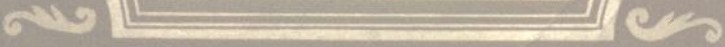




船用蒸汽机 与汽轮机

П. Г. 魯法諾夫著

高等教育出版社





船用蒸汽机与汽轮机

И. Г. 魯法諾夫著

荣次仙 叶昭煦 柯永久 译

高等教育出版社

本书系根据苏联河运出版社(Издательство «речной транспорт») 出版、П. Г. 魯法諾夫(П. Г. Руфанов) 著“船用蒸汽机与汽轮机”(Судовые паровые машины и турбины) 一书1955年增訂第二版譯出。原书經苏联海河運輸部教育司推荐为河运学校及中等技术学校教科书。

本书系按照苏联海河運輸部批准的河运学校及中等技术学校船舶机械(蒸汽动力)专业教学大纲编写, 内容主要为: 船用蒸汽机的构造、运用和管理, 蒸汽机的工作过程原理, 蒸汽机的经济性和计算, 配汽机构, 曲柄-连杆机构的动力学, 蒸汽机的平衡, 船用汽轮机, 凝汽装置, 现代蒸汽动力装置, 蒸汽机的热工试验。

本书主要供中等河运学校作教材, 并可供河运局的轮机员、工程师和技术员以及船舶修造厂工作人员参考。

本书 § 1—73 及 § 118—140 由叶昭煦翻譯, § 74—117 由柴次仙翻譯, § 141—188 由柯永久翻譯, 全书由柴次仙和王今校閱, 并由柴次仙整理定稿。

船用蒸汽机与汽轮机

П. Г. 魯法諾夫著

柴次仙等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第054号)

京华印书局印装 新华书店发行

統一书号 15010·813 开本 350×1168¹/₃₂ 印張 17⁷/₁₆ 插頁 5

字數 420,000 印數 0001—1,000 定价 (5) 半2.30

1959年3月第1版 1959年9月北京第1次印刷

目 录

緒 論	1
船用原动蒸汽机的功用和构造	1
蒸汽在汽缸中的动作	3
船用蒸汽机发展簡史概述	4

第一篇 船用蒸汽机的构造

第一章 船用蒸汽机的分类及其构造特点	14
§ 1. 分类概論	14
§ 2. 內何蒸汽机的构造特点	18

第二章 蒸汽机汽缸	32
-----------	----

§ 3. 汽缸	32
§ 4. 汽缸盖	34
§ 5. 滑閥室和提閥室	35
§ 6. 滑面和汽道	35
§ 7. 鑲入的衬套	36
§ 8. 船用蒸汽机汽缸的构造	38
§ 9. 汽缸的安装、在机座上的紧固和汽缸盖的安置	41
§ 10. 容汽器	45
§ 11. 汽缸的絕热	47
§ 12. 汽缸附件	47
§ 13. 有軟填料的填料函	53
§ 14. 有金属填料的填料函	55

第三章 活塞、活塞杆、十字头、导板和連杆	57
----------------------	----

§ 15. 活塞	57
§ 16. 活塞環圈	62
§ 17. 活塞盖和止动环	64
§ 18. 活塞杆	66
§ 19. 十字橫架(十字头)	67
§ 20. 导板	73
§ 21. 連杆	75

