

·世界动力资料介绍·

美国现在和将来的
汽轮机和汽轮发电机

汽轮机设备热循环的
“冷端”损失

电力工业出版社

內 容 提 要

本書包括論文兩篇：“美國現在和將來的汽輪機和汽輪發電機”；“汽輪機設備熱循環的‘冷端’損失”。

第一篇介紹美國發電廠中現在安裝的汽輪機和汽輪發電機的基本型式。第二篇研究了汽輪機設備從最後級汽葉出汽口起到凝汽器里向周圍介質散熱的損失，同時分析真空對汽輪機經濟性的影響。兩篇論文都是由蘇聯動力出版社所出“國外動力”叢書中轉譯的。

本書可供發電廠中熱機方面的工程技術人員和熱機專業的大中學生參考。

ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ И ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ СИЛА В
НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ И В БУДУЩЕМ

ПОТЕРИ В “ХОЛОДНОМ КОНЦЕ” ТЕПЛОВОГО
ЦИКЛА ПАРОТУРБИЧНОЙ УСТАНОВКИ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1956

美國現在和將來的汽輪機和汽輪發電機

汽輪機設備熱循環的“冷端”損失

根據蘇聯國立動力出版社1956年莫斯科版翻譯

張景泰譯

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*1 $\frac{1}{2}$ 印張*27千字

1957年2月北京第1版

1957年2月北京第1次印刷(0001—6,600冊)

統一書號:15036·458 定價(第10類)0.24元

美国现在和将来的汽轮机

和汽輪發電機*

这篇文章的目的是为了向关心汽轮机设备发电问题的动力工程师们，介绍美国发电厂中现在安装的汽轮机和汽輪發電機的基本型式。

現用的汽輪机和汽輪發電機的类型

現用的汽輪机組的类型基本上分为两类：一类包括容量从 12.65 — 150 千瓩的标准机組^①，而另一类是容量从 30 — 300 千瓩的非标准机組。每台汽輪机都可以按照汽缸和出汽口的数目，以及根据开始的蒸汽规范进行分类。为了表明大多数近代汽輪机和汽輪發電機的类型，茲列出表 1 和表 2，从这两个表里可以看出汽輪机所屬的类型和设备容量之間的显明的关系。但是需要注意，随着新型设备的出现，这种关系可能会改变。

* 本文譯自美国电机工程师学报 1955 年 2 月份，1735 — 1746 頁；作者是斯东-維布斯特公司的顧問工程师。俄文譯者是伏·波·罗班諾夫，編者是斯·亞·庫力茲。

① 这里和以后所說的标准汽輪机和發電機并不是指必須执行的國家标准，像在苏联那样，而是美国机械工程师协会和美国电气工程师学会推荐認為是最好的标准。

标准化的汽轮机
(美国电气工程师学会和美国

	單汽缸單出汽口			
汽輪机的容量, 千瓩	12.65	16.5	22	33
發電机的容量, 千千瓦安 (氬气压力 0.035 表大气压)	15,519	17,647	23,529	36,294
开始蒸汽压力, 表大气压	42	60	60	60
开始蒸汽温度, °C	440	482	482	482

①蒸汽过热温度。

附註: 所有这些设备的发电机都是每分鐘 3600 轉。力率 0.85 和完全的資料見[文献 1 和 2]。

制造中的汽輪机和汽輪發電机新型構造

1. 阿利斯-查尔摩斯公司

为布莱克道格发电厂(北美动力公司)制造的 100 千瓩容量的机组(圖 1), 是最近出品的, 符合美国电气工程师学会和美国机械工程师协会所拟定的最高的标准的新型汽輪机组之一[文献 1 和 2]。

圖 2 是容量为 150 千瓩帶中間蒸汽过热的标准汽輪机的縱断面圖。这种汽輪机是制造成三个出汽口的; 最后一級汽叶的長度是 584 公厘。

現在已經制造出了导綫内部氬气冷却的 70, 75 和 107 千千瓦安的发电机, 其氬气压力为 0.035 表大气压。更大的发电机的設計也已經做出来了。第一台导綫内部冷却的发电机不久就要有兩年的良好运行成績了, 而第二台相同的发电

