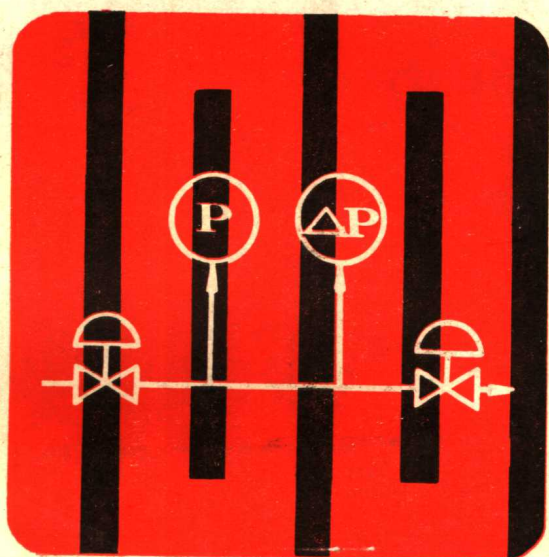




自动调节系统故障的 分析及处理 100 例

孙优贤 编

自动调节系统故障的 分析及处理100例

孙优贤 编

化学工业出版社

自动调节系统故障的分析及处理100例

孙优贤 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 $10\frac{1}{2}$ 字数230千字印数1-8,400

1982年11月北京第1版1982年11月北京第1次印刷

统一书号15063.3440定价1.10元

前 言

十几年来，编者有机会到全国各地有关工厂参观学习、调查研究，学习工人师傅和技术人员在自动调节系统设计、分析和运行方面的新鲜经验，并和他们一起进行化工自动化的技术革新。在这个过程中，逐渐积累了一些改进自动调节系统运行质量的实例，经过分析归纳和理论加工，并参考国内外有关资料，编写了这本《自动调节系统故障的分析及处理100例》。这些系统原先由于系统设计、仪表选型、参数整定、运行技术和操作管理等各方面的原因，使得系统无法正常运行，或者调节质量很差，不能满足工艺要求；或者经常出现故障，影响生产平稳操作；或者能量浪费较大，无法保证经济技术指标。通过故障的分析和处理，通过“病症”的“诊断”和“治疗”，使得这些系统都能顺利地投入运行，达到预定的品质指标，收到一定的技术经济效益。

编者按照自动调节系统的构成原理和各个环节之间的相互联系，将100例编成十一章。通过必要的归纳和适当的排列，使100例系统连贯。在介绍每一个实例时，基本上按照如下步序进行：

“问诊”：扼要地介绍工艺状况，指出自动调节系统存在的问题。必要时，进一步介绍问题的产生、发展和变化过程，给出外界扰动作用下的过渡过程曲线。

“诊断”：综合分析以上各种表现，应用“异病异治”、

“同病异治”、“异病同治”等方法，提出改进自动调节系统的具体方案。

“治疗”：对以上提出的改进方案，进行定性或定量的理论分析，论证改进方案的合理性和实现的可能性，然后付诸实现，给出运行结果或实际曲线。

编者希望通过这100个实例的分析、处理和改进，将现场工作和理论工作结合起来，使现场工作的技术人员和工人师傅，在自动调节系统的理论分析方面有所提高，对改进目前大量存在的无法投运或运行不好的系统，起到一点有益的作用，从而推进常规自动调节的水平，为老厂挖潜改造、为实现四化尽自己一点力量。

编者在编写《100例》的过程中，得到了周春晖同志的热情鼓励、指导和帮助，并在百忙中审阅了全部书稿，编者表示深切的感谢。同时，对于在各方面给以关心和帮助的蒋慰孙、林秋鸿、钱积新、俞金寿、沈先明、应以群等同志以及为编写《100例》提供了宝贵资料的同志们，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，本书缺点一定不少，甚至存在错误，敬请读者批评指正。

编者 1981.8.

