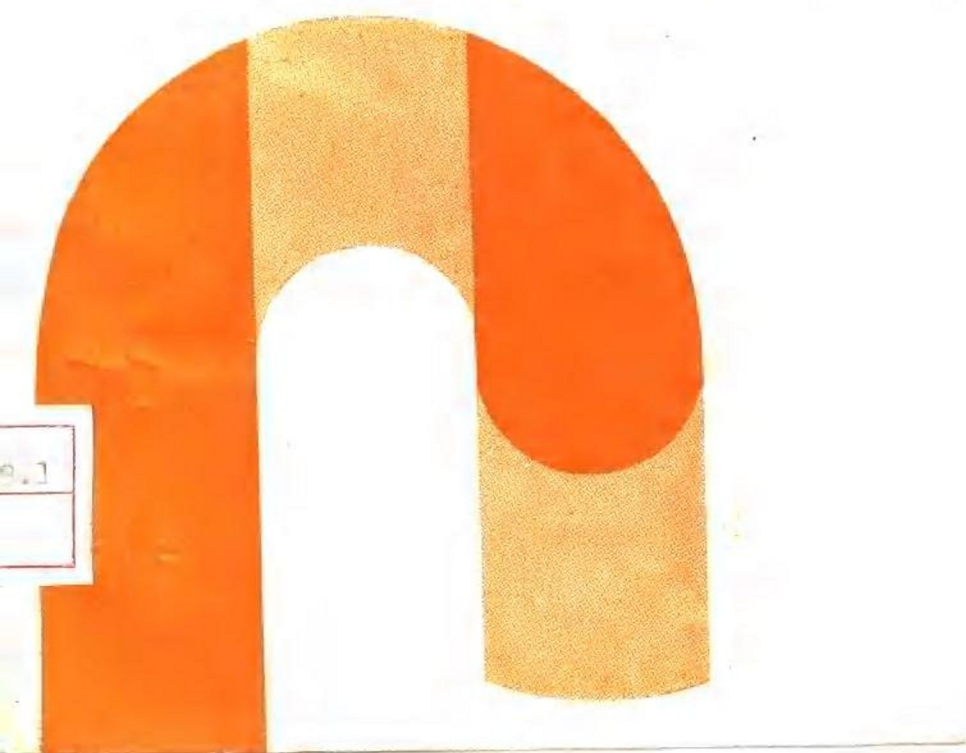


矿井开采方法 最优化

〔苏〕 A.C.布尔恰科夫
B.M.济科夫 著



TD 823.1
B 97

矿井开采方法最优化

[苏]A.C.布尔恰科夫 B.M.济科夫 著

刘吉昌 吕光华 译 王庆康 校

煤炭工业出版社

· 215703

内 容 提 要

本书阐述了顿涅茨，库兹涅茨和别乔尔矿区开采2米以下厚度的缓倾斜煤层的各矿井中，综合机械化开采方法的最优化方法及其结果。对选择最有效的回采机械化设备，确定合理的回采工作面产量，回采工作面和采区的最优长度，以及对确定最优备用工作面总线长的方法等，提出了建议。介绍了应用最优化结果，现代化矿井基金的最佳经济效益。

本书可供矿井生产，科研和设计等工程技术人员参考，并可供高等院校的师生使用。

责任编辑：崔 岗

А.С.БУРЧАКОВ В.М.ЗЫКОВ
ОПТИМИЗАЦИЯ
СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ
НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ
МОСКВА НЕДРА 1977

矿井开采方法最优化

[苏]А.С.布尔恰科夫 В.М.济科夫 著
刘吉昌 吕兆华 译

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外三里北口)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂

印张7¹/₂

字数164千字

印数1—2,760

1986年7月第1版

1986年7月第1次印刷

书号15035·2792 定价1.25元

译 校 者 的 话

提高劳动生产率，不断改善各项技术经济指标是煤矿生产的目的。要达到此目的，应给最有效地使用高效能的回采综合机械化设备创造必要的条件。为此，完善生产矿井中所使用的开采方法，具有重要意义。完善开采方法就意味着大幅度地增加回采工作面的产量，提高回采工作面的推进速度，加长回采工作面和采区的长度，合理地选择回采机械化设备等。

