

TANG CHANG

JIE NENG

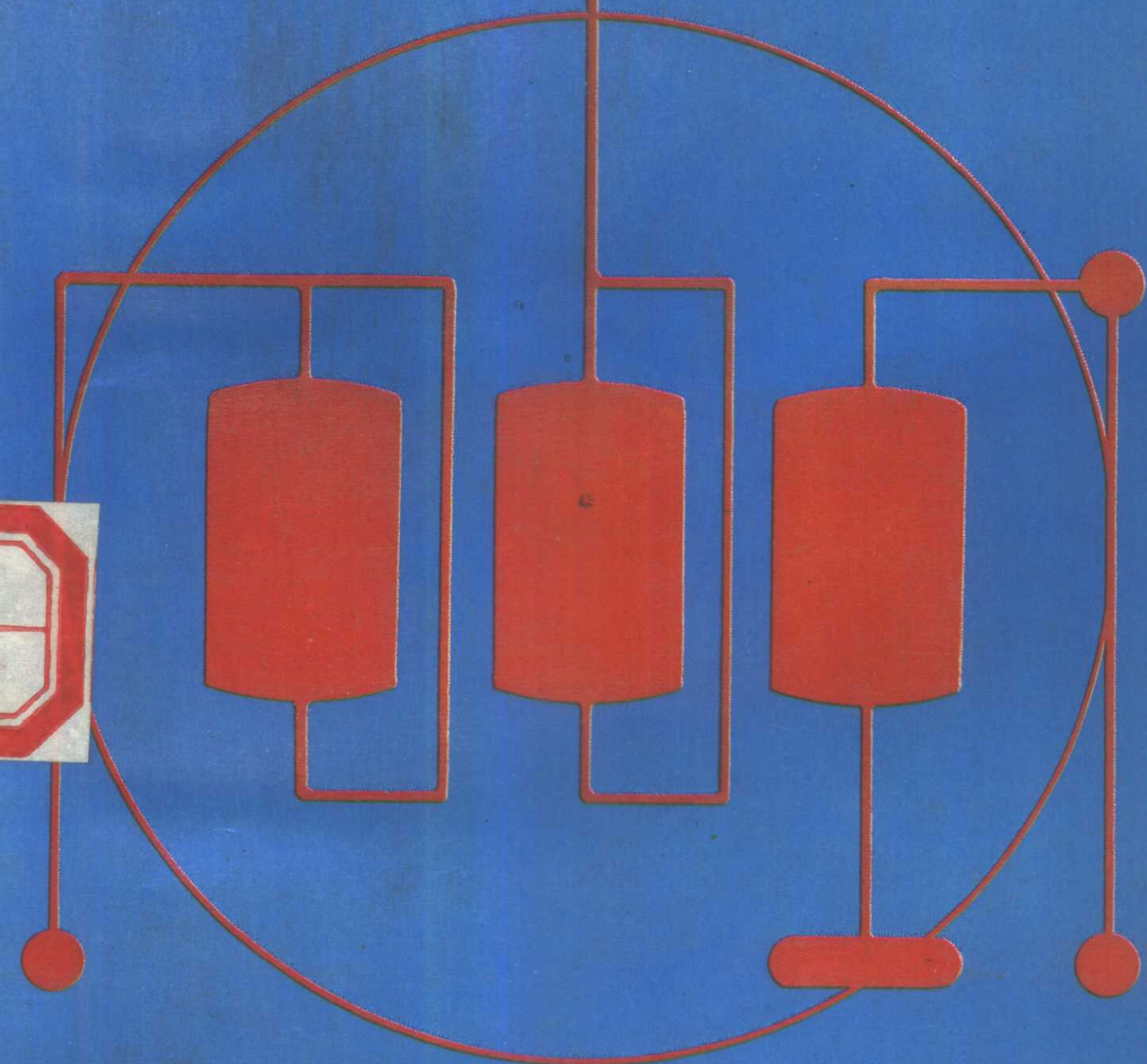
YUAN LI

YU

JI SHU

杨倬 编著

糖厂节能 原理 与技术



轻工业出版社

糖厂节能原理与技术

杨 倬 编著

轻工业出版社

内 容 提 要

本书针对糖厂目前能量消耗大的问题，分别从糖厂生产的质量衡算、焓衡算、烟衡算等方面阐明了糖厂节能的基本原理，并指出了糖厂在现有设备条件下，如何通过挖潜、革新、改造来减少糖厂的汽耗、煤耗和电耗量的可能途径，还介绍了糖厂节能的实施方法，同时列出了大量的数据和图表，是广大制糖工作者难得的一本技术参考书。

本书可供制糖工业的生产、科研和教学人员使用，也可做为大中专学校有关专业学生的参考书。

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32印张，12 20/32插页，1字数，279千字

1989年10月 第一版第一次印刷

印数：1—1,300 定价：7.50元

ISBN 7-5019-0001-9/TS·0002

序

制糖工业是能量消耗较大的工业，能源短缺国家中的甜菜制糖工业，早在四十年代即进行了节能的研究。甘蔗糖厂由于有蔗渣可作燃料，过去对节能问题没有给予应有的重视。但是，七十年代初石油价格暴涨，能源发生危机，引起了国际上各行各业对节能工作普遍重视，甘蔗糖业也不例外。目前，欧洲制糖工业的节能工作取得较大的成绩，无论在节能原理及节能技术等方面，都发表了不少论文和资料。我国制糖工业的节能研究与实施也进行了多年并取得一定的成绩，但是一般来说，仍较大地落后于国际的先进水平。为了改善我国制糖工业的热力利用，降低能耗，多年来编者在收集国内外有关糖厂节能资料的基础上，编写了这本书，作为高等院校制糖专业研究生的试用教材。同时对制糖界同仁抛砖引玉，使我国制糖工业的节能工作，更深入地开展起来。

