

全国安全生产培训系列教材

煤矿主要负责人和 安全生产管理人员培训教材（下册）

煤炭工业人才交流培训中心 组织编写

煤炭工业出版社

煤矿主要负责人和安全生产管理人员 培 训 教 材

下 册

煤炭工业人才交流培训中心 组织编写

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

编 审 委 员 会

- 主 任 赵铁锤
- 副 主 任 张平远 商登莹 刘继文 杨庚宇
- 委 员 (以姓氏笔画为序)
- 王素锋 刘志军 纪国友 孙国建 李永红
- 张文杰 金兆民 苗 忻 陈国新 常进军
- 赖 辉
- 主 编 杨庚宇 段绪华
- 副 主 编 汪永高 徐景德 谢 宏
- 编写人员 (以姓氏笔画为序)
- 马尚权 王永才 王志亮 尹尚先 兰泽全
- 石建军 永书麟 许兴民 许海涛 李华炜
- 李其中 张莉聪 段绪华 顾秀根 凌标灿
- 倪文耀 徐景德 程根银 谢 宏 漆旺生

序

党中央、国务院高度重视煤矿安全生产工作，相继采取了一系列重大举措。特别是党的十六届五中全会提出了“安全发展”的指导原则，系统地阐述了安全生产工作的指导思想、目标任务和政策措施。全国人大常委会由五位副委员长带队，组织开展了安全生产法执法检查。在这一年里，国务院先后召开6次常务会议研究安全生产工作；出台了《国务院办公厅关于坚决整顿关闭不具备安全生产条件和非法煤矿的紧急通知》、《国务院关于预防煤矿生产安全事故的特别规定》（以下简称《特别规定》）等重要文件；安排30亿元资金支持国有重点煤矿进行安全技术改造。所有这些，都有力地推动了安全生产工作。

安全教育和培训是安全生产的一项法律制度。《中华人民共和国安全生产法》明确规定“生产经营单位负责人和安全生产管理人员必须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力”，同时要求矿山等高危企业主要负责人和安全生产管理人员必须由有关主管部门对其安全生产知识和管理能力考核合格后方可任职。国务院《特别规定》针对当前安全生产教育和培训方面存在的薄弱环节和突出问题，吸纳了以往的经验 and 有效做法，对煤矿安全培训工作提出了新的要求，具体规定了煤矿企业、地方政府及其煤矿安全生产监管部门、煤矿安全监察机构在煤矿安全培训工作上的义务、权力和责任，把安全培训工作进一步纳入制度化和规范化的轨道。

安全生产教育和培训是预防事故的重要环节；加强煤矿安全培训工作，是贯彻落实“安全第一、预防为主、综合治理”方针、建立煤矿安全长效机制的重要举措。确保煤矿安全生产的长治久安，实现煤炭工业持续健康发展，必须坚持不懈地开展煤矿安全生产培训工作，全面提高煤矿企业各级负责人和安全生产管理人员的理论素养、业务本领和管理能力。煤矿安全生产培训是一项全面、系统的工作。最根本的是使煤矿主要负责人、安全生产管理人员通过学习安全生产理论，自觉树立安全发展的理念，从总体上领会基本理论、基本观点和基本方法，增强工作的原则性、系统性、预见性、创造性，更好地贯彻煤矿安全生产的相关方针政策。学习的目的在于应用。煤矿安全培训要紧密结合煤矿安全生产情况的新变化、煤矿企业改革的新进展以及面临的新情况，不断提高解决煤矿安全生产实际问题的能力和安全生产管理水

平。另外，还要加强特种作业人员的培训考核，以及从业人员的安全生产教育和培训，提高安全生产技能，增强事故预防和应急处理能力。

为贯彻落实国家有关安全生产培训的法律法规，推进煤矿安全培训工作，国家安全生产监督管理局培训中心根据总局颁布的“生产经营单位主要负责人、安全生产管理人员安全生产培训大纲”并结合当前煤矿安全培训工作的实际，编写了《煤矿主要负责人和安全生产管理人员培训教材》，这套教材突出了针对性、实用性、准确性和系统性。我相信，这套教材的编辑出版，对于搞好煤矿安全培训、提高煤矿企业负责人和安全生产管理人员的整体素质将发挥重要的作用。

借此机会，也向在煤矿安全教育培训工作中不懈努力并做出贡献的干部职工和为《煤矿主要负责人和安全生产管理人员培训教材》编写、出版付出辛勤劳动的全体人员表示感谢。

赵铁锤

二〇〇五年十二月

前 言

《煤矿主要负责人和安全生产管理人员培训教材》是国家安全生产监督管理局培训中心、煤炭工业人才交流培训中心根据当前煤矿安全生产工作的需要，组织有关专家编写的一本综合性培训教材。

