

铸造生产自动线上 各种机器和机构的计算

〔苏〕А.И.戈尔斯基 著



机械工业出版社

铸造生产自动线上 各种机器和机构的计算

〔苏〕 A.И.戈尔斯基 著

冯里镇 郭天全 林成华 译

高正楼 校



机械工业出版社

本书以造型机和制芯机为重点，阐述了现代铸造生产自动线上的主要机器和机构的工程算法。书中提出了自动机和自动线工作参数的算法和周期图的绘制法；还给出了用于强度计算的许用应力表。并附有不少计算实例。

本书供从事铸造生产自动线及其机器设备的工程技术人员使用，也可作为高等学校相应专业师生的参考书。

**Расчёт машин и механизмов автоматических
линий литейного производства**

А. И. Горский

Москва «Машиностроение» 1978

* * *

铸造生产自动线上各种机器和机构的计算

[苏] А. И. 戈尔斯基 著

冯里镇 郭天全 林成华 译

高正楼 校

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 24 · 字数 587 千字

1985 年 6 月北京第一版 · 1985 年 6 月北京第一次印刷

印数 0,001—5,810 · 定价 5.70 元

*

统一书号: 15033·5198

译 者 的 话

我国机械工业正在进行广泛的技术改造，迫切需要生产效率高、工作可靠、维护简便和能耗低的现代化设备。铸造车间的技术改造和设计制造先进铸造设备的任务尤为繁重，这就要求从事铸造设备研究、设计、制造和使用的工程技术人员，努力提高有关铸造生产自动线及其设备的基础理论和设计水平，并借鉴国外的经验。

A. И. 戈尔斯基所著《铸造生产自动线上各种机器和机构的计算》一书，对铸造生产自动线上的各种设备，在基础理论、设计计算方法及其应用方面，作了较为完善和系统的阐述。作者应用概率论原理，计算自动线和自动机的可靠性指标；对自动机和自动线周期图的绘制，以及机构动作时间的计算等，叙述详尽，均有参考价值。作者对自动线上的主要设备，如造型机、制芯机、翻转机和落砂机，以及辅助设备如混砂机、定量器和液（气）压推杆等，不仅介绍了它们的结构和工作原理，还叙述了它们的工程计算方法，并附有计算举例。总之，本书内容丰富，说理清楚而又注重实际应用。原书不仅概括了苏联的研究成果，还收集了美国和西德的部分产品资料，读者可从中了解到铸造设备发展的一些情况。

为了阅读和使用上的方便，保留了原书中的附录。附录中有关材料的许用应力和应力集中系数的数值，在设计新的机器时，应注意按照我国现行规定选用。

全书翻译过程中，冯里镇同志负责组织和统稿的工作，译后承蒙合肥工业大学高正楼同志作了详细校对，谨此致谢。本书责任编辑为余茂祚同志。

限于译者水平，书中错误和不妥之处在所难免，望读者给予批评指正。

译 者

原 序

随着技术的发展和完善,以及新设备质量和水平的提高,使设备的结构日益复杂化,技术参数和对可靠性的要求也随之提高;而技术参数和可靠性,与现代自动化系统所完成的、扩大了的各种功能有直接关系。机器工作过程的复杂化和强化,工作介质压力的提高,传动力和传动功率、被移动物体的速度和质量的增大等等,使得对零件的强度和刚性的要求也提高了。

因此,在研制新的自动线上机器和机构时,需要在设计阶段进行的计算任务越来越多。

实际经验表明,在新结构的拟定阶段进行精心和详细地计算,比不进行计算要有利得多;否则,最后要给调整增加更多的时间和费用,还会降低新产品的技术指标、可靠性和使用价值。但是,在许多情况下,在研制自动线和其他自动设备时,设计阶段不进行很多重要和重大的计算,与其说是由于低估了计算的作用,不如说是由于缺乏计算方法。

缺乏计算根据的设计,可能导致下列形式的设计错误,使机器丧失工作能力:

个别零件、部件和机构的结构及工艺参数选择不合理;这可能是导致主要工艺过程操作质量不好的原因(丧失工艺工作能力);

个别零件的强度不够,将导致该零件的损坏、出事故,并引起基准零件的破坏(由于结构强度不够而丧失工作能力);

个别零件和整个部件的刚性不够,将导致变形增大,出现间隙,卡住和振动(因结构刚性不够而丧失工作能力);

驱动装置的起动力,同执行机构的阻力不匹配(丧失动力工作能力);

机构的环节数,不符合运动图的几何学方面的要求(丧失运动学工作能力);

由于从动件的加速度太大,而出现过大的动载荷(丧失动力学工作能力);

摩擦表面上的压力和材料的接触应力超过允许值,从而引起过快的磨损(因寿命低而丧失工作能力);

同作业周期表规定的时间相比,个别机构的动作时间延长了(由于生产率过低而丧失工作能力);

此外,没有经过计算的设计,虽然有可能不致带来明显的设计错误,但可能导致个别零件、机器部件和整条线的金属消耗量和外形尺寸太大。

机器结构方案的变化,体现在功能作用相同的各个零件和机构上,但各个零件和机构自身的结构问题可能有区别。可以在设计阶段用计算的办法对拟定的结构方案进行评价;这样,可以找到满足各种各样的,而且通常是互相矛盾的要求的最佳技术方案,拟定的结构方案在制造和试验时才不致浪费时间和资金。

