**编制说明**

**一、工作简况，包括任务来源、协作单位、主要工作过程、中国煤炭学会标准主要起草人及其所做的工作等；**

1.1 任务来源

本任务由中国煤炭学会向煤炭行业相关单位征集并归口，煤炭科学研究总院负责起草，旨在提升中国煤炭学会的社会化服务能力，充分发挥中国煤炭学会对行业科技进步的促进作用。

近年来，随着我国煤炭资源开采深度的增加和开采强度的增大，冲击地压在未来长期仍将是威胁煤矿安全生产最为主要的动力灾害，而明确给出冲击地压危险区域、危险级别等核心内容的定量表征，则是实现抽象能量具象化，并对防控措施科学设计、有效执行形成切实支撑的关键环节。在此背景下，有必要针对煤矿冲击地压危险性定量表征方法提出相关标准，以规范对应技术工作。

1.2 协作单位

本标准由煤炭科学研究总院负责起草，协作单位包括：山东能源集团、辽宁大学、煤炭科学技术研究院有限公司、辽宁工程技术大学。

1.3 主要工作过程

1）2021年4月20日，中国煤炭学会发布《关于征集2021年中国煤炭学会团体标准立项计划的通知》，煤炭科学研究总院作为起草单位开展内部讨论，初步确定团体标准主题及协作单位及团队；

2）2021年4月28日，通过点对点沟通，最终确定协作单位为山东能源集团、辽宁大学、煤炭科学技术研究院有限公司、辽宁工程技术大学，并初步确定起草人员名单；

3）2021年5月7-9日，召集主要起草人围绕团标主体架构、内容分布及任务分工展开讨论，确定了以统一冲击地压危险性相关要素及其作用机制等内容作为本标准的认知基础，同时，确定了兼容现有冲击危险性评价方法，面向智慧矿山提前布局的工作思路，据此拆分出基于经验、数理模型和统计分析的冲击地压危险性定量表征方法类别，并将具体任务分配到人；

3）2021年5月31日，各起草单位依据分工，分别完成了基础现状调研、主要指标设计、具体方法选择验证等工作，并将文字材料进行汇总，通过线上交流的方式，完成了第一稿材料的梳理，调整了相关术语的文字表述，并针对具体方法的适用性提出了优化方案；

4）2021年6月10日，各起草单位完成了具体方法适用性的优化，形成完整文字材料，并以立项为前提，规划了现有文字材料中潜在的扩展方向和要点，并同步开展相关筹备工作；

5）2021年6月18日，按照通知要求，形成完整的申请材料并提交。

1.4 主要起草人及其所做的工作

主要起草人：齐庆新、李海涛、张修峰、潘一山、邓志刚、王爱文、赵善坤、杨冠宇、王超、杜伟升、郑伟钰、李晓鹏。

齐庆新、张修峰、潘一山负责制定标准框架，李海涛负责全面起草，收集、整理国内外相关标准和技术资料，以及标准起草和编制说明编写等组织、协调和审核工作；王爱文、王超负责评价对象的要素梳理及其作用机制描述；邓志刚、赵善坤负责基于经验打分的冲击地压危险性定量表征相关技术内容收集和指标方法提炼；杨冠宇、杜伟升负责不同冲击地压矿井类型划分，并基于现场可测的原则完成各类简化物理模型的设计；郑伟钰、李晓鹏负责少量监测数据统计特征描述指标以及海量监测数据统计分析方法设计。

**二、确定中国煤炭学会标准主要技术内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、实验方法、检验规则等）的论据（包括试验、统计数据），修订中国煤炭学会标准时，应增加新、旧中国煤炭学会标准水平的对比；**

2.1煤矿冲击地压影响要素及其作用机制的论据

本部分技术内容对应标准中第4部分：不同开采阶段下冲击危险性定量评价对象。

该部分内容的确定主要以行业近年来冲击地压基础研究成果以及在此基础上所形成的共识为基础，相关影响要素的分类、罗列及各自作用机制，均具有成熟的行业认知基础，该部分主要工作在于，以以覆盖煤矿全生命周期为原则进行分阶段表述，以此进一步统一认知。

