

3439

發電廠熱力設備的 自動調整

蘇聯 斯·德·庫奇金 合著
普·納瑪努洛夫

張廷堃翻譯 惲肇強校訂

48

燃料工業出版社

2416

發電廠熱力設備的自動調整

蘇聯 斯·德·庫奇金 合著
普·納·瑪努洛夫

張廷堃翻譯 惲肇強校訂

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書介紹了發電廠熱力過程中自動調整器的調整過程、動作原理及其構造的基本概念，並未涉及調整器在校整和運行方面的實際問題。本書供初級技術人員參考之用。

書中主要部分是闡明發電廠中最普遍採用的各種型式調整器的構造及系統圖。

對調整方面理論問題的研究，書中所佔的篇幅甚少，並儘可能不用數學證明。

* * *

發電廠熱力設備的自動調整

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)1950年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 С. Д. КУЧКИН 合著
П. Н. МАНУЙЛОВ

張 廷 堃翻譯
惲 肇 強校訂

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：廖美壁 校對：劉露溪 王壽谷

書號196 * 電85 * 787 × 1092 1/16開本 * 168頁 * 151千字 * 定價10,500元

一九五四年六月北京第一版(1—4,200冊)

版權所有★不許翻印

序 言

遠在 1763 年我國的天才 И. И. 巴爾助諾夫就已經替“火力作用”(огнедействующая)機作成了世界上第一個蒸汽鍋爐自動給水調整器。由於當時科學院的保守心理和工業界對於以機器代替人力不感覺興趣，巴爾助諾夫的發明創造未能得到普遍的公認而被遺忘，而僅僅保存在檔案文件裏面，由檔案文件證明俄國首先依照原則上正確的方案創製了第一個自動調整器。

從十八世紀末葉，自蒸汽機的離心調速器創製成功以後，自動調整器方在機器製造業方面佔有一定的地位。

但是到最近為止，各種工業過程自動裝置的理論和實際應用的掌握仍然限制在極少數的科學家和工廠設計家。

我國在斯大林五年計劃的時代，自動化的裝置才貫徹到所有的工業部門，成為現在的任何工業中所不可缺少的部分。特別是發電廠生產過程的自動化獲得了廣泛地採用。

由於自動調整應用範圍的擴大，使廣大的各種熟練工作人員，從科學研究院的研究人員到普通的鉗工（校整工作人員和運行工作人員），都直接從事於各技術部門的工作。

因此，在一般的工業雜誌中出現了許多內容豐富的關於自動化的各種問題的文章，並且有許多闡明自動調整理論和實際問題的刊物出版。但在這許多書籍中缺少專門供給從事於發電廠和其他生產企業自動調整工作的初級技術人員用的課本。

本書可以彌補上述的缺陷。它以最基本的方式敘述近代自動調整器的構造及其動作的基本原理的主要觀念，並敘述發電廠中最常用的熱力過程調整器的系統及其構造。在敘述構造部分，作者不擬包括所有著名型式的調整器，而祇限於從教學觀點上看來所必需的極少數的調整器。這樣對於通曉調整器的一般工作原理及熟悉標準調整器構造的人們而論，依據實物或說明書來單獨研究新型調整器是不會有多大

困難的。

書中缺少對自動調整器的實際運行與校整方法的敘述。這些內容的加入將使本書篇幅增加過大，並且對書中主要內容的了解增加困難。

對發電廠熱力過程中各種調整器的校整及運行上的實際知識感覺興趣的讀者們，可介紹他們參看電站部地區發電廠組織機構及合理化研究局，以及從事該部門工作的製造廠及其他機構所出版的專門書籍。

著 者

目 錄

序言

第一編 有關調整的一般問題

第一章 調整過程和受到調整的對象的性質	6
1. 基本的概念	6
2. 調整對象的特性	10
3. 過程的自平復	14
4. 調整介質進入數量的遲延性	17
5. 調整過程的型式	18
第二章 自動調整器的基本系統	20
6. 調整器的種類	20
7. 直接作用無定位調整器	21
8. 直接作用定位調整器	22
9. 間接作用無定位調整器	25
10. 間接作用定位調整器	28
11. 平穩復原調整器	32
12. 比例調整器	37
13. 兩衝力和三衝力調整器	39
第三章 調整系統的工作實例	40
14. 藉無定位調整器調整水位	40
15. 藉定位調整器調整水位	41
16. 遲延、重量和遲鈍性的影響	42
17. 藉平穩復原調整器調整水位	45