《煤矿开采方法最优化》一书比较全面地介绍了应用运筹学、数理统计与概率论，以及电子计算机等确定上述各开采要素的原理和方法，这是本书的特点。数理统计学是最优化系统的基础，运用统计学研究模拟对象的概率性质、矿井生产过程中发生的一些物理特征和约束条件，则是解决开采方法最优化问题的新途径。通过这一途径，书中提出了一些建议，并已运用于具有现代化矿井基金的一些矿井。目前，这些矿井的产量已占苏联煤炭总产量的50%以上。书中所叙述的一些最优化方法及其结果也已得到了检验和广泛的应用。

本书内容充实，有较多的实例分析，对从事运筹学、数理统计与概率论、电子计算机在矿业中应用的工程技术人员以及矿业院校的师生都有参考价值。

由于我们的水平所限，难免有不妥之处，请读者批评指正。

一九八四年八月

目 录

译校者的话

绪 论 1

第一章 开采方法和最优化方法的分析及
改进方向 4

第一节 在综合机械化回采的条件下对所用开采方法的分
析及改进方向 4

第二节 现有最优化方法的分析 8

第三节 最优化方法进一步改进的方向 15

第二章 最优化一般方法的探讨 19

第一节 一般方法的原理 19

第二节 有效准则的选择原则 22

第三节 选择生产过程中费用参数的方法 25

第三章 最优化对象的选择 32

第一节 选择矿井的原则 32

第二节 选出矿井基金的简要特性 33

第三节 根据各要素对全矿指标的影响程度论证最优化
要素 34

第四章 合理回采机械化设备的选择 44

第一节 选择原则 44

第二节 应用综合最优化方法选择煤矿合理的
采煤设备 47

第三节 考虑煤炭的品级,合理选择开采无烟煤的
设备 96

第五章 确定生产矿井回采工作面的产量和提高产量的可能性	110
第一节 确定回采工作面产量定额	110
第二节 使用适应于电子计算机的自动化计算系统, 改进确定回采工作面产量的方法	113
第三节 提高生产矿井回采工作面产量可能性的研究	136
第六章 开采方法主要几何要素的最优化	157
第一节 在开采方法主要几何要素最优化时, 考虑可靠性和因素和不整修巷道的维护方法	157
第二节 工作面长度的最优化	161
第三节 采区(盘区)长度的最优化	170
第七章 备用回采工作面总长度的最优化	178
第一节 对矿井备用工作面总线长确定方法的分析	178
第二节 建立更为有效的动态形式的备用量	186
第三节 矿井中动态备用回采工作面的最优化及其组织	189
第八章 苏联主要矿区生产矿井开采方法最优化的技术经济效果	220
第一节 确定技术经济效果的方法	220
第二节 改善矿井基金主要指标的定量评价	222
第三节 开采方法主要要素的最优化方法及其结果的核准和应用	225
结束语	227
参考文献	231

绪 论

苏联1976~1980年国民经济发展的基本方针规定，应该解决煤炭工业第十个五年计划中的主要任务。为了使1980年的煤炭年产量增加到7.9~8.1亿吨，即比1975年大约多一亿吨，必须保证煤炭工业劳动生产率能提高22~24%。目前，发展煤炭工业，应特别注意改善决定生产经济效益的一些主要生产质量指标。首先，在生产矿井进行改造的基础上，依靠尚未得到利用的生产潜力，提高劳动生产率。生产矿井的改造是实现矿井的现代化和综合机械化的重要条件。

因为在这个时期，新投产的企业数量不多，不能明显地提高整个部门的生产经济效益。所以在完成煤炭工业所面临的复杂任务时，很大程度上，与从根本上改善现有生产矿井基金的技术经济指标有关。

生产矿井主要应当解决提高劳动生产率、改善其他生产经济指标和提高煤炭质量等问题。显然，在不久的将来，这种趋向将持续下去。

要在较短的时期内，明显地改善生产矿井总的生产指标，与必须重新装备以生产过程综合机械化和自动化为基础的技术装备有关。到这个五年计划结束，预计可以完成向浅截式开采的过渡，并提高使用采煤机和自移液压支架进行开采缓斜与倾斜煤层的煤炭产量比重，即不小于总产量的70%。今后，拟定尽可能地根据矿山地质条件，扩大使用这种高效能的技术范围。

