

热力过程自动调节 装置的计算

〔苏联〕M. M. 戈 登 著

刘 豹 译

73.86/132/C.2

版
社

中国工业出版社

73.86
132
C.2

热力过程自动调节装置的計算

〔苏联〕M.M.戈 登 著

刘 豹 譯

中国工业出版社

本书叙述了自动装置某些元件的计算方法及实例，并列举了最常见的冶金工业热力过程自动调节网的稳定性计算。稳定性计算是用可以作出调节器最佳调整的近似结论的形式而列出的。书中所提出的计算方法只用代数运算法就能进行。

本书适用于在热力过程自动化领域内工作而又熟悉仪表及调节器构造的工程技术人员。本书对冶金工业高等学校及中等专业学校中高年级学生也有帮助。

М.М.Гордон
РАСЧЕТЫ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
МЕТАЛЛУРГИЗАТ СВЕРДЛОВСК—1956

* * *
热力过程自动调节装置的计算

刘 豹 译

(根据原冶金工业出版社纸型重印)

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑

(北京市灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京印刷厂印刷)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 110 号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $4^{1/2}$ ·字数88,000

1953年2月北京第一版

1965年4月北京新一版·1965年4月北京第一次印刷

印数0001—2,380·定价(科六) 0.58元

*
统一书号: 15165·3555 (冶金-569)

著者的話

热力过程的自动調節現在已成为冶金工業中不可分割的一部分。

著者在冶金工業的自动化領域內工作多年之后，深信阻碍迅速采用自动学的主要原因之一是低估了理論的作用。

提供給讀者們的這本書，是系統敘述和論証著者在調整、設計、安裝及管理冶金热力过程自动調節裝置时的个人計算經驗的一个嚐試。

讀者們在本書中可見到自动裝置某些元件的近似計算方法，以及自动調節器本身調整計算的方法。

只有在运算时不化費很多時間的簡單計算方法对实际工作才有价值。著者从这个要求出發，在选取本書材料时尽量考虑到使每个熟悉代数方法的讀者都能应用所提出的公式。

很多在实际上很重要的問題，例如測量孔板的計算、凸輪輪緣的計算等等在本書不作說明，因为這些問題在文献中已有足够的說明^①。

为了尽可能敘述得更清楚，著者的注意力主要放在說明計算公式的物理意义上，而對於推演它們的严格数学証明做得較少，这些証明可以在專業文献中找到。

本書也不想对讀者提出現時在自动調節理論中应用的全部术语和定义。在書中仅討論著者根据自己的实际工作經驗而認為对生产工作人員有用的东西。

本書的目的在於帮助从事冶金工業热力过程自动化工作的人員，縮小实验的範圍和時間，激起实际人員對於工程計算的重視。

① 參閱参考文献 [1, 2]。（這兩本書的中譯本已由冶金工業出版社出版，書名為：“节流裝置計算”和“平爐自动調節經驗”——編者註。）

目 录

著者的話	6
第一章 調節对象的特性	7
1. 關於調節对象及被調節参数的概念	7
2. 反应曲綫	7
3. 对象的放大系数及对象的自动均衡	11
4. 确定反应曲綫形狀的規律	14
無自动均衡和有自动均衡的(不定和靜定)自动調節对象	14
容量、阻力、反应時間	15
多容量对象, 滯后	21
5. 調節对象反应時間的計算实例	24
第二章 自动調節器的特性	26
1. 調節器的一般工作条件	26
2. 差数、差数度、放大系数	28
3. 重定時間(加倍時間), 伺服机全行程時間	31
4. 調節器構造形式的例子	33
噴射式不定压力調節器	33
噴射式靜定压力調節器	34
噴射式重定压力調節器	36
第三章 調節網的特性	38
1. 關於調節網的一般概念	38
2. 調節过程	39
3. 反应曲綫和傳动函数	39
4. 傳动函数的相乘	42
5. 調節器的傳动函数	45
6. 調節網的傳动函数	47
7. 研究調節網傳动函数的方法	49
第四章 常見調節網的計算	53
1. 不定調節器用在靜定調節对象上	53
2. 靜定調節器用在靜定調節对象上	55
3. 靜定調節器用在不定調節对象上	58
4. 重定調節器用在不定調節对象上	60

