

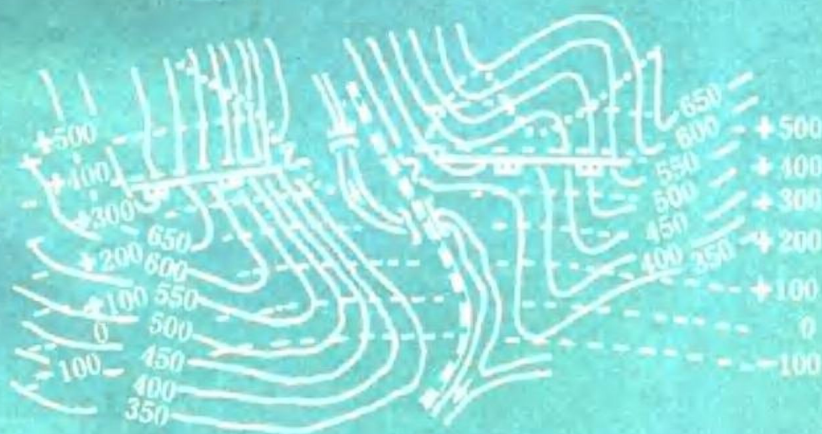


地方煤矿干部培训教材

煤矿安全技术

煤炭部地方局组织编写

巨华强 主编



四川人民出版社

TD7
10
3

地方煤矿干部培训教材

煤矿安全技术

煤炭部地方局组织编写

巨 华 强 主 编

6814 126

四 川 人 民 出 版 社

一九八二年·成都

A659187

责任编辑：崔泽海
罗孝昌
封面设计：文小牛

煤矿安全技术 煤炭部地方局组织编写
四川人民出版社出版 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行 温江地区印刷厂印刷
开本787×1092毫米 1/16 印张16 插页2 字数360千
1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷
印数：1—33,000册
书号：15118·64 定价：1.36元

前 言

为适应全国地方煤炭工业的发展和培训干部的需要，煤炭部地方局搜集了各省部分培训教材，并从八个省抽调了部分工程技术人员和教师组织选编了三本地方煤矿培训教材，即：《煤矿安全技术》、《煤矿开采技术》、《煤矿企业管理》。这套教材以普及煤矿安全、开采技术和管理的基本知识为主，也对煤炭工业发展的技术方向作了必要介绍。

这套教材主要适用于培训地方国营煤矿的书记、矿长等领导干部，对区、队长和社办矿的干部培训也可选用，还可供具有初中以上文化程度的干部、工人自学及工程技术人员参考。

本书是以山东省地方煤矿指挥部提供的由巨华强同志编写的《煤矿安全技术教材》为基础进行修改编写的。在修编中新增加了“安全运输及提升”一章，并重点充实了矿井通风、矿井瓦斯及矿山压力与顶板管理等章节的内容。

参加本书修编工作的有巨华强同志（概论、第八、九章）、蒋仁江同志（第一、二章）、李众同志（第三、四、六章）、刘庆翰同志（第十章）、姚万义同志（第五、七章部分）。最后由巨华强同志校阅统稿。

因编写时间匆促和编写水平所限，错误难免，望读者指正。

编 者

一九八一年十一月

于四川彭县煤矿

目 录

概 论.....	(1)
第一章 矿井空气与气候条件.....	(6)
第一节 空气的主要物理性质.....	(6)
第二节 矿井空气.....	(10)
第三节 矿井气候条件.....	(15)
第二章 矿井通风.....	(21)
第一节 矿井通风的基本任务.....	(21)
第二节 矿井风量计算.....	(23)
第三节 通风压力与阻力.....	(30)
第四节 通风动力.....	(45)
第五节 矿井通风系统.....	(54)
第六节 风量调节.....	(62)
第七节 掘进通风.....	(65)
第八节 矿井通风管理.....	(70)
第三章 矿井瓦斯.....	(76)
第一节 概述.....	(76)
第二节 沼气的燃烧和爆炸.....	(83)
第三节 预防沼气爆炸的措施.....	(87)
第四节 沼气喷出与突出及其预防.....	(92)
第五节 沼气抽放.....	(100)
第四章 矿尘.....	(106)
第一节 概述.....	(106)
第二节 煤尘的可燃性和爆炸性.....	(107)
第三节 预防煤尘爆炸的措施.....	(111)
第四节 矿尘的测定.....	(114)
第五节 矿尘职业病及其预防.....	(116)
第五章 矿井火灾.....	(119)
第一节 矿井火灾及其危害.....	(119)
第二节 矿井火灾的发生.....	(119)
第三节 煤的自然过程及影响因素.....	(120)
第四节 矿井防火措施.....	(123)