本书介绍有关化工等企业自动调节系统的故障处理、改进和提高运行质量的 100 个实例。全书按照自动调节系统的构成原理和各个环节之间的相互联系，将 100 例编成了十一章。其中一至三章介绍有关总体设计和系统布局、方案设计和系统结构以及对对象特性和负荷变化等方面的问题；四至六章介绍有关参数测量和信号变送、阀门选型和使用维修以及调节规律和参数整定等方面的问题；七至八章介绍信号匹配和系数设置以及管理水平和系统保养方面的问题；九至十一章介绍相互关联和解耦控制、降低消耗和节能控制以及特殊现象和特殊调节方面的问题。

书中每一实例基本上都扼要地介绍工艺情况，指出自动调节系统存在的问题，必要时进一步介绍问题的产生、发展和变化过程以及改进的结果等，同时从理论上加以分析和总结。

本书对从事自动调节系统现场运行的技术人员及工人能起到交流经验、提高分析能力的作用，对现场改进无法投运和运行不好的系统能够给以有益的启示和帮助。本书可供从事化工自动化工作的广大技术人员和工人参考。

目 录

第一章 总体设计和系统布局方面的问题〔1〕—〔3〕	1
第二章 方案设计和系统结构方面的问题	15
一、被调参数选择不当〔4〕—〔7〕	15
二、调节参数选择不当〔8〕—〔11〕	31
三、辅助参数选择不当〔12〕—〔14〕	43
四、系统结构选择不当〔15〕—〔17〕	50
第三章 对象特性和负荷变化方面的问题	73
一、对象反应太快怎么办？〔18〕—〔19〕	73
二、对象反应太慢怎么办？〔20〕—〔21〕	77
三、对象具有死时怎么办？〔22〕—〔23〕	85
四、对象负荷变化怎么办？〔24〕	95
五、对象特性变化怎么办？〔25〕—〔26〕	100
六、对象特性不稳定怎么办？〔27〕	105
第四章 参数测量和信号变送方面的问题	113
一、测量元件选择不当〔28〕	113
二、测量装置设计不当〔29〕	118
三、安装位置选择不当〔30〕	123
四、测量方法选择不当〔31〕	128
五、传送滞后处理不当〔32〕	131
六、测量信号处理不当〔33〕—〔34〕	133
七、脉动信号处理不当〔35〕	137
第五章 阀门选型和使用维护方面的问题	140
一、调节阀选型不当〔36〕—〔42〕	140

二、调节阀压降太小〔43〕—〔44〕	156
三、调节阀阀芯故障〔45〕	161
四、调节阀阀杆滞涩〔46〕	169
五、定位器自持振荡〔47〕	172
第六章 调节规律和参数整定方面的问题	174
一、对比例作用的错误认识〔48〕	174
二、对积分作用的错误认识〔49〕—〔50〕	178
三、对微分作用的错误认识〔51〕	182
四、对共振现象的错误认识〔52〕—〔55〕	187
五、对均匀调节的错误认识〔56〕—〔57〕	205
六、对比值跟踪的错误认识〔58〕	211
第七章 信号匹配和系数设置方面的问题	215
一、配比器比值系数设置不当〔59〕	215
二、加法器比例常数设置不当〔60〕	219
三、乘法器比例常数设置不当〔61〕	224
四、微分器正反作用选择不当〔62〕	226
五、开方器平方关系考虑不当〔63〕	229
六、各个环节之间信号匹配不当〔64〕	233
第八章 管理水平和系统保养方面的问题	238
一、不了解设计意图〔65〕—〔66〕	238
二、不重视常规调节〔67〕—〔68〕	241
三、不注意日常保养〔69〕—〔70〕	245
四、不及时维护检修〔71〕	248
第九章 相互关联和解耦控制方面的问题	250
一、通过参数整定消除关联〔72〕—〔73〕	250
二、通过重新匹配消除关联〔74〕—〔75〕	256
三、通过工艺改革消除关联〔76〕	262
四、通过阻力分配消除关联〔77〕	265
五、通过比值调节消除关联〔78〕—〔79〕	269
六、通过解耦控制消除关联〔80〕—〔83〕	274

