

實用機械工程手冊

下 冊

動力運輸之部

柴 志 明 編

龍門聯合書局出版

本書係適應當前從事於動力或運輸業務的機械技術幹部的要求，並結合祖國的實際情況。內容分空氣、水和蒸汽、燃料、燃燒和傳熱、空氣機械、水力機械、內燃機、鍋爐、暖氣和空氣調節、蒸汽發動機、鐵道機車、蒸汽動力廠、管路、實用電工等十二章。度量衡單位以公制為主，標準和規格以本國和蘇聯的為主，並儘量介紹蘇聯的先進經驗。動力機械和運輸機械及其輔助設備上必須引用的數據和參考資料已廣為搜集。

凡從事於動力機械業務或運輸機械業務的技術幹部手此一冊，可解決經常遇到的問題，並可供進修學習之用。

实用机械工程手册

下 册

(增訂本)

柴 志 明 編

★版權所有★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海市書刊出版業營業許可出 029 号

上 海 淮 海 中 路 1813 号

新 華 書 店 總 經 售

大 眾 文 化 印 刷 廠 印 刷

上 海 威 海 衛 路 253 号

開本: 787×1092 1/32 印數: 20,501—40,500冊

印張: 27 $\frac{4}{32}$ 插頁: 4 1954年4月第 一 版

字數: 760,000 1956年11月第 二 版

定價: (9) 3.40 元 1958年10月第 七 次 印 刷

增訂本序

本手冊下冊動力運輸之部於1954年出版迄今已越兩年。在這兩年期間我國工業在蘇聯無私的幫助下有了飛躍的發展。工業產品日新月異層出不窮。因此本手冊的增訂成爲迫不及待的了。

這次增訂的主要部分是第二章燃料燃燒和傳熱；第六章工業鍋爐；第七章暖氣和空氣調節；第九章鐵道機車和第十章蒸汽動力廠。增訂的材料是結合國內外工業技術的進步，尤其是蘇聯的先進經驗，並符合讀者的要求。

蘇聯的傳熱和鍋爐的計算方法已躍居世界第一位，本手冊作了全盤的介紹。蘇聯的鐵道機車已由蒸汽機車轉向更優越的內燃機車和電氣機車發展，故第九章內容增添了電氣機車和內燃機車。我國目前動力廠正在大陸上發展，故第十章增加冷却設備的計算。第七章英制單位已全部改爲公制單位。我國最新的工業產品如汽輪機，內燃機，水力機械，空氣機械和鍋爐的參數和性能也都列入有關的章節中。

柴 志 明

於上海交通大學

一九五六年七月一日

弁 言

本手冊[設計製造之部]於1952年出版後，編者即開始編寫下冊[動力運輸之部]。從選擇材料以迄排印出版費去兩年的時間，卒於今春和諸位讀者相見。動力機械和運輸機械的範圍相當廣泛，但篇幅却是有限。編者根據我國當前動力和運輸機械的實際情況以及技術幹部的需要，作為選擇材料的指標，更注重於蘇聯的先進經驗和我國五年計劃中機械工業建設的迫切問題。

第一第二兩章，關於工質和燃料，是動力和運輸機械工程的共同基礎。第三章空氣機械，第四章水力機械，第七章暖氣和空氣調節，第十一章工業管路和第十二章實用電工；這五章是和動力運輸機械工程血肉相關的輔助機械和設備。下餘五章：第五章內燃機，第六章工業鍋爐，第八章蒸汽發動機，第九章鐵道機車和第十章蒸汽動力廠是動力和運輸機械工程的本體。我國水力發電尚在發展初期，故第四章水力機械中祇扼要地介紹了水輪機。

本部篇幅雖經編者根據前述原則將已搜集的材料縮編，但仍有八百餘頁之鉅。今後我國工業建設勢必飛躍前進，則本手冊內容亦宜隨時相應地補充，以副諸位讀者的厚望。第三章空氣機械承萬定國工程師供給材料，第六章工業鍋爐承嚴礪平教授提供意見，第五章內燃機和第八章蒸汽發動機承彭紹曾工程師供給船舶方面的材料，特此誌謝。編者學驗淺薄，選材編排難免失當。仍希諸位讀者惠予指教，以作補充修訂的南針。

柴 志 明 於上海交通大學
一九五四年四月一日

目 錄

第 一 章 空氣、水和蒸汽

1. 空氣性能	1-01
2. 水的性能	1-05
3. 工業給水和處理法	1-13
4. 公制蒸汽表	1-20
5. 公制蒸汽 $i-s$ 曲線圖	1-26
6. 流體流動定律	1-28
7. 液體在管壁摩擦的損頭	1-30
8. 液體在局部摩擦的損頭	1-33