第五节 火区的管理与启封.....	(131)
第六章 矿井水害防治.....	(134)
第一节 概述.....	(134)
第二节 地面水害防治.....	(134)
第三节 井下水害防治.....	(135)
第四节 透水事故的处理.....	(142)
第七章 爆破安全技术.....	(143)
第一节 火药的性质.....	(143)
第二节 火药的管理.....	(147)
第三节 爆破工具.....	(149)
第四节 爆破安全措施.....	(150)
第五节 瞎炮和残炮的处理.....	(152)
第六节 防止意外爆炸的措施.....	(153)
第八章 矿山压力与顶板管理.....	(157)
第一节 概述.....	(157)
第二节 矿山压力及其研究方法.....	(157)
第三节 煤层顶底板构成及矿山压力显现的规律.....	(161)
第四节 采场顶板分类.....	(166)
第五节 影响矿山压力的因素.....	(167)
第六节 采场顶板管理.....	(172)
第九章 安全运输与提升.....	(189)
第一节 概述.....	(189)
第二节 平巷运输.....	(189)
第三节 倾斜井巷运输.....	(195)
第四节 立井提升.....	(203)
第十章 安全用电.....	(212)
第一节 电的基本知识.....	(212)
第二节 煤矿井下电网可能造成的危害及安全用电措施.....	(229)
第三节 井下变压器中性点禁止接地.....	(236)
第四节 井下保护接地.....	(239)
第五节 井下低压电网的漏电保护.....	(241)
第六节 井下低压电网过流保护.....	(244)

概 论

煤炭是我国的第一能源，对国民经济的发展起着重要的作用。煤是工业的粮食，有了煤，能保证电力、运输、钢铁的发展。煤不仅是工业的主要燃料，也是化学工业的原料，是人民群众不可缺少的生活资料。因此，高速度地发展煤炭工业，对发展我国的社会主义经济，实现四个现代化具有重要意义。

一、坚持安全第一的方针，发展煤炭生产

安全第一是实现煤矿安全生产的重大方针。它是根据煤炭工业的自然规律和客观规律、历史的经验教训和社会主义性质确定的。煤炭生产是向地球开战，受自然条件的影响和约束很大，不同的地质构造和煤层的赋存条件决定了必须采取不同的开拓开采方法，并且带来了许多自然灾害。如矿山压力的显现可造成片帮冒顶；地面水和地下水可造成矿井透水淹井；煤炭的自然可造成井下火灾；井下的沼气和煤尘遇火可引起爆炸等等，这一些经常存在的自然灾害因素，是煤炭生产特有的不安全隐患。

煤炭生产是地下作业，生产系统复杂，工作场所黑暗狭窄，而且经常移动。由于地质条件的变化会使移动的采掘工作面不断出现新的情况和问题，对安全生产带来严重威胁。

煤炭生产是一个复杂的生产过程，必须综合的运用多种生产技术和组织管理方面的科学技术。因此，煤炭工业与其它工业相比，它是一个具有特殊性的多科性的复杂的工业部门。正因为这样，煤矿不仅受特有的自然灾害因素的威胁，而且有其它工业普遍存在事故因素，再加上煤炭工业比其它工业部门生产技术较落后，因此世界上主要产煤国家，过去和现在煤矿的伤亡事故都在整个工业部门中较为严重。

但是，我们是社会主义国家，社会主义的优越性之一，就是代表人民的利益，保护人民的利益，就是要尽全力以保护劳动者生命安全和身体健康。从另一方面来说，要发展生产，必须提高生产力，而人类的首要生产力就是劳动者，即人是生产力的决定因素。工人有积极性并具有健康的身体，掌握了工具和技术，才能创造更多的财富。因此，必须把搞好安全生产，保护生产力，作为改善生产关系，发展生产的重要手段。

建国以来三十多年的经验教训证明：什么时候把安全工作摆在首位，煤矿生产事故就下降，生产就搞得好；什么时候忽视了安全，煤矿事故就增加。回顾三十多年的历史，使我们清醒的认识到，要搞好煤炭生产必须坚决执行安全第一的方针。安全第一就是说：安全就是生命；在生产和安全发生矛盾时，生产要服从安全。

