



高等学校教学用书

矿山通风排水设备

苏联 符·斯·巴克 符·格·格耶尔著

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

矿山通風排水設備

苏联 符·斯·巴克 符·格·格耶尔著

林桂秋 唐兴华 黄自圃译

苏联高等教育部审定作为
高等矿业学校机电专业教材

內 容 提 要

本書研究了矿用渦輪机的基本理論，矿山通風網路和排水管道的性能与特点；說明了对于通風設備和排水設備的要求与設備的类型，通風机和水泵的工作情况、工作性能、部件構造和調节方法；闡述了在矿山条件下，机器的选择、試驗、運轉与维护工作以及矿山渦輪机的远距离及自动操縱原理。

原書經苏联高等教育部审定为高等矿业学校机电專業的教科書。

本書也可作为从事矿山机电工作的工程师和技术員的参考書。

本書第一、二篇由林桂秋譯；第三篇和第四篇的第二章由唐兴华譯；第四篇(第二章除外)由黃自圖譯。全稿由林桂秋校閱。

РУДНИЧНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ И ВОДОСЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ

苏联 В. С. ПАК В. Г. ГЕЙЕР 著

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1955年莫斯科版譯

640

矿山通風排水設備

林桂秋 唐兴华 黃自圖譯

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 084 号

煤炭工業出版社印刷厂印 新華書店發行

开本85×116.8公分 $\frac{1}{2}$ * 印張12 $\frac{1}{2}$ * 插頁15 * 字數251,000

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷

統一書号：15035·393 印数：0,001—2,000册 定价：(10)2.20元

作 者 的 話

本書在編写过程中，惠蒙頓涅茨工業学院矿山机械設備教研室的各位科学工作者的协助：杜林講師写了通風机的試驗一章；博魯緬斯基講師、謝莉芙臘技术科学碩士和別利科夫工程師在他們进行的研究基础上，为編写通風机設備和排水設備的自动化准备了材料。为此作者表示感謝。

作者还感謝斯維尔德洛夫矿业学院的教授韋謝洛夫和功勋科学家、苏联中央流体动力研究院(ЦАГИ)的教授烏沙可夫，他們評閱手稿时提出了寶貴的意見。

第一篇和第三篇(第五章除外)为 В. С. 巴克所編写；第四篇和第三篇的第五章为 В. Г. 格耶尔所編写；第二編系作者們共同合写的。

目 录

作者的話

第一篇 概 論

第一章 本門課程的意義、任務和敘述方法 7

第二章 通風機設備和排水設備在蘇聯的發展 及蘇聯科學所起的作用 9

§ 1. 通風機設備和排水設備在蘇聯的發展 9

§ 2. 蘇聯科學在礦用通風機和水泵的發達中所起的作用 10

第三章 礦用通風機和水泵的機構及其作用原理 13

§ 1. 輸送水和空氣用的機器之概況及其作用原理 13

§ 2. 礦用渦輪機（通風機和水泵）的機構 18

第二篇 礦用渦輪機的理論基礎

第一章 管網的壓頭特性曲綫 27

§ 1. 氣（液）流的壓頭（單位能量） 27

§ 2. 管網的壓頭特性曲綫及其等積孔 32

§ 3. 渦輪機設備的有益功率 34

第二章 礦用渦輪機的理論特性曲綫 34

§ 1. 工作過程的理論基礎 34

§ 2. 渦輪機的理論壓頭 48

§ 3. 渦輪機的理論流量 58

§ 4. 渦輪機的理論壓頭特性曲綫（轉速一定） 59

§ 5. 構造角 θ_2 對理論壓頭特性曲綫和理論壓頭數值的影響 61

§ 6. 對於離心式渦輪機的基本方程式在有限葉片 數目方面的修正 64

第三章 渦輪機的運轉特性曲綫（在一定轉速下） 及其工況 67

第四章 渦輪機的無因次特性曲綫	72
第五章 同系列的渦輪機在不同轉速、尺寸 及流体密度下的性能	76
§ 1. 改变轉速对性能的影响	76
§ 2. 改变同系列的渦輪機之尺寸大小对其性能的影响	79
§ 3. 改变流体密度对渦輪機性能的影响	80
§ 4. 渦輪機的比轉数	81
第六章 渦輪機联合工作的基础	83
§ 1. 并联工作	83
§ 2. 串联工作	88

