

煤矿水害防治科技发展对策

(2014)

国家安全监管总局
国家煤矿安监局

2014年11月

目 录

一、我国煤矿水害及防治技术现状	2
1.1 煤矿水害现状	2
1.2 煤矿水害防治技术现状.....	11
二、我国煤矿水害防治存在的主要问题	14
2.1 煤矿水害防治基础理论存在的主要问题.....	14
2.2 现有煤矿水害防治技术与装备存在的主要问题.....	14
2.3 平台建设存在的主要问题.....	16
2.4 煤矿水害防治管理工作存在的主要问题.....	16
三、我国煤矿水害防治科技发展对策	19
3.1 我国煤矿水害防治总体发展思路	19
3.2 我国煤矿水害防治科技发展对策	19
四、工作建议	30

一、我国煤矿水害及防治技术现状

1.1 煤矿水害现状

1.1.1 我国煤矿水害的分区特征

根据我国聚煤区的不同水文地质特征和自然地理条件,以及矿井水对生产的危害程度,可将全国煤矿水害划分为 6 个水害区,见图 1-1。

(1) 华北石炭二叠纪岩溶—裂隙水水害区

主要分布在河北、山东、山西、河南、陕西、江苏、安徽等省份。煤矿突水较频繁,涌水量大或特大(1000~123180m³/h),水害主要致灾因素包括奥灰水、断层、陷落柱等。

(2) 华南晚二叠世岩溶水水害区

位于我国淮阳古陆以南、川滇古陆以东的长江流域,包括苏南、皖南、江西、湖南、广东、广西、贵州、云南、四川等。煤矿突水频繁,突水量大(2700~27000m³/h),容易造成淹井,矿井正常涌水量大(3000~8000m³/h)。水害主要致灾因素包括岩溶水(岩溶管道)、地表水等。

(3) 东北侏罗纪煤田裂隙水水害区

位于东北和内蒙古东部的新华夏系巨型沉降带内。煤矿受山间谷地河流地表水和第四系松散层水影响严重。水害主要致灾因素包括煤层顶板水和导水裂缝带等。

(4) 西北侏罗纪煤田裂隙水水害区

位于昆仑—秦岭构造带以北,包括新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西北部 and 内蒙古西南部广大地区。该区顶板水害突出,第四系水害较严重。水害主要致灾因素包括煤层顶板水和导水裂缝带等。

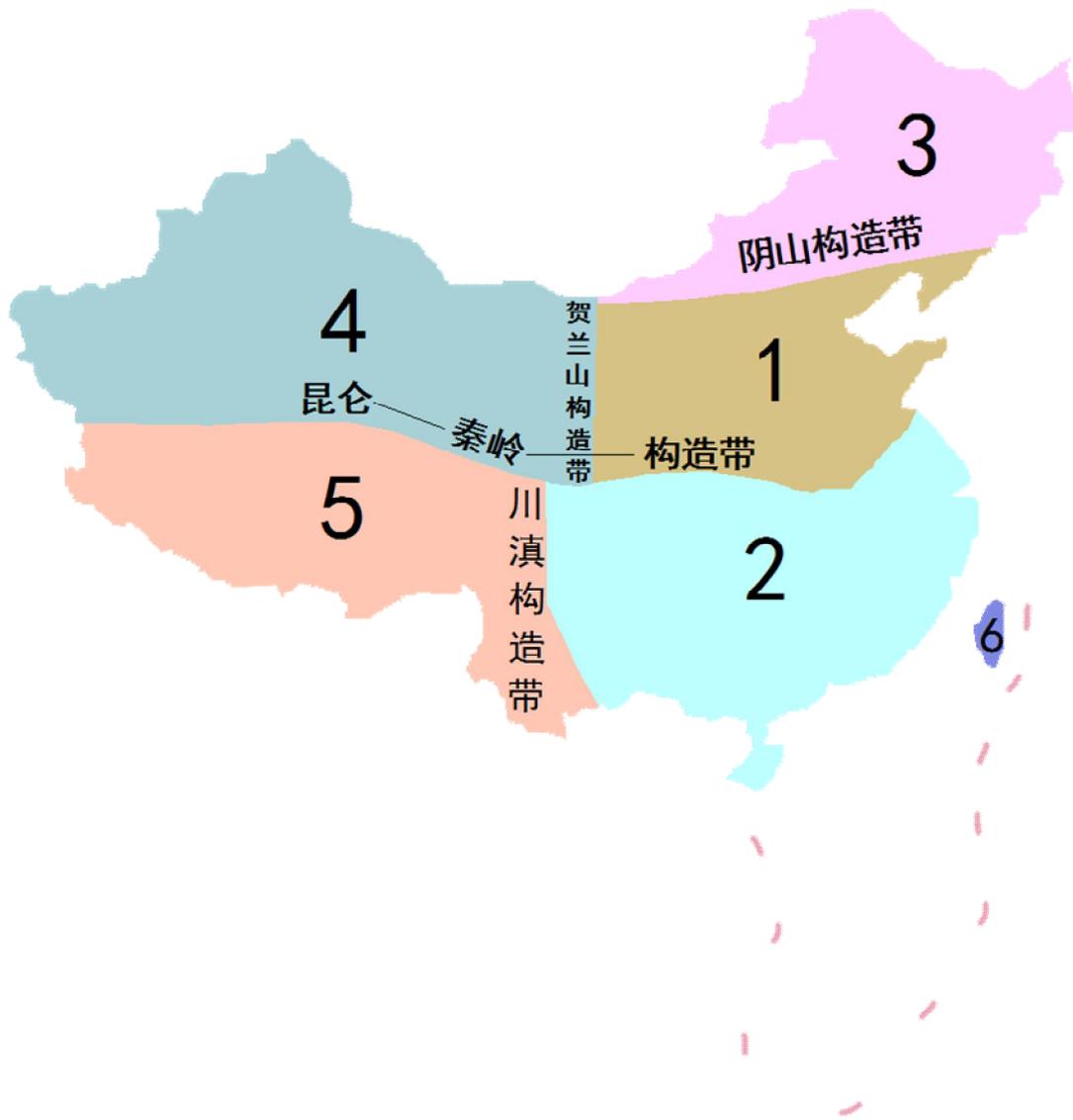


图 1-1 我国煤矿水害分布特征图

图中：1.华北石炭二叠纪岩溶—裂隙水水害区；2.华南晚二叠世岩溶水水害区；
 3.东北侏罗纪煤田裂隙水水害区； 4.西北侏罗纪煤田裂隙水水害区；
 5.西藏—滇西中生代煤田裂隙水水害区；6.台湾古近纪煤田裂隙—孔隙水水害区。

(5) 西藏—滇西中生代煤田裂隙水水害区

该区主要分布在昆仑山以南，西昌—昆明以西的广大区域。该区主要聚煤期为晚三叠世和早白垩世。该区属于湿润—亚湿润气候区，年降雨量为 300~600mm 的地区约占 55%，年降雨量为 800~1000mm 的地区约占 35%，年降雨量为 1000~2000mm 的地区约占 10%。区内煤矿的特点是开采规模小，受水害威胁尚不严重。

(6) 台湾古近纪煤田裂隙—孔隙水水害区

该区主要分布在台湾省区域。该区属于湿润气候区，年降雨量为1800~4000mm的地区约占95%以上。区内煤矿的特点是开采规模小，受水害威胁尚不严重。

综上所述，我国煤矿水害主要分布在华南、华北、东北和西北4大区域，据统计，近5年发生的水害事故均在上述4大区域见表1-1。

表1-1 我国主要水害区近5年发生的水害事故及死亡人数统计表

年份	华北水害区		华南水害区		东北水害区		西北水害区	
	水害事故起数	死亡人数	水害事故起数	死亡人数	水害事故起数	死亡人数	水害事故起数	死亡人数
2009年	4	6	36	118	7	42	0	0
2010年	8	60	23	65	3	44	4	55
2011年	6	30	24	108	11	40	3	14
2012年	5	34	10	37	6	47	3	4
2013年	5	28	11	32	2	22	3	7
合计	28	158	104	360	29	195	13	80

1.1.2 我国煤矿水害的主要类型

我国煤矿地质条件复杂，煤矿突水与地质构造、采矿活动、地应力、地下水水力特征等因素有关。水害类型，按水源划分可以分为：地表水、孔隙水、裂隙水、岩溶水、老空水；按导水通道划分可以分为：断层水、裂隙水、陷落柱水、钻孔水；按与煤层的相对位置划分可以分为：顶板水、底板水。

1.1.3 我国煤矿的水文地质类型

截至2012年6月30日，全国共有11504个矿井开展了水文地质类型划分。其中极复杂型矿井78个，占总数的0.68%；复杂型矿井827个，占7.19%；中等型矿井4141个，占36%；简单型矿井6458个，占56.14%，见图1-2。

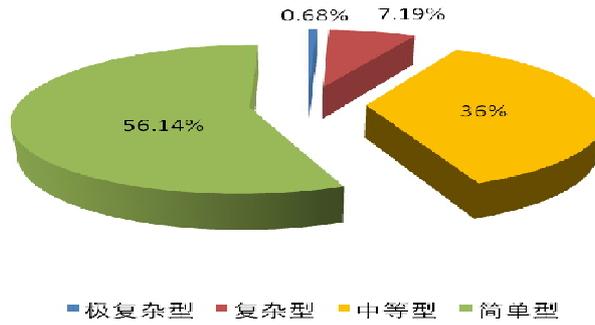


图1-2 全国11504个矿井水文地质类型划分结果对比图

水文地质类型复杂、极复杂煤矿共有 905 个，主要分布在：山西、黑龙江、安徽、山东、河南、湖南、重庆、四川、贵州、甘肃、河北、陕西、江西等地区，见图 1-3。这些地区常发生重特大透水事故，是煤矿水害防治工作重点监管监察的地区（注：由于尚未对各矿井上报的水文地质类型划分结果开展复审工作，部分矿井的划分结果可能不完全符实，有待进一步审核确认）。

