

煤矿合理通风方案的确定

〔苏联〕A.Φ.卡拉达耶夫 著

张百川 译

中国工业出版社

U182

K127

煤矿合理通风方案的确定

〔苏联〕A.Φ.卡拉达耶夫 著

张百川 译

中国工业出版社

本书簡要地敘述了煤矿通风設計方法的主要內容，提出了主要的矿井通风方式及其方案的应用条件。这些內容是根据苏联庫茲巴斯矿井条件分析和綜合成的。

本书主要供煤矿和設計部門的通风工程技术人員参考，也可供矿业院校师生参考。

А. Ф. Каратаев
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВЫХ ВАРИАНТОВ
СИСТЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**
ГОСГОРТЕХИЗДАТ Москва 1962

煤矿合理通风方案的确定
张百川譯

煤炭工业部书刊編輯室編輯(原苏联煤炭工业部編)

中国工业出版社出版(北京东直门内大街10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第001号

中国工业出版社北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店經售

开本787×1092¹/₃₂·印张3¹/₂·字数57,000

1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷

印数0001—2,510·定价(科五)0.42元

統一书号: 15165·3743(煤炭-259)

原 序

有效的矿井通风将在较大程度上促进采矿工业的技术发展。提高矿井通风的有效性，就要求大大地改进通风方式，改善扇风机结构和更广泛地采用通风设备自动化。但以上问题解决的情况还落后于当前的要求⁽¹⁵⁾。

目前对决定合理通风方式的矿井通风方法和通风系统的研究以及对开拓方法、阶段准备方法、采矿工作组织和开采方法的研究，都是孤立进行的，没考虑它们的相互影响。这是缺少矿井通风方式定型方案的原因之一。而定型的通风方式方案正可以在很大程度上使扇风机易于标准化。制定适应各种具体情况的通风方式的正确选择方法可以使决定扇风设备风量、压力及其调节深度的矿井通风制度的选择简易化。目前解决这些问题采用的统计学方法有本质上的缺点⁽¹⁾。

国内外技术文献中，对综合考虑确定矿井通风方式方案的矿山技术和经济因素问题，尚阐述得不多。当确定矿井主要参数(矿井生产能力、服务年限、井田尺寸等)和选择矿床开拓方法及开采方法时，仅在比较各种通风方式优缺点的基础上选取通风方式，甚至有时是按照设计人员的主观设想。

制定矿井通风方式合理方案的选择方法对煤矿开采向更深部扩展也有很大意义⁽¹⁶⁾。本著作是阐述关于选择库兹巴斯矿井通风方式合理方案问题。

作者对科学技术博士 C. И. 鲁高夫斯基教授在本书准备出版过程中给予的宝贵指示和建议深表谢意。

作者以感激的心情欢迎读者的一切批评意见。

目 录

原 序

第一章 矿井通风方式合理方案确定方法的基础	1
第一节 前言	1
第二节 矿井通风方式、方法和系统的分类	1
第三节 选择矿井通风方式方案的影响因素	4
第四节 矿井通风方式合理方案的主要指标	9
第二章 矿井通风方式方案合理性主要指标的研究	10
第一节 调查的对象	10
第二节 矿井总负压变化的规律性	16
第三节 决定风量损失的压差变化的规律性	24
第四节 矿井和采区通风制度稳定性的规律性	32
第五节 扇风机在不同井筒(小井)内并联工作时扇风机的 选择方法和通风制度调节方法	39
第六节 吨煤通风费用变化的规律性	44
第七节 合理的矿井通风方式的确定方法	54
第八节 主要的矿井通风方式方案的应用条件	79
第三章 矿井通风方式的选择	87
第一节 原始资料	87
第二节 按矿山技术因素选择矿井通风方式方案	88
第三节 采区通风方法和通风系统的选择	89
第四节 按经济因素选择矿井通风方式方案	90
第五节 矿山巷道中风流的调节	99
结 论	100
附 录	101
参考文献	111

第一章 矿井通风方式合理方案 确定方法的基础

第一节 前 言

矿井劳动安全在較大程度上取决于矿山巷道的通风状况^[18]。众所周知，矿井通风有效性决定于流过矿山巷道网路的风量 Q 和保证空气在井下流动的静压 h 。

只有从矿山技术和经济因素综合分析矿井通风方法和通风系统，才可能正确地确定 Q 和 h 值。所以在制定矿井通风方式定型（合理）方案的确定方法之前应明确：1）通风术语（通风方法、通风系统和通风方式）的统一解释；2）矿井通风方法、通风系统和通风方式以及采区通风方法和通风系统的科学分类；3）影响和决定矿井通风方法、通风系统和通风方式及其合理性的因素；4）矿井通风方式——通风方法和通风系统总合体及采区通风方法和通风系统组合物合理性的主要指标。以上是矿井通风方式定型（合理）方案的确定方法的理论基础。

