|  |
| --- |
| 中国核学会团体标准 |
| 硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范  Hard rock uranium mine continuous mining safety specification for deep hole basting  （征求意见稿） |
| 编制说明 |
| 核工业北京化工冶金研究院  中核第四研究设计工程有限公司  中核韶关锦原铀业有限公司  2024年7月 |

硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范

1. 工作简况
2. 任务来源

本标准制修订任务由中国核学会文件《关于下达中国核学会2024年度第二批团体标准制（修）订计划的通知》（中核学发〔2024〕91号）下达，标准计划名称为《硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范》，由核工业北京化工冶金研究院、中核第四研究设计工程有限公司起草，要求于2024年11月完成本项目。

1. 起草单位情况

本标准核工业北京化工冶金研究院、中核第四研究设计工程有限公司负责起草，中核韶关锦原铀业有限公司协助编制。

1）核工业北京化工冶金研究院

我国唯一从事铀矿采冶和铀化学化工研究的多专业综合性开发型研究院，拥有铀提取冶金重点实验室和一批结构合理、专业齐全、长期从事铀矿采冶技术研究的科研队伍，其中50%以上是具有中、高级技术职称的专业技术人员。能从事铀矿开采、提取、制备及材料开发、辐射防护等各种条件、多种规模的试验研究，具备承接铀矿冶、制备领域各种试验研究任务的能力。化冶院已经建立了从铀矿山设计、开采、提取、制备到材料开发、辐射防护全体系的科研结构，拥有一批结构合理、专业齐全、长期从事铀矿采冶技术研究的科研队伍，具有扎实的理论基础和丰富的实践经验，并与相关科研单位及生产企业建立了良好的合作关系，为标准的顺利编制提供了保障。

40多年来化冶院（包括原六所）完成重大科研项目一百多项，完成各类科研技术报告5960篇，编制了大部分铀矿采冶标准，荣获国家发明奖13项，国家科学技术进步奖12项，国防科工委重大技术进步奖142项，核工业部科技进步奖312项，国际博览会金奖2项、银奖2项。为我国核工业的创建和发展做出了重大贡献。

2）中核第四研究设计工程有限公司（以下简称：核四院）

是集应用技术研究、工程设计、工程监理、工程咨询和工程总承包等为一体的国家综合性甲级研究设计工程公司。公司总部设在石家庄，现持有国家颁发的各类甲级资质证书18项，专业设置齐全，拥有铀矿冶、医药化工、工业与民用建筑工程等相关专业共40多个。公司有较强的设计和科研技术力量，现有从业专业技术人员508人，其中研究员级高级工程师46人。自1979年以来，中核第四研究设计工程有限公司先后荣获国家和省、部级优秀工程设计、成果咨询奖101项（其中国家级8项）、科研成果奖130余项（其中国家级24项）、国家专利25项。核四院先后被授予全国工程勘察设计、全国先进工程建设监理先进单位，被中国核工业总公司命名为“一流设计、科学管理、优质服务”先进单位。

3）中核韶关锦原铀业有限公司（以下简称锦原铀业）

为原国营745矿，2004年改制更名为锦原铀业。其中棉花坑矿井一期工程于1969年筹建，1985年初正式投产，二期工程于2004年设计，2009年验收投产，一直延续生产至今，是锦原铀业目前唯一的生产矿井，也是南方唯一在生产的硬岩铀矿山，肩负着建设硬岩铀矿标杆的重任。

锦原铀业公司现有五〇一矿和水冶厂2个主要生产单位，在职员工135人，其中有高级职称15人、中级职称39人，在天然铀采冶生产领域拥有专业的人才队伍。拥有军工武器装备科研生产许可证、军工保密三级资质证、“三合一”体系资质证、军工安全生产标准化一级资质证。近年来,公司先后获得国家级绿色矿山、广东省首批绿色矿山、国家高新技术企业等荣誉。

锦原铀业近几年先后开展了棉花坑矿井通风系统设计研究、棉花坑矿井膏体充填研究与应用、棉花坑矿井安全条件改造关键技术研究、棉花坑矿床南部破碎矿体开采技术研究、棉花坑矿井采场爆破工艺优化可行性研究、提高棉花坑矿井掘进进尺试验研究、棉花坑矿井安全高效开采技术研究等多项集团公司集中研发和中国铀业自主研发项目，具有一定项目研究基础、科研力量和项目实施管理经验，能够为标准的编制提供坚实保障。