第 二 章 燃料、燃燒和傳熱

1. 燃料分類	2-01
2. 煤的級次	2-04
3. 煤樣採取法	2-07
4. 焦樣採取法	2-08
5. 煤的分析	2-09
6. 煤的用途和燃燒性質	2-14
7. 高低位熱值	2-16
8. 液體燃料性能	2-20
9. 發生爐煤氣	2-27
10. 燃燒反應	2-30
11. 理論空氣	2-31
12. 逾量空氣	2-36
13. 燃燒計算和 $J-T$ 圖	2-38

14. 熱平衡·····	2-43
15. 烟道氣分析·····	2-52
16. 輻射傳熱·····	2-54
17. 傳導和對流傳熱·····	2-59
18. 對流傳熱標準數·····	2-70

第三章 空氣機械

1. 鼓風機·····	3-01
2. 風扇·····	3-12
3. 空氣壓縮機·····	3-23
4. 風量測量法·····	3-38
5. 管子空氣阻力計算·····	3-47

第四章 水力機械

1. 水輪機·····	4-01
2. 離心式泵浦·····	4-11
3. 往復式泵浦·····	4-33
4. 迴轉式泵浦·····	4-40
5. 泵浦障礙檢修法·····	4-43
6. 離心式泵浦調整法·····	4-47

第五章 內燃機

1. 類型·····	5-01
2. 主要計算公式·····	5-02
3. 主要部分構造·····	5-18
4. 狄塞爾機的燃燒室和噴油設備·····	5-31
5. 鄂圖機的燃燒室和汽化器·····	5-43
6. 鄂圖機的點火·····	5-51
7. 四衝程機的氣閥定時機構·····	5-56
8. 二衝程內燃燒·····	5-59
9. 調節機構·····	5-62

-
10. 冷卻和油潤..... 5-67
 11. 狄塞爾機的故障和檢修法..... 5-83

第六章 工業鍋爐

1. 鍋爐容量..... 6-01
2. 鍋爐類型..... 6-04
3. 鍋爐規格..... 6-16
4. 鍋爐主要尺寸..... 6-19
5. 鍋爐材料..... 6-33
6. 鍋筒和封頭..... 6-40
7. 鋼板接縫和孔帶..... 6-43
8. 平面板(管板)和爐胆..... 6-47
9. 加煤機..... 6-51
10. 有加煤機的爐膛..... 6-53
11. 燒煤粉的爐膛..... 6-62
12. 煤粉的備製..... 6-65
13. 過熱器、預熱器和煙囪..... 6-68
14. 鍋爐附件..... 6-74
15. 輻射傳熱計算..... 6-80
16. 對流傳熱計算..... 6-84
17. 對流放熱係數的計算..... 6-87
18. 輻射放熱係數的計算..... 6-91

第七章 暖氣和空氣調節

1. 房屋的散熱係數..... 7-01
2. 熱阻和傳熱係數..... 7-03
3. 室外溫度和室內溫度..... 7-07
4. 傳熱係數和熱阻的標準數值..... 7-09
5. 熱損失的計算..... 7-11
6. 放熱器..... 7-19
7. 暖氣設備..... 7-23

8. 有效溫度	7-27
9. 噴霧箱	7-30

第八章 蒸汽發動機

1. 蒸汽機類型	8-02
2. 蒸汽機主要部分	8-04
3. 馬力和效率	8-26
4. 衝動式汽輪機	8-40
5. 反動式汽輪機	8-43
6. 汽輪機依進汽排汽狀態劃分的類型	8-45
7. 汽輪機依汽流方式和汽缸數劃分的類型	8-48
8. 直接式和齒輪接合式汽輪機	8-50
9. 汽輪機主要計算公式	8-50
10. 有代表性的汽輪機圖樣	8-57
11. 汽輪機主要部分構造	8-59
12. 汽輪機調節機構	8-71
13. 潤滑油循環系統	8-77
14. 凝汽器的真空度	8-79
15. 凝汽器的傳熱公式	8-81
16. 凝汽器的傳熱率(熱導)	8-83
17. 凝汽器的水頭損失表	8-87
18. 表面凝汽器的構造	8-88
19. 凝汽器附屬設備	8-91