安全第一的方针不是空洞的口号，而是有其具体的实质内容和要求。即：

1. 把安全第一作为煤矿生产建设的行动准则。在煤田地质勘探、矿井设计、计划、生产、建设的全过程和企、事业单位主管部门及全体煤炭系统都要把安全放在第一位。在人力、物力、资金等各方面优先满足安全的需要。

2. 主要领导对安全工作全面负责。即上自煤炭部部长，以下各省、地、县煤炭局长、矿务局长，下至矿长、井长、区队长都要对安全工作全面负责。要组织贯彻执行国家和上级关于安全生产方面的文件、命令、条例、规程；指挥生产建设要安全先行，每天开始工作和到矿井应首先检查安全，首先解决安全上存在的问题。

3. 实行安全工作人人管理。主要是建立安全责任制和业务保安制度，让每个人、每个部门、每个单位都要负起本范围内的安全工作，作到层层抓紧，人人抓紧。并给予每个矿工保护自己安全、参加安全管理的权力。

4. 坚持预防为主。预先熟悉并掌握矿井自然灾害因素；预先分析发生各种事故的可能性和地点；预先采取防治措施；预先制定事故处理计划。同时必须搞科学管理，文明生产，为矿工创造安全、卫生、无害的劳动条件。

5. 严格安全监察。建立安全监察机构，配备足够的原则性强、业务水平高、身体好的干部，并给予他们能以制止违章指挥、违章作业的权力。

6. 如安全与生产发生矛盾，即安全生产和不安全生产发生矛盾时，必须坚决服从安全，不消除发生事故的危险问题不能生产，不安全不许生产。

7. 建立严格的安全奖惩制度。要把遵章守纪、安全生产作为提干、评选先进和奖励的前提。对违章和造成事故的责任者必须严肃处理。

8. 制定煤矿安全法规，作为执行安全第一方针的标准和保障。煤炭系统的各企业、事业单位都要根据安全法规的要求，制定具体的实施细则，以保证安全第一方针的具体执行。

二、《煤矿安全规程》是煤矿安全生产的法规

煤炭部在关于颁布《煤矿安全规程》的决定中指出，《煤矿安全规程》是煤炭工业贯彻执行党和国家的安全生产方针的具体要求，是煤矿安全生产的法规，是保证煤矿职工安全健康，保护国家资源不受损失，促进煤炭工业现代化建设必须遵循的准则。《煤矿安全规程》之所以是煤矿安全生产的法规和煤炭生产建设的准则，是因为《煤矿安全规程》是根据宪法关于“改善劳动条件，加强劳动保护”的规定和国家的安全生产方针以及国务院有关的安全生产的规程、条例、指示制定的具体规定，因此具有法律规范性。而且事实上，《规程》已成为判处在煤矿生产中危害公共安全罪犯时的具体准绳。

《煤矿安全规程》所规定的是领导煤矿的权力机关、主管部门、煤矿企业领导者治理煤矿灾害，保证安全生产的带有根本性的规定。全国煤炭系统各企业、事业单位及其它各部门都必须严格执行《规程》。总则第一条就规定“煤炭工业的全体干部和工人必须遵守本规程的各项规定”。要教育全体干部和工人遵章、守纪，加强法制观念，要执行《规程》第十一章规定的奖惩准则。如规程第456条中规定对模范遵守国家有关政策、法令，在安全生产上作出显著成绩和制止违章、处理隐患、避免重大事故以及抢救事故有功人员，由企事业单位和主管部门给予表彰和物质奖励，这也是法制。同时对那些违反规程第458、459、460条规定的单位和有关部门的主要领导人或当事人或事故肇事者必须追究行政和法律责任。触犯刑法就要提出诉讼，受到法律制裁。如触犯刑法第一百一十四条，即工厂、矿山、林场、建筑企业或其它企业、事业单位的职工，由于不服从管理，违反规章制度，或者强令工人违章冒险作业，因而发生重大伤亡事故、造

成严重后果的，判处三年以下有期徒刑或者拘役，情节特别严重的，判处三年以上七年以下有期徒刑。再如触犯刑法第一百八十七条，即国家工作人员由于玩忽职守，致使公共财产、国家和人民利益遭受重大损失的，判处五年以下有期徒刑或者拘役。对触犯刑法的，由人民检察院提出公诉后，法院审理案件，并根据情节严重情况和后果依法判刑。