和汽輪發電機

(機械工程師協會推薦標準)

表 1

單 軸 雙 出 汽 口						單軸三出汽口		
44		66				100		150
47.058		70.588				103.951		160.428
60	83	60	83	102	102	126		
482	510	482	510	538	538/538 ^①	538/538 ^①		

$\frac{I_K}{I_H} = 0.8$ ，都有氬氣冷卻，只有 12 650 瓩的發電機是空氣冷卻。更

機也合格地通過了出廠試驗。在安裝以後，它的外形將要像在圖 3 中所表現的前一台一樣。

在第一台這樣的發電機上只是轉子採用了繞圈內部冷卻，而靜子則用了一般的氬氣冷卻。但是在這台發電機上，即使在氬氣壓力比較高的情況下，最大負荷也還是被限制得和一般發電機一樣。

轉子導線內部冷卻的發電機的優點將被利用來設計現在試制的全部導線內部冷卻，包括靜子在內的發電機。圖 4 表示這樣的發電機和普通冷卻方式的容量相同的發電機的模式比較。主要是由於更完善地利用內部冷卻面積（因此氬氣需要量減少 $\frac{4}{5}$ ）發電機外形直徑顯著減小了。

2. 通用電氣公司

汽輪機。這個公司出品的 12 台 200 千瓩三個出汽口的汽輪機（圖 5）是第一批採用 660 公厘長的最后級汽葉的機

單軸汽輪機, 每分鐘 3600 轉, 三個出汽口	59.6—168.8 88—168.8	到 510, 538 或 565°C							565 565	565 565	565 565	565 565
兩軸汽輪機, 每分鐘 3600 轉, 單出汽口	88—168.8	到 510, 538 或 565°C							565	565	565	565
兩軸汽輪機, 每分鐘 3600 轉, 兩個出汽口	88—168.8	到 510, 538 或 565°C								565	565	565
兩軸汽輪機, 每分鐘 3600 轉, 四個出汽口	88—168.8	到 510, 538 或 565°C								565	565	565
單缸汽輪機, 每分鐘 1800 轉	18.5—42.1 42.2—102							482 510	482 510			
單軸汽輪機, 每分鐘 1800 轉, 兩個出汽口	42.2—59.6 59.7—102									510	510	538 538