自 2000 年以来，煤矿安全生产管理体制发生了重大变化，国家煤矿安全监察体制建立以后，全国人大及其常委会、国务院和国家安全生产监督管理局相继颁布了许多安全生产法律、行政法规和部门规章；伴随相关基础理论和技术进步，煤矿安全生产技术也有了很大进步，新工艺、新技术和新装备在煤矿企业生产中广泛使用，新的管理方法不断涌现；近年来发生的很多典型事故案例对煤矿安全监察、技术和管理提出了新的课题。这些情况都迫切需要对煤矿安全监察、管理和技术负责人开展相应培训，以适应工作需要。

为做好培训工作，煤炭工业人才交流培训中心（国家安全生产监督管理局培训中心）组织有关专家编写了适用于煤矿安全技术人员、煤矿安全管理人员和煤矿安全监察人员安全培训的统编教材。本书围绕煤矿安全管理、安全监察机构业务工作的需要，并且根据培训教学的特点，将全书分成十九章。本书内容丰富、翔实，主要内容包括：煤矿采掘、机电运输、通风等安全生产系统的安全技术及管理；灾害处理及应急救援；安全文化、安全健康管理体系等。编写中本着“案例教学”的原则，既有对基本知识的阐述，也通过具体案例来说明煤矿安全新技术、新方法的运用。

大量事故案例的教训和安全管理分析表明，煤矿安全是一个复杂的系统工程，在安全生产系统中，煤矿主要负责人和安全管理人员对安全生产起着至关重要的作用，现代生产工艺要求他们不仅应当掌握过硬的安全技术和知识，同时还要求他们具备现代安全理念，适应现代安全生产系统的要求。本书在案例编写和结构设计上比较重视这一点。煤矿企业主要负责人和安全管理人員必须具备三个方面的知识和能力：

第一，熟悉安全法律法规和安全管理体制，具备依法进行安全管理的能力。

第二，熟悉安全技术。清楚煤矿企业在生产过程中存在的危险因素，掌握控制和消灭这些危险的原理和方法。

第三，能够运用现代安全理念，从事安全管理工作。

为了体现安全管理的重要性，本书在编写结构上，将安全管理与安全技术分开编写。即根据煤矿安全生产系统的运行特点，介绍了采煤、掘进、机电运输、灾害防治、矿井通风等技术；同时介绍了主要生产系统的安全管理方法。安全管理培训，不仅要重视安全管理方法的培训，还要重视安全管理思想、意识的培训。本书将安全文化、管理理念等作为培训内容进行了介绍。

本书在编写过程中，得到了国家安全生产监督管理局孙华山副局长的直接关怀，人事培训司黄玉治司长、张平远副司长给予了直接指导。本书编者长期从事安全培训工作的教学，本书内容是他们多年教学成果的积累。

本书由杨庚宇教授、段绪华教授任主编，汪永高教授、徐景德副教授、谢宏教授级高级工程师任副主编，各章编写人员如下：上册第一章：徐景德，兰泽全；第二章：徐景德，张莉聪；第三章：谢宏；第四章：谢宏，王志亮；第五章：许海涛；第六章：倪文耀；第七章：王永才，许兴民，永书麟；第八章：徐景德，谢宏；第九章：谢宏，李其中；第十章：徐景德；第十一章：马尚权，李华炜；下册第一章：漆旺生；第二章：程根银；第三章：谢宏；第四章：徐景德；第五章：段绪华，石建军；第六章：顾秀根；第七章：尹尚先；第八章：凌标灿。

目 录

第一章 矿井通风技术	1
第一节 矿井通风系统及其优化	1
第二节 矿井灾变通风技术简介	12
第三节 掘进通风安全措施	20
第四节 矿井通风能力核定	27
思考题	34
第二章 矿井火灾防治技术	35
第一节 概述	35
第二节 矿井火灾防治技术	37
第三节 矿井火灾案例及其分析	59
思考题	64
第三章 矿井瓦斯防治技术	66
第一节 概述	66
第二节 瓦斯防治技术	71
第三节 瓦斯事故案例及其分析	97
思考题	104
第四章 矿井粉尘防治技术	105
第一节 矿井粉尘防治技术概述	105
第二节 掘进工作面粉尘的防治	108
第三节 采煤工作面粉尘的防治	112
第四节 支护地点粉尘的防治	118
第五节 煤尘爆炸事故的防治	119
思考题	121
第五章 顶板灾害防治技术	122
第一节 采煤工作面顶板事故的致因及防治	122
第二节 巷道冒顶事故的致因及其防治	149
第三节 顶板事故的抢险救灾	152
思考题	163