1. 起草工作组组成及任务分工

核工业北京化工冶金研究院李秦：全面负责编写初稿和统稿；

核工业北京化工冶金研究院谢国森、张德全、宋丽霞、秦旭忠、张煜辉参与现场技术讨论、提供现场连续采矿、深孔爆破部分资料并对初稿提出修改意见；

中核第四研究设计工程有限公司于宝民、孙刚友参与现场部分技术讨论并对初稿提出修改意见；

中核韶关锦原铀业有限公司刘海洋、候志勇提供现场采矿及深孔爆破部分资料。

1. 主要工作过程

本标准的起草过程主要分为前期准备、征求意见稿编制以及后面的送审稿编制、报批稿编制。

4.1 前期准备（2023年10月-2024年3月）

前期准备阶段主要任务是成立起草工作组、分解工作任务、明确编制进度、收集硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范相关资料，调研分析连续采矿工艺、深孔爆破、硬岩铀矿深孔爆破控制、数码电子雷管、深孔爆破综合装药等技术。

2023年10月16日，主编人李秦在北京组织召开了项目启动会。核工业北京化工冶金研究院、中核第四研究设计工程有限公司、中核韶关锦原铀业有限公司（视频参会）等单位的起草工作组成员共10人参会。会议认为地下硬岩铀矿连续釆矿对其工艺、系统技术集成有较高的要求，要想井下连续采矿工作顺利推广应用，其深孔爆破过程的安全问题不容忽视，根据“十四五”国防预研《硬岩铀矿开采XX》以及中核集团《关于下达中核集团集中研发项目“第四代铀矿采冶关键技术研究与示范（第一阶段）”研究任务书的通知》（中核科发【2021】144号），作为国防预研和 “棉花坑矿井安全高效开采技术研究” 项目的预期成果之一编制“硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范”十分必要，能指导现场爆破作业工作并更好的规范硬岩铀矿井连续采矿深孔爆破工艺，解决硬岩铀矿体高效开采关键技术-爆破落矿的安全问题。并对标准的编制内容和编制工作进行了分工。

4.2 征求意见稿编制（2024年3月-2024年8月）

2024年2月26日，李秦在北京组织召开了标准大纲研讨会。主编单位核工业北京化工冶金研究院、中核第四研究设计工程有限公司及参编单位中核韶关锦原铀业有限公司等起草工作组成员共10人参会。参会人员对前期的工作进行了汇报，在现场工作资料收集、数据汇总、工作分析和归纳总结的基础上，会议对标准内容进行了认真讨论，对标准的适用范围、框架结构、体现连续采矿工艺要求、全面系统地反映铀矿山连续开采深孔爆破工艺技术要求、我国铀矿井连续开采爆破工艺技术现状、标准的适用性和可操作性等提出了具体的修改意见和建议。

起草工作组根据会议意见对标准进行了修改和完善，在此基础上形成征求意见稿，将于2024年8月将征求意见材料提交至核工业标准化研究所。

1. 标准编制原则和确定标准主要内容的依据
2. 标准编制原则

1）体现国家政策与法规；

2）执行国家和核行业相关标准的规定；

3）充分体现国内外工程爆破最新科研成果和现场实践经验；

4）全面系统地反映铀矿山连续开采深孔爆破工艺技术要求和我国铀矿井连续开采爆破工艺技术现状；

5）认真吸取铀矿井爆破安全的重大事故和经验教训；

6）参照国内外爆破的有关规定及技术发展，确保标准的适用性和可操作性。

1. 确定标准主要内容的依据

本标准主要根据国家标准《爆破安全规程》GB6722-2014，《核工业铀矿冶工程技术标准》GB 50521-2023、《金属非金属矿山安全规程》GB 16423-2020、《工业场所有害因素职业接触限值》GBZ2，公安部《小型民用爆炸物品储存库安全规范》GA838、《爆破作业人员安全技术考核标准》GA53和中国核工业集团公司《铀矿冶安全规程》Q/CNNC JB77-2020、《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》GB 23727 -2020、《铀矿冶辐射防护规定》 EJ 993的有关要求，结合最新铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定、铀矿冶安全规程、连续开采技术、深孔爆破技术与数码电子雷管起爆技术的采矿新工艺、新发展、新成果在铀矿山的推广应用以及近几年重大爆破安全事故的教训编制而成。