第二編 具有汽包的鍋爐的給水調整

第四章 給水調整過程的基本特性	48
18. 單衝力調整	48
19. 兩衝力調整	54

20. 三衝力調整	58
第五章 給水調整器的系統和構造	58
21. 直接作用的單衝力調整器	58
a) 浮筒式調整器	58
б) 單溫變伸縮管式調整器	60
в) 兩衝力系統的單溫變伸縮管式調整器	65
22. 直接作用的兩衝力調整器	66
a) 兩溫變伸縮管式調整器	66
б) 具有溫變伸縮管和差動薄膜的調整器	69
23. 間接作用的兩衝力調整器	70
a) 具有溫變伸縮管和差動薄膜的調整器	70
б) 特魯布庚 (Трубкин) 式調整器	73
24. 採用三衝力調整器的基本原因	76
第六章 鍋爐給水自動化的幾個實際問題	78
25. 給水管道系統中安設調整門地位的選擇	78
26. 衝力攝取點的選擇	79
第七章 給水壓力調整	80
27. 壓力調整方法	80
28. 差動式壓力調整器	81

第 三 編 鍋爐燃燒室內燃燒過程的調整

第八章 燃燒過程調整的主要部件系統圖	83
29. 基本原理	83
30. 調整系統的構成原則	85
31. 煤粉燃燒過程的調整	92
a) 具有中間煤粉斗的煤粉系統	92
б) 無中間煤粉斗的煤粉系統	94
32. 塊狀燃料燃燒過程的調整	95
33. 液體和氣體燃料燃燒過程的調整	97
第九章 “熱力自動機” 工廠出品的燃燒過程調整器	97
34. 調整器的動作原理	97
35. 機件的構造	104
第十章 ЦКТИ (中央汽機鍋爐研究所) 式的燃燒過程調整器	114
36. 調整器的動作原理	114

37. 機件的構造	120
第十一章 燃燒過程的氣動調整器	125
38. 調整器的動作原理	125
39. 機件的構造	134
第十二章 供具有汽包的鍋爐用的 ВТИ (全蘇熱工研究所) 式 燃燒過程電力調整器	139
40. 動作原理和調整系統	139
41. 調整系統的個別部件	141
第十三章 直流式鍋爐燃燒過程的調整	146
42. 直流式鍋爐的調整特點	146
43. 供直流式鍋爐用的 ВТИ式調整器	149

第 四 編 發電廠熱機部分輔助設備的調整

第十四章 鋼球式磨煤機的煤粉製備系統的調整	153
44. 煤粉製備過程調整的特點	153
45. 調整系統和它的機件	154
第十五章 除氧器的自動調整	158
46. 除氧器調整的特點	158
47. 調整系統和它的機件	159
第十六章 減溫減壓裝置的調整	163
48. 減溫減壓裝置調整的特點	163
49. 調整系統和它的機件	164

第一編 有關調整的一般問題

第一章 調整過程和受到調整的對象的性質

1. 基本的概念.

任何過程的調整，其目的在於使能決定機組正常運行的一個或數個物理因素保持規定的數值。而調整過程是在這些機組內進行的。

受調整的過程可能是各種不同式樣的：熱力的，電力的，液力的等等。在其中進行這些調整過程的機件及裝置可稱為調整對象。

首先可以把在調整對象中所進行的過程分為簡單的與複雜的兩種。

在調整過程的時候祇有一個因素保持着規定的數值者，稱為簡單過程。可作為簡單過程實例的是：箱中保持一定的液面；將加熱器中的液體加熱到一定的溫度；使管道中保持一定的壓力等等。

在調整過程時若干因素同時需要保持着規定的數值者，則屬於複雜過程。蒸汽鍋爐燃燒室內的燃燒過程可以作為複雜過程的一個實例，在鍋爐運行中同時需要保持着規定數值的因素有：鍋爐送出蒸汽的壓力與溫度，爐煙中 CO_2 的含量，汽包裹的水位及燃燒室內的負壓。

