离。但在采用预均化堆场的情况下，有可能根据开采条件和配料计算加以利用，从而降低了剥采比，提高了矿山的开采效率。

预均化堆场还为矿山开采提供了较大的灵活性。由于预均化堆场的储存期一般为 5~7 天。在这个时期内，经过均化的矿石原料的成分是稳定的，保证了工厂较长时间的需要，从而对于矿山开采的矿石质量的要求也可以放宽。只要在这一周期内总平均成分符合一定的指标范围就可以满足要求，而不一定每天、每班的矿石成分都必须合格。举例来说，矿山可以前三天开采“高料”，后三天开采“低料”，也可以每天间隔地开采“高料”和“低料”。这样就可以较多地按照矿山的具体情况制定开采计划，以提高开采效率。

第三，预均化堆场可以为工厂提供长期稳定的原料，同时可以在堆场内对不同组分的原料进行配料，使其成为预配料堆场，从而更有利于工厂进行均衡稳定的生产。

在采用预均化堆场的情况下，厂内矿石原料的成分和性能在较长时期内基本保持不变，这对于工艺系统的稳定操作是十分重要的。对于生产规模大、自动化程度高的工厂尤其这样。国外经

验证明，在采用预均化堆场并辅以其它措施后，主机的年运转率和产品质量都有所提高。

国外不少水泥厂在预均化堆场内对几种原料进行配料。有的采用自动取样和试样制备系统、X射线荧光分析仪和电子计算机在线控制，使堆场的出料成分接近于所要求的目标值。这样就使预均化堆场从一般的储存均化的初级阶段发展到直接参与生产质量控制的高级阶段<sup>[6、8、25]</sup>。在工厂内储存大量的均质配合原料，进一步保证了入窑生料成分的均化和稳定，并使原料储存系统和配料系统得到简化。但是，对粗粒物料进行连续自动取样和快速处理试样的装置是一套复杂而又昂贵的系统，目前还未得到普遍推广。

预均化堆场的缺点是占地面积较大，特别是两个料堆交替地进行堆料和取料，使堆场的单位面积储存量较其它储存方式减少一半，有效面积利用率大为降低。通常现代化大型水泥厂的石灰石预均化堆场的宽度为40~60米，长度为200~300米，随工厂规模的大小而异。预均化堆场可以设在露天，也可以设在厂房内。当设在厂房内时，厂房部分的土建费用可占堆场总费用的40~50%。由于面积大，预均化堆场的投资是较高的。为了改进预均化堆场占地面积大的缺陷，近年来发展了一种圆形堆场。圆形堆场不仅占地面积小，设备和土建费用也较一般长形堆场降低。但均化效果差一些。

预均化堆场的主要设备是堆料机和取料机。堆料机分顶部堆料和侧面堆料两种，一般由皮带机构成，有时也用耙式堆料机进行侧面堆料。取料机分端面取料和侧面取料两种，但用于预均化堆场的取料机一般为端面取料的桥式取料机。端面取料机又分为斗轮式、圆筒式、刮板式、盘式等多种型式。目前水泥厂预均化堆场多采用端面取料的桥式取料机。

国外一些著名的堆料机、取料机制造厂有西德的PHB (Polhip-Heckel-Bleichert) 通用机器制造公司，荷兰的海惠特罗宾斯 (Hewitt Robins) 机器制造公司等。

我国在七十年代才开始制造堆、取料机。1970年左右，为了解决大型露天堆场物料搬运机械化问题，哈尔滨重型机器厂、大连重型机器厂、大连起重机械厂等单位在一机部起重运输机械研究所、东北电力设计院等单位的协同下，相继制造了一些用于铁矿石和煤的轨道式悬臂斗轮堆、取料机，其型号为DQ3025、DQ5030、KL-4A。它们分别在南京梅山焦化厂、山西娘子关电厂和甘肃酒泉钢铁厂等地投产使用，并已通过技术鉴定，列为一机部的正式产品。近年来，东北电力设计院和哈尔滨重型机器厂又设计制造了一台门架式斗轮堆取料机，其型号为MDQ15050。门架跨度50米，取煤能力1500吨/时，现正在辽宁元宝山热电厂进行试生产。这些堆取料机对于解决物料搬运的机械化有很大作用，但由于它们是堆取料合一的设备，堆料时不能取料，取料时不能堆料，因而只能用于一般露天堆场，不能用于预均化堆场。

