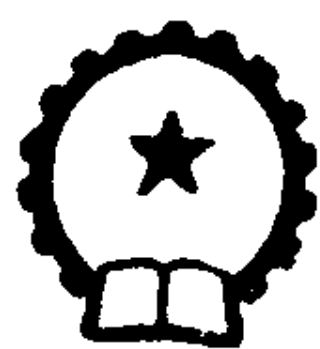


汽 輪 机 構 造

庫 尔 仲 著

培 生 譯



机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 7

出版者的話

本書主要是講船用汽輪機的構造，同時也介紹了一些陸用汽輪機的構造。書中綜合地分析和研究了現代汽輪機的結構，並將現代汽輪機設計經驗加以系統化，同時概括地介紹了決定各種構造形式的設計思想。此外還援引了很多種不同的構造，以便於汽輪機設計人員在設計汽輪機選擇結構時參考。

本書適用於汽輪機設計人員及大學有關專業的学生，對於一般熱力發電廠的技術人員來說，也有一定的參考價值。

苏联 А. Г. Курзон 著 'Конструкции паровых турбин' (Судпромгиз
1950 年第一版)

*

*

*

NO. 1395

統一書號 15033·573

1957 年 6 月第一版

1957 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092^{1/18} 字數 529 千字 印張 21^{8/9} 插頁 2 0,001—1,900 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)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(10) 3.90 元

目 次

原序	(7)
緒論 汽輪齒輪機組各部分的組成和作用	(9)
1 船用汽輪機的主要零件	(9)
2 船用汽輪齒輪機組的主要部分	(10)
第一章 通流部	(12)
3 第一級噴管	(12)
1. 整個銑制的單個噴管(14)——2. 裝合的噴管弧段(14)——3. 半裝合的噴管弧段(17)——4. 整個的噴管弧段(17)——5. 反動級噴管(19)	
4 中間隔板上的噴管	(19)
1. 鑄在鑄造隔板中的噴管隔片(20)——2. 組合的噴管裝置(20)——3. 焊接的噴管裝置(23)	
5 工作葉片和導向葉片	(24)
1. 概論(24)—— 2. 葉片和墊塊的截形(27)—— 3. 葉片的構造(31)—— 4. 截形漸變的葉片(44)	
5. 封口裝置(49)	
6 通流部的總布置	(51)
1. 通流部的典型構造(51)—— 2. 在構造上提高通流部通過能力的方法(58)—— 3. 與蒸汽濕度有關的構造上的措施(62)	
第二章 轉子	(65)
7 概論	(65)
8 轉輪	(65)
1. 基本概念(65)——2. 工作條件(67)——3. 把轉輪套裝和固定在軸上的方法(68)	
9 輪式轉子	(70)
1. 全鍛的輪式轉子(70)——2. 組合的輪式轉子(72)——3. 轉子構造的選擇(73)	
10 鼓式轉子	(74)
1. 具有小直徑擣孔(或沒有孔)的全鍛鼓式轉子(74)——2. 組合的鼓式轉子(74)	
11 混合式和複雜構造的轉子	(76)
1. 由套裝在軸上的轉輪組成的鼓式轉子(76)—— 2. 焊接的鼓式轉子(76)—— 3. 複雜構造的輪-鼓式轉子(77)	
第三章 靜子——機殼及其零件	(79)
12 機殼	(79)
1. 概論(79)——2. 工作條件(80)——3. 運輸船用汽輪機機殼的構造(81)——4. 大功率汽輪機機殼的范例(83)——5. 雙層機殼的汽輪機(92)——6. 機殼接合面的凸緣和螺栓(94)	
13 噴管箱	(97)
1. 概論(97)——2. 小進汽度的噴管箱(98)——3. 大進汽度的噴管箱(100)	
14 隔板	(103)
1. 概論(103)——2. 隔板的構造及其在汽輪機機殼內的固定法(104)	

第四章 靜子——汽輪机的兩端裝置	(107)
15 密封裝置	(107)
1. 概論(107)——2. 曲徑密封的構造和作用原理(107)——3. 碳环密封(117)——4. 联合的曲徑-碳环密封箱(119)——5. 水封(121)	
16 平衡活塞	(122)
1. 用途和作用原理(122)——2. 構造(124)	
17 支持軸承	(124)
1. 概論(124)——2. 給油(125)——3. 構造型式(126)——4. 剛性軸承的構造(129)——5. 自动調整軸承的構造(131)——6. 軸承座的構造及其与机殼的联接法(135)——7. 軸承座与船舶座基的联接法(140)	
18 推力軸承	(141)
1. 关于推力軸承载荷和構造的概述(141)——2. 多环式推力軸承(143)——3. 弧段式推力軸承的作用原理和構造(144)——4. 剛性軸承的構造(146)——5. 自动調整軸承的構造(150)——6. 可使轉子在軸向移动 (不用拆卸) 的推力軸承(156)	
第五章 控制和調節机关	(159)
19 船用汽輪机的功率調節	(159)
1. 关于船用主汽輪机工况的概念(159)——2. 調節功率的实际方法(160)——3. 節流調節法(160)——4. 噴管調節法(161)——5. 变量-变質混合調節法(162)——6. 旁通調節法(165)——7. 改变鍋爐参数的調節法(166)——8. 个别汽輪齒輪机组停車的功率調節法(166)——9. 第一級在功率調節中的作用(167)	
20 为提高汽輪机的低航速效率而采取的特殊措施	(167)
1. 低航速級(167)——2. 低航速汽輪机(170)——3. 并联-串联汽路(171)——4. 具有螺旋槳分汽的汽輪机設備(174)——5. 汽輪机与其他型式主机的联合(175)	
21 倒車的保証	(175)
1. 概論(175)——2. 倒車汽輪机構造上和安排上的一些特点(176)	
22 船用汽輪机的速度調節	(177)
1. 概論(177)——2. 机械式快速截汽裝置(178)——3. 流体傳动式快速截汽裝置(180)——4. 流体动力式快速截汽裝置(186)——5. 限制調速器(188)	
23 汽閥	(190)
1. 汽閥的基本型式(191)——2. 構造(192)——3. 汽閥的控制(198)	
24 汽輪机的控制系統	(199)
1. 手动个别控制(199)——2. 汽輪机的集中控制(203)——3. 汽輪机的液压控制(206)——4. 混合控制系統(208)——5. 汽輪机的自动控制系統(208)	
第六章 齒輪傳动裝置	(213)
25 傳动裝置的功用和主要型式	(213)
26 关于齒輪傳动裝置的一般知識	(214)
1. 船用齒輪傳动裝置構造上的特点(214)——2. 齒輪傳动裝置的机构布置(215)	
27 主要零件的構造	(218)
1. 小齒輪和大齒輪(218)——2. 扭轉(撓性)軸(222)——3. 齒輪箱和上盖(224)——4. 齒輪傳动裝置的其他零件(225)	