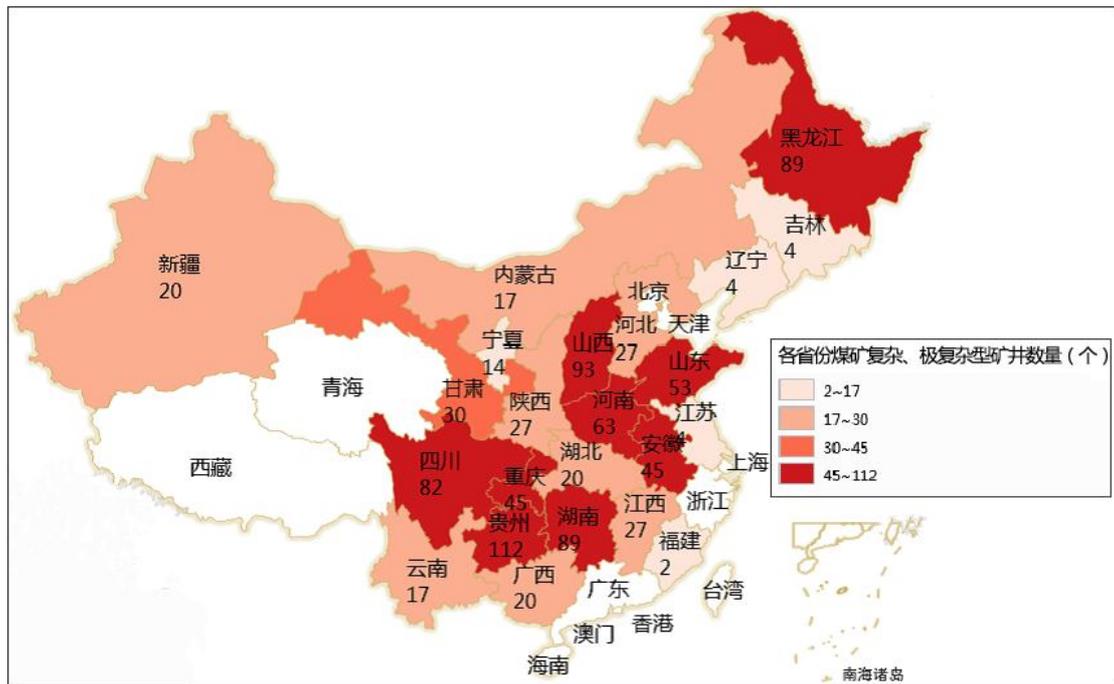


图 1-3 我国各省份矿井水文地质类型为复杂、极复杂煤矿数量分布图

1.1.4 我国大水煤矿分布特征

大水煤矿指矿井正常涌水量超过 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 的煤矿。根据国家煤矿安监局 2012 年统计资料，全国共有 61 个大水煤矿。其中井工矿涌水量最大的是陕西的锦界煤矿，正常涌水量为 $4900\text{m}^3/\text{h}$ ，最大涌水量

1.1.5 近年来煤矿水害事故特征

近年来水害事故特征主要表现在以下几个方面：

一是重大事故仍然多发，甚至出现反弹。2011年，全国煤矿发生水害事故44起，同比上升15.8%。其中较大水害事故16起，死亡78人，同比分别上升23.1%和30%。2013年，全国煤矿共发生水害事故21起，死亡89人。较大水害事故10起，死亡47人。重大水害事故2起，死亡28人。2009~2013年事故起数和死亡人数对比情况见图1-5。

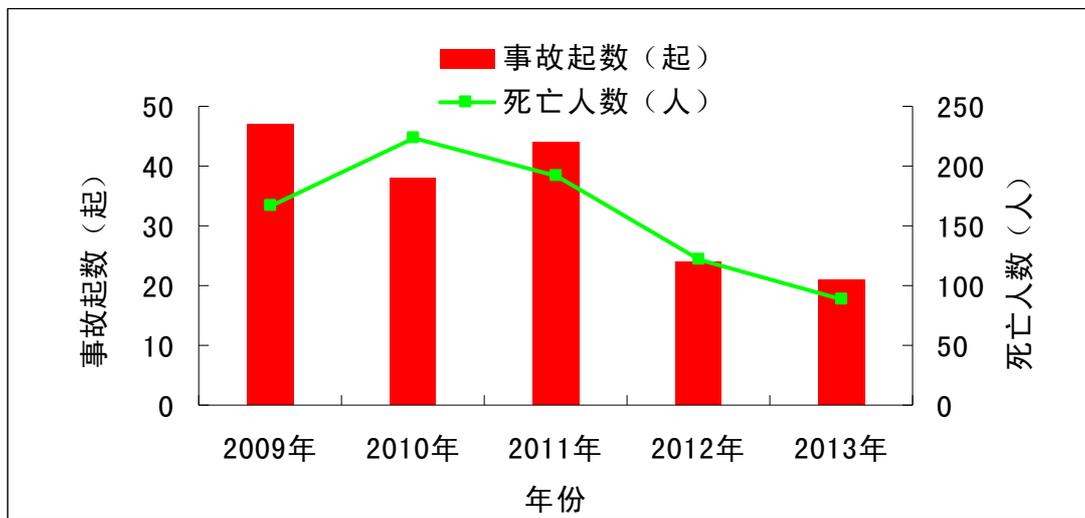


图 1-5 2009~2013 年水害事故起数和死亡人数对比图

二是较大以上事故所占比例大。2012年较大水害事故占全国煤矿较大事故总数的11.3%；重大水害事故占全国煤矿重大事故总数的31.3%；2013年较大事故占全国煤矿较大事故总数的21.7%，重大水害事故占全国煤矿重大事故总数的14.3%。

三是老空水、灰岩水和地表水为主要水害水源。近5年来，63起较大水害事故中，老空水58起，占92%；灰岩水3起，占4.8%；地表水2起，占3.2%。23起重大事故中，老空水18起，占78.3%；灰岩水2起，占8.7%，地表水3起，占13%，见表1-3、图1-6和图1-7。

表 1-3 近 5 年水害事故水源情况表

年份	较大事故			重大以上事故		
	老空水	灰岩水	地表水（洪水、河流溃水等）	老空水	灰岩水	地表水（洪水、河流溃水等）
2009 年	14	1	1	3	1	0
2010 年	12	1	0	4	1	1
2011 年	15	1	0	5	0	1
2012 年	8	0	0	4	0	1
2013 年	9	0	1	2	0	0
合计	58	3	2	18	2	3

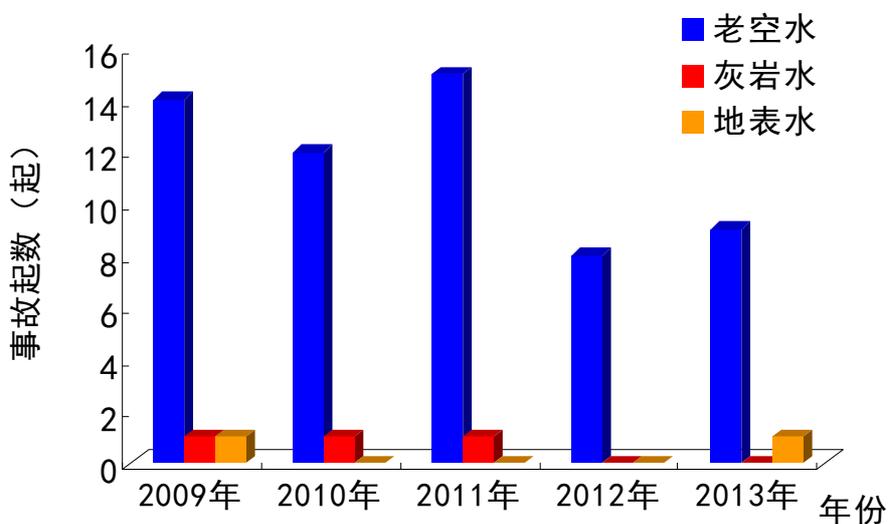


图 1-6 近 5 年较大水害事故水源统计柱形图

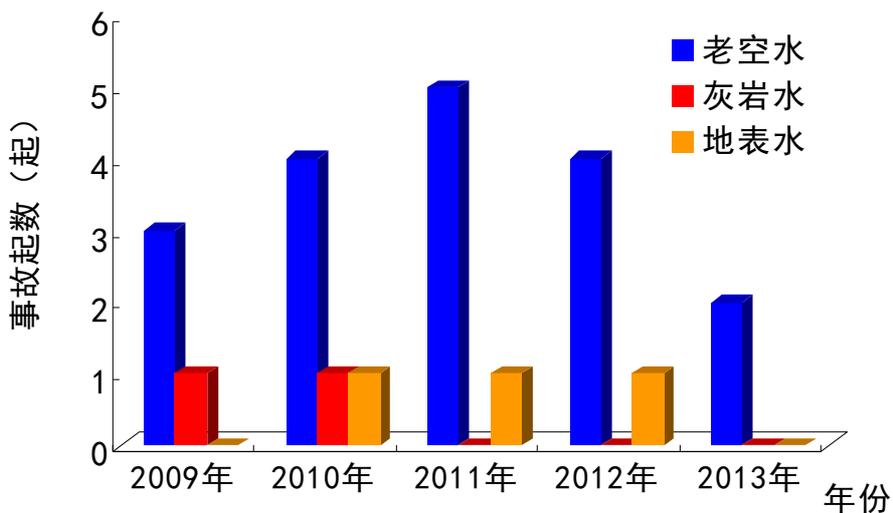


图 1-7 近 5 年重大以上水害事故水源统计柱形图

四是乡镇煤矿水害事故最为严重。近 5 年来全国煤矿发生水害事故按所有制统计情况见表 1-4、图 1-8 和图 1-9。

表 1-4 近 5 年来全国煤矿发生水害事故按所有制统计表

年份	国有重点煤矿		国有地方煤矿		乡镇煤矿	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数
2009 年	2	2	5	12	40	152
2010 年	7	82	5	12	26	130
2011 年	8	30	4	6	32	156
2012 年	3	8	3	23	18	91
2013 年	6	37	4	12	11	40
合计	26	159	21	65	127	569

