

2010 年—2019 年全国煤矿生产安全事故 统计与现状分析

孟远¹, 谢东海^{1,2*}, 苏波¹, 谷翱翔¹

(1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;

2. 湖南科技大学 煤矿安全生产技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 依据中国煤矿安全生产网, 对 2010 年—2019 年煤矿生产安全事故资料进行统计, 分析全国每年煤矿生产安全事故起数和死亡人数、事故类型、事故级别、百万吨死亡率以及各省煤矿生产安全事故起数和死亡人数等方面现状。分析表明: (1) 2010 年—2019 年, 我国煤矿安全生产形势得到了大幅度的好转; (2) 瓦斯、顶板、水灾事故仍为今后防治的重点; (3) 重大、特重大事故在近 3 年间基本消除, 一般、较大事故还需加大治理力度; (4) 2010 年—2019 年, 山西省所发生的煤矿生产安全事故起数及死亡人数居全国第一。并建立 GM(1,1) 模型, 运用 Matlab 软件对我国煤矿百万吨死亡率进行预测, 得到 2020 年及 2021 年的百万吨死亡率预测值, 具有一定的可靠性。

关键词: 煤矿事故; 统计计算; 事故规律; 百万吨死亡率预测

中图分类号: TD77⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2020)04-0027-07

Statistics and Analysis of Coal Mine Production Safety Accidents in China from 2010 to 2019

Meng Yuan¹, Xie Donghai^{1,2}, Su Bo¹, Gu Aoxiang¹

(1. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Technology of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: According to the China Coal Mine Safety Production Network, statistics of coal mine production safety accidents from 2010 to 2019 are carried out to analyze the number of coal mine production safety accidents and deaths, accident types, accident levels, death rates per million tons, and coal mine production safety in various provinces as well as the number of deaths. The analysis shows that from 2010 to 2019, the safety production situation of coal mines in China has been greatly improved, gas, roof and flood accidents are still the focus of future prevention and control, major and extraordinarily serious accidents have occurred in the past three years, general and large accidents need to be strengthened, and from 2010 to 2019, the number of coal mine production safety accidents and deaths in Shanxi Province ranked the first in China. The GM(1,1) model is established, and the Matlab software is used to predict the death rate of one million tons of coal mines in China, and the predicted value of the death rate of one million tons in 2020 and 2021 is obtained, which has certain reliability.

Keywords: coal mine accident; statistical calculation; accident law; forecast of the death rate of one million tons

收稿日期: 2020-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51604111;51774133); 湖南省自然科学基金资助项目(2017JJ2082); 湖南省教育厅科研资助项目(16C0654)

* 通信作者, E-mail: dhxie@hnust.edu.cn

中国是世界第一产煤大国,煤炭产量约占世界 50%。在全国能源工业中,煤炭占全国一次性能源生产和消费的 70%左右^[1],我国煤炭勘探资源储量 4 000.81 亿 t^[2],因此长时间内煤炭在全国能源消费中仍占主要地位。我国煤层自然赋存条件复杂,开采难度较大^[3],虽然经过多年的综合治理,全国的煤矿生产安全事故发生起数及死亡人数逐年降低,但我国煤矿安全生产形式相对于国外仍然严峻。因此本文对全国 2010 年—2019 年的煤矿生产安全事故资料进行统计,分析近 10 年煤矿事故发展规律并对百万吨死亡率做出预测。

近年来,国内外诸多学者对煤矿生产安全事故进行了统计研究。1980 年,美国著名安全工程师 H.W. Heinrich 运用统计学原理对煤矿生产安全事故进行研究,得出结论为在 100 起事故中,仅有 2 起事故是由不可预防的人为因素所造成的,其他则由故意人为、人的不安全行为或者物的不安全状态所造成^[4];2005 年,刘亮^[5]等人从事故发生起数及事故死亡人数 2 个方面对 2002 年—2003 年全国煤矿安全生产事故进行分析,得到全国煤矿事故控制的重点是瓦斯和顶板事故;2010 年,柳晓莉^[6]等人从事故类型、事故发生的时间规律、地域以及事故发生的原因等方面对 2005 年 1 月—2009 年 6 月全国所发生的煤矿安全生产事故进行统计分析,其结果对煤矿事故的预防及应急处理有重要的现实意义;随后张志业^[7]、姜燕^[8]、张金海^[9]、蒋星星^[10]等人分别对近几年的全国煤矿生产安全事故从不同的方面进行了统计分析。