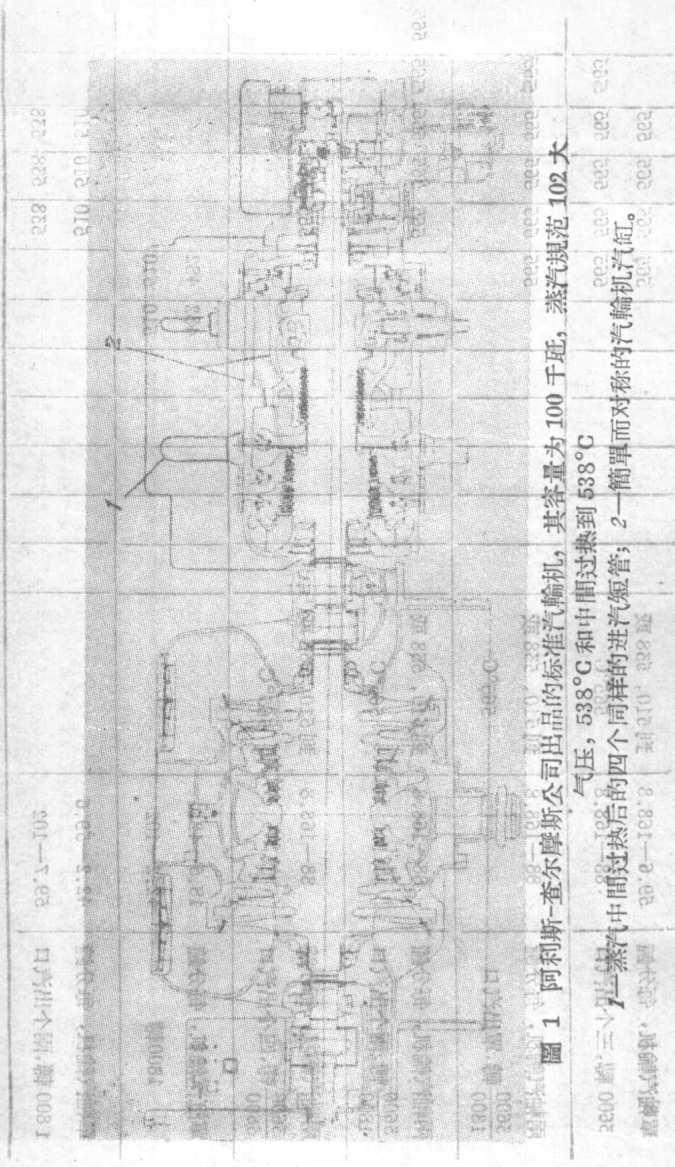


圖 1 阿利斯-查尔摩斯公司出品的标准汽轮机，其容量为 100 千瓦，蒸汽规范 102 大气压，538°C 和中間过热到 538°C

3690 輪、3 个汽缸、蒸汽中間过热后的四个同样的进汽短管；2—簡單而对称的汽轮机汽缸。

1800 輪、蒸汽机汽缸口

2000 輪、蒸汽机汽缸口

2200 輪、蒸汽机汽缸口

2400 輪、蒸汽机汽缸口

2600 輪、蒸汽机汽缸口

2800 輪、蒸汽机汽缸口

3000 輪、蒸汽机汽缸口

3200 輪、蒸汽机汽缸口

3400 輪、蒸汽机汽缸口

3600 輪、蒸汽机汽缸口

3800 輪、蒸汽机汽缸口

4000 輪、蒸汽机汽缸口

233 232 232

270 270 270

310 310 310

350 350 350

390 390 390

430 430 430

470 470 470

510 510 510

550 550 550

590 590 590

630 630 630

670 670 670

710 710 710

750 750 750

790 790 790

830 830 830

870 870 870

910 910 910

950 950 950

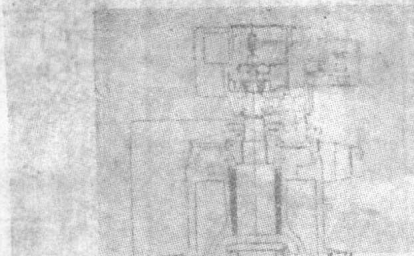


圖 3 阿利斯-查爾斯公司出品之標準汽輪機，其容量為 150 千瓩，蒸汽壓力 538°C 和 538°C 中間過熱到 538°C

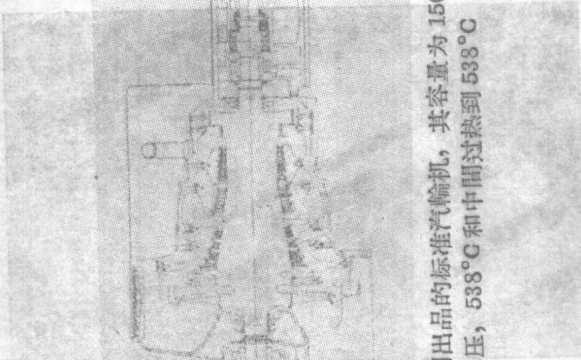


圖 4 阿利斯-查爾斯公司出品之標準汽輪機，其容量為 150 千瓩，蒸汽壓力 538°C 和 538°C 中間過熱到 538°C

阿利斯-查爾斯公司出品之標準汽輪機，其容量為 150 千瓩，蒸汽壓力 538°C 和 538°C 中間過熱到 538°C

圖 2 阿利斯-查爾斯公司出品之標準汽輪機，其容量為 150 千瓩，蒸汽壓力 538°C 和 538°C 中間過熱到 538°C

圖 1 阿利斯-查爾斯公司出品之標準汽輪機，其容量為 150 千瓩，蒸汽壓力 538°C 和 538°C 中間過熱到 538°C

