

Meikuang Jidian Yunshu Tisheng Yu Baopo Shigu Fenxi He Fangzhi Duice

煤矿机电、运输提升与爆破 事故分析和防治对策

王树玉 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤矿机电、运输提升与爆破 事故分析和防治对策

主 编 王树玉
编写人员 王树玉 李丙阳
 曲廷举 陈炳华

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤矿机电、运输提升与爆破事故分析和防治对策/王树玉主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2006. 12

ISBN 7 - 81107 - 429 - X

I. 煤… II. 王… III. ①煤矿—矿山事故—事故分析②煤矿—矿山事故—预防 IV. TD77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 154231 号

书 名 煤矿机电、运输提升与爆破事故分析和防治对策

主 编 王树玉

责任编辑 朱明华 杨 廷

责任校对 张海平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 12.125 字数 310 千字

版次印次 2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

定 价 48.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

我国是世界上主要产煤国家之一。建国后,煤炭工业得到了迅猛发展。1949年,全国煤炭产量只有3 243万t,而到2005年我国煤炭产量已达到21.5亿t,居世界第一位。我国是煤炭资源最为丰富的国家之一,煤炭储量分布面积达55万km²,预测深度2 000 m以浅的煤炭储量为45 521.02亿t。我国煤炭工业发展的前景是很好的。

同时也应该看到,我国煤炭生产大都采用地下作业,从客观上讲,时时会有顶板压力、瓦斯、煤尘、水、火等自然灾害的威胁。况且,由于作业条件复杂多变和管理失控等原因,还会发生机械电气、运输提升和爆破等其他事故。据2005年最新统计,全国煤矿发生的各类事故共造成5 938人死亡。其中,顶板事故占34.16%,瓦斯事故占36.56%,水害事故占10.19%,提升运输事故占9.73%,机电事故占1.77%,爆破事故占1.7%,火灾事故占0.38%,其他事故占5.51%。2005年,全国煤矿发生一次死亡3人以上重大事故266起,死亡2 616人,平均每1.37 d即发生一起;全国煤矿发生一次死亡10人以上特大事故58起,死亡1 739人,平均每6.29 d发生一起;全国煤矿发生一次死亡百人以上特别重大事故4起,死亡614人。煤矿一旦发生事故就会造成人员伤亡,不仅矿工生命安全和健康得不到保障,而且煤炭生产也无法正常进行。所以,煤矿安全生产问题,历来受到党和国家的高度重视。经过几十年艰苦努力,煤矿安全生产虽然已经出现新的转机,但搞好煤矿安全生产仍然是全国煤炭战线一项长期而艰巨的战略任务。

为了使广大煤炭职工认识和掌握煤矿生产中的事故发生规律和应该采取的防治对策,自觉地做到安全生产,我们针对煤矿八大类事故,编写了姊妹篇《煤矿五大灾害事故分析和防治对策》和《煤矿机电、运输提升与爆破事故分析和防治对策》。本书通过事故统计分析、典型案例分析和综合分析,系统地总结了煤矿易发常见事故的发生原因和规律,并根据作者积累的实践经验和掌握的科学知识,对如何遏制煤矿各类事故的发生提出了有效的防治对策。

该书既可作为煤矿安全技术培训教材和培训教师的教学参考书,也可供从事煤矿安全、技术管理的人员阅读学习之用。

我们在编写过程中尽管力求完美,但因水平有限书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

二〇〇六年三月

目 录

第一章 矿井机电事故分析与防治对策	1
第一节 机电事故的统计分析.....	1
第二节 电气事故分析与防治对策.....	8
第三节 采掘机械事故分析与防治对策	82
第二章 运输事故分析与防治对策	214
第一节 运输事故的统计分析.....	214
第二节 窄轨运输事故的案例分析.....	222
第三节 窄轨运输事故的综合分析.....	242
第四节 窄轨运输事故的防治对策.....	277
第五节 矿井提升事故分析与防治对策.....	294
第三章 爆破事故分析与防治对策	332
第一节 爆破事故的统计分析.....	333
第二节 爆破事故案例分析.....	340
第三节 爆破事故的综合分析.....	351
第四节 爆破事故的防治对策.....	361

