

基本富藏

1597

中央人民政府高等教育部推薦

中等技術學校教材試用本

汽 輪 機

上 冊

П. Н. ШЛЯХИН 著

莊前鼎 方崇智 敦瑞堂譯

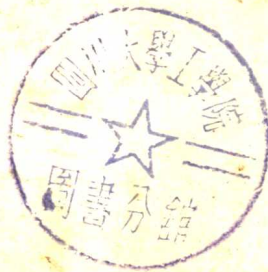


龍 門 聯 合 書 局

44
31053
K10

電機系

新計# 110521



新定價
¥ 17,000



1818

中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本

汽 輪 機

下 冊

П. Н. ШЛЯХИН 著

莊前鼎 方崇智 敦瑞堂 譯



龍 門 聯 合 書 局



工



新定價
¥ 18,000



中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本



汽 輪 機

上 冊

II. H. 施 亞 新 著

清華大學動力機械系熱力設備教研組

莊前鼎 方崇智 敦瑞堂譯

龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本



汽 輪 機

下 冊

II. H. 施 亞 新 著

清華大學動力機械系熱力設備教研組

莊前鼎 方崇智 敦瑞堂譯

龍 門 聯 合 書 局

本書係根據 1950 年蘇聯國營動力出版社(Государственное энергетическое издательство)出版施亞新(П. Н. Шляхин)著“汽輪機”(Паровые Турбины)譯出的。原書經蘇聯電站部教育處審定為動力中等技術學校用教學參考書。

參加本書翻譯和校對工作的為清華大學動力機械系熱力設備教研組莊前鼎、方崇智、敦瑞堂三同志。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊包括原書第一編的前一部分到調速系統為止。下冊包括蘇聯各式汽輪機的構造、凝汽設備和原書第二編的全部(汽輪機零件計算)。

汽 輪 機

上 冊

ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

П. Н. ШЛЯХИН 著

莊前鼎 方崇智 敦瑞堂 譯

★ 版權所有 ★

龍門聯合書局出版

上海南京路61號101室

中國圖書發行公司總經售

蔚文印刷廠印刷

上海長樂路256號

1953年5月初版

印數 3001—5000 冊

1953年10月三版

定價 17,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

本書係根據 1950 年蘇聯國營動力出版社(Государственное энергетическое издательство)出版施亞新(И. Н. Шляхин)著“汽輪機”(Паровые турбины)譯出的。原書經蘇聯電站部教育處審定為動力中等技術學校用教學參考書。

參加本書翻譯和校對工作的為清華大學動力機械系熱力設備教研組莊前鼎、方崇智、敦瑞堂三同志。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊包括原書第一編的前一部分到調速系統為止。下冊包括蘇聯各式汽輪機的構造、凝汽設備和原書第二編的全部(汽輪機零件計算)。

汽 輪 機 下 冊

ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

И. Н. ШЛЯХИН 著
莊前鼎 方崇智 敦瑞堂 譯

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

啓智印刷廠印刷

自忠路 239 弄 28 號

1953 年 9 月初版 印數 0001—5000 冊

定價 至 18,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

中央人民政府高等教育部推薦 中等技術學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國中等技術學校調整後的一項重大工作。在我國中等技術學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的材料，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地翻譯蘇聯中等技術學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國中等技術學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

序 言

本書的目的是作為動力技術學校各熟工專業學生的教材。全部材料是為“汽輪機設備”專業學生而編寫的。對於“鍋爐設備”專業學生來說，基本上祇要採用本書第一編的材料就夠了。

本書在若干方面和前此出版的一些教材有所區別。

由於在現時，蘇聯汽輪機製造業是世界上最先進的，所以本書以敘述蘇聯工廠出品的汽輪機作為研究汽輪機構造的基礎。此外，這樣之所以必要，也是由於在詳細資料的基礎上研究蘇聯汽輪機的構造，可以幫助學生更深入地研究汽輪機的構造和運轉原理。

前此出版的一些教材中所講述的反動式汽輪機熱力計算原理，已被完全重新加以編寫了。

既然本書主要是為技術學校學生而編寫的，那末作者就不得不在某些場合下略去公式的複雜數學引申，並把它們化成便於進行計算的形式。

最後需要說明，作者在編寫本書時，引用了基里洛夫和康塔爾(И. И. Кириллов и С. А. Кантор)的“汽輪機的理論與構造”(Теория и конструкции паровых турбин)書中許多有價值的材料。

