

建井通风、排水和 压缩空气设备

П. П. 涅斯杰罗夫 等著

冶金工业出版社

建井通风、排水和 压缩空气设备

П. П. 涅斯傑罗夫, З. М. 費多洛娃 В. М. 澤林斯基 著
孙 尚 勇 譯

冶金工業出版社

內 容 提 要

本書敘述了建井時使用的掘進通風、排水及壓縮空氣設備的全套機電設備闡明了這些設備的計算和選擇方法。

本書可供從事建井工作的礦建工程師和機械工程師閱讀，並可作為礦業學院學生以及工業學院采礦系學生的參考書。

П. П. Нестеров, Э. М. Федорова,
В. М. Земинский

ПРОХОДЧЕСКИЕ ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ, ВОДООТЛИВНЫЕ И
ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Гостехиздат УССР (Киев, 1956)

建井通風、排水和壓縮空氣設備

孫 尚 勇 譯

冶金工業出版社出版（北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1959年12月第 一 版

1959年12月北京第一次印刷

印數 $\begin{matrix} \text{精裝} & 1,612 \\ \text{平裝} & 1,212 \end{matrix}$ 冊

開本 $850 \times 1168 \cdot 1/32 \cdot 230,000$ 字 • 印張 $13 \frac{12}{32}$ • 插頁 3

— * —

統一書號 15062 • 1960 定價 $\begin{matrix} \text{精裝} & 2.20 \\ \text{平裝} & 1.70 \end{matrix}$ 元

目 录

緒 論	1
-----------	---

第一篇 渦輪机的理論基础

第 一 章 渦輪机內回路的理論	6
§ 1. 渦輪机的作用原理及其構造	6
§ 2. 渦輪机工作輪中的运动学过程	8
§ 3. 渦輪机理論流量的确定	11
§ 4. 渦輪机工作輪产生的理論压头	13
§ 5. 渦輪机的理論單独特性曲綫	18
§ 6. 环流的概念	21
§ 7. 离心式渦輪机的实际压头	23
§ 8. 机翼升力的概念	30
§ 9. 軸流式渦輪机的实际压头	32
§ 10. 渦輪机的功率及其实际單独特性曲綫	37
第 二 章 渦輪机在外回路中的工作	40
§ 11. 渦輪机設備外回路的特性曲綫及其等积孔	40
§ 12. 渦輪机的运轉狀況	43
§ 13. 渦輪机的标准無因次特性曲綫	48
§ 14. 渦輪机的比例定律	53
§ 15. 渦輪机的联合工作	56
§ 16. 渦輪机比轉数的概念	59

第二篇 掘进与建井时的通風設備

第 三 章 掘进通風設備的概論	61
§ 17. 掘进通風方法	61

§ 18. 井筒掘进时工作面的通风	62
§ 19. 掘进地下水平及倾斜巷道时的局部通风	66
第 四 章 掘进与建井时使用的通风机	71
§ 20. 掘进通风机的分类及其运转特性	71
§ 21. 井筒掘进通风用的通风机	74
§ 22. 供掘进地下巷道局部通风用的通风机	90
第 五 章 掘进通风设备的装备品	103
§ 23. 掘进竖井井筒时用的通风管道	103
§ 24. 掘进地下巷道时用的通风管道	110
§ 25. 掘进通风设备的电气装备	111
第 六 章 掘进通风设备的设计	114
§ 26. 涡轮机的一般理论在通风设备中的应用	114
§ 27. 掘进巷道工作面通风所需风量的确定	117
§ 28. 掘进通风机的选择	121

第三篇 掘进与建井时的排水设备

第 七 章 掘进排水设备的概論	130
§ 29. 排水方法与排水工具	130
第 八 章 竖井井筒掘进时的排水	132
§ 30. 使用吊桶的排水	132
§ 31. 水力扬水器的排水	133
§ 32. 使用水泵的排水	134
§ 33. 预先汇水	139
§ 34. 用特殊方法掘进井筒时的排水	142
第 九 章 井筒掘进终结之后的排水	144
§ 35. 临时的中央排水	144
§ 36. 掘进水平巷道时的局部排水	145
§ 37. 掘进倾斜巷道时的局部排水	145
第 十 章 掘进与建井时使用的离心式水泵	149

