

冶金 配料过程 自动化

〔苏〕Л.Х.希道维奇 主编
Е.И.什捷尔恩别尔格

徐 忠 本 译

冶金工业出版社

冶金配料过程自动化

Л.Х.希道维奇
(苏) Е.И.什捷尔恩别尔格 主编

徐忠本 译

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书研究了冶金生产配料过程的自动化问题。阐述了配料过程自动控制电路、主要装置以及检测和调节仪表。分析了各种配料方法的准确度。特别是,本书着重研究了多组分连续自动配料系统和装置,以及过程控制系统的局部的和深度的干扰与系统元件非线性所造成的误差的自动积分校正。

本书适用于从事配料过程自动控制系统的设计和操作的工程技术人员,也可供相应专业的大专院校师生参考。

冶金配料过程自动化

И.Х.希道维奇 主编
(苏) Е.И.什捷尔恩别尔格
徐忠本 译

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 10 字数 262 千字

1981年8月第一版 1981年8月第一次印刷

印数 00,001~1,900 册

统一书号: 15062·3662 定价1.25元

译者的话

Л.Х.希道维奇等主编的《冶金配料过程自动化》一书，对于物料的特性、料斗、自动秤、给料器、调节器、自动配料方案以及自动配料的发展方向等都作了比较全面的阐述，对于从事配料过程自动化的科研、设计等工程技术人员有一定的参考意义，故译者把它译成中文。

此书符号甚多，译者采用了下列几种译法：

1. 凡我国书刊中已通用的拉丁文符号，译者均予以采用，把俄文符号译成这种通用的拉丁文符号，例如 ПИД 译为 PID（比例积分微分）、ПИ 译为 PI（比例积分）、ПД 译为 PD（比例微分）。

2. 凡我国书刊中无通用符号的，译者均将原文译成中文，例如 *вх* 译为“入”；*вых* 译为“出”；*об* 译为“反”；*ф* 译为“实”等等。

3. 原文中的范围号“÷”一律译成“~”。

此书原文有一些错误，译者均在文内予以改正，并且用译者注的形式加以注明。

由于译者水平不高，能力有限，错误之处难免，切望读者批评指正。

目 录

第一章 配料——工艺过程的要素	1
1. 改进配料过程的主要方向	1
2. 配合料的供料连续运输系统	3
3. 配料方法的选择	7
4. 不同配料方法的控制设备和系统的布置	10
第二章 料斗	12
1. 松散物料的物理机械性质	12
2. 料斗的基本类型	16
3. 物料在料斗中运动的某些特点	20
4. 保证料斗中物料流动性的方法	22
第三章 给料器	30
1. 概述	30
2. 传送带型给料器	31
3. 工作机构作旋转运动的给料器	33
4. 工作机构作振动运动的给料器	36
5. 气动给料器	38
6. 高频振动给料器	39
第四章 自动重量计和配料器的电动单元和装置	74
1. 差动变压器式变换器	74
2. 动铁式变换器	79
3. 角位移-统一直流电信号的机电变换器	82
4. 应变式变换器	84
5. 有接点的荷重传感器	90
6. 无接点的终点开关	93
第五章 松散物料消耗量的自动检测装置	94
1. 不连续式固定配料装置	95
2. 装有应变式变换器的不连续式称量装置	102
3. 不连续式可移动的配料装置	107

4. 皮带秤连续式配料器·····	111
5. 具有应变式变换器的连续式称量装置·····	119
6. 松散物料消耗量不连续自动检测装置的静态误差·····	123
7. 连续式自动配料器的静态误差·····	129
第六章 不连续式多组分自动配料系统 ·····	136
1. 单轨小车配料过程的自动控制·····	136
2. 翻斗提升机自动配料和给料系统·····	143
第七章 直流耦合信号的多组分连续自动配料系统 ·····	160
1. 结构图·····	161
2. 多组分连续自动配料系统的误差·····	166
3. 配料的积分误差·····	169
4. 相关调节时的积分误差·····	177
5. 配料器特性的统一·····	180
6. 配料器组的集中控制·····	184
第八章 直流耦合信号的多组分连续自动配料系统的仪 表和装置 ·····	187
1. 调节器·····	187
2. 给定器·····	196
3. 直流电流积分器·····	208
4. 具有积分误差补偿的连续式配料器控制系统·····	220
5. 控制配料器组用的通用综合装置·····	225
第九章 交流耦合信号的多组分连续自动配料系统 ·····	239
1. 系统的结构·····	239
2. 静态特性·····	243
3. 系统的动态性质·····	251
第十章 应用成分分析器和计算技术的配料过程自 动控制 ·····	260
1. 利用连续分析器控制配合料化学成分的系统·····	260
2. 利用有关配合料成分的不连续信息的配料过程控制系统·····	263
3. 配合料制备控制的不连续均化的数字系统·····	273
4. 松散性坏的物料的配料特点·····	274
5. 处理瞬时消耗量信息的算法的选择·····	276