在许多情况下，生产矿井中有效的使用高效能的综合机械化回采设备，不仅必须改变回采工作面本身的参数，而且

需要改造与其有关的一些生产环节，如一些运输和通风巷道的通过能力。通常，在生产矿井的条件下，现有开采系统中的一些巷道会限制矿井的改建，所以，不从根本上改变矿井的开拓方式和方法，而只是经常改变准备方法来改造矿井，通常是不可能的。

在最近的未来期间，给最有效地使用高效能的采煤综合机械化设备创造必要的条件，完善生产矿井中所采用的开采方法问题，是有重要意义的。它具体包括：完善开采方法，提高回采工作面的开采强度；严格按照自然条件，以及通过建立备用回采工作面总线长的最优化方法，使用综采设备。完善开采方法应建立在矿井中运用合理工作面长度和合理采区尺寸的基础上。与此相关，必须确定开采方法的各优化要素，以保证达到生产矿井最佳的工作效果。

在生产矿井大规模地应用有效的开采方法之前，应当建立最优化的科学基础。它包括：研究确定开采方法所需最优化要素的方法；对已经得到的所需要素，进行最优化和核实。

对于具有现代回采设备的设计矿井，其最优化的科学基础，在一些专著中已有详细的阐述。这些基础若要用于生产矿井，必须要求考虑矿井生产过程中一些复杂的实际矿山技术特性和采掘状态，但是这方面的资料还很少。本书所叙述的最优化方法，是针对苏联主要矿区的薄及中厚缓倾斜煤层（小于2米）的生产矿井条件，进行探讨与核实。这些主要矿区有：顿涅茨，库兹涅茨，卡拉干达和别乔尔。现在针对这些条件已研制出与掩护式自移液压支架配套的综采设备，并成功地得到了使用，预计在近几年内还会得到广泛地应用。最优化的方法是，在目前使用自移液压支架配套的综采

设备的矿井中，并在积累的大量生产经验的基础上，进行研究和核实。而地下采煤的主要发展方向，是使生产企业的主要生产过程实现综合机械化。由此可见，开采方法的最优化是符合这个方向的。

应当指出，目前最重要的是应从根本上重视国民经济一切部门的质量问题。在这方面要适当强调，把通过最优化得出的一些建议用于实践中去，应能促使生产矿井在现代化范围中，所采取的决策质量和可靠性得到提高。这样的矿井才是以采用现代最优化方法为基础的生产矿井。

第一章 开采方法和最优化方法的 分析及改进方向

第一节 在综合机械化回采的条件下 对所用开采方法的分析及改进方向

生产经验表明，使用昂贵的综合机械化设备，只有在回采工作面达到较高产量的条件下，才是有效的。在这方面，当采用回采工作面后退式采煤方法，从盘区或采区边界进行开采时，才能形成最有利的条件。在顿涅茨、库兹涅茨、卡拉干达和别乔尔等矿区中，通常综采设备多用在走向长壁开采的回采工作面中，很少用在仰斜（俯斜）长壁开采的回采工作面，并且经常不是用大家都知道的传统式方案，而是用被称为混合式采煤方法的形式，即用于通风和运输的回采巷道不报废的条件。

仰斜（俯斜）长壁开采方法与走向长壁开采方法相比，首先在倾斜 $10\sim 12^\circ$ 的煤层中，特别是沿煤层倾斜方向或近似倾斜方向，煤层底板等高线有起伏较大的变化和有较大的地质破坏条件下是较好的。在底板等高线复杂的煤层中，使用仰斜（俯斜）长壁开采方法能够使回采工作面长度，在整个开采期间保持不变，这样就能在生产过程中消除液压支架的一些个别架节的安装和拆卸，以及回采工作面输送机的接长和缩短等繁重工作量。在具有所述的地质破坏的条件下，沿倾斜的尺寸可以划分的较大一些，可达1000米或更大，以保证足够的开采储量，使综采设备不搬家，因此这种采煤法比走向长壁开采方法更为有效。由此，还在最初普遍使用综