第二节 矿井通风方式、方法和系统的分类

由于教科书、科学技术和参考文献中关于矿井通风主要问题没有一般通用的术语，有时对同一个概念得到各种不同的解释。这对确定矿井通风的某些技术问题带来一定的困难。

通风（*вентиляция*或*проветривание*）可以理解为将使用过的空气从某一空间排除出去和再将新鲜空气引导进入

該空間的過程⁽¹⁸⁾。

如公式(1)所表示, 空气永远是从压力大的空間流向压力小的空間;

$$h = (P_1 - P_2) + (Z_1 \gamma_1 - Z_2 \gamma_2) + \left(\frac{v_1^2}{2g} \gamma_1 - \frac{v_2^2}{2g} \gamma_2 \right), (1)$$

式中 h ——保証空气沿巷道移动的負压(两点間的总靜压差), 公斤/米²;

$P_1 - P_2$ ——扇风机造成的靜压差, 公斤/米²;

$Z_1 \gamma_1 - Z_2 \gamma_2$ ——由于空气柱重量不同造成的靜压差, 公斤/米²;

$\frac{v_1^2}{2g} \gamma_1 - \frac{v_2^2}{2g} \gamma_2$ ——由于风流中风流速度不同产生的速压差, 公斤/米²;

γ ——空气比重, 公斤/米³;

g ——重力加速度, 9.81米/秒²。

公式(1)表明通风方法是取得使空气沿巷道移动所需負压的自然因素和人工手段的总合⁽⁷⁾。按照造成負压所消耗的能有两种主要通风方法: 自然方法和人工方法。它們的各种可能方案列于表1。除以上二种通风方法外, 还存在同时借助于自然和人工两种方法实现矿井通风的混合式通风方法。

按照保安規程的要求, 为了人員的通行和运输, 任何一个生产矿井都必须有两个以上通达地面的出口⁽¹⁴⁾。其中一个进风的, 另一个是出风的。这些巷道在位置上的相互关系使空气在矿井中能够正常地流动^①(直流或倒流)。

① 庫茲巴斯采用这一术语, 技术文献中通用“流动方向”。

当开采有自燃倾向的有益矿物时，只有在正确选择矿井和采区通风系统的情况下，矿井的工作才有可能正常进行。采区中进、出风流点的位置形成风流在采区中的流动方向。因此，通风系统即形成有风流方向（直流或倒流）的进风巷