三、加强企业安全管理，落实各项规章制度

企业管理就是按照客观规律、合理组织企业的全部生产经营活动。要搞好一个煤炭企业也是如此，必须按照客观规律办事。合理地组织企业各部门、人力、财力、物力去搞好生产和经营各项工作。但是，正如前述，煤炭企业的生产有其独有的特点，那就是不安全的隐患多，对安全生产的威胁比较严重，事故比其它工业部门多，这是煤炭工业的客观事实。所以，要搞好煤炭企业，根据煤炭生产的客观规律，制定了安全第一的生产方针，因此，加强煤炭企业的安全管理工作就成为煤炭生产的第一位重要工作。

煤炭企业要真正的贯彻执行好安全第一的方针，搞好安全生产，必须正确处理好以下七个关系：

1. 安全与生产的关系：安全与生产是辩证的统一。安全为了生产，生产必须安全，不安全就不生产，不可偏废，不能搞形而上学、片面性、绝对化。各级党组织要把安全工作列入党委的重要议事日程，真正树立起安全第一的思想。在讨论、研究生产时，首先要讨论、研究安全工作；在计划、布置、检查、总结生产的同时，首先计划、布置、检查、总结安全工作。负责生产的同志要重视关心和主动搞好安全工作；负责安全工作的同志，要通过搞好安全为生产服务，促进生产计划的完成，保证稳产高产。

2. 专管与群管的关系：《规程》规定必须建立健全各级安全监察机构，配备一定数量的安全监察员，代表上级行使监察权。但是《规程》第5条还规定，安全工作必须实行群众管理，建立群众安全检查网组织，在每个班、组都应设专职或兼职安全检查员，负责本班、组的安全检查工作，每个职工有权制止任何人违章作业，并拒绝任何人违章指挥。

专职检查员要主动积极搞好本职安全检查工作。但是安全工作要以专管为指导，群管为基础，做到专管与群管密切结合，严格执行岗位责任制及煤矿安全规程和各种技术措施才能实现安全生产。

3. 规章制度和技术措施与工人技术水平的关系：有关安全生产的合理的规章制度是工人同自然作斗争的经验总结，能保证工人安全生产。各矿必须建立健全并坚决落实执行各种合理的规章制度，同时还要注意制定重大的安全技术措施，创造工人能够安全生产的物质条件，要组织工人学习安全生产的技术知识，对安全技术规程能弄懂、弄通、会执行。只有这样才能做到安全生产。

4. 工程质量与安全生产的关系：实践证明，搞好质量就安全，堵住了事故就稳产高产。工程规格质量好不好，对安全生产有直接关系。许多事故的发生，即由工程质量差所造成，因此，一定要严格工程质量，这是煤矿生产的特定要求，要坚持执行各种工程质量验收标准，确保安全，实现文明生产。

5. 革命精神与科学态度的关系：煤矿工作需要艰苦奋斗的革命精神，但是应把

革命精神与科学态度紧密结合起来，在指挥生产时，不能违反客观规律和煤矿安全规程，不能搞瞎指挥、盲目蛮干，要用革命的精神，严格执行煤矿安全规程，研究攻克安全上的一些重大问题，搞好各项安全技术措施工程。

6. 小矿与大矿的关系：在这个问题上要有全局观念，特别是牵扯到一些重大安全问题时，一定要保证相邻大小矿的安全生产，要在不破坏大矿的合理开采的前提下，大、小矿统筹兼顾，共同发展，大矿要给小矿划定边界，支持小矿发展，小矿要严守边界，尊重大矿的指导。对于乱采乱掘和威胁大矿安全生产的要和有关部门一起做好工作，认真研究解决，严禁超界开采。

7. 奖与罚的关系：一定要赏罚分明。对安全生产搞得好的，防止重大事故有贡献的集体和个人要进行表彰和奖励；对出了事故的，要严格按照“三不放过”的原则，以严明的纪律，严肃的态度，认真处理。赏罚都要从教育出发，调动群众的积极性，才能搞好安全生产。

四、加强安全技术教育，进行全员培训

前述《煤矿安全规程》是煤矿安全生产的法规和煤矿生产建设的准则，因此，必须使每一个煤矿职工掌握和理解《规程》的各项规定的含义、要求、标准并且自觉的贯彻执行。这就要求不断地加强对广大职工进行安全技术教育。

煤炭部在关于颁布《煤矿安全规程》的决定中指出：“为了很好地贯彻执行本规程的各项具体规定，各单位必须组织干部和工人认真学习本规程，并进行考试，不及格的要补考达到要求，否则干部不准担任原职务，工人不准独立顶岗位操作。每年要进行一次普遍的《煤矿安全规程》教育和执行情况的考核。”这就是要求在煤炭系统中加强安全技术教育，进行全员培训。

