

自动化丛书

生产过程的集中检测

〔苏联〕И. М. 申勃罗特著 周順昌译

上海科学技术出版社

生产过程的集中检测

〔苏联〕И. М. 申勃罗特 著

周顺昌 译 黄 淞 校

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远
程学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书
主题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編
写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书叙述生产过程集中检测装置的作用原理及集中检测
系統的主要部件,并介紹苏联和其他国家的产品的性能。
可供自动化工程技术人員及大专学生作参考。

ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

И. М. Шенброт

Госэнергоиздат • 1961

自动化丛书(22)

生产过程的集中检测

周順昌 譯 黃 淞 校

自动化丛书編輯委员会主編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 3 排版字数 65,000

1963年10月第1版 1963年10月第1次印刷 印数 1—3,500

統一書号 15119·1746 定价(十二) 0.36 元

前 言

在現代化学工业、石油提炼、热电站和国民經济的許多其他部門中,若是缺少測量仪表而要控制生产过程是不可能的。为了正确瞭解生产过程进行的情况,需要測量反映过程特性的大量参数。操作人員根据仪表度盘上的測量結果,在产品的某一指标(如产品质量或数量)偏离要求的数值时,便启动控制机构,使生产过程恢复正常。

控制生产过程并不一定需要人来参与。如果所有起始参数都可以直接測量,而且它們与要求的輸出讀数間的关系又是十分簡單明确的,那末,在測量仪表和控制机构間設置自动調节器,就可以实现生产过程的自动控制。对于复杂的过程,控制作用就要依靠计算机来給出指令。当生产过程失調发生得很快,以致人的反应速度不足以維持系統稳定时,就必须使用自动控制。但是在現代工业中,大量工艺設備要实现全盘自动化暂时还不可能。这是由于生产过程本身很复杂并且缺乏确切的控制規律。同时因为这些过程进行得比較緩慢,可以由人来进行控制。人能够照顾到許多因素,主要是測量仪表的指示,并且能对自己的工作負責。

热电站、石油提炼厂、許多化学、食品及医药产品的生产装置和某些金属的冶炼設備至今还没有实现全盘自动化。茲試举石油提炼装备的控制为例,其示意图如图 1 所示^[5]。在控制过程中,除了产品的质量外,所有参数都能自动調节。产品质量是由工厂實驗室分析确定的。把分析結果每天或每班通知工作人員一次,工作人員根据分析結果来改变調节器的

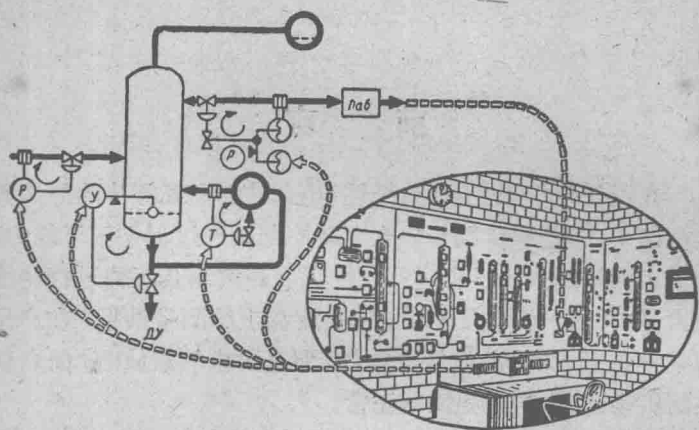


图1 石油提炼设备的控制过程示意图

Лаб—实验室；Y—水平；P—流量；ΔY—位移；T—温度

定置值,尽量使产品质量达到最高要求。

如果要求提高生产率和技术经济效果,必将使工业设备复杂化,同时使其体积增大。在新的大型设备中,工艺过程之间有着密切的联系,因而不能由某些独立的工作人员来操纵。要了解生产过程,必须将大量测量仪表安装在一起。为使对仪表的需要量有一个大体的概念,可以举出下面的事实:一个现代化大功率热电站要用几百台测量热和电量的指示仪表,几十台自动记录仪(其中包括多点记录仪)和一千多个讯号指示灯等等。

自然,工作人员很难从这么多的仪表读数中得出过程进行的清楚概念。甚至被测参数变化很慢时,也感到困难。由于读取各仪表读数的时间不同,使周期性的记录仪读数在很大程度上失去了本身的意义。工作人员因在配电登记表上单调地誊抄仪表读数引起疲劳,这往往是造成错误的原因。