第四章 曲軸和推进軸, 軸系	81
§ 22. 整体鍛造的曲軸	81
§ 23. 組合式曲軸	82
§ 24. 明輪式船舶的推进軸	83
§ 25. 曲軸与推进軸的连接	85
§ 26. 主(机架)軸承	86
§ 27. 船用螺旋桨軸、推力軸	88
§ 28. 止推軸承	90
§ 29. 艏軸套筒裝置	92
第五章 机架和机座	93
§ 30. 斜式蒸汽机的机架	93
§ 31. 鋼制鑄接机架	95
§ 32. 鑄鋼机架	95
§ 33. 立式蒸汽机的机架、机柱和底座	97
§ 34. 机座以及机架在机座上的安裝	98
第六章 凝汽装置和凝汽器	99
§ 35. 凝汽器的功用	99
§ 36. 表面式凝汽器的构造和作用	101
§ 37. 噴水式凝汽器的构造和作用	103
§ 38. 湿空气泵的构造和作用	105
§ 39. 立式湿空气泵和空气抽逐器	109
§ 40. 循环水泵和凝水泵、分油器和过滤器	112
§ 41. 凝水系統的比較及其应用的範圍	116
第七章 配汽机构的构造和动作	117
§ 42. 蒸汽机汽缸中蒸汽的工作过程	117
§ 43. 滑閥的动作及其因素。无余面的滑閥配汽	119
§ 44. 有余面滑閥的动作	123
§ 45. 双进汽和双排汽的平衡閥	125
§ 46. 滑閥补偿器	131
§ 47. 复式滑閥	132
§ 48. 圓筒形滑閥	134
§ 49. 提閥配汽	138
§ 50. 提閥的构造	139
§ 51. 提閥驱动机构	142
§ 52. 提閥配汽与滑閥配汽的比較	146

第八章 滑閥驱动机构	147
§ 53. 滑閥驱动机构的效用	147
§ 54. 斯蒂芬逊式滑閥驱动机构	148
§ 55. 古茨式滑閥驱动机构	153
§ 56. 阿倫式滑閥驱动机构	155
§ 57. 克鲁格式滑閥驱动机构	157
§ 58. 馬歇尔式滑閥驱动机构	159
§ 59. 有轉动配汽軸的滑閥驱动机构	160
§ 60. 若伊式滑閥驱动机构	162
§ 61. 蒸汽液力倒順車机构	165
第九章 蒸汽机的潤滑系統	167
§ 62. 潤滑的效用。潤滑的原理。对潤滑提出的要求。滑油的种类及其特性	167
§ 63. 手油壺。棉綫式和筒式加油器	173
§ 64. 潤滑脂的压力加油器	175
§ 65. 用于汽缸上的双旋塞式加油器	176
§ 66. 自动加油器	176
§ 67. 蒸汽作用式潤滑器	179
§ 68. 集中式滑油管路	181
第十章 內河船舶蒸汽机的构造	184
§ 69. 以日达諾夫命名的“紅色索尔莫沃”厂滑閥式蒸汽机	184
§ 70. “列宁鐵工”厂的提閥式蒸汽机	191
§ 71. “內燃机船”厂的立式蒸汽机及其他	195
§ 72. 无容汽器的半单流式蒸汽机	198
§ 73. 蒸汽机在船上的布置。蒸汽机船的机仓和鍋炉仓	204

第二篇 蒸汽机的运用和管理

第十一章 蒸汽机的維護	206
§ 74. 操縱台。机器工作前的准备	206
§ 75. 蒸汽机的热缸和檢查	209
§ 76. 蒸汽机在运行时的維護	210
§ 77. 蒸汽机在操縱时的維護	212
§ 78. 主机的停止和停泊时的維護	213
§ 79. 主机運轉时可能发生的故障及其消除	214
第十二章 蒸汽机管理工作的組織。技术監督	217
§ 80. 机仓值班的組織	215

§ 81. 船舶机械技术管理的新方法	219
§ 82. 对船舶蒸汽主机的技术监督	222
§ 83. 关于主机操作的安全技术规程	223

第三篇 蒸汽机的工作过程原理、经济性和计算

第十三章 蒸汽机的标准循环	225
---------------------	-----

§ 84. 引用标准循环的必要性	225
§ 85. 耶肯循环(蒸汽完全膨胀循环)	227

第十四章 蒸汽机内的热损失	233
---------------------	-----

§ 86. 由于蒸汽管路内蒸汽压力降落的损失	234
§ 87. 由于进汽和排汽节流所引起的损失	237
§ 88. 由于提早排汽和提早进汽所引起的损失	239
§ 89. 由于蒸汽不完全膨胀、有害空间和蒸汽压缩所引起的损失	240
§ 90. 由于热交换和初凝所引起的损失	244
§ 91. 排汽入凝汽器时所引起的损失	249
§ 92. 由于蒸汽漏泄的损失	250
§ 93. 由于辐射所引起的损失	251