作者謹對塔蘭諾夫(Б. И. Таранов)講師在閱讀原稿時所提出的寶貴意見，以及菲日賓斯基(М. А. Вержбинский)講師和茹達闊夫(В. Н. Рудаков)工程師在校閱時所提出的意見表示謝意。

閱讀本書時所發現的缺點請按下述地址通知作者：莫斯科國家動力出版局(Москова, Шлюзовая набережная, дом №10, Госэнергоиздат)。

目 錄

第 一 編

汽 輪 機 的 原 理 與 計 算

第一章 一般概念	1	第六章 多級汽輪機	76
1. 汽輪機的概念與蘇聯汽輪機製造業的發展	1	31. 壓力多級衝動式汽輪機	76
2. 汽輪機的發展簡史	2	32. 多級汽輪機在焓熵圖中的熱力過程	76
3. 汽輪機的分類	7	33. 再熱係數(重熱因數)	78
4. 汽輪機工作的基本原理	11	34. 多級汽輪機的特性係數	80
第二章 蒸汽在汽輪機噴管中的工作	17	35. 壓力級中的反動作用	82
5. 不考慮損失的噴管計算	17	36. 雙列級葉片上的反動作用	84
6. 考慮損失的噴管計算	21	37. 衝動式多級汽輪機的熱力計算	87
7. 在工作情況不同於計算的情況下, 蒸汽在噴管內的膨脹	23	38. 多級衝動式汽輪機計算例題	91
8. 蒸汽在噴管斜截面中的膨脹	26	39. 反動式汽輪機	105
9. 噴管尺寸的計算	31	40. 反動級的效率	106
第三章 蒸汽在工作葉片中的工作	34	41. 反動式汽輪機的計算程序	109
10. 衝動級工作葉片中能量的轉變	34	42. 汽輪機各級的熱降分配	113
11. 反動級工作葉片中能量的轉變	36	43. 軸向推力的計算	116
12. 工作葉片高度的計算	38	44. 衝動反動聯合式汽輪機	119
第四章 汽輪機的損失和效率	40	45. 衝動反動聯合式汽輪機計算舉例	120
13. 汽輪機的各项損失	40	46. 極限功率汽輪機	137
14. 汽輪機調節汽閥的壓力損失	41	47. 撤汽回熱式汽輪機	139
15. 噴管中的損失	41	第七章 汽輪機在工況改變時的工作	141
16. 工作葉片中的損失	42	48. 汽輪機的工作	141
17. 餘速損失	44	49. 節流調速法	141
18. 轉輪在蒸汽中的摩擦與葉片鼓風損失	44	50. 噴管控制調速法	142
19. 經過汽輪內部間隙的漏汽損失	46	51. 旁通調速法	143
20. 濕汽損失	51	52. 在變動的工況下, 汽輪機內熱降分配的情形	144
21. 乏汽管中的損失	53	53. 汽輪機中任何一級的蒸汽壓力和蒸汽流量的關係	148
22. 汽輪機的外部損失	53	54. 在變動的情工下, 汽輪機的計算程序	149
23. 汽輪機的效率	54	第八章 汽輪機的調速與油系統	153
24. 蒸汽消耗量的計算	56	55. 基本概念	153
第五章 單級汽輪機	56	56. 直接調速法	154
25. 單級衝動式汽輪機	59	57. 間接調速法	154
26. 相對內效率與速度比($\frac{u}{c_1}$) _n 的關係	62	58. 具有雙重繼動器的調速法	155
27. 單級汽輪機的計算程序	63	59. 具有液壓傳動的調速法	157
28. 具有速度多級的汽輪機	67	60. 基羅夫工廠的液體動力調速法	157
29. 雙列疊速汽輪機的計算程序	68	61. 改變汽輪機轉數的裝置(同步器)	159
30. 雙列疊速汽輪機的計算例題	71	62. 調速器的靜力性能	160
		63. 汽輪機的併列運轉	162
		64. 汽輪機的油系統簡圖	162
		65. 汽輪機的自動超速保險裝置	164
		66. 極限調速器的計算	166

目 錄

第 一 編

汽輪機的原理與計算(續)

