

# 团 体 标 准

T/CCAS XXX-20 XX

## 《水泥矿山爆破间隔材料技术 应用规范 干冰》

(Technical application specification for blasting isolation material

in cement mines - Dry ice)

20 XX—XX—XX 发布

20 XX—XX—XX 实施

中国水泥协会 发布

## 目 次

|                 |    |
|-----------------|----|
| 前 言 .....       | I  |
| 引 言 .....       | II |
| 1 范围 .....      | 1  |
| 2 规范性引用文件 ..... | 1  |
| 3 术语与定义 .....   | 1  |
| 4 基本要求 .....    | 1  |
| 5 过程要求 .....    | 2  |
| 6 安全要求 .....    | 3  |
| 附录 A .....      | 6  |

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是《水泥矿山爆破间隔材料技术应用规范 干冰》。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水泥协会提出并归口。

本文件起草单位：安徽海螺集团有限责任公司、安徽海螺产业技术研究院有限公司、中国水泥协会、安徽海螺水泥股份有限公司、安徽理工大学、中国科学技术大学。

本文件主要起草人：夏贤清、黄小明、杜艳春、詹家干、黄瑞卿、李烨、刘礼龙、汪泉、马宏昊、李雪交、肖琼、徐晓亮、姚方行、孟涛、吴俊杰、王成鑫、邱健涵、冯亚腾。

本文件主要审查人：XXXXX、XXXXX、XXXX、XXXX、XXXX。

本文件为首次发布。

## 引 言

水泥矿山是水泥生产最核心的原料基地，以开采石灰岩为主。矿区多采用露天台阶式规范开采，通过剥离覆土、精准爆破、机械采掘、集中破碎等工序，为水泥制造供给原料。目前水泥行业积极推进绿色矿山建设，统筹资源开发与生态修复，平衡生产保供与生态保护，夯实城乡建设建材原料根基。

当前民用爆破正向安全、绿色、智能、精细化转型，逐步淘汰落后高危民爆产品，推广环保炸药与电子雷管，提升本质安全水平；生产环节推进自动化、无人化改造，普及现场混装作业模式，降风险、减损耗。行业依据矿山、隧道等不同场景研发专用爆破器材，强化绿色生产与排污管控，搭建数字化全流程溯源体系，逐步由产品销售向一体化爆破技术服务转型，促进行业高质量发展。

矿山绿色爆破可应用干冰作为炮孔间隔材料，依托炸药爆炸产生的能量促使干冰快速升华，凭借其 700 至 800 倍的体积膨胀效应协同炸药完成破岩作业。该技术兼具多重实用价值，既能优化爆破能量分布，改善石料破碎质量、降低大块率和粉矿率，又可依靠干冰低温特性增加炸药安全性，提升施工安全；起爆后无固态残留，不影响矿石品质，还可削减爆破振动、飞石、噪音及有害气体，实现二氧化碳资源化利用，兼具安全可靠、低碳环保、改善爆破效果、成本低廉、操作简便、适用范围广等优势。

干冰作为间隔材料应用于水泥矿山爆破工程技术已在海螺水泥矿山得到示范应用并通过了行业成果鉴定。制定本文件是为了规范干冰作为间隔材料在水泥矿山爆破工程应用的技术要求，使水泥矿山爆破工程的干冰运用有章可循，有利于干冰在水泥矿山爆破工程产业化应用。

# 水泥矿山爆破间隔材料技术应用规范 干冰

## 1 范围

本文件规定了干冰作为间隔材料在水泥矿山爆破中的术语和定义、一般要求、过程要求和安全要求。

本文件适用于干冰作为水泥矿山爆破间隔材料的过程控制，其他建材矿山爆破工程可参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《民用爆炸物品安全管理条例》（国务院令第 466 号）

