

高等學校教學用書

平透汽蒸

上 冊

A. B. ШЕГЛЯЕВ 著
陳大燮 陳丹之 譯

高等教育出版社

代號 0-4-4 4

定價 ¥14,000

平透汽蒸

下 冊

А. В. ЩЕГЛЯЕВ 著
陳丹之 戈鶴翔 譯

代號 0780

定價 ¥16,000

中央人民政府高等教育部介紹
交 通 大 學 推 薦
高等學校教學用書

蒸 汽 透 平

上 冊

透平的熱力過程原理及構造

A. B. 雪格里雅耶夫著
陳大燮 陳丹之譯

高等教育出版社

653
93-B
1

高等學校教學用書



蒸 汽 透

104.2
平

下 冊

透平的熱力過程原理及構造

A. B. 雪格里雅耶夫著

陳丹之 戈鶴翔譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立動力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的雪格里雅耶夫 (А. В. Щегляев) 著“蒸汽透平” (Паровые турбины) 1947 年第二版 (增訂補充版) 譯出。原書經蘇維埃社會主義共和國聯盟高等教育部審定作為工業大學教科書。

本書中譯本分上下兩冊出版，上冊內容包括：透平裝置的熱循環、蒸汽的流動、透平級內的工作過程、單壓力級透平及多級透平，共計五章；下冊內容為：蒸汽透平的熱力計算及結構實例、工況變動時透平的工作以及熱電能兩出式透平。

本書由交通大學渦輪製造專業陳大燮、陳丹之翻譯。

蒸 汽 透 平

上 冊

書號 21 (譯 19)

雪 格 里 雅 耶 夫 著
陳 大 燮 陳 丹 之 譯
高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 長 壽 路 一 七 〇 號

〔北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號〕

新華書店華東總分店總經售

商務印書館印刷廠印刷

上海天通菴路一九〇號

開本 787×1092 1/25 印張 107¹/_{12.5} 字數 208,000

一九五四年六月上海第一版 印數 1—5,000

一九五四年六月上海第一次印刷 定價 ¥ 14,000

本書係根據蘇聯國立動力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的雪格里雅耶夫 (А. В. Щегляев) 著“蒸汽透平” (Паровые турбины) 1947 年第二版 (增訂補充版) 譯出。原書經蘇聯高等教育部審定作為工科高等學校教科書。

本書中譯本分上下兩冊出版，上册內容包括：透平裝置的熱循環、蒸汽的流動、透平級內工作過程、單壓力級透平及多級透平，共計五章。下冊內容為：蒸汽透平的熱力計算及結構實例、工況變動時透平的工作以及熱電能兩出式透平。

本書下冊由交通大學陳丹之、戈鵠翔翻譯。

蒸 汽 透 平

下 冊

書號128(課128)

雪 格 里 雅 耶 夫 著

陳 丹 之 戈 鵠 翔 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 瑣 廠 一 七 〇 號

[北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號]

新 華 書 店 總 經 售

上 海 市 印 刷 二 廠 印 刷

上 海 七 浦 路 四 七 一 號

開本787×1092 1/25 印張11 1.5/12.5 字數 194,000

一九五四年十一月上海第一版

印數 1—3,000

一九五四年十一月上海第一次印刷

定價 平 16,000

01000

序

本書所收集的材料，主要是以過去在榮膺列寧勳章之莫斯科莫洛托夫動力學院中，給熱能動力及動力機械製造系學生讀的蒸汽透平教程講義為基礎。

本教本只討論該課程教學大綱中之一部，即：凝汽式蒸汽透平熱力過程的一般原理問題，工況變動時的透平原理及聯合產生熱電能的透平的計算特點。除了敘述透平的熱力計算外，也引述現代蒸汽透平及其個別部份的構造。

關於透平零件的強度計算，蒸汽透平調節過程的研究以及特殊型式的透平（汞汽透平、瓦斯透平、運輸用透平），雖則這些問題也在講義中說明，但沒有包括在本書之內。這些節目，構成蒸汽透平一般學程的第二部份內容及專業學程的內容，應當包括於專業教本中。

要建立高度效率的透平裝置，有兩種方法可以達到：（*a*）選擇經濟的熱循環，（*b*）提高透平本身的相對效率。但是決不能把這些現代透平裝置的發展方向，彼此孤立起來討論。故在第一章，扼要的分析透平裝置的熱循環，蒸汽狀態參數對熱循環效率的影響，對聯合產生熱電能時所獲得的經濟利益也給予分析。特別強調在蘇聯國民經濟的計劃發展條件下，關於提高透平裝置效率的廣泛可能性。同時對透平的各種效率也作出分類。此外，第一章還包含有蒸汽透平的主要型式表，特別是蘇聯工廠出品的透平。

