

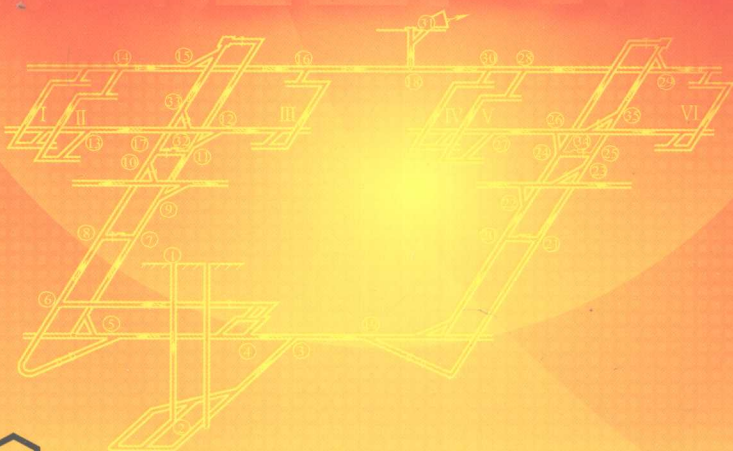
采矿实用
技术丛书

丛书主编 唐敏康



支学艺 何锦龙 张红婴 编

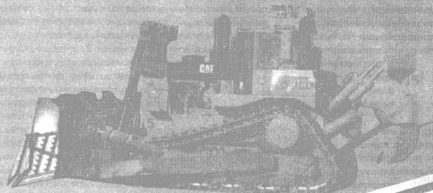
矿井通风与防尘



化学工业出版社

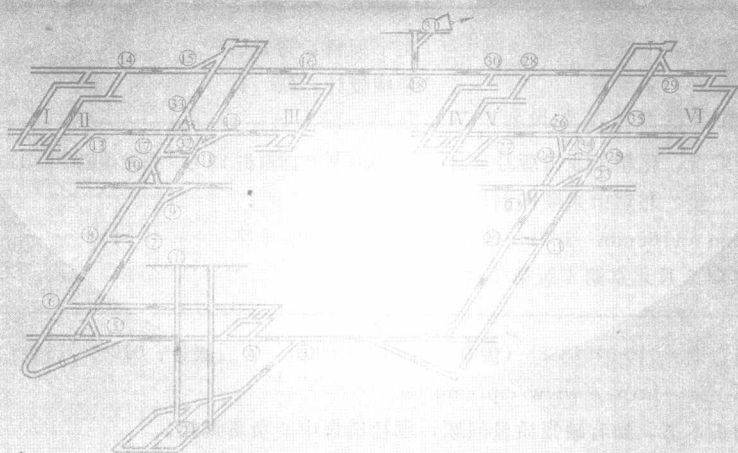
采矿实用 技术丛书

丛书主编 唐敏康



支学艺 何锦龙 张红婴 编

矿井通风与防尘



化学工业出版社

·北京·

本书是《采矿实用技术丛书》之一,侧重矿山现场通风与防尘技术的实际应用。全书全面系统地介绍了矿井井下空气和通风阻力的测定,主要通风设备、通风网络、全矿井通风系统、风流控制、通风管理、矿山防尘等相关内容。作者结合自身多年的教学和实践经验,并根据相关规程对工程实际中的注意事项进行介绍,使本书更具实用性。

本书图文并茂,通俗易懂。适合矿山有关工程技术人员以及相关安全生产和管理人员阅读,同时也可作为高等职业院校的教学用书,或企业职工培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与防尘/支学艺,何锦龙,张红婴编. —北京:

化学工业出版社, 2009.3

(采矿实用技术丛书)