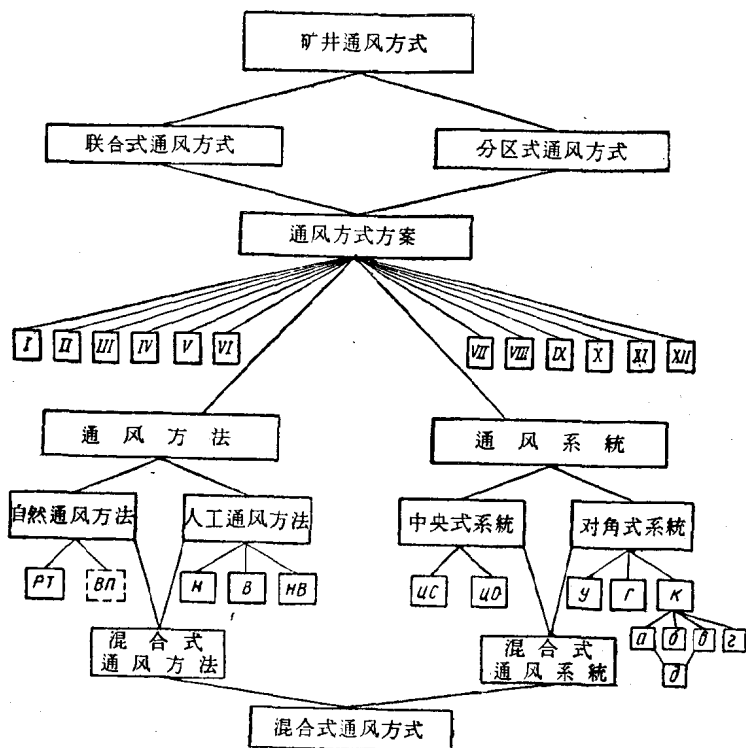


图 1 矿井通风方式、方法和系统的分类

PT—温度差形成的通风；BH—地面风造成的通风；H—压入式通风方法；B—抽出式通风方法；HB—扇风机造成的压入-抽出式通风方法；LC—中央分列式井筒布置；LO—中央并列式井筒布置；Y—分区对角式通风系统；T—分组集中对角式通风系统；K—侧翼对角式通风系统；a, b, c, d—侧翼对角式通风系统方案；I, II, ……XII—矿井通风方式主要方案

道和排风巷道相互位置关系。主要的矿井通风系统有两种：中央式和对角式。

除以上二种主要通风系统外，还有综合了中央式和对角式特点的混合式通风系统。它们的各种方案列于表 1。

在矿山事业实践中采用着具有不同技术经济指标的矿井通风方法和通风系统的各种组合形式。这证实了在煤矿或其他矿井中存在着各种通风方式。这里所指通风方式即标志整个矿井通风特征的通风方法和通风系统的总合体。主要的通风方式有两种：联合式和分区式。它们的各种方案列于表 1。除以上二种主要通风方式外，还有由主要或混合式通风方法和混合式通风系统组成的混合式通风方式。以上提供的术语正确地反映了矿井通风的发生过程，使人们能够对矿井通风方式、通风方法和通风系统进行严格分类，并在很大程度上使按矿山技术和经济因素确定矿井通风方式方案合理性的主要指标简化了。