07847

5. 重定調節器用在靜定調節對象上	63
第五章 液動伺服機油管的計算	66
1. 伺服機及油管的一般工作條件	66
2. 液動伺服機油管管徑的計算	68
3. 液動伺服機油管最大長度的計算	70
4. 局部阻力的計算	75
5. 液動伺服機油管的計算程序	78
6. 油管計算实例	79
第六章 自動調節器和測量仪表脉冲導管的計算	87
1. 脉冲導管的一般工作條件	87
2. 確定機械模型的係數	91
確定係數 m	91
確定係數 β	94
確定係數 k	95
3. 確定電力模型的係數	98
確定係數 L	98
確定係數 R	100
確定係數 C	102
4. 在一個自由度的系統中（相當於圖 28 及 30 中機械模型或電力模型的情況）脉冲導管的計算方法	105
5. 在某些並不相當於最簡單的機械模型或電力模型的情況中的計算方法	110
在一根脉冲導管上連接兩個相同的仪表	110
在一根脉冲導管上連接兩個不同的仪表	113
環式差壓計脉冲導管的計算	114
6. 脉冲導管的計算程序	115
具有一個自由度的系統	115
具有兩個自由度的系統	117
7. 脉冲導管的計算实例	119
第七章 自動調節器和測量仪表氣動導管的計算	131
1. 氣動導管的一般工作條件	131
2. 確定氣動導管電力模型的係數	133
確定係數 R_0	133

确定系数 R_1	135
确定系数 C_1	136
确定系数 C_2	126
3. 气动导管的计算方法	137
4. 气动导管的计算程序	137
5. 气动导管的计算实例	139
参考文献	144

73.86
132
C.2

热力过程自动调节装置的計算

〔苏联〕M.M.戈 登 著

刘 豹 譯

中国工业出版社

本书叙述了自动装置某些元件的计算方法及实例，并列举了最常见的冶金工业热力过程自动调节网的稳定性计算。稳定性计算是用可以作出调节器最佳调整的近似结论的形式而列出的。书中所提出的计算方法只用代数运算法就能进行。

本书适用于在热力过程自动化领域内工作而又熟悉仪表及调节器构造的工程技术人员。本书对冶金工业高等学校及中等专业学校中高年级学生也有帮助。

М.М.Гордон
РАСЧЕТЫ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
МЕТАЛЛУРГИЗАТ СВЕРДЛОВСК—1956

* * *
热力过程自动调节装置的计算

刘 豹 译

(根据原冶金工业出版社纸型重印)

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑

(北京市灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京香厂路51号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第 110 号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $4^{1/2}$ ·字数88,000

1953年2月北京第一版

1965年4月北京新一版·1965年4月北京第一次印刷

印数0001—2,380·定价(科六) 0.58元

*
统一书号: 15165·3555 (冶金-569)

目 录

著者的話	6
第一章 調節对象的特性	7
1. 關於調節对象及被調節参数的概念	7
2. 反应曲綫	7
3. 对象的放大系数及对象的自动均衡	11
4. 确定反应曲綫形狀的規律	14
無自动均衡和有自动均衡的(不定和靜定)自动調節对象	14
容量、阻力、反应時間	15
多容量对象, 滯后	21
5. 調節对象反应時間的計算实例	24
第二章 自动調節器的特性	26
1. 調節器的一般工作条件	26
2. 差数、差数度、放大系数	28
3. 重定時間(加倍時間), 伺服机全行程時間	31
4. 調節器構造形式的例子	33
噴射式不定压力調節器	33
噴射式靜定压力調節器	34
噴射式重定压力調節器	36
第三章 調節網的特性	38
1. 關於調節網的一般概念	38
2. 調節过程	39
3. 反应曲綫和傳动函数	39
4. 傳动函数的相乘	42
5. 調節器的傳动函数	45
6. 調節網的傳动函数	47
7. 研究調節網傳动函数的方法	49
第四章 常見調節網的計算	53
1. 不定調節器用在靜定調節对象上	53
2. 靜定調節器用在靜定調節对象上	55
3. 靜定調節器用在不定調節对象上	58
4. 重定調節器用在不定調節对象上	60

5. 重定調節器用在靜定調節對象上	63
第五章 液動伺服機油管的計算	66
1. 伺服機及油管的一般工作條件	66
2. 液動伺服機油管的管徑的計算	68
3. 液動伺服機油管最大長度的計算	70
4. 局部阻力的計算	75
5. 液動伺服機油管的計算程序	78
6. 油管計算實例	79
第六章 自動調節器和測量儀表脈衝導管的計算	87
1. 脈衝導管的一般工作條件	87
2. 確定機械模型的係數	91
確定係數 m	91
確定係數 β	94
確定係數 k	95
3. 確定電力模型的係數	98
確定係數 L	98
確定係數 R	100
確定係數 C	102
4. 在一個自由度的系統中（相當於圖 28 及 30 中機械模型或電力模型的情況）脈衝導管的計算方法	105
5. 在某些並不相當於最簡單的機械模型或電力模型的情況中的計算方法	110
在一根脈衝導管上連接兩個相同的儀表	110
在一根脈衝導管上連接兩個不同的儀表	113
環式差壓計脈衝導管的計算	114
6. 脈衝導管的計算程序	115
具有一個自由度的系統	115
具有兩個自由度的系統	117
7. 脈衝導管的計算實例	119
第七章 自動調節器和測量儀表氣動導管的計算	121
1. 氣動導管的一般工作條件	121
2. 確定氣動導管電力模型的係數	133
確定係數 R_0	133