§ 38. 离心式水泵的工作特性	149
§ 39. 輪叶式水泵的分类	155
§ 40. 輕便式及轉排式低揚程离心水泵	157
§ 41. 立式掘进离心水泵 (吊泵)	165
§ 42. 高揚程臥式离心水泵	174
§ 43. 深井离心式水泵(鑽井式)	188
第十一章 掘进与建井时使用的往复式水泵	197
§ 44. 往复式水泵的理論基础	197
§ 45. 往复式水泵的構造	209
第十二章 掘进与建井时使用的螺旋式 (迴轉式) 水泵	215
§ 46. 螺旋式水泵的作用原理	215
§ 47. 鑽井式螺旋水泵的構造	219
§ 48. 螺旋式掘进水泵的構造	221
第十三章 掘进排水设备的装备品	226
§ 49. 掘进排水设备的管道	226
§ 50. 掘进排水管的安全和固定	233
§ 51. 水泵在井筒中的悬吊	235
§ 52. 匯水槽和水倉的構造	237
§ 53. 掘进排水设备的电气装备	239
第十四章 掘进排水设备的設計	246
§ 54. 排水量的确定	246
§ 55. 管道直径的确定	248
§ 56. 全計示揚程	249
§ 57. 管道特性曲綫的繪制及工作点的确定	252
§ 58. 水泵电动机功率及电能消耗量的計算	253
第十五章 掘进水力揚水器设备	263
§ 59. 水力揚水器的作用原理和計算基础	263
§ 60. 标准水力揚水器的技术資料	266
§ 61. 水力揚水器排水设备的装备品与計算	266

第四篇 掘进与建井时的压缩空气设备

第十六章 概論	269
§ 62. 在矿井建設中压缩空气的应用	269
§ 63. 生产压缩空气的设备	269
第十七章 往复式空气压缩机的理論	271
§ 64. 空气压缩机的作用原理及其分类	271
§ 65. 單級往复式空气压缩机的理論工作过程	272
§ 66. 往复式空气压缩机的实际工作过程	274
§ 67. 空气压缩机的供气系数	277
§ 68. 單級空气压缩机中的压缩限度	278
§ 69. 空气压缩机的多級压缩	280
§ 70. 空气压缩机的供气量	281
§ 71. 空气压缩机的效率及功率	282
第十八章 往复式空气压缩机的構造	283
§ 72. 固定式空气压缩机	283
§ 73. 移动式空气压缩机站	291
第十九章 空气压缩机供气量的調整	296
§ 74. 調整的專門用途和方法	296
§ 75. 調整器的構造	297
第二十章 空气压缩机裝置的傳动	300
§ 76. 空气压缩机采用的原动机类型	300
第二十一章 空气压缩机设备的輔助设备	301
§ 77. 濾風器	301
§ 78. 風包	303
§ 79. 冷却器	304
§ 80. 水份分离器	305
第二十二章 空气压缩机中空气的冷却	307
§ 81. 冷却水需要量	307

§ 82. 水冷却用的構築物和设备	310
§ 83. 冷却水的淨化	311
第二十三章 矿井建設中的气动机械	312
§ 84. 气动机械的分类	312
§ 85. 往复式气动机械中的理論过程	313
§ 86. 往复式气动机械中的实际过程	315
§ 87. 直动式气动机械	319
§ 88. 气力修钎机	331
§ 89. 風鎚	331
§ 90. 气力传动气缸	333
§ 91. 帶有徑向配置气缸的往复式气动机的概述	339
§ 92. 四气缸气动机	339
§ 93. 五气缸气动机	344
§ 94. 迴轉式气动机	346
§ 95. 齿輪式气动机	351
§ 96. 空气渦輪	356
§ 97. 噴射器	357
§ 98. 空气昇液器	359
§ 99. 压气沉箱	365
第二十四章 空气压缩机站设备的選擇	374
§ 100. 空气压缩机站供气量的計算	374
第二十五章 压縮空气管網	378
§ 101. 在建矿井中压縮空气管網的裝置	378
§ 102. 掘进压縮空气管網的計算原理	382
第二十六章 矿山压縮空气设备的運轉及其工作的檢查	404
§ 103. 压縮空气設備的運轉	404
§ 104. 日常檢查	406
§ 105. 空气压縮机的試驗	407