6. 松散性坏的物料均化消耗量的自动检测。УРД-1和УРД-2 型不连续均化器.....	281
7. 配比的自动调节和主成分消耗量的不连续均化。“Альфа1” 型自动稳定系统.....	296
8. 松散性坏的物料均化消耗量的自动稳定。АСУР-1 自动稳 定系统.....	301
9. 配料过程控制系统的发展前途.....	306
参考文献	308

第一章 配料——工艺过程的要素

1. 改进配料过程的主要方向

冶金企业工作的分析表明，对于主要的冶金工序（例如烧结、高炉冶炼、鼓风炉熔炼、反射炉熔炼和矿石热还原熔炼等等）的技术经济指标有决定影响的一个因素，乃是配合料的制备质量。把配合料制备好，就意味着要保证它的最佳的颗粒组成和最佳的水分含量，而更主要的是测定出并准确地保持配合料的最佳的化学成分。

如果这些要求都实现了，那么在保持加工配合料的各设备的适当的工艺制度的条件下高炉废渣、反射炉废渣、矿石热还原熔炼废渣中金属的损失量当然就最小，昂贵的助熔剂、燃料和电能的消耗量也最小，设备的生产量就最大，产品的质量就最好。如果配合料不具备上面列举的那些性质，那么，尽管配合料的加工工艺过程进行良好，也不能得到好的技术经济指标。

例如，为了保证高炉冶炼具有好的技术经济指标，必须使烧结矿中铁含量的波动不超过0.5%（绝对值）。此外，对烧结矿的碱度还提出了更苛刻的要求〔1〕。这样高的要求，只有在高质量控制配合料的制备过程，保证配合料组分之间的数量比的干扰和原料成分的干扰都得到补偿的条件下才能实现。

在铁合金的生产中、在有色冶金的焙烧还原设备中，也有类似的情况。所以，设计重建和扩建配合料制备车间和工段时，就把自动配料系统规定为不可缺少的部分。在此情况下，这些部分的比重、意义和它们在金属生产循环中所起的作用就得到很大的提高。

对冶金过程的强度和产品的质量的日益增长的要求，对冶金生产的经济状况的越来越细致的核算，迫切地要求进一步改进自动配料系统。在冶金和自动仪表及器材的生产中，科学技术进步

的高速度，为这种改进建立了必要的前提。在这里，有质量检测的新器材和方法方面的成就，有分析检测的自动仪表和系统方面的成就，最后还有计算技术工具方面的成就。

改进自动配料系统的主要方向是：

(1) 把被配合物料的消耗数量的稳定或配比的稳定改变为以直接分析检测配合料的组分的或配合料本身化学成分的自动稳定。

现在以黑色冶金烧结生产为例来说明这一点。随着配合料组分的自动配料系统的采用，就数量而言，配料准确度约提高50%，是从 $\pm 1.5\%$ 到 $\pm 4\%$ （就不同工厂的不同产品而言）[1]。但是，烧结矿的质量（特别是它的碱度和铁的含量，视配合料的成分而定），只提高10~17%。

显然，原因就是配合料的化学组分不均匀。普遍认为，化学不均匀性应当靠机械混匀的方法来消除。但是，冶金企业的实践表明，这个方法的可能性是有限的，而应当辅之以配合料组分的自动的或自动化的检测和校正系统。

(2) 把配合料组分消耗量的瞬时值的稳定和调节改变为消耗量均化值的控制。这时，控制作用是按照积分累积的信息构成的。

实现消耗量均化值控制之所以必要，是因为有下列因素：给料装置给料的脉动不可避免地引起不均匀性；配合料各组分的给料点至混合之间存在运输滞后（这和料斗组对集料运输机的布置有关）；配合料加工过程的惯性。