第二章申述流動的一般原理，其中不僅研究噴管計算範圍內的流動過程，並且也討論工況變動時的噴管工作。單級透平，除很狹隘的範圍內當作補助透平使用外，在動力方面應用不多，因此在研究級的工作過程時，主要是以透平中間級的一般工作分析作為基礎。其中在導出全部的結論時，都假定每級具有某些反動度，只有在個別的情況下，討

論衝動級的過程以及具有 0.5 反動度的級的過程。級內工作過程的研究是在第三章內進行，在這同一章內，有蒸汽流經曲折式軸腺的原理及各式軸腺的計算。

第四章分析單級透平及速度級透平工作過程的特性，然後在第五章研究多級透平。第六章說明選擇透平構造的原則及衝動式和反動式透平的熱力計算程序。對透平熱力計算程序，舉有實例。除討論多級軸流式透平外，還研究徑流式透平的熱力過程上、結構形式上、及計算上的特徵。

最後在第六章，以較少的節目，說明透平起動及停止時所發生的物理現象，並敘述透平起動及停止的主要動作。

當工況變動時，透平及其個別級中的熱力過程變動問題，對於透平的運轉工程師們及設計工程師們，有着同樣重大的意義。所以在第七章中充分而詳盡地闡明這些問題，那裏對有異於設計狀況的個別級的工作情形，各級組中熱降的分配及蒸汽流量變動時，透平中蒸汽分配對其效率的影響，都給予分析。同時還用些工況變動時的透平計算例題來補充熱力過程的原理。

第八章示有聯合產生熱電能的各式透平的原理圖樣，分析其計算特徵並引用實際的結構例子，其中對高壓透平，有詳盡的研究。

當研究結構實例時，不論是凝汽式或熱電能兩出式，對蘇聯工廠出產的透平，特別注意。

在編寫教程時，我曾用過下列的書籍：蓋·西·日里茨基教授主編的集體著作“蒸汽透平”，克·依·司脫拉霍維奇教授的“應用氣體動力學”和其他許多書籍以及俄文及外文的雜誌論文。

作者對全蘇熱工研究所，耶·姆·盧平舒金教授所給的許多寶貴意見，及候補工程碩士蓋·恩·莫洛卓夫為我校對本書第二版，表示衷心的感謝。

阿·符·雪格里雅耶夫

上册目錄

序

第一章 透平裝置的熱循環	1
1. 蘇聯透平製造業的發展	1
2. 蒸汽透平發展史概述	5
3. 現代蒸汽透平的典型構造	12
4. 透平裝置的熱循環及蒸汽參數對理想循環絕對效率的影響	19
5. 熱電能的聯合生產	35
6. 蒸汽透平的分類	48
7. 蘇聯各製造廠出品帶動發電機用的固定式蒸汽透平的主要型式	50
第二章 蒸汽的流動	55
8. 適用的流動方程式	55
9. 具有損失的流動	75
10. 工況變動時的噴管工作情形	84
11. 蒸汽在斜切噴管中的膨脹	94
12. 噴管的各種實驗結果	101
13. 噴管的計算及其構造	109
14. 級內噴管的配置	118
第三章 蒸汽透平的級內工作過程	122
15. 軸流式蒸汽透平動葉道內的能量變換	122
16. 徑流式透平級的動葉道內的能量變換	132
17. 蒸汽在動葉道內流動時的各種試驗結果	134
18. 動葉的成形及其高度的確定	141
19. 軸流式透平級的效率	151
20. 摩擦損失	159
21. 漏汽損失	166
22. 蒸汽透平的軸腺(或封汽裝置)	173
23. 軸腺的構造	186
第四章 單壓力級透平	197
24. 單壓力級衝動式透平	197
25. 寇蒂斯透平的應用範圍及其構造實例	214

26. 速度級透平的熱力計算示例	224
第五章 多級蒸汽透平	229
27. 多級透平的工作過程	229
28. 熱重獲係數	235
29. 蒸汽溫度對透平級效率的影響	241
30. 多級透平的特性係數	246
31. 多級蒸汽透平中的軸向推力及其平衡法	249