1978年，上海新建机器厂制造了一台门式括板取料机，又称耙料机，是上海交通大学和化工部第四设计院参考国外引进设备设计的，现正在上海吴泾化工厂试用。这种取料机是侧面取料的，在取料时不能切割所有料层，因而均化作用不大，不能满足预均化堆场的需要。

目前，天津水泥工业设计院所属唐山水泥机械设计所、邯郸水泥工业设计研究所以及机械工业部起重运输机械研究所、北京钢铁设计院、长沙煤炭设计院等单位，正在设计能满足预均化堆场要求的端面取料的桥式斗轮取料机。

本书主要介绍水泥厂的预均化堆场。首先介绍堆料方法，有关均化效果的理论。然后介绍各种堆料机和取料机。在取料机中重点介绍与预均化堆场有关的端面取料的桥式取料机。最后介绍预均化堆场的试验研究和设计及其取样和控制系统，以及堆、取料机的应用实例。

由于预均化堆场是一项新技术，各工业部门都在研究推广。本书仅从水泥工业预均化堆场的一个侧面介绍国内外应用概况，以推动这项新技术在我国现代化建设中发挥更好的作用。

## 第二章 预均化堆场的 类型和堆取料方式

### 第一节 预均化堆场的分类

#### 一、均化堆场和配料堆场

水泥厂预均化堆场的作用有三:

(1) 储存作用。预均化堆场作为一种储存设施对原料提供足够的储备。如前所述,为了保证工厂在正常条件下进行连续生产,预均化堆场的料堆至少可满足工厂5~7天生产的需要。这就意味着工厂和矿山可以采用不同的工作班制而互不干扰,堆场在其间起着缓冲的作用。

(2) 均化作用。预均化堆场能对所储存的物料进行均化。也就是说,使原料的某一化学或物理性能的波动得到改善。通常用统计学上的“标准偏差”来表示波动情况。同时,用进料的标准偏差与出料的标准偏差之比来表示堆场的均化效果。比值愈大,均化效果愈高。

(3) 配料作用。预均化堆场可以用作不同原料按一定重量比例配合成具有一定要求成分的混合料堆。为了实现配料作用,应在物料进入处进行取样和分析,并使每种原料都能在料堆全长上铺开,以保证料堆的每一横断面与整个料堆的成分相同。

当堆场只对一种原料进行均化时,它只有储存和均化两种作用。当堆场对两种以上原料同时进行配料和均化时,它兼有储存、均化和配料三种作用。对于兼有配料作用的预均化堆场,有时也称之为预配料堆场。

在水泥厂中,预配料堆场尚未得到广泛应用,主要原因有

二：1) 预配料堆场须对粗料进行取样，这就需要设置一套复杂的试样制备系统，采用小型的破碎、粉磨、烘干设备以及相应的输送系统，维护量大，价格昂贵；2) 粗料的粒度较大，易在堆存过程中产生粒度离析，使成分难以掌握。同时，通过一次配料使成分达到目标值，在生产上也不易做到。

近年来，水泥厂采用对石灰石和粘土两种原料进行配料的预均化堆场已日见增多。一般在堆场内配成石灰石含量较要求含量稍低的混合料，然后在入磨以前再用纯石灰石和铁粉进行校正。这样的预配料堆场虽未起到完全的配料作用，因粘土先经配合，磨前只须作少量调节，使出磨成分更易掌握。同时，粘土直接进入堆场，不必先经烘干，也避免了单独输送粘土时常遇到的粘结和堵塞现象。

## 二、长形堆场和圆形堆场

预均化堆场分长形堆场和圆形堆场两种，现分述如下。

### 1. 长形预均化堆场

长形预均化堆场的工作原理，已在第一章中叙述过（参阅图1-1），不再重复。

在长形预均化堆场中，一般设置两个料堆。两个料堆的排列有平行布置和直线布置两种。如图2-1所示。

料堆平行布置时，占地面积的长度与宽度的比例比较适中，在总平面布置上有时较为方便。但取料机须从一个料堆平行移动到另一料堆，在料堆端部须设置中转台车，额外占用了场地的面积。此外，对堆料机须选用回转式或双臂式悬臂皮带堆料机，且不能选用设备价格较低的上部堆料的堆料机。目前水泥厂多数采用直线布置的长形预均化堆场。