质量衡算及焓衡算是糖厂热过程的基本衡算，本书着重介绍这些衡算的图解法。此外，还介绍烟的概念及烟衡算。从烟衡算才能找出过程节能的途径，同时利用烟衡算可进行蒸发站设计的最优化。

关于热传导已有许多专著出版，这里只简单介绍基本概念和原理。

蒸发站是糖厂节能的核心，包括了设计、经济管理及控制。本书在介绍最优化设计的同时，还着重阐述最优经济管

理，即通过合理地改变设备条件、工艺条件，对各效温度差进行合理分配及有效地抽用各效汁汽等，来获得最佳的经济效益。此外，略述了最优调节和控制，使生产始终能在最佳工作条件下进行，以达到提高经济效益的目的。

热泵的种类很多，本书只谈及已经在糖厂生产上应用的蒸汽喷射压缩机及透平压缩机两种。至于热交换器，虽然还未应用于生产，但从其原理及中试的结果可以看出，这种装置对节能是有前途的。

糖厂节能措施，因厂与厂之间条件不同，做法各异。本书按节约能源的原则，介绍一些典型例子。糖厂热电站热力装置的组合与热力装置耗汽的降低，对节约能源颇有影响，本书对此作了简要的分析，并简单介绍了糖厂热电站的展望。

本书的编写，由于编者水平所限，资料收集不够充分，内容的编排、取舍和叙述亦不够完善，甚至可能有错误，希望读者批评及提出宝贵意见，以便再版时补充修订。

编者

1985年10月28日

绪 论

工业社会的发展与现有能源的利用，有着很密切的关系。它是人类文明及工业革命的重要影响因素之一。我们从年代纪事可知，在农业社会时代，人类利用的能源主要是可再生能源如畜力、水力、木材等等。从农业社会转入工业社会，由于能源需要量增大，先后开采了煤炭、石油等非再生能源。石油的开采约从1860年开始，一般估计到2060年就会基本采完，历时仅约为200年。而煤的开采时间从技术时代开始到2100年，估计可开采400年，现已过了300年，尚剩100年，其开采量已开始下降。