任何複雜過程的調整，是由於在調整對象個別部分內進行的許多簡單過程的調整綜合而成。

在調整對象中發生的簡單過程可分為三類。

第一類過程的特點是在過程進行中有一個因素受到外界的影響發生變化。該類調整的任務在於保持該因素為規定的數值，在實際中能達到充分精確的程度。

保持水箱中一定的水位，保持燃燒室中一定的負壓等等都是這一類的過程。

屬於第二類過程的特點是：在調整時，須根據若干個其他因素的

變化來變更某一個因素。如依照燃煤量調節燃燒室的進風量；依照給水消耗量調節蒸汽鍋爐的磷酸鹽供給量等等就是這一類的實例。

第三類的簡單過程的特點是在進行時，受調整的因素應根據生產過程技術上的要求隨時變更它的數值。

這類過程的調整稱為有程序的調整。保持金屬熱處理爐內的溫度就是這類過程的一個實例。

每個簡單過程的進行是與三個因素的變化相配合。

第一個變數是調整對象的負荷，即調整對象在單位時間內生產物質的數量或能量。受到外來因素影響時，調整對象的負荷發生變化。負荷可能變化的範圍是由設備的構造及其大小所限制。

第二個變數是確定調整對象所產生的物質或能量狀態的調整規

範。調整規範與其規定數值間的偏差可證實調整對象的運行方式發生變更。在調整蒸汽冷却器時，被冷却的蒸汽的溫度是調整規範；汽包內的水位高度是鍋爐給水的調整規範。

調整過程的第三個變數是調整介質的進入量。它表示在恢復調整規範①至規定數值所需進入或導出調整對象的物質(或能)的數量。

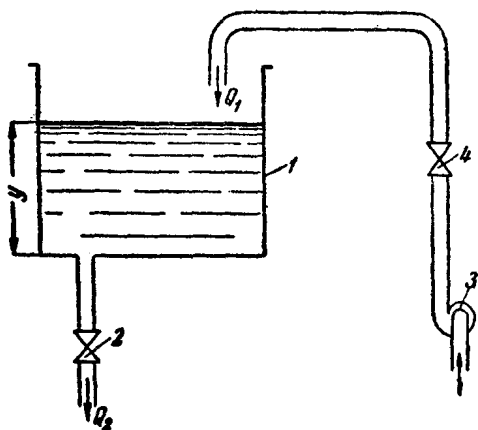


圖 1 水位調整系統圖

1—水箱；2—放水閘門；3—水泵；4—送水管閘門。

以下舉若干個實例來說明這些概念。假定調整對象是水箱1(圖1)，從水箱中不間斷的流出 Q_2 數量的水， Q_2 數量的大小隨閘門2的開閉度而定。水箱藉水泵3打入水量 Q_1 補充之。流入水箱的水量由閘門

① 按照全蘇熱工研究所自動調整試驗室所採用的術語，調整對象特點是具有流入量(即進入對象內的物質或能量)及排出量(即自對象中導出的物質或能量)。

調整對象的負荷根據其系統可能是流入量或排出量。

4 調節，使水箱水位始終保持一定水位 y 。顯然可知爲了達到此目的，必須使由水泵打入的水量始終等於自水箱流出的需要水量。水箱內的水位變化表示在某一期間內流入的水量與消耗的水量不相符合。

在這個實例中，單位時間內自水箱流出的水量 Q_2 是調整對象的負荷，水箱內的水位 y 是調整規範，而單位時間內流入水箱的水量 Q_1 是調整介質的進入量。

第二個實例是蒸汽管，管中蒸汽溫度是用水冷的方法來調節。單位時間內流過蒸汽管的蒸汽量是調整對象的負荷，蒸汽溫度是調整規範，而單位時間內進入的冷却水量是調整介質的進入量。在任何調整對象中所進行的調整過程可以用手動或自動的方式來完成。

