

平爐自動調節

上 冊

M.K. 米 欣 B.K. 郭 林 著

重工業部工業教育司 譯

冶金工業出版社

平 爐 自 動 調 節

(上 冊)

M. K. 米欣 B. K. 郭林 著

重工業部工業教育司 譯

冶 金 工 業 出 版 社

本書总结了冶金厂中平爐自动調节的經驗，簡短地闡釋了調节的理論問題，列举了平爐各个自动化环节的調节系統，並敘述了調节器的構造和工作。本書的对象是冶金厂的工程师和技术人員。

中譯本分上下兩册出版：上册敘述平爐自动調节的基本理論，各种自动調节器、执行机构、調节机构和特殊器械。下册敘述爐腔压力的調节、燃燒过程的調节、按爐頂温度进行的平爐热制度調节，平爐火焰換向的自动控制和平爐的热檢查和自动調节系統。原書附录全部附在上册內。

本書上册由重工業部工業教育司王霏、歐陽惠霖、申濟湘、刘硯田四同志集体譯校。

М.К.Михин и В.К.Горин

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Металлургиздат (Москва—1953—свердловск)

平爐自动調节 (上册)

冶金工业部工业教育司 譯

1956年2月第一版 1958年5月北京第二次印刷1,400册 (累計2,443册)

787×1092 • 1/25 • 272,000字 • 印張9¹⁵/₂₅ • 定价(10) 1.80元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0357

冶金工业出版社出版 (地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 錄

序 言	5
第一章 平爐的自動調節	9
基本概念	9
作為調節對象的平爐	18
調節系統的滯後	20
調節過程和調節器的特性	25
調節器的不靈敏度和變動度	30
調節器型式的初步選擇	32
調節過程的方程式及其分析	35
被調節參數最大偏差值的確定	41
計算調節過程的近似方法	43
用分析法求 ε 和 ρ	43
求調節器的參數	48
調節過程的穩定性	51
第二章 自動調節器	58
調節器的分類	58
壓力調節器	60
噴流式壓力調節器	61
噴流式壓力調節器的整定、調準和修理	72
PAM—2 型壓力調節器	76
PAM—3 型壓力調節器	80
THCK 型自動記錄式兩用壓力計	91
PAM—35 型調節式壓差計	92
PAM—35 的起動	96
比值調節器	97
噴流式比值調節器	97
GPC—67 型電子比值調節器	101

儀器的調準	108
ӨРК—77 型電子流量調節器	108
ДМ—218 型膜片發送器	109
溫度調節器	112
氣力調節電位計	113
電位計的整定和調準	114
電動溫度調節器	115
電子電位計	118
HP—130 型再調調節器	140
HP—130 型調節器的整定	146
平爐火苗換向調節器	149
觸點毫伏特計的整定和調整	153
ӨРМ—47 型電子溫度調節器	155
第三章 執行機構、調節機構和特殊器械	160
執行機構	160
液壓執行機構	160
電動執行機構	163
調節機構	176
特殊器械	182
HPӨ—94 型電子變換器	183
遠距離控制旋塞	193
自動關斷閥	195
發令器	199
繼電器	202
附 錄	212
參考文獻	224
名詞對照表	253

序 言

十八世紀下半葉最偉大的技術發現——蒸汽機的發明及在工業上的應用——是自動調節技術發展的開端。

在卓越的俄羅斯機械師、天才的發明家 И. И. 波爾宗諾夫 (И. И. Ползунов) 於 1765 年製造的第一部蒸汽機上，裝有第一部能工作的蒸汽鍋爐水面自動調節器。И. И. 波爾宗諾夫的調節器使被調節參數值（水面）和調節機構（鍋爐的給水閥）位置間具有單值的關係，即它是個定位調節器。

後來在 1784 年，英國發明家傑·瓦特 (Д. Уатт) 提議在蒸汽機中採用具有定位特性的離心式角速度調節器。

由於十九世紀機械製造技術的發展，蒸汽機功率和速度的提高，無論在選擇調節器型式或選擇調節系統上都產生許多新的問題。直接作用在蒸汽機調節機構上和按照負荷來供給蒸汽的普通離心式直接調節器已經不能保持蒸汽機衝程的速度恒定。