改进自动配料系统的这个方向，和计算技术工具——通常是比较不复杂的专门的计算装置——的应用有关。在这个方向上，既在黑色冶金生产方面，也在有色冶金生产方面做了许多工作，制成并在工业上应用了一系列自动装置和系统。

(3) 在包括相应的配合料制备工段在内的冶金生产建立的工艺过程自动控制系统框图中应用配料过程自动化的系统方法。

这时在解决的任务中，我们将发现最重要的是现有条件的配

合料最佳成分的计算；配合料制备工段和制备好的配合料的再加工工段（或几个工段）的生产量的匹配。

看来，在连续生产的条件下，如果能够在任何情况下多次地和永久地计算配合料的最佳成分，则可以在足够长的期限内计算配合料的最佳成分。虽然如此，冶金企业的工作实践表明，必须频繁地（每个昼夜，或者每班）去计算配合料的最佳成分。这种必要性是由配合料组分的化学成分波动的低频成分所决定的，因这些成分的品名和储量发生变化（特别是在铅、铜、锌的生产中，配合料是由来自选矿厂的精矿组成的）。

在上述方向上，苏联和其他一些国家都成功地进行了许多工作。在这些工作的范围内，特别有意义的和有前途的是在计算时利用有关配合料各组分的化学成分的信息的预先评价的试图，而不是输送这个信息，因而它有不允许的滞后。

配合料制备工段和相邻工段生产量的匹配的必要性，在冶炼工序包括沿中间产品再循环通道进行深度反馈的地方是特别大的（黑色和有色冶金的烧结生产中返回料的循环，氧化铝生产中多次再循环系统，镍企业焙烧还原车间中的尘粉的再循环等等）。

在这里，控制各个工艺部分（其中包括配合料制备工段）的自由度是有限的：除了达到局部控制目的外，还必须保证返回料的输入量和输出量之间的平衡，通常有许多因素会影响到它的。所以，尽管可以利用物料在各工段储料斗中储量的波动来评价不平衡情况〔1〕，但是生产量的不匹配的算法是十分复杂的，而实现这些算法，通常需要在控制系统中利用УВМ。

明显地表现出冶金生产中配料过程自动化的系统方法的效果的例子，是工业应用“Шихта- I”型工艺过程自动控制系统于皮卡列夫斯克氧化铝公司生产“Нефелин- I”型氧化铝的多年经验。

2. 配合料的供料连续运输系统

配合料的供料连续运输系统，用来保证在从原料状态到最终产品阶段的所有生产阶段上加工这些物料的工艺过程连续性。

配合料的供料连续运输系统，乃是配合的物料由贮存的地方转移到加工上述物料的机组、匀化装置、配料装置和冶金设备的储料仓和运输机的总合。作为储料仓，用的是料库、料槽和料斗。属于配合料的加工机组的有破碎机、筛分机、粉碎设备、混合器、干燥窑等等。

连续输送系统中的运输工具分为间歇式机构（车厢、吊车、移动式卷扬机及其他）和连续式机构。连续式机构按传动装置的类型分为三类：电动、气动和液压。属于电动机构的有传送带和升降机；属于气动机构的有松散的或成批的物料的转移装置以及风动输送槽。在液压机构中，作为承压的介质是用液体；这些机构通常是自流的和有压的。

有一组特别的连续运输系统装置，这就是物料靠重力场而位移的装置（流嘴、流子）。连续式机构使物料沿一定的线路不停顿移动。在间歇式机构的工作循环中包括有装料、工作行程、卸料和空转。通常，车间之间的装料卸料运输作业多采用间歇式工具，而在车间内部主要利用连续式装置。现代化的车间内部的运输朝着统一自动化连续输送系统的方向发展，其运输装置服务于制造一定产品的流水线上的工艺设备组。这时，统一在系统中的机构有各种类型和构造。

在统一自动化系统时，工业工程的机构划分为区段和运输线。这种划分取决于生产工艺和控制算法。

凡是连续运输系统中属于工艺过程的一定阶段的部分，称为区段。在设备链中区段的界线常常是物料的储料仓。凡区段内的设备的工艺运输链，就称为运输线。物料在区段内的运动，严格地取决于工艺过程和此区段内中间容器的配置。所以，该运输线上的机构是按严格一定的顺序从头一台机构的启动开始进入工作状态的。