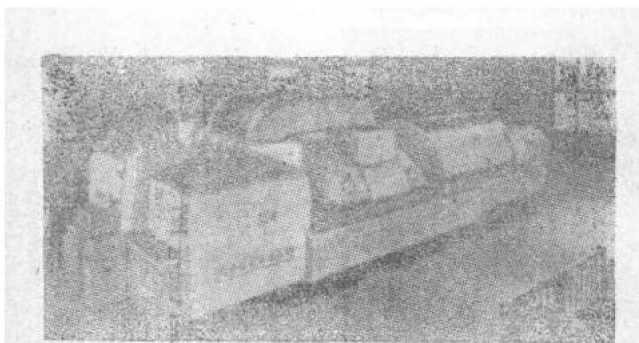


圖 3 謝伯水干發電廠安裝的阿利斯-查爾摩斯公司出品的汽輪機組及其轉子導線內部冷卻的發電機

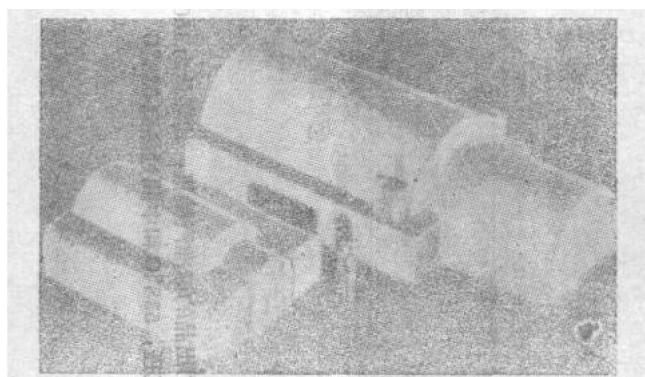


圖 4 阿利斯-查爾摩斯公司出品的容量為 40 千瓩的兩部發電機的模型，製造時按同樣的比例尺：大的是普通氫氣冷卻的；小的是全部導線內部冷卻的

組。這些汽輪機的開始蒸汽規範是：壓力 142 大氣壓，溫度 565°C ，中間過熱到 565°C 。高壓汽缸是對流式的^①，在兩個汽流方向上都是雙層的缸殼。為了防止由於從中壓部分流到低壓部分的高溫蒸汽所引起的過高的熱應力，採用了新的，

① 兩個汽流（低的及經過中間過熱的）進入汽缸的中部附近并向不同方向流去。——編者

在汽缸中的出口汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...

汽出... 汽出... 汽出...



圖 5 通用電氣公司出品之 3600 轉/每分鐘之單軸三出口之用于 125—300 千瓩容量之汽輪機。其汽壓，新蒸汽溫度 565°C 和中間過熱溫度 565°C。壓力到 17 大氣壓。

最近設計的外面連接的構造，使蒸汽从單出汽口的中压部分流到双出汽口的低压部分。

此外，还制造了三台 156 千瓩的汽輪机，这三台汽輪机和圖 5 所示的汽輪机相似，但是只有两个出汽口；蒸汽规范：压力 127 大气压，温度 538°C ，中間过热温度 538°C 。这是第一批最后級汽叶长度为 660 公厘的双出汽口的机組。由于最后級通路面积的加大，这些汽輪机的长度比最后級汽叶长为 584 公厘的双出汽口汽輪机的长度长 900 公厘。

这个公司正在制造 15 台容量为 217 千瓩的兩軸汽輪机，每分鐘轉数为高压部分 3600 和低压部分 1800；低压部分制成双出汽口。蒸汽规范：开始压力 142 大气压，开始温度 565°C ，中間过热到 565°C 。高压部分也是对流式的，两个汽流方向都制成双層汽缸。高压和中压部分之間直徑为 915 公厘的兩根連絡管是用伸縮节补偿热膨脹的。低压部分是两个單出汽口的單元，它們的外部結合成为一个出汽的整体。