第六章 煤矿爆破安全技术	164
第一节 煤矿爆破技术.....	164
第二节 微差爆破与光面爆破.....	170
第三节 煤矿爆破事故预防与处理.....	174
思考题.....	187
第七章 矿井水灾防治技术	189
第一节 概述.....	189
第二节 矿井充水条件.....	193
第三节 煤矿顶板水害的防治方法.....	197
第四节 煤矿底板水害的防治方法.....	201
第五节 采空区积水、老窑水害的防治方法.....	206
第六节 矿井防治水新技术.....	209
第七节 矿井突水事故案例及其分析.....	214
思考题.....	217
第八章 高产高效矿井开采技术	218
第一节 高产高效矿井建设发展历程.....	218
第二节 高产高效矿井标准.....	223
第三节 高产高效地质保障.....	224
第四节 高产高效矿井开拓系统.....	227
第五节 高产高效矿井技术装备.....	228
第六节 国内双高矿井典范.....	230
思考题.....	231
主要参考文献	232

第一章 矿井通风技术

第一节 矿井通风系统及其优化

一、矿井通风系统的构成及其要求

(一) 矿井通风系统的构成

矿井通风系统是矿井生产系统的重要组成部分，是矿井通风方式、通风方法和通风网络的总称。通风方式是指进风井和出风井的布置方式。通风方法是指主要通风机的工作方法（抽出式、压入式）。通风网络是指风流所流经的井巷的连接形式。有的学者将通风动力及其装置、通风网络和通风控制设施的总称叫做矿井通风系统。矿井通风系统随着矿井生产的进行而不断地发生变化。采掘工作面的推进和接替，采区的准备、投产、与结束，矿井开拓延伸等工程的不断进展，都会使通风系统在网络结构上随时发生变化，也必将使通风系统正常运行的自然条件发生变化。网络结构的变化通常是可以预见和规划的。此外由于采矿活动的影响，通风巷道和通风设施的变形、老化，使系统的风阻增大，风门、风墙漏风量增大；各种通风动力设备也会磨损、锈蚀，性能逐渐降低、寿命缩短，从而使通风系统运行参数发生变化，且这些参数变化是随机的。因此，矿井通风系统严格意义上说是一个动态的、随机的系统。

(二) 对矿井通风系统的要求

无数的事故案例表明，零星事故的发生，通常是个人违章或思想上缺乏安全意识所致，而重大的瓦斯煤尘事故和明火火灾事故的发生和灾情扩大，都是矿井通风系统中存在重大的安全隐患的必然结果。保证通风系统的稳定是安全生产的必要条件，也是通风管理的重要任务。

《煤矿安全规程》规定：矿井必须有完整的独立通风系统。改变全矿井通风系统时，必须编制通风设计及安全措施，由企业技术负责人审批。

1. 基本要求

对矿井通风系统的基本要求是技术先进合理、安全可靠性高且经济效益好。具体体现在：

- (1) 通风系统简单，网络结构合理，能保质保量地向用风地点稳定可靠地供风。
- (2) 主要通风机性能与矿井通风网络特性相匹配，主要通风机的可调性好、高效区宽、运行效率高、运转费用少。
- (3) 具有较高的防灾抗灾能力。不因通风系统临时出现故障或不完善而导致灾害的发生，即使发生某种事故，可以利用现有通风系统加以控制，使灾变范围缩小。
- (4) 有利于实现机械化和自动化，能适应煤炭生产的新技术、新工艺的推广和应用。
- (5) 经济效益好。主要通风机及其附属装置的购置和安装费用低、运行费用低，专用

通风井巷少、通风井巷采用经济断面且维修费用低，局部通风机运行费用低、通风构筑物少。

2. 特别要求

(1) 高瓦斯矿井的通风系统。瓦斯是影响煤矿通风安全的主要因素。高瓦斯矿井的特点是：瓦斯涌出量大，工作面瓦斯超限概率高。这不仅威胁矿井安全，日常因停产处理积聚的瓦斯也会损失大量的人力、财力和物力，使生产秩序无法正常，生产效率低，推进速度慢，影响矿井生产能力的发掘。随着煤矿开采深度的增加和机械化程度的提高，瓦斯对矿井安全生产的威胁越来越大，特别是一些高瓦斯综采工作面，由于瓦斯大量涌出，限制了生产效率的提高。因此高瓦斯和有煤与瓦斯突出危险的矿井的通风系统应有利于稀释和排放瓦斯，工作面的通风系统应满足以下要求：