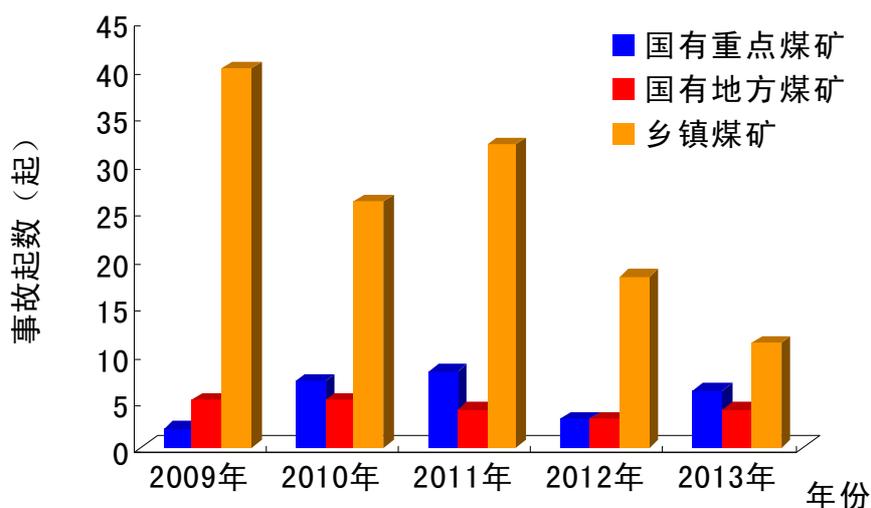


图 1-8 近 5 年全国煤矿发生水害事故数量按所有制对比图

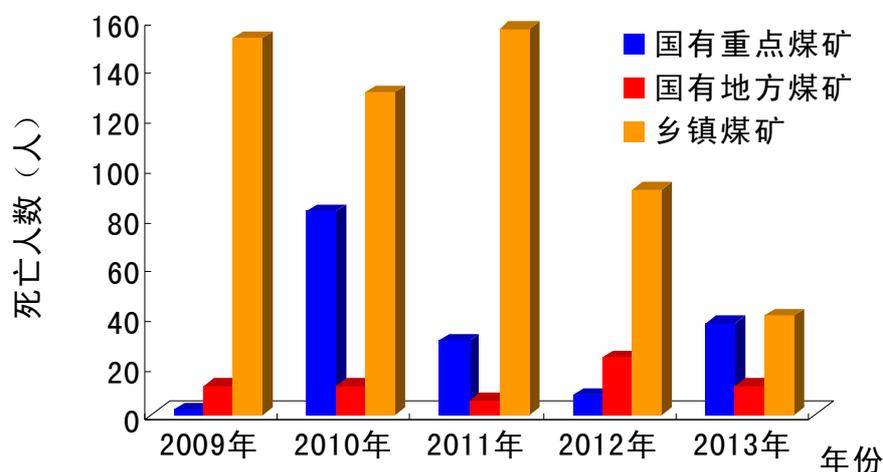


图 1-9 近 5 年全国煤矿水害事故死亡人数按所有制对比图

五是掘进工作面为主要透水部位。近 5 年来，较大透水事故和重大及以上透水事故中，在掘进工作面发生的事故数分别占总数的 63.49% 和 69.57%。相关统计情况见表 1-5，图 1-10，图 1-11，图 1-12 和图 1-13。

表1-5 近5年来水害事故发生部位统计表

年份	较大事故矿井			重大及以上事故矿井		
	掘进工作面	采煤工作面	其他	掘进工作面	采煤工作面	其他
2009年	10	1	5	3	1	0
2010年	9	1	3	5	0	1
2011年	9	5	2	4	1	1
2012年	6	1	1	3	2	0
2013年	6	3	1	1	1	0
合计	40	11	12	16	5	2

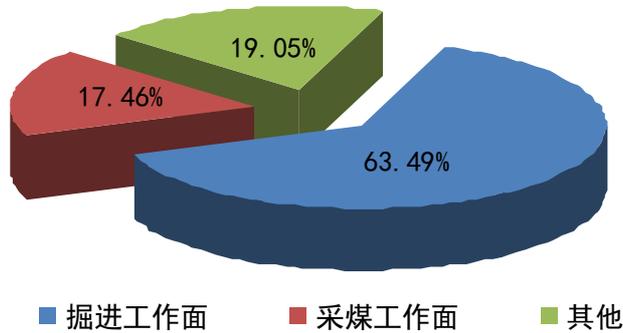


图 1-10 近 5 年来全国煤矿较大透水事故发生部位分布图

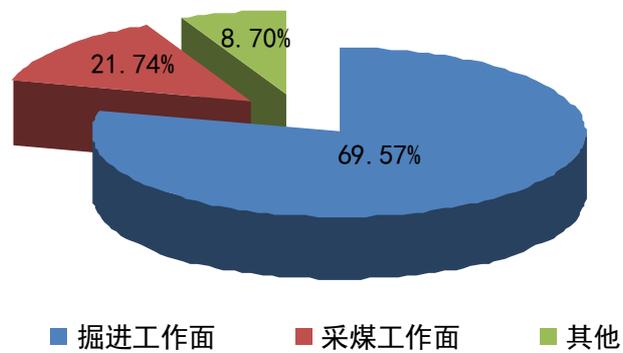


图 1-11 近 5 年来全国煤矿重大及以上透水事故发生部位分布图

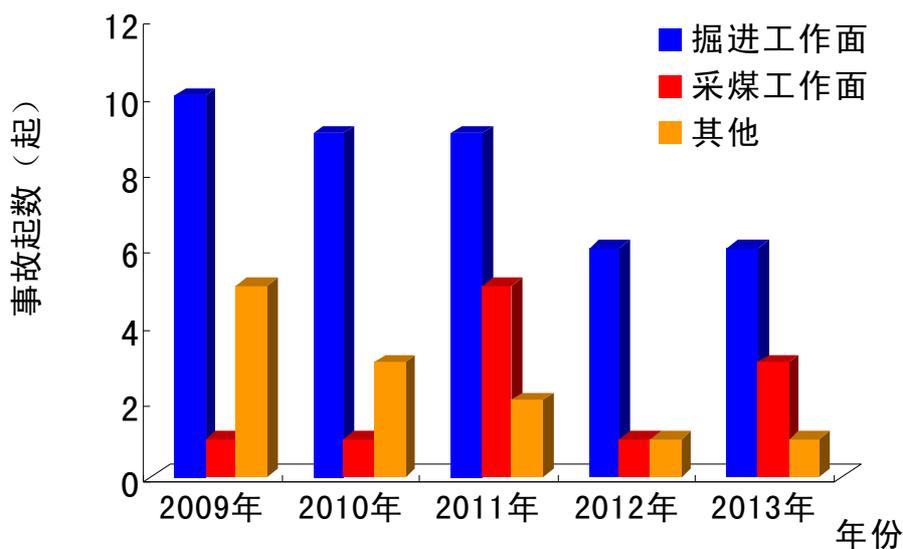


图 1-12 近 5 年全国煤矿较大透水事故发生部位对比图

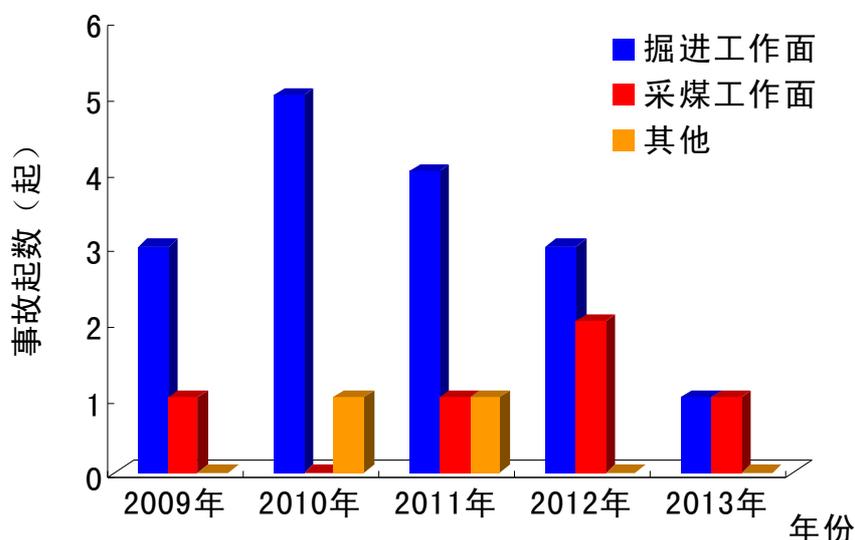


图 1-13 近 5 年全国煤矿重大及以上透水事故发生部位对比图

1.2 煤矿水害防治技术现状

煤矿水害防治技术分为预防与治理两个方面。水害预防技术包括探测、预测、监测技术等，其中探测技术手段有物探、钻探、化探等；水害治理技术是根据具体的矿井水文地质条件和水害类型与特点，通过专门的水害防治设备和工程，对水害进行治理的技术方法。