为 150—250 千瓩的容量新設計了兩軸的，一个出汽口的汽輪机，其最后級的汽叶长度为 1090 公厘。这个構造的出汽通路面积和每分鐘 3600 轉，三个出汽口和每个汽流中最后級汽叶长度为 660 公厘的汽輪机的一样。按蒸汽压力 127 大气压和温度 565°C 設計的高压部分表示在圖 6 中。在高压部分工作以后的蒸汽由直徑 1320 公厘的管道引进低压部分，像圖 7 中表示的那样。汽輪机两个部分的軸向长度都縮短到大約 7 公尺，而全机組的总长度比三个出汽口，每分鐘 3600 轉的單軸机組縮短了將近 9 公尺。

發電机。1952 年 10 月 1 日在东河發電厂（紐約愛迪生联合公司）里一台容量最大的發電机投入运行了。它的规范如下：容量 180 千瓩，225 千伏安，每分鐘 1800 轉，60

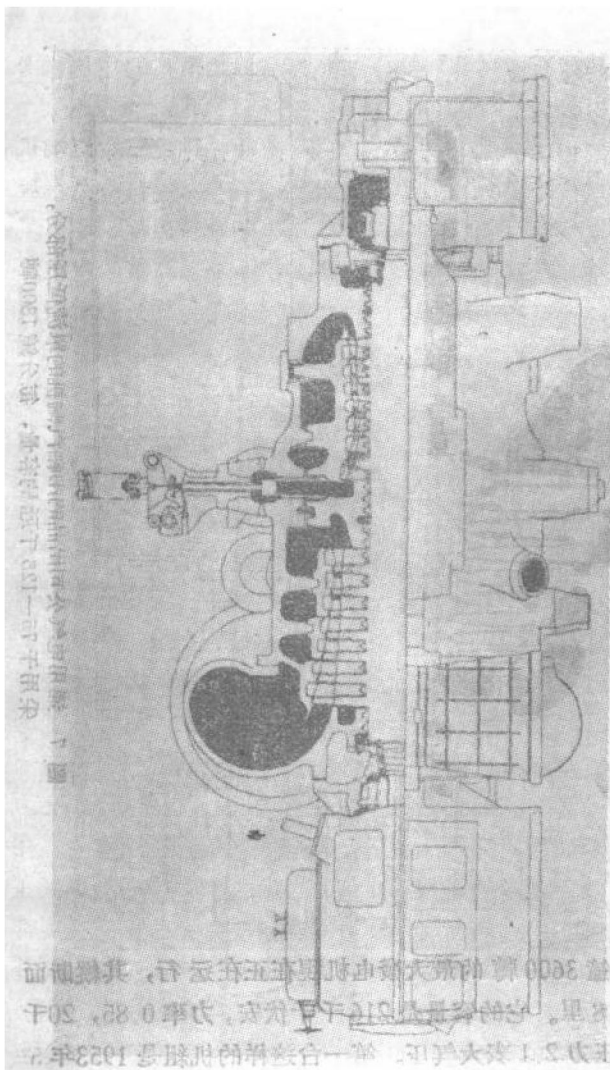


图 4 通用电气公司出品之 150 吨蒸汽轮机，其转速 1500 转/分

图 6 通用电气公司出品之带有蒸汽中间再热的复速汽轮机的高压部分，其每分钟转速为 3600 转，采用于 75—125 万千瓦的容量。蒸汽规范：压力 127—170 大气压，新蒸汽温度 538—565°C 和中间过热温度到 538°C