28 船用齒輪傳動裝置的總布置	(226)
1. 單級傳動裝置(227)——2. 雙級傳動裝置(232)	
第七章 联接式聯軸節和离合式聯軸節	(241)
29 聯軸節的功用和分類	(241)
30 固定聯軸節	(242)
31 剛性的活動聯軸節	(242)
1. 圓盤式聯軸節(242)——2. 銷式聯軸節(243)——3. 爪式聯軸節(244)——4. 齒式聯軸節(246)	
32 彈性的活動聯軸節	(249)
1. 具有蛇形彈簧的聯軸節(250)——2. 其他構造的彈性聯軸節(251)	
33 离合器	(252)
1. 機械离合器(252)——2. 液力离合器(254)——3. 機械-液力离合器(254)	
第八章 船用凝汽器	(255)
34 基本概念	(255)
1. 功用(255)——2. 凝汽設備的組成(256)——3. 凝汽器的主要型式(256)	
35 表面凝汽器的一般特性	(256)
1. 表面凝汽器的構造原理圖(256)——2. 保持真空的條件(257)	
36 決定表面凝汽器構造的主要條件	(259)
1. 凝結水所含氣體的清除(259)——2. 回熱式凝汽器(260)——3. 空氣的抽出(261)——4. 凝結水儲存量(261)——5. 流路數目(262)——6. 管子的分布和凝汽器的一般布置(262)——7. 成對式凝汽器(271)——8. 凝汽器與低壓汽缸的相對位置(271)	
37 船用凝汽器主要零件的構造	(272)
1. 外殼(272)——2. 水室(273)——3. 管板和隔板(275)——4. 管子及其固定法(276)——5. 凝汽器的其他零件(281)	
38 船用凝汽器的總布置	(281)
1. 蒸汽貨船用主凝汽器(281)——2. 運輸船用不同熱式凝汽器(282)——3. 中等功率機組的凝汽器(282)——4. 中等功率汽輪齒輪機組的焊接凝汽器(288)——5. 大功率汽輪齒輪機組用的連續工作的凝汽器(288)——6. 巡洋艦用凝汽器(292)——7. 戰鬥艦用自動通過式凝汽器(293)——8. 自動通過式循環(295)	
第九章 船用汽輪機和汽輪齒輪機組的總布置	(297)
39 大功率和輕結構的汽輪機	(297)
40 運輸船用汽輪機和汽輪齒輪機組	(334)
a. 反動式汽輪機(334)——b. 沖動式汽輪機(347)——c. 小功率汽輪機(360)	
参考文献	(368)
中俄名詞對照表	(369)
譯者對原文版本的意見	(375)

原 序

俄國第一艘汽輪機船——游艇“飛燕”号(Ласточка)是在1904年建造的。同年，彼得堡金屬工厂开始制造 400 和 150 馬力的陸用汽輪機[●]。当时我國(指苏联，以下同——譯者)許多工業部門为阻滯俄罗斯工業技術進步的外國資本所把持，使我國汽輪機制造業的發展受到阻碍。

但在1909~1917年間我國仍造了許多軍艦用的汽輪機設備。这些設備代表当时船用機械制造技術上的最新成就。其中有些設備曾順利地工作了几十年，由此可見我國最初制造的船用汽輪機的質量。

只是在偉大的十月社会主义革命以后，特別是在几个斯大林五年計劃的年代中，我國汽輪機制造業才有巨大的進展，使这个部門轉变成成为最先進的社会主义工業部門中的一个。我國汽輪機制造業过去和現在都是很順利地在解決着設計和成批生產標準化汽輪機以及过渡到高参数蒸汽的問題[6，8][⊙]。

我國船用汽輪機制造業与陸用汽輪機制造業同是國家社会主义工業化的產物。由苏維埃工程師設計的、由苏維埃工人在苏維埃工厂里制造的汽輪機曾在并且正在苏維埃沿海船舶和远洋船舶上不停歇地運轉着。

船用汽輪機制造業的迅速發展要求对船用汽輪機許多理論上和設計上的問題進行科学研究，并建立起專門的技術文献。由于許多苏联学者近10~15年來的努力，这样的文献已經建立起來了。但是專門評論和分析各种現代汽輪機的構造、專門研究現代船用汽輪機制造業極其丰富的經驗并把它系統化的書籍几乎还没有。著者以尽可能填補起这个空白点作为自己的任务。

本書專論船用汽輪齒輪機組；但不提我國陸用汽輪機制造業的卓越成就和經驗將會是一个嚴重的缺陷。因此本書介紹了許多在船用汽輪機制造業中已經采用或將來有希望采用的陸用汽輪機的構造和設計思想。

本書不是一本罗列各种構造的集子；在本書內概括地介紹了決定各种構造形式的基本設計思想。構造本身的敘述和分析主要也就是为了闡明这些思想。援引大量的構造是为了使讀者能容易而迅速地找得关于在設計汽輪機零件和部件时所采用的各种解決办法的資料。

因此，必須涉及(当然，由于本書篇幅不大，受到一定的限制)屬於汽輪機的理論和設計、屬於汽輪機的制造工藝、屬於重要零件材料的選擇等方面的許多問題。

● 本書內陸用汽輪機均指固定式汽輪機而言；其实，陸地上用的汽輪機絕大部分都是固定安裝的，用來帶動發電機或其他工作機械。——譯者

⊙ 方括号內为參考文献的序号，見書后第368頁。——譯者

在几个斯大林五年計劃中成長起來了一批船用汽輪机設計干部。許多設計師由于他們卓越的工作成績獲得了斯大林獎金。在評論汽輪机和一些主要部件的構造時將指出設計者的名字。工程師貝謙柯夫(С. А. Быченков)，斯大林獎金獲得者弗隆金(Б. С. Фрумкин)和古謝夫(Д. И. Гусев)都曾好意地參與為確定設計者名字而進行的專門調查工作。