1.2.1 煤矿水害防治探测技术与装备发展现状

(1) 物探技术与装备

目前，地面物探技术手段包括二维和三维地震勘探、瞬变电磁法、高密度电法、直流电法、可控源音频大地电磁测深、地质雷达、瑞利

波和孔间透视等，其中：三维地震勘探是煤矿隐伏地质构造、不良地质体探查的最佳手段，地面瞬变电磁法在探测地下含水低阻地质体方面具有独特优势，如充水采空区、含水陷落柱等。

井下物探技术手段包括无线电波透视、瞬变电磁法、直流电法，高密度电法、便携式探水 CT、地质雷达、音频电透视等电磁波探测技术以及槽波地震、MSP（矿井地震）、微震监测、瑞利波勘探、多分量地震探测等弹性波探测技术。上述方法手段中，直流电法、瞬变电磁法、地质雷达法、瑞利波勘探、矿井地震探测技术与装备的应用较广。

（2）钻探技术与装备

用于煤矿水害防治的钻探技术包括井下和地面两种类型，使用的钻探技术有常规回转钻进和定向钻进技术。近年来取得较大进展的钻探技术有精确定位与造斜分支钻探技术、井下长距离近水平定向钻探技术、地面大口径定向钻探技术等。定向钻进技术以先进的随钻测控技术为依托，可对钻孔轨迹进行实时测量和精确控制，使钻孔在目的层位延伸或精确中靶。

（3）化探技术与装备

水文地球化学探测技术是矿井水害防治工作中的一种重要手段，在矿井突水水源判别方面效果显著，是一种快速、经济、实用的方法。多年来的理论研究和实践表明，水化学和同位素方法是探查地下水成因、赋存条件、分布特征、运移规律等的重要方法。

常规水化学分析主要从离子含量、矿化度、硬度、碱度、pH 值、Eh 值等进行分析。利用离子含量分析可以大概得出地下水的运移情况、水交替强度、水力联系强弱等。除了常规水化学分析外，应用同位素理论与方法可以解决许多有关地下水的渗流问题，如：测定地下水年龄，研究地下水起源、形成与分布规律，示踪地下水的运动，测定水文地质参数，研究地下水化学组分的来源。目前应用最多的环境同位素有 ^2H 、 ^3H 、 ^{18}O 以及 ^{13}C 、 ^{14}C 等。

1.2.2 煤矿水害预测技术发展现状

目前煤矿水害预测技术主要包括矿井涌水量预测和顶、底板突水预测。矿井涌水量预测计算方法主要有经验公式法、解析法、数值法、人工智能法，其中经验公式法、解析法、数值法在现场实际工作中应用较为广泛。常用突水预测方法包括：顶板透水“三图—双预测”法、底板突水“脆弱性指数”法、“突水系数”法、“五图—双系数”法等。

1.2.3 煤矿水害监测预警技术与装备发展现状

突水监测工作是实现水体上或水体下安全采煤的前提条件。根据监测环境不同，顶板或底板水的监测可分为地面监测和井下监测；根据监测对象不同，可分为地下水动态监测和突水监测；根据监测条件不同，可分为自然条件下监测和采矿条件下监测。

在国内，已开发了一系列突水监测数据采集系统、数据处理技术和相关软件。此外，在监测方法上，提出了监测中间指示层地下水位方法、实时监测含水层富水性物探方法；在监测指标上，常用的预警指标有水量、水压、水温、水质和视电阻率等。

1.2.4 煤矿水害治理技术与装备发展现状

煤矿水害治理技术可分为水害隐患治理技术和灾后治理技术两个方面。其中，应用较广的隐患治理技术包括煤层底板注浆加固与改造技术、井筒预注浆技术、构造预注浆技术及帷幕注浆技术等；近年来取得较大发展的灾后治理技术有灾害治理前期的导水通道综合物探探查技术、导水通道定向导斜与分支钻探技术，以及后期的巷道阻水墙和陷落柱止水塞建造技术。

1.2.5 煤矿水害应急救援技术与装备发展现状

近年来，国内水害应急救援技术的发展主要集中在大型潜水泵追排水技术、快速钻进技术、大口径救援钻孔技术、快速注浆封堵救援技术、突水水源快速检测与识别技术等。国外水害应急救援技术优势主要在救援孔作业方面，有美国雪姆 T 系列车载移动钻机、阿特拉斯公司的 RD 系列钻机、宝峨公司的 RB 系列钻机和土力公司的 G 系列钻机等。我国中煤科工集团西安研究院现已研制出与国外钻机功能接近的应急救援钻机。

二、我国煤矿水害防治存在的主要问题

2.1 煤矿水害防治基础理论存在的主要问题

2.1.1 老空水害隐患探查的地球物理基础研究不足

目前，针对不同深度、不同尺寸、冒落或未冒落、充水或未充水等不同赋存状态的老空区，其地球物理特征的基础研究严重不足；对于老空区地球物理探测技术与装备的有效探测距离、探测精度等，理论分析、数值模拟、物理模拟以及实物验证等基础研究均严重滞后。

2.1.2 深部煤层底板突水机理认识和研究不足

随着煤矿向深部延伸开采，煤矿开采的水文地质条件变得越来越复杂，水害隐患越来越严重，以往对煤层底板突水机理的认识已不能满足深部煤层开采水害防治工作的需求。

2.1.3 顶板含水层透水机理认识和研究不足

西北侏罗纪煤田裂隙水水害区位于干旱半干旱气候区，但是在干旱少雨的情况下一些矿井却水害不断，时常发生水害事故。说明对顶板含水层透水机理认识和研究不足，需要进一步强化顶板含水层透水机理的研究，为西北侏罗纪煤田的安全高效开采提供可靠的理论基础。

2.2 现有煤矿水害防治技术与装备存在的主要问题

2.2.1 探测技术与装备存在的主要问题

(1) 物探技术与装备

井下物探技术尽管现有技术与装备种类繁多，但是由于煤矿井下特有的非半空间、非全空间条件下物探技术的基础理论研究比较薄弱，且煤矿井下存在较为严重的电磁干扰环境等，导致煤矿井下电磁法勘探存在多解性、漏报率与误报率偏高等问题。

地面物探技术受探测距离、地形影响等，探测精度相对较低。例如，三维地震技术可以查明落差大于 5m 的断层、长轴直径 30m 以上的陷落柱、老窑采空区的范围，但该技术受地质条件的制约较大，随

着探测深度增加其探测精度相应降低，对小型陷落柱、小断层、采掘巷道等探测精度仍然不够；地面瞬变电磁技术由于受地形影响大、深度定位精度低以及低阻屏蔽等问题的存在，同样难以实现对小型陷落柱、奥灰顶部富水性等精确探测。

（2）探放水技术与装备

探放水技术与装备方面，无论是常规回转钻进技术与装备，还是近年来发展较快的定向钻进技术与装备，都存在高水压含水层钻进困难、坚硬地层钻进效率低、松软破碎地层无法成孔以及探测目标层控制范围小等问题。

（3）化探技术与装备

水化学探查技术近年来在水质数据分析和水源快速判别理论方面取得了一定的进展，但部分矿区尚未建立充水水源水化学特征数据库，无法满足突水水源快速判别的需求。此外，利用常规水化学分析方法对某些类型突水水源判别仍存在较大偏差。

2.2.2 监测预警技术与装备存在的主要问题

煤矿水害监测监控技术在数据采集系统、数据处理技术、可视化技术等方面仍然面临一些技术难题。如：突水监测预警阈值难以确定；老空透水、隐伏导水陷落柱、断层突水等重大突水灾害在掘进、回采过程中难以精确监测等。

2.2.3 治理技术与装备存在的主要问题

注浆封堵技术在煤矿突水事故的抢险救灾及突水点治理过程中发挥了至关重要的作用。然而，目前对动水条件下浆液的扩散与固结规律研究不足，对不同水动力条件下的注浆堵水工艺尚缺乏系统的实验研究。

2.2.4 应急救援技术与装备存在的主要问题

目前地面大直径救援钻孔快速施工技术及配套钻具与救援装备需进一步发展完善，对突水水源的现场快速检测与识别技术装备还需进一步推广应用。此外，地面与井下被困人员之间的通信问题尚未有效解决。

2.3 平台建设存在的主要问题

平台建设是推进煤矿水害防治技术创新及专业资源社会共享的重要基础。然而，目前尚未成立由国家安全监管总局授权、国内水害防治专业机构承担（或牵头）的煤矿水害防治工程技术中心，缺乏从矿井、矿业集团、驻地煤矿安监机构到国家煤矿安监局的水害综合信息管理平台，在水害防治国家重点实验室和工程示范基地建设方面还存在不足。

2.4 煤矿水害防治管理工作存在的主要问题

2.4.1 部分煤矿企业重视程度不够，水害防治安全投入不足

部分煤矿企业存在着“重生产轻安全”的现象，没有把煤矿安全发展摆到应有高度，对煤矿水患抱有侥幸心理，对国家煤矿水害防治工作部署贯彻落实不力，对非生产性投入积极性不高，缺乏有效的煤矿水害防治的投入保障机制。