速波，功率 0.8，14.4 千伏，氦气压力 1.05 表大气压，在氦气压力为 2.1 表大气压的时候，相当的容量是 245 万千瓦

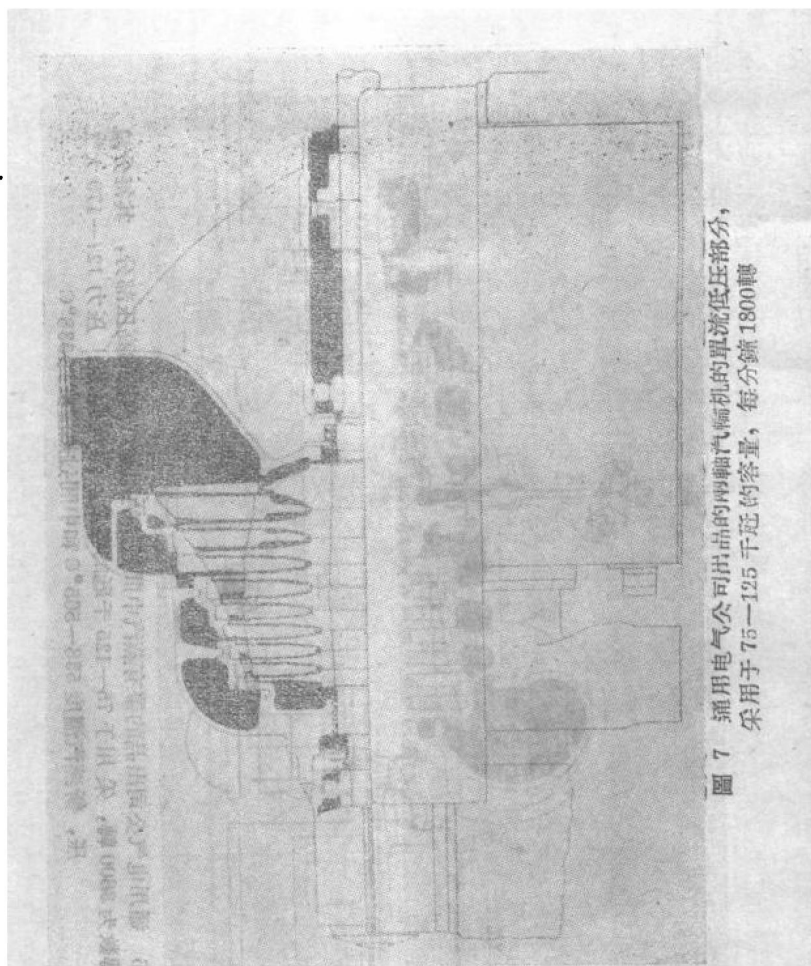


圖 7 通用电气公司出品的單軸汽輪機的單流低壓部分，
 采用于 75—125 千瓩的容量，每分鐘 1800 轉

安。每分鐘 3600 轉的最大發電機現在正在運行，其縱斷面圖示于圖 8 里。它的容量是 216 千瓩安，力率 0.85，20 千伏，氫氣壓力 2.1 表大氣壓。第一台這樣的機組是 1953 年 5 月在加帕發電廠投入運行的。目前有三台這樣的發電機正在運往安裝地點，還接受了 21 台同樣容量的發電機的定貨。

通用电气公司出品之通用型压缩机，其容积流量为 300 升/分，工作压力为 0.8 MPa，转速为 3000 转/分。该压缩机广泛应用于工业制冷、空调、冷藏等领域。



该压缩机采用先进的制造工艺，具有结构紧凑、运行可靠、噪音低等特点。其额定功率为 1.5 kW，适用于各种工业场合。

通用电气公司出品之通用型压缩机，其容积流量为 300 升/分，工作压力为 0.8 MPa，转速为 3000 转/分。该压缩机广泛应用于工业制冷、空调、冷藏等领域。

通用型压缩机 3600 转/分的冷却空气

东河发电厂(克利夫兰电力公司)定購了一台最大的發電机,每分鐘 3000 轉。其规范如下: 容量 208 千瓦, 260 千伏安, 力率 0.80, $\frac{I_K}{I_N} = 0.64$, 电压 18 千伏, 氬气压力 2.1 表大气压; 靜子导綫采用液体冷却, 而勵磁綫圈是用流过导綫的氬气进行冷却。

3. 西屋公司

在嘎拉廷发电厂(田纳西河流开发公司)安裝了兩台 250 千瓦, 有蒸汽中間过热的單軸汽輪机, 其每分鐘为 3600 轉。与同样是三个出汽口和最后級汽叶長为 635 公厘的 200 千瓦汽輪机相比較, 这两台汽輪机容量所以能提高到这样是由于提高了出汽压力(0.07 大气压)。这些長为 635 公厘的汽叶安裝在大平均直徑上, 相当于長为 660 公厘汽叶安裝在小些的平均直徑上。