第九章 多級凝汽式汽輪機的構造.....169	74. 具有調節撤汽的背壓式汽輪機.....222
67. 中壓凝汽式汽輪機.....169	75. 乏汽汽輪機和雙壓汽輪機.....225
68. 高壓凝汽式汽輪機.....180	76. 具有兩次調節撤汽的汽輪機.....227
69. 輻流汽輪機.....191	77. 汽輪機的熱膨脹.....231
第十章 發電和供熱併用的汽輪機(暖 汽式).....198	第十一章 凝汽設備.....234
70. 背壓式汽輪機.....198	78. 凝汽器的一般情況.....234
71. 疊置汽輪機.....201	79. 凝汽器的構造.....236
72. 具有調節撤汽的凝汽式汽輪機.....206	80. 凝汽器的熱力計算.....241
73. 中間撤汽式汽輪機的構造.....212	81. 抽氣設備.....246
	82. 電力站的供水問題.....250

第 二 編

汽輪機零件的構造與強度計算

第十二章 汽輪機靜體及其零件的構造 與強度計算.....255	92. 衝動式汽輪機的轉體與其構造.....280
83. 汽缸的構造與材料及其計算.....255	93. 軸的強度計算.....293
84. 噴管級的構造與材料.....257	94. 軸的臨界轉數.....286
85. 噴管級的計算.....259	95. 架在兩個支點上的軸的計算.....289
86. 噴管及導向葉片.....261	96. 多級汽輪機軸的圖解計算法.....290
87. 汽輪機的軸端軸線.....262	97. 轉輪強度的計算.....296
88. 徑向軸承及其構造.....266	98. 工作葉片的構造及材料.....314
89. 徑向軸承的計算.....269	99. 葉片的強度計算.....317
90. 推力軸承及其構造.....273	100. 葉片的振動.....322
第十三章 轉體及其零件的構造與強度 計算.....278	101. 葉片振動的起因.....325
91. 反動式汽輪機轉鼓的構造與強度計算.....278	102. 葉片危險振動的試驗調開法.....327
	103. 聯軸節.....331
	104. 齒輪減速器, 它的構造與計算.....334
	105. 基礎及機座.....338
	參考資料

第一編

汽輪機的原理與計算

第一章

一般概念

1. 汽輪機的概念與蘇聯汽輪機製造業的發展

汽輪機是一種原動力機，其中蒸汽的勢能先轉變為蒸汽的動能，然後又從蒸汽的動能轉變為軸的旋轉機械能。汽輪機的軸直接地或間接地利用傳動齒輪而與其他工作機器聯結在一起。隨着工作機器的任務不同，汽輪機可以應用到極其不同的生產部門裏去。

從蒸汽勢能到汽輪機軸旋轉機械能的轉變，有各種不同的方式，視汽輪機的構造而定。

按蒸汽勢能到汽流動能的轉變情況，汽輪機可分為衝動式、反動式和衝動反動合併式三種。

在偉大的十月社會主義革命以前，俄羅斯汽輪機製造業的發展是異常緩慢的。第一部 200 瓩汽輪機是在 1907 年由當時俄羅斯唯一的汽輪機製造廠彼得堡金屬工廠（彼得堡金屬工廠現名斯大林 JM3 廠）製造出來的。到 1913 年底，該廠一共出了 26 部汽輪機，其中最大的一部的功率是 1250 瓩。

隨着第一次帝國主義世界大戰的開始，俄羅斯汽輪機製造業實際上即告停頓。

在長時期的中斷以後，俄羅斯汽輪機製造業又在 1923 年復活，而在 1924 年 JM3 廠就出了一部 2000 瓩汽輪機。在第一次五年計劃中，蘇聯汽輪機製造業開始以迅速步伐開展；那時蘇聯的汽輪機製造業祇集中在斯大林金屬工廠（JM3）一處。

在第一次五年計劃過程中，JM3 廠造出了 50000 瓩以下的中型和大型汽輪機（圖 89, 127 和 128）。

從第二次五年計劃開始，JM3 廠轉移到專門製造 24000, 50000 和 100000 瓩大型凝

汽式汽輪機，蒸汽的變數為 29 大氣壓， 400°C 。在同一時期研究出了並且造出了 25000 瓩原始設計的汽輪機。除了 29 大氣壓， 400°C 的汽輪機以外，JM3 廠也製造了 125 大氣壓， 450°C 的疊置汽輪機。在全世界汽輪機製造業中無匹的 100000 瓩，3000 轉/分汽輪機的製造和大型暖汽汽輪機的製造是 JM3 廠巨大的成就，結果使該廠居於全世界最先進的、具有領導地位的汽輪機製造廠之列。

