

化工自动化丛书

选择性调节

王骥程 陈国平 编

化学工业出版社

056 选
31 节

化工自动化丛书

选 择 性 调 节

王骥程 陈国平 编

化学工业出版社

化工自动化丛书

选择性调节

王骥程 陈国平 编

*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张5 字数107千字印数1—3,600

1983年2月北京第1版1983年2月北京第1次印刷

统一书号15063·3467定价0.53元

《选择性调节》一书是《化工自动化丛书》的一个分册，全书共分六章。第一章对选择性调节作了概述；第二章介绍了几种类型的选择性调节方案；第三章介绍了实现选择性调节的几种组件，并重点探讨了积分饱和产生的原因及其消除办法；第四章提出了选择性调节系统设计中应注意的事项；第五章用模拟和现场试验等方法来说明实际的应用情况；第六章结束语，探讨了选择性调节的发展前景。

本书由王骥程、陈国平共同编写完成，北京化工学院沈承林同志详细审核了全书，书稿中电动仪表部分得到王泳涛同志的大力支持和帮助；选择性调节的现场试验是由北京化工研究院、北京自动化技术应用研究所与浙江大学共同完成。

本书可供从事化工、炼油、热工等自动化工作人员阅读，也可供有关工程技术人员和大专院校的师生参考。

编写说明

近年来，随着化学工业和自动化科学技术的迅速发展，化工自动化技术有了新的进展。以现代控制理论为基础的各种新型控制方法和调节系统相继成功地应用于化工生产，新型的自动控制技术工具以及电子计算机也日益广泛地用于化工自动化领域。

为了总结交流我国化工生产应用自动化技术的经验，介绍新的调节理论和控制方法，提高从事化工自动化工作的工人和技术人员的理论和技术水平，促进化工自动化工作的发展，一九七五年在《炼油、化工自动控制设计业务建设会议》上，决定由化工部炼油、化工自动控制设计技术中心站负责，组织有关院校、科研设计单位和工厂，编写一套《化工自动化丛书》。

《化工自动化丛书》是在普及基础上侧重提高的一套读物，主要包括经典和现代控制理论，各类调节系统和化工单元操作控制等方面的题材。“丛书”内容力求密切反映化工应用的特点，做到理论联系实际，既阐明基本概念，作出理论分析，又叙述工程应用方法和应用实例，说明具体实施方案和现场运行经验。

《化工自动化丛书》编委会成员

- | | | |
|-------|-----|----------------------|
| 主任委员 | 周春晖 | (浙江大学) |
| 副主任委员 | 蒋慰孙 | (华东化工学院) |
| | 万学达 | (化工部化工设计公司) |
| | 王骥程 | (浙江大学) |
| | 沈承林 | (北京化工学院) |
| 委 员 | 韩建勋 | (天津大学) |
| | 庄兴稼 | (抚顺石油学院) |
| | 李乾光 | (化工部第一设计院) |
| | 林秋鸿 | (北京燕山石油化学总公司
设计院) |
| | 王 翼 | (南开大学) |
| | 徐炳华 | (化工部第三设计院) |
| | 钱积新 | (化工部自动控制设计技术
中心站) |
| | 俞金寿 | (华东化工学院) |
| | 孙优贤 | (浙江大学) |
| | 罗秀来 | (上海炼油厂) |
| | 蔡鸿雄 | (兰州化学工业公司石油化
工厂) |

目 录

第一章 概述	1
第一节 调节方案中的限值调节	3
第二节 几类选择性调节	10
第二章 各类选择性调节方案	13
第一节 调节参数的选择性调节	14
第二节 被调参数的选择性调节	24
第三节 非线性调节规律	37
第四节 分程调节	46
第三章 实现选择性调节的组件与积分饱和问题	61
第一节 实现逻辑规律的若干组件	61
第二节 关于积分饱和	66
第四章 选择性调节系统的设计	90
第一节 增进回路安全的考虑	90
第二节 选择性调节的结构形式	96
第五章 选择性调节在精馏自动化中的应用	113
第一节 具有侧线的溶剂再生精馏塔	114
第二节 数字模拟、现场试验	132
第六章 结束语	147