簡單地加大調節器的幾何尺寸或只根據臆測而作某些改良，常常不僅得不到預期的結果，而且反而招致機器的損壞和嚴重的事故。

這就很明顯：如果製造調節器的原則沒有認真的理論根據，蒸汽技術的進一步發展就要受到嚴重的阻礙。

第一篇出色的調節器理論著作是由天才的俄羅斯數學家 П. Л. 切貝雪夫 (П. Л. Чебышев) 在 1871 年寫成的。П. Л. 切貝雪夫很好地體驗到當時技術的實際需要，在他的著作《論離心式調節器》中不僅為他在理論上計算出來的用以保持蒸汽機衝程速度恒定的調節器模型提出了理論根據，而且還擬製了這一模型。

只有在自動調節的科學理論奠基者——卓越的俄羅斯科學家 И. А. 維什涅格勒茨基 (И. А. Вышнеградский) 的經典著作在 1873—1878 年中發表後，調節器的作用才有正確的理論解釋。

И. А. 維什涅格勒茨基的著作奠定了現代自動調節理論的主要方向。

И. А. 維什涅格勒茨基指出，不能只從靜力學的立場來研究自動調節器，必須主要從動力學的立場來研究它；他首先研究直接調節的穩定性在工程上的問題，並導出必要的方程式和提出實際的建議，從而為現代所有的分析自動調節系統穩定性的工程方法奠定了基礎。

И. А. 維什涅格勒茨基給出第一個判斷非週期穩定性的準繩，並提出調節器參數在穩定範圍和不穩定範圍內的第一個圖解。

И. А. 維什涅格勒茨基在幾十年中的工作決定了當時科學發展的水平。

И. А. 維什涅格勒茨基的實際建議在有關調節器製造的廣大工程界中獲得普遍的承認。

和調節理論有關的運動穩定性的數學問題，在偉大的俄羅斯科學家 А. М. 利亞普諾夫 (А. М. Ляпунов) 於 1892 年發表的經典著作「運動穩定性的一般問題」中首先加以研究。

俄羅斯天才科學家 Н. Е. 茹可夫斯基 (Н. Е. Жуковский) 在 1906—1909 年發表的完全是獨創性的著作，是在理論上深入分析自動調節問題的典範。

俄羅斯科學家在自動調節理論方面的工作的特點是：具有獨特和新穎的科學思想，提出的科學問題範圍廣泛，解決方法深入，而又在原理上新穎。

在偉大的十月社會主義革命後，自動調節技術的發展升到新的、更高的階段。理論的蓬勃發展，跟工業型式的新型自動調節器的研究結合在一起。

蘇聯科學家創造性地把俄羅斯古典科學遺產轉為解決社會主義建設的巨大的新問題而服務，進而研究和解決了許多新的科學問題。

在 1934—1938 年間，И. И. 弗茲涅夫斯基 (И. И. Вознесенский) 創立獨立調節的理論，這理論在解決平爐自動調節問題時被加以利用。

А. В. 米哈依洛夫 (А. В. Михайлов) 在 1938 年為普遍應用的理論研究方法——頻率特性法——的發展奠定了基礎。

科學院士 В. С. 庫列巴金 (В. С. Кулебакин) 和 А. А. 安得羅諾夫 (А. А. Андронов) 的科學學派做了許多有價值的理論工作。

蘇維埃的科學家和直接參加生產的工程師製成了許多型式的在工業各部門中實際應用的自動調節器，其中也包括平爐自動化方面的調節器，這些調節器對平爐熔煉工藝的改進和熔煉過程的加速有很大影響，並且結果對鋼的生產的增長有很大影響。

在蘇聯工業的蓬勃發展中，熱工過程的自動化具有重大的意義，因為它促進工藝過程的正確進行，提高設備的生產率，改善勞動條件，解放勞動力，降低產品成本並促使生產水平總的提高。所有這些都為節約國家資金創造條件，因而就提高了人民的福利並促使蘇聯實力的進一步加強。

黨和政府認為生產過程的自動化具有重要的意義。在關於蘇聯恢復和發展國民經濟的五年計劃的法令中，規定從 1946 到 1950 年中擴充儀器製造工業並把儀器生產增加到 7 倍。