1 煤矿生产安全事故起数、死亡人数及百万吨死亡率统计与分析

1.1 数据统计

为了分析全国煤矿近 10 年来的生产安全现状,根据 2010 年—2019 年中国煤矿安全生产网^[11]公布的官方数据资料,统计得到全国煤矿每年生产安全事故起数、死亡人数及百万吨死亡率,见图 1~图 3。

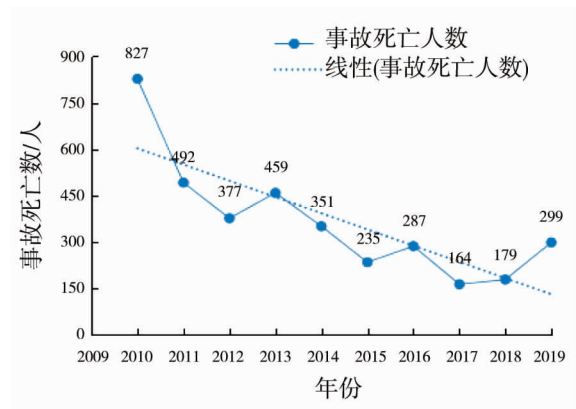
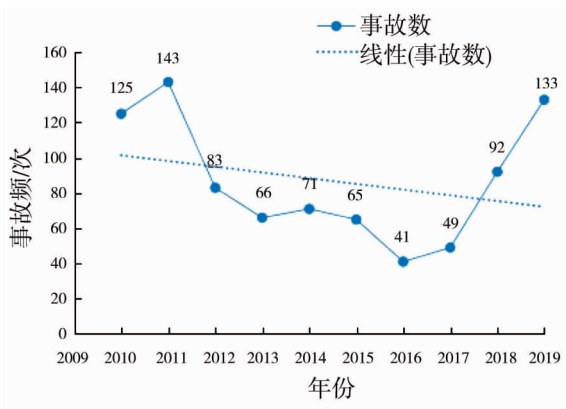


图 1 2010 年—2019 年全国煤矿生产安全事故起数变化趋势

图 2 2010 年—2019 年全国煤矿生产安全事故死亡人数变化趋势

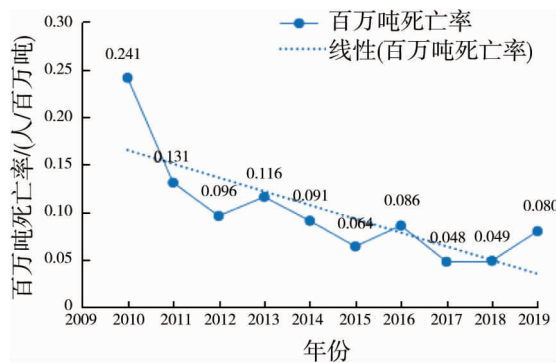


图 3 2010 年—2019 年全国煤矿生产安全事故百万吨死亡率变化趋势

根据图 1 可以得到,2010 年—2019 年全国共发生煤矿生产安全事故 868 起,其中 2010 年、2011 年、

2019年发生的事故起数居于前三.2010年—2011年、2017年—2018年、2018年—2019年全国煤矿生产安全事故起数呈上升趋势,分别上升了约14.4%,87.8%,44.6%;2011年—2017年全国煤矿事故起数总体呈下降趋势,下降了约65.7%;根据图1的生产安全事故起数发展走向的线性关系,预测2019年—2020年生产安全事故起数将呈现出下降趋势.

