

船用热力装置的调节

C. A. 康特著



机械工业出版社

船用热力装置的调节

C. A. 康特著

阮耀民译



机械工业出版社

1959

內 容 簡 介

本書系統地敘述熱力裝置的調節理論，在內容方面，足夠獨立解決關於船用力能裝置方面的具體問題。在上述理論基礎上，研究船用力能裝置實在的調節設備，並陳述它們的計算和試驗原理。

本書可作為造船學院機械製造系學生或在調節設備的設計和安裝部門工作的工程技術人員的教材。

由於船用裝置和其他力能裝置調節理論和方法上許多問題的共同性，因此可以說，對本書內容感到興趣的，絕不限於造船方面的力能機械製造的工作人員。

蘇聯С. А. Кантор著 'Регулирование судовых теплосило-
вых установок' (Судпромпиз 1956 年 第一版)

*

*

NO. 2914

1959 年 6 月 第一版 1959 年 6 月 第一版 第一次印刷

787×1092 1/25 字數 253 千字 印張 12 3/25 0,001— 1,850 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價 (11) 1.90 元

目 次

序	7
緒論	9

第一篇 热力装置調節的理論基础

第一章 作为調節对象的船用热力装置的性質	11
§ 1 能量的輸入及輸出特性曲綫	11
§ 2 热力装置的靜工况	15
§ 3 最簡單的热力装置工况的稳定性	18
§ 4 較复杂的热力装置稳定性的分析基础	21
§ 5 船用热力装置調節的任务	27
第二章 自动調節系統	29
§ 6 指揮机构（調節器）結構原理	29
§ 7 調節机构	32
§ 8 自动調節的执行机构	33
第三章 被調節装置的靜力学	39
§ 9 被調節装置靜态計算的任务	39
§ 10 調節器的靜态特性曲綫	40
§ 11 执行机构的靜态特性曲綫	44
§ 12 調節机构的特性曲綫	49
§ 13 調節系統的靜态特性曲綫	50
§ 14 改变調節量的設備	52
§ 15 調節的不灵敏性	55
第四章 調節系統的結構原理	60
§ 16 具有測量調節参数的指揮机构的系統	60
§ 17 測量間接参数的調節器的采用	62
§ 18 多蓄能器装置的可能調節系統	65
§ 19 用速度調節器来調節压缩空气量的調節系統	66
第五章 調節稳定性的研究原理	67
§ 20 被調節装置的动态結構	67
§ 21 調節动力学的任务	69

§ 22 調節穩定性的研究原理	70
§ 23 勞斯-胡維茨穩定性判別法	73
§ 24 米哈依洛夫穩定性判別法	75
§ 25 穩定性品質的評價	77
第六章 具有直接調節的裝置的穩定性	81
§ 26 具有理想調節器的最簡單裝置的直接調節方程式	81
§ 27 具有理想調節器的直接調節的穩定性研究	83
§ 28 實在調節器方程式的推導	87
§ 29 調節器的質量對穩定性的影響	90
§ 30 緩衝器對穩定性的影響	92
§ 31 質量及緩衝器對穩定性的影響	93
第七章 具有間接調節的裝置的穩定性	95
§ 32 具有斷流滑閥的間接調節的執行機構的方程式	95
§ 33 具有節流滑閥的間接調節的執行機構的方程式	99
§ 34 具有剛性遮斷器的間接調節系統穩定性的研究	102
§ 35 具有恒定轉速的鼓風機的壓縮空氣流量調節的穩定性	103
§ 36 調節器類型的選擇對動態特性的影響	103
§ 37 無遮斷器的間接調節的穩定性	112
§ 38 無遮斷器的和有剛性遮斷器的間接調節動態特性的比較	113
第八章 用以改善自動調節的設備	116
§ 39 具有彈性遮斷器的系統	116
§ 40 具有以負荷作為第二沖量的系統	123
§ 41 具有由調節參數導數取得第二沖量的系統	127
§ 42 負的不均衡系數的獲得	131
§ 43 消除調節對象固有的不穩定性的自動調節的應用	133
第九章 複雜裝置的調節	136
§ 44 具有串聯互相作用的蓄能器的裝置的調節	136
§ 45 具有幾個調節機構的裝置的調節	138
§ 46 撤汽汽輪機的調節	139
§ 47 牽連調節的自正理論	144
§ 48 牽連調節和多沖量調節的比較	149
§ 49 燃氣輪機裝置的調節原理	151
§ 50 燃氣輪機裝置的靜力狀態	155
§ 51 在複雜的燃氣輪機裝置中用評價變化工況有利性的方法來確定	