第十五章 蒸汽机中蒸汽的实际工作过程	252
--------------------------	-----

§ 94. 理论示功图及其绘制	252
§ 95. 实际示功图及其对理论示功图的差异。示功图的可能缺点	257
§ 96. 示功器的构造和动作	258
§ 97. 平均指示压力的求法	265
§ 98. 指示功率的求法	269
§ 99. 蒸汽机的有效功率和机械效率的求法	270

第十六章 蒸汽机中的耗汽量和耗热量。蒸汽机的效率。船舶动	
------------------------------	--

力装置的能量平衡	271
----------------	-----

§ 100. 按示功图决定耗汽量	271
§ 101. 蒸汽机的耗汽率和耗热量	280
§ 102. 蒸汽机的效率	282
§ 103. 船舶动力装置的能量平衡	286

第十七章 单胀式和多胀式蒸汽机	288
-----------------------	-----

§ 104. 单胀式蒸汽机	288
§ 105. 单胀式蒸汽机的计算	292
§ 106. 多胀式蒸汽机及其优点	295
§ 107. 多胀式蒸汽机的实际示功图	296

§ 108. 联合理论示功图	299
§ 109. 耶肯组合示功图	304
§ 110. 蒸汽机的平均理论和指示压力以及理论和指示功率的求法	306
§ 111. 多膜式蒸汽机的计算	308
§ 112. 蒸汽机各汽缸的功率分配	317

第十八章 连杆机构的运动学

§ 113. 活塞运动方程式的推导	320
§ 114. 连杆长度的间接影响	322
§ 115. 活塞行程距离图	327
§ 116. 活塞速度	328
§ 117. 活塞的加速度	330

第四篇 滑阀配汽和提阀配汽

第十九章 滑阀配汽

§ 118. 配汽的主要时刻	334
§ 119. 滑阀运动的方程式	337
§ 120. 极坐标滑阀图(醉纳图)	339
§ 121. 标准滑阀图	347
§ 122. 布里克斯教授的双圆心图	353
§ 123. 正弦曲线配汽图	355
§ 124. 椭圆形滑阀图	360
§ 125. 简单式平滑阀的设计	363
§ 126. 设计具有辅助进汽的滑阀;滑阀的旁通进汽	366
§ 127. 五孔式滑阀和带盖滑阀在设计上的特点	368
§ 128. 双进汽和双排汽滑阀的滑阀图	370
§ 129. 圆筒形滑阀在设计上的特点	372
§ 130. 配汽要素和蒸汽速度的选择	374
§ 131. 滑阀的安装	380

第二十章 滑阀驱动机构

§ 132. 斯蒂芬逊式双偏心轮驱动机构动作的理论	387
§ 133. 蒸汽机功率的调节和斯蒂芬逊式滑环配汽要素的改变	392
§ 134. 斯蒂芬逊式滑阀驱动机构的设计	394
§ 135. 单偏心轮驱动机构。加克伏特式滑环的理论。滑阀运动方程式	395
§ 136. 采用加克伏特式滑环的蒸汽机的配汽及其功率的调节	400
§ 137. 克鲁格式驱动机构及其设计。马歇尔式驱动机构的设计	402
§ 138. 若伊式无偏心轮驱动机构。若伊式驱动机构的动作原理。滑阀运动方程式的	