2.2 冲击地压主控因素辨识及影响要素权重分配方法的论据

本部分技术内容对应标准中第5.1部分：基于经验的冲击地压危险性定量表征。

确定该部分内容的主要依据，来自于冲击地压领域较为主流的综合指数法，该方法已具有相对丰富和成熟的应用积累，在冲击地压危险性评价中具有较低的使用门槛和良好的应用效果，其本质是专家估测法，以打分等方式做出定量评价，其结果具有数理统计特性。其最大的优点在于，能够在缺乏足够统计数据和原始资料的情况下，可以做出定量估计，其主要步骤包括：首先根据评价对象的具体情况选定评价指标，对每个指标均定出评价等级，每个等级的标准用分值表示；然后以此为基准，由专家对评价对象进行分析和评价，确定各个指标的分值及权数，采用加法评分法、乘法评分法或加乘评分法求出个评价对象的总分值，从而得到权重。

该法又分为平均型、极端型和缓和型。主要根据专家对指标的重要性打分来定权，重要性得分越高，权数越大。优点是集中了众多专家的意见，缺点是通过打分直接给出各指标权重而难以保持权重的合理性。

本标准在吸收现有综合指数法的基础之上，进一步扩充了评价指标数量，同时，针对冲击地压危险性的多尺度特征，给出了具体的评价指标和标准。

在此基础之上，增加熵权重分析法以优化各要素的权重分配，由于该方法是根据评价指标包含的分辨信息来确定权重，因此，能够有效弱化现有方法主观性较强的制约，其主要逻辑在于：具体要素指标的变异系数越大，认为其包含的信息量也将越大，对于应力环境的影响也将更为明显，所赋的权数也越大，通过计算各指标的变异系数，将CV作为权重分值，再经归一化处理，即得熵权重系数。

具体方法为：设某一评价体系有m个指标，假设指标Xi有n个样本，设xi为Xi的平均值，Si为指标Xi的标准差，那么该指标的变异系数CV=Si/xi，将CV作为各指标的权重得分，经归一化处理，即可得到信息量权重系数。在获得权重分配排序之后即可得到具体矿井的主控因素。

2.3 冲击地压矿井类型划分及其简化物理模型

本部分技术内容对应标准中第5.2部分：基于数理模型的冲击地压危险性定量评价方法。

确定该部分内容的主要依据为来自于开采后所形成的“矿体-围岩”模型，该模型抽象自实际开采过程，具有较高的行业认可度，其具体细节如图2.1所示。



图2.1 “矿体-围岩”系统示意图

图2.1 煤矿开采基本物理模型

在该模型的基础上，通过结合起草单位关于冲击地压矿井类型划分以及主控因素识别的研究成果，在考虑冲击地压能量本质和应力控制特征的前提下，将煤体应力状态和稳定性作为简化模型设计切入点，提炼出了应力集中系数、临界应力、煤岩结构稳定状态等数理模型，模型具体表述如下：

1）基于煤岩内部能量状态的评价方法

静载产生的弹性应变能与采动带来的动载能量叠加超过了围岩破坏所需要的最小能量时，会发生冲击地压，评价方法如式1所示。

*E*s + *E*d- *E*f > 0 （1）

式中，*E*s为静载产生的弹性应变能，*E*d为采动带来的动载能量，*E*f煤岩破坏所需要的最小能量。

2）基于临界应力的评价方法

当实际应力与临界应力的比值大于实际塑性区深度与理论塑性区深度的比值时，巷道易发生冲击地压。临界应力指数的计算见式2。

（2）

式中，*I*cr为临界应力指数；*P*为待评价区域的实际应力；*P*cr为理论计算得到的临界应力；*R*cr为计算得到的塑性区深度；*R*为实际测量的塑性区深度。