第一章 矿井机电事故分析与防治对策

第一节 机电事故的统计分析

一、全国煤矿 1949~2004 年历年机电事故及死亡人数统计表(见表 1-1)

表 1-1 全国煤矿 1949~2004 年历年机电事故及死亡人数统计表

历史时期	年份	全国煤矿各类事故的总死亡人数合计	其中:机电事故		
			死亡人数	占总死亡人数的百分比/%	
恢复时期	1949	731			
	1950	634			
	1951	242			
	1952	513			
	合计	2 120			
一五时期	1953	713	29	4.07	
	1954	861	40	4.65	
	1955	760	39	5.13	
	1956	759	54	7.11	
	1957	822	54	6.57	
	合计	3 915	216	5.52	
二五时期	1958	3 049	144	4.72	
	1959	5 933	348	5.87	
	1960	7 072	319	4.51	
	1961	4 819	378	7.84	
	1962	2 723	236	8.67	
	合计	23 596	1 425	6.04	

煤矿机电、运输提升与爆破事故分析和防治对策

续表 1-1

历史时期	年份	全国煤矿各类事故的总死亡人数合计	其中:机电事故		
			死亡人数	占总死亡人数的百分比/%	
调整时期	1963	1 784		151	8.46
	1964	1 350		67	4.96
	1965	1 104		73	6.61
	合计	4 238		291	6.87
三五时期	1966	1 483		91	6.14
	1967	1 297		60	4.63
	1968	1 553		59	3.79
	1969	1 889		93	4.92
	1970	2 783		135	4.85
	合计	9 005		438	4.86
四五时期	1971	3 113		153	4.91
	1972	2 975		164	5.51
	1973	3 254		160	4.92
	1974	2 741		177	6.46
	1975	3 641		192	5.27
	合计	15 724		846	5.38
五五时期	1976	3 326		222	5.80
	1977	4 523		256	5.66
	1978	4 830		278	5.76
	1979	4 290		265	6.18
	1980	3 396		211	6.33
	合计	20 865		1 232	5.92
六五时期	1981	3 394		217	6.39
	1982	3 134		251	8.01
	1983	3 599		215	5.97
	1984	3 445		203	5.89
	1985	3 527		186	5.27
	合计	17 099		1 072	6.27

第一章 矿井机电事故分析与防治对策

续表 1-1

历史时期	年份	全国煤矿各类事故的总死亡人数合计	其中:机电事故		
			死亡人数	占总死亡人数的百分比/%	
七五时期	1986	2 883	163		5.65
	1987	2 529	119		4.71
	1988	2 598	120		4.62
	1989	2 451			
	1990	2 107	86		3.77
	合计	10 117	488		3.83
八五时期	1991	2 054	138		6.31
	1992	1 781	117		6.09
	1993	4 465	165		3.70
	1994	7 240	204		2.82
	1995	6 761	204		3.02
	合计	22 301	828		3.71
九五时期	1996	6 556	150		2.29
	1997	7 084	157		2.21
	1998	6 302	124		1.97
	1999	6 469	111		1.72
	2000	5 796	78		1.35
	合计	32 207	620		1.93
	2001	5 670	99		1.75
	2002	6 995	133		1.90
	2003	6 434	128		2.00
	2004	6 027	89		1.50
	合计	25 126	449		1.78

注:1949~1952年死亡2120人,1989年死亡2451人,原始资料均未分类,1990年~1992年基建未分类,故未统计在内。

二、全国煤矿 1981~2004 年一次死亡 3 人以上机电事故发生次数与死亡人数统计分析(见表 1-2)