- ①易于实现分源稀释瓦斯。
- ②根据通风系统所确定的巷道布置，要有利于煤层瓦斯抽放和突出危险煤层的开采。
- ③应能排除采煤工作面上隅角高浓度的瓦斯，防止瓦斯局部积聚。
- ④一旦发生煤与瓦斯突出，能保证高浓度的瓦斯顺利排放。
- ⑤能为工作面创造良好的气象条件。

高瓦斯矿井工作面的瓦斯主要来源于开采煤层和邻近层。实践证明，来自开采层的瓦斯与工作面的通风系统关系不大，而邻近层的瓦斯涌出和工作面的通风系统关系十分密切。

目前，我国高瓦斯矿井工作面主要采用U型、U+L型、Y型及W型通风系统。

(2) 有自然发火危险的矿井的通风系统。矿井内因火灾是煤矿较严重的自然灾害之一。自然发火直接威胁着安全生产，不仅会破坏煤炭资源和设备，冻结大量的煤量，而且还会影响矿井的正常生产秩序。煤炭自燃必须同时具备4个条件：煤炭具有自燃倾向性并以破碎状态存在；有漏风供氧条件；有一定的蓄热环境；有足够的氧化蓄热的时间。这4个条件中，除煤炭具有自燃倾向性并以破碎状态存在这一条件外，其他3个条件均与矿井通风密切相关。为此，有自然发火危险的矿井，其通风系统必须满足以下条件：

①在符合矿井通风安全基本要求的前提下，矿井主要通风机的工作风压尽可能低，能最大限度地降低矿井内部漏风。

②采区和回采工作面必须采用分区通风，并保持足够的通风断面；采煤工作面进、回风两端风压差不宜过大。

③风门、风窗等通风设施均应按防灭火的要求正确设置，应避免增加采空区、煤体裂隙和火区的漏风压差。

④采区或工作面应建立局部反风系统。

⑤矿井通风系统应便于实现均压防灭火。

(3) 高温矿井的通风系统。随着矿井开采深度的增加、机械化程度的不断提高，井下地热和机械热也显著增加，使得矿井热害日趋严重，逐渐成为与水、火、瓦斯、煤尘及顶板同样严重的自然灾害。通风降温是改善矿井湿热条件最简便易行的方法，效果比较显著。为满足矿井降温的需要，应尽可能增加风量以降低作业环境的温度；选择合理的风速，增强人的舒适感；选择合理的通风系统，尽量缩短工作面进风段的风路长度，使新鲜风流避开热源或减少同热源的接触换热时间（如：工作面采用下行风、井下机电硐室实行单独回风等措施）。高温矿井最好采用两翼进风或两翼、中央联合进风的通风方式。

高温矿井回采工作面的通风系统主要有 H、W 和 E 型通风系统。由于下行通风方式的风流是经上区段平巷进入工作面的，上区段平巷不存在煤炭的运输问题，风流直到工作面时才与采落的煤炭接触，风流在到达工作面之前并未吸收煤炭运输过程中释放的热量，因而采用下行通风方式的工作面要比采用上行通风方式的工作面的风温低。

(三) 最近几年我国煤矿在通风系统优化方面取得的成绩

1. 矿井通风方式出现变革

过去，我国煤矿的通风方式以中央式、对角式为主，随着矿井生产规模的不断扩大，根据矿井的特点和需要，把中央式通风演变为中央对角式混合通风系统。最近，为适应综采集约化生产，对矿井采用分区域开拓，形成区域式通风系统，即每个区域均有一组进、回风井，各个区域采用相对独立的通风技术。它具有通风线路短、风阻小、区域间干扰小、安全性好，便于选择主要通风机，使其实现高效节能的特点，提高了矿井的通风能力和抗灾能力，适用于特大型矿井或因地质条件须把井田划为若干个相对独立生产区域的矿井。总之，新建大型矿井通风系统以对角式、分区式和区域式为主，改扩建的生产矿井以混合式为主。

2. 主要通风机的经济运行能力提高

为提高主要通风机的经济运行能力，主要开展了以下工作：

(1) 为适应通风系统的变化和生产集约化的要求，20 世纪 80 年代以来，我国相继出现 2K 系列和 GAF 系列的轴流式风机和 G4 与 K4 系列的离心式风机。20 世纪 90 年代，依托于国家“八五”科技攻关项目，研制出 FD 型和 BDK 的对旋式风机。在原煤炭工业部“九五”攻关项目中，无驼峰式轴流风机的研制成功增大了通风机的稳定工作区域。目前，BDK（和 BD）系列对旋式主要通风机已成为新建和改扩建矿井的主导产品，该系列风机具有能耗低、效率高、噪音低的特点，因而迅速在我国煤矿推广。