世界上的能源消耗，在1980年至2000年的二十年内，估计要翻一番。非再生能源的贮藏量是有一定限度的。上述的估计，不论其准确度是否可靠，但总有一天将结束煤、石油等非再生能源的时代。目前，我们正在迎接第三次浪潮（信息社会）的挑战，未来的能源如何解决，是我们必须密切注意的课题。

现阶段，我们必须更合理地利用现有能源。所谓更合理地利用现有能源，应包括：最佳选择及经济使用能源，寻求其他未被利用的新能源，探索所有节能的可能性等等。

糖厂是消耗大量蒸汽而电能用量不太大的工厂。从国内外糖厂生产历史来考察，其煤耗、汽耗是逐年经过改革而降低的。例如，1950年丹麦糖厂的标准煤耗为6.9%甜菜，1952

年为6.5%，从1953至1966年改变较大，降至3.5~3.7%，约为1950年的一半，最近进一步降至2.6~3.0%。联邦德国的煤耗，1950至1956年为8.6%，1960至1970年为6.95%，1976至1979年为5.1%，1981年为3.57%。苏联的煤耗1965年为8.41%，1979年为6.59%，最近计划降到5.0~5.5%。国外糖厂的汽耗，据利比喜（Leibig）的估计，各大洲甘蔗原糖厂为55~70%，白糖厂为70~80%（标准蒸汽/甘蔗）。西欧的甜菜糖厂，五十年代的汽耗为50~60%（标准蒸汽），七十年代降至36%，目前有些厂为30%。我国甘蔗糖厂目前汽耗及煤耗水平，最低为江门甘蔗化工厂，汽耗约为40%左右，煤耗为6%左右。能耗中等的厂，汽耗为50~60%，煤耗为7%左右；其余各厂的汽耗及煤耗，均高于中等水平。我国绝大多数糖厂的汽耗、煤耗，仅及丹麦五十年代的水平或联邦德国六十年代的水平。因此，我国制糖工业节能的潜力很大。

制糖工业的节能取得一定的效果，是借助于热力经济的合理安排来实现的。糖厂的热力经济是指生产蒸汽、电力的机器与蒸发、加热和煮糖等用汽设备的综合配置。此外，热能的储蓄和压缩、汽凝水的利用也应充分予以考虑。

通常可把热力经济分为两类。锅炉及原动机车间的装置配置属于动力经济，而蒸发站及其他用汽设备的配置则属于热能经济。热力经济的组成单元，不但彼此之间有密切的关系，而且也影响制糖生产的工艺过程。在不同的热力装置配置之下，采用与它相适应的蒸发热力方案，可收到合理地利用热能的效果。注意提高蒸发站的蒸发工效、废热尽量回收及提高工厂的生产效率，可有效节约糖厂的能耗。

为了满足糖厂用汽及用电的特殊要求，可以认为糖厂自建热电站来综合供汽和供电，是最为经济的。此外，扩大热力装置就意味着扩大锅炉容量，这就有可能采用机械化、自动化并提高热力装置的效率。采用提高锅炉初参数、给水回热加热、蒸汽中间再过热及气-汽热力装置，也有利于提高热力装置的热经济性。在这种情况下，所获得的廉价的过剩的能量，可以输入公共电网或用来压缩汁汽。因此，审慎地研究糖厂的热力经济，对它的进一步发展和更加完善具有非常重要的意义。

目 录

绪论	(1)
第一章 质量衡算	(1)
第一节 常用的质量衡算	(3)
一、质量流量	(3)
二、混合物	(5)
第二节 三组分图	(10)
一、糖、水及非糖物的三组分图	(11)
二、提汁的计算	(13)
三、煮糖楼的计算	(15)
第二章 焓衡算	(27)
第一节 焓的定义及其应用	(27)
第二节 均一物质及多元系统的焓	(31)
一、单一物质的	(31)
二、多元系统的焓	(33)
第三节 糖-水溶液的焓	(38)
一、糖-水溶液的 $h-x$ 图	(39)
二、糖液的 $h-\xi$ 图	(42)
三、糖液汁汽的 $h-s$ 图	(48)
第四节 燃料的焓	(50)
一、燃烧的质量衡算	(50)
二、燃烧的焓衡算	(51)
三、蔗渣燃烧的热量	(52)