第九章 鐵道機車

1. 機車的類型	9-01
2. 蒸汽機車的製造材料	9-10
3. 蒸汽機車的牽引力和功率性能曲線	9-15
4. 蒸汽機車的參數	9-22
5. 蒸汽機車的衡重作業	9-23
6. 蒸汽機車的閘動機關調整作業	9-27

7. 電氣機車的型式和電動機的性能·····	9-32
8. 電氣機車的起動和電動機的改接·····	9-37
9. 電氣機車的控制設備·····	9-43
10. 內燃機車的構造和技術數據·····	9-53
11. 內燃機車的發動機和發電機·····	9-58
12. 內燃機車的操縱·····	9-62
13. 內燃機車的輔助裝置·····	9-67
14. 燃氣輪機車·····	9-72
15. 鐵道曲線·····	9-75
16. 列車阻力·····	9-83
17. 牽引定額·····	9-88
18. 列車制動·····	9-95
19. 行車時間·····	9-105
20. 鐵路工廠和機車庫·····	9-115

第十章 蒸汽動力廠

(一) 工作循環和熱效率比較·····	10-01
(二) 出力和效率試驗·····	10-10
1. 鍋爐出力和熱效率試驗規程·····	10-10
2. 汽輪發電機出力和熱效率試驗規程·····	10-15
(三) 鍋爐檢修法·····	10-19
1. 管子系統·····	10-19
2. 汽鼓(鍋筒)·····	10-21
(四) 汽輪機檢修法·····	10-26
1. 找中心·····	10-27
2. 汽缸滑銷的間隙·····	10-36
3. 主軸承·····	10-39
4. 調速機構·····	10-44
5. 防險機構(危急保安器)·····	10-45
6. 軸承·····	10-46
(五) 凝汽器檢修法·····	10-48

(六) 冷却設備的計算	10-55
1. 基本原理	10-55
2. 冷却塔類型	10-57
3. 開放式澱水型冷却塔主要尺寸的確定	10-59
4. 開放式點滴型冷却塔主要尺寸的確定	10-60
5. 封閉式點滴型冷却塔主要尺寸的確定	10-62
6. 噴水池容量和噴嘴	10-65
7. 噴水池尺寸	10-66
8. 各類型噴嘴的噴水池計算線圖	10-67
9. 一般性噴嘴的噴水池計算線圖	10-69
10. 循環水量損失	10-71
(七) 潤滑油料	10-72

第十一章 工業管路

(一) 閥	11-01
1. 閘閥	11-01
2. 球閥	11-03
3. 止回閥和塞閥(塞門)	11-05
4. 材料	11-05
5. 接管方法	11-06
(二) 蒸汽管路	11-10
1. 根據流速選擇管徑	11-10
2. 根據汽壓降選擇管徑	11-13
3. 製管方法	11-21
4. 管子螺紋	11-21
5. 管壁厚度	11-21
6. 管子零件	11-23
7. 阻汽排水閥	11-36
8. 脹縮接頭和彎頭	11-37
(三) 水管管路	11-39
1. 生鐵管	11-39

2. 管子零件.....	11-52
--------------	-------

第十二章 實用電工

(一)電銲.....	12-01
1. 電銲優越性.....	12-01
2. 電銲機性能.....	12-02
3. 電壓和電流.....	12-05
4. 反向電極和電弧吸引風.....	12-07
5. 熔珠的輸送.....	12-09
6. 銲條.....	12-09
7. 銲道.....	12-10
8. 多條銲法.....	12-13
9. 電銲的缺點和避免方法.....	12-14
(二)電動機.....	12-18
1. 類型、性能和用途.....	12-18
2. 滿載電流.....	12-20
3. 起動.....	12-23
4. 旋轉方向.....	12-25
5. 轉速.....	12-25
6. 故障檢修.....	12-27
(三)電照.....	12-32
1. 照度.....	12-32
2. 光源.....	12-33
3. 照明方式.....	12-40
4. 照明設計.....	12-41
(四)一般電工數據.....	12-42
附錄 單位換算表	
索引	
參考書目	

第一章 空氣、水和蒸汽

1. 空氣性能

成分

主要成分為氮和氧，加上容積 1% 氬。普通純度大氣中約有 0.04% 二氧化碳、微量的氖和氦以及水蒸汽和塵埃。

第 1-1 表 空氣成分

容 積			重 量		
N ₂	O ₂	Ar	N ₂	O ₂	Ar
78.06	21.00	0.94	75.50	23.20	1.30

壓力和溫度

絕對壓力 = 錶示壓力(壓力計) + 大氣壓力

大氣壓力 = 1.0332 公斤/方公分 = 760 公厘(水銀柱)

絕對溫度 °K = 273.16 + 攝氏溫度 °C.