調節方案	163
§ 52 鍋爐裝置的調節原理	166
§ 53 用頻率特性分析穩定性	172
第十章 作出調節過程及某些非線性的影響	176
§ 54 應用綫性方程式來作出調節過程	176
§ 55 應用拉普拉斯變換來作出調節過程	178
§ 56 伺服器的恒定速度對於動態特性的影響	184
§ 57 調節器的干燥摩擦對系統動態特性的影響	186
§ 58 滯後對於調節動態特性的影響	191
§ 59 採用數字積分來作出調節過程	193
§ 60 極限調節	194

第二篇 船用熱力裝置調節設備的構造和計算

第十一章 鍋爐裝置的調節設備	202
§ 61 艦用鍋爐裝置的調節系統	202
§ 62 阿斯罕尼阿公司艦用鍋爐裝置調節設備的構造	203
§ 63 ЦНИИ (克雷洛夫中央科學研究院) 式鍋爐裝置調節系統	211
§ 64 ЦНИИ (克雷洛夫中央科學研究院) 式調節設備的構造	212
第十二章 供汽系統的調節	219
§ 65 回熱式給水預熱器的調節	219
§ 66 除氣器工况的調節	227
§ 67 汽輪機汽封設備的調節	229
第十三章 船用主機的調節	235
§ 68 船用柴油機的調節	235
§ 69 主汽輪機的調節	239
§ 70 船用燃氣輪機裝置的調節	244
第十四章 船用發電裝置的調節	247
§ 71 船用汽輪發電機的調節	247
§ 72 船用柴油發電機的調節	252
§ 73 雙沖量調節在船用發電裝置中的應用	253
§ 74 同步發電機並聯工作時的調節	255
第十五章 自動調節設備的計算和試驗	256
§ 75 自動調節的計算原理	256

§ 76 保持鍋爐鼓筒水位的調節設備計算舉例	257
§ 77 船用柴油機調節設備計算舉例	262
§ 78 船用輔助蒸汽汽輪發電裝置牽連調節計算舉例	272
§ 79 調節設備的試驗	285
参考文献	292

船用热力装置的调节

C. A. 康特著

阮耀民译



机械工业出版社

1959

內 容 簡 介

本書系統地敘述热力裝置的調節理論，在內容方面，足夠獨立解決關於船用力能裝置方面的具體問題。在上述理論基礎上，研究船用力能裝置實在的調節設備，並陳述它們的計算和試驗原理。

本書可作為造船學院機械製造系學生或在調節設備的設計和安裝部門工作的工程技術人員的教材。

由於船用裝置和其他力能裝置調節理論和方法上許多問題的共同性，因此可以說，對本書內容感到興趣的，絕不限於造船方面的力能機械製造的工作人員。

蘇聯С. А. Кантор著 'Регулирование судовых теплосило-
вых установок' (Судпромгиз 1956 年 第一版)

*

*

NO. 2914

1959 年 6 月 第一版 1959 年 6 月 第一版 第一次印刷

787×1092 $1/25$ 字數 253 千字 印張 12 $3/25$ 0,001— 1,850 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價 (11) 1.90 元

目 次

序	7
緒論	9

第一篇 热力装置調節的理論基础

第一章 作为調節对象的船用热力装置的性質	11
§ 1 能量的輸入及輸出特性曲綫	11
§ 2 热力装置的靜工况	15
§ 3 最簡單的热力装置工况的稳定性	18
§ 4 較复杂的热力装置稳定性的分析基础	21
§ 5 船用热力装置調節的任务	27
第二章 自动調節系統	29
§ 6 指揮机构（調節器）結構原理	29
§ 7 調節机构	32
§ 8 自动調節的执行机构	33
第三章 被調節装置的靜力学	39
§ 9 被調節装置靜态計算的任务	39
§ 10 調節器的靜态特性曲綫	40
§ 11 执行机构的靜态特性曲綫	44
§ 12 調節机构的特性曲綫	49
§ 13 調節系統的靜态特性曲綫	50
§ 14 改变調節量的設備	52
§ 15 調節的不灵敏性	55
第四章 調節系統的結構原理	60
§ 16 具有測量調節参数的指揮机构的系統	60
§ 17 測量間接参数的調節器的采用	62
§ 18 多蓄能器装置的可能調節系統	65
§ 19 用速度調節器来調節压缩空气量的調節系統	66
第五章 調節稳定性的研究原理	67
§ 20 被調節装置的动态結構	67
§ 21 調節动力学的任务	69