由于要得出控制过程的最佳方案，需要綜合比較各仪表的讀数，并且要作許多計算來說明它的作用，这些工作所需時間之多使其結果失去时效。

为解决自动檢測問題，人們作了各項努力，促进了集中檢測这門新技术的发展。

现代集中檢測系統不需要大量指示仪表，而用訊号指示和記錄工作失常的方法来代替所有被測参数的連續讀数，用更精确的多点数字記錄来代替少量的記錄仪。这种新技术不仅可以有效地监督生产过程，而且成功地应用于科研工作。这些科研工作正积累着宝贵的資料，用来校正工艺过程。这种研究的益处是难以估价的，因为在大型石油精炼工业、化学工业、热电站設備中，即使是产品质量提高不大、产品数量增加不多或者生产效率提高并不显著，也能大大节省原料和燃料，减少基本設備的需要量。在較短的时期內所節約的資金就能超过集中檢測裝置本身的成本。

集中檢測裝置的另一个重要任务是为控制計算机进行数据收集和处理。集中檢測裝置在这一方面和控制計算机本身一样，目前尚处在发展和应用的初期。

苏联第一次試制集中檢測裝置是在 1935 年。在 1938~1939 年間，莫斯科动力学院，Ф. Е. 切姆尼柯夫領導了 ДИКО 型系統的設計工作，該系統用于檢測和調節煤的地下气化过程，也用于当时所設計的苏維埃宮的空气調節^[12]。工业用集中檢測系統的設計是由几个研究机关在 1956~1957 年間开始的。第一台集中檢測裝置 MAPC-300 在 1958 年用于一个合成橡胶工厂中。在 1959 年 MAPC-200P 型裝置曾安装在莫斯科“紅色勇士”工厂用于檢測橡胶硫化的热过程。同年又完成了两台裝置的設計：MAP 和 9ЛРУ，用在斯大林諾高尔

斯克化学联合企业中。現在苏联已經組織了集中檢測裝置的工业生产。

当前,不論在苏联还是其他国家,都在大力开展新的檢測裝置的試制工作,目的在提高这些裝置的可靠性、速度、灵活性,并扩大檢測裝置的功用。

目 录

前 言

第1章 集中检测装置的功用	1
1. 装置的用途	1
2. 失常报警	4
3. 选点测量	7
4. 测量数据的计算处理	9
5. 讯息的记录	11
第2章 集中检测装置的结构	16
6. 装置的一般结构	16
7. 检差单元	21
8. 数字记录系统	23
第3章 集中检测系统的部件	28
9. 变送器和一次转换器	28
10. 输入切换器	34
11. 比较线路	40
12. 数字转换器	45
13. 记忆、计算及程序线路	53
14. 输出装置	63
第4章 工业用集中检测装置概述	70
15. 苏联设计的装置	70
16. 其他国外生产的检测装置	75
参考文献	85

集中檢測裝置的功用

1. 裝置的用途

集中檢測裝置的主要用途是用最經濟的辦法把被測過程的數據彙集到一個中心站,並加以整理,使人能直接了解這些數據或者準備把它們送到計算機去。

圖 2 是獲得和處理生產過程數據的方框圖。在工藝設備的測量點裝有被測參數的變送—轉換器,在它們的輸出端獲得能夠單值地反映參數的電訊號(有時是氣動訊號)。這些訊號從變送器進入集中檢測裝置,它不斷將所得數據進行處理,並為操作人員或控制機提供訊息。

用來直接作用於被測過程的訊息可以稱為操作訊息。

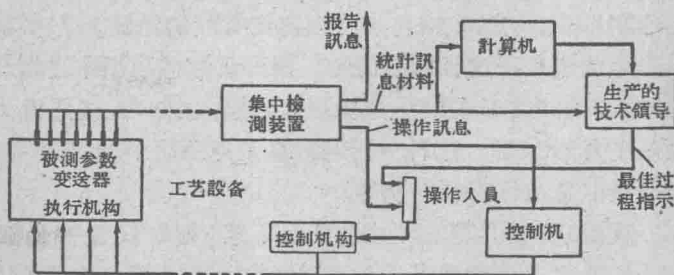


圖 2 生產過程數據處理總圖

如果由人來控制生產設備，則操作訊息應用使人便於閱讀的形式表示出來。人在接受訊息方面的能力在體力上有一定的限制，所以集中檢測裝置不應簡單地把所有測得參數的數據都彙總給操作人員，而應對這些數據進行適當地選擇。集中檢測裝置輸出端的操作訊息比測量數據少得多。輸入到計算機去的操作訊息是以數碼形式表示的電訊號，所以與控制機聯合工作的集中檢測裝置的主要作用是將所有被測參數的數值轉換成數碼形式。通常參數數碼是串行輸出的，輸出頻率根據被控制過程的動態要求而定。