这样,对用于设计铸造生产自动线上机器和机构的理论基础及计算方法,作进一步地发展和完善,便成为一个极其迫切的任务。运用这些理论方法于计算实践,将会加快铸造机械方面的科学技术的发展。

铸造机械和机构的计算,在不少著作中都有阐述;在这些著作中首先应该提出的是一些

阐述基本原理的著作〔1~4, 15, 41, 43, 54〕。这些著作除了描述铸造设备的结构和工艺过程外, 还提供了计算方法, 主要是关于铸造机械工作过程的基本参数的算法, 但对自动线上的机器和机构的计算几乎没有研究。

编写本书的目的, 在于阐述铸造生产自动线上机器和机构的算法。书中研究了一些典型的计算方法, 并以一般形式给出, 还用具体计算实例加以说明; 计算采用先进的列表形式, 这给设计师完成类似计算并予以表达时, 将会节约不少时间。本书所阐述的计算方法, 是根据全苏铸造机械科学研究所 (ВНИИЛИТМАШ) 进行的理论和试验工作 (对自动线上的机器和机构的试验研究工作) 编制的, 编制时还考虑了进行这种机器和机构的技术计算时所积累的实践经验。

有关论述自动线上各种机器和机构的计算方法的各章是独立的, 可以看成彼此没有关系; 因此, 在进行结构类似的具体机器和机构的计算时, 可以当手册资料使用。

根据统一设计文件分类法 (ЕСКД) 的要求, 证实所设计的设备的工作能力的计算, 以说明书的方式包括在技术文件中。计算最好遵循下列必要阶段所规定的程序进行: 确定计算任务, 阐明原始数据, 拟定计算方案图, 进行应有的计算, 作出结论。

确定计算任务 按照拟定的阶段, 将计算分为设计计算和校核计算。这两种计算任务是有区别的。

设计计算的任务, 包括确定结构、工艺及其它参数; 这些参数要保证产品具有正确的动作和必要的工作能力, 同时还应具有规定的可靠性和寿命, 并要符合技术文件中规定的要求。设计新产品时, 无论是在编制技术任务书的阶段, 还是在随后的所有阶段, 都要进行设计计算。

校核计算的任务 确定已设计好的整个产品或其元件——部件和零件的参数, 并将其同允许值相比较。校核计算在机器或自动线技术设计的最后阶段进行, 即在施工设计时进行; 还有一种情况是在试验时, 或在运转的条件下, 发生零件的损坏, 或者出现其他功能方面的故障时, 都要求用计算分析的办法确定它们产生的原因。

阐明原始资料 原始资料是指应计算的机器元件和部件的几何尺寸、零件的重量特征, 以及作用力、压力和其他载荷的给定值等; 原始资料在计算过程中不用计算。原始资料是技术文件 (设计任务书, 说明书上的资料等等), 机器图纸或文献资料的基础。各种系数的数值, 试验数据和为计算所作的其他研究资料, 同必须指明的来源, 一并在计算中予以引用。所有其余的计算参数的中间和最终数值, 都是根据上述原始资料和补充列入的资料所得到的计算结果。

拟定计算方案图 计算对象 (零件、机构、机器、自动线) 的简图称为计算方案图, 在简化图上去掉与计算无关紧要的一些特征。但就零件、机构等本身的几何形状、连接条件和载荷图来说, 其计算方案图应该相当充分地反映它们的真实结构; 同时, 计算图是由一些要确定参数的元件组成的, 以便拟定它们的计算方法。

采用的计算方案图, 反映计算对象的实际结构和工作条件越充分, 计算结果就越精确和越可靠。但把计算图复杂化, 将导致计算工作量的增加, 在大多数情况下将造成很多数学上的困难。因此, 选择合理的计算方案图, 是计算工作最重要的步骤之一。

在制定计算方案图时, 还应注意: 计算结果的精确度不可能高过原始资料的精确度。因此, 在进行重要的计算时, 必须确定和给定精确度高的原始资料。在这种情况下, 就不应

该在复杂计算方案的选择面前犹豫不决，而应该从中选取最能充分考虑零件工作特点的计算方案图。可以按照选定的方案图利用电子计算机进行计算。

在大多数情况下，没有必要进行这类复杂的计算。何况知道的所有的原始资料多半是近似的。因此，力求探索最充分地考虑被计算结构的所有特点的复杂计算方案图，并不总是合理的。一般利用近似计算图便可满足要求，或者按照几个最简单的计算图进行计算，从其中之一可能得到显然是被增大了的结果，也可能得到的是显然被降低了的结果。虽然在采用这种计算方法时，未知数的真正值终归还是不知道，但对所计算结构的适用性作出必要的结论，这种算法还是可以作出近似的评定。

基本计算 根据提出的具体计算任务、给定的原始资料和选取的计算方案图进行计算。计算时可以采用叙述的形式，或者表格的形式，但在表格中需指明计算公式、必要的原始资料和算出所需结果的合适程序。