由 2500 瓩到 12000 瓩中型汽輪機的製造開始於 1931 年，以後轉移到列寧格勒的基洛夫工廠。

歐洲最大的汽輪機製造廠之一哈里科夫汽輪發電機工廠(XTT3)在 1934 年開工。該廠以製造大型單缸 50000 瓩汽輪機開始，而在 1938 年就造出了 1500 轉/分，29 大氣壓與 400°C 的 100000 瓩汽輪機。

在最近幾年中，JM3 造出了一系列高壓凝汽式汽輪機，其功率為 25000 至 100000 瓩，轉數為 3000 轉/分，蒸汽的初變數為 90 大氣壓與 480°C 。

圖 1 所示為 JM3 50000 瓩高壓汽輪機(說明見第九章)。

XTT3 廠也設計了一系列功率自 12000 到 100000 瓩凝汽式與高壓供暖式汽輪機，蒸汽的初變數為 90 大氣壓與 500°C 。

在 JM3 與 XTT3 兩廠新近設計與製造中的高壓汽輪機中，有許多通用的機件。

從 1936 年起，汽輪機製造業也開始在以列寧命名的涅夫工廠(H3JI)發展起來。該廠特別製造用來推動壓氣機與鼓風機的專用汽輪機，並成為供應這種設備的唯一大廠。

在衛國戰爭開始以前，烏拉爾汽輪機製造廠(YT3)已告開工，它製造 25000 瓩汽輪機。

2. 汽輪機的發展簡史

汽輪機的概念由來已很久。在紀元前 120 年前後，亞歷山大城的希羅就曾描述過一種反動式汽輪機的雛型。若干世紀以後，在 1629 年，布蘭卡描述了他自己的機器，它就是衝動式汽輪機的雛型。然而上述的汽輪機都沒有在工業上應用過。

現代化大型汽輪機的創造是一件巨大的發明，它祇是在前半世紀當中才奠定了它最終的形式。

最簡單的汽輪機是由下述各部份所構成：漸縮漸擴噴管、可撓軸、等強度轉輪、自調節軸承與減速裝置。

在該汽輪機中，蒸汽從初態到終壓的膨脹發生在一隻或一組噴管中，這些噴管正好位於轉輪上的工作葉片的前面。汽流的動能在工作葉片所形成的槽道中轉變為機械功，在

這些槽道中不再有進一步的膨脹發生。

蒸汽的全部膨脹過程均發生在靜止的槽道(噴管)中的汽輪機,就稱為衝動式汽輪機。

圖 2 表示這種汽輪機的構造簡圖。在 1890 年瑞典工程師拉伐爾首先造出了一部 5 馬力 30000 轉/分的這種汽輪機。

在上述的汽輪機中,噴管出口處的蒸汽速度到了 1200 公尺/秒或更高。

單級汽輪機即使在極高的圓周速度(當時達到 350 公尺/秒)下,也祇發出了不大的、500 瓩以下的功率。

由於每部機器的功率很小,效率很低,而且需要有減速裝置,所以上述汽輪機在工業上的應用受到限制。

圖 3 所示的汽輪機是按另一種原理工作的。

新汽從室 a 進到汽輪機的葉片中。在作為靜止部份的外殼 1 與作為運動部份的轉鼓 2 上分別裝有特殊形狀的導向葉片和工作葉片。蒸汽從室 a 流經葉片之間的槽道進入室 b 。汽輪機的乏汽從室 b 經過乏汽管 11 進入凝汽器並在其中凝結。

蒸汽在從室 a 到室 b 的流動途中逐漸從初壓力 p_0 膨脹到乏汽壓力 p_2 。新汽從壓力 p_0 到壓力 p_2 的膨脹,發生在所有的葉片之間的槽道中。新汽從室 a 進入第一排裝在外殼 1 上的葉片槽道。蒸汽離開第一排固定的葉片槽道後就進入第一排裝在轉鼓 2 上的葉片槽道中。蒸汽離開第一排運動的葉片槽道後又進入第二排固定的葉片槽道中,諸如此類,蒸汽依次流過所有各排固定的與運動的葉片槽道。汽輪機最後一排運動的葉片所棄置的蒸汽,即稱為乏汽。