對於絕大多數生產參數來說，連續指示測量結果並不方便，更合適的是當參數達到預定臨界值時發出訊號，以引起操作人員的注意。而在其他時間，參數值可以用“選點測量”方法，即操作人員把測量儀表接到所選點上來讀取讀數。無論在“越限報警”或是“選點測量”時，都可以配以連續式或數字式記錄儀表。

最後，由集中檢測裝置自動算出的綜合性技術經濟指標，可以組成大量操作訊息。這些指標應當為操作人員指出過程的質量並為調節提供依據。

集中檢測裝置除了提供操作訊息外，還有選擇和記錄數據的作用；根據這些數據將來可以得出有效的結論。該類訊息也是為改進生產過程所必需的，但要从這些數據中得出有效的結論，必須在長時間里分析測量結果，例如幾小時、幾天甚至幾個月的時間。這種分析時常總是與所需平均值有關，所以該類訊息被稱為統計訊息。

一般說來，操作訊息不需要記憶下來（記憶僅起輔助作用），而統計訊息在原則上是必須記憶的。大多數裝置都不作統計訊息的運算處理，因而在它的輸出裝置中應將訊息記錄

下来。統計訊息的輸出形式取决于它将被进一步处理的方式。当采用计算机时,特别是假使訊息保存時間不长,就可以直接利用计算机里的記憶装置进行記憶。如要長時間保存統計訊息,可以使用計算技术中通用的穿孔卡、穿孔帶和磁帶。

为要将統計訊息用表格形式来表示,使人們便于閱讀,时常将它記錄在紙上。虽然参数与時間或其他参数的变化关系图表看起来很明显,但是为了同时記錄大量参数,并希望提高精度,几乎全部用数字表格形式来記錄。集中檢測装置不同于連續記錄的單点或多点自动記錄仪,它是在預先定置的時間間隔內周期地重复記錄,并且在某些情况它能自动地指出記錄時間,例如当参数发生偏离时或偏离消失时自动指出時間。

利用操作訊息和統計訊息可以确定改进生产过程所需控制作用的性质,但在某些場合还需要“總結性的訊息”,例如关于品种、产量、原料耗損、燃料、电能等的資料。这些資料要送到上級机关或消費者,并由工厂管理机构进行統計核算。

“總結訊息”的記錄形式和統計訊息一样,但为消費者作的表格上,数据不是全印在一張总表上,而是对每种或每組产品作单独的表格。

以操作訊息为主要輸出的連續檢測装置在工业上广泛地推广。它們安装在固定的地方并且可以象通用机一样設計成某种工业专用的設備。这些装置的檢測点数可以多到几百点,并且規定与标准变送器連用。对連續檢測装置的主要要求是可靠性和使用簡便,測量精度在 $0.1\sim 1\%$ 之間,有时甚至达 $2\sim 5\%$;报警可能延迟几分钟,甚至几十分钟。在記錄时測量一点与下一点之間的時間間隔情况也相同。選擇数字記錄装置时,特別要注意記錄讀数閱讀便利。

研究复杂工艺过程或复杂結構的装置,在某些功用方面

和生产过程集中控制装置很相似。它們用于試驗新鍋炉及噴气式和活塞式发动机、风力試驗筒中的飞行結構以及处理靶場射击結果,研究工艺过程等。这些装置的任务是記錄大量反映过程特性的参数。研究用的檢測装置通常的試驗持續周期時間不长,而对本身測量参数的精度和各点測量的同步程度要求很高。对測量同步要求高是由于被研究的过程可能比人工操纵檢測的工艺过程要快得多。

通常这类装置的測量精度达 0.1% ,而在几百点測量点中各点記錄時間間隔不超过几秒钟。这类装置通常做成通用型的并便于运输。由于装置的工作程序是不固定,必須在結構上考虑到程序的灵活調节和与各种参数的变送器配合使用的可能性。檢測点数平均为 $10\sim 50$ 点,最多到几百点。

当要求結果仅是总结性的訊息时,同样也制造专用型装置,例如記錄混合物成分的专用装置,在卷筒紙带上打印的专用机和其他专用机等。这一类系統与連續檢測装置相比,有以下的一些特点:檢測点数少(数十点)、对可靠性和速度要求不高、可以人为輸入某些数据以及采用专打較小表格的打印装置。