结论 在结论中应简要陈述计算的主要结果。

作者希望，在设计新机器，或者改进铸造生产自动线的现有机器和机构的实践中，运用本书所阐述的工程算法，将能促进这类机器结构的改进，并提高它们的技术水平。

目 录

译者的话

原序

第一篇 自动线上各种机器的计算..... 1

第一章 计算自动线生产率和可靠性的一般问题..... 1

第一节 自动线的生产率指标..... 1

第二节 自动线的生产率同输送联系方式之间的关系..... 5

第三节 自动线的可靠性指标, 以及运用可靠性理论的概率法计算自动线的生产率.....14

第二章 混砂机..... 27

第一节 混砂机的结构和型砂制备的工作过程.....27

第二节 混砂机驱动功率的计算.....35

第三节 型砂一次最大混辗量的确定.....47

第四节 驱动装置各零件的计算.....52

第五节 混辗机构各零件的计算.....52

第三章 造型机..... 71

第一节 粘土砂造型时, 紧实过程的物理本质.....71

第二节 造型机的压实机构和震击机构的结构.....76

第三节 压实机构基本参数的计算.....87

第四节 震击机构基本结构参数的确定.....94

第五节 造型机受力零件的计算.....104

第四章 抛砂机..... 137

第一节 抛砂机的工作过程.....137

第二节 抛砂机基本参数的选择.....138

第三节 抛头驱动功率的计算.....139

第四节 抛头振动频率和振幅的计算.....141

第五章 制芯机..... 147

第一节 射芯机的工作过程和基本参数的选择.....147

第二节 射芯机受力零件的计算.....152

第六章 翻转起模机..... 176

第一节 基本参数和工作过程.....176

第二节 受力零件的计算.....178

第七章 落砂机..... 184

第一节 惯性落砂机的结构特点, 以及对其工作过程诸参数的工艺要求.....185

第二节 惯性落砂机工作过程诸参数的计算.....188

第三节 惯性落砂机受力零件的计算.....198

第四节 惯性落砂机的计算步骤.....204

第二篇 自动线上各机构的计算..... 206

第八章 执行机构的运动规律	206
第一节 使用最广的机构运动规律的诸参数	207
第二节 对前节研究过的运动规律的比较分析	214
第九章 砂箱在自动线传送机构上的运动	220
第一节 砂箱沿导向装置的运动	221
第二节 砂箱传送到运动着的铸工输送器上和砂箱在载行工装上的运动	231
第三节 摩擦系数	233
第四节 移动铸型的允许速度	235
第十章 直线和旋转运动机构	240
第一节 水平方向的直线运动机构	245
第二节 在倾斜和垂直方向上作直线运动的机构	263
第三节 绕垂直轴作回转运动的机构	267
第四节 绕水平轴作回转运动的机构	277
第十一章 造型机和制芯机的定量装置	283
第一节 给砂机构的计算	284
第二节 定量机构的计算	291
第三节 按份给料机构的计算	295
第四节 定量精度	298
第十二章 自动机和自动线的周期图, 以及机构动作时间的计算	300
第一节 气缸的选择和气动传动机构动作时间的计算	303
第二节 液压传动机构动作时间的计算	309
第三节 利用电力驱动装置的机构动作时间的计算	354
附录 强度计算时的许用应力	359
应力集中对强度的影响	367
参考文献	371

第一篇 自动线上各种 机器的计算

第一章 计算自动线生产率和可靠性的一般问题

自动线的分类 许多作者很早就以造型自动线为主，对铸造生产自动线的组成和结构进行了研究[14~21, 25, 26, 51~54, 64, 67, 69, 115, 120等]。在这些著作中，试图按生产线的工作内容，车间各工段和全线的配置形式，对自动线的结构方案进行分类。但是，目前还没有一个确定的、通用的自动线分类法。

建立所有铸造生产自动线[包括其中的各种变换型 (Передел)]的统一分类法，是一项很复杂的任务。在本书中，给出了有箱造型自动线的大致分类法 (图 1-1)。

图 1-1 中采用了表示自动线典型机构的统一图例，在绘制自动线的结构草图时，以及引证某些与所研究的分类标记不同的方案图的例子时，建议采用这些图例。

第一节 自动线的生产率指标

自动线的生产率 随着自动化的发展，机器和自动线的生产率的理论问题具有越来越大的意义。出现了许多有关分析自动线工作的实验数据的著作，以及使用概率论原理和可靠性理论对自动线的动作过程进行数学描述的著作。

生产率理论的重要问题之一，就是工序间贮存器容量的计算。采用工序间贮存器可以提高自动线的技术利用系数，从而在运转条件下，提高自动线的实际生产率。

适用于机床生产线实际工作的工序间贮存器容量，通常是在如下简单的假设下确定的[31, 104]，即假定：1) 组成自动线的各台机器的工作循环时间相同；2) 引起自动线失去工作能力的单台机器停车的通量水平相等；3) 为消除单台机器的单独停车所花费的平均停工时间也相同。

上述机床生产自动线的工作制度，并不是铸造生产线所具有的特征；自动造型和制芯线的特点是存在一个时间最长的工序，而其余的工序却具有相当大的生产潜力。例如，在造型线中，时间最长的工序通常是由自动造型机来完成的，造型线的生产率基本上取决于自动造型机的生产率。按工艺流程，布置在自动造型机前面的机构 (例如分箱机、空箱送进机构等)，以及布置在自动造型机后面的机构 (翻箱机、合箱机、铸型推送器)，动作都较快，在自动造型机工作的每个周期中，有部分时间它们是停置不动的。因此，对于铸造生产自动线工序间贮存器容量的计算，不能采用机床制造业中已有的理论[31]。