所谓全员培训，就是从领导干部到技术、管理干部、生产工人、辅助生产工人都应分期、分批、有计划地进行培训。提高马列主义理论水平和社会主义觉悟，提高科学技术和企业管理的知识以及实际工作的能力。作为煤炭企业，由于它的特殊性要求，一定要更加重视搞好全员培训的工作，而且首先必须搞好“煤矿安全技术”方面的全员培训。因此，必须是领导干部带头学，基层干部、区队长分期、分批培训，对一些专业技术性强的工种，如安全检查员、放炮员、瓦斯检查员、顶板管理员、通风工、支柱工、割煤机司机、绞车司机和探水钻工等，除了进行全面的安全技术教育外，还要按工种进行专业安全技术培训，切实掌握煤矿安全规程的有关规定和安全技术知识。

为了便于广大干部、职工学习和掌握《煤矿安全规程》，本书根据煤矿生产过程中经常发生和可能发生的事故及存在的不安全隐患，结合地方煤矿的特点和经验，参照《煤矿安全规程》的有关规定，进行了技术分析，提出了预防事故、治理灾害、保证安全的技术措施。

本书的特点是：重视了一般“通风安全”书籍中论述的加强通风技术管理，供给充足的新鲜空气，为井下创造良好的气候条件；重视预防和排除矿井水、火、瓦斯、煤尘等灾害；针对煤矿中最常见、最容易发生的、伤亡人数占各种灾害全部伤亡人数比例最大的顶板事故进行了分析；比较深刻地分析了矿山压力的显现、采场顶板冒顶事故的原因，提出了顶板管理的方法、措施。此外，还对煤矿中经常发生的、在各种事故中占有

相当比例的运输提升、爆破及用电等方面的有关安全技术问题，作了必要的由浅入深的介绍，经过分析，提出了保证安全生产的措施。

由于煤矿生产的客观条件复杂，生产设备普遍比较落后，工作环境条件也不够好，影响安全生产的因素很多，而且技术性都很强，至今有些技术问题还处于探讨研究阶段。又因为它的生产条件随时都可能有所变化，所以更增加了它的技术复杂性。我们虽然对矿井各种情况下的不安全问题作了分析，但总不是很全面的。相信全体煤炭战线上的广大干部、职工只要能坚决贯彻执行安全第一的生产方针，认真学习安全技术，尊重客观规律，按照《煤矿安全规程》的规定办事，煤矿生产建设一定会走向安全生产、文明生产的光辉前程。

第一章 矿井空气与气候条件

第一节 空气的主要物理性质

煤矿是井下作业，井下无阳光照射，湿度大，矿尘多，温度高，又有许多有毒和有害气体。因此，必须不断地向井下送入适量的新鲜空气，同时将污浊空气排出到地面。

此项任务完成的好坏与很多因素有关，而空气本身的特性则起着决定性的作用，故在研究矿井通风的有关问题之前，首先应对空气的主要物理性质有所了解。

一、空气的重量

空气和一切物体一样，不但占据空间，而且也有重量，以G表示

$$G = M \cdot g \text{ (公斤)} \quad (1-1)$$

式中：M——空气的质量（公斤·秒²/米）；

g——重力加速度（米/秒²）（g=9.81米/秒²）

二、空气的湿度

矿内空气的湿度是指矿内空气中所含水蒸气量而言，其表示方法有二种

1. 绝对湿度

指每一立方米或每一公斤空气中所含水蒸气量的克数。其单位为 克/米³或克/公斤。

2. 相对湿度

指某一体积空气中实际所含水蒸气量与同一温度下的饱和水蒸气量之比的百分数。

可用公式表示如下

$$\varphi = \frac{f}{F_{\text{饱}}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中：φ——相对湿度（%）；

f——空气中实际所含水蒸气量，即绝对湿度（克/米³）；

F_饱——在同一温度下空气中饱和水蒸气量（克/米³）（空气中饱和水蒸气量的大小取决于空气的温度。温度越高，F_饱值越大，见表1-1）

为什么空气的湿度要用绝对湿度和相对湿度两种表示方法呢？因为绝对湿度只表示空气中水蒸气量的多少，而不能说明空气中水分蒸发的快慢与多少问题，只有用相对湿度才能说明。

矿井通常讲的湿度，一般指的是空气的相对湿度；相对湿度值是表示空气干湿程度的一个参数。在一定温度与压力下，F_饱是一个常数，而φ与f成正比，表明φ值越大，空气越潮湿；反之越干燥。