第十章 降低消耗和节能控制方面的问题	291
一、减少旁路流量〔84〕—〔86〕.....	291
二、改变调节手段〔87〕—〔89〕.....	296
三、改变调节方案〔90〕—〔91〕.....	302
第十一章 特殊现象和特殊调节方面的问题	306
一、飞动现象〔92〕—〔95〕.....	306
二、突变现象〔96〕—〔98〕.....	314
三、积分饱和〔99〕—〔100〕	322

第一章 总体设计和系统布局方面的问题

在近代石油、化工生产中，各个生产设备都与前后的生产设备紧密地联系着，各个设备的生产操作也是相互联系、相互影响的。因此，在进行总体设计和系统布局时，应该比较全面地考虑各个生产设备之间的相互联系，比较系统地综合各个生产操作之间的相互影响，比较合理地安排各个调节系统的控制流程，从生产过程的全局出发去分析问题和解决问题，从物料平衡和能量平衡关系去设置各个调节系统，克服头痛医头、脚痛医脚、只顾局部、不顾全局的设计方法，不然的话，就会使整个系统的布局出现顾此失彼的现象。

〔1〕 闪蒸塔自动调节系统

加氢裂化装置的分离系统由五个塔组成，见图1-1所示。原料油经过加氢裂化之后，先送至闪蒸塔，在这里将裂化气进行初步分离：轻组分作为气相由塔顶排出，再经后续三个塔，分离成 C_4 、 C_5 及煤气三种组分；重组分作为液相从塔底抽出，并送至主塔进一步分离成汽油、轻油和重油。

这个闪蒸塔，从生产上来说不是关键设备，它不出产品，是一个初步的分离装置，因此控制要求不高。根据这样的认识，对整个闪蒸塔的自动调节系统，作了如下安排，见图1-2所示。在现场应用中，各个调节系统还是能正常运转的，而且闪蒸塔操作岗位的管理人员，也认为各个系统的设置是合理的、满意的。

但是，经过一段时间的运行考验，发现整个五塔系统的

分离效果很差，生产很不平稳，严重时不得不停止运转。

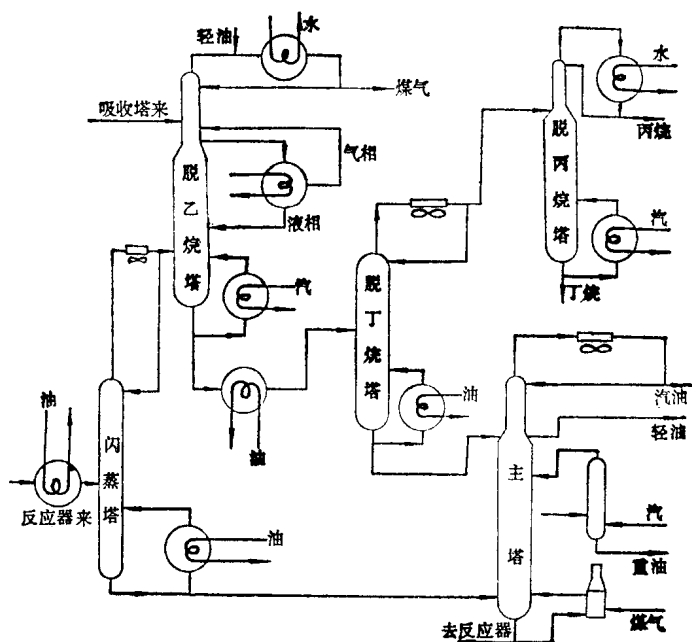


图 1-1 五塔分离系统图

通过反复的观察和分析，终于找到了“病因”。发觉原来认为闪蒸塔不是关键设备的看法是片面的，由于这种不正确的看法，降低了对闪蒸塔的控制要求，因而使分离的第一步就不够稳定，致使后续工序难以正常运转。从五个塔的整体出发来分析问题，应该以保持闪蒸塔的平稳操作和保证比较恒定的塔顶和塔底出料为目的，只有这样，才能有利于后续四个塔的正常工作。从进一步的观察中可以知道：闪蒸塔的出料极不平稳，主要原因是由于进料换热器和顶部风冷器