ISBN 978-7-122-04488-4

I. 矿… II. ①支…②何…③张… III. ①矿山通风
②矿井-除尘 IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211930 号

责任编辑:王晓云

文字编辑:咎景岩

责任校对:凌亚男

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张11¼ 字数303千字

2009年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

化学工业出版社矿业图书新书书目

书 号	书 名	单价/元
01497-9	采矿概论	25. 00
02464-0	采矿知识问答	22. 00
02075-8	矿山爆破与安全知识问答	18. 00
02422-0	矿山安全知识问答	25. 00
03687-2	矿山井下作业应知应会	20. 00
	采矿实用技术丛书——矿山机电设备使用与维修	25 (估)
	采矿实用技术丛书——矿山安全	20 (估)
	采矿实用技术丛书——矿山通风与防尘	22 (估)
	采矿实用技术丛书——矿山运输与提升	25 (估)
	采矿实用技术丛书——矿床地下开采	25 (估)
	采矿实用技术丛书——矿床露天开采	18 (估)
	采矿实用技术丛书——井巷工程	18 (估)
	采矿实用技术丛书——矿山工程爆破	20 (估)
	采矿实用技术丛书——矿山地压监测	20 (估)
	采矿技术入门	20 (估)
	矿山工人安全生产必读	18 (估)
	矿长与管理人员安全生产必读	18 (估)
	选矿工人读本	20 (估)

化学工业出版社 网上书店: www.cip.com.cn

地址: 北京市东城区青年湖南街13号(100011)

购书咨询: 010-64518888, 64518800

如要出版新著, 请与编辑(王晓云)联系。

电话: 010-64519285 Email: renee_wxyer@sina.com

前 言

采矿工业是现代工业的基础，是矿业系统中非常重要的一个环节，它为后续选矿、冶炼等工业提供原料。近年来，资源的可持续发展成为国家重点强调的内容，而随着资源的日益枯竭与社会需求的不断扩大，技术手段的合理运用显得尤为重要，行业对技术人员的需求也不断扩大，工人培训日益引起相关企业的重视。

《采矿实用技术丛书》紧跟采矿生产技术进步以及我国矿山生产的实际需求进行编写。丛书从矿山开拓系统入手，结合矿山生产实践中技术含量较高的环节进行编排，包括《矿山地压监测》、《矿山工程爆破》、《井巷工程》、《矿山运输与提升》、《矿床地下开采》、《矿床露天开采》、《矿井通风与防尘》、《矿山安全》和《矿山机电设备使用与维修》九个分册。在内容上图文并茂，通俗易懂，强调实用性与可操作性。适合具有中学基础的技术工人以及矿山有关工程技术人员阅读，同时也可作为企业职工培训的教材，以及相关专业学生的参考读物。丛书各分册作者具有多年的教学经验，且多次参与解决矿区实际技术难题，从而使图书的内容更符合技术人员的需求，也为生产管理人员提供了有益的借鉴，以期能够为实现我国矿产资源正规化、合理化、可持续化开发作出应有的贡献。

矿井通风与防尘是确保矿山安全生产的主要内容，培养一支理论知识扎实、实践能力强的通风防尘工程技术人才队伍是做好矿井通风与防尘的保证。目前市场上的图书大多针对煤矿编写，缺乏针对金属非金属矿山现场工程技术人员的参考用书。本书是《采矿实用技术丛书》之一，侧重矿山现场通风与防尘技术的应用。全书系统地阐述了井下空气的成分、性质、变化规律、安全标准和检测，矿井通风阻力的类型、变化规律与测算，矿井主要通风设备及其选择，矿井通风网络中风量分配的基本原则与计算方法，全矿井通风系统的类型与设计，矿井风流控制设施的类型、要求与选择，矿井通风管理，矿山防尘等内容。

本书可供矿山采矿工程技术人员及相关安全生产与管理人员参考，也可以作为高等职业院校采矿专业的教学用书，或矿山企业技术工人的培训教材。

本书各章节编写分工为：何锦龙编写了第一、七章，支学艺编写了第二至六章和八章，张红婴编写了第九至十二章。刘伟、徐绍梅、蒋先成、吴圆、柯伟、吴永波等同志在收集资料、绘图等方面做了大量工作。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请同行及读者批评指正。