目前已經投入运行的导綫內部冷却的發電机的总容量是 1500 千瓦, 每个机組的容量是 80—250 千瓦, 氬气压力是 2.1 表大气压。

西屋公司出品的第一台轉子和靜子綫圈采用內部冷却的發電机, 其容量为 90 千瓦, 是在 1953 年供給了汉特里发电厂(尼亞格拉莫哈夫克公司)。供給达奎森电灯公司的容量 156 千瓦, 每分鐘 3600 轉的發電机也是导綫內部冷却的。

为巴林頓发电厂(公用电力和煤气公司)制造的汽輪机示于圖 9 中。汽輪机容量 185 千瓦, 蒸汽规范: 压力 165 大气压, 新蒸汽温度 593°C , 中間过热温度 565°C , 凝汽器压力 0.05 大气压。这是第一台充分利用了以蒸汽主流冷却高压部分的原則的汽輪机。为了使汽輪机受到冷却, 蒸汽在膨脹到高中压汽缸之間的压力以后, 流到汽缸的內外壳之間的空隙里, 就这样地将高压部分的汽缸內壳冲刷冷却, 然后轉向中

压部分汽缸中部流去。通进汽轮机高压部分的蒸汽是经过四个个别的喷嘴箱，这些喷嘴箱位于上部和下部并与汽缸内壳相连。在中压汽缸里，蒸汽在中压部分的前几级汽叶里膨胀以后，有三分之一转回来流过内外汽缸壳之间，流到本汽缸内的低压单流通路里去，其余的经过联络管流进双流的低压汽缸的中部。温度为 260°C 的冷却蒸汽流过汽缸内外壳之间，使汽缸内壳和螺丝的温度都降低下来。这个蒸汽也还使汽缸外壳和螺丝冷却到 260°C 。金属的温度降低，就可以允许采用较小的汽缸厚度和螺丝直径，也可以采用质量较低的材料。这种构造现在已被采用在五个大型的每分钟3600转的汽轮机上。

用蒸汽主流冷却的原则也还利用在飞利浦斯发电厂（达奎森电灯公司）的兩軸兩出汽口，蒸汽中間过热的设备上（圖10）。在高压部分工作以后的蒸汽轉回去經過汽缸內

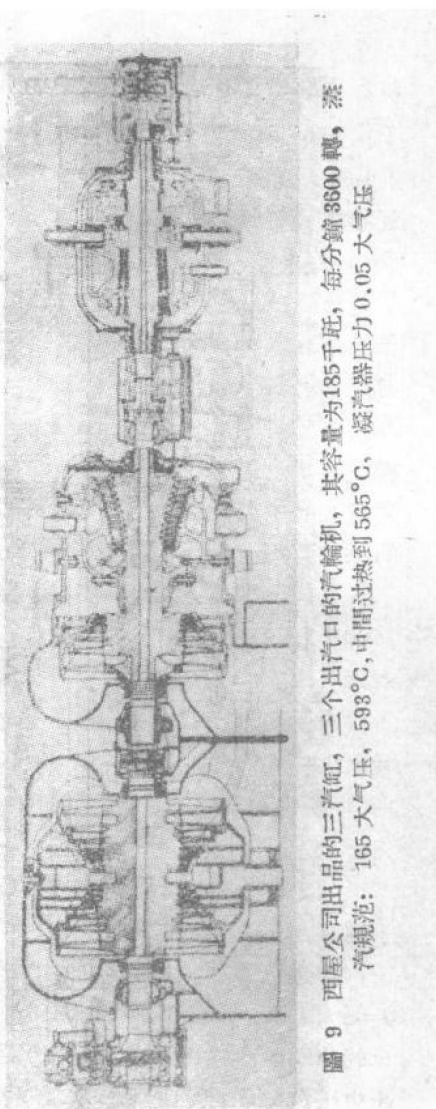


圖 9 西屋公司出品的三汽缸，三个出汽口的汽轮机，共容量为185千瓩，每分鐘3600轉，蒸汽规范：165大气压，593°C，中間过热到565°C，蒸汽器压力0.05大气压