据统计，全国有水害的煤炭企业共设立水害防治专业机构 10559 个，仍有 945 个未设水害防治专业机构。其中，广西、陕西的水害防治专业机构不到 70%。全国水害防治专业机构设立情况见图 2-1。

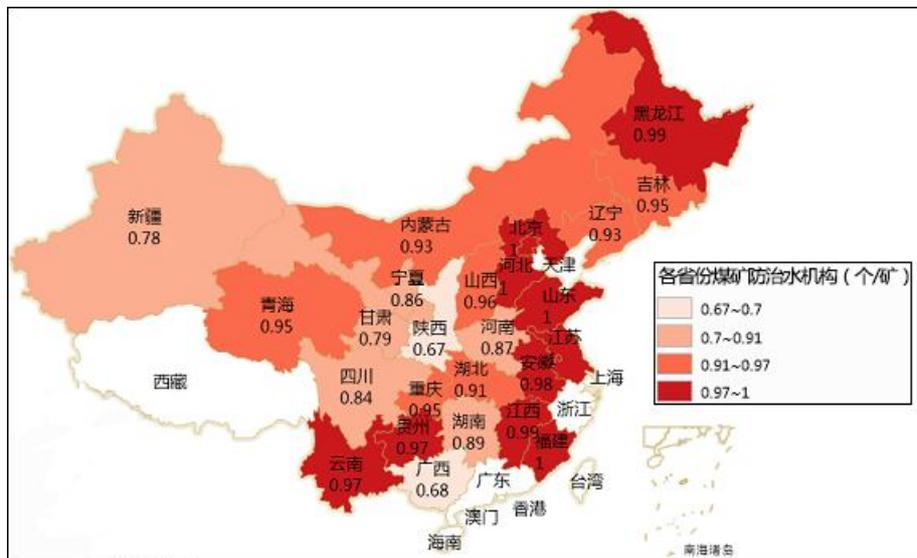


图 2-1 我国各省份水害防治专业机构设立情况对比图

全国煤炭企业装备探放水钻机共有 23828 台，平均每个矿井约 2 台。其中北京、河北、山西和江苏等地，每个矿井配备钻机超过 4 台；广西、甘肃等地平均每个矿井不到 1 台，全国探放水钻机配置情况见

图 2-2。此外，在物探及化探装备方面，目前仅有部分大中型煤矿配备。由于装备数量不足，无法保障安全需要。

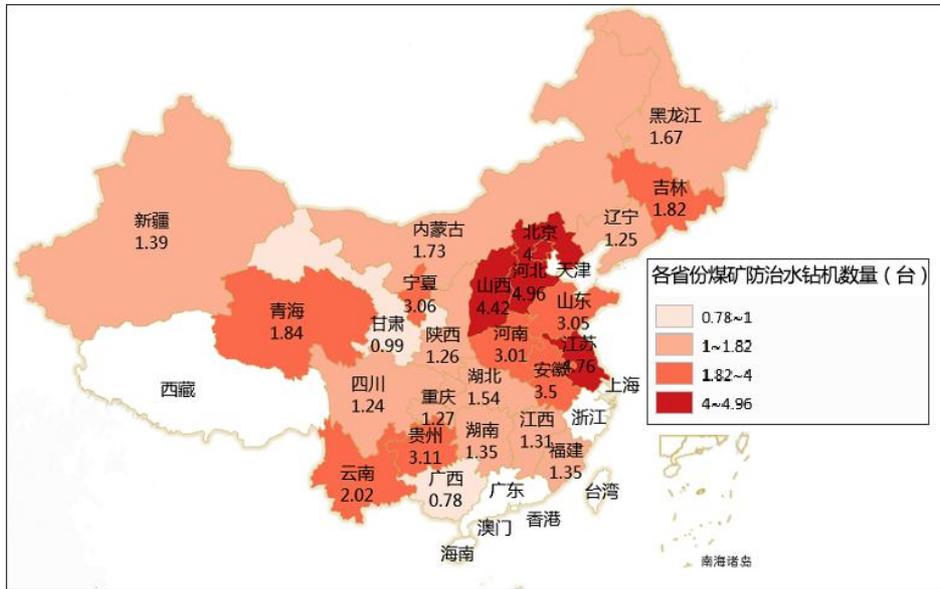


图 2-2 我国各省份探放水钻机配置情况对比图

2.4.2 煤矿企业水害防治专业人员不足

煤矿水害防治工作是理论、技术和实践性很强的工作，要求从业人员具有一定理论知识和熟悉水害防治技能，还要有丰富的地质实践知识和较强的实践经验。因此，专业人才的培养周期较长，同时受煤炭地质勘查、煤矿生产现场条件艰苦、收入待遇低等因素影响，吸引不了人才、留不住人才，造成了专业技术人员严重不足的尴尬状况。

据统计，全国现有水害防治专业技术人员共 18748 名，平均每个矿井 1.63 名。其中，辽宁、湖北、广西地区每个矿井平均不到 1 人（见图 2-3），远远满足不了煤矿水害防治工作的需要。

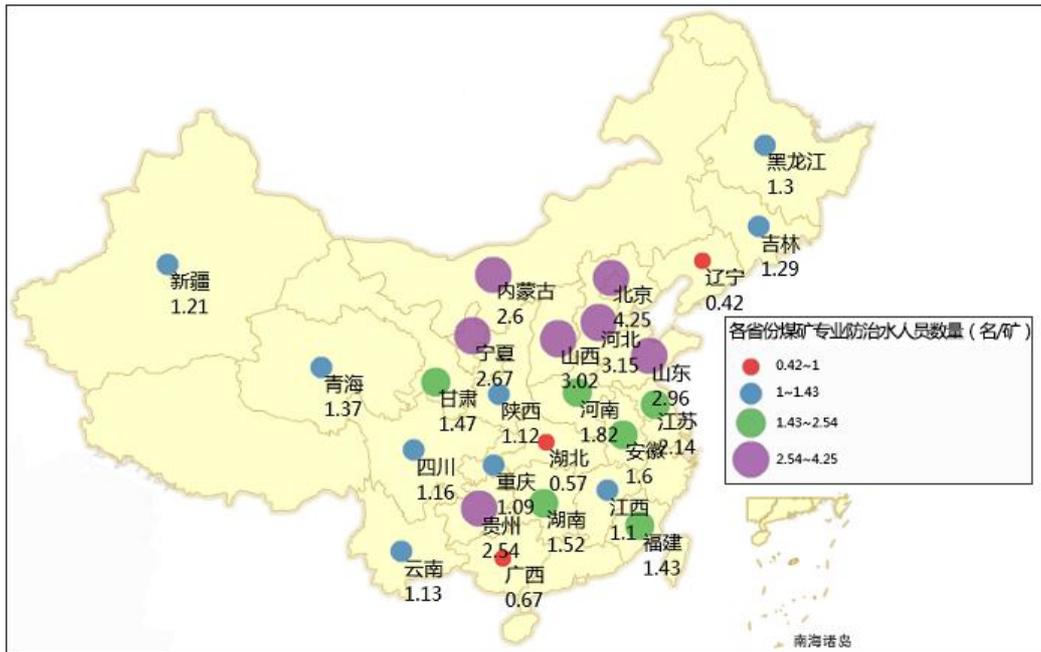


图 2-3 我国各省份煤矿专业水害防治人员配备情况

另外，全国现有持证探放水工共 42181 名，平均每个矿井有 3.67 名。其中，福建、江西、湖北、湖南、四川、云南、甘肃、青海、新疆及新疆生产建设兵团平均每矿不到 2 名（见图 2-4）。

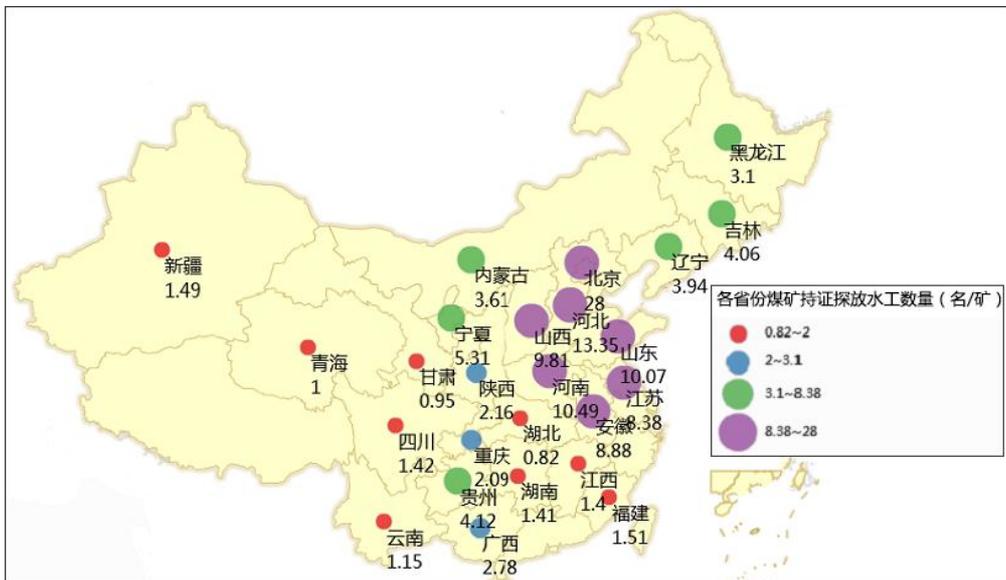


图 2-4 我国各省份煤矿持证探放水工配备情况

三、我国煤矿水害防治科技发展对策

3.1 我国煤矿水害防治总体发展思路

煤矿水害防治应坚持“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，按照“预测预报，有疑必探，先探后掘，先治后采”的水害防治原则，认真落实“防、堵、疏、排、截”综合治理措施。紧扣“两个”煤矿水害防治重点，加强“两类”水害防治技术的推广与研发，采取“四项”煤矿水害防治科技发展对策，为实现煤矿安全形势持续、稳定好转奠定坚实的科技基础。