以上建议的通风方式、方法和系统分类表示在表 1 和图 1 中。图 2 表示侧翼对角式通风系统的几种井筒布置情况及其方案 a, b, c, d (见表 1)。

第三节 选择矿井通风方式方案的影响因素

影响矿井通风方式及其方案合理性的因素很多，这些因素同时又是通风设计的原始资料，为了便于分析它们的影响作用，归纳为以下三个方面。

矿山技术因素

1. 有益矿物埋藏条件及其特征——煤层瓦斯含量、自燃倾向及煤和瓦斯突出倾向；含尘量及煤尘爆炸危险程度；煤

层厚度、结构、倾角和层間距离；煤层埋藏深度和特征、围岩性质。

2. 开拓方法和阶段准备方法，阶段回采方向（前进式和后退式）和采区回采方向（向前、后单翼或双翼中間石門或上山）。

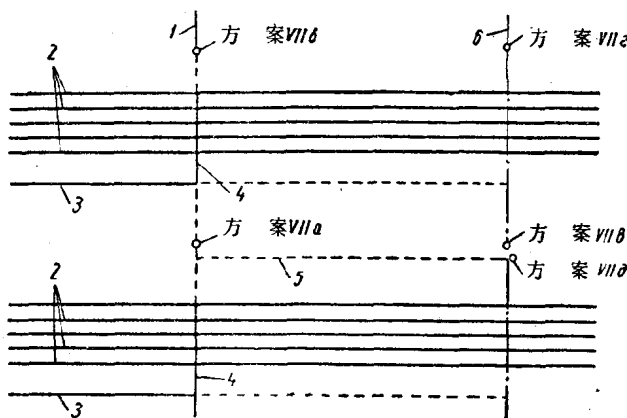


图 2 按通风方式方案Ⅶ，侧翼对角式通风系统的井筒布置。实线表示不依矿井通风方式而改变的巷道，虚线表示为得到所要求的矿井通风方式方案开掘的巷道

1—离开井田边界的第1中間石門綫；2—煤层；3—分組集中平巷；
4—中間石門；5—围岩平巷；6—井田边界綫；7—通风石門

3. 开采方法及其参数和技术经济指标，頂板管理方法。

4. 按煤层、翼、水平和矿井計算的矿井工业埋藏量和生产能力。

5. 井田沿傾斜、走向和垂直走向的尺寸，翼的数量和尺寸，井田范围内的地形特征。

6. 煤层的开采部署和順序。

經 济 因 素

1. 矿井通风系統所需要通风巷道的掘进和維護費用。

矿井通风方式、方法和系统分类

表 1

通 风 方 式	通 风 方 法	通 风 系 统
1. 联合式通风方式, 即仅有一种通风方法和一个风流流动方向(直流或倒流)。这种通风方式有以下几种方案: 方案 I —— 压入式通风方法, 分区对角式通风系统; 方案 II —— 压入式通风方法, 分组集中对角式通风系统; 方案 III —— 压入式通风方法, 侧翼对角式通风系统; 方案 IV —— 压入式通风方法, 中央式通风系统; 方案 V —— 抽出式通风方法, 分区对角式通风系统; 方案 VI —— 抽出式通风方法, 分组集中对角式通风系统; 方案 VII —— 抽出式通风方法, 侧翼对角式通风系统; 方案 VIII —— 抽出式通风方法, 中央式通风系统; 方案 IX —— 压入-抽出式通风方法, 分区对角式通风系统; 方案 X —— 压入-抽出式通风方法, 分组集中对角式通风系统; 方案 XI —— 压入-抽出式通风方法, 侧翼对角式通风系统;	1. 自然方法 1) 利用井下和地面空气温度差引起的负压; 2) 利用地面风造成的自然负压; 2. 人工方法 1) 将空气压入矿井(压入法); 2) 将空气从矿井中抽出(抽出法); 3) 从一个井筒将空气压入, 再从另一井筒抽出(压入-抽出法)。 3. 混合方法 利用自然负压和扇风机造成空气在矿井中的流动。	1. 中央式 1) 进风和排风井筒中央并列布置; 2) 进风和排风井筒中央分列布置; 2. 对角式 1) 分区对角式——风流经采区小井排出; 2) 分组集中对角式——风流经分组集中小井排出; 3) 侧翼对角式——风流经侧翼井筒排出, 此通风系统有以下方案: a) 风井位于煤层群中间, 在离开井田边界的第一中间石门线上; 6) 风井位于煤层群底板中, 在离开井田边界的第一中间石门线上; b) 风井位于煤层群中间, 在井田边界线上; r) 风井位于煤层群底板中, 在井田边界线上; n) 风井位于煤层群中间, 在井田边界上; 离开水平井田边界的第一中间石门为通风石门, 石门本身之间的连通及其与风井的连接用围岩平巷。采区中可能主要是中央式和对角式通风系统。 3. 混合式 混合式通风系统, 它综合了中央式和对角式通风系统及其方案的风流流动方向。 a) 混合式 I —— 矿井一翼是分区对角式通风系统, 另一翼是中央式通风系统。 6) 混合式 II —— 矿井一翼是分组集中对角式通风系统, 另一翼是中央式通风系统。

續表

通 风 方 式	通 风 方 法	通 风 系 统
方案Ⅱ——压入-抽出式通风方法，中央式通风系统。 2.分区式通风方式，即根据通风条件将矿井分为若干通风上独立的分区。每一分区可以有自己的通风方法和自己的正常风流流动方向（直流或倒流），这种通风方式象联合式通风方式一样有12个方案。	除以上混合式通风方法外，在一个通风网路中还可能存在以上所有通风方法。	б)混合式Ⅱ——矿井一翼是侧翼对角式通风系统，另一翼是中央式通风系统。 г)混合式Ⅳ——矿井一翼是侧翼对角式通风系统，另一翼的二分之一部分是侧翼对角式通风系统，二分之一部分是中央式通风系统。 д)混合式Ⅴ——矿井一翼是中央式通风系统，另一翼的二分之一部分是侧翼对角式通风系统，二分之一部分是中央式通风系统。 除以上混合式通风系统外，在一个通风网路中还可能存在以上所有通风系统。

3.混合式通风方式由混合式或主要通风方法、混合式通风系统组成，用以下符号表示：

I-A; I-B; II-B; 罗马数字表示混合式通风系统编号，而字母表示通风方法(A——压入式，B——抽出式，B——压入-抽出式)。

2.通风设备运转电力费用。

3.通风设备费用。

4.通风设备服务人员工资费用。

組 織 因 素

1.同时开采水平数目。

2.每昼夜工作班数和爆破工作组织。

3.阶段中回采工作面平均年推进度。

有益矿物的特征及其埋藏地质条件是自然的，而且无法改变。它们决定了进行矿山工作的矿山技术条件和通风方式方案。因此，对矿井通风和矿山工作组织管理问题应加以综合考虑。

通过对庫茲巴斯条件下影响选择合理矿井通风方式、方法和系統的矿山技术和經濟因素的研究,可以得到如下認識。

矿井通风方法取决于有益矿物特征、阶段回采方向和井田尺寸(主要是沿走向尺寸),而采区通风方法取决于有益矿物特征和采区的回采方向。

矿井通风系統主要决定于开拓方法和阶段准备方法,阶段回采方向,而采区通风系統决定于采区开采方法和回采方向,但有时在特定条件下阶段准备方法也影响到采区通风系統。

矿井通风方式(联合式和分区式)取决于:矿井通风需要的风量,但要考虑井筒和主要石門中风流的允許风速;保証所計算风量流过整个矿井要求的矿井总負压;有益矿物埋藏地质条件特征;扇风机可以产生的风量和負压⁽⁸⁾。