下 冊 目 錄

第六章 蒸汽透平的熱力計算及構造示例	255
32. 選擇多級透平構造時的諸原則	255
33. 衝動式蒸汽透平的熱力計算	268
34. 凝汽式透平最後一級的計算	273
35. 第一非調節級的計算	274
36. 透平各級間熱降的分配	276
37. 衝動式透平級詳細計算時的諸特徵	278
38. 衝動式凝汽透平的熱力計算示例	280
39. 反動式透平的熱力計算程序	304
40. 反動式蒸汽透平的熱力計算舉例	310
41. 衝動式凝汽透平的構造示例	331
42. 軸流式蒸汽透平的一般開車情況及其運轉工作	371
43. 徑流式蒸汽透平	378
第七章 工況變動時透平的工作情形	394
44. 非設計工況下單獨一級的工作情形	394
45. 工況變動時透平級組工作的驗算	401
46. 蒸汽流量發生變化時透平各級中熱降和壓力的分配情形	405
47. 蒸汽流量變動時調節方法對於透平熱力過程的影響	415
48. 蒸汽分配系統的選擇	449
49. 工況變動時的透平軸向推力	453
第八章 熱電能兩出式透平	456
50. 背壓透平	456
51. 背壓透平的構造及其運轉特點	462
52. 中間控制分汽式透平	475
53. 中間分汽式透平的運轉特點及構造示例	492
54. 分汽式背壓透平	502
55. 兩級控制分汽式透平	506
56. 乏汽透平及雙壓透平	514
中俄譯名對照表	520

蒸 汽 透 平

第一章 透平裝置的熱循環

1. 蘇聯透平製造業的發展

現代動力的發展，以電力的集中生產為基礎。裝置在電廠中的發電機，大多數場合下，都用水力透平或蒸汽透平來帶動。因此，蒸汽透平是現代火力發電廠中，主要型式的原動機。蒸汽透平作為軍艦及民用船舶的原動機，也已獲得廣泛的應用。蒸汽透平具有很高的速度，故其特點是尺寸較小，而重量較輕，能造成十萬瓩或更高的極大功率。同時，蒸汽透平可以達到高度的經濟性，即可以造成很高的效率。

按照 B. И. 列寧的指示所擬定的偉大的國家電氣化計劃 ГОЭЛРО 和接着而來的發展蘇聯動力的斯大林五年計劃，其實現都是以建立很多數目的蒸汽透平動力廠為基礎。我國動力事業的發展要求創立自己的透平製造廠。如果說革命前的俄國，蒸汽透平的使用有限，又完全沒有透平製造廠，那末在蘇維埃政權年代已打下了巨大的透平製造的基礎，亦即建立了許多頭等的製造廠，為我們的電廠，生產現代化的蒸汽透平。

固定式蒸汽透平，最初曾在列寧格勒的斯大林金屬工廠中製造過。按照該廠透平局所製定的計劃，曾造出若干小功率及中等功率的透平。但是這些透平已不能滿足當時迅速增長着的蘇聯動力的需要。故該廠轉變為製造二萬四千及五萬瓩大功率透平的生產組織，從 1930 年起就開始了這種透平的生產。二萬四千瓩的透平，其轉速為 3000 轉/分，它是按照蒸汽壓力為 26 絕對大氣壓及溫度 375°C 而設計的。

五萬瓩 1500 轉/分的透平,其蒸汽參數為 29 絕對大氣壓及 400°C 。這些參數此後曾被採用作固定式大功率透平的標準參數。由於該廠已成為連續生產上述指定型式的蒸汽透平的組織,所以使得該廠在第二個五年計劃中能生產出蒸汽透平的很大的總功率。

隨着生產經驗的積累,列寧格勒的斯大林金屬工廠逐漸放棄其最初的構造,而製造新型的蒸汽透平。

因為考慮到熱電能的聯合生產是有很大的優越性,所以該廠也製造所謂暖汽透平(熱電能兩出式透平),即自該透平的中間級分出部分乏汽,用作暖汽或供工業上使用。

應當指出由於國民經濟的計劃發展,使我們可以把熱電能消費者合理地組織起來,而由強大的中心熱電站(ТЭЦ)來供應熱電能,因此熱電能兩出式透平在蘇聯獲得了特別廣泛的應用。所以遠在 1933 年,該廠已經生產出具有中間級分汽用作暖汽的新穎蒸汽透平。這些透平當轉速為 3000 轉/分時,其功率為二萬五千瓩,蒸汽是在 1.2—2.5 絕對大氣壓下分出。這種型式的透平,是當時世界上最大的按照熱電能聯合生產的原則而設計的透平,在我們的中心熱電站中曾經獲得了廣大的使用。

此外,列寧格勒的斯大林金屬工廠,尚生產二萬五千瓩的大功率的分汽式蒸汽透平,有蒸汽分出供工業消費者需用。在這種透平內蒸汽是在 7.0 絕對大氣壓下分出。

斯大林金屬工廠放棄了過去所出產的凝汽式蒸汽透平之後,就按着自己的道路,製造大功率的高速凝汽式透平。這些透平是功率為五萬瓩,轉數為 3000 轉/分的單機殼透平,和功率為十萬瓩轉數也是 3000 轉/分的雙機殼透平。這種按照 3000 轉/分來設計的巨大透平,在世界透平製造業中,尚沒有實踐過。外國的高速透平,在六萬→七萬瓩時,就已經採用三機殼透平的構造。