在上述五年中，我國工業各部門大規模地運用生產過程的自動化，這在很大的程度上促使戰後五年計劃的勝利完成。

按照蘇聯共產黨第十九次代表大會關於 1952—1955 年蘇聯發展第五個五年計劃的指示，必須保證進一步更好地利用冶金企業的現有生產能力，加強黑色冶金企業中有關增加冶金過程速度、使設備及費力勞動自動化和機械化的工作。控制和檢驗儀器、自動化和遠距離控制儀器的生產應當大約增加為 2.7 倍。

擺在黑色冶金企業面前的任務使得冶金工作者必須更廣泛地運用自動化，沒有自動化就不可能加速和改善生產過程。

蘇聯在平爐自動化方面佔世界的第一位。

現在在蘇聯的黑色冶金工業中，87% 的鋼是由自動化爐子熔煉出來的。

近年來平爐工作的改善在很大的程度上是由於普遍採用了自動調節。根據 В. Л. 洛西也夫斯基 (В. Л. Лосицкий) 教授的數據 (參考文獻 1)，自動化的技術經濟效果表示如下：燃料消耗量減少 10—20%，耐火材料消耗量減少 5—10%，爐子生產率增加 5—12%。

馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業在空氣和燃料供應量的比值上，爐內壓力和閥門自動換向上採用自動調節後，得到下列效果：金屬產量增加 14.2%，每噸鋼的燃料消耗率降低 13%，耐火材料消耗量減少 19.7%，熔煉時間縮短 13%。

由上述數據看出，爐子自動化的經濟效果很大，並能在幾年內抵償自動化的費用。但是必須估計到，使平爐改用自動調節必須同時建立適當的條件，沒有這些條件，自動化就可能得不到預期的效果。

平爐煉鋼是一個複雜的過程，為了正確地煉鋼，必須估計所有對爐子工作的技術經濟指標有影響的因素，其中主要的是：

1. 高的平爐生產率，必須把足夠的熱量送入爐內，保持可能的高溫和爐內火焰的平均分佈，保證熔池內化學反應的正確進行，以及保持一定的爐膛壓力。

2. 延長爐期，達到方法如下：根據砌磚的耐火度，保持爐頂和蓄熱室格子磚上部溫度一定，還要調節爐內壓力。

3. 正確地執行熱制度和盡力節省燃料，這必須遵守下列條件來達到：

- a) 使燃料盡量完全燃燒 (廢氣中 O_2 的含量為 1—2%)；

- b) 使吸入爐內的冷空氣降為最小值，

- b) 盡力減少經爐子砌磚和打開的爐門所損失的熱量；

- r) 正確地執行火焰換向 (閥門換向) 來使蓄熱室的熱量盡量回到爐中。

要完成上述條件，即使有正確工作的檢測器械也是很複雜的，但如果使一系列的主要操作自動化，則這些條件的完成便簡單和容易得多了。

高的平爐生產率的重要條件，除了平爐自動化外，還有：高的熱功率、快速的加料和大的裝料量，也就是使大的爐底負荷和爐子熱功率的增大相配合。為此平爐應有正常的煤氣供給量、適當的爐料和加大的燃料通過能力。很好地進行熱絕緣，消除爐子構造上的缺點、把舊的換向閥換成新的、裝設強制鼓風設備，當吸力不足時裝設保證備用吸力的排風機等，便能達到上述各項條件。在這樣的條件下採用自動化才有預期的效果。

第一章

平爐的自動調節

基本概念

平爐自動調節的基本任務，是要保持技術操作過程進行的預定條件，例如：預定的溫度、壓力、燃料消耗量、空氣消耗量等等。

如果對象中的過程是全部或部分自動調節的，這對象就叫做調節對象；而影響過程的被調節的量（例如溫度、壓力等）就叫做被調節參數或被調節量。

任何一個調節對象的特徵都是具有一個或幾個被調節參數。

自動調節的效果，在很大的程度上決定於調節對象的性質，這性質可能使調節容易進行，也可能使它更困難，此外，還決定於自動調節器的構造特點。

儘管技術操作過程形形色色和不同工業部門的設備的構造型式多種多樣，但是對於任何一個自動化設備均可找到一些共同的特點。

每一個自動化設備都有能量或物質量的變動。能或物質的入量和出量的變動是技術操作過程的特點。

調節對象具有容量，即能或物質的儲蓄量，能和物質的數量便決定被調節參數的大小。例如平爐爐頂的溫度便決定於對象（爐子）中的熱量，爐膛內的壓力便決定於爐子中的廢氣量等等。