1. 标准主要内容的确定

本标准分为9个章节，涉及铀矿山连续采矿深孔爆破工艺基本要求、爆破设计与爆破安全评估、铀矿井下连续开采深孔爆破技术、施工组织及爆破器材要求、铀矿山爆破作业安全、爆破监测及总结等内容。

1.主要术语

1）连续开采工艺

连续开采工艺概念参考了吴爱祥院士《我国地下金属矿山连续开采技术研究的发展》等文献资料，结合硬岩铀矿井具体特色提出的概念。

在同一个开采单元中，落矿、出矿、运矿等工序各自具有相对独立的作业条件，各工序间相互协调在不同作业空间内平行连续进行，由此组成的采矿工艺系统。

2）深孔爆破综合装药法

孔底用威力大、爆速高的炸药，上部用戚力低的炸药，来保证深孔爆破质量减少爆破危害效应的综合装药方法。

3）数码电子雷管起爆系统

主要由电雷管、编码器和起爆器三部分组成的采用电子控制模块对矿（岩）石起爆过程进行控制的爆破系统。

2 铀矿山连续采矿深孔爆破工艺基本要求

2.1连续采矿工艺要求

连续开采要把握矿体的整体结构，爆破后确保采区工作面围岩稳定，不影响相邻作业安全，矿石贫化损失可控等连续采矿工艺特殊要求，并将采切、回采以及充填作业这几个环节进行有效结合。

2.2爆破作业风险辨识与评估

1)根据GB6722按工程类别、一次爆破总药量、爆破环境复杂程度和爆破物特征对连续采矿深孔爆破工程实行分级管理；

2) 开展爆破作业危险源辨识，应根据GB/T 13861的规定对爆破作业危险源产生的原因及分类来进行，辨识时充分考虑人的因素、物的因素、环境因素、管理因素四种不安全因素：列出爆破安全风险清单表，确定风险等级，进行风险分析、评价，并制定相关风险预防和控制措施；

3)爆破作业风险的预防与控制应包含安全教育培训、安全技术措施、现场安全管理、应急救援体系等内容；

4)进行爆破作业风险事前、事中、事后评估与总结，评估就由具备爆破作业和安全评估专业的人员进行，应熟悉爆破作业的规范、流程和可能的风险因素，以确保评估的准确性和有效性。

2.3 放射性物探

1）连续采矿爆破作业物探找边，隐蔽矿体的凿岩与爆破，应尽可能满足物探要求；

2）在爆破作业开始前，利用放射性物探的方法确定品位，按照开采的边界品位圈定矿体。在爆破作业以后，可以利用放射性物探的方法把爆破下来的矿石和废石分开，提高供矿品位。爆破应结合采切工程进行生产探矿设计和施工，根据生产探矿资料计算采场储量，为爆破施工设计和经济评价提供资料；

3）炮孔凿岩施工结束后及时验孔并同时进行物探测孔和编录、上图；为爆破装药设计提供资料，并按炮孔排面进行储量核算。

2.4 爆破作业场所要求

爆破作业场所有如下情况之一时，不应进行爆破作业：

1）爆破作业场所不符合GB6722 、GB23727、GBZ2和EJ993要求的；

2）可能危及连续采矿现场建（构）筑物、公用设施或人员的安全而无有效防护措施；

3）氡及氡子体浓度超标，通风未能达到设计要求。

2.5 连续采矿深孔爆破前安全及措施

1）连续采矿深孔爆破爆破前应制定GB6722 、GB/T13861、GBZ2、EJ 993等要求的安全措施和切实可行的爆破事故应急救援预案；

2）爆破采场，应通风良好，支护可靠，留有安全矿柱，设有两个或两个以上安全出口。特殊情况下不具备两个安全出口时，应报单位总工程师批准；

3） 装药前应检查采场顶板，确认无浮石、无冒顶危险方可开始作业，验收合格的深孔应用高压风吹干净，标明废孔，列出深孔编号；炮孔施工结束后应进行验孔、物探测孔、编录和上图，并按炮孔排面核算储量；