在这一章中，研究由自动机组成的自动线的生产率的计算，和它的工序间储备量大小的确定方法的一般情况；这些自动线的工作循环时间不一样，停车的通量水平和消除停车的平均时间也各不相同。

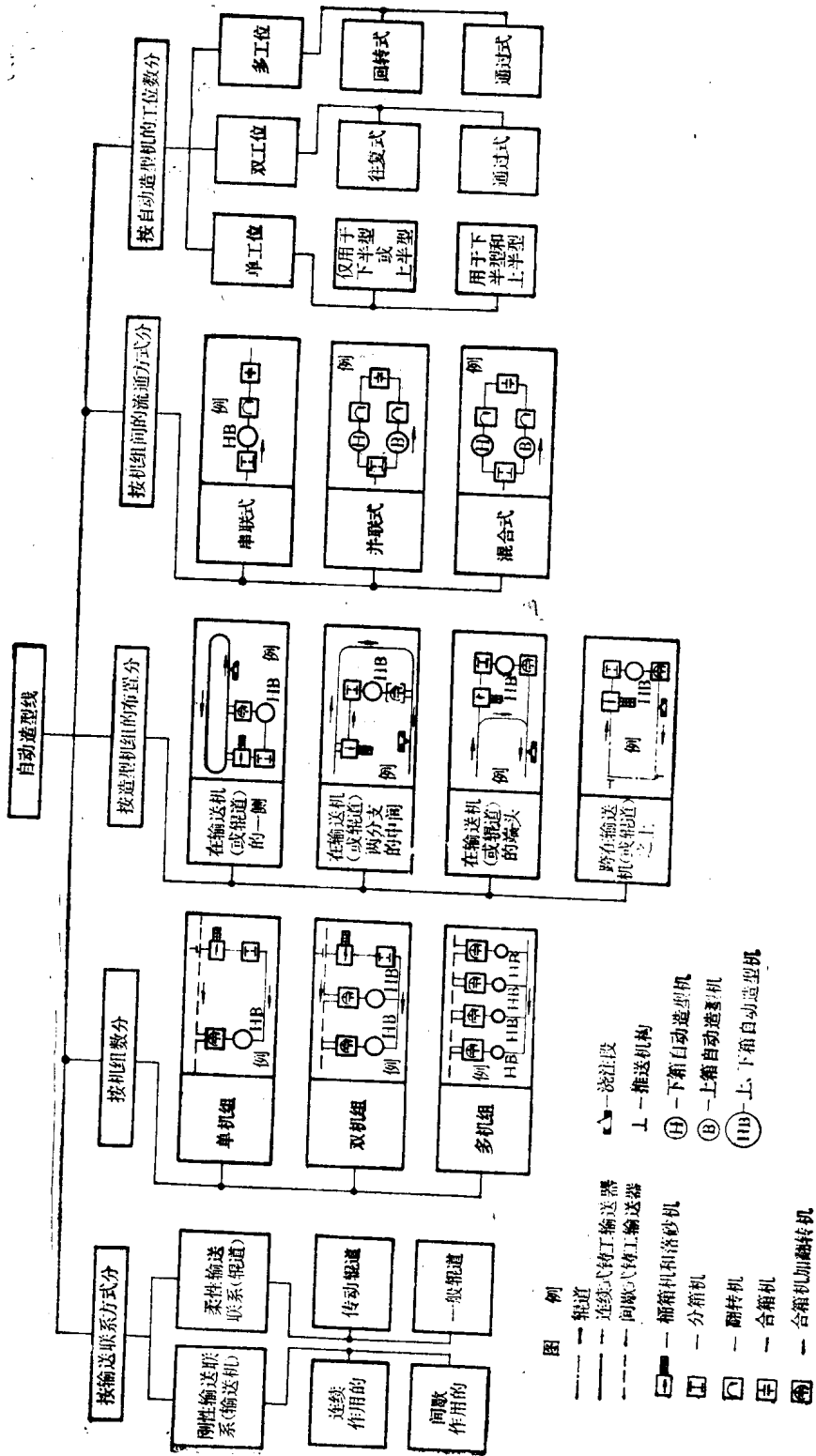


图1-1 有箱造型自动线的分类

一般情况下, 自动线的生产率按下式确定:

$$\Pi = K_n \Pi_n \quad (1-1)$$

式中 Π_n ——周期生产率,

K_n ——利用系数。

周期生产率 Π_n , 有些研究者把它称为机器的生产率, 意指在给定的自动线上连续不断地工作, 在没有发生任何故障和停工的条件下, 单位时间内生产出来的产品数量。如果用 Π_n 表示每小时生产的半型数量, 也就是按件计算的生产率, 则可以用下式来确定:

$$\Pi_n = \frac{3600}{T} \quad (1-2)$$

式中 T ——工作周期 (秒)。

利用系数 利用系数 K_n , 是自动线理论上可能的生产率达到何等程度的主要指标。它既表征了自动线本身的可靠性, 也表征了在具体的生产条件下所达到的运转组织水平。系数 K_n 是指在某一取定的时间间隔 (称为观测时间) 内, 自动线工作所占的时间。