在实现连续运输系统的自动化时，要有一定机构的电动传动装置依据连续运输系统中其他机构的工作而连锁。所谓传动装置的连锁，可理解为控制线路元件的耦合，这种耦合使某一传动

装置启动或停车可按相应的方式导致与它连锁的传动装置或其他设备的程序变化。在连续运输系统中加进连锁，首先是为了消除不按规定的卸料——崩落。为此目的，启动作业的程序要保持机构的启动顺序只能与该工艺循环中物料运动方向相反。还规定机构的停车要在按流程（控制）在电动传动装置和截止阀、蝶阀、导向挡板等的位置联系的机构停车之后。为了从区段的机构排除物料，首先发出向区段给料的机构停车的指令，然后按有关的传感器检测出来的物料下落的程度发出其他机构停车的指令。

停电或物料供料中控制算法未规定的变化，由传感器来确定，能导致机构掉闸。连续运输系统自动化线路的必需的元件是发出机构行将通电的信号的设备，以及直接在机构周围的安全开关。

传动装置的选择、通电和连锁，根据逻辑控制的原则用继电器接点电路来实现。在此情况下，常常利用功能“与”、“或”，逆变流功能和时间功能。有关机构工作的信息由相应的换向器来集中，并且用信号灯组成记忆符号在控制盘上模拟显现出机构来。有关机构状态的信息由专门的传感器来确定。例如，不停顿地检测运输机皮带的运动速度。为此目的，可以用测速发电机、磁感应式传感器、离心式或感应式速度继电器〔2, 3〕。用专门的装置来检测纵向断裂和防止传送带脱落。为了检测皮带上无物料，利用机电接点传感器、电子传感器（在被检测的物料造成闭合时能反映回路的欧姆电阻的变化）以及电容式、电感式、光电的和放射性的装置。

现在已成批制造连续运输系统自动化用的全套仪表，包括全部必需的装置。视系统所用的耦合信号的类型而定，分为强电的、弱电的仪表或者有音频隔离或脉冲电码隔离的仪表。在强电仪表中，在控制电路和电源电路之间没有差异。耦合信号是220伏50赫芝的交流电压。这样的系统的特点是简单和质量因数，但是它们只有有限的作用半径，并且只可以控制不大数量的对象。这是因为甚至在截面为2.5毫米²的导线中电压降也是大的，在控制

电路中只能应用动作电压最低的接触器和继电器。

在通信电缆的长度很大时，线路的容抗有重要的影响。 $\Delta YK\Pi-2$ 型仪表，可以称为连续运输系统自动化仪表的例子〔3〕。这套仪表用来控制连续运输系统，而此系统共有 25 条传送带。 $\Delta YK\Pi-2$ 型仪表包括有操作台、控制单元、速度继电器、磁力起动器、电笛和双向扩音通信装置。采用 $\Delta YK\Pi-2$ 型仪表的电路可以保证：在操作台按必要的时间间隔对整个连续运输系统或其任何部分的自动程序开车；使部分连续运输系统开车而无需让已工作的机构断电停车；就地控制任何机构；在操作台使连续运输系统停车或者从连续运输系统中的任何部位来停车；从连续运输系统的任何机构紧急停止开车；自动地事故跳闸。

在弱电仪表中，作为控制电路中的耦合信号是采用直流电压，而指令的形成是靠弱电继电器来实现的。在 $Y\Pi TC-2K$ 型多单元成套装置中，控制仪表的供电是 60 伏直流电流。 $Y\Pi TC-2K$ 装置用来集中控制相距达到 20 公里的机构。被控制的对象的数目达到 1000。指令沿多芯电话电缆来传递。这套仪表按单元原则进行制造。由电话继电器 PKH 或 PKC 组成一套单元。四个单元构成起动部件，依靠脉冲发生器或者连续运输系统中的机构的一组速度功能来实现。在 $Y\Pi TC-2K$ 仪表中包括：调度盘和模拟线路；台式操作台、电源柜、继电器柜、终端室、中间继电器单元、输出装置和机构的电力控制单元。这套仪表适用于机构数达 60、控制电路的长度为 400~500 米的连续运输系统，或者机构数达 80~100、控制电路的长度为 180~220 米的连续运输系统。机构通电的程序靠电键来实现。对于机构数目超过 180 的连续运输系统，要用电话拨号型的选择系统。