74870

确定系数 R_1	135
确定系数 C_1	136
确定系数 C_2	136
3. 气动导管的计算方法	137
4. 气动导管的计算程序	137
5. 气动导管的计算实例	139
参考文献	144

著者的話

热力过程的自动調節現在已成为冶金工業中不可分割的一部分。

著者在冶金工業的自动化領域內工作多年之后，深信阻碍迅速采用自动学的主要原因之一是低估了理論的作用。

提供給讀者們的這本書，是系統敘述和論證著者在調整、設計、安裝及管理冶金热力过程自动調節裝置时的个人計算經驗的一个嚐試。

讀者們在本書中可見到自动裝置某些元件的近似計算方法，以及自动調節器本身調整計算的方法。

只有在运算时不化費很多時間的簡單計算方法对实际工作才有价值。著者从这个要求出發，在选取本書材料时尽量考虑到使每个熟悉代数方法的讀者都能应用所提出的公式。

很多在实际上很重要的問題，例如測量孔板的計算、凸輪輪緣的計算等等在本書不作說明，因为這些問題在文献中已有足够的說明^①。

为了尽可能敘述得更清楚，著者的注意力主要放在說明計算公式的物理意义上，而對於推演它們的严格数学証明做得較少，这些証明可以在專業文献中找到。

本書也不想对讀者提出現時在自动調節理論中应用的全部术语和定义。在書中仅討論著者根据自己的实际工作經驗而認為对生产工作人員有用的东西。

本書的目的在於帮助从事冶金工業热力过程自动化工作的人員，縮小实验的範圍和時間，激起实际人員對於工程計算的重視。

① 參閱参考文献 [1, 2]。（這兩本書的中譯本已由冶金工業出版社出版，書名為：“节流裝置計算”和“平爐自动調節經驗”——編者註。）

第一章 調節对象的特性

1. 關於調節对象及被調節参数的概念

在冶金工厂中經常需要將下列各参数自动保持为恒定值：

(1) 溫度，(2) 压力，(3) 流量，(4) 液面。

調節对象也按上述各种参数而分成溫度調節对象，液面調節对象等等。

需要保持恒定的数值一般都叫做“被調節参数”或“对象的輸出量”。

一般都用改变流入对象的物質流量的方法来保持物質液面的恒定。为保持恒定的溫度，經常要改变送入爐中的燃料量。有时候也用改变冷却介質数量的方法来得到溫度的恒定。例如在某些構造型式的鍋爐中，調節蒸汽溫度就要改变流入蒸汽冷却器中的水量。同样，在保持其他各参数的恒定时，是用改变某一特选数值（物質流量、能量进入量等等）的方法得到的。

在保持被調節参数恒定值时所改变的数值叫做“調節值”或“对象的輸入量”。

为要正确地选取調節器的类型以及正确地調整調節器，很需要了解調節值的变动對於被調節参数作用得多快以及在什么範圍中作用。

2. 反应曲線

調節值（輸入量）和被調節参数（輸出量）間之关系用所謂反应曲線或过渡傳动函数来表示是最方便的。

反应曲線是用实验方法在切断調節器时从調節对象上取得的。曲線示明在調節值瞬时波形变动后，被調節参数是怎样变动的。

例如，蒸汽鍋爐的水鼓作为液面調節对象时的反应曲線就可

按下列方法取得。

在蒸汽流量恒定时，給水流量在一定時間內被保持得等於蒸汽的流量。水位在这时保持不变。此后，推动給水閥使水的流量迅速改变，並保持它的新流量值不变，而这时蒸汽流量仍旧如前（鍋爐負載不变）。液面开始上升並得到像圖 1 所示那样的曲綫。这根曲綫的特征如下。

在水的流量改变后（即 t 时后），液面以某一速度开始变动，而且並不趋向一个新的平穩值。水的流量及蒸汽流量在实际上和液面並無关系。

因此，在水的流量改变了，而且不等於蒸汽流量以后，液面將变动到使水鼓全部充滿或全部洩空为止。用像圖 1 所示的反应

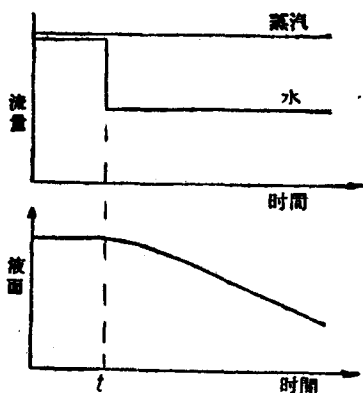


圖 1 蒸汽鍋爐的水鼓作为液面調
节对象时的反应曲綫
無自动均衡的对象（不定对象）

曲綫表示特性的調节对象叫做無自动均衡对象或不定对象。

在必須測取溫度調节对象（例如灶式爐）的反应曲綫时，可按下述方法进行。在金屬通过爐中的速度以及燃料的流量恒定时，等到溫度达到平穩值。此后急速地改变燃料及空气的流量，即改变送入爐中的热量。金屬通过速度（爐的負載）在这时仍旧保持不变。