第五节	焓流程图	(54)
第六节	图算法的应用	(56)
一、	糖液的焓衡算	(57)
二、	甜菜废粕的干燥	(64)
第三章	焓衡算	(69)
第一节	焓的概念	(70)
一、	热的焓	(70)
二、	稳定物流的焓	(75)
三、	自由焓与焓	(77)
第二节	物质的焓	(80)
一、	单元系统的焓	(80)
二、	气体混合物的焓	(92)
三、	溶液的焓	(99)
四、	蔗渣的焓	(102)
第三节	焓的损失	(104)
一、	热损失的焓	(105)
二、	节流的焓损失	(106)
三、	等压混合的焓损失	(108)
四、	传热的焓损失	(111)
第四节	过程的焓消耗	(114)
一、	引言	(114)
二、	过程速度	(116)
三、	蒸发的焓消耗	(119)
四、	化学反应	(121)
五、	燃烧的焓及焓损失	(125)
第五节	焓损失与设备尺寸	(127)

第六节 烟流程图	(129)
一、甜菜糖厂的蒸发站	(129)
二、甘蔗糖厂的蒸发站	(130)
第四章 热交换的基本问题	(132)
第一节 传热系数	(132)
一、蒸汽冷凝的给热	(133)
二、管壁及积垢的导热	(137)
三、糖汁沸腾给热	(139)
第二节 无相变对流传热的准数方程式	(148)
一、自由对流的给热	(149)
二、在管内强制流动的给热	(150)
三、对管束径向流动的给热	(153)
第三节 有相变的热交换准数公式	(154)
一、蒸汽冷凝时的给热	(154)
二、自管壁至沸腾液体的给热	(158)
三、糖膏沸腾的给热	(162)
第五章 糖厂蒸发站	(168)
第一节 多效蒸发装置的方案	(168)
一、多效蒸发装置热流程的选择	(169)
二、多效蒸发装置的类型	(180)
第二节 蒸发站的计算	(186)
一、多效蒸发装置的热衡算	(187)
二、各工序蒸汽消耗的计算	(188)
三、蒸发罐的温度差及其分配	(195)
四、抽汁汽的分配	(202)
五、蒸发站各效蒸发水量的计算	(208)

第三节	按焓衡算进行蒸发装置的最佳 化设计	(213)
一、	传热过程所需要的能量	(214)
二、	价格与温度差的关系	(217)
三、	压力式蒸发站的最佳化	(221)
四、	传热系数及能量价格对设备大小 的影响	(226)
五、	蒸发站用衡算例子	(228)
第四节	蒸发站的查核与控制	(232)
一、	蒸发罐的负荷特性	(232)
二、	蒸发罐的负荷特性与最适U值的 计算	(235)
三、	蒸发站的控制	(240)
第六章	热 泵	(248)
第一节	蒸汽喷射压缩器	(251)
一、	蒸汽喷射压缩器的结构、 工作原理	(251)
二、	蒸汽喷射压缩器的计算	(252)
三、	条件变化时蒸汽喷射压缩器的工 作	(260)
第二节	汽的机械压缩	(264)
一、	机械压缩机的类型	(265)
二、	透平压缩机的带动	(267)
三、	具有透平压缩机的蒸发装置的热 力计算	(270)
第三节	热变换器	(276)