(2) 研制出了风机的调速装置，如可控硅调距、液压耦合器和变频调速装置。

(3) 加强了主要通风机及其附属装置管理，减少风硐、风机内部以及扩散器的阻力和漏风，提高了通风机运行效率。在生产矿井进行老、旧风机的运行状态改造中，针对通风机特性与通风网络风阻特性匹配差、主要通风机选型偏大、通风机转速偏高、电机容量偏大、风机长期处于低效区运行等问题，提出了一整套风机经济运行的办法，对老、旧风机实施了多种技术改造，如采取更换机芯、改造叶轮和叶片等办法提高风机运行效率。

3. 采区通风系统逐步得到优化

优化采区和工作面的通风系统，能有效增加通风能力、提高治理瓦斯的效果。随着集约化生产和矿井向深部发展，采区和采煤工作面的绝对瓦斯涌出量剧增，要求采区和采煤工作面的通风能力迅速增大。在采区的通风系统布置方面，《煤矿安全规程》明文规定：“生产水平和采区必须实行分区通风。准备采区，必须在采区构成通风系统后，方可开掘其他巷道。采煤工作面必须在采区构成完整的通风、排水系统后，方可回采。高瓦斯矿井、有煤（岩）与瓦斯（二氧化碳）突出危险的矿井的每个采区和开采容易自燃煤层的采区，必须设置至少 1 条专用回风巷；低瓦斯矿井开采煤层群和分层开采采用联合布置的采区，必须设置 1 条专用回风巷。采区进、回风巷必须贯穿整个采区，严禁一段为进风巷、一段为回风巷。”有利于采区内采煤工作面和掘进工作面的独立通风，提高了采区的通风能力和风流的稳定性、也为保证采区的局部反风和作业人员的安全脱险提供了有利条件。

对于无自然发火危险的高瓦斯矿井，采煤工作面在常规的 U 型通风系统的基础上，提出了 U+L 型方式，较有效地解决了采煤工作面上隅角瓦斯积聚问题，促进了采空区瓦斯的排放。为了防止专用瓦斯排放巷瓦斯超限，又提出了 Y 型的通风布置方式。还采用了 W 型和 Z 型等布置方式，在适宜条件下均取得了较理想的通风效果，大大地改善了采煤工作面的通风条件，保证了安全回采。

4. 新型通风设施得到使用

为适应矿井灾变时期风流控制的需要，研制出了能在地面利用矿井环境监控系统或远程控制操纵井下主要风门的自动监控系统，为矿井救灾提供了方便。

掘进通风装备系列化工作稳步前进。为保证掘进工作面的有效地通风，使局部通风机的连续稳定安全运转，已开发出多种系列的新型局部通风机，特别是新型对旋式、无摩擦火花型和安全摩擦火花型系列局部通风机的出现，大大提高了掘进通风的可靠性。在高瓦斯矿井和突出矿井，局部通风机实行“三专两闭锁”、“双风机双电源”自动倒风，提高了掘进工作面的安全水平。

二、矿井通风系统在安全生产中的重要地位

建国以来，我国煤矿重大恶性事故发生频繁，其中绝大多数是“一通三防”方面的事，事故矿井中存在的通风系统隐患与事故的发生和扩大存在着千丝万缕的联系。如 2004 年 10 月至 2005 年 2 月分别发生在郑州某矿、铜川某矿和阜新某矿的 3 起震惊中外的煤矿瓦斯爆炸事故，都不同程度地与通风系统中存在的重大隐患有关。2005 年 4 月至 7 月，根据国务院第 81 次常委会精神，国家组织了煤矿安全专家“会诊”工作，其中的工作重点就是解决煤矿通风系统中存在的隐患问题。

在矿井生产过程中，随着采掘工作面的推进、转移，通风网络结构及各分支的风阻都将发生相应的变化，或由于井下生产过程中，井巷瓦斯涌出量的变化、煤炭自燃等原因，也需对井下通风网络结构、各分支的风阻进行人为的调节，因此，矿井通风网络实际上处于一个动态变化过程中。

1. 井巷风阻变化引起风流变化，处理不当会引起恶性事故

矿井风网内各分支风阻变化是经常发生的，有些分支风阻变化是按计划进行的，如采掘工作面的推进和搬迁、采区的接替、水平的延深、系统的调整等；有些分支风阻变化则是随机的，如风门的开启、井巷的局部冒顶和变形、运输和提升设备的运行等，都会引起风网内风流的变化。