鑒于本書的插圖很多和不可能把與本書主題有關的一切問題都加以闡述，書內注出參考書名，讀者可從參考文獻中獲得關於所涉及問題的更詳細資料。

著者將怀着感謝接受批評及為改進本書而提出的任何意見。

1950年3月于列寧格勒

緒論 汽輪齒輪機組各部分的組成和作用

1 船用汽輪機的主要零件

1. 汽輪機是一種熱力原動機，它的基本特征是能量的雙重轉變：(一)具有一定初參數的蒸汽的位能轉變為汽流的動能；(二)汽流的動能轉變為軸的迴轉機械能。

汽輪機的第二個重要特征是它不用曲柄連杆機構直接就得到迴轉運動。

第三個特征是，汽輪機整個工作過程是在為通過蒸汽經常開放着的密閉腔室(通流部)內進行的。因此，來自鍋爐和蒸汽管路的工質(蒸汽)連續不斷地流過汽輪機；工作過程的進行具有連續性。

由於這三個特征(能量的、運動的和工作過程連續性方面的)，汽輪機與蒸汽機有根本的區別。

2. 上述能量的轉變是在汽輪機的主要工作機關，即噴管和工作葉片中完成的。在衝動式汽輪機中，位能僅在噴管內轉變為動能。汽流的動能用來轉動工作葉片，傳到汽輪機軸上，變為軸的機械能。將任何工作機械(如螺旋槳、泵、發電機等)與軸相聯接，便可隨意利用所得的能量。

在反动式汽輪機中，位能在噴管內部分地轉變為動能；這一過程在工作葉片中尚繼續進行。一般說來，原理上可以使全部位能在工作葉片中轉變為動能。這樣的汽輪機可稱為純反动式汽輪機，但現在不製造。

現在最通行的反动式汽輪機是把可用熱能一半在噴管內，另外一半在工作葉片中轉變為動能。這樣分配總熱降在工藝上有很大的好處，因為它簡化了汽輪機的構造，使生產容易，成本降低。今後我們就稱這種汽輪機為反动式汽輪機。

3. 根據第2款所說，很容易列舉出汽輪機的主要零件來。首先是在其中發生能量轉變的兩個機關：噴管和工作葉片。所有噴管和工作葉片的總合形成汽輪機的通流部。

工作葉片牢固地與軸聯在一起。由於種種原因，宜將葉片不直接安裝在軸上，而安裝在特制的轉輪上；轉輪或與軸組成一個整體，或套裝在軸上。周緣裝滿工作葉片的轉輪的存在是衝動式汽輪機構造上的主要特征^①。

反动式汽輪機的工作葉片常被安置和固定在平滑或稍具階級的轉鼓周圍。轉鼓的存在是反动式汽輪機構造上的主要特征。

衝動式汽輪機的噴管或構成獨立的噴管弧段，或裝置在將汽輪機各級隔開的隔板上。為了減少軸穿過隔板處的漏汽，在隔板內裝有密封裝置。

① 這條規則有例外：我們知道有的衝動式汽輪機具有轉鼓和導向葉片，驟然看來，跟反动式汽輪機一樣。

汽輪機機殼把通流部與外界大氣隔開，形成若干密閉的腔室，汽輪機工作過程即在其中進行。為了減少漏汽，在軸穿出機殼處裝置有外部密封[●]。為了承受不均衡的軸向推力，每個汽輪機都具有推力軸承。平衡活塞是用來減輕這種軸向推力的。軸與工作機械用聯軸節連接起來。為了減少熱輻射損失，機殼外面用隔熱材料和外罩包住。

汽輪機所有轉動部分的總合構成轉子。轉子在支持軸承中旋轉，支持軸承承受轉子的重量和其他由轉子加給的徑向力。汽輪機所有固定部分的總合構成靜子（包括：機殼、隔板、軸承、密封等）。

上面僅介紹了汽輪機的主要工作機關和結構部件。其他許多零件將在專門研究這些部件的以後各章中詳細敘述。

2 船用汽輪齒輪機組的主要部分

1. 作用於螺旋槳以推動船舶的船用汽輪機稱為主汽輪機。帶動船上各種輔助機械的汽輪機稱為輔助汽輪機。

船用主汽輪機總是多級的，而輔助汽輪機除去一些高效率的輔助汽輪機（如船用汽輪發電機）以外，照例做成單級。

2. 現代船用主汽輪機的級數可達二、三十，其中主要部分是船舶前進時起作用的正車級。

除了正車級以外，還有：（一）構成單獨的倒車汽輪機的倒車級；（二）軍艦用汽輪機中僅在正車低航速時起作用的附加級，稱為低航速級（巡航級和經濟航速級）。

把所有這些級安置在同一機殼內是不可能的，由於種種原因也不希望這樣做。通常把級分置在幾個機殼內；一個機組可以包含一至六（最常見的是二至四）個機殼。在這種情況下，我們說汽輪機具有雙機殼構造、三機殼構造等。每一個機殼內的級連同機殼、軸承、附件及其他零件又稱為汽缸或汽輪機[⊙]。因此，也可以說汽輪機具有雙汽缸構造、三汽缸構造等。

蒸汽行程中的第一個汽缸，即最高參數蒸汽進入的汽缸，稱為高壓汽缸或高壓汽輪機。蒸汽行程中最末一個汽缸稱為低壓汽缸或低壓汽輪機，蒸汽離開低壓汽缸後便排入凝汽器。除了這兩個汽輪機以外，機組往往還有一個中間汽輪機；蒸汽從高壓汽輪機流入中間汽輪機，再從中間汽輪機流入低壓汽輪機。這種中間汽輪機稱為中壓汽缸或中壓汽輪機。如果在一個機組中有兩個這樣的中間汽輪機，則按蒸汽行程稱第一個為第一中壓汽缸，第二個為第二中壓汽缸。