第三篇 通風机設備

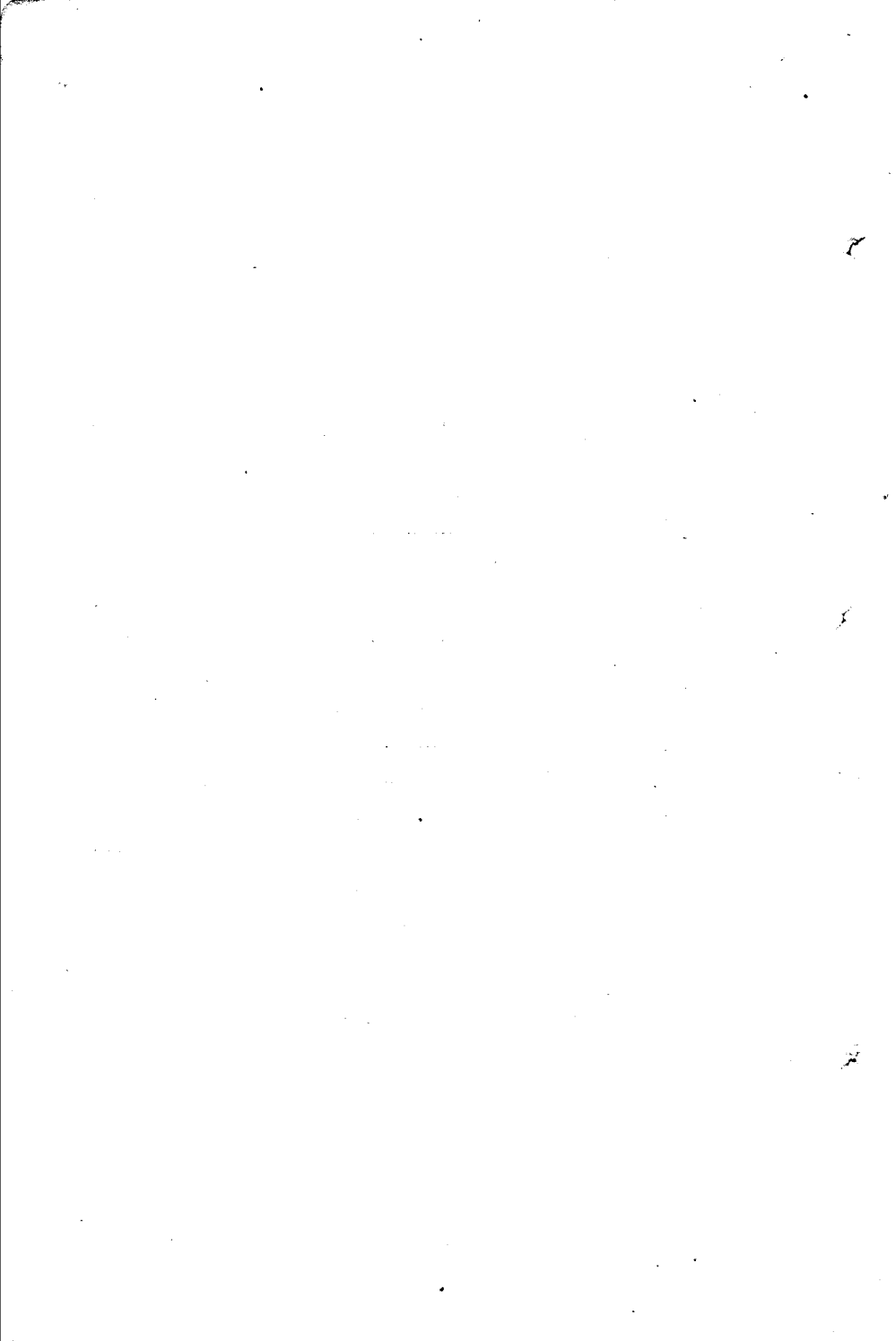
第一章 矿井通風網路的特性	94
§ 1. 空气的比重、密度和粘性	94
§ 2. 通風網路的参数	96
第二章 对主通風机設備的要求及 矿用通風机的形式	103
§ 1. 对矿井通風机的要求	103
§ 2. 矿用通風机的形式	106
第三章 通風机在網路中的工作及其工作特性	108
§ 1. 通風机的压头、功率及效率	108
§ 2. 通風机的特性曲綫及其工作性能	111
§ 3. 按类型通風机的轉速、尺寸和空气密度换算特性曲綫	122
§ 4. 通風机的無因次特性曲綫	123
第四章 通風机設備的構造及其基本参数	130
§ 1. 离心式通風机	130
§ 2. 軸流式通風机	140
第五章 矿井通風机設備的电气裝置和自动化	149
§ 1. 通風机的电力驅動	149