K_n 的大小取决于观测自动线的周期, 在此观测周期内, 收集关于自动线无故障地工作时间和它的机构停工的频率、原因及持续时间。

如果在从起动到停车进行第一次大修 (中等的或大规模的) 的运转持续时间间隔内, 观测自动线的工作, 并把停车概率密度 λ (单位时间内的平均停车次数) 的观测结果绘制成图 (图 1-2), 则可看出三个特征期。

I. 调整跑合期 自动线起动后, 在掌握自动线的起始期 ($0 \sim t_1$) 内, 由于技术原因 (个别零部件缺少跑合以及出现制造和装配等方面的缺陷) 和组织上的原因 (由于邻近设备的差错而增加了新自动线在开工和调整期不可避免的停工, 由于新自动线服务人员的职业分工和缺乏经验, 而这些自动线对他们又是新的, 因而增加了发现和排除故障的时间, 而且常常重复停车), 使停车概率密度 λ 提高了。但是, 随着新自动线的被掌握, 停车概率密度下降, 逐渐过渡到正常工作状态。

II. 正常运行期 正常运行期 ($t_1 \sim t_2$) 可能持续相当长, 在此期间内会发生由于技术原因引起的个别机组的突然停车, 这些突然停工是由许多偶然因素的不利结合所造成的; 还有组织上的原因所引起的偶然停工, 甚至在正常工作时, 也不能完全避免这些停工。停车概率密度 λ 将逐渐地大致保持为一常数。

III. 磨损停车和陈旧期 在这个期间 ($t_2 \sim t_3$) 内, 磨损停车的比重增加, 自动线上的机构进入了自身的极限状态, 运行效率停留在最低的允许值上, 停车概率密度回升到极大的程度。

这样, 从式 (1-1) 和图 1-2 应得出结论: 甚至在恒定的周期生产率 Π_n 的情况下, 在中间修理期内, 自动线的总生产率 Π 也随系数 K_n 的改变而变化。

实际上, 自动线的系数 K_n , 是根据在某一观测期内, 自动线的总工作时间来计算的。

在第一种情况下, K_n 以制造的合格铸型数与铸型总数之比来表示; 铸型总数是指自动线在无故障地运转时, 整个观测期内可能制造出的铸型数。这时, K_n 值应按下式计算:

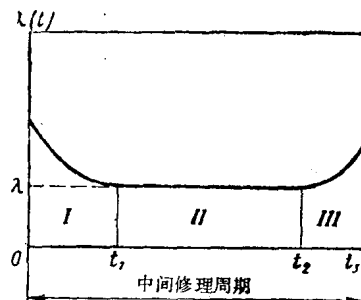


图1-2 在使用期内, 修复工件的停车概率密度的变化

$$K_x = \frac{Q_r}{Q_r + Q_{rex} + Q_{opr}} \quad (1-3)$$

式中 Q_r ——在观测自动线工作的这段时期内所制造的合格铸型数；

Q_{rex} ——由于技术上的原因（因设备修理不能造型，以及铸型报废）未能制造的铸型数；

Q_{opr} ——在同一观测期间内，因组织原因未能生产的铸型数。

在第二种情况下， K_x 是以自动线无故障工作的总时间 t_{cym} 与观测时间 $t_{набл}$ 之比来表示；也就是与工作时间及停工时间之和的比：

$$K_x = \frac{t_{cym}}{t_{набл}} = \frac{t_{cym}}{t_{cym} + t_{np}} \quad (1-4)$$

根据运行特征，所有停工可分成两种类型：

t_{rex} ——因技术原因引起的停工（例如，由于损坏、在工作中停车、失调、堵塞等等使自动线不能工作；或者是自动线能工作，但产品不合格，因为工作结果不符合质量要求；因工艺原因造成废品所消耗的时间也应属于这种停工）；

t_{opr} ——因组织原因引起的停工（自动线能工作，但它缺少正常运行的外部条件，例如，没有型砂、泥芯、辅助材料；电力或压缩空气供应中断；由于邻接设备的差错而停工；由于自动线转产另一产品，更换模具而引起的停工；由于操作人员来去不及时，或清理不及时引起的停工等等）。

因而

$$t_{np} = t_{rex} + t_{opr}$$

代入式 (1-4)，得到

$$K_x = \frac{t_{cym}}{t_{cym} + t_{rex} + t_{opr}} \quad (1-5)$$

如果把下列各式代入式 (1-3)，也可得到式 (1-5)：

$$Q_r = \frac{t_{cym}}{T} \quad Q_{rex} = \frac{t_{rex}}{T} \quad Q_{opr} = \frac{t_{opr}}{T}$$

式 (1-3) 或 (1-5) 的右边分子、分母分别除以 Q_r 和 t_{cym} ，得到

$$K_x = \frac{1}{1 + \rho_{rex} + \rho_{opr}} \quad (1-6)$$

式中 ρ_{rex} 、 ρ_{opr} ——分别由于技术上和组织上的原因所引起的生产率的相对损失，也就是在观测期内相应于单位产品的绝对损失，或者属于自动线无停车工作时的绝对损失：

$$\rho_{rex} = \frac{Q_{rex}}{Q_r} = \frac{t_{rex}}{t_{cym}} \quad \rho_{opr} = \frac{Q_{opr}}{Q_r} = \frac{t_{opr}}{t_{cym}} \quad (1-7)$$