所謂調節介質是指這樣的能或物質，它的數量決定被調節參數值。

對象中能或物質的出量叫做對象的負荷。

如果對象的負荷是恒定的，即加入的能量等於放出的能量（出量），則被調節參數也是恒定的。

通常，對象的負荷不是恒定的，而是在從極小值到極大值的範圍內變化着。在這種情況下被調節參數值也是變化的。

被調節參數值變化的速度決定於對象的容量係數。

容量係數等於使參數變化一個測量單位而須引入對象中或從對象中引出的能或物質的數量。容量係數愈小，參數變化也就愈快。

容量和容量係數是說明調節對象的主要因素。顯然可見，對象的容量係數愈大，則在某一定的被調節參數值時的容量也就愈大。由此可見，容量係數決定參

● 第一、三、四、五、六章由 M. K. 米欣寫成，而其餘各章則由兩作者共同寫成。

數在供給量和需要量間的平衡被破壞時的變化速度。這一情形可由圖 1 所示的實例來說明；圖 1 表示兩個水位相同的水箱 1 和 2。容量 Q ，流入水量 Q_1 ，流出水量 Q_2 和水箱的橫斷面積 F 的數值如圖所示。

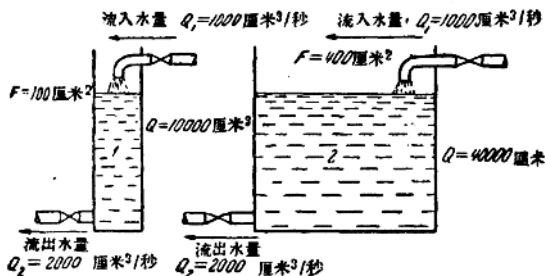


圖 1 容量不同的調節對象的示意圖

採取水箱中的水位作為被調節參數。在圖上所示的情況下，兩水箱中的水位將要變化，因為它們的供給量和需要量間沒有平衡。設流出水量和流入水量間的差數等於 $1000 \text{ cm}^3/\text{s}$ 。在這個差數的作用下，被調節參數值將要變化，不過這個變化在水箱 1 和 2 中將以不同的速度進行。

在水箱 1 中，被調節參數值的變化速度將為水箱 2 的四倍。不難看出，這是由於兩容量和兩容量係數的數值不同的關係。

採用 1 厘米作為參數的測量單位，於是第一個水箱的容量係數為 100 cm^2 ，第二個水箱的容量係數為 400 cm^2 。

單位時間流出的水量（對象的負荷）對被調節參數等於額定值時對象的容量之比（ Q_n/Q_{em} ）分別等於 0.2 和 0.05。

由此可見，被調節參數值的變化跟容量係數成反比，即容量係數愈大，則在供給量和需要量間的平衡被破壞時，被調節參數值變化就愈慢。

如果對象的容量係數很小，而負荷的變化則非常劇烈和迅速，則對象的調節變得非常困難。對象的負荷根據很多原因而變化。

負荷的變化叫做擾動。

擾動可能是暫時的，長期的或週期性的。暫時擾動的特徵是被調節參數經過很短的時間間隔便可恢復到原來數值。

長期擾動的作用時間很長，並可能使被調節參數大大偏離它的額定值，在這

種情況下，需要使用調節器。

調節器按定值的任何變化均屬長期擾動。週期性擾動最為危險，因為它可以引起調節器振動，並使調節成為不可能。

調節對象的另一特徵是其中的過程有無自衡。自衡是指過程的一種性質，由於這一性質在供給量或需要量變化時，被調節參數值不用調節器即能趨近於一個新的穩定值。自衡是過程的一個重要性質，因為它能穩定對象的被調節參數，從而便能改善調節器的工作。自衡可以分為需要量方面的自衡和供給量方面的自衡。