一、吸收热泵原理	(277)
二、热交换器	(281)
第七章 糖厂节能的实施	(297)
第一节 糖厂节能的基本原则	(297)
第二节 糖厂节能的做法	(301)
一、提高热电站工质的参数	(301)
二、澄清条件及煮糖制度	(309)
三、提高蒸发站的工效	(318)
四、全面抽用蒸发站各效汁汽	(321)
第八章 糖厂热电站	(325)
第一节 热力装置及其经济性	(325)
一、电能与热能合产	(325)
二、可调节的中间抽汽式汽轮机	(327)
三、糖厂的热力装置	(330)
四、热力装置的基本指标	(332)
五、具有可调节中间抽汽汽轮机的耗 汽量	(338)
六、热电合产装置的热经济性、热耗 量及煤耗量	(340)
第二节 第一原动机的热过程特性	(349)
一、原动机的功率	(349)
二、具有中间抽汽的冷凝式汽轮发电 机	(354)
第三节 降低热力装置耗汽率的方法	(361)
一、提高蒸汽的初参数	(362)
二、高压送置设备	(367)

三、给水回热加热	(368)
四、蒸汽中间再过热	(376)
第四节 气-汽组合热电站在糖厂的应 用	(381)
一、带高压锅炉的气-汽热力装置	(383)
二、带一般锅炉的气-汽热力装置	(385)
三、全设置高温的气-汽热力装置	(386)
四、气-汽热力装置应用于糖厂的展 望	(387)

第一章 质量衡算

糖厂的基本衡算包括：质量衡算——物料、水、电、汽衡算；焓衡算——热量、热交换数量衡算；及烟衡算——做功能力、热品位衡算。

衡算必须有个范围，也就是衡算的对象或系统。衡算范围可以是全厂的，即整个厂的范围与外界交换，例如进入糖厂的是甘蔗、燃料、水等，而从糖厂排出的是白糖、废蜜、烟道气、滤泥、废水、多余蔗渣等。这种衡算只能作为厂与厂之间的比较，这些数据没有给我们任何关于能量经济的信息，也没有表示出用什么方法来提高工厂的产量或如何去降低能量的消耗。

衡算范围也可以按主要车间来划分，如压榨、清净、蒸发、结晶、锅炉、发电、冷凝及冷却系统等。从各车间的范围内可算出质量流量及能量流量。例如在压榨车间，我们可算出其能量消耗、原汁量、糖分损失、蔗渣产量及供水量等。从蔗汁澄清的衡算可得所需的澄清剂量、滤泥产量、清汁量、蔗糖损失及加热过程所需的蒸汽消耗量等。对于蒸发站的衡算，可算出蒸发水量、糖浆量、蒸汽消耗量、汽凝水产量及进入冷凝器和煮糖罐的汁汽量。至于煮糖楼衡算则可求出各系糖产量、蒸汽消耗量、废蜜产量等。图1.1表示一间渗出法糖厂各车间的衡算范围。