§ 22 調節穩定性的研究原理	70
§ 23 勞斯-胡維茨穩定性判別法	73
§ 24 米哈依洛夫穩定性判別法	75
§ 25 穩定性品質的評價	77
第六章 具有直接調節的裝置的穩定性	81
§ 26 具有理想調節器的最簡單裝置的直接調節方程式	81
§ 27 具有理想調節器的直接調節的穩定性研究	83
§ 28 實在調節器方程式的推導	87
§ 29 調節器的質量對穩定性的影響	90
§ 30 緩衝器對穩定性的影響	92
§ 31 質量及緩衝器對穩定性的影響	93
第七章 具有間接調節的裝置的穩定性	95
§ 32 具有斷流滑閥的間接調節的執行機構的方程式	95
§ 33 具有節流滑閥的間接調節的執行機構的方程式	99
§ 34 具有剛性遮斷器的間接調節系統穩定性的研究	102
§ 35 具有恒定轉速的鼓風機的壓縮空氣流量調節的穩定性	103
§ 36 調節器類型的選擇對動態特性的影響	103
§ 37 無遮斷器的間接調節的穩定性	112
§ 38 無遮斷器的和有剛性遮斷器的間接調節動態特性的比較	113
第八章 用以改善自動調節的設備	116
§ 39 具有彈性遮斷器的系統	116
§ 40 具有以負荷作為第二沖量的系統	123
§ 41 具有由調節參數導數取得第二沖量的系統	127
§ 42 負的不均衡系數的獲得	131
§ 43 消除調節對象固有的不穩定性的自動調節的應用	133
第九章 複雜裝置的調節	136
§ 44 具有串聯互相作用的蓄能器的裝置的調節	136
§ 45 具有幾個調節機構的裝置的調節	138
§ 46 撤汽汽輪機的調節	139
§ 47 牽連調節的自正理論	144
§ 48 牽連調節和多沖量調節的比較	149
§ 49 燃氣輪機裝置的調節原理	151
§ 50 燃氣輪機裝置的靜力狀態	155
§ 51 在複雜的燃氣輪機裝置中用評價變化工況有利性的方法來確定	

調節方案	163
§ 52 鍋爐裝置的調節原理	166
§ 53 用頻率特性分析穩定性	172
第十章 作出調節過程及某些非線性的影響	176
§ 54 應用綫性方程式來作出調節過程	176
§ 55 應用拉普拉斯變換來作出調節過程	178
§ 56 伺服器的恒定速度對於動態特性的影響	184
§ 57 調節器的干燥摩擦對系統動態特性的影響	186
§ 58 滯後對於調節動態特性的影響	191
§ 59 採用數字積分來作出調節過程	193
§ 60 極限調節	194

第二篇 船用熱力裝置調節設備的構造和計算

第十一章 鍋爐裝置的調節設備	202
§ 61 艦用鍋爐裝置的調節系統	202
§ 62 阿斯罕尼阿公司艦用鍋爐裝置調節設備的構造	203
§ 63 ЦНИИ (克雷洛夫中央科學研究院) 式鍋爐裝置調節系統	211
§ 64 ЦНИИ (克雷洛夫中央科學研究院) 式調節設備的構造	212
第十二章 供汽系統的調節	219
§ 65 回熱式給水預熱器的調節	219
§ 66 除氣器工况的調節	227
§ 67 汽輪機汽封設備的調節	229
第十三章 船用主機的調節	235
§ 68 船用柴油機的調節	235
§ 69 主汽輪機的調節	239
§ 70 船用燃氣輪機裝置的調節	244
第十四章 船用發電裝置的調節	247
§ 71 船用汽輪發電機的調節	247
§ 72 船用柴油發電機的調節	252
§ 73 雙沖量調節在船用發電裝置中的應用	253
§ 74 同步發電機並聯工作時的調節	255
第十五章 自動調節設備的計算和試驗	256
§ 75 自動調節的計算原理	256

§ 76 保持鍋爐鼓筒水位的調節設備計算舉例	257
§ 77 船用柴油機調節設備計算舉例	262
§ 78 船用輔助蒸汽汽輪發電裝置牽連調節計算舉例	272
§ 79 調節設備的試驗	285
参考文献	292

序

本書包含船用热力装置自动調節方面工程师职务所需的全面知識。編写本書时，作者曾結合本人在列宁格勒造船学院講授“船用热力装置自动調節的理論和設計”課程时所积累的經驗。

調節理論以普通的形式敘述，以便不仅造船工作者、而且陆用动力机器制造工作者均能利用这些材料。在調節技术和調節設備計算原理的內容与船用装置的关系則較密切。

为了便于作为学生以及工程技术人員的教材，本書內容受到很大的限制。因而書中仅包括对于热力装置自动調節有直接实用意义的那些調節理論知識。为了能了解其他問題，在索引中列出了現有的参考書目。