第五篇 外国在矿井建設中使用的矿山机械設備的特点

参考文献	416
------------	-----

緒 論

在苏联共产党第二十次代表大会关于1956—1960年苏联發展国民經济的第六个五年計划的指示中指出，在五年內投入生产的矿井和露天矿場的开采能力，約为年产2亿4000万吨左右。

因此，規定了要提高矿井井筒和其他基本井巷的掘进速度約1倍左右。

广泛开展的矿井建設工程，需要綜合有关矿井建設时使用的提昇、通風、排水和压縮空气設備的資料，并考虑到最新的科学技术成就。

井巷掘进的速度，决定于被开拓矿体的开采技术因素、掘进工作机械化的水平、掘进循环的組織以及所达到的劳动生产率。掘进工人的劳动生产率，不仅决定于掌握矿山掘进使用的机器和机械的程度，而且亦与劳动的条件有关。

独头工作面的通風，在全部矿山掘进工作中具有重要的意义。

苏联現行的煤矿与油頁岩矿井保安規程中要求，在井巷掘进时必须有其人工通風的組織。

祖国学者們的著作，在頗大的程度上解决了井巷合理通風的理論問題。茲仅提几位学者多年来的著作：A.A.斯闊成斯基院士和B.B.關馬洛夫教授（“矿內通風学”，1949—51年）、技术科学博士B.H.沃罗宁（“矿山空气动力学基础”，1951年）以及付教授A.H.克謝諾馮托娃和技术科学博士A.Ф.沃罗帕耶夫（“矿山独头巷道的通風”，1947年）等等。

在对于矿山实际的不同条件下的通風和排水設備的問題上，也花費了很多的劳动。

烏克蘭蘇維埃社会主义共和国科学院院士 M.M. 費多罗夫，在矿山渦輪机的理論中，首先指出了根据标准特性曲綫研究它們的合理的方法（“最通用的矿山通風机按特性曲綫的比較”，1909）。在現時，这种選擇合理的矿山通風和排水設備的方法，已获得了普遍的公認。A.П. 葛尔曼院士，在矿山渦輪机的理論方面作出了巨大的貢獻，他首先用解析法求得了渦輪机的标准特性曲綫（“渦輪鼓風机的理論和計算”，1928年），并研究了研究渦輪机联合工作的方法。

以后，进一步研究渦輪机理論的有：Г.М. 埃蘭奇克教授（“矿山渦輪机”，第一冊于1933年出版，第二冊于1938年出版）、烏克蘭共和国科学院院士 Г.Ф. 普罗斯庫拉（“渦輪机的流体动力学”，1934年）以及烏克蘭共和国科学院院士 B.C. 巴克（“矿山通風用軸流式通風机”，1948年及“并联通風机的矿山通風”，1947年）等。

目前，烏克蘭共和国科学院院士 B.C. 巴克和其他學者們，正在进行創制供井筒掘进工作面通風以及深矿井主要通風用的高压快速离心式通風机的工作。

K.A. 烏沙關夫、A.Г. 貝奇柯夫、C.A. 圖馬尔金教授以及其他从事創制矿山軸流式通風机的學者們，在軸流式通風机的理論方面作出了巨大的貢獻。

在現時，已有許多矿山机械制造厂出产着工作面局部通風用的各种構造的通風机。但对于掘进深井筒时的通風，由于这些通風机的压头很小而不适宜，因此不得不采用生产矿井通風用的各种構造的通風机。由于这样，必須創制适合于豎井井筒掘进条件的各种新式的通風机。

炮烟对工人有生命的危險；而井筒工作面中的水，对于掘进工人的健康和劳动生产率亦有很坏的影响。下面列举出由于井筒工作面中的湧水量增加而使掘进速度降低的資料。

湧水量 (米 ³ /小时)	掘进速度降低的系数
6 以下.....	1.0
自 6 至 13.....	0.9
自 13 至 20.....	0.8
自 20 至 30.....	0.7

現今的排水方法，尚不能消除工作面中滲水的可能性，因此掘进工人要穿專用的防水衣进行工作，防水衣虽能保护工人，但妨碍其行动，所以影响了劳动生产率。因此有了这样的課題，即要寻找在水落入工作面以前截获水的方法。这一任务，可用含水岩層注浆止水法、匯水法以及局部降水等方法获得解决。