3） 基于应力叠加的评价方法

在某一点自重应力的基础上，叠加各个诱发冲击地压因素对该点产生的应力增量，获得煤体的总应力，用煤体总应力与煤岩体单轴抗压强度比值来定量描述冲击危险性，如式3所示。

（3）

式3中，*Rc*(*x*)为冲击危险性指数，*σ*(*x*)为某一点总应力，*σ*c为煤岩的单轴抗压强度。

4）基于顶板-煤柱结构失稳的评价方法

当作用在承载煤柱上的支承压力大于煤体支承强度时，这部分煤柱会易发生冲击地压。煤柱冲击危险的评价方法见式4。

（4）

式中，*R*c为煤柱冲击指数，*σ*s为煤体实测的支承压力，*σ*0为煤体的单轴抗压强度，*μ*为煤体平均抗压系数。

相关模型具有严谨的物理逻辑和数学基础，能够为典型环境下冲击地压危险性的定量描述提供可靠支撑。

2.4 冲击地压多类型监测数据统计分析方法的论据

本部分技术内容对应标准中第5.3部分：基于统计分析的冲击地压危险性定量评价方法。

基于统计思想针对具体矿井的危险等级进行划分，其主要依据在于：对于某一系统，其处于正常状态的时间将占其总运行时间的绝大部分，统计已获得的某指标数值频次分布，即可获得该指标对应系统正常状态的取值范围，所统计的数值频次分布特征通过偏态描述，主要分布形式如图2.2所示。



图2.2 危险等级划分示意图

当众数值取值极小呈现出极端的正偏态分布时，即为传统的等级划分方法，其危险等级随着指标数值的增加而升高，但对于具体指标并非只有数值增大其危险性才对应上升，出现异常的较小值时同样预示着危险的孕育，例如微震频次连续处于异常低值，因此，该危险等级划分方法具有更为全面的描述能力以及更好的兼容性。

在进行具体数值危险等级划分时，以众数值（频次出现最多的值）为等级划分起始点，认为当该指标的新数值偏离正常区间较多时，系统出现异常，依据偏离程度的大小实现对于危险等级的划分，定义异常系数描述具体数值*m*偏离众数*M*的程度，同时为使得异常系数能够反映出造成异常的原因，不采用绝对值表示而保留其正负号，其计算方法如下：

 （5）

而同样以微震为例，通过跟踪监测大安山煤矿微震相关指标的时序特征，发现其表现出显著的统计特征，如图2.3所示。



（a）单日最大能量统计特征



（b）每日微震次数统计特征



（c）每日总能量统计特征

图2.3 大安山煤矿实测微震数据统计特征

在大安山煤矿的不同时期同样表现出了类似较为明显的统计特征，因此，以监测数据为基础，结合统计思想实现对于具体矿井状态的描述，并基于统计所得的基本模型进行危险程度识别是可行的，也为基于海量监测数据的挖掘算法设计提供了底层的逻辑支撑。

**三、主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；**

3.1 试验验证情况

本标准基于起草单位丰富的冲击地压基础研究积累，并结合国内近年来煤矿企业的使用经验而制定，实际应用情况表明，本标准规定的主要技术参数和技术要求先进合理，切实可行。

3.2 技术经济论证

本标准的相关技术内容均来自于起草单位丰富的成果和经验积累，其主要工作内容为已有信息和材料的二次整理，但在形成初步草稿后，仍有必要选择典型矿井开展实际应用反馈，并根据反馈结果开展必要的补强试验、监测分析等工作，由此产生相关费用，在时间和经费有限的前提下，以应用反馈现场选择为依据，产生了3套执行方案，分别为：

1）以兼容未来主流的大尺寸工作面为原则，应用反馈矿井全部选择在内蒙古鄂尔多斯地区，该方案需要针对性布设必要的监测手段，并补充必要的地应力测试数据，总体费用预估约35万元；