从图2可以得到,2010年—2019年全国由煤矿生产安全事故造成的死亡人数3670人,其中2010年的死亡人数最多,高达827人,占10年间全国煤矿生产安全事故死亡总人数的22.5%.从图2可以得到2010年—2019年期间,全国由煤矿生产安全事故导致死亡的人数总体呈现下降的趋势.然而2019年相对于2018年呈上升趋势,上升了大约67.04%.根据事故死亡人数的线性关系走向,预测2020年事故死亡人数相对于2019年将呈现下降的趋势.

由图3可以看出,2010年—2019年煤矿百万吨死亡率总体呈现下降的趋势,尤其是2010年—2012年下降趋势最大.2012年—2013年、2015年—2016年、2017年—2019年均呈现略微上升趋势.总体来说,从2010年的0.241下降到2019年的0.080,同比下降了66.8%,说明全国煤矿安全基础保障能力稳步提升,安全生产形式明显好转.近10年间,美国的平均百万吨死亡率为0.028,澳大利亚煤矿的平均百万吨死亡率为0.020^[12],与之相比,我国煤炭百万吨死亡率虽已很接近,但还有一些差距,需进一步加强生产安全管理.

1.2 现状分析

1)随着生产技术的不断提高,管理体系的逐渐健全以及各种安全设施设备的投入,全国近10年煤矿生产安全事故起数及死亡人数总体呈现下降的趋势,但在2019年事故起数及死亡人数出现急剧升高的现象,主要原因是近2年随着国民经济的飞速发展,对煤炭资源的需求量也随之增加,各大煤矿加大了对煤炭资源的开采力度,进而造成事故起数及死亡人数的增加.

2)近几年大型矿井数量逐渐增多,煤炭产量也随之增加,致使更多的人力投入其生产,井下工作人员增多,造成每次生产安全事故的伤亡人数增加;另一方面随着矿井开采深度及范围的增大,各种不安全因素发生的频率加大,事故发生率也相应上升.

3)由于国家相关安全生产政策的出台,智能化采煤程度的不断提高,全国煤炭百万吨死亡率总体呈现下降的趋势,但与国外一些产煤大国相比还有一些的差距,主要由生产技术、设施设备等相对于落后,安全管理不到位,工人安全意识不强等原因造成.

2 全国煤矿百万吨死亡率预测

根据上述统计得到的2010年—2019年全国煤矿百万吨死亡率数据,建立GM(1,1)模糊预测模型进行预测研究.

GM(1,1)模型的建立步骤:

1)设原始数列 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(10))$,对其进行1次累加,得到数列为 $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(10))$.

2)令 $x^{(1)}$ 的灰导数为 $d(k) = x^{(0)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)$,其中 $k = 1, 2, \dots, 10$.则 $x^{(1)}$ 的临值生成数列 $z^{(1)}$ 为 $z^{(1)}(k) = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k-1)$,其中 α 为生成系数, $\alpha \in [0, 1]$.

3)于是得到GM(1,1)的灰微分方程模型: $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$,其中 $x^{(0)}(k)$ 为灰导数; a 为发展系数; $z^{(1)}(k)$ 为白化背景值; b 为灰作用量.

4)引入矩阵: $u = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$, $Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(10) \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(10) & 1 \end{bmatrix}$;于是GM(1,1)模型可表示为 $Y = Bu$.

5)求取 a, b 的数值,进而得到预测值,并对其进行检验.

利用 Matlab 软件对数据进行处理,得出预测结果见表 1.