表 1-2 全国煤矿 1981~2004 年一次死亡 3 人以上机电事故发生次数与死亡人数

计划时期	年份	全国煤矿各类事故一次死亡 3 人以上事故合计		其中:机电事故	
		死亡人数	发生次数	死亡人数	发生次数
六五时期	1981	1 085	149		
	1982	864	171	3	1
	1983	1 297	178		
	1984	1 285	234	8	2
	1985	1 721	282	6	2
	合计	6 252	1 014	17	5
七五时期	1986	1 209	206		
	1987	1 119	192	8	2
	1988	1 564	221	4	1
	1989	1 841	336	19	3
	1990	2 105	328	22	2
	合计	7 838	1 283	53	8
八五时期	1991	1 862	289		
	1992	1 990	302	10	2
	1993	2 286	341	5	1
	1994	2 935	419	15	2
	1995	3 020	481	7	1
	合计	12 093	1 832	37	6
九五时期	1996	3 354	498		
	1997	3 818	487	3	1
	1998	3 450	469	3	1
	1999	3 275	505	3	1
	2000	3 188	466		
	合计	17 085	2 425	9	3
	2001	2 602	385		
	2002	2 590	377		
	2003	2 318	337	11	3
	2004	2 093	289		
	合计	9 603	1 388	11	3

三、国有重点煤矿 1981~2004 年一次死亡 3 人以上机电事故发生次数与死亡人数分析表(见表 1-3)

表 1-3 国有重点煤矿 1981~2004 年一次死亡 3 人以上机电事故统计

计划时期	年份	国有重点煤矿各类一次死亡 3 人以上事故合计		其中:机电事故	
		死亡人数	发生次数	死亡人数	发生次数
六五时期	1981	416	37		
	1982	206	40		
	1983	368	43		
	1984	236	42	4	1
	1985	298	37	3	1
	合计	1 524	199	7	2
七五时期	1986	203	32		
	1987	219	39	3	1
	1988	383	41		
	1989	163	28		
	1990	327	26		
	合计	1 295	166	3	1
八五时期	1991	177	23		
	1992	267	47	10	2
	1993	243	29	5	1
	1994	308	33	12	1
	1995	377	36		
	合计	1 372	168	27	4
九五时期	1996	259	29		
	1997	472	37		
	1998	275	18		
	1999	258	31	3	1
	2000	431	32		
	合计	1 695	147	3	1
	2001	262	40		
	2002	383	36		
	2003	460	41	5	1
	2004	484	26		
	合计	1 589	143	5	1

四、国有地方煤矿 1981~2004 年历年一次死亡 3 人以上机电事故发生次数与死亡人数分析表(见表 1-4)

表 1-4 国有地方煤矿 1981~2004 年历年一次死亡 3 人以上机电事故统计

计划 时期	年份	国有地方煤矿各类一 次死亡 3 人以上事故合计		其中:机电事故	
		死亡人数	发生次数	死亡人数	发生次数
六 五 时 期	1981	316	56		
	1982	191	47	3	1
	1983	367	60		
	1984	339	61	4	1
	1985	395	58		
	合计	1 608	282	7	2
七 五 时 期	1986	306	44		
	1987	130	28		
	1988	389	55		
	1989	321	40		
	1990	208	38	22	2
	合计	1 354	205	22	2
八 五 时 期	1991	532	52		
	1992	330	40		
	1993	424	50		
	1994	280	48		
	1995	408	64		
	合计	1 974	254		
九 五 时 期	1996	391	49		
	1997	461	53		
	1998	363	49	3	1
	1999	339	47		
	2000	306	60		
	合计	1 860	258	3	1
	2001	405	49		
	2002	343	42		
	2003	287	42		
	2004	229	36		
	合计	1 264	169		

五、乡镇煤矿 1981~2004 年历年一次死亡 3 人以上机电事故发生次数与死亡人数分析表(见表 1-5)