编者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章 矿内空气及其检测	1
1.1 矿内空气主要成分及其检测	1
1.1.1 矿井空气的主要成分及其基本性质	2
1.1.2 矿井空气主要成分的质量(浓度)标准	4
1.1.3 矿井空气主要成分的检测方法	4
1.2 矿井空气中的有害气体及其检测	5
1.2.1 矿井空气中的有害气体及其基本性质	6
1.2.2 矿井空气中有害气体的安全浓度标准	9
1.2.3 有害气体的检测方法	9
1.2.4 防止有害气体危害的措施	12
1.3 矿内气候条件	12
1.3.1 矿井气候对人体热平衡的影响	13
1.3.2 矿内空气湿度、含湿量	13
1.3.3 矿内空气的温度	15
1.3.4 井巷中的风速	17
1.3.5 衡量矿井气候条件的指标和安全标准	17
1.3.6 矿井空气温度和湿度的测定	20
1.3.7 矿井气候条件的改善	21
第 2 章 矿内风流性能测定与能量方程	23
2.1 空气的主要物理参数	23
2.2 井巷中风速与风量的测定	26
2.2.1 井巷断面上的风速分布	26
2.2.2 测风仪表	27
2.2.3 测风方法及步骤	29
2.2.4 微风测量	33
2.3 风流的能量与压力	34

2.3.1	静压能-静压	34
2.3.2	动能-动压	35
2.3.3	位能-位压	36
2.3.4	全压、势压和总压力	38
2.4	空气压力及测量	38
2.4.1	测压仪器	38
2.4.2	风流点压力的测量及压力关系	43
2.5	矿井通风中的能量方程及其应用	46
2.5.1	空气流动连续性方程	46
2.5.2	矿井通风中应用的能量方程	47
2.5.3	能量方程在矿井通风中的应用	51
第3章	矿井通风阻力及其测定	57
3.1	摩擦阻力	57
3.1.1	风流的流动状态	57
3.1.2	摩擦阻力	59
3.1.3	摩擦阻力系数与摩擦风阻	63
3.2	局部阻力	65
3.2.1	局部阻力的成因与计算	66
3.2.2	局部阻力系数与风阻	68
3.3	矿井总风阻与矿井等积孔	70
3.3.1	矿井通风阻力定律	70
3.3.2	矿井总风阻	71
3.3.3	矿井等积孔	72
3.4	降低矿井通风阻力的措施	75
3.4.1	降低摩擦阻力的措施	76
3.4.2	降低局部阻力的措施	77
3.5	矿井通风阻力测定	78
3.5.1	通风阻力测定的方法及步骤	79
3.5.2	数据处理及可靠性检查	85
3.5.3	矿井通风阻力测定报告的编写	91
第4章	矿井通风设备	93

4.1	自然风压及其测定	93
4.1.1	自然风压的形成及特性	93
4.1.2	自然风压的控制和利用	96
4.1.3	自然风压的测定	97
4.2	矿井主要通风机及其附属装置	98
4.2.1	离心式通风机	99
4.2.2	轴流式通风机	100
4.2.3	对旋式通风机	102
4.2.4	主要通风机附属装置	104
4.2.5	主要通风机的使用及安全要求	108
4.3	通风机风压及实际特性	109
4.3.1	通风机的工作参数	109
4.3.2	通风机的个体特性及合理工作范围	110
4.3.3	比例定律和类型特性曲线	114
4.3.4	通风机风压与通风阻力的关系	117
4.4	通风机联合运转分析	120
4.4.1	通风机的串联	120
4.4.2	通风机的并联	122
第5章	矿井通风网路	125
5.1	通风网路及矿井通风网路图	125
5.1.1	通风网路的基本术语和概念	125
5.1.2	通风网路图的绘制	126
5.2	简单通风网路及其性质	129
5.2.1	串联通风及其特性	130
5.2.2	并联通风及其特性	131
5.2.3	串联与并联的比较	133
5.2.4	角联通风及其特性	135
5.3	风量分配及复杂通风网路解算	137
5.3.1	风量分配的基本定律	137
5.3.2	解算复杂通风网路的方法	138
5.4	应用计算机程序解算通风网路	145