§ 2. 矿井通風机设备的远距和自动操縱以及远距控制	155
§ 3. 反風裝置的远距操縱	160
第六章 矿井通風机的調整	167
§ 1. 調整的一般原理	167
§ 2. 改变轉速的調整	169
§ 3. 通風机不变轉速下的調整	170
§ 4. 并联通風机調整的特点	183
第七章 矿井主通風机的選擇	184
§ 1. 单独工作用通風机的選擇	184
§ 2. 并联工作用通風机的選擇	189
第八章 在矿井条件下通風机的試驗	193
§ 1. 总則	193
§ 2. 通風机的完备試驗法	194
§ 3. 通風机的簡易試驗法	203
第九章 通風机设备的儲备量及其利用	206
第十章 通風机设备的維護組織	210
§ 1. 总則	210
§ 2. 起動和停轉	211
§ 3. 通風机设备的維護	212
§ 4. 潤滑油及軸承的維護	212
第十一章 矿井通風机设备今后發展的 某些主要任务	213

第四篇 排水設備

第一章 矿山排水的基础	215
§ 1. 矿井含水量	215
§ 2. 矿水的性質	218
§ 3. 矿山排水	221
§ 4. 对矿山排水设备的基本要求和采用的水泵	222

第二章 离心式水泵	228
§ 1. 管網中离心式水泵的工作	228
§ 2. 离心式水泵的調整	240
§ 3. 离心式水泵的構件	245
§ 4. 軸向推力及其平衡方法	252
§ 5. 工作輪的密封、填料箱和軸承	259
§ 6. 水泵的構造	263
第三章 固定排水設備	274
§ 1. 主要排水系統	274
§ 2. 水泵房与水泵	280
§ 3. 排水設備的管道	295
§ 4. 固定排水設備水泵的电力驅動	304
§ 5. 矿山排水設備的自动化	306
§ 6. 排水設備自动化的实例	318
§ 7. 固定排水設備主要部件的选擇和計算	333
§ 8. 有酸性矿水时的專門处理办法	341
§ 9. 水泵設備的安裝	344
§ 10. 固定排水設備的运轉	346
§ 11. 大檢修后水泵的驗收及其試驗	348
§ 12. 离心式水泵在工作中可能發生的主要故障及其原因	351
§ 13. 排水管道中固体沉淀物的清除	354
第四章 移动式排水設備	355
§ 1. 被淹沒矿井的排水技术	355
§ 2. 掘进排水的系統	357
§ 3. 用于掘进排水的水泵	358
第五章 矿山排水設備將來發展的几个主要任务	378
附录	380
参考書目	382



第一篇 概 論

第一章 本門課程的意義、任務和敘述方法

開採燃料和其他有益礦物的採礦工業是國民經濟的主要部門之一，其發展應當趕在其他部門前面，為整個國民經濟的順利發展奠定基礎。

採礦工業的發展首先要求急劇地提高勞動生產率。這是與有益礦物採掘的全部過程綜合機械化和廣泛地利用自動及遠距操縱技術密切相關的。

綜合機械化在國民經濟中使成千上萬的工作人員空出來，為新的建設工程和新的企業服務。同時，綜合機械化改善了勞動條件並減輕了勞動，使我們的礦山成為強大的高度機械化的採礦企業——用複雜的、各種各樣的機電設備所裝備起來的礦廠。