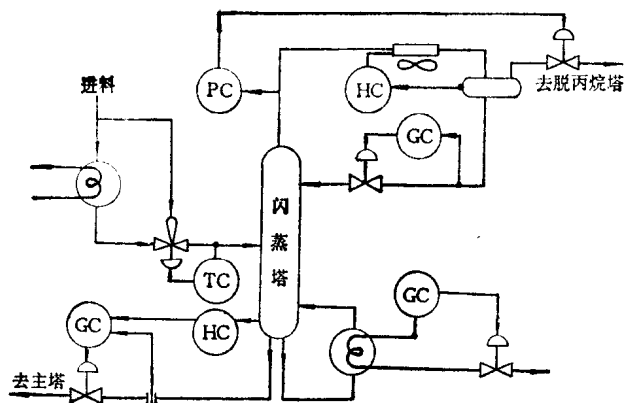


图 1-2 闪蒸塔自动调节系统方案之一

的波动太大。进料虽然设计了三通调节阀，但操作人员认为将冷料旁路进塔，是对热量回收的极大浪费，坚持不予采用，因而从进料带入塔内的热量有较大的波动。风冷器的干扰也比较大，而且多属周期性的，因此，回流温度的变化可达 30°C 。在这些干扰作用下，闪蒸塔顶和塔底的出料，在数量和质量上都有较大的波动。这些干扰因素，在原有的总体设计中，没有引起足够的重视，因而导致整个五塔系统操作不稳定。

总括起来看，由于以上这些干扰，使闪蒸塔的热量得不到平衡，因此，搞好整个塔的热量平衡是解决这个问题的关键。根据这一认识，在总体设计时，以计算热焓调节为主，以物料平衡调节为辅，修改后的系统布局如图 1-3 所示。在热焓计算中，先算出进料中的热焓及再沸器的加热量，然后核算总热量是否满足进料的需要，最后，将过多或不足的部分，折合为再沸器的加热油油量，送至热油调节器的给定

值。在物料平衡计算中，先按静态平衡，从进料量求出塔顶的采出量，再按塔中温度修正，送至塔顶采出调节器作为给定。

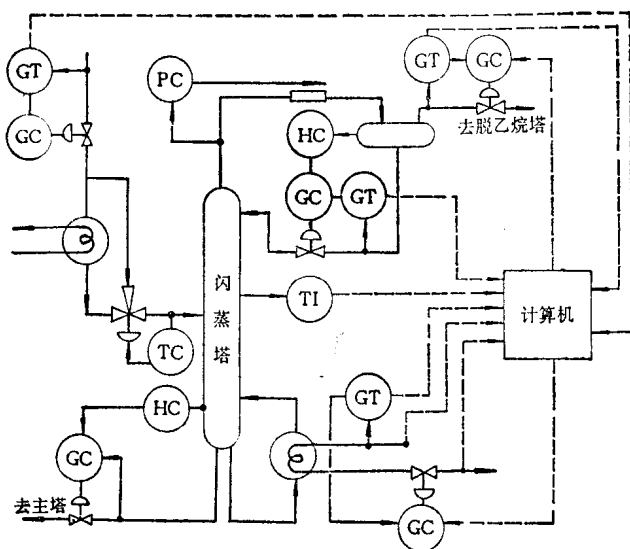


图 1-3 闪蒸塔自动调节系统方案之二

以上两项计算都是数字计算机完成的。这个改进之后的方案实施之后，提高了五塔系统生产的平稳程度，提高了各塔的分离效果。

〔2〕 脱苯回收塔自动调节系统

丙酮、苯酚装置应用目前较新的工艺异丙苯法，生产重要的有机原料苯酚和丙酮。生产过程的第一阶段，是用无水三氯化铝作催化剂，使丙烯和苯作用生成异丙苯。在实际生产中，丙烯和苯作用后生成的烃化液，除含有异丙苯外，还含有大量的苯和其它组分，苯和其它组分对生产苯酚和丙