溫度开始变动，就得到像圖 2 所示的曲綫。由此可見，在这里溫度在热量进入量减小后的变化是趋向於新的平穩值的。这是由于當溫度降低时热損失也减小，因而限制了溫度的下降。

圖 2 曲綫所表示的对象叫做自动均衡对象或靜定对象。

測取反应曲綫是确定調节对象参数的一个很重要的实验方法。在測取这根曲綫时必須遵守一定的規程，以得到对实际有用

的結果。

調節值的變化值有重大意義。

在着手測取曲線之前，需要研究在給定對象上最常見的被調節參數的變化。在實驗時應當造成參數的變化，例如使參數變化值相當於對象中被調節參數的平均擾動值。（只有在絕對線性的對象上在實驗時候的擾動值才沒有重要關係，在所有別的情況下，測取到的對象參數和擾動值有關）。

此外，極重要的是要在無其他變動因素影響的條件下進行實驗。例如在測取作為液面調節對象的蒸汽鍋爐水鼓的反應曲線時，必須使水鼓中蒸汽壓力在實驗期中保持不變。不然的

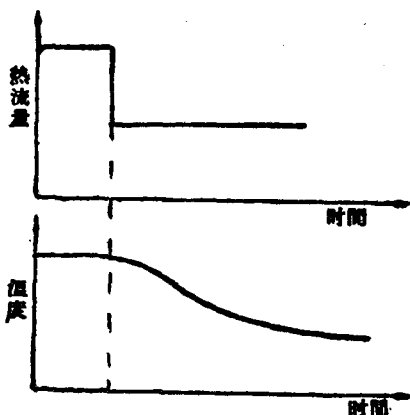


圖 2 灶式爐作為溫度調節對象時的反應曲線

自動均衡對象（靜定對象）

話，液面不但將因為蒸汽流量與水流量間失却平衡而改變，也將由於蒸發面下蒸汽泡體積的改變而變動，這將完全歪曲測取的結果。

在測取作為溫度調節對象的灶式爐的反應曲線時，開啓爐門也將完全歪曲測取結果。

我們在以後可以知道，分析反應曲線就可以確定計算穩定調節過程所必需的對象全部特性。但是測取反應曲線並不是闡明我們所要的特性的唯一方法。用所謂振幅頻率特性曲線也可以闡明這些特性。我們以液面及溫度調節的例子來說明它的物理意義。

假設在蒸汽流量恒定時，進入蒸汽鍋爐的供水量從 0 到 100% 作週期性（正弦）變動。這可以適當地推動給水閥門來做到。在這時液面也將週期性地變動，而液面變動振幅是最大可能變動

值的百分之几。如果在恒定振幅下改变水流量的振幅频率，那末液面波动振幅将不是常数值。一般在频率增大时，液面波动振幅就减小。液面波动振幅和频率间的关系就叫做水鼓作为液面调节对象时的振幅频率特性曲线。

我们来研究温度调节对象上的这种关系，假设在金属通过灶式炉的速度不变时使燃料流量作正弦变化（空气流量同时也成比例变动）。

假设燃料流量变动的振幅不变，而其频率有改变。这时炉中温度也将作周期性变动，而温度波动的振幅在燃料流量振荡频率增加及其振幅恒定时将减小。

温度波动振幅和频率间的关系就是作为温度调节对象的炉的振幅频率特性曲线。

应当注意，温度的最大和最小值并不和燃料流量的最大和最小值同时达到。

在蒸汽锅炉上，液面的最大值在时间上也并不恰好和水流量的最大值相符合。这就表明在被调节参数振荡和调节值振荡之间有相位差。

相位差和振荡频率间的关系就是对象的相位频率特性曲线。

一起取得的振幅频率特性曲线和相位频率特性曲线完全确定了对象的所有特性，这些特性从自动调节观点看来是很重要的。以上面所提的特性曲线为基础，也可以像以反应曲线为基础那样来确定调节对象的特性。

知道了对象的反应曲线，就可以不用再做额外的实验而以图解或计算的方法将它化到频率特性曲线。反之，知道了频率特性曲线，也可确定反应曲线。

由此可见，用哪一种特性曲线来求对象特性更好只有从实际考虑才能确定。

上述材料的证明可以在文献〔3〕中找到。

基于测取频率特性曲线的计算方法是首先在电子仪器的研究中得到发展的。事实上，在实验室条件下测取这些仪器的频率特