3.2 我国煤矿水害防治科技发展对策

3.2.1 紧扣“两个”煤矿水害防治重点

一是以老空水、灰岩水突（透）水水源为防治重点；二是以垂向导水断层和陷落柱突水通道为防治重点。要在全面加强水害防治工作的基础上，有针对性地加强老空水、灰岩水、断层水和陷落柱水害的探查、监测、预测及治理研究。

老空水、灰岩水突水水源，导水断层、陷落柱突水通道，均属隐蔽致灾因素。必须对受水害威胁严重的煤矿开展隐蔽致灾因素普查，有针对性地制定水害防治措施，并将防治措施报当地煤监机构审查备案，督促落实。

针对以上“两个”煤矿水害防治重点。老空水可采取的防治措施包括老空区调查和探查、积水量估算、老空水疏放、防隔水煤（岩）柱留设、防水闸墙设置等。

灰岩水可采取的防治措施包括灰岩水文地质条件多手段综合探查与试验、带（水）压开采、防隔水煤（岩）柱留设、底板隔水层加固或含水层改造等。

导水断层可采取的防治措施包括多手段综合探查、超前预注浆、防隔水煤（岩）柱留设等。

导水陷落柱可采取的防治措施包括多手段综合探查、中间指示层放水试验探查、超前预注浆、阻隔水煤（岩）柱留设等。

3.2.2 加强“两类”水害防治技术的推广与研发

一是推广现有先进成熟的水害防治技术与装备，全面提升矿井水害防治能力（见表 3-1，表 3-2）；二是加强水害防治亟需技术的研究，引领技术与装备的发展方向（见表 3-3）。

表 3-1 4 大主要水害区可推广的成熟水害防治技术与装备一览表

水害区	主要水害问题	可推广应用的成熟技术	可推广应用的成熟装备
华北石炭二叠系岩溶—裂隙水水害区	奥灰水、断层、陷落柱	三维地震勘探技术	ARISE 数字地震勘探仪；408、428 系列地震仪；Geovecteur Plus 地震数据处理系统
		地面及井下电法勘探技术	Terra TEM 瞬变电磁仪；YD32（A）矿用高分辨直流电法仪；YTS625 矿用本安型探水 CT
		地面及井下超前钻探与注浆技术	美国雪姆 T130XD、T200XD 系列车载钻机；MDY-60 型全液压车载钻机；ZDY 系列探放水钻机；多功能注浆站
		水文地质条件综合探查与带压开采配套技术	突水水源水化学快速判别系统；矿井水情实时监测系统；Feflow、Visual Modflow 地下水流数值模拟软件包
东北侏罗纪煤田裂隙水水害区	煤层顶板水、导水裂缝带	三维地震勘探技术	ARISE 数字地震勘探仪；408、428 系列地震仪；Geovecteur Plus 地震数据处理系统
西北侏罗纪煤田裂隙水水害区	煤层顶板水、导水裂缝带	地面及井下电法勘探技术	Terra TEM 瞬变电磁仪；YD32（A）矿用高分辨直流电法仪；YTS625 矿用本安型探水 CT
		地面及井下定向钻探及疏放顶板水技术	美国雪姆 T130XD、T200XD 系列车载钻机；MDY-60 型全液压车载钻机；ZDY 系列探放水钻机
华南晚二叠世岩溶水水害区	岩溶水（岩溶管道）、地表水	地面及井下电法勘探技术	Terra TEM 瞬变电磁仪；YD32（A）矿用高分辨直流电法仪；YTS625 矿用本安型探水 CT
		地面及井下超前钻探与注浆技术	美国雪姆 T130XD、T200XD 系列车载钻机；MDY-60 型全液压车载钻机；ZDY 系列探放水钻机；多功能注浆站
4 大水害分区共有问题			
上述四大水害分区	老空水	小煤窑非法超层越界地面实时监测技术	地面被动地震监测仪
		三维地震勘探技术	ARISE 数字地震勘探仪；408、428 系列地震仪；Geovecteur Plus 地震数据处理系统
		地面及井下电法勘探技术	Terra TEM 瞬变电磁仪；YD32（A）矿用高分辨直流电法仪；YTS625 矿用本安型探水 CT
		地面及井下超前钻探与注浆技术	美国雪姆 T130XD、T200XD 系列车载钻机；MDY-60 型全液压车载钻机；ZDY 系列探放水钻机；多功能注浆站

表 3-2 现有成熟可推广的水害防治技术、装备及供应商一览表

序号	水害防治技术	配套装备	装备供应商
1	三维地震勘探技术	ARISE 数字地震勘探仪	加拿大 GEO-X SYSTEM 公司
		408、428 系列地震仪	法国 SERCEL 公司
		Geovector Plus 地震数据处理系统	法国地球物理公司
2	电法勘探技术	Terra TEM 瞬变电磁仪	澳大利亚 Alpha 公司
		YTS625 矿用本安型探水 CT	北京华安奥特科技有限公司
3	井下直流电法探查技术	YD32 (A) 矿用高分辨直流电法仪	中煤科工集团西安研究院
4	井下槽波地震探测技术	矿用防爆无缆地震仪	中煤科工集团西安研究院
5	小窑非法开采监测系统	地面被动地震监测仪	中煤科工集团西安研究院
6	水文地质试验技术	矿井水情实时监测系统	中煤科工集团西安研究院；西安科技大学；山东科技大学；华北科技学院等
		Feflow、Visual Modflow 地下水流数值模拟软件包	德国 Wasy 研究所 (Feflow) 加拿大斯伦贝谢水务公司 (Visual Modflow)
		突水水源水化学快速判别系统	中煤科工集团西安研究院
7	井下探放水技术	ZDY 系列探放水钻机	中煤科工集团西安研究院
8	突水灾害治理技术	美国雪姆 T130XD、T200XD 系列车载钻机	美国雪姆公司
		MDY-60 型全液压车载钻机	中煤科工集团西安研究院
		多功能注浆站	中煤科工集团西安研究院

我国煤矿水害主要分布在华北、西北、东北和华南 4 大水害区，结合目前我国煤矿安全生产工作的实际情况，针对这 4 大水害区的特征分别提出相应的成熟与亟需水害防治技术如下：

华北石炭二叠系岩溶—裂隙水水害区：需要加大推广应用的技术有三维地震勘探技术、地面及井下电法勘探技术、地面及井下充水水源快速识别技术、地面及井下超前钻探与注浆技术、水文地质条件综合探查与带压开采配套技术等。

亟待研究的课题是导水断层和陷落柱精细探测技术、井下高承压含水层定向钻探及疏放技术、奥灰顶部利用与注浆改造技术、底板水害实时监测与可视化预警技术、掘进巷道构造及富水性超前探测及在

线预警技术、深部煤层底板突水危险性评价技术等。

西北、东北侏罗纪煤田裂隙水水害区：需要加大推广应用的技术有地面三维地震勘探技术、地面及井下电法勘探技术、地面及井下充水水源快速识别技术、地面及井下定向钻探及疏放顶板水技术等。

亟待研究的课题是顶板含水层涌水量预测技术研究、掘进巷道构造与富水性超前探测及在线预警技术、综放条件下顶板含水层水害防治技术研究等。

华南晚二叠世岩溶水水害区：需要推广应用的技术有地面及井下电法勘探技术、地面及井下充水水源快速识别技术、地面及井下超前钻探与注浆技术等。

亟待研究的课题是岩溶管道探测与治理技术、顶底板水害实时监测与预警技术、掘进巷道构造与富水性超前探测及在线预警技术、顶底板灰岩突水危险性评价技术等。

针对四大水害区共有的老空水致灾因素，在老空水探查方面，采用小煤窑非法超层越界地面实时监测系统，可以及时发现老窑的非法采掘活动，“防患于未然”；采用地面三维地震与瞬变电磁法联合探测的手段，超前圈定小煤窑老空区的分布范围，利用钻探手段进行探查验证；同时，利用矿井物探、井下钻探等手段，进行掘进工作面跟踪探测，形成地面与井下联合的探测模式。