在這些設備之中佔主要地位的是固定安裝設備：提升設備、通風機設備、排水和空氣壓縮機設備。它們包括在“礦山機械設備”這門課程中學習。

這些固定設備負有完成繁重而關係重大的工作的任務。

對於埋藏在深部的礦產進行開採和採礦企業生產量的提高，都有賴於礦山機械電氣設備的進一步發展和完備，特別是動力供給和提升、通風機、排水和空氣壓縮機設備。在這樣的關係之下，礦山機械設備在整個採礦科學中的意義是日益重大了。

因此，未來的礦業工程師特別需要學好礦井提升、礦山通

風、排水和空气动力供应，固定設備就是为它們裝設的；并且要完全掌握設備的機構、作用原理和理論，俾能正確地設計它們和在生产中有效地利用它們。

本門課程所研究的是矿山通風機設備和排水設備。

矿山主要通風用的通風機設備，按其實質而言乃是矿山的“肺臟”。

对矿工保證正常的大气条件，需要供給大量的空气（在正确使用空气的情况下），按其重量計，大大超过了从矿井采出来的煤和矿石的重量。

矿山主排水的水泵設備的任务是把所有流入地下坑道的矿坑水排送到地表。

这些固定設備可靠地運轉和經濟地工作，是順利地完成国家生产計劃和成本計劃的最重要的先决条件，是保證矿工的劳动安全和高度生产率的前題。

水泵和通風機同是工作渦輪機，把原動機的機械能变为水流的或密度一定的空气流（因其变化頗小）的全压。在主要的理論原則上和他們的機構与作用上的共同点是有机的联系在一起的。因此把他們合为一門課程。

矿山通風機和水泵都与他們所連接的通風網路和排水管道密切地相关联。兩種渦輪機的工作情况，同时也是矿山通風和排水情况，都不仅取决于通風機与水泵的水气动力性能和運轉性能，还取决于矿山管網的性質与特征。

因此，本書采取綜合敘述的方法，在相应的章节之前先討論矿山通風網路和排水管道的基本性能及其对通風機和水泵的要求，总合起来称之为“矿井条件”。

矿山通風機和水泵还与他們的电力驅动密切相关，組成統一的机电設備。因此在研究通風機和水泵的同时，还討論所采

用的电力驱动之特点。

第二章 通風机設備和排水設備在苏联的發展及苏联科学所起的作用

§ 1. 通風机設備和排水設備在苏联的發展

在革命前的俄罗斯，采矿技术是特別落后的。

使用通風机設備和排水設備来装备 矿山的 程度是很低的 [1]。

甚至，机械驱动的通風机設備大部分(73%)是使用蒸汽，頓涅茨矿区所有通風机的風量总共为 220000 公尺³/分，或大約每台 1500 公尺³/分，而現在設計的主通風机，則每台風量为 24000 公尺³/分。第一个五年計劃末，命名为基洛夫的哥尔洛夫机械制造厂成批的出产了構造新穎的离心式通風机，代替了在革命前使用的外廓龐大而風量小的各式国外通風机。于是当时就完全不依靠这类机器的进口了。国产軸流式通風机已为我們的工厂所掌握和树立起来了，并且已經开始生产高压离心式通風机，在气动力方面的設計是命名为茹可夫斯基的中央流体动力研究院所制定的。

在革命前，頓涅茨矿区所設置的 1150 台水泵，总排水量約44000 公尺³/小时，其中仅有 34% 是用电力驱动的；而且絕大多數的水泵都是往复式的[1]。

我們的机械制造厂在1932年以前就掌握了离心式水泵的生产，摆脱了水泵由国外进口的情况，并且逐步地用外廓小巧、排水量大、高速电动机直接帶动的离心式水泵来装备了所有的矿山排水設備。