推导.....	405
§ 139. 采用若伊式滑环的蒸汽机功率的调节和配汽要素的改变	410
§ 140. 若伊式滑环驱动机构主要零件尺寸的选择及其设计	411
第二十一章 提閥配汽.....	413
§ 141. 提閥尺寸的計算. 提閥的设计	413
§ 142. 提閥配汽的驱动机构. 液力驱动机构	417
§ 143. 带有搖摆凸輪軸和克魯格式滑环的提閥驱动机构的设计	420
§ 144. 提閥和凸輪圈的安装	423
第二十二章 蒸汽机轉数的調节.....	425
§ 145. 用变更蒸汽压力来調节蒸汽机轉数	425
§ 146. 用滑环驱动机构变更进汽度来調节蒸汽机的轉数	427
第五篇 曲柄-連杆机构的动力学和蒸汽机的平衡	
第二十三章 曲柄-連杆机构的动力学	428
§ 147. 蒸汽机中的作用力. 切綫力. 蒸汽机机軸的轉矩	428
§ 148. 动蒸汽压力. 重力和慣性力. 动压力图	430
§ 149. 决定切綫力和轉矩的图解法	435
§ 150. 轉矩图. 不均匀度	436
第二十四章 蒸汽机的平衡.....	440
§ 151. 作用于蒸汽机中的力	440
§ 152. 用轉动重物来平衡慣性力	444
第六篇 船用汽輪机	
第二十五章 汽輪机中蒸汽的功.....	447
§ 153. 汽輪机的工作原理	447
§ 154. 噴管中的蒸汽流动	448
§ 155. 汽流的速度	449
§ 156. 蒸汽在汽輪机叶片上所作的功	451
§ 157. 冲动式和反动式汽輪机	452
§ 158. 速度三角形. 汽輪机中蒸汽速度与圓周速度之間的最有利关系	457
§ 159. 压力級和速度級. 压力和速度的变化曲綫	461
§ 160. 具有压力級和速度級的联合汽輪机	465
§ 161. 汽輪机中的热损失和减少损失的措施	466
§ 162. 汽輪机的經濟性, 效率和耗汽量	467
第二十六章 船用汽輪机的构造和型式.....	470

§ 163. 汽轮机零件的构造	470
§ 164. 汽轮机的凝汽装置	473
§ 165. 倒顺车。倒车汽轮机	474
§ 166. 至推进轴的功率传输	475
§ 167. 船用汽轮机的型式	477
第二十七章 汽轮机的运用	482
§ 168. 汽轮机的维护	482
§ 169. 汽轮机转速的调节	483
§ 170. 汽轮机的调速器	485
§ 171. 汽轮机与其他热机的比较。它在船上的应用范围	487

第七篇 凝汽装置

第二十八章 凝汽装置的计算	489
§ 172. 喷水式凝结。冷却水量的计算	489
§ 173. 凝结室、放水室和湿空气泵的容积以及管子剖面面积的计算	491
§ 174. 表面式凝汽器冷却表面的计算	492
§ 175. 冷却水量的决定	495
§ 176. 凝汽器容积的决定。湿空气泵和循环水泵的计算	497

第八篇 现代蒸汽动力装置。蒸汽机的热工试验

第二十九章 内河船舶蒸汽动力装置的改善方法	501
§ 177. 依靠扩大蒸汽温度范围和提高蒸汽参数来提高循环的效率	501
§ 178. 从蒸汽机容汽器中抽汽来再热给水	503
§ 179. 蒸汽的中间(补充)过热	505
§ 180. 增加蒸汽机的相对指示效率。减少蒸汽冷却和节流的损失	506
§ 181. 最新构造的现代型式蒸汽机	507
§ 182. 往复蒸汽机和乏汽汽轮机的联合装置	516

第三十章 蒸汽机的热工试验	525
§ 183. 试验蒸汽机的目的	525
§ 184. 试验时所采用的仪表	526
§ 185. 示功器的安装及其工作	527
§ 186. 进行蒸汽机的试验	530
§ 187. 试验资料的整理	532
§ 188. 根据示功图发现的配汽缺点及其消除法	534

参考书目	544
中俄名词对照表	545

緒 論

船用原动蒸汽机的功用和构造

蒸汽机乃是将水蒸汽的热能轉化为机械功的一种机器。机械能从机器的軸傳到推进器——明輪或螺旋桨。原动机作功轉动推进器(在水中轉动推进器的叶片)而产生船舶中心綫方向的力,船即依靠这个力克服水的阻力而运动。