对于老空水防治方面，亟待研究的课题是多手段综合物探探测与分析技术、地面核磁共振电法探测技术、井下三维电磁探测技术与装备等。

3.2.3 采取“四项”煤矿水害防治科技发展对策

一是深入开展基础理论研究；二是进一步加强关键技术与装备研发；三是积极推进平台建设；四是完善煤矿水害防治管理体系。煤矿水害防治科技发展对策图见图 3-1。

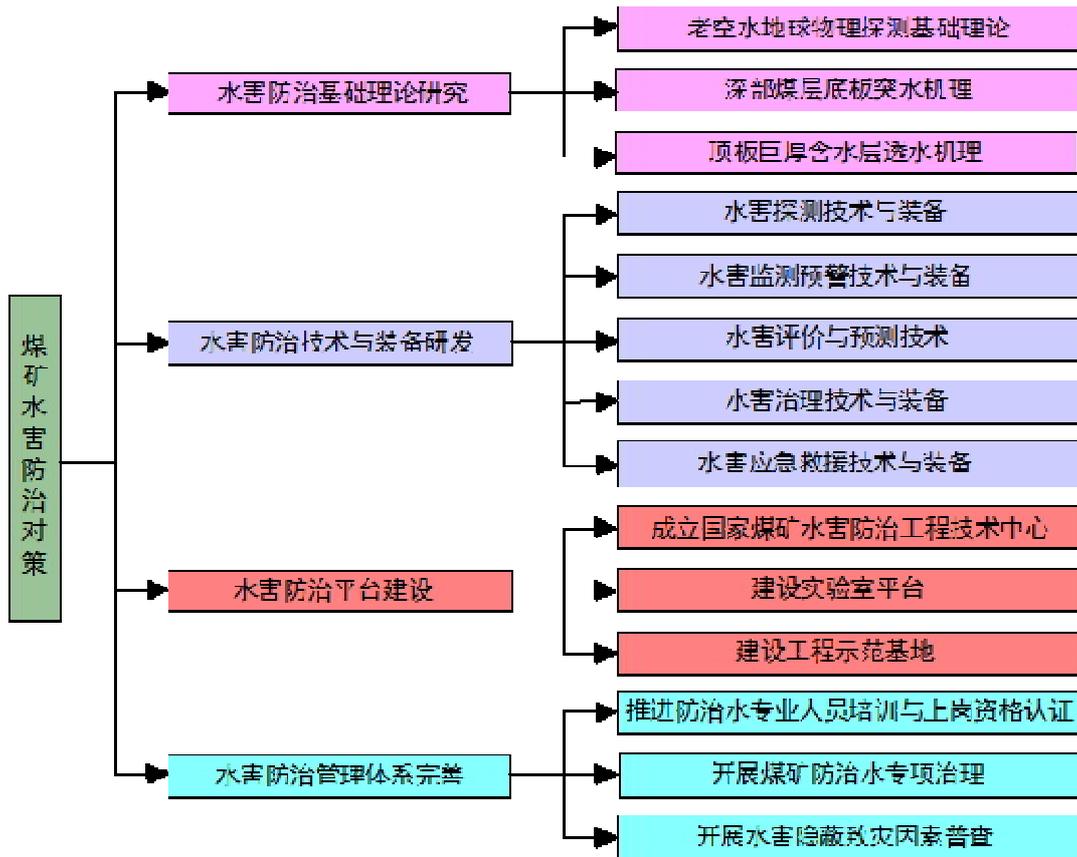


图 3-1 煤矿水害防治科技发展对策图

煤矿水害防治科技发展技术路线见图 3-2。

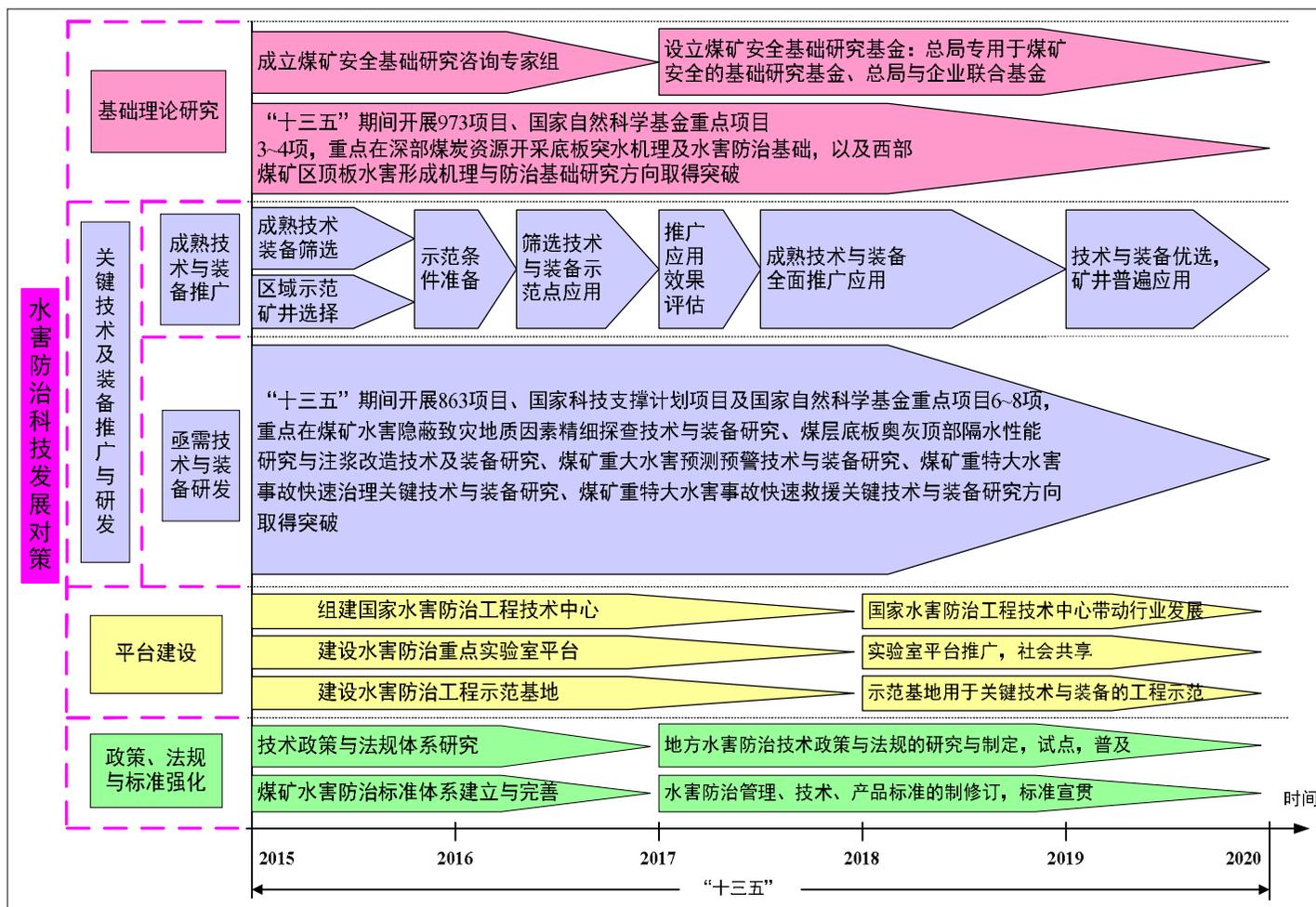


图 3-2 水害防治科技发展技术路线图

（1）深入开展水害防治基础理论研究

开展老空水地球物理探测的基础研究。重点是探寻老空水的地球物理响应特征，采用数值模拟、物理模拟及实物验证等手段提出不同地球物理探测方法的基础理论和老空水探测的综合探查体系等。

开展煤层底板突水机理研究，重点是摸清高地应力及高水压条件下深部煤层底板突水机理、断层和陷落柱等导水通道延迟滞后突水机理等，为底板突水危险性评价及防治技术提供理论基础。

开展顶板含水层透水机理研究。重点是研究综放条件下顶板含水层透水机理及顶板含水层疏放方案优化等，为顶板突水危险性评价及防治技术提供理论基础。

（2）大力加强水害防治关键技术与装备研发

水害探测技术与装备方面，重点开展以下研究：老空水、导水断层和陷落柱精细探查技术与装备；井下高压水探放技术与装备；极硬岩层的高效定向钻进技术与装备；松软破碎地层钻进技术与装备；煤矿突水水源综合判别技术等。

监测预警技术与装备方面，进一步开展矿井水害实时监测和预警技术研究，研发针对老空水、隐伏导水断层和陷落柱等重大致灾因素在掘进、回采期间的有效监测技术与装备，形成矿井水害监测预警方法及技术体系，解决不同水害类型监测方案、预警判据等关键技术，为矿井水害监测预警技术标准形成提供试验研究依据。

水害评价与预测技术方面，在深入研究深部煤层底板突水机理的基础上，综合分析高水压、高地应力条件下煤层底板破坏深度、导升高度、奥灰顶部相对隔水层等因素对底板突水的影响，进一步开展深部煤层底板突水危险性评价及突水预测技术研究。

水害治理技术与装备方面，开展矿井注浆技术模拟实验与装置研究，研制相似突水条件下注浆模拟可视化实验装置，开展快速定点注浆封堵突水通道施工工艺模拟，形成不同水动力条件下的注浆堵水工艺；开展奥灰顶部利用及注浆改造技术研究，确定奥灰顶部有效阻水层段和需要改造的目标层段，建立奥灰顶部高效注浆改造工艺技术

等。

水害应急救援技术与装备方面，开展地面大口径救援钻孔快速施工技术研究与救援装备的研究，完善救援技术与装备。将钻探技术与救援装备组合形成一整套矿井重大灾害救援应急处置能力的关键技术与装备，为矿井重大灾害科学及时有效救援提供保障。

亟待开展的水害防治关键技术与理论课题见表 3-3。建议国家重点支持的科技计划项目见表 3-4。

表 3-3 亟需开展的水害防治基础理论与关键技术研究课题

课题类型		课题名称
基础理论研究		深部煤层底板突水机理
		侏罗纪煤田顶板巨厚含水层透水机理
		老空水地球物理响应特征基础理论
		矿井涌水量预测基础理论
关键技术与装备研发	物探技术与装备	地面核磁共振电法探测技术
		井下三维电磁探测技术与装备
		多手段综合物探探测与分析技术
		强干扰条件下微弱电磁信号提取与滤波技术
	钻探技术与装备	井下高压水探放技术与装备
		硬岩层高效定向钻进技术与装备
		松软破碎地层钻进技术与装备
	化探技术与装备	重点矿区充水含水层水化学特征数据库
		煤矿突水水源综合判别技术与装备
	监测预警技术与装备	矿井水害实时监测及预警技术与装备
	水害评价与预测技术	深部煤层底板突水危险性评价技术
		深部煤层底板突水预测技术
	水害治理技术与装备	矿井注浆技术模拟实验与装置研究
		奥灰顶部利用及注浆改造技术研究
水害应急救援技术与装备	地面大直径救援钻孔快速施工技术及装备	