GB 16423 《金属非金属矿山安全规程》

GB/T 17582-2011 《工业炸药分类和命名规则》

GB 50598-2010 《水泥原料矿山工程设计规范》

GB 6722 《爆破安全规程》

GA 991 《爆破作业项目管理要求》

GB/T 6052-2025 《工业液体二氧化碳》

T/DLSHXH 002-2023 《工业干冰》

T/CSEB 0011-2020 《露天爆破工程技术设计规范》

T/CCGA 50003-2019 《干冰包装和运输安全技术规程》

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 间隔材料 spacer material

间隔材料是指在爆破工程间隔装药技术中，用来分隔炮孔内药柱的介质或装置。

### 3.2 掺入比 mixing ratio

干冰占炸药与干冰之和的装填体积比。

## 4 基本要求

### 4.1 干冰要求

4.1.1 根据 GB/T 17582-2011 《工业炸药分类和命名规则》要求。

4.1.2 干冰的生产原料应符合GB/T 6052的4.2的要求。

4.1.3 水泥矿山爆破工程应用干冰的质量应符合T/DLSHXH 002-2023要求。

### 4.2 适用条件

根据石灰石的坚固性系数  $f$  的大小，将石灰石的可爆性适应性划分为软岩（ $f \leq 4$ ）、中硬岩石（ $4 < f < 8$ ）、硬岩石（ $8 \leq f < 12$ ）和坚硬岩石（ $12 \leq f < 20$ ）四种类型，干冰作为间隔材料皆可运用在上述石灰石中。

### 4.3 爆破工程管理

4.3.1 爆破作业管理应符合 GA 991 《爆破作业项目管理要求》。

4.3.2 爆破作业中干冰作为间隔材料使用量不宜计入单次炸药总量。

### 4.4 设计要求

4.4.1 在应用干冰作为间隔材料前，应进行适用性评估，评估内容包括但不限于：地质条件、炮孔内含水情况。

4.4.1.1 炮孔内有水时应先进行抽水处理，处理后按设计装填。

4.4.1.2 炮孔内有溶洞时，应按照吊装方式处理，后按照设计装填。

4.4.2 应用干冰作为间隔材料的水泥石灰石矿山设计应符合 GB50598 的要求。

## 5 过程要求

### 5.1 材料进厂与运输储存

#### 5.1.1 干冰运输

5.1.1.1 运输干冰的有关人员应掌握干冰性质、危害特性和意外事故时的应急处置。

5.1.1.2 运输干冰车辆在矿山厂区内行驶，严格遵守矿山矿车行驶规定。

5.1.1.3 运输干冰车辆应按照爆破现场要求停在指定安全位置，不应随意停车，应符合GB6722的要求，并设专人管理、看护。

#### 5.1.2 干冰储存

5.1.2.1 干冰宜存在良好通风环境中，避免日晒，保持低温和干燥。

5.1.2.2 干冰宜储存在保温箱中，且选取良好隔热保温材料制成保温箱。干冰保温箱的性能应符合表A.3的要求，干冰保温箱的规格参见表A.4。

5.1.2.3 干冰不应储存在全封闭容器中。

5.1.3 干冰包装材料采用聚乙烯塑料袋时，其性能应符合附录A表A.1的要求，泡沫箱的性能应符合表A.2的要求。

### 5.2 爆破设计

5.2.1 水泥矿山石灰石的爆破设计采用干冰作为间隔材料时，应根据工程特点、地质条件、爆破方案、爆破器材和施工设备及作业环境等，选取合适的爆破参数，爆破参数应符合附录A表A.5的要求。