第 1-2 表 公制英制大氣壓力對照表

海 拔		大 氣 壓 力		氣壓表水銀柱高度	
公 尺	呎	公斤/方公分	磅/方吋	公 厘	吋
0	0	1.03	14.69	760	29.92
152.4	500	1.02	14.42	746	29.38
304.8	1000	0.99	14.16	733	28.86
457.2	1500	0.98	13.91	720	28.33

第1-2表 公制英制大氣壓力對照表(續)

海 拔		大 氣 壓 力		氣壓表水銀柱高度	
公 尺	呎	公斤/方公分	磅/方吋	公厘	吋
609.6	2000	0.96	13.66	707	27.82
762.0	2500	0.94	13.41	694	27.31
914.4	3000	0.92	13.16	681	26.81
1066.8	3500	0.90	12.92	669	26.32
1219.2	4000	0.89	12.68	656	25.84
1371.6	4500	0.88	12.45	644	25.36
1524.0	5000	0.86	12.22	632	24.89
1676.4	5500	0.84	11.99	621	24.43
1828.8	6000	0.83	11.77	607	23.98
1981.2	6500	0.81	11.55	598	23.53
2133.6	7000	0.79	11.33	586	23.09
2286.0	7500	0.78	11.12	575	22.65
2438.4	8000	0.77	10.91	564	22.22
2590.8	8500	0.75	10.70	554	21.80
2743.2	9000	0.74	10.50	543	21.38
2895.6	9500	0.72	10.30	533	20.98
3048.0	10000	0.71	10.10	523	20.58
3352.8	11000	0.69	9.71	502	19.75
3657.6	12000	0.66	9.34	484	19.03
3962.4	13000	0.63	8.97	464	18.29
4267.2	14000	0.61	8.62	446	17.57
4572.0	15000	0.59	8.28	429	16.88

重量

空氣在溫度 0°C ，壓力 1.0332 公斤/方公分或 760 公厘水銀柱時，重量為 1.293 公斤/立方公尺。其他溫度和壓力時可依下列公式計算：

$$W = 341 \times \frac{P}{T}, \text{公斤/立方公尺。}$$

式中 P = 絕對壓力，公斤/方公分； T = 絕對溫度， $^{\circ}\text{K}$ ($=^{\circ}\text{C} + 273$)。

第 1-3 表 乾燥空氣重量(單位——公斤/立方公尺)

溫度 $^{\circ}\text{C}$	壓力 (公厘, 水銀柱)							
	710	720	730	740	750	760	770	780
0	1.208	1.225	1.242	1.259	1.276	1.293	1.310	1.327
2	1.199	1.216	1.233	1.250	1.267	1.284	1.300	1.317
4	1.190	1.207	1.224	1.241	1.258	1.274	1.291	1.308
6	1.182	1.199	1.215	1.232	1.248	1.265	1.282	1.298
8	1.173	1.190	1.207	1.223	1.240	1.256	1.273	1.289
10	1.165	1.182	1.198	1.214	1.231	1.247	1.264	1.280
12	1.157	1.173	1.190	1.206	1.222	1.238	1.255	1.271
14	1.149	1.165	1.181	1.197	1.214	1.230	1.246	1.262
16	1.141	1.157	1.173	1.189	1.205	1.221	1.237	1.253
18	1.133	1.149	1.165	1.181	1.197	1.213	1.229	1.245
20	1.125	1.141	1.157	1.173	1.189	1.205	1.220	1.236
22	1.118	1.133	1.149	1.165	1.181	1.196	1.212	1.226
24	1.110	1.126	1.141	1.157	1.173	1.188	1.204	1.220
26	1.103	1.118	1.134	1.149	1.165	1.180	1.196	1.211
28	1.095	1.111	1.126	1.142	1.157	1.173	1.188	1.203
30	1.088	1.103	1.119	1.134	1.149	1.165	1.180	1.195

比熱

定壓比熱 $c_p = 0.2353 + 0.000286 P + 0.0000189 T$, 仟卡/公斤/ $^{\circ}\text{C}$ 。

式中 T = 絕對溫度 $^{\circ}\text{K}$, P = 絕對壓力, 公斤/方公分。

水蒸汽

大氣中所含水蒸汽和空氣溫度有關係，溫度愈高，含量愈多，第 1-4 表示 1 立方公尺空氣所含的水汽重量，稱為絕對濕度。相對濕度以百分數表示，它是 1 立方公尺空氣中水汽的最大可能含量，公分(或克)/立方公尺，稱為相對濕度。