除了上列主要汽輪機以外，在機組中還可能有專門的經濟航速汽輪機和裝在單獨機殼內的倒車高壓汽輪機。

把蒸汽從一個汽缸引到另一個汽缸及從低壓汽缸引到凝汽器需用專門的管子；這種管

● 如機殼內是真空，則密封用來阻止空氣漏入汽輪機。

⊙ 因此，汽輪機一詞可有兩種含義：高、中、低壓汽缸的總合稱為汽輪機；單獨一個汽缸也稱為汽輪機。——譯者

子称为集汽管。为了控制汽輪机，在机殼上或单独地安裝了各种汽閥和其他附件。

一个机組的所有汽輪机，連同集汽管、附件和其他零件，構成該机組的第一个基本組成部分。机組的第二个重要組成部分是凝汽器，蒸汽在凝汽器內凝結成水。机組的第三个組成部分是安置在汽輪机与推進軸系間的齒輪傳动裝置^㉑。

由上述三个基本組成部分，即(一)主汽輪机、(二)主凝汽器和(三)主齒輪傳动裝置組成的机組称为主汽輪齒輪機組^㉒。

船用汽輪齒輪機組除这三个主要結構部件^㉓外，还包含有其他次要的部件和机关，如：

(一)盤車裝置，用來轉动汽輪机轉子、小齒輪、大齒輪、軸系和螺旋槳。

(二)外部密封的汽封系統或外部密封的抽汽系統。

(三)控制机組的机关，借助于这些机关可起动、操縱和停止船舶。因此称这些机关的总合为操縱裝置。

(四)各种自动裝置，用來防止汽輪机的轉速过高(快速減汽裝置)、机殼內的压力过高或轉子發生危險的軸向位移等等。在机組的組成中还可能有一参数(如主凝汽器的凝結水位等)的連續調整裝置。

(五)汽輪机放水系統，用來从机殼內排除由蒸汽分离出來的水分。

(六)用來准备汽輪机起动的汽輪机暖机系統等。

在現代船上，有几根推進軸，就安裝几个汽輪齒輪機組；各个汽輪齒輪機組相互間是完全独立的，互不关联。

用在右舷推進軸的汽輪齒輪機組称为右舷汽輪齒輪機組，用在左舷的，称为左舷汽輪齒輪機組。按照汽輪齒輪機組在船上的縱向位置，有所謂艏部机組，舯部机組和艉部机組。

汽輪齒輪機組是汽輪机設備的核心，在汽輪机設備中，还包含有为汽輪齒輪機組服务并保証其工作的其他机械和裝置[2]。

㉑ 关于其他型式的傳动裝置以及船用汽輪机設備必須採用傳动裝置的理由，見第25節。

㉒ 通常簡称为“汽輪齒輪機組”(俄文縮寫ТЗА)。

㉓ 如果主推力軸承被安置在主傳动齒輪箱內，則它也包括在汽輪齒輪機組中，作为第四个組成部分。

第一章 通流部

通流部是指汽輪机內蒸汽在其中發生能量轉变的那些机关的总合。

汽輪机的通流部包含下列零件：

(一)噴管；

(二)工作叶片和導向叶片；

(三)为了固定噴管和叶片、導引蒸汽或为了便于裝配等用的零件(螺栓、鉚釘、包箍、束腰綫、封口垫塊等)。

工作叶片安裝在轉輪或轉鼓的周圍。噴管可以占滿整个圓周，也可以只占据其一部分。在前一种情况下，噴管組成噴管环，進汽称为全周進汽；在后一种情况下，噴管組成噴管弧，進汽称为部分進汽。

在研究噴管的構造、噴管的制造方法和固定在汽輪机机殼上的方法时，应当把第一級●噴管和其余各級的噴管区别开。第一級噴管直接固定在机殼或鑲入的專門噴管箱上；中間各級噴管則安裝在隔板上。此外，第一級噴管要起調節功率的作用(見第五章)，这使噴管構造產生本質上的区别；在一切冲动式汽輪机和某些反动式汽輪机中均可看到这种区别。

按照噴管槽道的形狀，噴管可分为：

(一)漸縮噴管，其橫截面積随蒸汽行程逐漸縮小；

(二)平行壁噴管，或称柱形噴管或定截面噴管，在其出口处的一段長度上橫截面積保持不变；

(三)漸擴噴管，其橫截面積起初随蒸汽行程逐漸縮小，然后又逐漸擴大。

漸擴噴管橫截面積的擴大是靠增加噴管高度，或增加噴管寬度，或同时增加這兩個尺寸來达到的。噴管高度是在汽輪机半徑方向測得的噴管內部尺寸；噴管寬度是在与噴管高度和噴管軸綫垂直的方向測得的尺寸；沿噴管軸綫測得的尺寸称为噴管長度。具有最小面積的噴管截面称为噴管的最小截面或喉部。按照橫截面的形狀，噴管又可分为圓形的和矩形的兩種。

3 第一級噴管

第一級噴管的槽道，在某些情况下，是由許多整个銑成的單个噴管在机殼內組合形成的。但在大多数情况下，噴管联合成所謂噴管弧段。噴管弧段包含不同数目的噴管——从2个到25个以至更多。在第一級工作叶片前面通常裝有好几个噴管弧段。