按照 $Y\Pi TC-2K$ 仪表的同样原则，制造了 $Y\Pi TC-36$ 型仪表。在其中，代替电话继电器，是利用无触点逻辑元件。这个系统估计可以控制 300 个对象，距离达到 1 公里。在普通的连续运输系统的控制中，机构数目增加时，通信线路中的导线数就要增加。减少导线数量的试图，促进了通信通道音频隔离和脉冲电码隔离

的研究。在音频仪表中，每个指令或通信对应于它自己的频率，每个频率是由单个的发送器形成的，并经过相应的滤波。利用这个方法时，沿一对导线可以同时传递任何数量的信号。在脉冲电码通信中，每个通信相对应于时间约50毫秒的电流脉冲的一定配合。让相应间隔的一定的脉冲通过，就得到不同的数码，并在接收端译出*。同时传送数码是不可能的，但是正如研究工作指出的，这个限制对于连续运输系统来说不是重要的。

脉冲电码信号用于由无触点元件制成的 TKY-2 型仪表中〔2〕。

在信号隔离的音频原则的基础上，萨格罗夫 (Sargrove Electronics Ltd) 电子公司制成一套仪表，它有300条信息通道，可以沿一条同轴电缆平行传输频率范围为70~235千赫的信息。

其他国家的一些公司制造有各种类型的连续运输系统控制仪表：1070 型装置 (西德)；“Huwood-Elliott” 仪表 (英国)；“Cimatik” (西德) 及其他。

评述〔4〕报道了上述仪表。

3. 配料方法的选择

在选择原料的配料方法时，主要考虑的因素是最终产品的质量指标和对保证冶金设备必需的生产量提出的要求。配合料各组分的数量及其必要的配料准确度，决定着最终产品的物理化学性质。

制备配合料的最简单的方法是层堆法，采用这个方法时配合料的给定“配方”是在料堆中用匀化的方法来达到的。这个方法在冶金企业里（主要是在铅生产中）得到了广泛的推广。

在对配合料的制备准确度提出更严格的要求时，配料就要用料斗法来实现：配合料的各组分用给料器由料斗送到集料运输机上，形成“层状料饼”的形式，在工段的出口处含有配合料的全

* 原文Декорируются疑为Декодируются之误，故译为“译出”。——译者

部组分。料斗配料的独特的特点，首先是配合料的制备和消耗的同时进行，对配合料各组分配料的控制提出了相应的要求。这就涉及到有关配料的全部问题：需配料的物料由料斗供料、各物料的数量和质量的检测、静态和动态特性的结构、以及各组分消耗量的调节和整个配合料制备过程的控制的自动系统的仪表组成形式。

采用料斗法配料时，配合料的组分应根据冶金计算加以混合。冶金计算是为了计算出配合料组分质量之间的比例。

如果配合料是由 n 种组分组成的话，则必须保证任意第 n 种组分维持配比

$$G_i / G_1 = k_{i,1}; G_i / G_2 = k_{i,2}; \dots G_i / G_n = k_{i,n} \quad (I,1)$$

式中 $k_{i,1} \dots k_{i,n}$ ——冶金计算得出的比例系数；

$G_1 \dots G_n$ ——组分的消耗量（按质量计）。

对于许多生产来说，按调节挡板的位置，或者换句话说，按料斗排出的物料流的截面来决定各组分体积消耗量的冶金配合料的制备，已经是足够好的方法。

按挡板位置测定松散物料的消耗量有两个方法误差：调节挡板的体积消耗量特性曲线不稳定，和配合料组分的堆比重的波动。这些误差是由物料的颗粒成分、化学成分和水分的连续急剧变化造成的；消耗量特性曲线的不稳定，是由料斗落料不均匀（甚至设有强制崩料的系统也不可避免）以及按料斗排料的程度给料器上料柱压力的变化所引起的。