当某分支风阻增大时，其本身的风量会减小，包含该分支的所有通路上的其他分支的风量也会随之减小，与该分支并联的其他分支的风量会增加。分支风阻变化对矿井通风网络的影响程度取决于该分支在网络中的位置，若该分支是矿井的主要进回风井巷，本身的风量较大，其风阻值稍有变化，则整个网络都会发生较大的变化。

在通风系统中构筑密闭或进行巷道贯通，实际上使风网的结构发生了变化，施工前，必须进行通风网络分析，预测系统中各井巷的风流变化情况，为避免事故的发生，一般宜先作系统调整，将密闭构筑地点或贯通地点的风量降低，以减少密闭或被贯通煤岩柱承受的压差。

在生产矿井中，影响风流稳定性的因素很多，如通风机的工作状态、通风构筑物的构

筑数量和质量、自然风压变化幅度、巷道贯通或密闭构筑、工作面的推进与转移、采区或生产水平过渡、井巷运输和堆积物等，对通风系统的稳定性均有一定的影响。

仅由串、并联分支组成的风网，其稳定性强，只有风网动力源改变时，才能发生风流反向。角联风网中，对角分支的风流易出现不稳定。实际情况下，大多数采掘工作面都处在潜在的角联风网中，应在相应井巷中安设备用风门，保证风流的稳定。

2. 主要通风机运行状态变化对矿井通风稳定性有重大影响

主要通风机、辅助通风机数量和运转参数的变化，不仅会引起风机所在井巷的风量变化，而且会使风网中其他分支风量发生变化，特别是在多风机通风的矿井中，某一主要通风机工况的变化都会影响其他风机的工况，变化较大时，会出现部分井巷风量不足、停风甚至风流反向等严重隐患。

为保证通风系统的动态稳定，必须及时对通风系统进行合理的调整。局部风量调节包括增阻调节法、减阻调节法和增加风压调节法（如在需增风的分支增设辅助通风机、利用自然风压调节部分分支的风量）。矿井总风量调节包括改变主要通风机工作特性（如改变风机转速或叶片安装角度、调节前后导器、更换风机等）和改变矿井总风阻（如用风硐闸门调节、增减井下井巷风阻等方法）。另外，合理调整井下通风网络结构，不仅对降低井下通风阻力有利，对提高通风系统的稳定性和防灾抗灾能力，都是很有好处的。

3. 完善的矿井通风系统是矿井安全生产的保证

根据不同类型矿井通风系统的要求，具体制定出每一类型矿井通风系统的设计规范，可提高矿井设计的质量。矿井通风系统的类型不同，通风管理的标准也有差异。根据每一类型矿井通风系统的特点制定出具体的管理标准，可使通风管理有的放矢。

采区通风系统是矿井通风系统的核心，采区通风系统的结构决定了矿井通风系统的最重要的参数和指标（如漏风量、稳定程度等），因而合理的采区通风系统是保证矿井安全生产的基础。采区通风系统的合理与否主要取决于回采工作面的通风系统。回采工作面的通风系统由影响矿井安全的瓦斯、高温和自然发火等因素所决定，因而应根据回采工作面进、回风巷道的布置方式和数量来决定其通风系统。

三、矿井通风系统分析与评判

瓦斯、煤尘、煤炭自燃等事故发生的原因是多方面的，其中矿井通风系统不完善是导致这些事故发生的主要因素。因此要减少这些事故的发生，必须提高矿井通风系统防灾、抗灾能力，即要提高矿井通风系统的安全性。矿井通风系统的安全度是矿井通风系统安全性的定量描述，是指矿井通风系统的安全程度。

（一）矿井通风系统安全性的评价指标

安全性与可靠性存在十分密切的联系，但系统的安全性和可靠性是两个不同的概念。可靠性是指系统或元件在规定条件下，规定时间内完成规定功能的能力。只要系统能够完成规定的功能，不管是否带来安全问题，就是可靠的。安全性则要求识别系统的危险所在，并将其排除。可靠性与安全性有共同之处，从某种程度上讲，可靠性高的系统，通常其安全性也高。许多事故之所以发生，就是由于系统可靠性较低。