饱和蒸汽表

(在正常大气压与饱和状态下, 每一立方米与每一公斤空气中所含水蒸气量, 以克计)

表 1—1

空气温度 (℃)	在一立方米空气内	在一公斤空气内	水蒸气压力 (毫米水银柱)	空气温度 (℃)	在一立方米空气内	在一公斤空气内	水蒸气压力 (毫米水银柱)
-20	1.1	0.8	0.96	14	12.0	9.8	11.99
-15	1.6	1.1	1.45	15	12.8	10.5	12.79
-10	2.3	1.7	2.16	16	13.6	11.2	13.64
-5	3.4	2.6	3.17	17	14.4	11.9	14.50
0	4.9	3.8	4.58	18	15.3	12.7	15.50
1	5.2	4.1	4.92	19	16.2	13.5	16.50
2	5.6	4.3	5.29	20	17.2	14.4	17.50
3	6.0	4.7	5.68	21	18.2	15.3	18.70
4	6.4	5.0	6.09	22	19.3	16.3	19.80
5	6.8	5.4	6.53	23	20.04	17.3	21.10
6	7.3	5.7	7.00	24	21.6	18.4	22.40
7	7.7	6.1	7.49	25	22.9	19.5	23.80
8	8.3	6.6	8.02	26	24.2	20.7	25.20
9	8.8	7.0	8.58	27	25.6	22.0	26.70
10	9.4	7.5	9.21	28	27.0	23.4	28.40
11	9.9	8.0	9.84	29	28.5	24.8	30.10
12	10.0	8.6	10.52	30	30.1	26.3	31.80
13	11.3	9.2	11.23	31	31.8	27.3	33.70

井下空气的相对湿度一般用手摇湿度计测定。如图 1—1 所示, 手摇湿度计是将两支温度计装在一个金属框上, 其中一支为干温度计; 另一支为湿温度计(水银球外包裹湿纱布)。测定时手握摇把以每分钟 150 转的速度旋转 1~2 分钟, 由于水分的充分蒸发, 吸收热量, 使湿温度计的读数降低, 与干温度计读数发生差异。根据干、湿温度计的读数差值和干温度计上的读数就可以在表 1—2 查得相对湿度值。

另外还有风扇式湿度计, 其测量原理和方法与手摇式湿度计大致相同。

例: 干温度计读数 $t_{\text{干}} = 24^{\circ}\text{C}$, 湿温度计读数 $t_{\text{湿}} = 22^{\circ}\text{C}$, 干、湿温度差 $\Delta t = t_{\text{干}} - t_{\text{湿}} = 24 - 22 = 2^{\circ}\text{C}$, 根据 $t_{\text{干}}$ 和 Δt , 在表 1—2 中查得相对湿度 $\varphi = 83\%$ 。

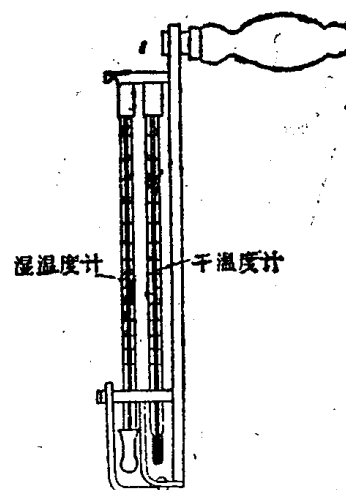


图 1—1 手摇湿度计

由干、湿温度计读数查相对湿度

表 1—2

干湿温度 计 读 数	干 湿 温 度 之 差							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	相 对 湿 度 (%)							
0	100	81	63	46	28	12		
5	100	86	71	58	43	31	17	4
6	100	86	72	59	46	33	21	8
7	100	87	74	60	48	36	24	14
8	100	87	74	62	50	39	27	16
9	100	88	75	63	52	41	30	19
10	100	88	77	64	53	43	32	22
11	100	88	79	65	55	45	35	25
12	100	89	79	67	57	47	37	27
13	100	89	79	68	58	49	39	30
14	100	89	79	69	59	50	41	32
15	100	90	80	70	61	51	43	34
16	100	90	80	70	61	53	45	37
17	100	90	80	71	62	55	47	40
18	100	90	80	72	63	55	48	41
19	100	91	81	72	64	57	50	41
20	100	91	81	73	65	58	50	42
21	100	91	82	74	66	58	50	44
22	100	91	82	74	66	58	51	45
23	100	91	83	75	67	59	52	46
24	100	91	83	75	67	59	53	47
25	100	92	84	76	68	60	54	48
26	100	92	84	76	69	62	55	50
27	100	92	84	77	69	62	56	51
28	100	92	84	77	70	64	57	52
29	100	92	85	78	71	65	58	53
30	100	92	85	79	72	66	59	54