第一章 概 述

化工自动化是化工生产过程自动化的简称。这里所指的化工对象是从广义方面去理解的，它包括着通常所指的化工，炼油等生产部门的一些主要生产过程。这类生产过程不仅有物理变化还伴有化学反应，它的特点是大多数物料以流体状态连续地在密闭的管道、容器和反应器等设备内进行。近年来化工生产过程的特点是朝着机组大容量、性能高效率、设备大型化、多产品、综合利用的方向发展。因此，随着生产过程的不断强化，如何严格控制生产过程中的重要参数以确保安全、均衡、优质、高产，就成为化工自动化所必须妥善解决的任务。

化工生产过程自动化，它包括自动检测，联锁保护和自动调节等内容。由于工艺对象，参数和设备的差别，可以设计出各种各样的自动调节方案，在这些方案中，通过内在机理的分析，又可找到它们的共同特性，因而可以归纳为：以物料或能量平衡为基础；以质量指标为基础；以保护生产安全和改善调节品质的限值为基础三大类调节方案。

在这三类调节方案中，前两类一般指在正常生产情况下工作，而后一类则考虑生产异常，实现非线性和改善调节品质情况下工作。在生产上除了要求调节系统在正常情况下能够克服外界的干扰平稳操作外，还必须考虑事故状态下安全生产，改善调节品质和进一步挖掘生产潜力的问题。在化工生产中，大型透平压缩机的防喘振保护，精馏塔操作过程中

防止液泛等，都是非正常生产过程中的防护措施。过去在处理这类问题时，或用人工手动操作，或用联锁报警停车等方法。但是在大型工厂中，由于生产过程的强化，限制条件多而严格，它们的逻辑关系往往比较复杂，即使编写成操作规程，人工操作也易出差错，还由于生产的速度太快，操作人员的生理反应跟不上生产变化速度，无法控制。以往遇到这类问题，常常采用联锁停车保护的方法，但此法应用过多时，会带来动辄停车的矛盾，影响生产，所以看上去是关键设备得到了保护，结果事与愿违，联锁保护却成了生产不够稳定时妨碍生产、降低生产能力的累赘，成为操作人员所不喜欢的东西，结果使事物走向反面，出现了虽有联锁却反被弃之不用的情况。

为了有效地防止生产事故，出现了一种能够适应短期内生产异常，改善调节品质的调节方法即选择性调节 (Selective control) 方案，选择性调节含义较广，它包含了通常所称的超驰调节或取代调节 (Override) 的内容。

选择性调节是把由工艺生产过程中的限制条件所构成的逻辑关系叠加到正常的自动调节系统上去的一种组合调节方法。当生产操作趋向限制条件时，一个用于防止不安全情况的调节方案将取代正常情况下工作的调节方案，直到生产操作重新回到安全范围以内恢复原来的调节方案为止。这种自动选择性调节有时又被称为自动保护调节系统，或称为软保护系统。

此外，选择性调节还能实现生产过程中开车和停车，具有一定逻辑规律的程序控制动作，而这一类操作，紧张而繁忙，如人工进行操作易出差错。这是选择性调节扩大应用范围很重要的一个方面。

选择性调节是近十年来发展起来的一种调节方案，它有广泛的应用前景。

第一节 调节方案中的限值调节

自动调节是在模仿人工调节的基础上产生、发展起来的。随着生产过程不断强化，对生产上重要参数的控制要求就愈来愈严格，同时人们对生产过程的内在机理的了解亦进一步加深，于是一些包含着复杂规律和运算关系的调节方案日益增多，过程控制工作正趋向更完善、合理。经验表明，深入了解工艺机理是提出合理调节方案的基础。一个较完善的调节方案既要考虑正常条件下的情况，也应能对付可能产生事故的特殊情况。如前所述，选择性调节就是同时考虑了这两种情况，即其中包含着安全限值这一重要条件的调节方案。因此，可以认为选择性调节是属于限值调节（或称约束性调节）的范畴，但所有限值调节却并不都可称之为选择性调节。为了说明这一概念，现举例说明。

图1-1是一个压力的限值调节系统，其目的是为了使容器内部的压力不超过某一极限值。因此，在正常操作情况下，容器内的工作压力是小于所允许的给定压力值。如图所示，若压力调节器选用了反作用的PI调节器，调节阀是气关（A、C）式的。因此，当 $P_{sp} > P_m$ 时，调节器的输出信号趋向于最大值（因为积分作