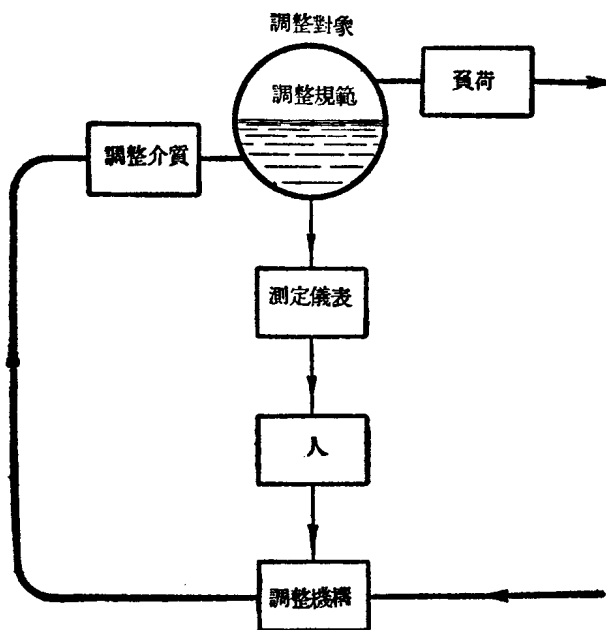


圖 2 手動調整過程的基本系統圖

在手動操作時，爲了調整對象運行方式的正常進行，需測定調整規範的數值，有時負荷及調整介質進入量亦需測定。這些數值的測定是藉專設的儀表獲得的。

手動調整過程的系統如圖 2 所示。其中粗線表示調整介質的流動方向及調整對象的負荷。細線表示此系統中由一個原件作用於另一原件的程序。

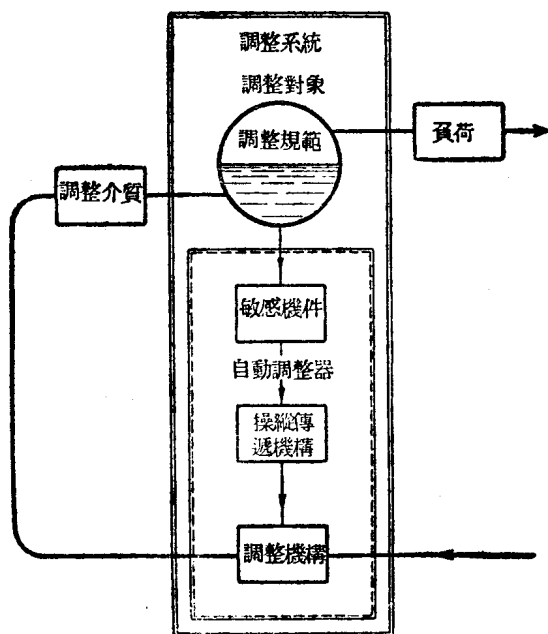


圖 3 自動調整過程的基本系統圖

在自動控制過程中，調整規範或其他代表過程特性的變數如果發生偏差，則反應到變更調整介質進入量的裝置上。

自動調整的全部系統如圖 3 所示。在自動調整過程中，特殊機件代替了人力，獨立地控制調整對象的工作。

保持調整對象工作正常進行，毋需人力管理的裝置稱為自動調整器。

調整對象連同自動調整器在一起稱為調整系統。

自動調整器由下列幾個主要部分組成：

a) 一個或數個敏感機件，反應出過程中調整規範或其他變數的變化；

6) 調整機構，用以變更進入調整對象的調整介質的數量；

Б) 操縱傳遞機構，將自敏感機件得來的衝力傳給調整機構（衝力經放大或不經放大）。在操縱傳遞機構內可放入各種確定調整器特性的裝置。

當過程正常進行時，調整介質進入的數量符合於負荷的數值而調整規範位於規定數值的範圍內，調整器不發生動作。此種狀況稱為調整系統的平衡狀態。當系統受到干擾時，即調整介質進入的數量與負荷的數值間不相符合的時候，這種不適合的情況總是引起調整規範的變化，調整器發生動作，使系統恢復平衡狀態。這種狀態稱為調整系統的過渡狀態。

從一個穩定狀態轉到另一個穩定狀態的動作完成愈快，調整規範偏差愈小，則調整的質量愈高。

從一種平衡狀態轉到另一種平衡狀態的過渡過程的特性與調整對象的性質及調整器的構造有關。

2. 調整對象的特性

任何調整對象本身包含若干數量的物質或能量。如果已知調整對象的幾何尺寸及工作條件，則調整規範數值對調整對象內所含有的物質或能量的數量能給予一個概念。

如果調節液位的液箱沿其高度方向上任一點的斷面面積固定不變，則在液箱內液體的體積等於液箱斷面面積乘上自液箱底部至液面的高度。因此，按照調整規範（液位高度）的數值可以確定在某一已知時間液箱內液體的貯存量。

蒸汽鍋爐汽包裏的水位可以表示出鍋爐沸水管系統裏含有的汽水混合物的體積。如果已知汽包、沸水管和水冷牆管的尺寸，則在知道水位高度以後，可以確定每個時間汽水混合物的體積。