2. 失常报警

目前大多数工艺过程是有人参与控制的,由于集中檢測装置的主要任务是为人控制提供操作訊息的,其主要形式是在生产設備工作失常时发出訊息。

每一个被测参数的基本变化范围可以分成几个区域(參閱图 3)。其中 A 定为正常值区, A 区界限外可能是非理想值区或禁值区。例如 B_1 、 B_2 为非理想值区, C_1 、 C_2 为禁值区。

如果参数处于 A 区,則按規定将不发出訊息,使操作人

員安心工作。当参数轉入 B_1 区 (点 1) 或 B_2 区 (点 5) 时, 則接通报警訊号, 引起操作人員注意。由于参数轉入 C 区时将发生危險, 所以参数处于 B 区的状态和处于正常状态时不同。如果参数終于轉入 C 区 (点 2 和点 6), 則装置发出事故訊号, 要求操作員立即进行防止。在接通事故訊号时, 常同时使防护設備动作。

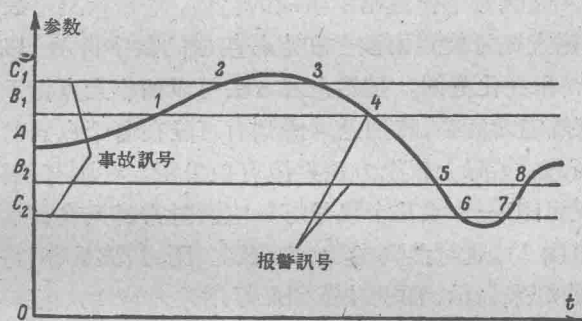


图 3 被测参数的变化区域

图 3 所示是一般情况, 当参数由上至下或由下至上都有报警和事故限值。

事实上大多数場合下只需一次报警已够, 即 B 区和 C 区合并一起。許多参数只有单方面的界限: 例如, 透平或水泵的軸承温度达到上限危險值时才有必要发出訊号, 而对冷却液的流量來說就只有下限。

在检测装置中, 应常預見到使用过程中可能改变定置值 (区域界限)。对大多数生产設備來說, 希望在所有被测点上都可以独立地标定定置值。但也有一些設備, 在那里需要测量大量同一类型的参数, 例如原子反应堆的大量通道中被测参数都是温度。由于被测参数是同一类型的, 因而必須共同

定置报警值，即对所有被测点或一组被测点使用一个调节旋钮。

当参数超过定置限值（1、2、5、6点）时，声和光讯号就同时接通。声讯号只是为了引起操作人员的注意，使他可以立即用手断开电路。

警告讯号一般用铃讯号或锣声，而事故讯号则随伴发出警笛声。光讯号不仅应指示事故的性质，还需指出事故的地点。原则上还可使用由数字和点号组成的数字指示，以表明发生地点和变化范围。虽然上述方法可以缩小光点指示板的尺寸，但是它太复杂，特别是考虑到有可能在若干点同时发生偏差，所以，实际上以上方法并没有被采用。在现有系统中，常在每点引出一个或几个讯号灯。它们时常排列在设备的流程图上（图1）。这时主要参数（如：温度、压力、流量等）将用一定颜色的灯来表示，而变化范围最好用发光特性来区别。例如：报警讯号是用平稳不变的灯光，而事故讯号用忽闪灯光来表示。

有时必须从许多已经处于正常区以外，经过了一段时间的各点中选择出刚发生偏差不久的某一点，在这种情况下也利用忽闪灯光，它需经操作人员消除以后，就变为平稳灯光。

当进行失常数字记录时，常在参数进入C区时和离开C区时（即图3中2、3、6、7各点）接通打印。关于记录过程的具体形式将在下面详细谈到（参阅第5节）。

有时提出要求要在参数处于C区的整段时间内对它作周期性的记录。这时正确选择记录周期是很重要的，因为周期太长就有可能遗漏重要讯息，而周期太短会使表格过多地填满不必要的数字，从而使它的尺寸大得无法容纳。通常用单点或多点模拟式记录仪记录在C区的参数；在整个越限期

間仪表將自動接到被測點上。

在許多裝置里，檢差單元也用來作自動校正被測過程。如果裝置用於檢測同類比較簡單的被控制過程，則報警系統接到二位或三位調節器上，使被測參數保持在比 A 區更窄的範圍里。檢差單元的輸出訊號送到放大器上，使功率放大到足以控制執行機構的程度。在某些設備里，如參數發生很大偏差，會引起危險的後果，這時，檢測裝置在參數進入 C 區時，就自動接通保護裝置（例如使生產過程停止），以避免發生事故。