5.4.1	网路解算的数学模型	145
5.4.2	扇风机特性曲线的数学表达式	147
5.4.3	通风网路解算程序设计概要	148
第6章	矿井通风系统	151
6.1	统一通风与分区通风	151
6.2	进风井与回风井的布局	154
6.3	主扇工作方式与安装地点	158
6.3.1	主扇工作方式	158
6.3.2	主扇安装地点	160
6.4	阶段通风网路结构	161
6.5	采场通风网路及通风方法	164
6.5.1	无出矿水平的巷道型或硐室型采场的通风	164
6.5.2	有出矿底部结构采矿方法的通风	165
6.5.3	无底柱分段崩落采矿法的通风	166
6.6	矿井通风构筑物	167
6.6.1	主扇风硐、扩散器与反风装置	167
6.6.2	风桥	170
6.6.3	导风板	170
6.6.4	调节风窗及纵向风障	172
6.6.5	挡风墙	172
6.6.6	风门	173
6.7	通风系统的漏风及有效风量	175
6.7.1	矿井漏风及其危害	175
6.7.2	测风地点及漏风原因	176
6.7.3	矿井漏风率及有效漏风率	176
6.7.4	矿井漏风计算	177
6.7.5	减少漏风,提高有效风量	178
第7章	掘进通风	180
7.1	掘进通风方法	180
7.1.1	局部通风机通风	180
7.1.2	矿井全风压通风	183

7.1.3 引射器通风	185
7.2 掘进工作面风量计算	186
7.2.1 排出炮烟所需风量	186
7.2.2 排出矿尘所需风量	187
7.3 掘进通风系统设计	187
7.3.1 局部通风系统的设计原则	187
7.3.2 局部通风设计步骤和选型	188
第8章 矿井通风设计	190
8.1 矿井通风设计的任务与内容	190
8.2 矿井通风系统选择的原则	192
8.3 全矿所需风量的计算	194
8.3.1 全矿总风量计算	194
8.3.2 回采工作面的风量计算	195
8.3.3 掘进工作面所需风量计算	201
8.3.4 硐室所需风量计算	201
8.4 矿井风量分配	202
8.5 全矿通风阻力计算	203
8.6 矿井通风设备的选择	206
8.7 通风井巷经济断面的选择	207
8.8 通风设计经济部分的编制	210
第9章 矿井通风管理与检测	212
9.1 矿井通风管理与检测的主要内容	212
9.2 矿井通风系统鉴定指标	213
9.2.1 基本指标	213
9.2.2 综合指标	216
9.2.3 辅助指标	216
9.3 扇风机装置性能测定	217
9.3.1 主要通风机的性能测定	217
9.3.2 测定步骤	223
9.3.3 测定时的注意事项	223
9.3.4 工况调节	224

9.4	矿井总风量和风量分配的测定	225
9.5	矿井通风系统自动化管理	227
9.5.1	自动化管理系统的结构	228
9.5.2	遥测	229
9.5.3	遥控	230
9.5.4	微机控制	230
9.6	矿井风量调节	231
9.6.1	局部风量调节	231
9.6.2	矿井总风量调节	239
第 10 章	矿井粉尘的产生、性质及其危害	242
10.1	粉尘的产生	242
10.2	粉尘的性质	243
10.2.1	粉尘的成分	243
10.2.2	粉尘的粒度径和粒径分布	243
10.2.3	粉尘的密度	244
10.2.4	粉尘的比表面积	245
10.2.5	粉尘的湿润性	245
10.2.6	粉尘的荷电性	245
10.2.7	粉尘的光学特性	246
10.2.8	粉尘的爆炸性	246
10.3	粉尘的危害	246
10.3.1	尘肺病及其发病机理	246
10.3.2	尘肺病的发病症状及影响因素	248
10.4	粉尘卫生标准	248
第 11 章	矿井粉尘测定技术	251
11.1	粉尘测定内容与计量方法	251
11.2	工作场所粉尘浓度测定	251
11.2.1	采样点的选定	252
11.2.2	粉尘浓度测定方法	252
11.2.3	滤膜测尘质量法	253
11.2.4	滤膜测尘数量法	258