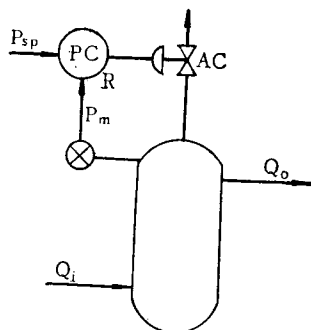


图 1-1 压力限值调节

用的存在, 当 $P_m - P_{sp} < 0$ 时, 由于反作用调节器输出将趋向最大, 关于积分饱和问题以后再作讨论) 而使调节阀关闭。当生产上出现事故状态, 如输出流量锐减时, 容器内的压力将急剧上升, 直至 $P_m > P_{sp}$, 形成一个反相偏差后, 调节器的输出才开始减小, 打开调节阀排空, 使容器压力下降, 并最终保持在 P_{sp} 限值以内, 我们把这类调节系统称之为限值调节。实际上在生产中最早所用的安全排空阀就是一种自力式限值调节方案。

现在来讨论选择性调节方案的问题。图1-2是一个液氨蒸发器, 它利用液氨气化吸热来冷却流经管内的被冷却物料, 要求保持被冷却物料的出口温度恒定, 这样构成了以被冷却物料出口温度为被调参数, 以液氨流量为调节参数的调节方案。这一调节方案采用了改变传热面积来调节传热量的办法, 以改变液面的高度去影响热交换器的浸沉传热面积。因此, 调节液面的高度就间接反映了传热面积的变化情况。当液氨蒸发器的容量较大, 液氨的停留时间较长时, 这种对象的时间常数较大, 调节过程中由于调节不及时, 液面的波动较大, 调节过程的品质也就较差。当外界干扰较大时, 常

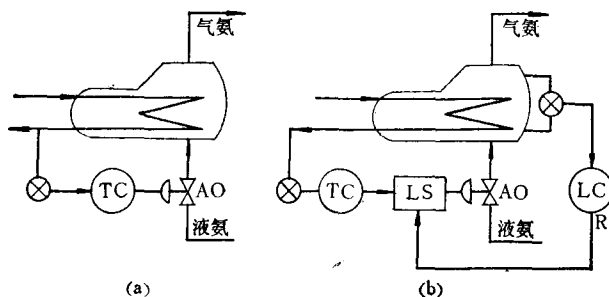


图 1-2 液氨蒸发器的调节方案

常会出现液面越限现象。例如，当外界干扰引起列管中被冷却物料出口温度升高时，调节系统会发出信号，增加进入氨蒸发器内的液氨量，以便使更多的列管被液氨浸没，以增加传热面积，最终达到增大传热量的目的。但是，如果液氨的液面早已全部淹没了蒸发器的所有列管，尽管继续增加氨蒸发器内的液氨贮量，仍然不会再提高传热量，即增大液氨的蒸发量了。而液面的继续升高却可能带来危险的生产事故，因为气化的氨是要回收重复使用的，从氨蒸发器出来的气氨将送往压缩机入口，为了压缩机的安全，在气氨中是严禁带氨液滴的。因此，必须使蒸发器的上部要有足够的气化空间，以防止气相中夹带液滴。为了保持足够的气化空间，必须不让液氨的液面高于某一最高限值，就成为工艺上提出的限制条件。为此，需要在原有的温度调节系统的基础上，增加一个能够进行液面限值调节的系统，因为两个调节系统可用的调节参数只有一个，而被调参数分别为温度与液面。因此，两个系统应该按以下规律工作：在正常情况下，温度调节系统进行调节，而当氨液面达到危险限值时，被冷却物料的出口温度调节已暂时下降成为次要的因素，保护氨压缩机不致损坏已成为主要矛盾，液面调节器才取代温度调节器而工作。当引起生产不正常的干扰消失或克服以后，液面恢复到正常状态，于是温度调节器又回到正常情况下的闭环运行。这一切换调节过程，就是选择性调节根据工艺生产的要求进行取代调节的过程，要实现这一具有选择性的调节过程，可按图1-2(b)的调节方案去实施。图中所示温度、液面调节器皆为正作用，考虑事故状态下对设备的保护作用，选择了气开调节阀。因此，当液面超过高限时，液面调节器将有相应较大的输出信号，这一高液面输出信号将通过一个