3. 選點測量

在集中檢測裝置里，對每個測量點不是採用單獨的指示仪表，因此一個或幾個指示測量仪表必須配上大量裝在檢測點上的變送器。如果被測參數（也就是變送器）在所有各點上都是同一類型的，則配合很容易實現，所有各點的測量結果可以在一個仪表度盤上讀出。但是，在大多數設備里，必須檢測大量變化範圍不同的參數。例如，在熱電站里所用到的仪表度盤數目，可以達 100 個。自然，要把這麼多的度盤裝在一個甚至幾個指示仪表上是不可能的，更不用說要利用它們了。

利用一個指示仪表要測量大量不同的參數，可以採用幾種辦法。第一種辦法是被測參數值不按工程用單位讀數，而是採用相對單位，並且在仪表中用一個度盤，以數字從 0 到 100 分度。要取得常用單位來表示的參數值（例如測量壓力用大氣壓，溫度用攝氏幾度等）就得用曲綫或校對表，而當仪表偏轉和參數成綫性關係時，就用換算系數。這個辦法很容易實現；但是它的全部優點也僅限於這點。一般可認為，對於操作人員來說，測量單位本來是無所謂的，他可以很容易地習慣

任何假設的单位。

另一个办法是选点测量时使测量仪表自动替换刻度盘，例如旋轉一个带刻度的圓筒。当刻度数目很大时，这种办法在机械結構上很难实现，就要求增大仪表的尺寸了。

比較完善的办法是采用数字指示法。数字指示器有几个小窗口，每一个窗口的数字或符号可随被测参数值相应地变换。在右边单独分出的小窗口显示测量单位的字母标记。数字指示还有其他优点：指示装置在面板上占地位較小，而讀数精度很高，和测量精度一致（从二位到四位十进制数），并且避免了讀数的視差。

最簡單的选点测量办法是插銷式配綫，即对应每一个被测点有一个插孔，而操作人員把仪表插銷接到被选点的插孔上。插孔位置同时也表示了在哪一点进行测量。这种办法本身可避免把仪表誤接到几个点上去。

如果仅用一个测量仪表，則可采用电鍵装置将仪表接到所选被测点上。在电鍵装置里相应于每十个測点有十个鍵。这里必須有机械式或电动式連鎖，以避免在十点中同时有一个以上的电鍵接通。

比較緊湊的选点办法是用電話盘来撥号，虽然要求电路比較复杂些，可是这种办法选点必須自动指示。这点在有数字参数指示时容易做到，且所选該点的号码可以在指示装置的附加窗口里指出。可以用按鈕或撥“清除”号码来清除讀数。

在許多集中檢測装置里采用模拟記錄仪来記錄选点测量的結果；操作人員可采用上述任何一种方法来檢測某一点。

在帶有数字記錄的檢測装置里，操作人員在必要时能将其中一点或所有各点的参数值記錄下来。在某些装置里可将

处于 C 区内的所有各点的参数数值都打出来,有时可以对处于报警临界值的各点同样进行选点记录。

在法国和西德通行的集中控制装置里,常采用一只电子射线管连续指示所有各点的参数值^[25, 38, 47]。用屏上射线迹的长度来表示参数值,射线迹互相平行或沿半径分布,并为便于读数,将它们分成组(参阅图 39)①。虽然这种指示结构紧凑,但仅仅在测量同一种参数时才方便,而读数精度不超过 $\pm 2\%$ 。

4. 测量数据的计算处理

测量数据有效处理的问题和计算的过程有关,而随着集中控制技术的发展,计算的数量和复杂程度日益增长。在客观规律中应当进行与各种不同物理量相关的数学运算。

由检测装置自动进行运算的有两种基本类型。第一类是计算参数的现时值。在检测装置里处理的不是直接被测的物理量,而是电讯号。而电讯号往往不仅是被测参数的函数,而且也是其他参数的函数。在大多数场合需要排除或至少也得考虑其他参数附带的影响,把主要函数线性化。然后按比例地将电讯号放大或缩小,使所得结果落在所选取的刻度范围内。因此,在某些比较明显的表达式中任一参数输入到装置中必然带一些计算工作。例如,为了获得与液体或气体流量成比例的电讯号,人们就测量浸在液流中孔板上的压力差。对于不可压缩的液体来说,以重量表示的流量 G 和差压 $p_1 - p_2$ 之间有下列关系式

$$G = \alpha F_0 \sqrt{2g\gamma(p_1 - p_2)}$$

式中 g ——自由落体加速度;

① 原书误为图 40。——译注