在人类技术进步中起着巨大作用的蒸汽机直到現在还没有丧失它的价值。

由于蒸汽机具有高的技术-运用性質,故它在苏联国民經济的許多部門中,特别是在水上运输和铁路运输中,占据着显著的地位,它是一种經濟而可靠的原动机。

往复式蒸汽机具有下列的优点:

- 1) 管理簡單而工作可靠,制造費用比較低廉;
- 2) 能在很大範圍內經得起过負荷,并能在功率降低的情况下工作,此时其經濟性并不显著减低;
- 3) 轉数和功率的調整范围很大;
- 4) 能产生很大的起动力矩,这种性能对机軸开始轉动时特别重要。

蒸汽机在内河船队中被广泛采用着,例如有 80% 的内河船舶是装置蒸汽机作为主机的。由于造价低廉、管理簡單且运用可靠,船用輔机也普遍地采用蒸汽机。

内河斜式蒸汽机的构造簡图如图 1 所示。从鍋炉出来的蒸汽沿蒸汽管路进入滑閥室 1,从那里經過汽道 2 进入用盖 5 盖住的汽缸 3。活塞 4 在汽缸 3 中运动,与汽缸壁紧密接触并将汽缸内部空間分为两部

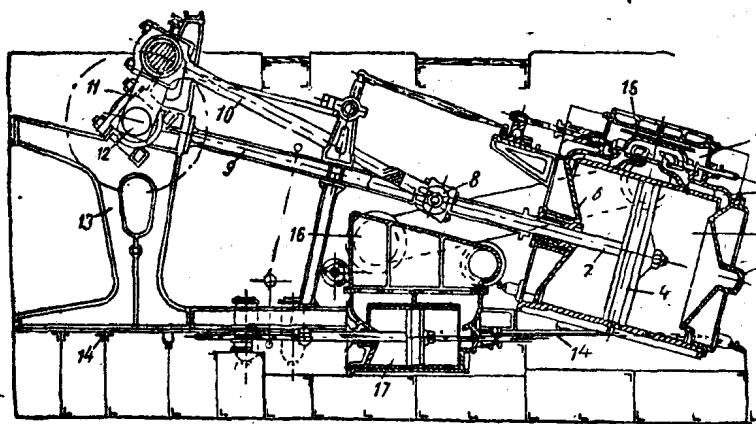


图 1. 船用斜式蒸汽机。

分：后部空间(汽缸盖端)，即是在活塞 4 与汽缸盖 5 之间的部分，前部空间(机轴端)，即是在活塞与汽缸底 6 之间的部分。活塞装在活塞杆 7 上，活塞杆穿过填料函和汽缸底，而与十字头 8 坚固地连接。十字头的两端有滑板，滑板沿着导向件即导板 9 滑动，使十字头成直线运动。连杆 10 的后端与十字头 8 连接。连杆的前端用头部与机轴 12 上曲柄 11 的轴颈相连接。机轴在轴承中迴转，轴承紧紧地插装在机架 13 中。机架装在机座 14 上并坚固地固定在机仓桁梁之间。机架与汽缸 3 用导板坚固地相连接。蒸汽进入汽缸，压在活塞上并使它运动。作用在活塞上的蒸汽压力通过活塞杆和十字头传给连杆和曲柄。活塞在汽缸中作往复运动，并借曲柄-连杆机构把活塞的直线往复运动变为机轴的迴转运动。在明轮式船舶中，明轮装在船壳横轴的两端；在螺旋桨式船舶中，螺旋桨装在艉部外面的轴端。借明轮或螺旋桨之助，机器的功即被利用来推进船舶。

为了使活塞在汽缸中向前或向后运动，蒸汽交替地进入汽缸的前后部空间，即交替地从活塞的一面(前面)和活塞的另一面(后面)进汽，而在活塞一面进汽的同时，乏汽从另一面排出。