表 1 的数据可以作为一个例子，表明上列因素如何强烈地影响调节机构消耗量特性曲线。

表 1 是按炼铅厂烧结车间配合料工段工作分析时所得的数据编制的。

在这个工段，配合料的组分用板式给料机供料，消耗量用挡板调节。表 1 引用的是固定调节挡板位置观察到的配合料组分消耗量波动的数据。由表 1 可见，精矿配料中的误差（按调节机构的位置决定消耗量时）可以达到 60%，而熔剂配料中的误差是

20%。

配合料组分体积配料的准确度

表 1

组 分	给定消耗量 公斤/分钟	实际消耗量, 公斤/分钟	
		最 小	最 大
精矿			
№ 1	300	135	378
№ 2	400	264	476
№ 3	300	142	393
№ 4	200	154	308
№ 5	400	278	460
电收尘器的粉尘	200	134	258
灰渣	100	84	196
铁矿石	100	91	117
石灰石	100	96	113
石英矿	100	91	108

为了保证配比 (I, 1), 使误差不超过百分之几, 必须直接连续测量和调节配合料组分的质量消耗量, 因为这些数值正是冶金计算所决定的。这意味着在配合料制备线上应投入称量装置。

现在还没有明显限制每种冶炼配料误差的论据充分的要求。根据已有的试验可知, 对于转炉生产现在要求配料准确度为0.1~0.2%; 对于铁合金生产, 配料准确度为0.5~1%。

物料配料准确度在重要的生产条件和仪表的保证下约为0.1~0.2%, 只有在应用不连续式配料器时才能达到。

铁合金生产所必需的配料准确度, 既可以用不连续式配料器来保证, 也可以用连续式配料器来保证。在此情况下, 配料方法的选择不仅取决于要求的铁合金的化学成分, 也取决于一系列技术经济因素。对于生产能力小的车间, 用称量车型的不连续式重量计的配料系统是合适的。这是因为这种配料系统简单而又经济, 以及可以最充分地利用车间厂房的容积。

在生产能力大的车间, 自动连续配料和配合好的物料由配合料制备工段用运输机输送到熔炼车间的系统, 比较适合生产的要

求。在这里不能采用一批一批的配料方式。每批配料的量较大时，配合料的组分难以混匀，而混匀却是保证炉子正常工作所必需的。在这些车间里，不可能利用链斗装置来把配合料送至熔炼工段，因为在链斗的实际载重量和厂房建筑结构的合理强度特性的条件下，这种装置不能保证要求的生产量。

4. 不同配料方法的控制设备和系统的布置

配合料用量较大的冶金车间中，设备的布置与所采用的配合料组分的配料方法密切有关。有充分决定意义的趋向是将配合料的制备从主要的工艺过程中完全分出来。

我们来研究，这种趋向是以什么样的方式在铁合金生产中出现的。

在生产量不十分大的、配合料的用量每昼夜不超过 500~700 吨的车间里，为了自动配料采用以抓斗称量车为基础的系统。全部配料过程是在炉子上的专门场所实现的，而且在这里集中了全部必需的设备。在配料场所只堆放和制备配合料。在炉子上的场所，布置有料斗、称量设备、小车行车线和主要的自动装置。在这里有操作人员并进行设备的计划预维修。

配合料制备过程的控制是同配料过程的控制分开的。在冶炼工的操作区布置有操作台，在操作台上设置有发令装置和最简单的检测装置。这样的系统的优点是相当简单和经济。它的缺点是生产量小和操作工人的劳动强度特别大。

在中等生产量、配合料每昼夜的用量为 700~1000 吨的车间里，称量配料部分从熔炼厂房分出来，设置配合料制备工段。在炉子上面布置有配合料的贮料斗、装料车和相应的管线路。保证配料过程自动控制的主要装置都位于配合料制备工段的专门厂房内。配合料由制备工段送往熔炼工段，用抓斗装置来进行。自动控制用的主要部件设在通常是熔炼工段的专门房间内，而且只是把称量配料装置从中心操作台分出来〔5〕。

在每昼夜配合料用量达到 1500~1700 吨的车间内，配合料制备装置组包括有上百台设备，由笨重的机械设备到高灵敏的和准确的仪表。

例如，在有 8 座 21 千瓦的炉子的车间里，这组装置包括有 125 个料斗、30 台连续式配料器、4 辆自动卸料车、56 台处理配合料的各种机械设置、34 台皮带运输机，总长度为 2500 米〔6〕。

一名操作工实现全组装置的检测和控制自动控制系统，包含有 120 台