酮是不需要的，必须把它除去和回收，为此须把烃化液进行精馏，以得到合格的异丙苯。脱苯回收塔是烃化精馏岗位的龙头。该塔的进料为烃化液，其组分为50%的苯，30%的异丙苯，15%的二异丙苯，2%的乙苯，3%的其它高沸物。塔顶产品为苯，含少量乙苯和异丙苯，异丙苯一般不应超过1~3%。塔底产品为异丙苯，二异丙苯及其它高沸物，苯不应超过0.2%。因为异丙苯是生产苯酚和丙酮的原料，所以该塔以塔底的出料为主要产品。脱苯回收塔具有60块塔板，常压操作，回流比 $R=1$ 。

为了确保整个塔的分离效果和烃液精馏岗位平稳操作，原设计用蒸汽流量控制塔釜温度，用塔底采出维持塔釜液面，用塔顶采出调节储槽液面，并采用定回流定进料，企图将一切干扰排除在入塔之前，见图1-4所示。可见，这是一个典型的分兵把口的系统布局。

这个系统在现场投入运行之后，发现有两个问题：其一是，在外界干扰作用下，塔顶温度在80~100℃范围内变化，而塔底和塔中温度只改变2~4℃，这就说明脱苯回收塔虽然塔釜出料是主要产品，但是，能反映该塔工况的温度却在精馏段，而不在提馏段，加之该塔为定回流调节，所以，在蒸汽波动的情况下，不能及时地改变回流量，以建立新的物料平衡；其二是，采用这一系统布局，脱苯回收塔很难操作平稳，在蒸汽压力干扰下，塔底温度根本无法保证，进而影响到整个烃液精馏岗位的生产操作，时常出现出料不合格，甚至有时出现回蒸的现象，严重影响生产。

对于提馏段反映不灵敏的问题，提出用精馏段温控，代替提馏段温控，用精馏段温度调节去保证提馏段的产品质量，改变原设计“头痛医头，脚痛医脚”的做法。那么，用

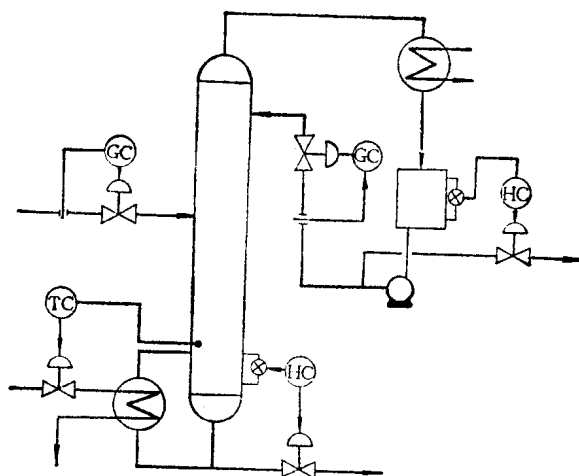


图 1-4 脱苯回收塔自动调节系统方案之一

精馏段温控能否确保塔顶、塔釜的分离效果呢？为此，根据脱苯回收塔的实际操作工况，对该塔在正常温度下、在回流比 $R=1$ 、 $R=0.79$ 时的分离效果进行了逐板计算，计算的结果见表1-1所示。从表1-1可知，采用精馏段温度调节，能确保该塔的生产操作符合工艺要求，塔顶和塔底产品都能达到规定指标。精馏段温度调节系统见图1-5所示，图中串级调节系统的副回路是为了克服出料泵的非线性特性，这样有利于塔顶温度的平稳控制。