采设备时，就已提出仰斜（俯斜）长壁开采方法可以广泛地用于上述的矿山地质条件下。近年来，这种开采方法的使用数量明显地增加了，特别是在卡拉干达矿区的各矿井和顿涅茨矿区的部分矿井更是如此。

把综采设备应用到上述采煤方法（走向长壁，仰斜和俯斜长壁）中去的方针，与苏联近10年来各矿井的实际情况是完全一致的。在主要矿区中可以看出，采用后退式开采的比重有明显增加的趋势，从而相应地减少了前进式采煤方法的比例，即从1960年的37.4%减少到了1975年的14%。现在使用综采设备的回采工作面，只是在个别情况下（几乎仅在顿涅茨矿区中）用前进式开采方法。

通过对生产矿井的调查表明，仍然保留前进式开采方法的主要原因是，在多数情况下，掘进工作落后，井下运输通过能力不足，以及巷道瓦斯含量较大，煤层有突出危险和其他自然因素的影响。

近年来，在回采工作面采用综采的条件下，拟定将不再使用前进式开采法。作出此决定的原因是，长壁后退式开采方法的实际技术经济指标比前进式开采方法要高得多。同时，随着开采煤层厚度的增加，长壁后退式开采方法的使用效果也随之提高。在很大程度上，更高的生产效果与改善回采工作面上、下出口处的巷道状况有关，若状况较好时，可以减少该处的支护工作量。此外，与前进式开采方法相比，运输工作的可靠性增强了，也便于使用输送机运输代替电机车运输，减轻井下运输的繁重劳动。后退式开采方法的主要优点是：在多数情况下，回采与掘进分开进行，较快的推进速度不影响掘进工作。为使掘进机械化，可使用高效能的掘进机。这对回采工作使用高效能采煤设备，具有特别重要的

意义。另外还可借助于回采工作开始前掘出的准备巷道，预先探查采区的地质情况，排放煤层中的部分瓦斯。

生产实践证明，在使用综合机械化回采设备的条件下，只有用长壁后退式开采方法，才是合理的。长壁式（传统方案或混合式开采方法的方案）有：走向长壁，仰斜或俯斜长壁。今后它们将用增加回采工作面产量，运输巷道能力和煤层开采强度的方法，按生产强化和集中化的方向进一步合理地发展。应当认为，达到这些目的的主要方法有：在最大可能简化开采方法各方案的情况下，为提高设备的可靠性，而从时间和空间上把回采和掘进工作分开；保证巷道的有效通风量（此时，应按照瓦斯的不同来源及其泄出的地点，制定预防的措施）；几个回采工作面共用一条运输巷道（当回采工作面沿仰斜或俯斜推进时，特别有效）；采用合理的回采工作面参数，这些工作面是用高效而可靠的与液压支架配套的综采设备来装备的。

生产经验表明，由于开采方法中几何要素合理数值的应用，其效果明显提高。几何要素有回采工作面的长度和采区或盘区的尺寸等，这些要素特别是在提高使用综采设备的回采工作面的平均日产量时，尤为重要。这样，如果苏联所有的煤矿，其中一个生产工作面的平均日产量从201吨（1960年）增加到470吨（1975年），那么从综合机械化工作面中采出的煤，平均达到1975年的910吨/昼夜，而卡拉干达和别乔尔矿区中的矿井工作面已达1000吨/昼夜。

目前在苏联主要矿区的矿井中，出现完全肯定的发展趋势是，在综采工作面中采用后退式开采方法，依靠增加回采工作面的长度和推进速度来提高其产量。总的来说，是要提高开采的集中化程度。

最近，在苏联的矿井中有减少备用（后备）工作面的趋势。因为，在多数情况下，采用昂贵的综采设备做这种固定的备用设备，在经济上是不合算的。

在国外，除美国、加拿大和澳大利亚以外，都像苏联一样，井工开采方法的大部分煤产量都是由长壁采煤方法的工作面中采出来的。

上述的长壁开采方法，对于西欧各国的煤田条件都是很有效的。因此，这种方法在总产量中的比重是不断增加的。特别是在英国的煤炭工业中，开采方法发展的资料证明了这一点。近年来长壁采煤方法的比重在不断增加，现已达98%。