如果把蒸汽鍋爐作為蒸汽壓力的調整對象，應把鍋爐內的壓力（調整規範）作為沸水管系統裏所儲藏的熱量指標。包含在組成汽水混合物的飽和蒸汽和沸水裏的熱量與鍋爐壓力有關。隨着鍋爐壓力的降低，熱量從汽水混合物裏放出來，這些熱量用來產生蒸汽。反之當鍋

爐壓力上升的時候，汽水混合物吸收一部分熱量。因此，調整對象裏的物質或能量儲存的數量和調整規範的數值成比例。

以 v 代表調整對象裏的物質或能量儲存的數量， p 代表調整規範的數值，他們之間的關係可以用下列公式表示：

$$v = kp. \quad (1)$$

係數 k 的數值等於變更每一單位值調整規範的數值時所需要的物質或能量的數值。

在以前所舉的水箱實例中， k 的數值等於水箱的斷面面積，以平方公尺表示（如果水位變化以公尺度量，而箱內所含水的體積以立方公尺度量）。

對大多數調整對象來說，當規範在實際容許的範圍以內變化的時候，係數 k 可當作近於常數。在此假定條件下，當調整對象裏的物質或能量的數值變更 Δv 的時候，規範變更的數值 Δp 就很容易地確定：

$$\Delta v = k \cdot \Delta p, \quad (2)$$

由上式得出

$$\Delta p = \frac{\Delta v}{k}. \quad (3)$$

如果在 Δt 時間以內，調整對象裏的物質或能量的數量發生 Δv 的變化，則規範的數值變化的平均速度 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 可以從下列公式決定

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{1}{k}. \quad (4)$$

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 值是調整對象在單位時間裏進入的物質或能量數量的變化，即調整介質進入的數量與調整對象的負荷間的差額。該數值被稱為調整系統的不平衡值。

以 Q_1 表示調整對象的負荷，而 Q 表示調整介質進入的數量，從 (4) 式得到：

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = (Q - Q_1) \frac{1}{k} \quad (5)$$

或

$$Q - Q_1 = k \frac{\Delta p}{\Delta t}. \quad (6)$$

調整規範的變化速度和係數 k 的數值及系統的不平衡值（即調整介質進入的數量與負荷間的差額）有關。如係數 k 愈大，則在同一不平衡值下的調整規範的數值變化愈慢（如水箱的斷面面積愈大則水位的變化愈慢）。

對於同一個調整對象來說，如系統的不平衡愈大，則調整規範變化愈快。當調整對象負荷達到最大數值，而調整介質停止進入的時候，則調整規範變化速度的絕對值為最大。在這種情況下， $Q=0$ ，而系統的不平衡值等於調整對象的最大負荷。

調整對象內的物質或能量儲存的數量可以用時間來估計，這個時間是當調整對象在最大負荷及停止調整介質進入的條件下，調整規範的值從其平均值變化到零所需要的時間。這一段時間稱為調整對象的消散時間。

現在讓我們來研究幾個實例。

如果從水箱裏流出的水流量（圖1）等於最大值，而且水停止進入水箱，消散時間就等於水箱裏全部儲存的水量從水箱流出的時間。同時假定在整個過程進行的時間內，從水箱裏流出的水流量保持不變（水用水泵抽出），而且在過程的開始以前，水箱裏保持着平均的水位。

蒸汽鍋爐的熱能儲存量的消散時間是當系統在最大不平衡值的條件下，鍋爐壓力從平均值降低到零所需要的時間（如果在整個過程進行的時間內，壓力的變化是以與其開始速度相等的速度進行的）。

設某一系統的不平衡值等於 $Q-Q_1$ ，調整規範數值變化的初速度等於 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 值。假定該速度在整個過程進行的時間內不變，那末在此不平衡值時，調整規範從平均值 p 降低到零的時間就等於： $t = \frac{p}{\frac{\Delta p}{\Delta t}}$ 。如果當不平衡值是最大的時候，則在這種速度下調整規範的數值降