第1-4表 空氣的水蒸汽含量

(單位——公分(克)/立方公尺)

溫度 (°C)	濕度 (克/立方公尺)	溫度 (°C)	濕度 (克/立方公尺)	溫度 (°C)	濕度 (克/立方公尺)	溫度 (°C)	濕度 (克/立方公尺)	溫度 (°C)	濕度 (克/立方公尺)
-20	1.00	5	6.80	30	30.37	55	104.3	80	293.0
-15	1.50	10	9.40	35	39.61	60	130.1	85	353.2
-10	2.22	15	12.83	40	51.14	65	161.1	90	423.0
-5	3.26	20	17.30	45	65.44	70	198.0	95	503.9
0	4.84	25	23.04	50	82.96	75	241.6	100	597.0

第1-5表 空氣在各種溫度和相對濕度時的水蒸汽含量

(單位——公分(克)/立方公尺)

相對濕度 % 溫度 °C	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-15	0.07	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70	0.83	0.97	1.11	1.25	1.40
-10	0.11	0.21	0.43	0.64	0.86	1.07	1.28	1.50	1.71	1.93	2.22
-5	0.16	0.32	0.65	0.97	1.30	1.62	1.94	2.27	2.59	2.92	3.26
0	0.24	0.48	0.97	1.45	1.94	2.42	2.91	3.39	3.84	4.36	4.84
5	0.34	0.68	1.36	2.04	2.72	3.40	4.08	4.76	5.44	6.12	6.80
10	0.47	0.94	1.88	2.82	3.76	4.70	5.64	6.58	7.52	8.46	9.40
15	0.64	1.28	2.56	3.85	5.13	6.41	7.69	8.98	10.26	11.54	12.83
20	0.86	1.73	3.46	5.19	6.92	8.64	10.37	12.10	13.83	15.56	17.29
25	1.15	2.30	4.61	6.91	9.21	11.52	13.82	16.12	18.43	20.73	23.03
30	1.52	3.04	6.04	9.11	12.14	15.18	18.21	21.25	24.29	27.29	30.37
35	1.98	3.96	7.92	11.88	15.84	19.80	23.76	27.71	31.67	35.63	39.61

性能公式

$$PV = GRT$$

P = 絕對壓力, 公斤/方公尺; V = 容積, 立方公尺;

T = 絕對溫度 °K (= 273 + °C); G = 公斤數; R = 常數。

空氣在溫度 0°C 或絕對溫度 273°K 時的壓力為 1.0332 公斤/方公分。其每公斤的容積為 $1/1.293 = 0.775$ 立方公尺，空氣的常數 R ：

$$R = \frac{1.0332 \times 10,000 \times 0.775}{273} = 29.2;$$

英制中 $R = 53.3$ 。

【例題】

某鐵櫃容積 3.5 立方公尺，內盛空氣，其壓力為 7 公斤/方公分（錶示壓力），溫度為 29°C 。（甲）問櫃內空氣重量幾何？（乙）若鐵櫃溫度升高至 110°C ，問壓力變為幾何？（丙）若壓水進入水櫃，壓力錶所示壓力為 9 公斤/方公分，鐵櫃溫度變為 65°C ，問空氣所佔體積減至幾何？

【解】

$$(\text{甲}) \quad G = \frac{PV}{RT} = \frac{(7 + 1.0332) \times 10,000 \times 3.5}{29.2 \times (29 + 273)} = 31.8 \text{ 公斤.}$$

$$(\text{乙}) \quad \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{GRT_1}{GRT_2}$$

$$\therefore P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1} = 8.0332 \times 10,000 \times \frac{110 + 273}{29 + 273}$$

$$= 102,000 \text{ 公斤/方公尺} = 10.2 \text{ 公斤/方公分 (絕對壓力)}$$

$$= 9.1668 \text{ 公斤/方公分 (錶示壓力)}$$

$$(\text{丙}) \quad \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} = 3.5 \times \frac{(7 + 1.0332)(29 + 273)}{(9 + 1.0332)(65 + 273)} = 2.47 \text{ 立方公尺}$$

2. 水的性能

水在大氣壓下溫度為 4°C 時密度最高，每立方公分 cm^3 （即 1 公撮 $= \frac{1}{1000}$ 公升）體積的水重 1 公分（克） g ，或 1 立方公尺的水重 1000 公