ЛМЗ 廠新造的十萬瓩、3000 轉/分的透平,其大小和重量,與以前

所出產的五萬瓩、1500 轉/分的透平，無甚區別，但是能產生兩倍的功率。這些大功率高速透平的創造，使列寧格勒的斯大林金屬工廠，居於全世界最先進的工廠之列。

當斯大林金屬工廠正在集中製造大功率透平的時候，小功率的透平，自 1931 年起，也開始在列寧格勒的基洛夫斯克廠製造。該廠是製造功率為 3000 瓩，轉數為 3000 轉/分的透平以及功率為 2500 及 4000 瓩，轉數為 5000 轉/分，用減速器來傳動發電機軸的無地窖式透平；最後，還製造具有中間分汽，作為暖汽使用的 12000 瓩透平。從 1937 年開始，又在涅夫斯克的列寧工廠，組織小功率透平的生產。利用基洛夫斯克工廠的經驗，涅夫斯克廠製造着凝汽式透平和功率達 6000 瓩的中間分汽式透平，以及用以帶動排氣機和空氣鼓風機，功率達 12000 瓩的透平。

1934 年在哈爾科夫建成了新的透平製造廠 (XTI3) 並開始出產蒸汽透平。這個工廠戰前製造大功率五萬瓩 1500 轉/分的凝汽式透平 (單機殼)。1939 年，以基洛夫命名的哈爾科夫工廠也製造了十萬瓩 1500 轉/分的雙機殼透平。XTI3 廠透平的運轉經驗告訴我們，它們不但很可靠而且很經濟。

上面所作的簡短敘述說明蘇聯的透平製造業在戰前年代已經發展到何等迅速和何等有成就的地步。

我們敢說，我們的動力工業在戰前已經完全停止了透平裝備的輸入。電廠及其系統的暴風雨般的成長，全部是以自己的透平製造業為基礎的。

德寇對我國違信背義的侵犯，帶給蘇聯透平製造業以沉重的損害。部份工廠疏散到東方，部份接受了國防的定貨。在戰爭的第一年蒸汽透平的生產，幾乎已完全停止。但是諸製造廠的設計人員仍繼續為創建新型的蒸汽透平而工作，以代替戰前的構造。

偉大衛國戰爭的勝利結束，使透平工廠開始迅速地實現其新的、更

完善的透平聯合體。

因此，早在戰爭年代，已經做好了大規模的準備工作。斯大林的戰後恢復與發展國民經濟的五年計劃中規定要廣泛地採用初態參數很高的蒸汽。

作為火力發電廠廣泛使用的標準蒸汽參數來說，初壓為 90 絕對大氣壓及初溫為 480°C ，透平的製造經驗的積累並且隨着高參數蒸汽應當把溫度提高到 500°C 。通過這些參數的採用，可使電能的生產效率，與戰前較好電廠中所獲得的效率相比，有很大的提高。

列寧格勒斯大林金屬工廠的蒸汽透平局，在戰爭年代創製好一套新型的高壓透平。這個工廠遵循以前的生產原則，和依靠戰前製造大功率高速透平的經驗，並在這套新型的高壓透平中設計出機殼數最少的高速透平。計有功率 25000 及 50000 瓩， $n=3000$ 轉/分，設計成單機殼的透平。而只有同轉數的 100000 瓩的透平是造成雙機殼式。該套中的第一部透平也已經製成，其功率為 100000 瓩，它正在我們的某一電廠中工作着。

以基洛夫命名的哈爾科夫透平製造廠其集體設計人員在戰爭年代裏也製定好了一套高壓透平的計劃，以代替從前所出的構造。此地首先要提到功率 25000 瓩， $n=3000$ 轉/分的前置透平，它是按照初壓 90 絕對大氣壓，初溫 500°C 而設計。這種透平是用來增補戰前的電廠以使它們現代化。該透平所排出的乏汽在 30 絕對大氣壓之下引向以前廠內所裝置的按照初壓為 29 絕對大氣壓而設計的透平。應用增補的方法可以使戰前所建立的電廠，能改用高壓蒸汽來工作，從而使電廠的效率可以提高。

基洛夫透平製造廠 (ХТФЗ)，其次尚製造功率為 50000 及 100000 瓩， $n=3000$ 轉/分的凝汽式高壓透平。

在蘇維埃政權的 30 年中，我們的透平製造業獲得了很大的成就，這是由於我們透平製造廠的設計幹部，在科學與創造性方面有了很大