三、空气的重率

单位体积空气的重量叫做空气的重率或容重。以 γ 表示

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ (公斤/米}^3\text{)} \quad (1-3)$$

式中: G ——空气的重量(公斤);

V ——空气的体积(米³)

根据气体状态方程式可导出计算干空气重率的公式为

$$\gamma_{干} = 0.465 \frac{P}{T} \text{ (公斤/秒}^3\text{)} \quad (1-4)$$

式中: P ——大气压力, 毫米水银柱;

T ——绝对温度(度), $T = 273 + t$;

t ——空气的温度(℃)

在标准大气压力状况下($P = 760$ 毫米水银柱), 干空气的重率为 1.293 公斤/米³。

含有水蒸气的空气叫湿空气。在物理学中计算湿空气重率的公式为

$$\gamma_{湿} = 0.465 \frac{P}{T} \left(1 - 0.378 \frac{\varphi P_{饱}}{P} \right) \text{ (公斤/米}^3\text{)} \quad (1-5)$$

式中: φ ——空气的相对湿度(%);

$P_{饱}$ ——饱和水蒸气压力, 毫米水柱

从公式(1-5)可以看出, 空气的重率受大气压力、温度和湿度的影响, 当大气压力与温度不变时, 则空气的相对湿度越大, 其重率越小, 这就是说湿空气要比干空气轻。

公式(1-5)太复杂, 它适用于在精细的工作中计算湿空气的重率。为了简便, 可用下式近似计算矿井空气的重率。

$$\gamma_{湿} = 0.461 \frac{P}{T} \text{ (公斤/米}^3\text{)} \quad (1-6)$$

在矿井通风中, 将大气压力为 760 毫米水银柱, 温度为 15°C 、相对湿度为 60% 的矿井空气定为标准矿井空气, 其重率为 1.2 公斤/米³。

例: 某矿井的回风巷道中风流的温度 $t = 20^\circ\text{C}$, 大气压力 $P = 750$ 毫米水银柱, 求该地点空气的重率 γ 为多少?

解:

$$\gamma_{湿} = 0.461 \frac{P}{T}$$

式中: $P = 750$ 毫米水银柱;

$$T = 273 + 20 = 293^\circ\text{C}$$

则:

$$\gamma_{湿} = 0.461 \frac{P}{T} = 0.461 \times \frac{750}{293} = 1.18 \text{ 公斤/米}^3$$

四、空气的比重

任何气体的比重都是以空气为比较标准的。所谓气体的比重, 即单位体积的其它各种气体的重量, 在相同的压力、温度条件下, 与单位体积空气的重量之比。例如: 在标准状态下一立方米的空气重 1.293 公斤, 而沼气一立方米重 0.716 公斤, 故沼气的比重为

$0.716/1.293=0.554$ 。同样可计算出氧气的比重为1.11,氮气的比重为0.97,二氧化碳的比重为1.52等等。

了解各种气体的比重,就可以知道它容易聚积的地点。例如在井下,沼气比空气的比重小,就容易聚积在巷道上部靠近顶板附近;二氧化碳比重大,比空气重,就容易聚积在巷道下部靠近底板附近。这样就可预先采取措施,防止有毒有害气体的聚积。

五、空气的密度

单位体积空气的质量叫空气的密度,以 ρ 表示

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G}{g} \cdot \frac{1}{V} = \frac{\gamma}{g} \text{ (公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}^4 \text{)} \quad (1-7)$$

式中: M ——空气的质量(公斤·秒²/米);

g ——重力加速度(米/秒²)

矿井空气在标准状态下,其密度为

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1.2}{9.81} = 0.122 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}^4$$

由上式可以看出空气的密度是空气浓密或稀疏程度的一种表示方法。距地面越高,空气越稀薄,密度越小,则空气中所含的氧气也相应减少,反之则越大。也正因为井巷各处空气的密度不均匀,形成了空气的相对运动。

第二节 矿井空气

矿井空气是指地面空气进入井下后,在成分和性质上发生了变化的气体,是充满井巷的各种气体与水蒸气的混合物。地面空气是矿井空气的主要来源。地面空气的成分,主要是由氧、氮、二氧化碳三种气体组成的混合物。按所占体积的分数计:氧为20.96%;氮为79%;二氧化碳为0.04%。此外还含有少量的水蒸气、微生物和灰尘等。