表 1 实际值及预测值对照表

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
实际值	0.241 0	0.131 0	0.096 0	0.116 0	0.091 0	0.064 0	0.086 0	0.048 0	0.049 0	0.080 0		
预测值	0.241 0	0.122 8	0.110 8	0.100 0	0.090 2	0.081 4	0.073 4	0.066 3	0.059 8	0.054 0	0.048 7	0.043 9

对实际值与预测值总体之间进行残差检验, $Q = 0.170 8 < 0.2$, 达到一般要求, 预测值具有一定的可靠性. 由表 1 可知我国煤炭百万吨死亡率总体呈现下降的趋势, 预测 2020 年的百万吨死亡率为 0.048 7 左右, 2021 年的百万吨死亡率值将在 0.043 9 左右, 已与一些产煤发达国家的百万吨死亡率接近, 我国煤矿安全形势得到了大幅度的好转.

3 煤矿事故类型、死亡人数及平均每次事故死亡人数的统计与分析

煤矿伤亡事故按伤亡事故的性质可分成顶板事故、瓦斯事故、机电事故、运输事故、放炮事故、火灾事故、水灾事故和其他事故(以上 7 类以外的事故)^[13], 共 8 类.

3.1 数据统计

通过对 2010 年—2019 年全国煤矿各类生产安全事故起数及死亡人数, 以及平均每次事故中死亡人数(见图 4~图 6)进行分析, 可以更加有针对性地采取措施来降低事故的发生.

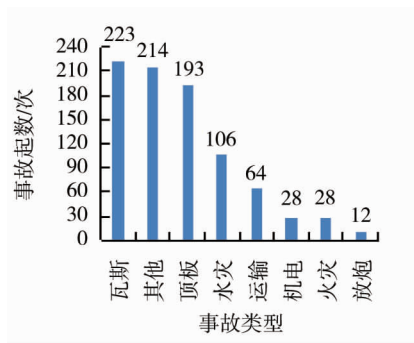


图 4 全国煤矿各类事故发生起数

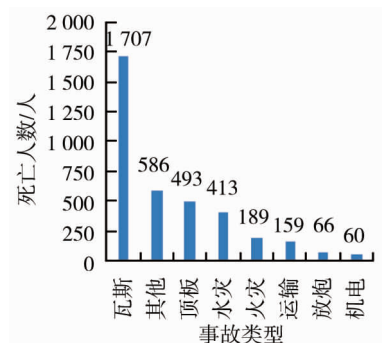


图 5 全国煤矿各类事故死亡人数



图 6 全国煤矿各类事故平均每次死亡人数

由图 4 可知, 瓦斯事故、其他事故、顶板事故及水灾事故发生的次数居前 4 位, 分别占总事故起数的 25.69%, 24.65%, 22.24%, 12.21%; 放炮事故发生的起数最少, 占 1.38%. 由图 5 可知, 由瓦斯事故造成的死亡人数最高, 达 1 707 人, 占死亡总人数的 46.51%. 由图 6 可知, 瓦斯事故中平均每次死亡人数最高, 为 7.65 人/次; 其次为火灾事故、放炮事故和水灾事故, 分别为 6.75, 5.50 和 3.90 人/次. 综上可见瓦斯事故仍为煤炭开采中防治灾害的重点, 应进一步加强防治力度.

3.2 现状分析

1) 造成瓦斯事故发生起数、死亡人数以及每次事故死亡人数高的原因是通风系统不合理, 局部通风

紊乱,采煤工作面供风量不足;垂直地应力过大,煤层渗透率低导致瓦斯抽采困难^[14],抽采不达标,造成瓦斯超限;正常生产期间,井下通风设施被随意改变其状态;低瓦斯矿井对瓦斯重视程度不够等;

2)炮采方法在煤矿开采中逐渐被摒弃,炸药的安全性能提高等原因造成放炮事故所发生的起数在各类事故中最少,但由于在放炮过程中所产生的能量大,影响范围广等原因又造成其每次事故死亡人数居高;顶板事故发生次数较多的原因是地质结构复杂、支护不够及时、开采方法不合理等;水灾事故发生起数较多主要由于采区及采空区内积水、煤岩层间有含水层、地面水与地下水相通、探测不准确等原因所造成。