矿井通风系统安全性有二层含义：一是保证矿井的正常生产；二是能够预防和控制灾害事故的发生。

1. 安全性

矿井通风系统的安全性应满足以下要求：

(1) 矿井通风系统结构具有较强的控制各种自然灾害的能力，即能抑制事故的发生，并在因其他原因引起事故时，能及时的控制和消除事故。

(2) 有利于排除瓦斯、矿尘和热量；有利于防治煤炭自燃。

(3) 通风系统稳定可靠。

(4) 各用风地点的风量满足需要，可调性强。

2. 评价指标

矿井通风系统安全性评价不同于目前煤矿安全评比，也不同于安全检查，目前的检查评比注重矿井通风的管理。矿井通风系统安全性的评价是客观评价矿井通风系统结构本身的安全性。因此，确定的评价指标应能客观地反映矿井通风系统结构安全的质量。

从安全角度出发，对矿井通风系统组成结构进行全面系统的分析，参考《煤矿安全规程》和《生产矿井质量标准化标准》的有关规定和指标及现场科技人员的经验，并根据主从相关原则、回归关系原则和方向性原则，可确定如下9个矿井通风系统安全性的评价指标。

(1) 主要通风机运转的稳定性。主要通风机担负整个矿井或某个区域的通风，其运转是否稳定对矿井通风系统的安全可靠性具有决定性的影响，如果主要通风机不能稳定运转，将使其所担负的区域内的风流不稳定。所以，主要通风机运转的稳定性是矿井通风系统安全性的最重要指标。

(2) 用风地点分区通风、风量满足要求的程度。《煤矿安全规程》规定：每一生产水平都必须布置回风巷，实行分区通风；采煤工作面和掘进工作面都应采用独立通风。风量满足要求是创造良好的劳动环境、防止瓦斯积聚和粉尘浓度超限的基本措施。

(3) 矿井风量供需比。矿井实际风量满足要求是保持井下各用风地点有足够风量的前提条件，也是改善劳动环境和安全生产的基础。

(4) 矿井通风系统及设备状况。煤炭自燃直接威胁着矿井的安全生产，瓦斯积聚可导致瓦斯爆炸；而瓦斯积聚和煤炭自燃与矿井通风系统和设备有着直接的联系。

(5) 矿井风压。矿井风压越高，矿井通风阻力越大，矿井通风管理难度越大，漏风量也越大，从而导致煤炭自燃的可能性也越大。所以，风压是反映矿井通风系统安全性的重要指标。

(6) 反风系统灵活可靠性。《煤矿安全规程》规定：生产矿井主要通风机必须装有反风设施，必须能在10 min内改变巷道中的风流方向，当风流方向改变后，主要通风机的供给风量不应小于正常风量的40%。反风系统是在灾害发生后，防止灾害事故扩大的重要技术措施。

(7) 通风设施和设备的自动监控程度。通风设备（主要通风机和局部通风机）运转是否正常直接影响着矿井的安全生产。风门失控可导致井下通风系统的紊乱及风流短路，从而严重危及矿井生产的安全性。所以，通风设备及风门是否装有自动监控系统是衡量矿井通风系统安全性的重要指标。

(8) 调节设施的合理性。调节设施越多，矿井通风系统越复杂，通风设施布置是否合理，对矿井通风系统具有重大的影响。

(9) 隔爆设施数量和质量。《煤矿安全规程》规定：开采有煤尘爆炸危险煤层的矿井，

矿井的两翼、相邻的采区、相邻的煤层和相邻的工作面，都必须用水棚或岩粉棚隔开。隔爆设施是防止爆炸传播的主要手段。

3. 评价指标的权值

矿井通风系统安全性评价的 9 个指标对矿井通风系统安全性的影响的重要程度，常选用一定的数值来表示（称为“权值”）。通常应用层次分析法（AHP）确定评价指标的权值。

（二）矿井通风系统安全度的评价

1. 评价指标的白化函数

矿井通风系统安全度由 9 个指标（元素）所决定，由于这些元素是灰元素（信息不完全或存在机制不明确的关系的元素，如矿井风压与矿井通风系统安全性到底是什么关系就不明确），因此矿井通风系统安全性的评价即是一个灰系统（含灰数或灰元素、灰关系的信息不完全的系统）。

为了描述灰元素，需确定灰元素的白化函数，而白化函数的确定，需要定出白化函数的阈值。阈值的确定采用类比方法获得（称为客观阈值）。灰色理论认为，当指标存在一个阈值时，指标值大于阈值时，认为指标值越小越好；当指标值小到等于阈值时，如果指标值再减小，则认为它和阈值的意义相同。例如，对于矿井风压这一指标，若按照类比的方法确定通风机风量达到 $10000 \text{ m}^3/\text{min}$ 时的阈值为 1500 Pa 。当矿井风压值超过 1500 Pa 时，矿井风压越小，矿井安全性越好；当矿井风压值等于 1500 Pa 时，即使矿井风压再减小，它和 1500 Pa 时对矿井通风系统安全性的影响是相同的。