应当指出，現代的排水工具，在最近已大大增多。如果說在偉大衛國战争以前，戈爾洛夫卡的基洛夫工厂仅能出产一种类型的掘进排水用的离心式吊泵的話，那末在战后的年代里，这种水泵的構造类型已急剧地增多了。在設計新型的掘进水泵和矿体預先疏干用的水泵方面，有国立矿建机械設計院和“苏联矿井疏水公司”全苏設計安裝工程处等机关在工作着。这些机关已創制出許多新式的离心式、往复式和螺旋式水泵。

由于巷道工作面中有水存在，因此对于建井时使用的設備，提出了許多的要求。其中最主要的，是运轉的安全性、紧凑性，而且維護要簡單。最能滿足这些要求的，乃是使用压缩空气工作的机械，尽管它們在价格上比使用电能要貴几倍。

在創制空气压缩机和气动机械方面，苏联的学者和工程师們也作出了很多貢獻。

A.П. 葛尔曼院士曾提出了計算渦輪空气压缩机的新方法，

制定了关于空气压缩机的冷却、空气的分配、气动凿岩机以及計算空气管網（考虑联结点处压力的均衡）等諸問題的理論。

烏克蘭共和国科学院院士 M.M. 費多 罗夫創立了矿山管道的科学計算方法，这种計算方法考虑了由于空气在管道中运动而發生的溫度变化。他也曾研究了关于确定空气压缩机站正常的供气量以及往复式空气压缩机供气量的限度等問題。

苏联科学院通訊院士 A.C. 伊里伊切夫制定了气动机械的理論以及压缩空气設備在海平面以上很大高度处工作的理論。

在設計往复式空气压缩机方面，在苏联已有化工机械制造科学研究所、苏麦省伏龙芝机械制造厂以及中亞細亞化工机械制造厂等部門做了巨大的工作。

还应当指出，在創制高級的气动机械方面（包括新式的气动机在內），起主导作用的有列宁格勒“風动工具”工厂等。

在現时，苏联的各工厂正在出产着甚为完善的空气压缩机和各种气动机械。

所有这些关于生产矿井全套設備的綜合資料，都可以在上述各著者的零散的著述中以及个别雜誌的論文中看到。

在过去的書籍中，几乎根本沒有关于在建矿井中使用的通風、排水和压缩空气設備的綜合資料。本書乃是綜合这些資料的初次嘗試，在編写本書时，采用了全苏矿井建設施工組織与机械化科学研究所以及国立矿建机械設計院的資料。本書完成了建井时使用的全套机械設備及其計算方法的总的論述，其內容是按烏克蘭共和国科学院通訊院士、教授 П.П. 涅斯傑罗夫所拟制的提綱，由各著者集体編写。它的开始部分是“鑿井提昇設備”●一書。

● П.П. 涅斯傑罗夫、З.М. 費多洛娃及 В.М. 澤林斯基合著“鑿井提昇設備”，烏克蘭蘇維埃社会主义共和国国立技術書籍出版社，1953年，基輔。

書中共包括精論和五篇。精論和第五篇是由烏克蘭共和國科学院通訊院士、哈尔科夫礦業学院教授П.П.涅斯傑羅夫所編写，第一、第二及第三篇是由哈尔科夫礦業学院付教授、技术科学付博士З.М.費多洛娃所編写，第四篇是由全苏矿井建設施工組織与机械化科学研究院机械化处处长、技术科学付博士В.М.澤林斯基所編写。