噴管弧段按其制造方法可分为下列几种構造形式：

(一)由精加工或銑制成的几个部分裝合成的弧段；

● 泛指各个汽缸(如高压汽缸、中压汽缸等)的第一級，不僅是第一个汽缸的第一級。——譯者

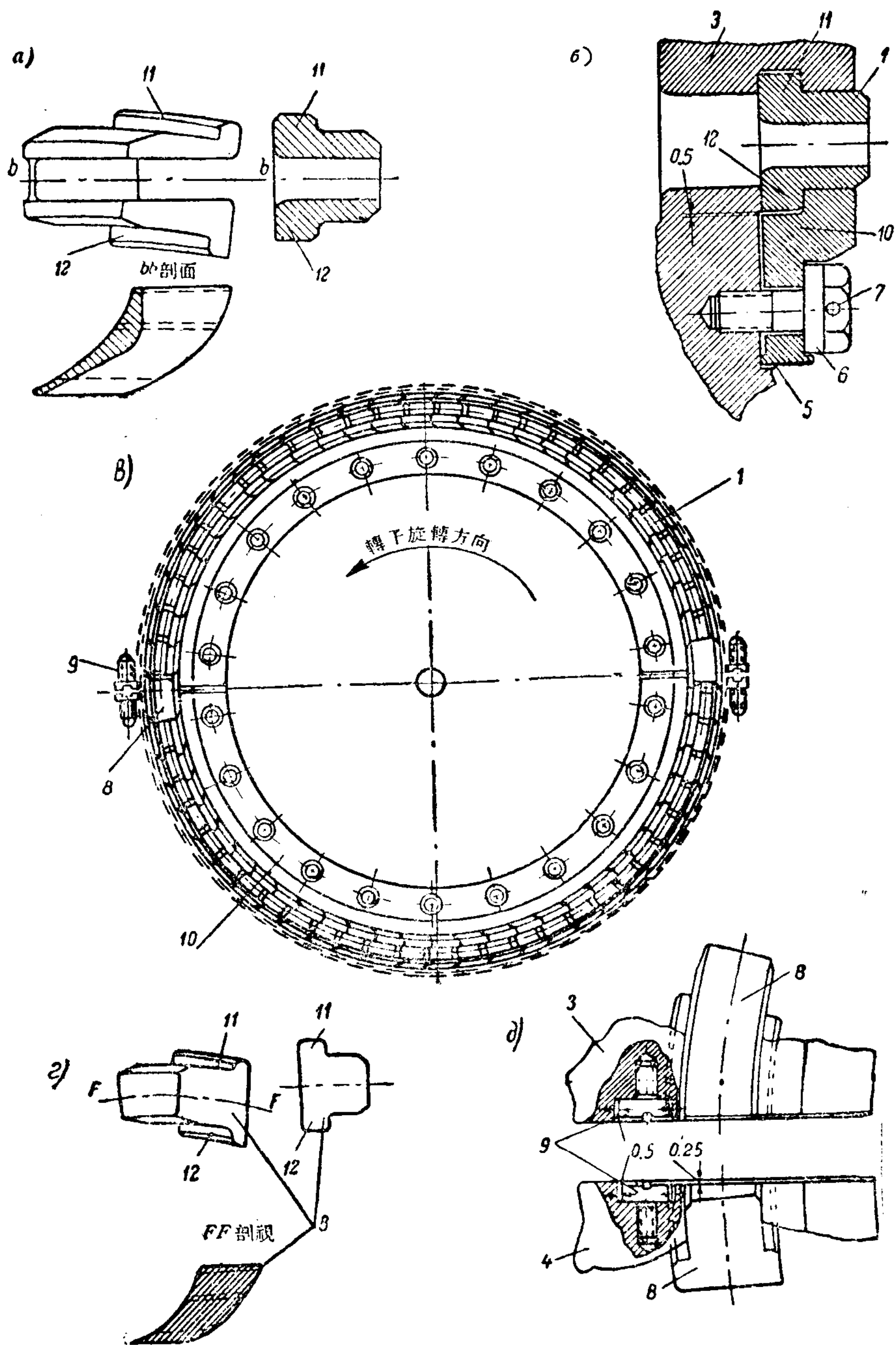


圖 1 整個銑成的單個噴管：

a—噴管；b—噴管在機殼上的固定法；B—由單個噴管組合成的噴管環；
 z—末端墊塊；d—接合面上末端墊塊的固定法。

- (二)半裝合的弧段;
- (三)具有鑄入噴管隔片的鑄造弧段;
- (四)整個鑄成的弧段;
- (五)整個鍛成的弧段。

1. 整個銑制的單個噴管 這種噴管由已截成所需長度的矩形棒材制成。圖 1 表示由這種噴管組合成的噴管裝置，設計者是斯大林獎金獲得者工程師杰庫薩爾(Б.С.Декусар)。

每個噴管(圖 1 a)都是一個外形複雜的零件；噴管互相連接起來，形成所需形狀的槽道。將一定數目的噴管在機殼內組合起來，即得具有所需槽道數目的噴管弧或噴管環。

噴管在機殼內的固定法表示在圖 1 b 上。噴管 1 具有弧形凸出部 11 和 12。外面的凸出部 11 嵌入機殼 3 或 4 (圖 1 d) 上車出的環形槽內。內面的凸出部 12 則用蓋板 10 壓住。蓋板 10 分成上下兩半，用螺栓 6 固定在機殼端部。蓋板不以其全寬，而僅以其凸出部 5 抵住機殼端部，以保證有力而緊密地壓住所有噴管。螺栓用鋼絲 7 鎖住。

圖 1 e 表示從蒸汽出口側所見由單個噴管組合成的噴管環總圖。

在靠近水平主接合面處上半和下半噴管環的末端裝有不開蒸汽槽道的實心的末端墊塊 8。墊塊(圖 1 i)具有同噴管一樣的凸出部以便固定。墊塊具有平的切面，在墊塊安裝好以後，這個切面或與水平接合面齊平，或低於水平接合面 $\frac{1}{4}$ 公厘(以保證噴管的热膨脹)。末端墊塊用與接合面齊平或低於接合面 $\frac{1}{4}$ 公厘的埋頭螺釘 9 固定在機殼上(圖 1 d)。墊塊的凸出部 11 嵌入機殼內，凸出部 12 用蓋板 10 壓住在機殼端部(象噴管一樣)。在相遇於接合面的兩個墊塊中，一個具有較大的弧度，另一個具有較小的弧度(大墊塊和小墊塊)。

圖 2 a 所示單個噴管是以最少數目的銑削工序主要在車床上制成。從具有截面 1 的環狀毛坯切出斜塊 2。把斜塊集裝在專門夾具中，在車床上加工，第一道工序後得出零件 3，第二道工序後得出零件 4。然後，用靠模銑床在每個零件中銑出槽道。經過這道工序以後，噴管隔片 5 就形成了。把噴管互相連接起來(圖 2 a 下方)，形成噴管槽道。將噴管嵌裝在機殼內，加以固定，即得噴管弧。

這種噴管比整個銑成的噴管成本較低，噴管槽道有三個面——外表面、內表面和隔片 5 的背面——需要銑削，第四個面(隔片的腹面)是圓柱面的一部分，是車成的。噴管所有其餘的面也都是在車床上車成的。這種製造方法主要用于漸縮噴管。