兩排分別裝在外殼與轉鼓上的相鄰葉片即構成一級。由若干排固定葉片與同樣排數運動葉片所構成的汽輪機,就稱為多級汽輪機。

顯然,在上述汽輪機中蒸汽的膨脹不但發生在固定的葉片(導向葉片)槽道中,而且也發生在運動的葉片(工作葉片)槽道中,這與前此所述的汽輪機是有所不同的。

蒸汽的膨脹不僅發生在固定葉片槽道中而且也發生在運動葉片槽道中的汽輪機,就稱為反動式汽輪機。

在多級反動式汽輪機中蒸汽流動的速度,相對地說,並不很大(通常約在 100—200 公尺/秒)。

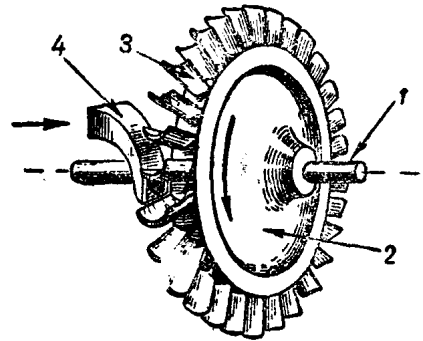


圖 2. 最簡單的衝動式汽輪機構造圖。

1-軸; 2-轉輪; 3-葉片; 4-噴管。

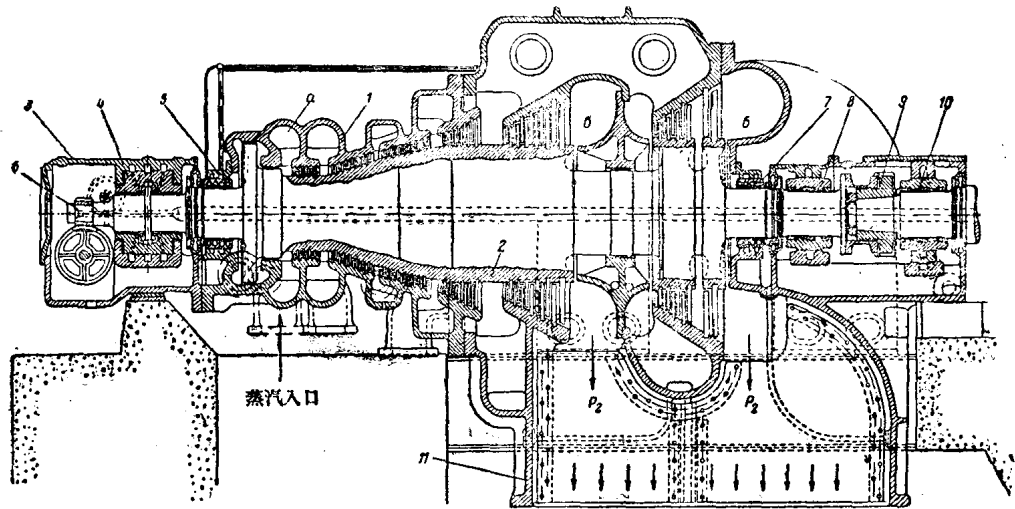


圖 3. 大型單缸柏生斯汽輪機的斷面圖。

- 1-汽輪機外壳； 2-汽輪機轉鼓； 3-前端軸承外壳； 4-前端徑向及推力聯合軸承；
 5-前端的軸線； 6-調速器的蝸輪傳動； 7-後端的軸線； 8-汽輪機後端的徑向軸承；
 9-汽輪機和發電機的聯軸節； 10-發電機的軸承； 11-汽輪機的乏汽管。

反動式的原理是柏生斯在 1884 年所倡議的。

在 1900 年出現了多級衝動式汽輪機。多級衝動式汽輪機的創造是基於這樣的一個觀點，那就是不利用一羣而是利用若干羣噴管以便蒸汽膨脹。在這種情形下，蒸汽的膨脹就祇發生在每級的噴管中。

在這些汽輪機中，噴管出口處的蒸汽速度低於臨界速度。蒸汽的速度既然很低，而從新汽壓力到乏汽壓力之間的熱降又相當大，所以這種汽輪機的級數就很多了。因為這緣故，這種汽輪機就陷於不能在工業上立足的地位。

在 1900 年還研究出了具有級數較少的多級衝動式汽輪機的構造，它之所以可能，是由於允許蒸汽在噴管中的速度超過臨界速度之故。

圖 4 代表該種構造之一。在汽輪機軸 *A* 上有七只葉輪，葉輪上裝有工作葉片。在每兩只相鄰的葉輪之間有一只固定的圓盤，這圓盤即稱為噴管飯。這些噴管飯就按裝在汽輪機的外壳 *K* 上，其上有噴管槽道以便蒸汽膨脹。新汽從環形室 *E* 進入第一級的噴管，然後依次流過汽輪機所有各級工作葉片與導向葉片的槽道。乏汽從最末級工作葉片的出口進入乏汽管 *F*，流向凝汽器。