将式 (1-5) 和 (1-2) 代入式 (1-1)，得到：

$$\Pi = 3600 \frac{Q_r}{t_{cym} + t_{rex} + t_{opr}} \quad (1-8)$$

技术生产率 考虑到在式 (1-8) 中，有因组织原因所引起的停工时间 t_{opr} ，所以不可能用来充分地预测所研究的自动线的部件和机构的可靠性。因此，在评价自动线结构的完善程度，合理地计算所谓自动线的技术生产率 Π_{rex} 时，把因组织原因所引起的停工时间 t_{opr} 从观

测时间 $t_{\text{н.б.н}}$ 中去掉 (根据 ГОСТ 13377-75):

$$t_{\text{н.б.н}} - t_{\text{опр}} = t_{\text{с.м}} + t_{\text{р.с}}$$

得到

$$\Pi_{\text{т.с.н}} = 3600 \frac{Q_i}{t_{\text{с.м}} + t_{\text{р.с}}} = \frac{t_{\text{с.м}}}{t_{\text{с.м}} + t_{\text{р.с}}} \Pi_{\text{н}} \quad (1-9)$$

在式 (1-9) 中的

$$K_{\text{т.н}} = \frac{t_{\text{с.м}}}{t_{\text{с.м}} + t_{\text{р.с}}} \quad \text{或} \quad K_{\text{т.н}} = \frac{1}{1 + \rho_{\text{р.с}}} \quad (1-10)$$

就是技术利用系数。该系数由自动线的总工作时间 $t_{\text{с.м}}$ 与工作时间 $t_{\text{с.м}}$ 和由于技术原因引起的停工时间 $t_{\text{р.с}}$ 之和的比来确定。

式 (1-9) 可写成下面的形式

$$\Pi_{\text{т.с.н}} = K_{\text{т.н}} \Pi_{\text{н}} \quad (1-11)$$

实际上, 作概略计算时, 系数 $K_{\text{т.н}}$ 通常取为 0.8~0.9。

设计机关通常是在自动线的技术文件中, 或在已定的 $K_{\text{т.н}}$ 的情况下来规定技术生产率, 或是规定周期生产率 $\Pi_{\text{н}}$ 和 $K_{\text{т.н}}$ 。

第二节 自动线的生产率同输送联系方式之间的关系

具有刚性输送联系的自动线的技术利用系数 既然自动线是由自动机和机构所组成, 并用自动输送机联系成的一个系统, 则自动线的技术生产率, 不仅同周期和线上部件与机构的可靠性有关, 还同自动线中采用输送设备的类型有关。

从自动线的分类中 (参见图 1-1) 可以看出, 根据输送联系的型式, 可以将它们分成机构之间具有刚性联系的自动线和柔性联系的自动线。

具有刚性输送联系的自动线的特点是, 所有机构的周期相同, 即 $T_1 = T_2 = \dots = T$; 这时, 每经时间 T , 产品便由机器间的输送装置传送一个节距。因此, 线中任一机构因任何原因所引起的停顿, 不可避免地要引起全线的停顿, 也就是自动线的全部停工时间 $t_{\text{н.р}}$, 等于线中各机构停工时间的总和:

$$t_{\text{н.р}} = \sum_{i=1}^m t_{\text{н.р.}i}$$

自动线无故障工作的有效时间 t_p , 等于其 m 个机构中任一机构无故障工作的时间:

$$t_p = t_{p.1} = t_{p.2} = \dots = t_{p.i} = \dots = t_{p.m}$$

代入式 (1-10), 便可得到具有刚性输送联系的自动线的技术利用系数:

$$K_{\text{т.н}} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^m \rho_{i,i}} \quad (1-12)$$

式中 $\rho_{i,i} = t_{\text{н.р.}i}/t_{p,i}$ ——第 i 个机构的相对停工率, 也就是该机构每工作一小时, 停工所占的时间。

分析式(1-12)表明:为提高刚性输送联系的技术利用系数,只有两种途径:第一,为降低相对停工率 ρ_{rel} 而提高各个机构的可靠性;第二,减少机构本身之间的刚性联系的数量 m 。

具有柔性输送联系的自动线的技术利用系数 在柔性输送联系的自动线中,如果每个机构都校正过了,每个机构就可以独自工作,而不问此时自动线中其他机构是否工作。柔性联系是这样一些不同的装置,它们在相应的时间里被用来接受、储存和发送砂箱、做好的半型和整型等。实践表明,储存装置的功能,最好由摩擦传动辊道(利用摩擦把扭矩传给滚子的一种辊道)来实现。自动线中有柔性输送联系,就可以减少一个机构因另一机构产生差错而停工;在另一机构出现差错的时候,完好的机构或是积存,或是消耗储存装置上的储备。

具有柔性输送联系的自动造型线中,任何一个完好的机构进行工作的充分和必要的条件是:在机构前的送入输送机上存放有依次送进的空砂箱,以及在机构后的送出输送机上要有空余位置。

上述自动线上任何机构的停工,如果是机构本身不好所造成的,则称之为自身停工。由于前一机构的不完好而造成送入输送机上空缺砂箱而引起的停工,或者由于后续机构不好而造成送出输送机上没有空位而导致的停工,这些都称之为关联停工。

引入下列代号

$t_{\text{np},i}$ ——第 i 个机构单独停工的总时间;

$t_{i,k}$ ——由于第 k 个机构不好而引起第 i 个机构的关联停工时间;