表 1-5 乡镇煤矿 1981~2004 年历年一次死亡 3 人以上机电事故统计

计划时期	年份	全国乡镇煤矿各类事故一次死亡 3 人以上事故合计		其中:机电事故	
		死亡人数	发生次数	死亡人数	发生次数
六五时期	1981	353	56		
	1982	467	84		
	1983	562	75		
	1984	710	131		
	1985	1 028	187	3	1
	合计	3 120	533	3	1
七五时期	1986	700	130		
	1987	770	125	5	1
	1988	792	125	4	1
	1989	1 357	268	19	3
	1990	1 570	264		
	合计	5 189	912	28	5
八五时期	1991	1 153	214		
	1992	1 393	215		
	1993	1 588	256		
	1994	2 069	322	3	1
	1995	2 152	363	7	1
	合计	8 355	1 370	10	2
九五时期	1996	2 589	401		
	1997	2 679	375	3	1
	1998	2 651	379		
	1999	2 554	406		
	2000	2 264	354		
	合计	12 737	1 915	3	1
	2001	1 790	288		
	2002	1 864	229		
	2003	1 571	254	6	2
	2004	1 380	227		
	合计	6 603	998	6	2

第二节 电气事故分析与防治对策

一、人身触电事故

(一)概述

触电事故是井上、井下都较易发生的事故。所谓触电,就是电流通过人体而产生不同伤害的结果。人体是导电的,当有电流通过时,人体的细胞组织将受到电流的热效应、机械效应和化学效应的作用而导致破坏。依照人体受伤害的不同,触电可分为电击和电伤两类。

电击是电流对人体内部组织的伤害,绝大多数(大约 85%以上)的触电死亡事故都是电击造成的。电击是触电者直接接触带电体,电流通过人体内部,使人体的神经中枢受到伤害,最后使呼吸困难、心脏麻痹,以致死亡。

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等造成对人体表面的局部创伤,有灼伤、电烙印和皮肤金属化等伤害。触电伤亡事故中大约有 70%含有电伤成分。

流过人体的电流叫人身触电电流。它是直接影响人身安全的重要因素。流过人体的电流越大,对人体组织破坏作用也就越大,因而也就越危险。按照电流通过人体,人体呈现的状态,可将通过人体的电流分为三个级别:即感知电流、摆脱电流、室颤电流。

(1) 感知电流。在一定频率下,通过人体引起触电者有任何感觉的最小电流(有效值)称为该频率下的感知电流。感知电流,对于工频交流而言,约 1 mA 左右。感知电流一般不会对人体构成伤害,但当电流增大时,便开始有麻刺和疼痛的感觉。

(2) 摆脱电流。在一定概率下,人触电后能自行摆脱带电体的最大电流称为该概率下的摆脱电流。摆脱概率为 99.5%时,成年男子摆脱电流约为 9 mA;成年女子摆脱电流约为 6 mA。

摆脱电流是人体可以忍受、一般不造成危害的电流。电流超过摆脱电流以后,人就会感到异常痛苦、恐慌和难以忍受;如果时间过长,则可能昏迷、窒息,甚至死亡。因此,可以认为摆脱电流是有较大危险的界限。

(3) 室颤电流。通过人体引起心室发生纤维性颤动的最小电流称为室颤电流。心室纤维性颤动极有可能导致死亡,所以也称室颤电流为致命电流。室颤就是电流通过人的心脏时,破坏了心脏的正常工作,由有规律的正常跳动,变为每分钟数百次以上的颤抖。触电时,通过心脏的电流越大,就越容易引起心室颤动,危险性也就越大。我国专家和学者通过大量考证和实验后认为,引起心室颤动的电流阈值在 50 mA 以上。

电流对人体的作用决定于许多相互关联的因素,其中主要是电流强度和持续的时间。在短暂(持续时间低于 1~3 s)的电流作用下,一般讲,触电持续的时间越长,允许的人身触电电流值就越小。我国现在设计漏电保护装置,是按 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$ 计算的,也就是说,只要人身触电电流和触电时间的乘积,不大于 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$,就可认为是安全的。电网电压越高,人身触电电流越大,因此,漏电保护装置和自动锁电开关的动作速度要求也越快。

人身接触带电的导体或因接触绝缘损坏的电缆、带电的电气设备的金属外壳,都可能造成触电事故。煤矿井下的巷道狭窄,接触电气设备和电缆的机会较多,因而发生触电事故的可能性也较大。井下触电事故按电压等级和性质可分为低压触电(电网电压不大于 1 140 V)、高压触电和直流架线触电事故。据不完全统计从 1984 年至 1987 年四年时间,全国煤矿共发生触电事故 63 起。其中井下低压电网触电 19 起,占 30%;高压触电 7 起,占 11.1%;直流架线触电 37 起,占 58.7%。