多級衝動式與多級反動式汽輪機稱為具有壓力多級的汽輪機。

在 1900 年又出現了具有兩列或三列速度輪的汽輪機。根據原設計者的姓名，這種輪

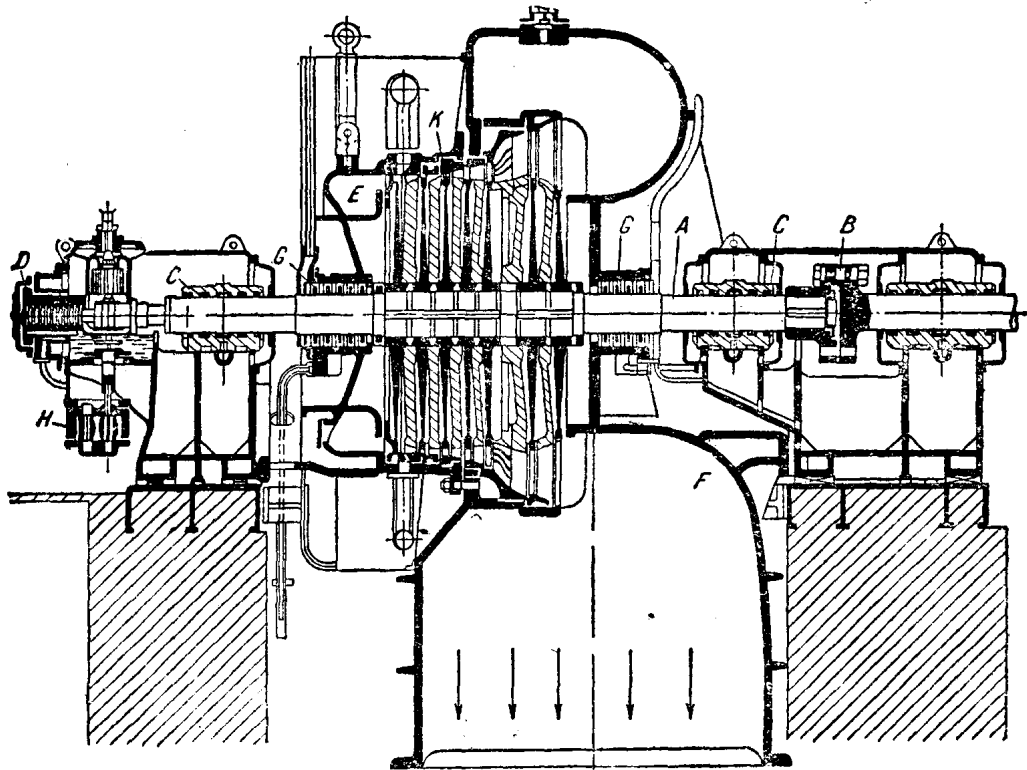


圖 4. 多級汽輪機的斷面圖。

A-裝有七只葉輪的汽輪機軸； B-汽輪機和發電機的聯軸節； C-前端和後端的徑向軸承；
 D-環狀推力軸承； E-引新汽到第一級噴管的環形室； F-汽輪機的乏汽管；
 G-末端的軸線； H-齒輪油泵； K-汽輪機外殼。

子就稱為科其士輪。

圖 5 所示的涅夫廠汽輪機可以作為這種具有兩列速度輪的汽輪機的範例，其說明見 §28。

以上所討論的各種汽輪機，根據其中蒸汽流動的方向約與汽輪機軸相平行，所以稱為軸流汽輪機。

與軸流汽輪機相提並論的有輻流汽輪機的出現，在這些汽輪機中，蒸汽在與汽輪機軸垂直的一平面上流動，換言之，蒸汽的流動是輻向的。

第一部輻流汽輪機是容克斯川兄弟在 1910 年所倡議的。

圖 6 為這種汽輪機的簡圖。

這種汽輪機是由外殼 6 和兩只轉輪所構成，轉輪裝在汽輪機軸 4 和 5 的末梢。在兩個轉輪的、互相面對着的側面上裝有一圈圈的葉片。蒸汽從新汽管 3 經過轉輪上的孔進