表 3-4 建议开展的国家科技计划项目

序号	科技项目名称
1	深部煤炭资源开采底板突水致灾机理及水害防治基础研究
2	煤矿水害隐蔽致灾地质因素精细探查与水害监测预警技术及装备研究
3	煤矿重特大水害事故快速救援与治理关键技术及装备研究
4	煤层底板灰岩含水层超前区域改造技术与装备研究及示范
5	西部矿区顶板水“防治用环”关键技术与装备研究及示范

(3) 积极推进平台建设

为了有效推进煤矿水害防治技术创新及专业资源社会共享,应尽快成立由国家安全监管总局授权、由国内水害防治专业机构承担(或牵头)的煤矿水害防治工程技术中心。加快建设涵盖突水机理研究、注浆技术与工艺研究、水化学分析等多个方向的国家水害防治重点实验室及配套设施。选择一批典型矿井,加快建设水害防治工程示范基地。

表 3-5 建议国家重点建设的 4 大水害区水害防治工程示范基地

主要水害区	示范基地	水害特征
华北石炭二叠系岩溶—裂隙水水害区	冀中能源集团邢台矿区	奥灰水、断层、陷落柱
西北侏罗纪煤田裂隙水水害区	神华集团神东矿区	煤层顶板水、导水裂缝带
东北侏罗纪煤田裂隙水水害区	龙煤集团;鹤岗分公司	煤层顶板水、导水裂缝带
华南晚二叠世岩溶水水害区	川煤集团;华蓥山煤业公司	岩溶水(岩溶管道)、地表水

(4) 完善煤矿水害防治管理体系

一是加强水害防治专业人才培养与上岗资格认证工作。制定水害防治专业人员的培训制度、考试制度及资格审核制度。煤矿水害防治专业人员应在专业培训机构参加培训、考试并取得水害防治专业资格证书后方能上岗工作。水害防治专业人员还应定期参加继续教育培训。建议以国家水害防治安全技术支撑平台为依托,开展水害防治专业人才培养与上岗资格认证工作。从事煤矿水害防治的专业技术人员

宜每 3 年进行一次培训。

二是全面开展煤矿水害防治专项治理。以乡镇煤矿为重点，全面开展煤矿水害防治专项治理，督促煤矿企业认真执行煤矿水害防治相关法律法规和技术标准，加强煤矿水害防治基础工作，加大水害防治安全投入，积极推广先进适用的技术、工艺和设备，落实水害防治主体责任，排查整治水害隐患，有效防范和坚决遏制重特大水害事故的发生。专项治理的重点应包括水害防治制度建立、机构人员配备、水害防治基础资料、探放水措施、井下及地面水害防治措施、水害应急救援措施落实情况等方面。对乡镇矿山较为密集的地区，建议由地方政府组织水害防治安全技术服务中心，每年定期检查煤矿水害防治安全技术服务，防止发生水灾事故。

三是开展水害隐蔽致灾因素普查。以隐蔽性采空区、陷落柱、断层作为普查工作的重点，从国家层面组织和推动地方政府和煤矿企业全面开展煤矿水害隐蔽致灾因素的普查工作。将地面普查与井下探查相结合，地面以宏观控制为主，井下以微观控制为主。探查工作应坚持“物探先行，化探跟进，钻探验证，综合勘查”的基本思路。

推进有条件的地方政府组织开展煤矿采空区普查工作。借鉴鄂尔多斯市采空区普查经验，由地方政府组织地方煤矿企业开展采空区普查示范工程建设，由具有地质普查资质和能力的企业开展技术服务和工程建设，争取从中央财政资金（煤矿安全改造或淘汰落后产能专项资金等）和地方财政支持项目实施。

在大型煤矿企业中，选择几个典型矿井，开展煤矿隐蔽致灾因素探查示范工程建设，并列入 2014 年煤矿安全改造重点支持项目。重点开展小构造、采空区、含导水体、瓦斯和应力异常区的探查。

建议开展水害防治安全科技“四个一批”项目见表 3-6。

表 3-6 建议开展水害防治安全科技“四个一批”项目

任务类型	水害隐蔽致灾因素普查技术与装备	
技术攻关课题研究	适用于井下致灾因素超前探测的智能型探测设备	
	掘进工作面随机动态致灾因素监测设备	
	矿用瞬变电磁法探测仪	
	井下地质导向钻进技术与装备	
先进成果转化	长距离定向钻机	
	煤矿井下采空区光纤测温装备	
	基于光纤光栅技术的采动应力监测系统	
	自记式微震监测系统	
	自记式地震仪	
	矿用本安型便携式探水 CT 技术	
	地面高精度三维地震勘探技术	
	瞬变电磁技术	
	高密度电法技术	
	孔间电磁波与弹性波透视技术	
	微震监测技术	
	成熟技术与装备推广	煤矿井下槽波地震技术
		瑞利波技术
		井下直流电法技术
		矿井地质雷达技术
		无线电波透视技术
小煤窑非法超层越界实时监测系统		
示范工程		韩城桑树坪煤矿 11 号煤开采水害防治工程
		山西霍州煤电水害探查与防治工程
	川煤集团龙门峡南矿、绿水洞煤矿、龙滩煤矿防治水工程	
	冀中能源东庞矿、梧桐庄矿防治水工程	
	安徽国投新集防治水示范工程	

四、工作建议

为了进一步遏制煤矿水害事故的发生，建议从政策制定、项目支撑、资金保障及标准制（修）订等方面开展工作，以确保煤矿安全形势持续稳定好转。

4.1 制定并严格落实水害防治相关政策。建议在研究现行煤矿安全政策的基础上，进一步制定和完善煤矿水害防治相关政策，结合安全生产需求设定“红线”，强化政策的引导和约束力。在受水害威胁严重的矿井，应设立水害防治专业机构、配足水害防治专业人员，保证水害防治资金投入，达不到要求的吊销许可证照。

4.2 深化矿井水“防、治、用、环”技术的研究。建议加大对煤矿水害预防、治理以及水资源综合利用、水环境保护等方面研究项目的支持力度，设立安全科技专项和煤矿水害专篇，组织全国优势资源，深化矿井水“防、治、用、环”技术的研究。

4.3 设立水害防治专项资金。制定水害防治专项费用提取和使用制度，在水文地质类型为复杂和极复杂型煤矿企业设立水害防治专项资金。建议将水害防治新技术与重大技术装备列入《安全生产专用设备企业所得税优惠目录》，给予税收方面的优惠，见表 4-1。

表 4-1 建议列入《安全生产专用设备企业所得税优惠目录》的水害防治装备

序号	配套装备	装备供应商
1	矿用无缆地震勘探仪	中煤科工集团西安研究院
2	地面瞬变电磁仪	中国矿业大学；澳大利亚 Alpha 公司
3	矿井瞬变电磁仪	中国矿业大学；中国地质大学；中煤科工集团西安研究院
4	矿井直流电法仪	中煤科工集团西安研究院
5	矿井水情实时监测系统	中煤科工集团西安研究院；西安科技大学；山东科技大学；华北科技学院
6	地下水流数值模拟软件包	德国 wasy 公司；加拿大斯伦贝谢水务公司
7	井下探放水定向钻进钻机	中煤科工集团西安研究院
8	突水水源水化学快速判别系统	中煤科工集团西安研究院；华北科技大学
9	地面车载定向钻机	美国雪姆公司；中煤科工集团西安研究院

序号	配套装备	装备供应商
10	地面注浆站	中煤科工集团西安研究院
11	应急快速排水装备	合肥恒大海泵业股份有限公司
12	小煤窑非法超层越界实时监测系统	中煤科工集团西安研究院、北京科技大学、北京兰尊科技有限公司

4.4 强化水害防治标准制（修）订工作。结合我国煤矿水害防治的新形势与新需求，在《煤矿安全规程》、《煤矿防治水规定》框架下制修订水害防治相关的标准，加快技术与装备的换代升级。亟需制定的煤矿水害防治相关标准见表 4-2。

表 4-2 亟需制定的煤矿水害防治相关标准一览表

序号	标准名称	标准类别	专业方向
1	工作面安全开采水文地质条件评价	技术标准	水害防治通用标准
2	煤矿水害防治专业技术人员培训标准		
3	矿井水化学快速检测分析技术标准		
4	煤矿水害防治专业技术人员上岗资格认证标准		
5	煤矿井下极硬、极软地层钻进技术规范		矿井水文地质安全标准
6	水闸墙设计施工规范		
7	煤矿井下地质导向钻进技术规范		
8	煤矿井下地质导向装备		井下顶底板突水防治安全标准
9	压水试验确定底板破坏深度方法		
10	突水点快速封堵注浆工艺通用技术条件		
11	突水点快速封堵注浆设备通用技术条件		
12	矿井底板突水监测和报警装置通用技术条件		
13	矿井水情水害监测系统		
14	井下专用探放水钻机		
15	井下孔口防喷装置		
16	煤矿强排系统设计与施工规范		
17	矿井潜水电泵直排系统设计与施工规范		
18	老窑透水预测和报警技术通用条件		采空区老窑突水防治安全标准