圖 2 b 闡明創制的第一級單個漸擴噴管的構造和制法。在這種情況下，先車出環狀毛坯，其截面如圖上 BB 截面的外形。從這個環狀毛坯切出如數碼 6、7、8、9 所示的斜片，刨光其切面；然後在斜片中銑出蒸汽槽道。為了把斜片保持在汽輪機機殼內，斜片具有凸出部 10。每兩個相鄰的斜片連接起來就形成一個漸擴噴管槽道，如圖 2 b 所示。

上述各種構造的缺點在於噴管的加工和裝配都很複雜，在合縫處和沿接觸面不可避免地會有漏汽現象。優點是在這種由單個噴管組合成的噴管裝置中，槽道形狀很精確，表面很光潔。

2. 裝合的噴管弧段 圖 3 表示工程師沃羅尼奇(Г. А. Воронич)所設計的一種裝合噴

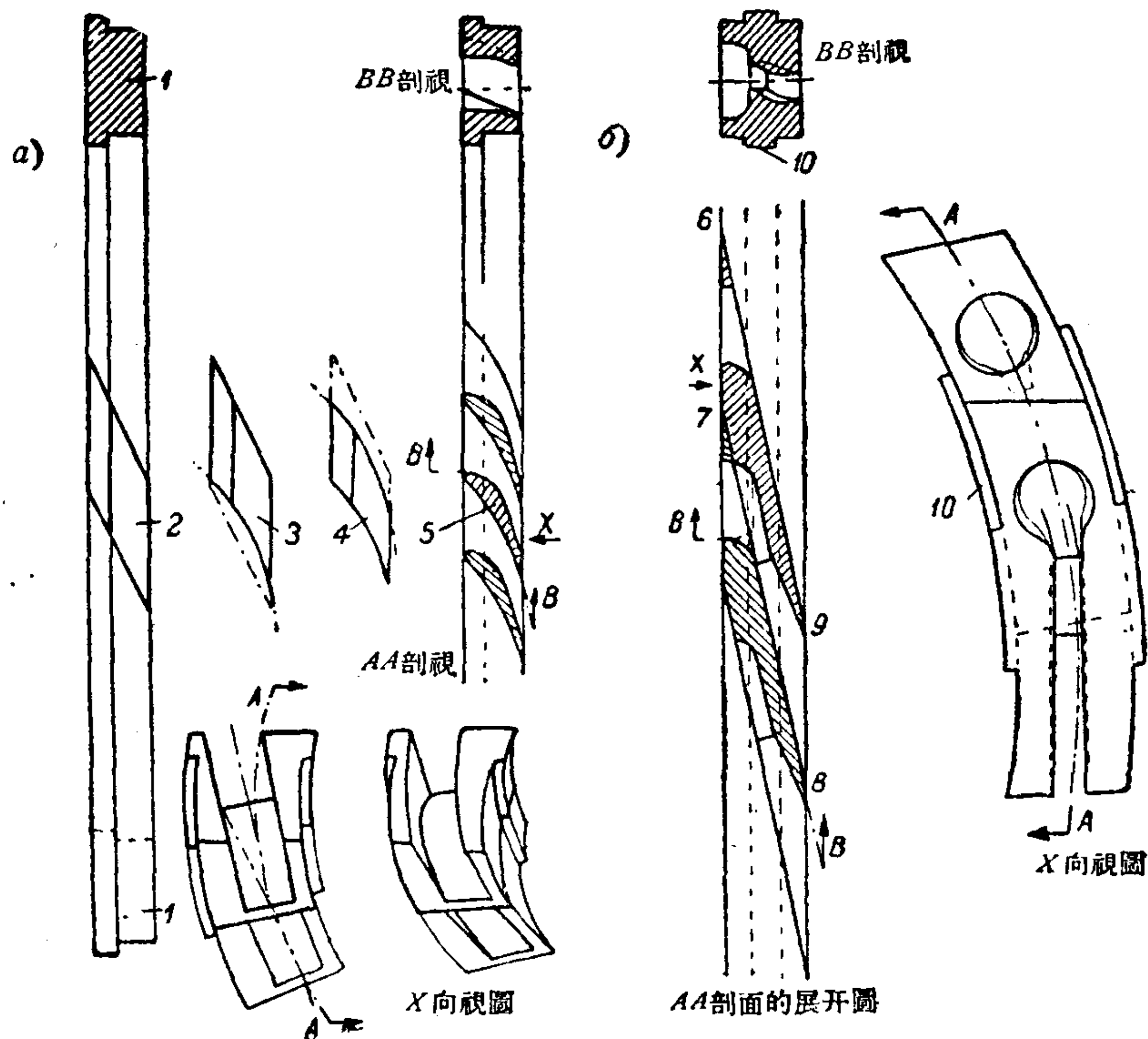


圖2 車制和刨制的單個噴管：

a—車削和銑削成的漸縮噴管；b—刨削和銑削成的漸擴噴管。

管弧段，它由整個銑成的噴管隔片5和兩塊夾板——外夾板1和內夾板2——組成。每塊隔片具有兩個筍舌11和一個鉚釘孔。裝配弧段時把筍舌插入夾板的相應孔中鉚緊。鉚釘7穿過內、外夾板和隔片(圖3b)。

圖3b表示噴管隔片和槽道的一種習用表現法。這是以直徑等於噴管環平均直徑(這裡是1200公厘)的圓柱形面截切噴管弧段，然後把圓柱形面在平面上展開得出的。

隔片5形成噴管槽道的側壁，夾板1和2形成噴管槽道的上壁和下壁。在這種情況下，槽道具有不變的高度，但由於寬度的增加而逐漸擴大。隔片5的形狀和安裝位置保證了槽道的漸擴形狀。

這個噴管弧段共包含十個噴管。兩端噴管槽道的外壁由厚墊板3和4形成。厚墊板不具筍舌，但各借三個大直徑鉚釘6與夾板1和2聯結起來。

裝合好的噴管弧段用螺栓8固定在機殼12上；然後將凸肩9斂緊，鎖住螺栓。斂緊時應使金屬填滿螺栓頭中的缺口(BB剖視圖)。為了便於弧段與汽輪機機殼的配合，在兩者之間裝置了厚度約1公厘的紫銅墊片10。為了保證弧段在機殼上的正確安裝，可利用同心凸緣或採用定位銷等。