气动三通阀门或继电器，中断温度调节器送往调节阀的信号，而让调节阀的膜头压力与大气相通或下降为零，从而关闭进入蒸发器的液氨通道，液氨不能继续进入蒸发器，使压缩机得到了保护，这种通过切换器或选择器所实现的限值调节，就被称作为选择性调节。顾名思义，这一复合调节系统，它具有根据工艺上生产条件的不同要求可以因人而异进行工作的选择性调节。

在生产上调节方案因工艺条件不同，限值条件的要求和规律不一，而出现不同结构形式的选择性调节方案，因此在概括归纳选择性调节方案的共性问题之前，适当地举些应用实例是有好处和必要的。

图1-3是一种配比方案，例如炼油生产中的油品调和和工作，按照产品D的质量要求，将由一定比值关系的A、B、

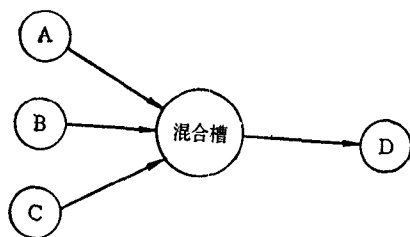


图 1-3 油品混和配比过程

C三种油料配比调和组成。因此在连续生产的油品调和过程中，可以按图1-4所示，由模拟量调节器组成比值调节方案去完成这调和过程。图中所示，物料A作为主流量，物料B与C为从动流量，后者分别与A成一定的比值关系。为使在气源发生故障时不出废品，所以三个调节阀皆选气开阀，以保证在出现故障情况下停止各线进料。各流量调节器均为反

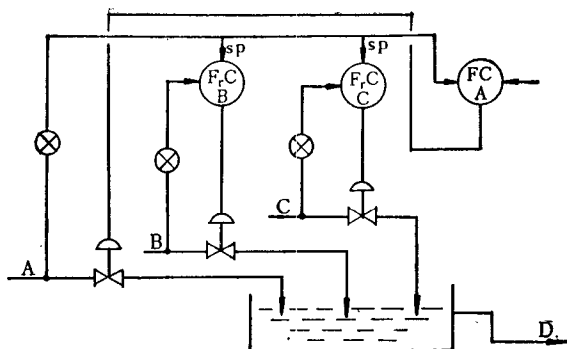


图 1-4 配比比值调节方案

作用的PI调节器。

在正常情况下，这一调节方案是可以进行工作的。为要多产油品D，可提高主流量调节器的给定值，随着FCA的输出风压增大，打开阀门，使流量A提高。与此同时，流量A信号将改变F_rCB和F_rCC的给定值，使流量B、C按照已定比值关系提高各自流量，从而确保了混合过程的配比。

实际的混合过程，可能出现各种不同情况。

(1) 当主物料A出现供应不足的情况，这一方案能够适应。因为随着流量A的减少，对于F_rCB和F_rCC的给定值也将作相应的下降，使流量B和C按比例减少。

(2) 当从动物料B或C出现短缺的时候。这一方案将出现失调情况，因为从动流量B和C对主流量调节器FCA不存在任何反馈信号，不能使流量A随流量B或C的减少而减少。于是这一调节回路将失去配比调节作用，此时若不及时停车将生产出不合格的产品。因此，一个完善的配比调节方

案，为考虑异常生产情况，尚应赋予其一定的逻辑判断能力，以使在异常情况下仍能保持必要的比值关系，直至最终自动停车的选择性功能。

如前所述，图1-4配比比值调节方案，所以不能适应物料B或C短缺的情况，是因为从动流量信号没有作为主流量的反馈信号。

现在进一步分析整个调节方案失调的过程，以便从中找到改进方法。当物料B或C开始出现短缺时，首先流量B或C的流量调节系统自行调节，力图用开大本回路调节阀的办法来增加该物料的流量，但当该调节阀已全开而仍无法满足生产的需要。一种办法是根据该阀位信号已开至最大，立即切断所有调节阀门，作硬性停车处理；另一种办法是以从动物料阀位极限信号为信息，使主物料流量A也作相应的减少，实现减负荷配比混合。显然，后一方案是一种既能保持安全平稳生产，又能改善调节品质的好方案。