地面空气进入井下后,在成分上要发生变化:(1)含氧量减少;(2)混入各种有害气体;(3)混入煤尘和岩尘;(4)空气的温度、湿度和压力也发生变化。其变化程度不大的叫新鲜空气,也叫新鲜风流或新风。变化程度较大的叫污浊空气,也叫污风或乏风。

一、矿井空气的主要成分

尽管矿井空气的成分与地面空气不完全相同,但其主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

1. 氧

氧是一种无色无味无嗅的气体,比空气稍重(比重为1.11),是维持人的呼吸和帮助燃烧不可缺少的气体。空气中氧气少了,人的呼吸次数就要增多和感到发闷。如果空气中的氧减少到17%,人工作时就会引起喘息和呼吸困难;氧气减少到10~12%,人就失去理智,时间稍长会有生命危险。因此《煤矿安全规程》第105条规定:在采掘工作面的进风流中,按体积计算,氧气不得低于20%。

上述提到，地面空气流入矿井以后，氧气的含量就减少，其原因主要是井下煤及坑木等的氧化、井下火灾、沼气及煤尘爆炸等直接消耗了氧气，以及矿井内各种有害气体的放出和井下人员的呼吸等使氧气所占的百分比降低的结果。

2. 二氧化碳

二氧化碳是无色无嗅、略有酸味的气体，约比空气重一半（比重1.52），常积存于巷道底部，不能维持呼吸和燃烧，易溶于水，并稍有毒性，对眼睛、喉咙及鼻腔的粘膜有刺激作用。

二氧化碳的含量，只要增加到5%，人就感到呼吸困难；增加到20%，人就会中毒死亡。这是因为空气中二氧化碳浓度过高时，相对地减少了氧的浓度，使人窒息或中毒的结果。所以《煤矿安全规程》严格地规定：在采掘工作面的进风流中，按体积计算二氧化碳不得超过0.5%，在总回风道及一翼回风道中，二氧化碳不得超过0.75%，在采区及掘进工作面和恢复旧巷道时，风流中的二氧化碳浓度允许达到1%。

矿井中二氧化碳的主要来源是：煤和坑木的氧化产生，从煤和围岩中放出，再就是爆破工作和沼气煤尘爆炸时产生，以及井下工作人员呼吸中呼出二氧化碳。二氧化碳突出的现象也有时在一些矿井发生，产生大量的二氧化碳，危害很大，如一九七八年五月二十四日，甘肃窑街三矿一六五〇水平岩巷掘进时，曾发生二氧化碳和岩粉突出，造成了严重伤亡事故。

3. 氮

氮是一种无色无味无嗅的气体，无毒，不能帮助呼吸和燃烧。矿井空气中含氮量的增加，会使氧气含量相对减少，以致使人窒息死亡。多余的氮可削弱沼气的爆炸性，但在高温下能与氧化合生成有毒的二氧化氮（ NO_2 ）。

矿井空气中氮气的主要来源，是有机物的腐烂，及爆破作业产生和从煤及岩层的裂隙中放出纯氮。

二、井下空气中的主要有害气体

井下空气中的主要有害气体有：一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、二氧化硫、二氧化氮和沼气等。因为这些气体都是有害的，所以，《煤矿安全规程》中对其在井巷的浓度都有限制和规定。

1. 一氧化碳（CO）

一氧化碳是无色、无味、无嗅的气体，它对空气的比重为0.97，微溶于水。在通常温度与压力下，一氧化碳的化学性质不活泼，但浓度为13~75%时遇火能引起爆炸，浓度为30%时爆炸力最大。

一氧化碳毒性很强，当空气中一氧化碳浓度达到0.4%时，在很短时间内，人就会丧失知觉或死亡；一氧化碳的浓度达1%时，人只要呼吸几口，就失去知觉。这主要是血液内的红血球中有血色素，正常人的血色素是含氧的，这种含氧血色素叫氧血色素，当人吸入含有一氧化碳的空气后，其中一氧化碳就被血色素吸收，变成含一氧化碳的血色素，一氧化碳与血色素的结合能力比氧大250~300倍，也就是血液吸收一氧化碳的速度比吸收氧的速度快250~300倍。因此，一氧化碳吸入人体后，就阻碍了氧和血色素的正常结合，使人体各部分组织和细胞产生缺氧现象，引起窒息和中毒以至死亡。