对于蒸汽压力干扰下产品不合格的问题，曾用过蒸汽压力定值调节的办法。但是，这种系统布局的办法，实际上还是分兵把口的办法，没有考虑精馏塔各个部分之间的密切联系，没有考虑进料量、回流量和蒸汽量之间的相互影响。因此，在处理量增大或减小、在烃化液组分变化的情况下，蒸汽压力定值调节仍然不能适应烃液精馏岗位稳定操作的需

表 1-1 分离效果的计算结果(塔顶温度控制在83℃)

回 流 比	部 位	组 份 分 配 情 况 (%)			
		苯	乙苯	异丙苯	二异丙苯
R = 1	塔 顶	100	100	0	0
	塔 底	0	0	100	100
R = 0.79	塔 顶	100	99	0.05	0
	塔 底	0	1	99.95	100

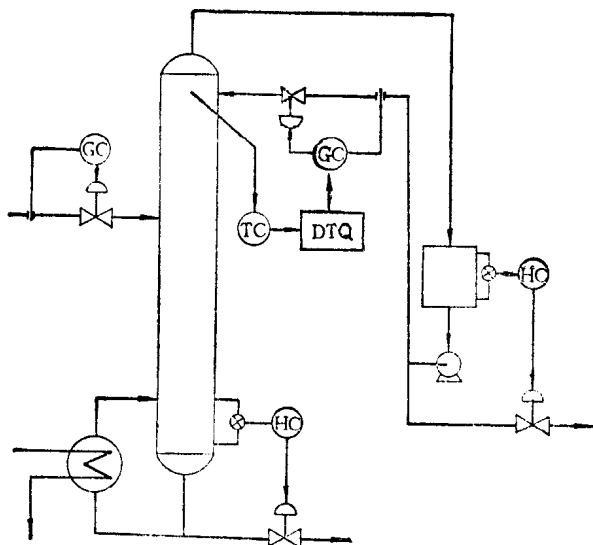


图 1-5 脱苯回收塔自动调节系统方案之二

要。通过反复的观察发现：当进料量增大或进料中苯含量增多时，塔顶温度降低，回流阀关小，严重时渐趋关闭。这样

在没有回流的情况下，时间一长，严重影响分离效果，塔底质量显著下降。这时，解决的办法只有适当提高塔釜的蒸汽压力。反之，当进料量减小或进料温度升高时，回流阀开大，严重时阀门全开，温度仍高于给定值。这时，解决的办法只有将塔釜蒸汽压力适当降低，就能恢复正常。由于烃液精馏岗位操作的需要，进料量、进料组分和进料温度是经常改变的，为了适应这种改变的需要，蒸汽压力必须随着进料量和进料组分的改变而变动，然而，进料量和进料组分的改变又反映在回流量的大小上，所以，只需根据回流量的变化，适当修正塔釜蒸汽压力，就能保证塔的正常生产。

根据以上分析，提出了用回流量信号的变化去修正蒸汽压力，使塔顶和塔釜在调节过程中互相联系，以实现综合协调的系统布局。塔顶温度调节系统和塔釜蒸汽压力调节系统之间的联系，是通过前馈补偿器DTQ实现的，见图1-6所示。通过对象动态特性的测试，获得调节通道的特性为：

$$\begin{aligned} G_0(s) &= \frac{K_1}{T_1s + 1} e^{-\tau_{1s}} \\ &= \frac{0.56}{10s + 1} e^{-2s} \end{aligned} \quad (1-1)$$

干扰通道的特性为：

$$\begin{aligned} G_F(s) &= \frac{K_2}{T_2s + 1} e^{-\tau_{2s}} \\ &= \frac{3.1}{13s + 1} e^{-2s} \end{aligned} \quad (1-2)$$

所以，前馈补偿器的特性为：

$$G_{FF} = - \frac{G_0(s)}{G_F(s)} = - \frac{K_1}{K_2} \frac{T_2s + 1}{T_1s + 1} e^{-(\tau_1 - \tau_2)s}$$