$t_{i,i}$ ——第 i 个机构自身不好所引起的自身停工时间。

因为正如实际所表明的那样,在现代自动生产线中,输送设备的停车概率要比自动线各机构的停车概率小得多,所以,因输送机不好而引起的机构停工时间虽然很容易计算,但不计入公式中。

问题在于找出关联停工时间对技术利用系数 $K_{\text{т.л}}$ 的影响,也就是对具有柔性联系的自动线的技术生产率 $\Pi_{\text{т.л}}$ 的影响;对于上述计算自动线生产率的一般情况,其任务是编制工序间储存器容量的计算方法。

我们研究用输送机1-2和2-3联系着的,由三个周期性工作的机构1, 2, 3组成的自动线的某个区段

(图1-3),仍不失去问题的

普遍性。由许多互相联系的机构所组成的复杂自动线,总是可以分割成类似于上述的简化区段,建议单独地研究这些区段。

所研究的简图1-3,也适合于自动线中采用混合输送系统的情况;在这种系统中,除柔性联系之外,还有一些由刚性联系结合起来的邻接工作机构。

假定机构2完成的工序时间最长,如自动造型机便可作为这种机构的例子。布置在自动造型机2前面和后面的机构1和3的周期 T_1 和 T_3 ,小于自动造型机的周期 T_2 : $T_1 < T_2 > T_3$ 。

具有柔性输送联系、且有一个持续时间最长的工序的自动线,其基本工作状态如下: 1)

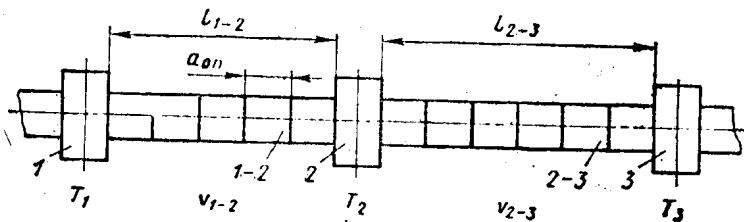


图1-3 自动线区段简图

自动线的正常工作状态；2) 当机构1开始停工后自动线的工作状态；3) 当机构1结束停工后自动线的工作状态；4) 当机构2开始停工后自动线的工作状态；5) 当机构2结束停工后自动线的工作状态；6) 当机构3开始停工后自动线的工作状态；7) 当机构3结束停工后自动线的工作状态。

推导出具有柔性输送联系的自动线，在不同工作状态时的 $K_{\text{н.н}}$ 的公式（参看图1-3，1-4和1-5，以及例1-1）。

1. 自动线的正常工作状态 如果自动线的全部机构无故障地工作，则机构1以周期时间 T_1 工作，以时间 $\Delta T_1 = T_2 - T_1$ 停顿，并以周期 T_2 把砂箱送到输送机上。停工时间 ΔT_1 称为周期内停工时间。

因为自动机1可能比自动机2工作得快 ($T_1 < T_2$)，则输送机1-2被完全装满。输送机1-2以周期 T_2 接到砂箱，并以同样的周期送走砂箱。砂箱移动输送机的一个节距所需时间 $\tau_{1-2} = T_2$ 。输送机上放置的砂箱数为：

$$n_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{a_{\text{он}}}$$

式中 l_{1-2} ——输送机1-2的长度；

$a_{\text{он}}$ ——砂箱的外廓长度。

砂箱沿输送机1-2移动的时间

$$\tau_{1-2} = n_{1-2} T_2 = \frac{l_{1-2}}{a_{\text{он}}} T_2$$

用 $v_{\text{cp}} = \frac{l_{1-2}}{\tau_{1-2}} = \frac{a_{\text{он}}}{T_2}$ 表示在正常工作状态下，砂箱流沿输送机运动的平均速度。此时 $\tau_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{v_{\text{cp}}}$ 。

机构2以周期 T_2 工作。如果在机构上有 n_2 个工位，则砂箱在机构2中移动的时间为 $\tau_2 = n_2 T_2$ 。

因为自动机2比自动机3工作得慢 ($T_2 > T_3$)，输送机2-3没有完全装满。尽管输送机2-3以周期 T_2 接到砂箱，并以同样的周期 T_2 送走砂箱，但砂箱沿输送机移动的时间要按另