作者对列宁格勒造船学院、ЦНИДИ、基洛夫工厂及其他机关的同事們表示感謝，承他們提供有关船用热力装置調節的技术資料。

書中草圖及插圖的繪制承 А. С. Кантор 給予極大的帮助。

常遇基本符号

- x —— 表示蓄能器中能量儲存的質参数。
- Δx —— 有因次的質参数的偏差值。
- ξ —— 上述偏差的相对值。
- Q_1 —— 蓄能器輸入能量的量参数。
- Q_2 —— 蓄能器輸出能量的量参数。
- $\Delta \omega$ —— 机器角速度的偏差。
- φ —— 上述偏差的相对值。
- Δp —— 工質压力的偏差。
- ρ —— 上述偏差的相对值。
- ΔT —— 工質溫度的偏差。
- τ —— 上述偏差的相对值。
- δ —— 靜态不均衡系数。
- δ' —— 动态不均衡系数。
- T_s —— 伺服器時間常数。
- T_i —— 等值時間常数。
- T_1 —— 表示自調节的具有時間因次的系数。
- T_2 —— 表示自动調节动作的具有時間因次的系数。
- T_r —— 反映調节器慣性的調节器時間常数。
- T_k —— 反映接合器运动时液体摩擦的緩冲器時間常数。
- $m_{\max}$ —— 当工况由全負荷至空轉变化时，調节机构的行程。
- Δm —— 具有因次的調节机构的偏差。
- μ —— 上述偏差的相对值。
- ΔS —— 具有因次的滑閥口开度。
- $S_{\max}$ —— 用作标准量的滑閥口的假定开度。
- σ —— 滑閥相对开度。
- $z_{\max}$ —— 用作标准量的調节器接合器行程。
- Δz —— 調节器接合器位置的偏差。
- η —— 調节器接合器的相对偏差。
- λ —— 耗能器負荷特性曲綫的相对位移。
- E —— 調节器的支持力。
- ε —— 不灵敏性系数。

緒 論

現代船用熱力裝置包括由蒸汽鍋爐直到燃氣輪機裝置的全套動力設備。這些裝置的運轉具有某些特殊性，首先就是對可靠性的要求較高。還在不久以前，有這樣一種見解，認為熱力裝置的自動調節會降低設備運轉的可靠性。也許這就是為什麼船用熱力裝置普遍使用人工操縱的時期較諸陸用的更長久些。

由於熱能設備技術的發展，促使熱力裝置各個部分採用高效能的設備，因而不可避免地要採用一些完善的自動調節設備。這種自動調節設備不但作為減輕管理人員勞動的手段，而且也作為提高整個動力設備的可靠性和靈活性的手段。因此在現代船用裝置中可以看到在調節對象的範圍和技術內容方面都超過陸用類似裝置的自動調節設備。

雖然船用熱力裝置的技術內容在運轉上有其特殊性，但實際上和陸用裝置頗相近。所以這些裝置的自動調節都是基於整個動力機械製造業在調節方面所取得的理論和實踐的成就之上的。

在熱力裝置發展的開始時期，波爾祖諾夫(И. И. Ползунов, 1766)和瓦特(Дж. Уатт, 1784)就最先應用了自動調節。

自動調節的理論是由維許涅格拉斯基(И. А. Вышнеградский, 1877)在其古典著作中首先奠定其基礎。其後的年代中，俄國及其他國家的許多學者都參與了這個理論的研究。文獻〔2〕介紹了機器調節理論方面的基本著作。

調節的技術和理論隨着動力設備發展過程所引起的任務而相應發展起來。波爾祖諾夫和瓦特在製造最初的蒸汽機時發明了直接調節。隨着較完善的熱力裝置的出現，法爾可(Фарко)在1873年提出了間接調節。與此同時，出現了維爾納和威利海廉西門氏(Вернер и Вильгельм Сименс)1845年提出的按調節參數的導數來調節以及旁舍利(Понселе)1849年提出的按機器負荷來調節的新的調節原理。像蒸汽輪機這樣調節任務較為複雜的對象的產生，又引起了牽連調節

系統的出現。

調節理論的發展與動力裝置技術的發展水平遠非時常適應。從波爾祖諾夫和瓦特最初的直接調節器的出現到維許涅格拉斯基對直接調節的研究，其間有較顯著的脫節。這種現象有害地影響了調節技術的發展，因為幾乎整個世紀中，工程思想經常在不明確的方向中摸索着，企圖以擬制各種不同結構的無差調節器去克服實際調節上所發生的困難。

在建立牽連調節系統時，因調節理論和調節實踐之間的距離較小，故解決所產生的新問題而遇到的困難也就減少。1931~1932年伏茲涅仙斯基（И. Н. Вознесенский）研究了自正理論，及時促使成功地發展了蒸汽輪機的調節技術。

關於自動調節的理論問題進行過大量的研究工作，要在一本小書里詳盡地討論它們是不可能的。因此在參考書目中給大家介紹了文獻〔11〕。