著者認為，書中謬誤之处在所难免，对于本書的一切意見和批評，著者均將热忱欢迎。

对于本書的意見和要求，請寄往基輔市紅軍战士街11号烏克蘭蘇維埃社会主义共和国国立技术書籍出版社。

第一篇 渦輪機的理論基礎

第一章 渦輪機內回路的理論

§ 1 渦輪機的作用原理及其構造

凡具有裝于軸上并在流体中旋轉的叶輪的机械，皆称为渦輪機。工作輪与流体之間动力的相互作用，是渦輪機工作的先决条件。

从能量观点来看，渦輪機可分为工作渦輪機和原动渦輪機。

工作渦輪機（包括水泵、通風機及渦輪空气壓縮機），在工作輪的吸入和压出口之間产生压力差，將原动机傳給的机械能轉变为流体的流体能。

原动渦輪機，即渦輪機（汽輪機、燃气輪機及水輪機），將流体傳給它們的水力的、汽力的以及其他种类的能量轉变为机械能。

本書將研究产生压力差的机械的理論。

根据輸送流体的种类，产生压力差的机械可分为：

- 1) 輸送气态流体（空气）的通風機；
- 2) 輸送并壓縮气态流体（空气）的空气壓縮機；
- 3) 輸送不可壓縮液态流体（水）的水泵。

按产生压力差的大小，渦輪機可分为高压的（水泵和渦輪空气壓縮機）及低压的（通風機）。

渦輪機有：吸入式的（通風機）及压出式的（水泵、通風

机及涡轮空气压缩机)。按工作轮中流体相对轴线的运动方向, 涡轮机可分为离心式的与轴流式的。

矿山涡轮机, 不论其输送流体的性质如何, 皆具有同类的构造部件和共同的理论基础。

装在轴上并由原动机带动旋转的工作轮, 乃是涡轮机的主要部件。

离心式涡轮机的工作轮 1 (图 1), 是由一个或两个轮盘 2 所组成, 轮盘上固定有叶片 3, 各叶片与轮盘壁之间形成径向的流道。

工作轮用键固定在轴 4 上, 并且放置在带有吸入接管 6 和压出接管 7 的螺旋壳 5 内。该两接管之间所包括的流道网道, 称为涡轮机设备的内回路, 而自两接管联出者称为外回路, 外回路本身也分成吸入回路和压出回路。

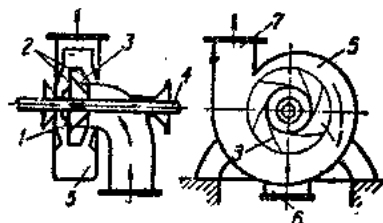


图 1 离心式涡轮机的工作轮

工作轮转动时, 叶片对充满流道的流体发生作用, 并迫使其与之共同旋转。旋转的流体质点, 由于离心力的作用, 自工作轮中心被抛向轮缘, 于是在工作轮的入口形成真空, 而在轮缘产生流体的过剩压力。在大气压力作用下, 新的流体质点, 代替被抛出的质点而进入工作轮中心的真空空间, 这样, 就造成了流体在涡轮机设备吸入回路中的连续运动。

工作轮轮缘处流体的过剩压力, 驱使流体自工作轮向涡轮机设备压出回路出口作连续运动。

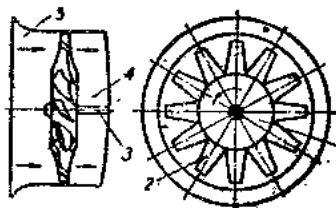


图 2 轴流式涡轮机的工作轮

这样，由于渦輪机在工作輪的吸入和压出口之間产生压力差，遂使流体在渦輪机設備外回路中發生运动。

軸流式渦輪机的工作輪（圖2），是由固裝在軸3上的圓柱形輪轂1構成。在輪轂上，与轉动平面成某一定角度固定有徑向叶片2。

工作輪安置在圓筒形外壳4內，外壳在流体进入工作輪的一側帶有集流器（喇叭口）5。

与离心式渦輪机相反，軸流式渦輪机的各翼片間不形成封閉的流道，而各翼片对位于其間的流体的作用，好像彼此是独立無关的。由于翼片被裝設成一定角度，則其作用于流体上的力可分为兩分力。其一，与工作輪圓周相切，造成工作輪旋轉的阻力；而另一与輪的軸綫平行，沿軸綫移动翼片間的流体，并称之为渦輪机的引力。

§ 2 渦輪机工作輪中的运动学过程

离心式渦輪机中，流体在大气压力作用下，以軸向速度 C_0 进入工作輪入口（圖3），并充滿其入口处的真空空間。

圍包在叶片之間的流体，当进入工作輪流道时，具有兩種运动，以圓周速度 U_1 与工作輪共同旋轉的运动，及以相对速度 W_1 沿工作輪流道前进的运动。

將此等速度用几何法相加，即可求得流体进入工作輪流道的絕對速度 C_1 。

在离心式渦輪机工作輪的流道中，流体运动的軌道近似于流道的曲綫。当叶片数为無限多时，可認為流体被划分成許多形狀与叶片相对应的基元流束。此时，流道中任何点的相对速度 W_1 將切于叶片。

將絕對速度 C_1 分解为半徑和切綫两个方向，我們得出其