对庫茲巴斯大型矿井通风状况的分析^(9,11)表明,井筒和主要石門不能通过通风要求的风量是引起通风方式向分区式通风方式过渡的主要原因。除瓦斯矿井中的长工作面外,所有其他巷道都有足够的断面。影响通风网路沿傾斜尺寸的主要因素(在現有最大标准井筒断面和主要石門断面条件下)是矿井生产能力、瓦斯涌出量以及进风井筒位置(在煤层之間、底板岩石中)。通风网路沿走向尺寸則决定于通风系統、通风方法、进风和排风井筒位置、采区回采方向(向前或后中間石門或上山)。

有益矿物埋藏条件、围岩条件及其特征影响到合理的开拓方法、阶段准备方法、采区和阶段回采方向、开采方法和通风方式方案的选择。因此,矿井和采区通风方法和系統合理的配合只有綜合考虑以上許多因素以后才可以正确地加以确定。

矿井的合理通风方式取决于矿井通风制度特点（通风制度本身取决于进入矿井和所达工作面的风量）；矿井、巷道和采区中的负压分配与特点以及负压稳定程度；风量损失的分配特点和稳定程度；自然负压对矿井和采区通风的影响程度。

只有当扇风机产生风量到达工作面的数量最大时矿井通风制度才是合理的，而矿井中风量损失最小时矿井巷道中的负压分配才是合理的。

第四节 矿井通风方式合理方案的主要指标

通过对庫茲巴斯矿井通风的研究，可以认为，在一定的开采深度情况下，矿井通风方式（即通风方法和通风系统的组合体）合理方案的主要指标可以归纳如下。这些指标是考虑到各种矿山技术和经济影响因素后，并保证可以得到最安全和经济的矿井通风，根据这些指标还可以确定各种通风方式方案的应用范围。

1) 为保证得到所计算矿井风量需要的矿井总负压或最大负压；

2) 由于各种开拓方法和开采方法形成的矿井通风系统不同，所造成通过煤柱、采空区和通过塌陷区到地面的漏风量；

3) 不同矿井和采区通风方法和通风系统组合体所造成通风制度的稳定性；

4) 井筒附近煤柱和其他保护煤柱的煤损失量；

5) 各种通风方式方案分摊到每吨工业埋藏量煤的通风费用（以卢布计）。

前三项指标主要标志矿井通风方式方案在矿山技术因素方面的合理性；第四项是矿山技术因素方面的，同时又是经

济因素方面的；第五項是經濟因素方面的。由此可知，根据主要的矿山技术和經濟指标对可能的矿井通风方式及其方案（即通风方法和通风系統总合体）进行比较，是目前矿井通风設計方法的基础。

第二章 矿井通风方式方案合理性

主要指标的研究

第一节 調查的对象

为了分析矿井通风方式方案合理性的主要矿山技术和經濟指标，举出如下三种煤层类型的矿井：急傾斜煤层矿井（假定叫做№1矿井和№2矿井），傾斜煤层矿井（№3矿井）和緩傾斜煤层矿井（№4矿井）。以上三种煤层类型代表了庫茲巴斯矿山地质条件的特点，进行比较以后得到的結果不仅可以用来确定庫茲巴斯合理的矿井通风方式方案，也可以用于其他矿区。

№1 矿井日产量5000吨。矿床由10个正常的煤层組成，傾角 70° ，无断开性破坏。煤层平均可采厚度2.96米，层間距35米。全部煤层为近距离煤层，含瓦斯，有自然发火傾向和煤尘爆炸危险。井田内地形平坦，表土厚3米，煤层风化带沿垂直方向7米。阶段垂高100米。主要的矿山技术指标列于表2。