4）有相邻连续采场作业单位的爆破在爆破前要按协议规定做好信息沟通。

3 深孔爆破设计

1）爆破设计分为可行性研究、技术设计和施工图设计三个阶段，各阶段设计工作深度应分别符合GB50521、GB6722要求；

2）爆破设计内容编制见附录A，不同类别的爆破可适当增删；不同设计阶段的具体深度和内容编排，由设计单位决定。

针对深孔爆破的内容提出设计要求，使其具有可操作性。

4 主要爆破参数

1. 深孔爆破主要参数

a) 深孔直径

主要取决于凿岩设备、炸药性能及岩石性质等。采用接杆法凿岩时孔径多为 55～65mm，潜孔凿岩时孔径为90～110mm，牙轮钻时为165～200mm。

b）最小抵抗线

最小抵抗线w可按公式（1）计算：

**·····················（1）

式中：

d——炮孔孔径，单位为毫米（mm ）；

△——炸药密度，单位为千克每立方分米（kg/dm3）；

τ——装药系数，τ＝0.7～0.8；

m——炮孔密集系数，m＝a/W，平行深孔取0.8～1.1，扇形深孔，孔口取0.4～0.7，孔底取1.1～1.5；

q——深孔炸药单耗，可参照附录表B-1，单位为千克每立方米（kg/m3）。

c）炮孔间距、排距

平行深孔炮孔间距a可按最小抵抗线w进行布孔；扇形炮孔间距可分为孔底垂距和药包顶端垂距，先由最小抵抗线w定出排距，b=w，然后逐排进行扇形分布设计。

d）补偿空间系数

补偿空间系数K补可按公式（2）计算：

**····································（2）

式中：

V补——采场补偿空间体积，单位为立方米（m3）；

V前——采场矿石爆破前体积，单位为立方米（m3）。

e）每米炮孔崩矿（岩）量

······································（3）

2）预裂爆破主要参数

预裂爆破的效果很大程度上依赖于炮孔的钻孔精度。为减少钻孔偏差，一般将直径在φ76-89mm的钻孔长度设计限制在15m左右。随着孔径的增大，预裂炮孔的孔间距通常也随之增大。

5 起爆技术和起爆网路

1）网路首段雷管延时、微差时间间隔

2）微差时间

3）电子雷管与导爆索联用起爆网路

a）电子雷管起爆系统由雷管、编码器和起爆器三部分组成，电子雷管与导爆索联用的起爆网路包括电子雷管、导爆索、卡扣；

b）根据炮孔的孔网参数在掌子面上钻孔，在底板孔装入炸药和电子雷管，其它炮孔中装入炸药与导爆索；

c）根据起爆网路将同时起爆的其它炮孔中支导爆索用主导爆索进行连接；

d）将起爆炮孔中的炸药连接已设置好延时的电子雷管，将所有电子雷管并联到主线上；

e）起爆网路检测合格后，且爆破警戒完成后，爆破员在安全地方起爆，只有当编码器与起爆器组成的系统没有任何错误，且由爆破员按下相应按钮对其确认后，起爆器才能触发整个起爆网路。

1. 标准水平分析

国内爆破标准为《爆破安全规程》（GB6722），它主要是针对各种爆破安全作业，对铀矿山爆破工艺涉及较少，铀矿山连续采矿爆破方面没有提及。由李秦主编的铀矿山爆破工艺规范QCNNC JB 10-2014包括露天矿爆破、井巷爆破和地下矿爆破工艺，在设计与施工组织中考虑有其放射性工艺技术要求，但对于连续采矿深孔爆破、深孔爆破的综合装药法、数码电子雷管等方面没有涉及，该团体标准是对GB6722和QCNNC JB 10-2014的补充和完善。

作为当今采矿技术发展的重要方向之一连续开采技术，由于硬岩铀矿山企业井下采矿以前主要采取的是全面法（留矿法）和干式充填法，深孔连续开采工作才刚开始起步，连续开采深孔爆破后要保证采区工作面围岩稳定，不影响相邻作业安全，矿石贫化损失可控等连续采矿工艺特殊要求。在连续采矿深孔爆破设计和施工实际操作中缺乏统一的爆破工艺规范，往往陷入困惑，容易造成爆破事故和危害。矿山企业井下爆破作业在一些局部的工艺安全工作内容上可以遵照《爆破安全规程》（GB6722）和铀矿山爆破工艺规范QCNNC JB 10-2014的有关条款执行，但其不同之处没有标准或规范可遵循。

国外目前还没见到有关硬岩铀矿连续开采深孔爆破工艺技术标准化的相关报道，本标准的制定将弥补这一领域的空白。

1. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与我国的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