（1）主要通风机运转稳定性。从安全方面分析，由于轴流式通风机的性能曲线有马鞍形区段，通风机工况点进入此区段，通风机运转不稳定，因此限定实际工作风压上限不得超过最高风压的 90%。从经济角度出发，通风机的运转效率不应低于 60%，通过对各通风机的性能曲线进行分析，通风机效率 60% 对应的风压值与最高风压值的比值不应低于 50%。

（2）用风地点分区通风，且风量满足要求的程度。这一指标很难定量确定，通常用模糊函数求解。

（3）矿井风量供需比 K_2 。一般认为， K_2 值应在 $[1, 1.2]$ 区间， $K_2 < 1$ 时，矿井风量不足； $K_2 > 1.2$ 时，矿井风量过剩。一般认为 K_2 最大不超过 1.5。

（4）矿井通风系统及设备状况。矿井通风系统和设备是否有利于防治煤炭自燃、瓦斯排放和降温，根据情况确定一个数值。

（5）矿井风压。根据现场的经验，按照类比的方法确定矿井风压的阈值为

$$h_0 = 174.95 Q_f^{0.42} \quad (1-1)$$

（6）反风系统灵活可靠性。

（7）通风设备及风门自动监控系统的可靠性。

（8）调节设施合理性。

（9）隔爆设施数量和质量。

2. 矿井通风系统安全度的计算

矿井通风系统的安全度是矿井通风系统安全性的客观量度，它直观而又明确地表明了矿井通风系统安全的程度。矿井通风系统安全度可用式（1-2）计算：

$$S = 100 \sum_{i=1}^9 a_i f_i \quad (1-2)$$

式中 S ——矿井通风系统的安全度；

a_i ——矿井通风系统安全度评价指标权重；

f_i ——矿井通风系统安全性评价指标的白化函数值。

当描述矿井通风系统安全性的9个评价指标的白化函数值均为1时，矿井通风系统的安全度为100，表明此时的系统是最安全的。根据安全度值的不同，可将矿井通风系统的安全性分为A、B、C、D4个等级，其各自应采取的安全对策见表1-1。

表1-1 矿井通风系统安全性等级及应相应采取的安全对策

安全性等级	A	B	C	D
安全度	100	$100 > S \geq 80$	$80 > S \geq 60$	$S < 60$
评价结论	安全	良好	较安全	较危险
安全对策	保持	注意预防	查明原因，采取措施	查明问题，及时整改

四、矿井通风系统的改造与优化

矿井通风系统方案设计是矿井设计的主要内容之一，是反映矿井设计质量及水平的关键因素。它不仅关系到矿井建设速度、投产时间和基建投资的多少，而且对矿井投入生产后的生产面貌和技术经济效益也有长远的影响。影响矿井通风系统方案选择的因素很多，并且各因素之间存在着不可公度性和矛盾性，矿井通风系统的优化就是综合考虑各种因素的影响，从众多的方案中确定安全可靠、抗灾能力强、技术合理和经济效益好的矿井通风系统方案。

生产矿井由于生产布局的变化、自然条件的影响及生产能力的提高，须进行矿井通风系统的技术改造，矿井通风系统技术改造方案是生产矿井技术改造的重要内容之一。矿井通风系统改造就是根据矿井通风系统的各参数的变化，对通风网络结构、通风设施和通风动力进行合理的调整，使通风系统满足矿井安全生产的需要，创造较好的经济效益。

(一) 矿井通风系统方案的评判指标

新建矿井在进行通风系统设计方案选定和生产矿井在进行通风系统技术改造方案选定时，根据矿井的地质条件、矿井开拓和生产布局可拟定出众多的、基本可行的方案，并且各个方案各有优缺点，因而要从众多的方案中确定出最优的通风系统方案，必须首先确定通风系统的评判指标。

通风系统的状况和质量是用一套定性和定量指标表示的。定性指标没有计量单位，具有离散性（不连续）。定量指标是从数量方面来描述矿井通风系统，它们的变化具有数量尺度，大部分定量指标可做连续型变化，但也有个别的定量指标的变化是离散型的。

根据矿井通风系统指标的物理意义，又可把矿井通风系统的指标分为表明矿井通风系统的技术可行、经济合理和安全可靠三大类。

1. 矿井通风系统评判指标的确定

表征矿井通风系统的指标种类较多，且每一类中也有较多的指标。如果直接利用这些