进汽和排汽用滑閥 15 进行,滑閥由特殊的驱动机构带动。

在大部分的船用蒸汽机中,汽缸的乏汽并不排入大气而引入凝汽器 16,使它在那里冷凝而变为热水。热水用泵 17 从凝汽器中抽出,其一部分被利用作为锅炉的给水。

蒸汽在汽缸中的动作

机器迴轉一轉时,蒸汽在汽缸中的动作如下。

蒸汽进入汽缸,假設从活塞的后面进入,这时活塞位于靠近汽缸后盖的极点位置。

当曲柄的方向与汽缸中心綫重合时,即所謂曲柄在死点的位置时,活塞便位于极点位置;曲柄在上述位置时,連杆中心綫也与汽缸中心綫重合(活塞和活塞杆的中心綫永远与汽缸中心綫重合)。活塞在汽缸中的极点位置有两个:一个是后极点——靠近汽缸的后盖,另一个是前极点——靠近汽缸的前盖或汽缸底。和活塞的极点位置相对应,曲柄也有两个死点:前死点和后死点。靠近机軸的汽缸盖称为前盖,位于汽缸或活塞前面,而离机軸較远的汽缸盖称为后盖。从活塞的极点位置到另一极点位置的距离称为活塞冲程。活塞冲程显然等于曲柄长度的两倍或曲柄半徑(从机軸中心到曲柄軸頸中心計算)的两倍。

蒸汽进入汽缸时便压在活塞上。活塞受蒸汽压力的作用,便产生运动并做功,而蒸汽随着活塞的运动繼續进入汽缸。这时,蒸汽的压力接近于蒸汽锅炉内的压力。

在大多数的蒸汽机中,新汽进入汽缸的过程并不占活塞的整个冲程,即汽缸中的活塞达到极点位置以前便停止进汽,亦即所謂停汽。从这个瞬間起,汽缸中的活塞受正在膨脹的蒸汽压力的作用而运动,蒸汽的体积增大,压力則降低。

当活塞行至前极点位置时,蒸汽的膨脹終止,并开始排汽。这时活塞在已經进入汽缸前端的新汽压力的作用下,从前极点回行,而蒸汽将

繼續从汽缸后部空間排出。排汽應該一直繼續進行到活塞重新達到后極點位置時為止。這時新汽再次開始進入汽缸的后部空間，活塞重新向前運動。

進汽、排汽和膨脹也完全同樣地發生在汽缸的前部空間中，所不同的地方只是當后部空間進汽時前部空間排汽，后部空間排汽時前部空間進汽并膨脹。

船用蒸汽机发展簡史概述

波爾祖諾夫所創造的萬用(工厂用)蒸汽机

1763年波爾祖諾夫(И. И. Ползунов)提出了俄罗斯第一台作为工业上萬用原动机用的蒸汽机的設計。这是一种始創的机器，它比唧筒式蒸汽机完善。波爾祖諾夫把这种机器的模型称为“火力式”，此模型的构造形式如下(图2)。两个汽缸1和2豎直地安装在蒸汽鍋爐上，用蒸汽管13与鍋爐相接通，蒸汽管上装有旋塞，可輪流开启和关闭。带有連杆3和4的活塞在汽缸內运动，两連杆之間用繞过滑輪5的鏈条14連接起来。由滑輪5用鏈条6带动滑輪7。鏈条8繞过滑輪7，該鏈条的两端与风箱11、12盖上的杆9、10相連接。活塞在两汽缸中相向运动，并由滑輪和鏈条将运动傳給风箱。該机为排汽通大气的蒸汽机，而且蒸汽仅被利用来使活塞上升。当活塞位于上面位置时，向汽缸中噴入冷水，由于蒸汽的凝結，汽缸中产生真空；活塞受到大气压力的作用而向下运动并作机械功。

当該机工作时，两个活塞在汽缸中交替地上下运动，因而使滑輪5有时朝这个方向，有时朝那个方向轉动某一角度。滑輪7也同滑輪5一样运动，使杆9和杆10交替地拉起和压下风箱。