下面介绍一种既能满足正常生产又能适应短期异常情况的选择性调节方案。

图1-5是一种选择性调节方案，在图1-4所示方案的基础上增加了一个高选器，两个低选器和一个能够取代流量调节器A进行工作的阀位调节器，从而构成了能够适应从动物料量偏小，甚至暂时中断等异常情况下的调节和具有软限保护能力的一种较完善的配比方案。

现在分析流量B出现小于其给定值的情况。因调节器 F_{CB} 是反作用特性，输出风压增大，开大调节阀门，增大流量B；高选器HS选中 F_{CB} 的输出信号，该信号作为阀位调节器FCV的测量值。阀位调节器的给定值按调节阀的95%开度信号设置。在B阀开度未达到95%的限值信号前，阀位

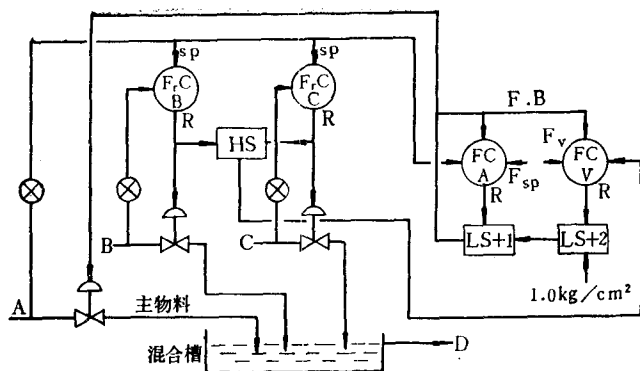


图 1-5 自动负荷调整配比方案

FCA—主物料流量调节器；FCV—阀位调节器

调节器的测量值恒小于给定值，阀位调节器的输出将随测量信号的加大而减小，于是低选器LS2将通过此信号而作为低选器LS1的比较信号之一。当流量B在其调节阀已达到最大极限，仍不能满足所需值时，阀位调节器的输出将继续减小，以致被低选器LS1所选中，阀位调节器暂时取代了调节器A的工作，将阀A关小，实现了异常情况时从动流量对主动流量反馈调节的要求。然后再通过流量A的测量信号，分别减小F.C.B和F.C.C的给定值，实现了按照物料B的供应能力，减负荷配比比值调节。

倘若物料B继续减少，以致暂时断料。此时F.C.B调节器输出将为最大，阀B处于全开状态，但阀位调节器FCV的输出将趋向最小，从而使该信号先后通过LS2，LS1而将阀A全关，并随之使作为F.C.B及F.C.C调节器的给定值降至最

小。于是C阀亦将关闭，但注意B阀仍处于全开状态，（此时因B料量中断，虽B阀全开，其流量仍为零），从而暂停了配比调和作。

当B物料恢复供应后，首先是有了B流量的测量信号，立即出现了大于F_{CB}给定值的信号，于是F_{CB}的输出即减小，在关小B阀的同时，将使FCV调节器的输出增大，最后在低选器LS1的两信号比较过程中，逐步打开A阀，使主物料A恢复供应，直至FCA流量调节器重新正常工作为止。

根据以上的动作分析，可以看出这一调节方案具有选择性调节的功能，它表现在不仅是这一混合比值调节过程，各副流量在一定比值下随主物料流量的变化而改变，而且主物料流量还能随其他物料量供应不足的情况作相应的调整。除此以外，这一调节系统还具有能在某一物料量为零时自行停车，和物料量恢复供应时能自行恢复调节的功能。所以在原有的比值调节系统上增加了选择性调节，构成自动负荷调整配比方案以后，使得自动调节系统可靠性和应用范围扩大了。

第二节 几类选择性调节

从选择性调节方式的环节组成形式来看，为了实现工艺生产上所提出的逻辑规律，就少不了要采用以切换器或选择器为环节，通过它们来实现各种逻辑规律的限值调节。因此，可以这样说，识别选择性调节系统的方法是：第一从工艺操作上看，调节系统反映了工艺逻辑规律有选择性要求；第二是从组成调节系统的环节来看，方案中必有切换器或选择器。

由于选择性调节系统是在通常调节方案上，考虑了事故