我們矿山的排水設備是采用拉朴捷夫斯克、科彼斯克等工厂出产的各种国产离心式水泵配置起来的。

在創造更完善的离心式水泵的新型構造上，起主导作用的是全苏水力机械制造科学研究所。

我們社会主义的法律在安全方面和劳动保护方面的規定，以及矿产量的不断增長与矿井深度的增加，都对通風机設備和排水設備在風量和排水量方面、可靠程度上和安全上、抗磨性和經濟性方面提出了严格的要求。

要滿足上述各方面的要求，就必须創造和采用最完善的通風机和水泵来装备这两种固定設備，并且广泛地运用自动裝置和远距裝置来操縱和控制其工作。为了这个目的，就必须空气动力学、水力学、矿山机械設備、矿山机械制造、矿山电工以及其他知識領域方面，运用先进科学思想的全部成就。

§ 2. 苏联科学在矿用通風机和水系的發展中所起的作用*

我們社会主义国家的科学与帝国主义陣营的科学具有原則上的、根本的不同特点。

这首先在于它是为人民利益服务的先进的科学，是牢不可分地与实际和生产相結合的科学。

苏联科学恢复了历史的真理，显示了祖国人民在世界科学和技术的發展中，在矿山机械設備方面，所起的重大作用。

我們的偉大而淵博的学者、第一位俄罗斯院士罗蒙諾索夫

* 詳見塔塔里諾夫著：“俄罗斯学者——矿用水泵和通風机的創始人”，苏联国立煤矿技术書籍出版社 1951 年版；以及奧斯特罗默茨基著：“俄罗斯矿山机械历史簡述”，苏联国立煤矿技术書籍出版社 1953 年版。

(1711—1765)按功績和权利都是第一位。

罗蒙諾索夫在他的非常广泛的多方面的創造性活动中，也沒有放过对矿業中主要問題的注意。在当时矿業已經在俄罗斯国民經济中佔显著地位。

这样，在200多年以前，1742年，罗蒙諾索夫写了矿業方面的著作——“冶金矿業基本原理”。

这是第一本用俄語写的教科書，其中闡述了矿山通風和排水問題。

罗蒙諾索夫在1745年以他的优秀著作获得了教授学銜。这著作的名称是“关于在矿井中觉察到的空气的自由运动”，第一次提供了地下坑道自然通風的理論。

罗蒙諾索夫不仅限于对自然通風理論的分析，而且叙述了当时具有的通風和排水裝置，并提出了新的装备。

由此可見，矿山机械設備这門科学起源于罗蒙諾索夫。

卓越的發明家薩布魯可夫(1783—1857)矿業工程师在矿山机械設備方面作出了巨大的貢獻。

在1832年，薩布魯可夫發明了离心式通風机，并用于地下坑道通風(在阿尔泰开采銅和銀的查吉爾斯基矿)。薩布魯可夫于1835年把通風机的構造改变了，用它来揚水。这乃是离心式水泵卓越的新發明，創造者称之为驅水器(водогон)。

俄罗斯矿山机械学派的科学基础是在百多年前奠定于最古老的矿業学校之一的彼得堡矿業学院。

1843年矿業学院的教师烏札齐斯(1814—1875)矿業工程师發表了他的著作“矿山技术教程”，这里他首次运用数学分析的方法来討論矿山机械中的一些主要問題。

矿山机械进一步發展，成为一門独立課程，有賴于矿業学院教授奧雷雪夫(1817—1896)的努力。他是第一个矿山机械教

研室主任。

齐麦(1838—1920)就是他的优秀学生中的一个，后来成为矿业科学中的卓越活动家、该校的教授、俄罗斯矿厂机械学派的奠基者。

齐麦在矿厂机械主要部分方面所写的巨部著作(“矿业工程师技术员采矿手册”——1899年，“水力学教程”——1894年，“蒸汽机实用教程”——1887年，以及其他著作)成为当时工程师和技术人员所必备的参考书。