缸中进汽和进水的分配，利用波爾祖諾夫发明的齒輪和齒条傳动系統进行。

根据矿山管理局的建議，波爾祖諾夫變更了設計草图。在第二次

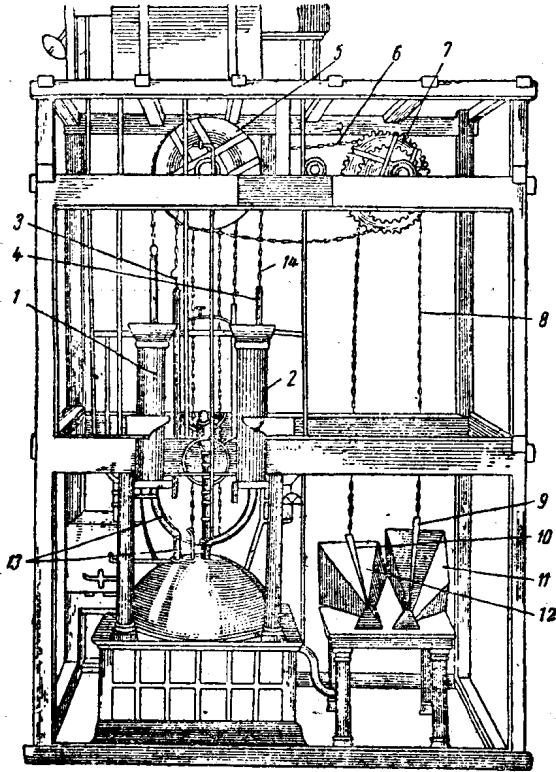


图 2. 波尔祖諾夫蒸汽机模型。

的設計草图中(該机就是根据这次設計图制造的), 采用了平衡杆以代替始創的滑輪和鏈条傳动装置, 此外波尔祖諾夫还有許多始創的改进地方, 其中包括他所发明的鍋炉自动給水器。

波尔祖諾夫的蒸汽机构造如图 3 所示。該机有两个汽缸 1, 其直徑为 810 毫米, 活塞冲程为 2560 毫米。該机每分鐘作五次来回冲程并发出功率約 32 馬力。活塞的运动借帶有鏈条的活塞杆和平衡搖杆 4 傳給风箱 5。当汽缸前的旋塞开启时, 冷却水从水箱 2 沿着管 3 自动地流入汽缸中。鍋炉 7 安置在两汽缸下面的磚砌炉灶中, 蒸汽从鍋炉进入汽缸中。蒸汽凝結后, 热水聚集在貯水柜 6 中, 一部分被利用作为鍋