低到零所需要的時間（即調整對象的消散時間）是最短。

調整規範數值變化的速度可認為與不平衡的數值成比例。根據這一點，如果已經知道在不平衡值等於 $Q-Q_1$ 時調整規範數值變化的初速度，則可以算出調整對象的消散時間：

$$T_a = \frac{Q-Q_1}{Q_m} \cdot \frac{p}{\frac{\Delta p}{\Delta t}}, \quad (7)$$

式中 Q_m ——調整對象的最大負荷。

(7)式可以化成

$$Q-Q_1 = \frac{T_a Q_m}{p} \frac{\Delta p}{\Delta t}, \quad (8)$$

從(6)及(8)式看出,

$$k = T_n \frac{Q_m}{p} \quad (9)$$

係數 k 的數值和消散時間的關係可以由上述公式決定。

調整對象消散時間的公式可以用另一種方式來表示。如果調整系統不平衡值和最大負荷的比值 $\frac{Q-Q_1}{Q_m}$ 用 ξ 來表示,而調整規範的變化和調整規範的平均值的比值 $\frac{\Delta p}{p}$ 用 Δg 來表示,代入(7)式後得到:

$$T_a = \xi \frac{1}{\frac{\Delta g}{\Delta t}} \quad (10)$$

計算蒸汽鍋爐消散時間的例題:

(1) 由燃料所加入的熱量和蒸汽所帶走熱量之間的相對不平衡值等於0.1(最大負荷的10%);

(2) 鍋爐汽包裏壓力變化的速度等於每分鐘1公斤/平方公分;

(3) 汽包裏壓力的平均值等於40公斤/平方公分。

則壓力變化的相對速度就等於:

$$\frac{\Delta g}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p} = \frac{1}{40} = 0.025 \text{ 分鐘}^{-1}.$$

根據公式(10), 鍋爐的消散時間 T_a 等於

$$T_a = \xi \frac{1}{\frac{\Delta g}{\Delta t}} = \frac{0.1}{0.025} = 4 \text{ 分鐘或 } 240 \text{ 秒}.$$

(10)式可以化成下列的形式:

$$\xi = T_n \frac{\Delta g}{\Delta t} \quad (11)$$

如果已知調整對象的消散時間和調整規範數值的變化速度,則可以按照該公式來求系統的相對不平衡值。

當系統在最大不平衡的時候,調整規範的數值在其容許範圍內變更 Δp_d 所需的時間為 T_d ,當已知調整對象消散時間後,可求出 T_d 。

顯然地, T_d 小於 T_n 的幾分之幾等於 Δp_d 小於調整規範平均值 p 的幾分之幾,即

$$\frac{T_d}{T_n} = \frac{\Delta p_d}{p}, \quad (12)$$

由此得出

$$T_d = T_n \frac{\Delta p_d}{p} \quad (13)$$

如果調整規範容許變化的相對值 $\frac{\Delta p_0}{p}$ 用 σ 表示，則(13)式成爲：

$$T_0 = \sigma T_{\text{L}} \quad (14)$$

在同一不平衡值時，在其他條件相等的情况下， T_0 愈大則調整規範的變化愈慢，調整過程愈容易。

3. 過程的自平復

許多調整過程具有自平復的特性^①。在這種過程的進行中，當受調整的系統發生干擾後，無需藉用外力即有重新到達平衡狀態的傾向。在這種情形下調整規範和額定的數值有一定的偏差。自平復的特性可這樣解釋：在過程進行中，調整規範的變化或多或少地影響到負荷的數值和調整介質進入的數量。

某些過程的特點是：由於自平復特性的關係，在調整規範變化不大的時候，受調整的系統自動地重新到達平衡狀態。

如果從工業生產的觀點來看這些變化是容許的話，則不需進行強制調整過程。

在圖4中，用水水箱1可作為具有自平復特性的調整對象，水箱

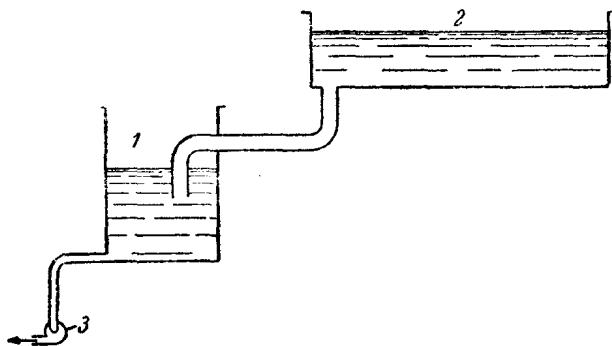


圖4 在進入量的一方面具有自平復特性的調整對象

1—水箱；2—水池；3—水泵。

1用管道和水池2連通，水池水位實際上是不變的。水泵3連續地從

① 有某些作者稱這種性質爲“對象的自調整”。