茲以裝有水的水箱為例來研究這兩種自衡。由於入量和出量間的平衡被破壞，水箱的水位發生變化。

如圖 2 所示，設有一水箱，其中水的高度為 h 。給水入水箱用水泵 1，而抽水出水箱則用水泵 2。當入量和出量間的平衡被破壞時，水位（參數）將要不斷變化，直到水箱滿溢，反之，或者直到水箱中的水完全被抽走。這一情形是無自衡的過程的例子，它的特徵是，調節對象的供給量和需要量間的平衡被破壞時，參數值沒有向着新的一定的極限變化的趨勢。反之，它可能無限地增加，或者無限地減少，顯然可見，沒有自衡會給調節過程增加困難，而在某些情況下，會使採用一定型式的調節器成為不可能的事情。

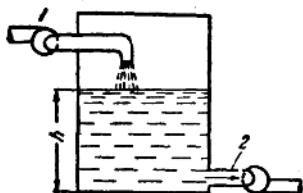


圖 2 無自衡的對象的示意圖

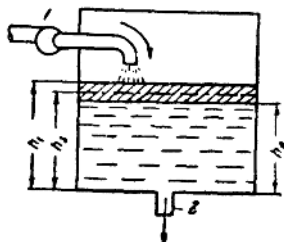


圖 3 需要量方面具有自衡的對象的示意圖

如果如圖 3 所示，水是從孔 2 自由排出的，則過程具有自衡性質。

設水由水泵 1 給入水箱。當入量和出量間的平衡被破壞時，假設水位從 h 增高到 h_1 。此時，由於水的靜壓力增加，出水量也開始增加。經過一些時間後，水位將穩定於某一新的數值 h_2 ，並將適應入量和出量間的新的平衡，即被調節參數將得到新的數值。

如果入水量減少，則過程將如前面所述情形一樣進行，結果入水量和出水量間將建立起新的平衡，不過被調節參數值將比原來的數值為小。這樣的過程具有需要量方面的自衡性質。

如圖 4 所示，也有供給量方面具有自衡的過程。水由具有恒定水位 H 的水源 1 供入水箱，而用水泵 2 抽出。設入水量和出水量間的平衡突然因出水量增加而被破壞。因此，水箱的水位開始降低，而水源 1 和水箱的水位差 h 將增到 h_1 。顯然可見，水箱的入水量也開始增加，而入量的增加將一直延續到在水箱的某一新水位 h_2 下，也即是在某一新的被調節參數值下，入水量和出水量間建立起新的平衡為止。這樣的過程具有供給量方面的自衡性質。

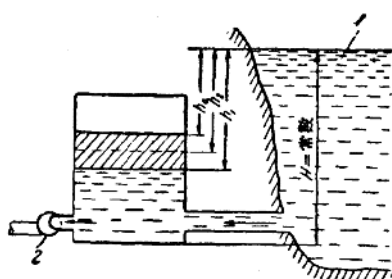


圖 4 供給量方面具有自衡的對象的示意圖

將進行如下。設在某一瞬間，由於某一擾動，調節對象的流入能量和流出能量間

再者，如果在圖 4 所示的水箱的底部開一個孔以代替水泵 2，則不難看出，在這種情況下，將發生在供給量和需要量方面都具有自衡的過程。

作為過程的一個性質的自衡，對調節過程是有影響的，因為它決定被調節參數變化的特性。因此我們將較詳細地敘述它。現在首先研究自衡過程的一般曲線（圖 5）。無自衡的過程

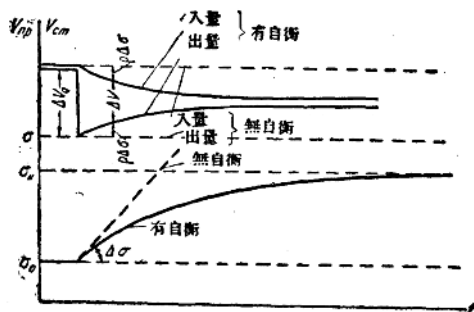


圖 5 自衡過程曲線

的平衡破壞，流出能量減少一個數值 Δv_0 ，如虛線所示。這時被調節參數值 σ_0 將沿着一根虛直線等速地不斷增加。當調節這樣的過程時，可能發生振幅漸增的不衰減振盪。