除长形堆场外，水泥厂还采用长形预均化库来储存和均化石灰石和粘土。石灰石的预均化库下部带有缝形仓，用叶轮取料机进行取料（图2-2）。粘土的预均化库则用桥式链斗取料机将粘性粘土自上部取出（图2-3）。

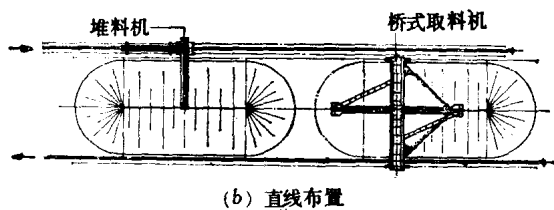
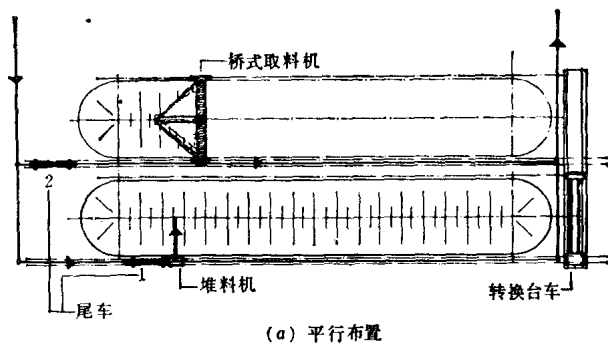


图 2-1 长形预均化堆场的料堆布置

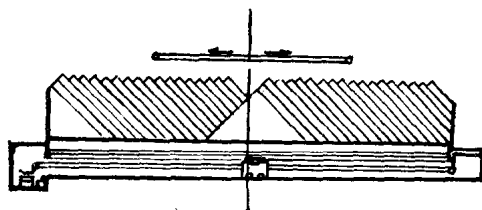


图 2-2 带有叶轮取料机的石灰石预均化库

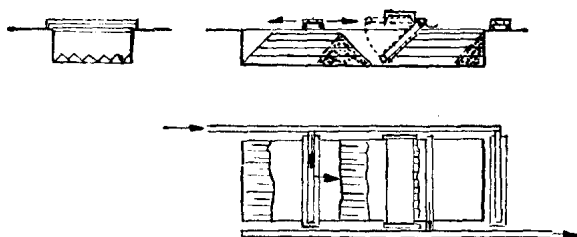


图 2-3 带有桥式链斗取料机的粘土预均化卧库

## 2. 圆形预均化堆场

圆形预均化堆场的进料由天桥皮带机送来，经由堆场中心卸到一台径向的回转式堆料皮带机上。该堆料皮带机的卸料端可以升降，以便随着料堆的增高而增大其倾角，减少堆料时物料的落差，从而减少了扬尘。这样形成的料堆为一圆环形。取料则采用桥式刮板取料机。取料机桥架的一端固定在堆场中心的主柱上，而另一端则支承在料堆外围的圆形轨道上。整个桥架可以以主柱为圆心回转，按垂直于料层方向的截面进行取料。刮板将物料送到堆场底部中心的卸料斗处，由地沟皮带机运走。

图2-4为圆形预均化堆场的剖面图。图2-5为其平面图。

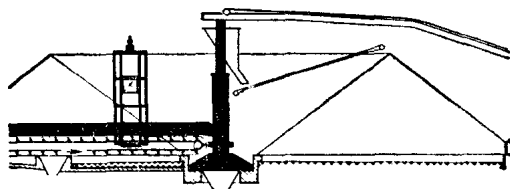


图 2-4 圆形预均化堆场的剖面图

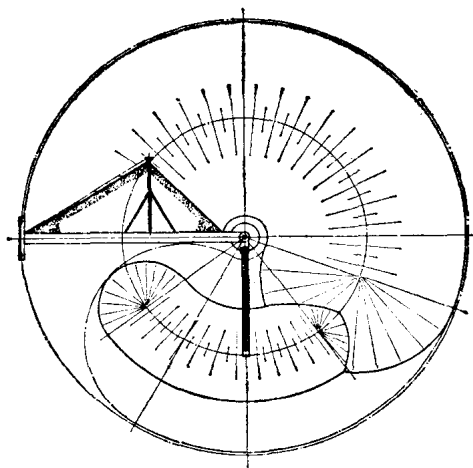


图 2-5 圆形预均化堆场的平面图（ $\frac{2}{3}$ 容量用于取料， $\frac{1}{3}$ 容量用于堆料）