11.2.5	流量计的校准	260
11.2.6	快速直读测尘法	263
11.2.7	作业场所呼吸性粉尘浓度的测定	265
11.3	工作场所粉尘分散度测定	275
11.3.1	滤膜溶解涂片法	276
11.3.2	自然沉降法	278
11.3.3	级联冲击计重法	279
11.4	粉尘中游离二氧化硅含量测定	281
11.4.1	游离二氧化硅含量测定的意义	281
11.4.2	游离二氧化硅 (SiO_2) 分析方法	281
11.4.3	游离二氧化硅含量测定	282
11.5	粉尘测定数据、资料的分析处理	294
11.5.1	粉尘资料的登记与整理	294
11.5.2	粉尘测定结果报告	297
11.5.3	粉尘测定结果的评价方法	298
11.5.4	粉尘测定资料的统计处理	298
第 12 章	矿井综合防尘技术	304
12.1	通风除尘	305
12.1.1	通风除尘的作用	305
12.1.2	掘进通风防尘	305
12.2	湿式作业	309
12.2.1	用水湿润矿尘	309
12.2.2	用水捕捉悬浮矿尘	314
12.3	密闭抽尘及净化	328
12.3.1	密闭	328
12.3.2	抽尘风量	329
12.3.3	除尘器	330
12.4	个体防护	344
参考文献		346

第 1 章 矿内空气及其检测

矿井通风的主要任务就是把地面新鲜空气源源不断地送入井下，供给人员呼吸，排除各种有害气体和矿尘，创造一个良好的矿内气候条件，从而保障井下人员的身体健康和安全生产。所以，矿井空气的质量和数量是反映矿井通风效果的主要指标。本章重点阐述矿井空气的主要成分，井下常见的有害气体，空气成分和有害气体的安全标准及测定方法，矿井的气候条件，风速、风量测定等内容。

1.1 矿内空气主要成分及其检测

地面空气又称为大气，是由多种气体组成的混合气体。大气中除了水蒸气的比例随地区和季节变化较大以外，其余化学组成成分相对稳定，尽管随时间、地点和海拔高度有所变化，但变化不大。一般将不含水蒸气的空气称为干空气，它的组成成分和体积分数分别为氧气 20.96%、氮气 79% 和二氧化碳 0.04%。

地面空气从井筒进入井下就成了矿井空气。由于受井下各种自然因素和人为生产因素的影响，与地面空气相比，矿井空气将发生一系列变化。主要有：氧气含量减少；有毒有害气体含量增加；粉尘浓度增大；空气的温度、湿度、压力等物理状态变化等。

在矿井通风中，习惯上把进入采掘工作面等用风地点之前，空气成分或状态变化不大的风流叫做新鲜风流，简称新风，如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上山等处；经过用风地点后，空气成分或状态变化较大的风流叫做污风风流，简称污风，如采掘工作面回风巷、矿井回风大巷、回风井筒等处。

尽管矿井中的空气成分有了一定的变化，但主要成分仍同地面一样，由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

1.1.1 矿井空气的主要成分及其基本性质

(1) 氧气 (O_2) 氧气是一种无色、无味、无臭的气体，对空气的相对密度为 1.105。氧气是很活跃的的化学元素，易使多种元素氧化，能助燃。

氧气是维持人体正常生理机能所不可缺少的气体。人类之所以能够在地球上生存，是因为人体内不断汲取食物和吸入氧气，通过氧化作用，进行细胞的新陈代谢作用而维持的。人体维持正常生命过程所需的氧气量，取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般情况下，人在休息时的需氧量为 0.2~0.4L/min，在工作时为 1~3L/min。

空气中的氧气浓度直接影响着人体健康和生命安全，当氧气浓度降低时，人体就会产生不良反应，严重者会缺氧窒息甚至死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧气浓度(体积分数)/%	人体主要症状
17	静止状态无影响,工作时会感到喘息、呼吸困难和强烈心跳
15	呼吸及心跳急促,无力进行劳动
10~12	失去知觉,昏迷,有生命危险
6~9	短时间内失去知觉,呼吸停止,可能导致死亡

地面空气进入井下后，氧气浓度要有所降低。氧气浓度降低的主要原因有：人员呼吸；煤岩、坑木和其他有机物的缓慢氧化；爆破工作；井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸；煤岩和生产中产生其他有害气体等。