齐麦培养出许多的优秀学生，其中有费多罗夫院士、格尔曼院士等。

费多罗夫(1867—1945)继续发展了矿山机械这门科学。

费多罗夫在离心式通风机方面的丰富的著作中，还在1909年就首次指出了矿用涡轮机的研究宜于在其性能曲线的基础上来进行。

费多罗夫提出了，借助于无因次特性曲线来决定矿用离心式通风机的工作轮尺寸和必需的旋转速度之根本方法。这方法现在还使用。

费多罗夫在他所写的“矿山排水设备排水管的最合理的直径和形式”(1925—1926年)一文中，提出了决定阶梯形管道的最合理的直径之方法，这管道系由厚度不同的管段所组成。

齐麦的另一个优秀学生格尔曼(1874—1953)院士仍是苏维埃矿山机械学派的奠基者。

格尔曼编写了矿山机械各主要部分的教学用书；他在矿用涡轮机理论基础的研究上有着卓越的成就。他首次(1925年)以分析的方法导出了离心式通风机的类型性能曲线，并提出了按相似原理计算矿用涡轮机的方法；他制定了(1922年)几台通风机联合工作以其性能曲线为基础的研究方法，并进行了(1943

年)往复式水泵閘瓣工作的独创性研究。关于离心式增压器实际性能曲线的吻合性定律(即比例定律,由类型性能曲线导出——譯者),其发现的优先权应属于格尔曼(1925 和 1927年)。

现在研究矿用渦輪机的工作过程和構造,也如像研究飞机一样,是以世界所公認的翼的渦旋基本理論作为基础。这个理論还在1906年就由偉大的学者茹可夫斯基(1847—1921)所創立了。列宁以其功績誉之为“俄罗斯航空之父”。

茹可夫斯基乃是新科学——空气动力学的首創者。茹可夫斯基及其众多的学生与繼承者們的研究工作把苏維埃的空气动力学推进到了世界第一位。

烏沙可夫教授和波利科夫教授关于运用到軸流式及离心式通風机去的具体建議,为苏联中央流体动力研究院及其他單位創造新型矿用通風机提供了条件。

由于普羅斯庫臘院士在渦輪机的水动力学方面的卓越成就,矿用离心式水泵同样也有很大的改进。

在矿用渦輪机的理論上,韋謝罗夫教授和叶蘭奇克教授都佔有显著的地位。

除上述各位卓越的科学家之外,許多天才的学者、工程师和設計師解决了改进矿山通風机設備和排水設備的許多具体問題,創造性地發展着苏維埃的科学和技术。

第三章 矿用通風机和水泵的機構 及其作用原理

§ 1. 輸送水和空气用的机器之概況及其作用原理

空气沿着巷道流动和水沿着管道流动都是从气流或水流單

位能量較大的区域流向單位能量較小的区域。即是，当其兩处全压大小有差異的时候，發生流动現象。

在某些情况下，單位能量的自然差異可能存在，而能满足水或空气的需用量。例如通洞及隧道具有傾斜度时的自流排水或矿井地下坑道的自然通風。

但是，在大多数情况下，要滿足矿山通風条件所需要的空气量和排水量都必須用人工的方法造成气(水)流中的單位能量差。

用来完成这个任务的就是工作机——制造压力的發动机：通風机和水泵。

在这兩类机器中，將原动机的机械能轉变为气流或水流的状态能：势能(靜压)和动能(速度压)。

矿山通風和排水所用的工作机，在作用原理上可分三类：容积作用、噴射作用以及原动体与流經它的气(液)流之間力的相互作用。

1. 容 积 机

容积作用原理应用于往复式泵、廻轉式泵、齒輪式泵以及一些压气泵。

这类机器排送的流体量决定于活塞在气缸里移过的容积，在实用上与其产生的压头無關。

这类机器在压力高而流量小的条件下适用，因而不当作通風机用。

在矿山的条件下，容积作用的水泵运用得有限。

往复式水泵的工作原理如下述(圖1)：活塞1在密閉的气缸中移动；当活塞往上移动时，工作室的有效容积增大，其中的压力下降，因而水在大气压力的作用下沿吸水管上升，把吸