裝合噴管弧段的另一種構造表示在圖4a上。組合的噴管隔片3借助於葉尾2和5嵌裝

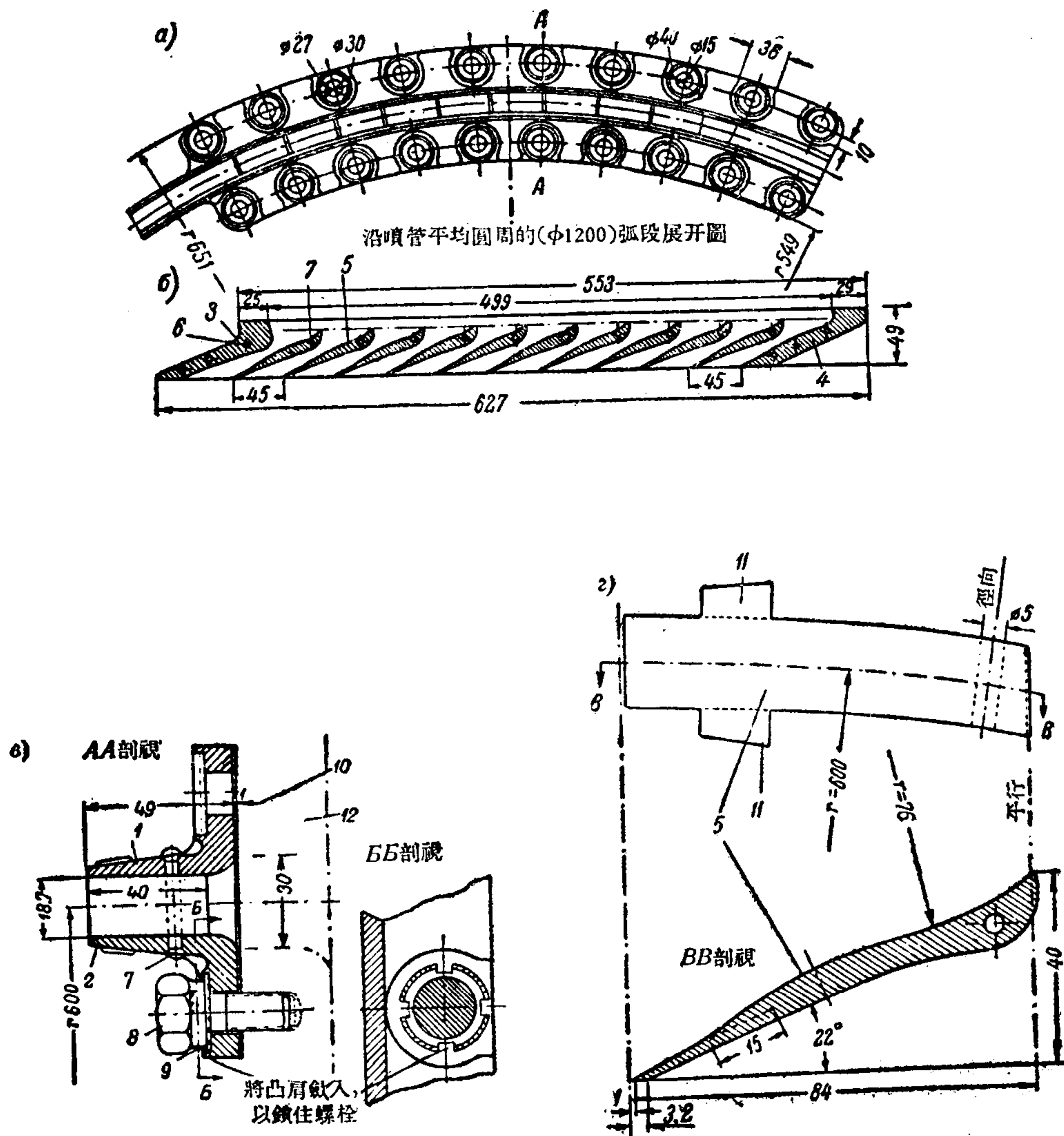


圖3 裝合的噴管弧段:

a—从蒸汽出口側見到的弧段總圖；b—沿平均圓周的弧段截面展開圖；
 b—弧段在機殼內的固定法；z—銑成的噴管隔片。

在鑄造的噴管弧段1內。鑄出的導向隔片7用來聯結弧段的內、外兩部分，它能免除弧段所受彎曲力對於噴管隔片的作用。因此，噴管隔片做得很薄(見圖4a下方沿平均圓周的截面展開圖)，這就減少了汽流通過噴管的流動損失。弧段用螺栓9固定在機殼8上。數碼4標明工作葉片。

這種構造的噴管弧段的優點是可以用鋼澆鑄，因為這裡沒有熔化噴管隔片邊緣的危險。但在這種構造中仍存在有沿接觸面漏汽的問題，其漏汽量要比圖3那種構造大些。

3. 半裝合的噴管弧段 如圖 4 6, 在內夾板 3 的本體內銑出了噴管隔片和兩端厚墊板; 上面蓋上外夾板 1, 用螺釘 4 和錐形楔塊 2 把它緊壓在弧段下部上。楔塊 2 同時將雙圈輪導向葉片的套環 5 壓住在正確位置。

這種噴管弧段的裝配和安裝略微簡化。但隔片的機械加工却變得複雜, 並且手工工作量(為了配合)也增大了。此外, 漏汽問題仍未得到解決。

4. 整個的噴管弧段 在裝合的噴管弧段和由單個噴管組合成的噴管裝置中, 不論其構造如何, 由於製造和裝配不可避免的不精確性以及零件的熱變形, 零件之間不密合處的漏汽現象是不可避免的。

整個的噴管弧段——鑄造的、鍛造的、焊接的或銅焊的——就沒有這個缺點。

圖 5 a 表示一種整個鑄成的噴管弧段。弧段形成了包含四個噴管的噴管組。噴管槽道的進口部分具有圓形截面, 出口部分具有矩形截面。鑄成的弧段經一般清理後, 只剩下兩個需要精加工的平面, 就是與機殼相連接的平面 1 和朝向工作葉片的平面 2。然後鉗通孔 3 (這是為了把弧段固定於機殼上用的), 並將噴管槽道壁加以修整。這最後一道工序只在噴管槽道具有足夠尺寸和噴管是漸擴形狀的條件下才能很好地完成。