除地质条件影响外，长壁开采方法的推广，同样有利于液压支架配套的综采设备的广泛使用。例如，现在英国用液压支架装备的回采工作面有720多个，其煤炭产量占总产量的90%，使用液压支架的回采工作面平均日产量为835吨左右。而用后退式开采的工作面采出的煤产量占总产量的10%以上（不久前，全部是采用前进式开采方法）。

现在，英国的采矿专家们认为，走向长壁开采方法是最有发展前途的，并预测它的比重可以提高到25%。

在这方面，特别典型的是德国的煤炭工业，近年来，采区开采顺序的比重发生了有利的变化。例如，1960年后退式开采方法占10%，到1975年几乎增加到了35%。在完全使用液压支架的回采工作面中，后退式开采顺序是占多数的。与此同时，还增加了采区长度，特别是增长了回采工作面的长度，1975年达到了217米。

在美国的矿井中，后退式开采方法在使用机械化机组的回采工作面中应用最广。最近，开始采用混合式的开采顺序

回采各区段：即在盘区内，一个区段用前进式开采，另一个区段用后退式开采。这种方法的优点之一，就是设备从一个回采工作面转到另一个工作面时，搬移的路线较短。美国认为，增大盘区长度也是减少掘进和设备搬家的费用的一种方法。美国专家们还认为，采用液压支架将使大部分井工煤产量，由长壁回采工作面获得。并且，在不久的将来，这种工作面多数都使用后退式开采方法。

国外煤矿开采方法的主要发展趋势，类似苏联出现的情况：即方向是在大幅度增加回采工作面的产量，提高回采工作面的推进速度，加长回采工作面和采区长度的情况下，尽量使综采工作面采用后退式开采方法。其结果是提高了开采集中化强度，改善了矿井生产的主要技术经济指标。因此，在这个方向上，要合理地改进开采方法，不仅由于综采设备的研制和普遍使用，而且由于近年来在煤层及其在邻近层中抽放瓦斯取得了巨大成绩，研究和使用了采区有效的通风方式，实现了回采平巷的输送机化，以及使用了掘进机或使用钻眼爆破方法提高了掘进巷道的速度，故就使开采方法的改进成为可能。

根据已查明的发展趋势，改进矿井使用的开采方法，必须考虑回采设备的合理选择，确定回采工作面的生产能力及其提高的措施，确定回采工作面和采区的最优长度，以及在综采工作面采用后退式开采方法的情况下，确定备用的回采工作面总线长的有效方法。

第二节 现有最优化方法的分析

通过对煤矿中一些主要定量和定性最优化问题的一般状况的分析表明，在莫斯科、列宁格勒、基辅、顿涅茨、第聂

伯尔彼特罗夫斯克、新库兹涅茨克等科学研究院、设计院和高等院校成功地研究了解决最优化的方法。在这个范围中的研究和设计工作，都是通过《明斯克》、《БЭСМ》、《М-20》、《乌拉尔》、《拉兹丹》型电子计算机完成的。

从事在不同自然和技术条件下矿井最优设计理论和经济-数学模型研究工作的有：А.А.斯阔琴斯基矿业研究所，中央煤炭经济科学研究所，中央矿井设计院，莫斯科矿业学院，顿涅茨工业学院，顿涅茨煤炭科学研究所等单位。煤炭企业的建设和生产的最优化管理方法，是由莫斯科矿业学院、国立煤矿自动化设计院、中央国立矿井设计院、中央煤炭经济科学研究所、顿涅茨工业学院、顿涅茨煤炭科学研究所进行研究的。改建矿井的参数最优化方法是由中央煤炭经济科学研究所，А.А.斯阔琴斯基矿业研究所和顿涅茨煤炭科学研究所，以及部分研究人员共同进行研究的。急倾斜薄煤层的开采是用А.А.斯阔琴斯基矿业研究所，德聂伯尔国立矿业设计院和乌克兰加盟共和国国家远景规划委员会计算中心建立的矿井经济-数学模型进行计算的。