在有自衡的情況下，過程將按另一個樣子進行。如果出現突然擾動使流出能量減少同樣的數值，則被調節參數將沿着曲線圖下方的實曲線增加。這無疑將引起流入和流出的能量的同時變化，並使其間的差數逐漸減少。

擾動作用的這樣逐漸減少，將會引起被調節參數的變化速度的逐漸減少。顯然可見，這一過程將延續到擾動變成零，而被調節參數達到新的數值 σ_{κ} 為止。這一新的參數值叫做位值。

被調節參數值變化的速度 $d\sigma/dt$ 決定於擾動量的大小。這個關係一般可用下列等式來表示：

$$\frac{d\sigma}{dt} = f(\Delta v), \quad (1)$$

式中 Δv ——擾動量，等於 $v_{np} - v_{cm}$ 。

必須指出，這裡 v_{np} 和 v_{cm} 是按無因次的相對量來表示的。它們等於：

$$v_{np} = \frac{Q_{np}}{Q_{\kappa}}, \quad (2)$$

$$v_{cm} = \frac{Q_{cm}}{Q_{\kappa}},$$

式中 Q_{np} ——流入調節對象的能或物質的數量；

Q_{cm} ——從對象中流出的能或物質的數量；

Q_{κ} ——被調節參數為整定值時流經調節對象的能或物質的最大數量。

這時，

$$\Delta v = v_{np} - v_{cm} = \frac{Q_{np}}{Q_{\kappa}} - \frac{Q_{cm}}{Q_{\kappa}}. \quad (3)$$

如果認為方程式(1)所示的函數關係為直線關係，則可寫成：

$$\frac{d\sigma}{dt} = \sigma' = \text{常數} \times (v_{np} - v_{cm}) = \varepsilon \Delta v. \quad (4)$$

常數

$$\varepsilon = \frac{\sigma'}{\Delta v} \quad (5)$$

叫做調節對象的消散速度或調節對象對擾動的靈敏度。

調節對象的靈敏度 ε 表示在擾動量等於一個單位時被調節參數變化的速度它的因次為 1/秒。因此，如其他條件相同，則調節對象的靈敏度愈大，自衡進行也就愉快。

這一情形可用圖 6 所示的調節對象的自衡度相同而靈敏度不同的自衡曲線很

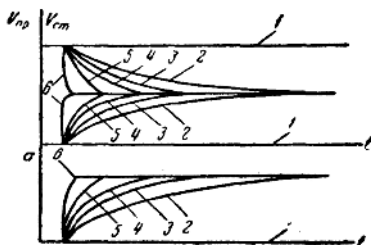


圖 6 調節對象的靈敏度不同而自衡度相同的自衡曲線

清楚地加以說明〔參考文獻 2〕。由圖可見，曲線 1 表示第一個極限情形，即調節對象的靈敏度實際為零，而儲蓄能力則為無限大。在這種情況下，自衡一點也沒有。

曲線 2、3、4 和 5 表示中間情形，即調節對象的靈敏度為一有限值。這裡有自衡現象發生，而且調節對象的靈敏度愈小，則自

衡的持續時間也就愈長。曲線 6 表示另一極限情形，即調節對象的靈敏度為無限大，而儲蓄能力則實際為零。在這種情況下，自衡實際上是在一瞬間發生的。

調節對象的靈敏度的概念可用消散時間的概念來代替。所謂消散時間，就是靈敏度的倒數，即：

$$T_a = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{\Delta v}{\sigma} \text{ 秒。} \quad (6)$$

如果把無因次的數值變成有因次的數值，則用以確定調節對象的靈敏度的式子(5)便可變成下面的形式：

$$\varepsilon = \frac{\frac{dz}{dt} \times \frac{100}{z_m}}{\frac{Q_{np} - Q_{em}}{Q_m} \times 100}, \quad (7)$$

式中 z —— 參數值。

在上面式子中，分子是以參數額定值的百分數表示的參數每秒鐘變化速度，而分母則是以 Q_m 的百分數表示的能或物質的入量和出量間的差數。式(7)可用來實際計算 ε 值。