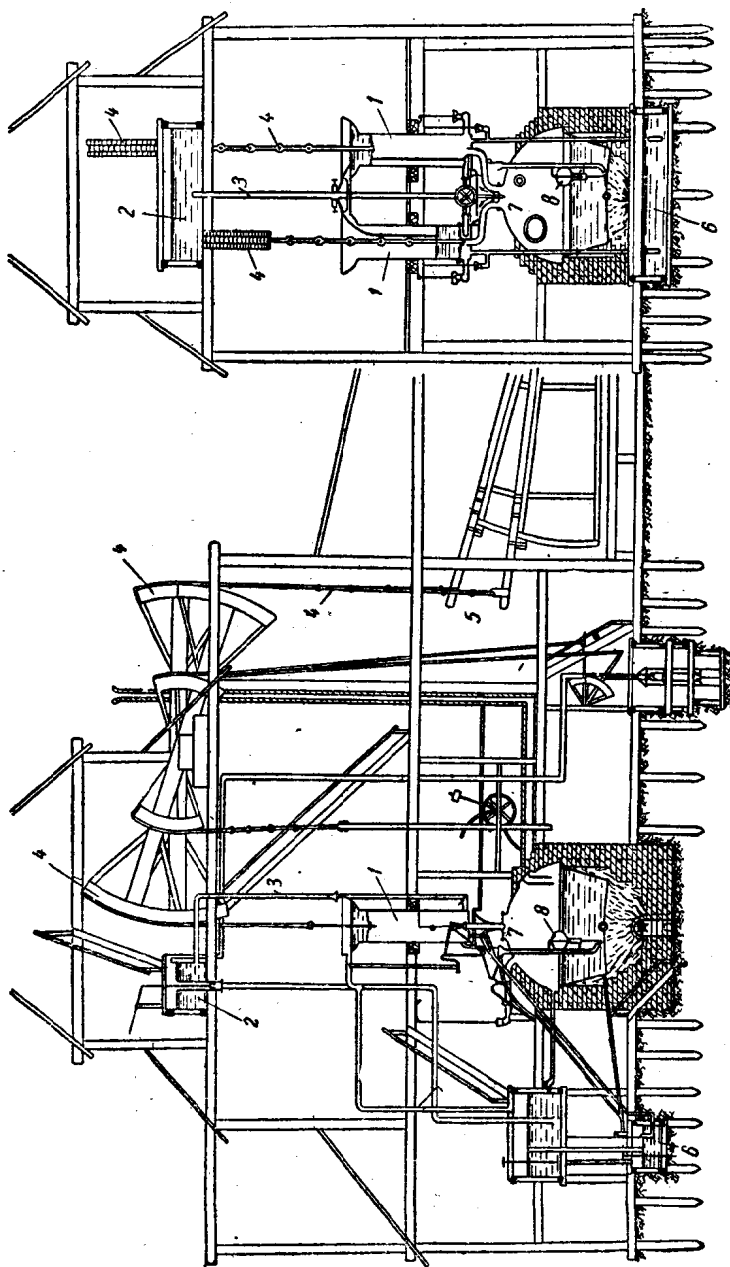


图 3 波尔祖諾夫的蒸汽机简图。

炉給水，鍋炉給水用自动給水器調节。

該机于 1766 年 5 月制成，同年即投入使用。

波尔祖諾夫的蒸汽机一直使用到 1766 年 11 月(中間曾因消除故障而停用了几次)并已被証明在技术上是完全有效的。在这位发明家逝世以后，他的机器便遭到毀坏，而他的名字亦被遺忘了。只是到了偉大的十月社会主义革命成功以后，才得以恢复这位自学出身的俄罗斯发明家的斗争和辛劳的形象。

波尔祖諾夫的前輩們的升水机械

在波尔祖諾夫以前发明蒸汽机的前輩們曾有：法国学者巴班(Papin)，他提出利用汽缸和在其中运动的活塞(1695 年)，和英国人賽佛利(Savery)和鈕克曼(Newcomen)。賽佛利机的构造如图 4 所示。从蒸汽鍋炉 1 得到的蒸汽沿管 2 經過旋塞 3 进入容器(泵)4、在水上产生压力并

使水沿管 5 經過旋塞 8 循着排出管 9 向上排出。当水从容器 4 排出时，关闭旋塞 3，停止进汽，随即在容器 4 上澆以冷水使它迅速冷却。因为容器 4 內的蒸汽凝結，所以其中产生真空，因此吸入閥 7 开启后，矿井中的水便沿管 6 被吸入容器 4 中。管 6 的一端浸沒在矿井的水中；由于水面上外界空气(大气)的压力，水便沿着管 6 上升并充滿容器 4。当容器 4 充滿水时，

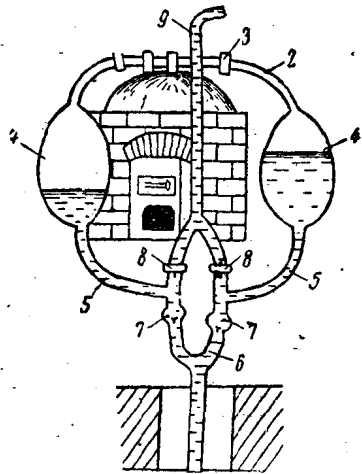


图 4. 賽佛利机。

开启旋塞 3，进入容器 4 的蒸汽重又使水經管 9 压出。机器就是这样工作的。因为容器 4 冷却緩慢，故装設了两个同样的容器 4，当第一个容器冷却时，蒸汽即从鍋炉 1 进入第二个容器。