2）以现场经验和历史数据丰富为原则，应用反馈矿井全部选择在山东省巨野煤田，该方案在基础数据采集方面具有低成本的优势，并且对于标准细节存在的潜在问题能够得到充分的反馈，总体费用预估约28万元；

3）兼顾未来大尺寸工作面和丰富历史数据，将应用反馈矿井分别选择在内蒙古和山东省，该方案具有较好的全面性，但直接造成各条件下反馈信息减少的问题，总体费用预估约30万元。

综合考虑认为，方案3中实际应用反馈信息减少的问题，可通过邀请煤矿企业负责人进行意见反馈的方式予以弥补，在保证全面性的前提下费用估计与方案2相近，因此，确定方案3为执行方案。

3.3 预期经济效果

煤炭工业是关系到我国经济命脉的重要基础产业，支撑着国民经济持续高速发展。煤炭在我国一次能源生产和消费结构中占70%左右，国家《能源中长期发展规划纲要（2004～2020年）》中明确提出“坚持以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的能源战略”目标。国民经济的飞速发展对煤炭资源的要求增多，导致浅部煤炭资源日趋枯竭，煤炭采深东部以20~25m/a、西部以10m/a的速度延伸。随着开采深度的增加和采掘范围的扩大，动力灾害频度和强度明显增加，严重威胁煤矿安全、高效生产。

在浅部煤炭资源日趋枯竭的形势下，我国煤炭开采深度和采掘范围不断增加，冲击地压在未来长期仍将是威胁煤矿安全、高效生产的主要动力灾害，而随着基础研究的深化和数字化矿山技术的发展，新形势下为冲击地压的有效防控提供了可行的新路径，而以此为基础，明确给出冲击地压危险区域、危险级别等核心内容的定量表征，则是实现抽象能量具象化，并对防控措施科学设计、有效执行形成切实支撑的关键环节。

本标准即在完善现有综合指数法等经验打分方法的基础上，通过构建物理模型将冲击地压形成的关键逻辑反映至评价工作中，同时，引入统计分析方法以实现海量监测数据的充分利用，并以此为基础提出系列化的冲击地压危险性定量表征方法，相关工作对于规范行业认知，回归冲击地压危险性评价指导实际生产的根本定位，最终实现冲击地压的有效防控都将具有显著的现实意义。

本标准的制定，在兼容现有冲击危险性评价方法实现了对于未来智慧矿山、数字化矿山的提前布局，所给出的冲击地压危险性定量表征成果，对于后续智能化监测及防控装备的研发具有直接的支撑作用，具有显著的经济效益和社会效益，产业发展前景广阔。

**四、采用国际标准的程度及水平的简要说明；**

通过国家标准文献服务共享平台（http://www.cssn.net.cn/index.html），以“coal bump”、“rock burst”、“risk”、“danger”等关键词进行不同形式的组合，查阅了包括IX-CEN 欧洲标准化委员会、IX-ISO 国际标准化组织、IX-ETSI 欧洲电信标准协会、IX-IEC 国际电工委员会等13个机构颁布的国际标准和US-ANSI 美国国家标准学会、CA-CSA 加拿大标准协会、DE-DIN 德国标准化学会、GB-BSI 英国标准学会、FR-AFNOR 法国标准化协会、JP-JISC 日本工业标准调查会等92个机构颁布的国外标准，均未检索到与本部分相关记录。

由此可见，本标准规定的冲击地压危险性定量表征方法，并未有相关的国际标准予以参考。

**五、重大分歧意见的处理经过和依据；**

无

**六、贯彻中国煤炭学会标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）；**

1）建议本标准批准发布6个月后实施。

2）建议标准实施后组织标准宣讲，以使各煤矿生产企业了解标准内容，促进标准的顺利实施。

3）本标准在执行过程中的意见或建议反馈至煤炭科学研究总院。（北京市朝阳区青年沟路5号，邮编100013）

**七、其他应予说明的事项。**

无