此外，所研究的過程還有一特性，即自衡度，它是由調節參數在自衡過程結束後距額定值的偏差。擾動量在自衡過程中的變化決定於被調節參數的變化。這

● z_m —— 被調節參數的額定值。——譯者。

個關係的一般形式可用下面等式來表示：

$$\frac{d(v_{np} - v_{em})}{dt} = f\left(\frac{d\sigma}{dt}\right), \quad (8)$$

如果這個函數可以近似認為是直線關係，則

$$\frac{d(v_{np} - v_{em})}{dt} = \text{常數} \times \left(\frac{d\sigma}{dt}\right) = \rho \frac{d\sigma}{dt}, \quad (9)$$

式中 ρ ——調節對象的總自衡度，等於：

$$\rho = \frac{d(\Delta v)}{d\sigma}. \quad (10)$$

顧及到這些量的變化方向，式子(9)最後可以寫成：

$$d(\Delta v) = -\rho d\sigma. \quad (11)$$

總的自衡度可以分成兩個分量，即入量方面的自衡度和出量方面的自衡度。

前者等於：

$$-\rho_{np} = \frac{dv_{np}}{d\sigma},$$

後者等於：

$$\rho_{em} = \frac{dv_{em}}{d\sigma}.$$

這時，

$$\rho = -\frac{d(\Delta v)}{d\sigma} = \rho_{np} + \rho_{em}. \quad (12)$$

自衡度只有在自衡曲線上不大的線段內才可認為是一個常數。但是對於整個過程，也可近似把 ρ 當作是一個平均常數。在這種情況下，把式子(11)在整個過程的範圍內加以積分，便可得到方程式：

$$-\Delta v = -(v_{np} - v_{em}) = \rho(\sigma_K - \sigma_0), \quad (13)$$

式中 σ_0 ——被調節參數初始值的相對值；

σ_K ——被調節參數最終值的相對值。

相對值 σ_0 和 σ_K 分別等於被調節參數的初始值和最終值 (z_0 和 z_K) 對它的額定值 (z_n) 之比，即

$$\sigma_0 = \frac{z_0}{z_n}; \quad \sigma_K = \frac{z_K}{z_n}.$$

被調節參數的最終相對值和初始相對值之差 ($\sigma_k - \sigma_0$)，叫做自衡的變動度。從上面所述顯然可見， ρ 是判斷自衡的不變動度的標準。如果差值 ($\sigma_k - \sigma_0$) 小，則 ρ 值就大。在這個條件下，過程的自衡很好，反之，在 ρ 值很小的情況下，自衡很壞。

為了保證生產設備有預定的工作條件，單靠自衡這一個物理量，照例是不够的。

當調節對象的能或物質的供給量和需要量間的平衡被破壞時，被調節參數值便要變化。決定過程的被調節參數值，決定於調節對象中所含有的能或物質的數貴。

參數值的變化，也即是參數值的增加或減少，說明供給量和需要量間平衡的破壞。

這個關係是藉以實現調節過程的裝置的基礎。

用改變能或物質的入量的方法，以保證在調節對象的負荷有任何變化時都能出現新的平衡狀態的特殊裝置，叫做自動調節器。

自動調節器可按不同的作用原理製成：例如機械原理、液壓原理、氣力原理、熱力原理、電磁原理等等。

自動調節器具有不同的特性。所謂特性，就是被調節參數值和調節機構位置間的關係。

調節對象和自動調節器互相作用，就組成調節系統。如其他條件相同，調節系統的性質就決定調節的過程和過渡狀態時期內被調節參數變化的性質。

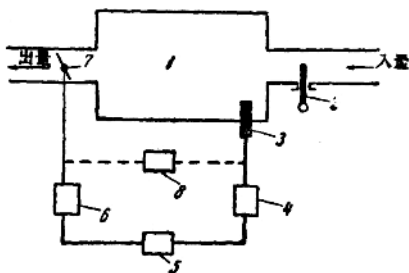


圖 7 調節系統的迴路

和調節機構 4。

感受元件 3 藉助執行聯系機構對調節機構起作用，執行聯系機構接收了由感

圖 7 表示調節系統的迴路，並簡略表出調節對象和調節器間的相互聯系。

在調節對象 1 中，被調節參數在擾動機構 2 和其他外部擾動的作用下偏離整定值。這個距整定值的偏差經感受元件 3 傳給調節器。

自動調節器包括感受（測量）元件 3，發令（協作）裝置 4、放大裝置 5、執行機構 6