1. 重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

1. 涉及专利的有关说明

本标准不涉及。

1. 贯彻标准的要求和措施建议

连续采矿技术作为当今金属矿山开采的方向，由于地下硬岩铀矿连续釆矿对其工艺、系统技术集成有较高的要求，要想井下连续采矿工作顺利推广应用，其深孔爆破过程的安全问题不容忽视。

深孔爆破工艺技术是铀矿连续开采的重要落矿技术之一，矿井内空气中的氡及其子体是主要危害因素，其对铀矿山爆破作业人员的内照射辐射危害占到全部辐射危害的85%左右，爆破工艺技术对矿井出矿的质量影响很大，影响到铀矿企业采矿、浸出与金属回收。要求在核工业集团公司铀矿山企业广泛宣传，统一认识，认真贯彻执行，提高矿山效益，减少危害。

本标准是在全面总结我国爆破工艺最新的科研成果、多年实践经验的基础上编制而成的，它基于硬岩铀矿连续采矿深孔爆破落矿技术，能指导现场爆破作业工作并更好的规范硬岩铀矿井连续采矿深孔爆破工艺，解决硬岩铀矿体高效开采关键技术-爆破落矿的安全问题。虽然在编写过程中力求简练、客观、规范、准确地表述标准要求，但仍然难免有不妥甚至错误之处，在反映国内外最新技术方面也可能存在不足，恳请提出宝贵意见，以便修改完善。

1. 废止现有有关标准的建议

本标准不涉及。

1. 预期效果

连续采矿技术作为当今金属矿山开采的方向，本标准是在全面总结我国爆破工艺最新的科研成果、多年实践经验的基础上编制而成的，它基于硬岩铀矿连续采矿深孔爆破落矿技术，能指导现场爆破作业工作并更好的规范硬岩铀矿井连续采矿深孔爆破工艺，解决硬岩铀矿体高效开采关键技术-爆破落矿的安全问题。

根据“十四五”国防预研《硬岩铀矿开采XX》以及中核集团《关于下达中核集团集中研发项目“第四代铀矿采冶关键技术研究与示范（第一阶段）”研究任务书的通知》（中核科发【2021】144号），作为国防预研和 “棉花坑矿井安全高效开采技术研究” 项目的预期成果之一，通过21-23年近三年的现场连续采矿试验采场和多次爆破作业工作，在现场工作资料收集、数据汇总、工作分析和归纳总结的基础上，提出的《硬岩铀矿连续采矿深孔爆破安全规范》基于硬岩铀矿连续采矿深孔爆破落矿技术，能指导现场爆破作业工作并更好的规范硬岩铀矿井连续采矿深孔爆破工艺，解决硬岩铀矿体高效开采关键技术-爆破落矿的安全问题，在中核锦原铀业公司采矿效率达13.25t/工班，采矿直接成本与同条件水平分层干式充填法降低12%。

标准的推广应用能提高作业的安全度，使硬岩矿山井下深孔爆破作业规范和标准化，提高采矿效率，降低生产成本。

1. 参考资料清单

[1]《爆破安全规程》（GB6722-2014）；

[2]《金属非金属矿山安全规程》（GBl6423—2020）；

[3] 《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》，GB23727-2020；

[4]《核工业铀矿冶工程技术标准》，GB50521-2023；

[5]《矿工氡子体个人累积暴露量估算规范》，GB/T18198-2000；

[6] 《爆破作业人员安全技术考核标准》（GA53-1993）；

[7]《铀矿井排氡及通风技术规范》，EJ/T 359-2006；

[8] 《铀矿冶安全规程》Q/CNNC JB77-2020；

[9] 汪旭光，《爆破手册》. 北京：冶金工业出版社出版[M]，2010；

[10] 吴爱祥，《我国地下金属矿山连续开采技术研究的发展》，[J]. 有色矿山，2002(1):1-5；

[11] 许龙，《地下金属矿山开采中连续开采关键技术的应用探讨》，[J]. 世界有色金属，2019(3):56-58；

[12] 张英豪，《数码电子雷管应用问题的研究》，[J].煤矿爆破，2018(01):19-24；

[13] 冷振东，《电子雷管起爆技术研究进展与发展建议》，[J].中国工程科学，2023(第25卷第1期):142-152。

1. 其他应予说明的事项

无。