触电事故是危险而较易发生的。但是,只要加强电气设备的维修保养,确保漏电保护装置、接地保护装置的功能完善、动作可

靠,严格执行《煤矿安全规程》和各项规章制度,触电事故是完全可以避免的。

(二) 触电事故案例分析

1. 电气设备带电外壳触电事故

(1) 事故经过

某矿 1462 上段三分层回风巷带电移动开关和一台 2.5 kVA 的干式变压器,由于干式变压器电源接线嘴松动,电源线拉脱,接地芯线悬空,电源芯线(380V)接触外壳,采区变电所检漏继电器失灵,使干式变压器外壳带电,两名工人手扶外壳触电死亡。

(2) 原因分析

① 违章操作

《煤矿安全规程》第四百四十五条规定:井下不得带电检修、搬迁电气设备、电缆和电线。

检修或搬迁前,必须切断电源,检查瓦斯,在其巷道风流中瓦斯浓度低于 1.0% 时,再用与电源电压相适应的验电笔检验;检验无电后,方可进行导体对地放电。控制设备内部安有放电装置的,不受此限。所有开关的闭锁装置必须能可靠地防止擅自送电,防止擅自开盖操作,开关把手在切断电源时必须闭锁,并悬挂“有人工作,不准送电”字样的警示牌,只有执行这项工作的人员才有权取下此牌送电。

② 检漏保护装置失灵

《煤矿安全规程》第四百五十七条规定:井下低压馈电线上,必须装设检漏保护装置或有选择性的漏电保护装置,保证自动切断漏电的馈电线路。

每天必须对低压检漏装置的运行情况进行 1 次跳闸试验。

目前,使用较多的低压检漏装置为 JY82 型和 BDJ2(JL82)型。该检漏继电器保护原理为附加直流保护原理,其缺点为没有选择性,任何地点漏电将使整个供个系统全部断电。但是,该型号

检漏继电器能连续显示电网对地的绝缘电阻;补偿电网对地的电容电流;当电网对地的绝缘电阻下降到保护装置的动作电阻值时,可自动切断电网电源。该装置具备线路简单、维修方便和动作可靠等优点。

如果电网三相对地绝缘电阻相等, $r_A = r_B = r_C = r$, 忽略电网对地的电容电流, 人身触电电流 I_R 可用下式计算:

$$I_R = \frac{3V_\phi}{3R_A + r}$$

式中 I_R ——人身触电电流, mA;

V_ϕ ——电网相电压, V;

R_A ——人身电阻, 井下人身电阻计算时可取 1 k Ω ;

r ——电网相对地的绝缘电阻, k Ω 。

从上式可知当电网电压和人身电阻一定时, 人身触电电流的大小仅决定电网对地的绝缘电阻值, 只要电网绝缘电阻值不小于规定值, 漏电电流则不大于极限安全电流。

规定: 电网电压为 380 V 时, 单相接地电阻为 3.5 k Ω , 检漏继电器动作时间不大于 0.1 s; 电网电压为 660 V 时, 单相接地电阻为 11 k Ω , 检漏继电器动作时间不大于 80 ms; 电网电压为 1 140 V 时, 单相接地电阻为 20 k Ω , 检漏继电器动作时间为 50 ms。上例事故即使电网绝缘电阻单相为 3.5 k Ω , 另二相为无限大, 如果检漏电保护装置动作灵敏可靠, 还是可避免人身事故的。如图 1-1 所示, 人身触电电流为:

$$I_R = \frac{380}{3.5 + 1} = 84.4 \text{ (mA)}$$

只要人身触电电流持续时间不大于 0.35 s, 人身触电电流和持续时间的乘积为 $84.4 \times 0.35 = 29.54 \text{ mA} \cdot \text{s}$, 不大于 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$, 人身触电就不会死亡。可见, 如果检漏保护装置动作灵敏可靠, 触电死亡事故是可避免的。