在正常通风的井巷和工作面中，氧气浓度与地面相比一般变化不大，不会对人体造成太大影响。但在井下盲巷、通风不良的巷道中或发生火灾、爆炸事故后，应特别注意对氧气浓度的检查，以防

发生窒息事故。

(2) 氮气 (N_2) 氮气是无色、无味、无臭的惰性气体, 相对密度为 0.97, 微溶于水, 不助燃, 无毒, 不能供人呼吸。

氮气在正常情况下对人体无害, 但当空气中的氮气浓度增加时, 会相应降低氧气浓度, 人会因缺氧而窒息。在井下废弃旧巷或封闭的采空区中, 有可能积存氮气。

矿井中的氮气主要来源于: 井下爆破; 有机物的腐烂; 天然生成的氮气从煤岩中涌出等。

(3) 二氧化碳 (CO_2) 二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体, 相对密度为 1.52, 不助燃也不能供人呼吸, 略带毒性, 易溶于水。

新鲜空气中含有的微量二氧化碳对人是无害的, 但二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用, 所以在为中毒或窒息的人员输氧时, 常常要在氧气中加入 5% 的二氧化碳, 以促使患者加强呼吸。当空气中的二氧化碳浓度过高时, 将使空气中的氧气含量相对降低, 轻则使人呼吸加快, 呼吸量增加, 严重时也能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度对人体的危害程度如表 1-2 所示。

表 1-2 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

二氧化碳浓度(体积分数)/%	人体主要症状
1	呼吸加深, 急促
3	呼吸急促, 心跳加快, 头痛, 很快疲劳
5	呼吸困难, 头痛, 恶心, 耳鸣
10	头痛, 头昏, 呼吸困难, 昏迷
10~20	呼吸停顿, 失去知觉, 时间稍长会死亡
20~25	短时间中毒死亡

二氧化碳比空气重, 常常积聚在矿井的巷道底板、水仓、溜煤眼、下山尽头、盲巷、采空区及通风不良处。

矿井中二氧化碳的主要来源有: 煤和有机物的氧化; 人员呼吸; 井下爆破; 井下火灾; 爆炸等。有时也能从煤岩中大量涌出, 甚至与煤或岩石一起突然喷出, 给安全生产造成重大影响。某矿曾在 1975 年 6 月发生过一起二氧化碳和岩石突出事故, 突出二氧化

碳 11000m^3 。

二氧化碳窒息同缺氧窒息一样，都是造成矿井人员伤亡的重要原因之一。

1.1.2 矿井空气主要成分的质量（浓度）标准

矿井空气的主要成分中，由于氧气和二氧化碳对人员身体健康和安全生产影响很大，所以《金属非金属矿山安全规程》GB 16243—2006（以下简称《规程》）对其浓度标准做了明确规定。主要如下：

采掘工作面进风流中，按体积计算，氧气浓度不低于 20%，二氧化碳浓度不超过 0.5%。矿井总回风巷或一翼回风巷风流中，二氧化碳超过 0.75% 时，必须立即查明原因，进行处理，总回风井巷风流中二氧化碳不允许超过 1%。

1.1.3 矿井空气主要成分的检测方法

矿井空气主要成分的检测方法可分为两大类：一是取样分析法，二是快速测定法。

(1) 取样分析法 利用取样瓶或吸气球等容器提取井下空气试样，送往地面化验室进行分析。分析仪器多用气相色谱仪，它是一种通用型气体分析仪器，可完成多种气体的定性和定量分析。它的优点是分析精度高，定性准确，分析速度快，一次进样可以同时完成多种气体的分析；缺点是所需时间长，操作复杂，技术要求高。一般用于井下火区成分检测或需精确测定空气成分的场合。

(2) 快速测定法 利用便携式仪器在井下就地检测，快速测定出主要气体成分。尽管它的测定精度不如取样分析法高，但基本能满足矿井的一般要求，是目前普遍采用的测定方法。

① 氧气浓度的快速测定方法

a. 利用氧气检测仪检测 检测井下氧气的便携式仪器种类较多，主要有 AY-1B 型、JJY-1 型（可测 O_2 、 CH_4 两种气体）等。其中 AY-1B 型是普遍使用的氧气检测仪，用来检测采掘工作面、