3)除7类事故以外的其他事故在各类事故发生的起数和死亡人数中都位居第二,说明全国煤矿普遍存在采出煤炭在储存过程中管理不到位、炸药储放保存方法不正确及监管力度不严、建筑设施不达标等问题。

4 煤矿生产安全事故的各级类别统计与现状分析

4.1 数据统计

我国2007年颁布的《生产安全事故报告和调查处理条例》规定,按事故造成的人员伤亡情况将事故划分为一般事故(3人以下)、较大事故(3~9人)、重大事故(10~29人)以及特大事故(30人及以上)4个等级^[15]。统计2010年—2019年全国煤矿发生的各级生产安全事故,事故起数及死亡人数见表2,各级生产安全事故起数占比见图7。

表2 2010年—2019年全国煤矿发生的各级生产安全事故起数及死亡人数

年份	一般事故		较大事故		重大事故		特大事故	
	事故起数/次	死亡人数/人	事故起数/次	死亡人数/人	事故起数/次	死亡人数/人	事故起数/次	死亡人数/人
2010	41	45	64	333	14	218	6	231
2011	85	50	44	210	13	202	1	30
2012	49	61	22	107	11	161	1	48
2013	23	13	29	156	12	178	2	112
2014	32	15	25	115	14	221	0	0
2015	38	43	22	105	5	87	0	0
2016	20	25	8	40	11	157	2	65
2017	27	22	19	96	3	46	0	0
2018	69	60	21	85	2	34	0	0
2019	105	106	24	119	4	74	0	0

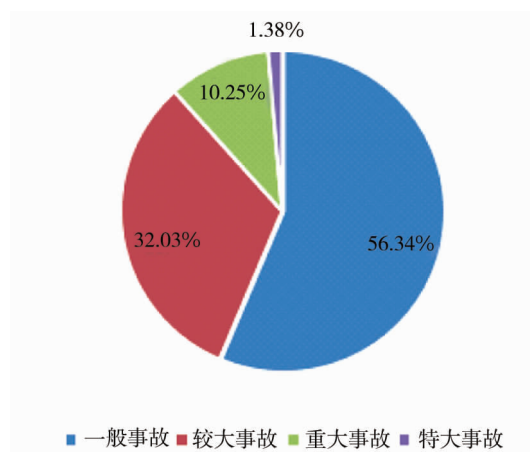


图7 2010年—2019年全国煤矿各级生产安全事故起数比例

从表2可以看出,2010年—2019年一般事故共发生489起,其中2010年—2011年和2018年—2019

出现明显的上升;较大事故共发生 278 起,其中 2016 年—2017 年出现上升,但总体呈现下降趋势;重大事故 89 起,其中 2015 年—2016 年上升趋势明显,2016 年—2017 年下降趋势明显;特重大事故 12 起,其中 2010 年发生 6 起,造成 231 人死亡,2014 年—2019 年除 2016 年外均未有特重大事故发生.近 3 年,2019 年相对于 2018 年除特重大事故外,其他类型事故均呈现上升趋势;2018 年间所发生的一般事故和较大事故起数较 2017 年略有增加.

由图 7 可以得到,2010 年—2019 年间,全国煤矿生产安全发生的一般事故、较大事故、重大事故、特重大事故分别占事故总起数的 56.34%,32.03%,10.25%,1.38%.

4.2 现状分析

1) 现阶段,煤炭是全国经济发展重要基础能源,许多矿井都加大了煤炭资源的开采强度,因此,近 3 年全国煤矿所发生的一般事故及较大事故数呈现上升的趋势.全国有相当数量的矿井开采条件异常复杂,导致各级事故时有发生,故完全消除煤矿生产安全事故任重道远^[16].

2) 随着煤矿安全规程的不断更新和执行,煤矿应急管理水平和应急救援体系的不断提高,近几年煤矿生产中重、特重大事故基本消除,但较大事故和一般事故还时有发生,因此全国煤矿事故预防工作中,对这 2 类事故的预防要给予高度重视,采取对这 2 类事故实行“零容忍”的政策,必将使我国煤矿生产安全形势有一个质的飞跃.