国外在这些方面的研究成就，特别是波兰、匈牙利、民主德国和联邦德国，以及英国的成就是值得注意的。

所有上述在最优化研究方法方面的各项研究工作，是符合主要发展方向的。它可以分为下列几类：

选择矿井的一些个别特性时的局部问题优化方法和实例（这项工作是数量最多的）；

不同开采条件下的矿井中所有主要定性和定量特性共同（综合）最优化的经济-数学模型和运算；

用于研究煤矿最优设计方法的理论工作；

最后，在对矿区或矿区的某一部分编制发展总体设计

时，确定煤矿企业的主要特征。这部分工作量是不大的。

在上述一些工作中，选择某种方案的决策方法一般仍是方案比较法，同样，分析法应用也比较广泛。其他的研究方法还有：逐次逼近法（迭代法），纯梯度法和变态梯度法，利用格拉夫理论计算机的定向寻找最优化解的方法，线性规划和动态规划方法，博弈论方法，数理统计方法（尤其是双因数和多因数的相关分析），数群服务论方法，可靠性理论方法和一些其他的方法。

大量的研究表明[1-3]，开采方法的主要要素，特别是回采工作面的产量和使用的回采设备，对采矿企业总的技术经济指标影响极大。由此，在上述列举的大量优化研究中，很多的工作是花费在选择开采方法的主要要素和研究开采方法对煤炭成本和开采工作量（劳动生产率）的影响等方面。

这些研究工作，按照它们的主要目的，可分为两大类：

专门选择开采方法要素（最优化）的研究；

以矿井生产的主要经济指标为依据，查明这些要素影响的研究（通常借助于相关分析）。

在老一代科学家的著作中，已给选择开采方法合理要素的主要方法的原理奠定了基础。这些科学家有：Б.И.博基，Л.Д.舍维亚科夫，П.З.茨维亚金和А.П.苏达普拉托夫。以后，由于А.А.斯阔琴斯基矿业研究所，中央煤炭经济科学研究所，莫斯科矿业学院，苏联科学院地球物理研究院的采矿物理-技术问题部门，中央国立煤矿设计院，卡拉干达工业学院，顿涅茨煤炭科学研究所，顿涅茨工业学院和其他单位的全体人员的努力，又有了重大发展，并在质量上达到了新的阶段。

最优化方法主要是根据增加模型的维数和自然与技术

因素的数量途径发展起来的。如果最初进行研究的特点是所研究因素的数量很有限，并且通常用《手工》的方法计算一个未知变量，很少是两个未知变量，那么在近来的工作中，主要是综合因素的最优化得到了发展。这是由于研究人员认识现象和过程的本质达到了很大深度，以及可以应用电子计算机解决非常复杂问题缘故。因而，对大量的各种不同的技术方案建立经济-数学模型，增加最优技术决策的数量和增加描述自然条件的变量状态已完全是可能的，方案中的自然条件也可能是多种多样的。以前许多方法的原理，只是建立在逻辑推理和研究人员的经验上，以不影响计算结果精确度的简化计算方法为依据。

近年来，还由于浅截式回采设备在工业中得到了广泛的应用，特别是综采设备的应用，对有科学根据的选择有关开采方法要素引起了普遍的重视。在很多著名的著作中，对适用于浅截式开采的问题进行了详细地研究。当采出产品的等级具有特殊用途和与此相关有可能适合使用刨煤机时，对无烟煤煤层开采的特征，同样也进行了相当充分的研究。

在已进行的研究中，更加注意了回采工作面长度及其推进速度和采区长度的确定，以及回采机械化设备的选择。

确定最优的盘区或采区参数时，通常使用分析法或者方案比较法，有时使用数理统计方法；而在选择机械化设备时，采用方案比较法；在确定回采工作面产量时，可使用计算法，该法是建立在以下一些基础上的：计算完成生产循环中各个工序的时间定额消耗，满足安全规程对瓦斯允许含量与风速方面的要求。通常，建议选择保证计算费用最低而工人劳动生产率最高的方案。

通过研究的结果，查明了一些重要的趋向，并且得到了一