由蒸发罐及汽凝水自蒸发器所组成的蒸发站，可作为一个衡算范围。在此范围内再细分时，每个蒸发罐也可作为衡

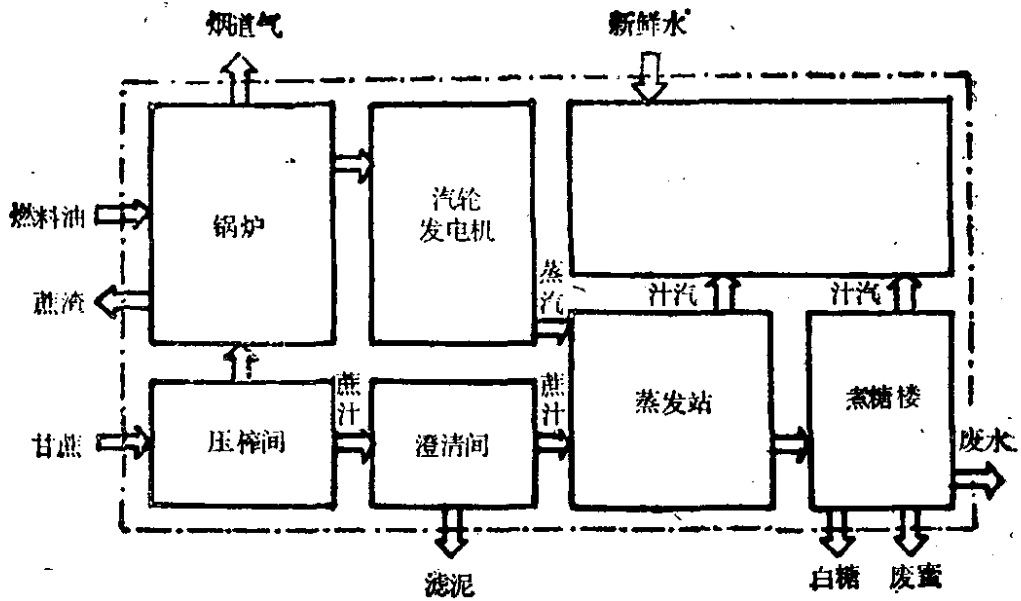


图 1.1 糖厂主要车间的衡算

算范围（见图1.2）。在这种情况下，蒸发罐的汽鼓可分为若干区。这样的分区不仅能够确定加热管子各区段加热面所传过的热量，而且可以查明蒸发管子的长度是否适当或者获得最佳传热的蔗汁液位是否合适。正如前面所述，界面是按查定所规定的目的而定的，同时衡算的区应具有共同界面，因此，各个分衡算之和可得出整体衡算。例如，传入蒸发罐的热量 Q 是所有热量 $\sum \Delta Q_i$ 的总和，后者是传入蒸发罐各分区的热量，这是检验计算的一种好方法。

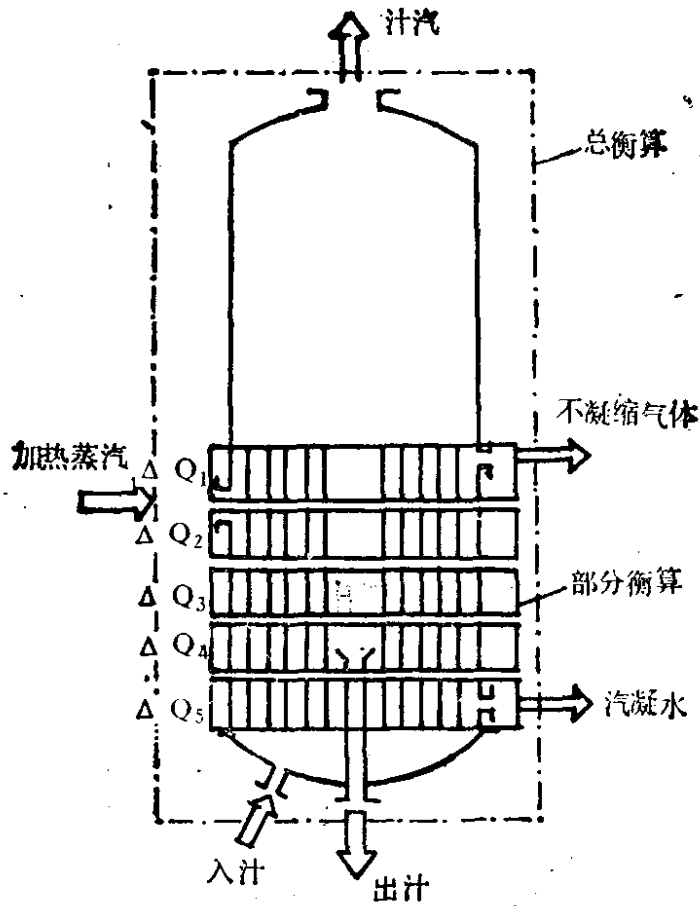


图 1.2 查定蒸发罐的衡算界面

第一节 常用的质量衡算

衡算范围确定之后，我们便可进行质量衡算。质量衡算是生产及设计的一个最基本衡算。衡算方法可按单一的质量流量或混合物进行。

一、质量流量

质量衡算是必须进行的第一个衡算，在衡算范围内，进