5 全国各省煤矿安全事故起数及死亡人数统计与分析

5.1 数据统计

统计中国煤矿安全生产网公布的官方数据资料,得到 2010 年—2019 年全国各省煤矿生产安全事故起数及死亡人数,通过对各省生产安全事故起数及死亡人数排序(见图 8 和图 9),得出需重点加强事故防范的省份.

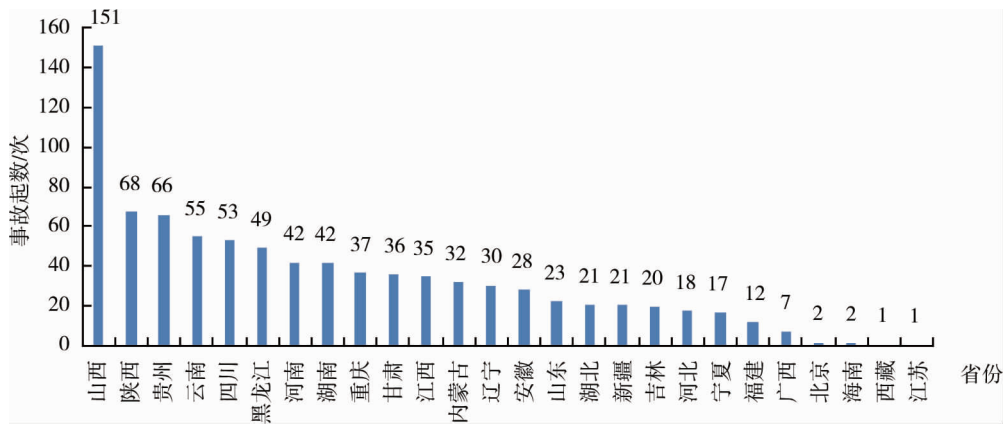


图 8 2010 年—2019 年全国各省煤矿生产安全事故起数

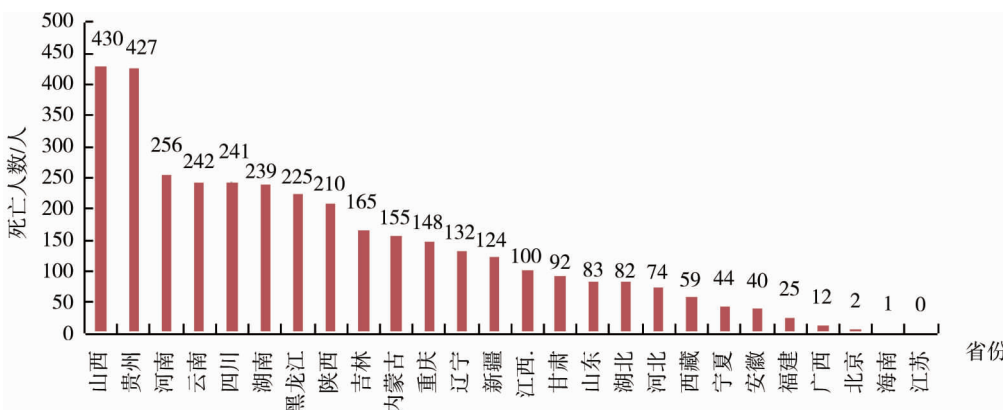


图 9 2010 年—2019 年全国各省煤矿生产安全事故死亡人数

由图8和图9可知,在2010年—2019年,山西省所发生的生产安全事故起数居第一位,共发生151起,占生产安全事故总起数的17.40%,其次为陕西省68起,占7.18%,贵州省66起,占7.95%,再次为云南省、四川省、黑龙江省,分别占6.34%,6.11%,5.64%。并且山西省煤矿生产安全事故死亡人数居全国第一位,占死亡总人数的11.72%,其次为贵州省占11.63%,河南省占6.98%,云南省占6.59%。虽然山西省生产安全事故起数及死亡人数均居第一,但其平均每次事故死亡人数不高,只有2.85人/次,由此可知该省所发生的一般事故起数较多。西藏在2010年—2019年虽然只发生一起事故,但是造成了59人死亡。贵州省平均每次事故死亡人数高达6.28人/次,说明该省发生较大事故较多。山西省、贵州省应进一步加强煤炭安全治理,减少事故发生次数和死亡人数。