为了查明在現有技术发展的水平上，矿井通风方式方案合理性主要矿山技术和經濟指标随深度而变化的規律性，特假定矿井开采深度为610米，阶段服务年限15年。

矿井的阶段开拓采用竖井和阶段石门，石门间距100米。井筒开在煤层群底板岩石中，并将井田分为等长（每翼3150米）的两翼。根据运输要求，阶段准备采用两条围岩平巷和间距400米的中間石门。第一条围岩平巷开在第5层煤底板中，第二条开在第10层煤底板中。

表 2

工 作 阶 段	距地表深度 (米)	矿井相对瓦斯涌出量 (米 ³ /吨)	工业埋藏量 (千吨)
I	110	5	22500
II	210	10	22500
III	310	15	22500
IV	410	20	22500
V	510	25	22500
VI	610	30	22500

阶段回采顺序：沿倾斜向下，沿走向由井筒向井田边界。煤层群中各煤层的开采，上层回采工作超前一定距离。矿井每一翼同时有五个煤层进行回采。各煤层采用沿倾斜向下的回采顺序时，下层落后于上层50米，每一翼有两个中間石门处于工作。一个中間石门服务于回采，另一中間石门服务于准备。一个阶段的回采工作保证矿井年产量。

同时开采近距离煤层的两个阶段时，会引起附加的困难。因此，急倾斜煤层的阶段垂高愈大，层间距愈小，则下层被上层采动的可能性愈大。图3表明煤层倾角对岩石移动的影响。当阶段垂高为 H ，回采煤层I时，煤层II不会被采动，但当阶段垂高为 $2H$ 时，煤层II将受到采动(图3b)。以上情况对采矿工作计划和通风巷道联结系统起着决定性作用。

当缓倾斜煤层采用前进式顶板冒落开采方法和中央式通风系统时，通风平巷的维护没有很大的困难。但在急倾斜近

距离极厚煤层中这种维护工作则是不可能的。在这些条件下,采用中央式通风系统是不合理的。因此,煤层倾角、厚度和层间距大小对矿井通风系统的选择有决定性的影响作用。

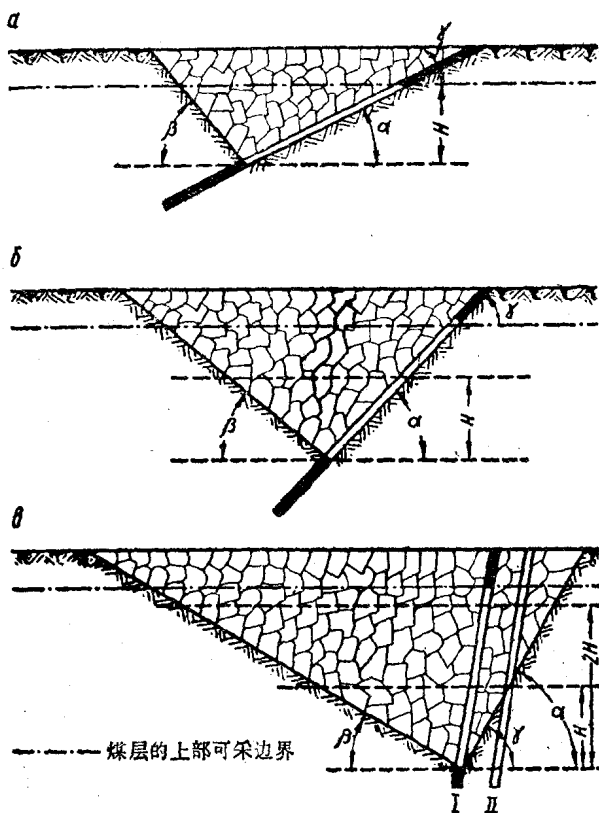


图 3 煤层倾角对岩层移动的影响

$a-\alpha=25^\circ$, $\beta=52^\circ\sim 57^\circ\sim 59^\circ$, $\gamma=65^\circ\sim 70^\circ\sim 75^\circ$; $b-\alpha=25^\circ\sim 45^\circ$, $\beta=39^\circ\sim 48^\circ\sim 49^\circ$, $\gamma=35^\circ\sim 70^\circ\sim 75^\circ$; $e-\alpha=45^\circ\sim 90^\circ$, $\beta=30^\circ\sim 34^\circ\sim 39^\circ$, $\gamma=65^\circ\sim 70^\circ\sim 75^\circ$; α —煤层倾角; β —底板岩石移动角; γ —顶板岩石移动角; I—第一层煤; II—第二层煤