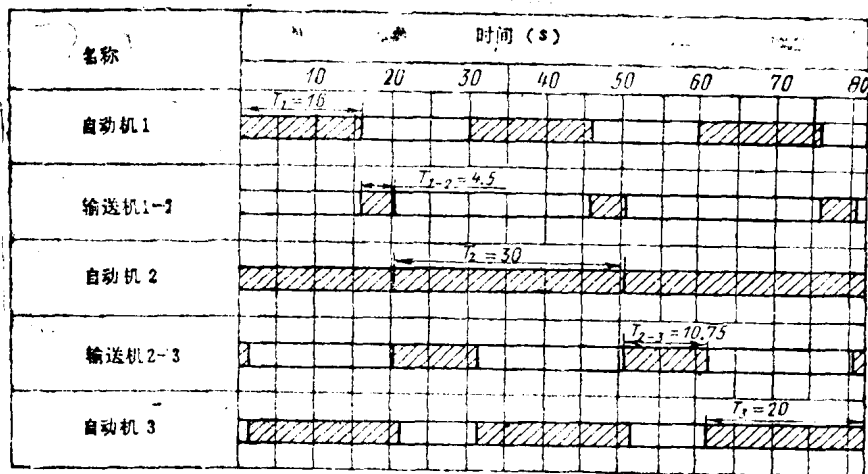


图1-4 用柔性输送联系起来的，三台自动机所组成的自动线的周期作业表（参见图1-3）

一种方式来确定。

这个时间为：

$$\tau_{2-3} = \frac{l_{2-3}}{v_{2-3}}$$

式中 l_{2-3} ——输送机 2-3 的长度；

v_{2-3} ——在无阻碍运动的条件下，砂箱沿输送机的移动速度。

同时放置在输送机 2-3 上的砂箱数为：

$$n'_{2-3} = \frac{\tau_{2-3}}{T_2} = \frac{l_{2-3}}{v_{2-3}T_2}$$

在输送机 2-3 上可以布置的砂箱总数为：

$$n_{2-3} = \frac{l_{2-3}}{a_{on}}$$

因此，在自动线的正常工作状态下，输送机 2-3 上的空闲位置数为：

$$\begin{aligned} n''_{2-3} &= n_{2-3} - n'_{2-3} \\ &= \frac{l_{2-3}}{a_{on}} - \frac{l_{2-3}}{v_{2-3}T_2} \end{aligned}$$

机构 3 以周期 T_3 工作，以时间 $\Delta T_3 = T_2 - T_3$ 停顿，并以周期 T_2 送走砂箱。

如果整个自动线以周期 T_2 不停顿地工作，则 $K_{T.n} = 1$ 。因此，在所研究的情况下，单个机构在周期内的停工不会影响自动线的技术生产率。

2. 当机构 1 开始停工后，自动线的工作状态 机构 1 开始停工后，在时间

$$\begin{aligned} \tau_{1-2} &= n_{1-2}T_2 \\ &= \frac{l_{1-2}}{a_{on}}T_2 = \frac{l_{1-2}}{v_{cp}} \end{aligned}$$

内，砂箱将进入机构 2。

如果机构 1 的停工延长，则自动线在完全停止工作之前制作的半型数将为：

$$n_{1-2} + n_2 + n'_{2-3} + n_3 = \frac{l_{1-2}}{a_{on}} + n_2 + \frac{l_{2-3}}{v_{2-3}T_2} + n_3$$

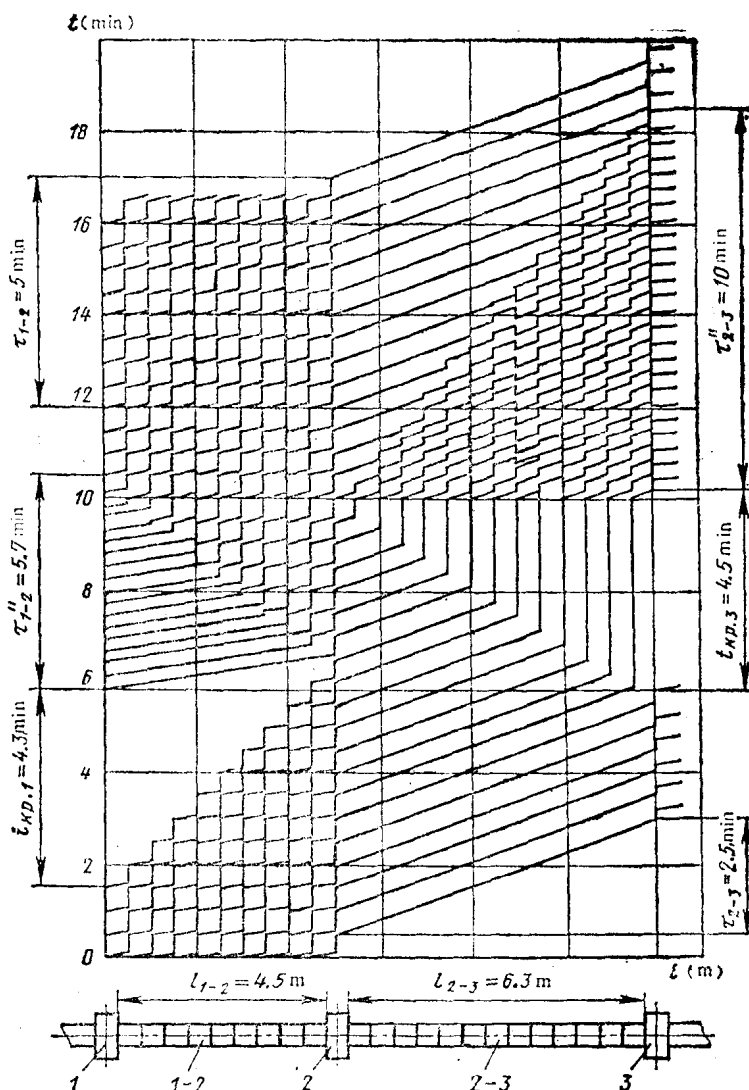


图1-5 由柔性输送联系连结起来的，三台自动机所组成的自动线各区段的动作图表

$T_1 = 16$ 秒， $v_{1-2} = 0.1$ 米/秒， $T_2 = 30$ 秒， $v_{2-3} = 0.042$ 米/秒， $T_3 = 20$ 秒