5.2 现状分析

1) 山西省是煤炭大省,煤矿数量及煤炭储存量均居我国前列,在相同情况下该省所发生的事故起数及死亡人数也应较多。

2) 山西、陕西、贵州、云南等省份对生产安全重视程度不足,政府的监管力度较弱,安全管理政策不全面等是本省份事故起数及死亡人数较多的另一个原因。

6 主要结论

1) 2010年—2019年全国煤矿生产安全形势逐年好转;2020年、2021年的全国煤矿百万吨死亡率预测值分别为0.0487和0.0439。

2) 2010年—2019年瓦斯事故、顶板事故、水灾事故所发生的起数及死亡人数位居各类事故中的前3,是今后煤矿需长期关注的一些事故类型。

3) 2010年—2019年全国煤矿发生的重、特重大事故基本消除,较大事故和一般事故总体呈现下降趋势。

4) 2010年—2019年山西省、陕西省、贵州省、云南省等发生事故起数及造成的死亡人数均居全国各省煤矿事故前列。

参考文献:

- [1] 孙继平.煤矿自动化与信息化[C]//第28届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第9届中国煤矿信息化与自动化高层论坛论文集.2019,2:1-2.
- [2] 张建强,宁树正,陈美英,等.我国煤炭资源开发前景及对策[J].地质论评,2020,66(s1):143-145.
- [3] 王树玉,刘伯,刘景华,等.煤矿五大灾害事故分析和防治对策[M].北京:中国矿业大学出版社,2006.
- [4] Heinrich H W. Industrial Accident prevention; A scientific Approach[M]. New York: McGraw Hill, 1980.
- [5] 刘亮,刘毅,刘明举.2002—2003年我国煤矿死亡事故统计分析[J].煤炭科学技术,2005(1):7-9.
- [6] 柳晓莉,郭立稳,张志业.2005年1月—2009年6月煤矿死亡事故统计分析[J].河北理工大学学报(自然科学版),2010,32(2):1-3.
- [7] 张志业,柳晓莉.2006—2011年煤矿死亡事故统计分析[J].煤,2012,21(4):40-41.
- [8] 姜燕.我国煤炭事故统计分析及其防治措施[J].煤炭技术,2013,32(6):94-96.
- [9] 张金海.近年煤矿死亡事故统计分析及预防措施[J].中州煤炭,2014(6):64-66.
- [10] 蒋星星,李春香.2013—2017年全国煤矿事故统计分析及其对策[J].煤炭工程,2019,51(1):101-105.
- [11] 中国煤矿安全生产网.事故快报[EB/OL].[2020-08-20].<http://www.mkaq.org/ssgl/shigukb/>.
- [12] 张立宽.坚持“三大方向”,打造煤炭工业升级版[N].中国矿业报,2019-09-23(6).
- [13] 纵瑞利,吴威威,刘方远.我国煤矿生产事故统计及安全生产措施[J].煤炭技术,2020,39(1):205-207.
- [14] 林柏泉,宋浩然,杨威,等.基于煤体各向异性的煤层瓦斯有效抽采区域研究[J].煤炭科学技术,2019,47(6):139-145.
- [15] 蒋金泉,张培鹏,秦广鹏,等.高位主关键层破断失稳及微震活动分析[J].岩土力学,2015,36(12):3567-3575.
- [16] 朱云飞,王德明,李德利,等.2000—2016年我国煤矿重特大事故统计分析[J].能源与环保,2018,40(9):40-43.