鑄造噴管弧段的槽道表面不能做到象銑制噴管那樣光潔, 形狀也不能那樣精確。因此在鑄造噴管弧段中, 蒸汽與管壁間的摩擦損失要比在銑制噴管中大。鋼按其鑄造性質不大適宜用來澆鑄噴管弧段, 採用鑄鐵或青銅又要把工作蒸汽的容許溫度限制在 $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。由於這些理由, 現時很少採用鑄造的噴管弧段, 即使在輔助汽輪機中也是如此。

具有鑄入噴管隔片的鑄造弧段表示在圖 5 6。這裡, 噴管隔片 1 是用光潔的鋼板沖壓制成, 借兩側邊緣鑄在噴管弧段的本体 2 中。為此, 在造型時將隔片插入特殊泥芯, 使隔片邊緣突出泥芯約 $8 \sim 12$ 公厘; 然後把泥芯安置在總砂型內, 用金屬澆鑄。為了使隔片更好地與弧段本体相結合, 在隔片邊緣上做有小孔 4。螺栓 3 是為了把弧段固定在機殼上用的。

圖 5 6 表示一種商船用高壓汽輪機的第一級噴管裝置。噴管弧段是一個具有鑄入噴管隔片 4 的鑄鐵半環; 噴管隔片 4 用 3 公厘厚的鋼板沖壓制成, 其進口邊緣削薄至 1 公厘。有三個噴管組, 包含兩個、三個和七個噴管, 一共是十二個噴管。其中有三個噴管是備用的, 用蓋板 5 蓋住; 其餘九個噴管分布在三個組內, 為正常運轉之用。三個噴管組各用相應的噴管調節閥控制。組與組間的厚牆正對着噴管室壁, 並緊壓在噴管室壁上。

當開啓任何一個噴管調節閥時, 蒸汽進入相應的噴管室, 由此只能進入某一個噴管組。開啓按不同方式聯合起來的噴管調節閥, 可以調節蒸汽流量, 從而調節汽輪機的功

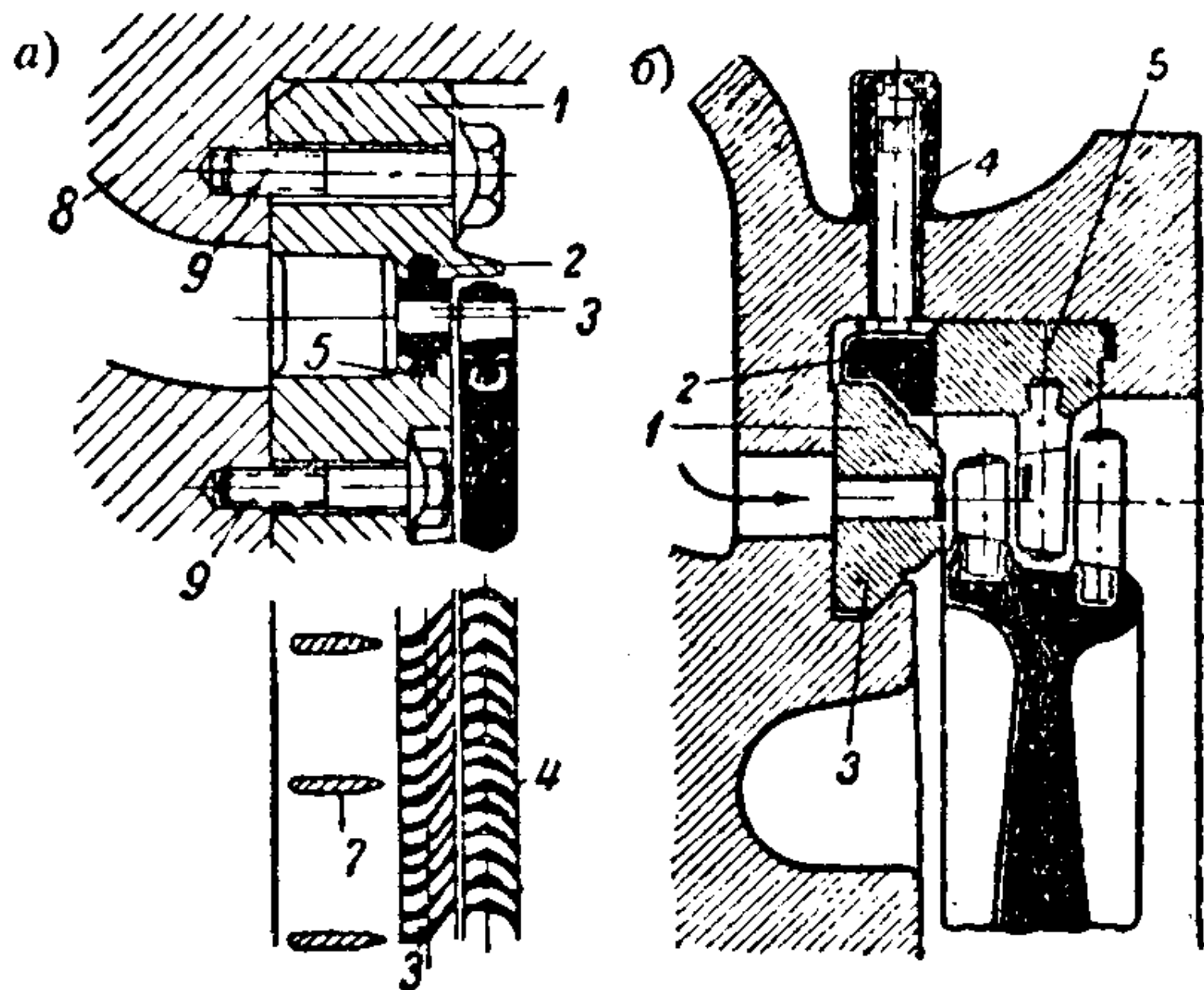


圖 4 半裝合的噴管弧段:

a—具有組合噴管隔片的鑄造噴管弧段(環);
b—半裝合的弧段。