5.2.2 进行爆破参数设计时，应对单位炸药消耗量、单孔药量、装药长度、填塞长度、单段最大药量和一次起爆药量等进行验算，确保爆破参数选取准确。

5.2.3 干冰作为间隔材料进行爆破设计时，单位炸药消耗量可降低25%。

5.2.4 炸药和干冰装填结构应采用分层间隔和中心不耦合等方式。

### 5.3 现场作业

5.3.1 作业时突遇恶劣天气（雷电、暴雨雪、大雾及黄昏或夜间能见度差的条件下），应立即停止作业，迅速撤离到安全地带。

5.3.2 人工搬运爆破器材时应遵守规定GB 6722。

5.3.3 炸药和干冰的装填应按照爆破设计方案的装药结构进行，在装填过程中要勤测孔深。

5.3.4 干冰装填时，作业人员要穿戴好劳动保护用品，防止冻伤。

5.3.5 炸药和干冰装孔时要注意孔内是否有水，若孔内无水时按照设计进行装填，孔内含水时先行处理，处理后按照设计进行装填。

5.3.6 装填过程中如发现溶洞等情况，要及时反馈给现场负责人，由现场负责人确定具体的调整方案后，方可继续装药。

5.3.7 孔内装炸药或者装干冰过程中出现卡塞时应使用木制或竹制长杆。

5.3.8 装药过程中，不得拔出或者硬拉电子雷管脚线。

5.3.9 孔内装药完成后要及时进行填塞，减少靠近孔口侧干冰质量损失，保证该体系下炮孔装药高度和充填质量。

5.3.10 填塞过程中注意防止石块等杂物掉入孔内。

5.3.11 填塞作业时应保护雷管脚线不受损，避免其受到挤压、拉扯。

5.3.12 干冰作为间隔材料装填时，宜及时装填及时起爆。

5.3.13 起爆和爆后检查应符合GB6722的要求。

### 5.4 效果评价

5.4.1 干冰作为间隔材料的爆破效果应从大块率、粉矿率、底根和岩墙等指标综合评价。

## 6 安全要求

6.1 应用干冰作为间隔材料的水泥石灰石矿山安全要求应符合GB16423的规定

6.2 应用干冰作为间隔材料的水泥石灰石矿山安全评估应符合GB6722-2014中5.3的规定

### 6.3 爆破安全设计

#### 6.3.1 一般规定

6.3.1.1 爆破安全设计应符合 T/CSEB0011。

6.3.1.2 爆破安全设计内容主要包括爆破作业过程中产生的可能危及人身、建（构）筑物、设施及环境安全有害效应的分析、计算及采取的有效安全防护措施。

6.3.1.3 爆破有害效应应包括爆破振动、爆破个别分散物、爆破有害气体及粉尘等，根据实际情况选择监测项目。

### 6.3.2 爆破有害效应分析与计算

6.3.2.1 进行爆破技术设计时，应预先估算爆破振动，以便控制单段最大药量并选择合适起爆方法。

6.3.2.2 进行干冰作为间隔材料的爆破振动计算时，宜按照下列方式组进行计算：

$$V=K\left(\frac{\sqrt[3]{Q_{\text{总}}}}{R}\right)^{\alpha} \quad (1)$$

$$V_g=-0.028X+V \quad (2)$$

6.3.2.3 公式（1）和（2）中 $V_g$ ——干冰作为间隔材料的爆破振动最大合速度，cm/s； $V$ ——地面质点峰值振动速度cm/s； $Q$ ——炸药量（齐爆时为总药量，延迟爆破为最大一段装药量，kg； $R$ ——观测点到爆源中心的距离，m； $K$ 和 $\alpha$ ——与爆破点至计算点间的地形、地质条件有关的系数和衰减系数，一般参考表1进行选取。

表 1 爆区不同岩性的 $K$ 、 $\alpha$ 值

| 岩性   | $K$     | $\alpha$ |
|------|---------|----------|
| 坚硬岩石 | 50~150  | 1.3~1.5  |
| 中硬岩石 | 150~250 | 1.5~1.8  |
| 软岩石  | 250~350 | 1.8~2.0  |

6.3.2.4 爆破振动控制技术参数优化可通过选取合适的起爆顺序、合理的装药结构、采用微差爆破等方式。

### 6.3.3 爆破个别飞散物

6.3.3.1 爆破个别飞散物与地质地形条件、单位炸药消耗量、孔网参数和起爆顺序有关。

6.3.3.2 爆破个别飞散物对人员、设备和建筑物的安全允许距离应符合GB6722。

### 6.3.4 爆破有害气体与粉尘

6.3.4.1 爆破有害气体控制技术包括选取环保型炸药、合适的装药结构及采用起爆能较大的起爆药包。

6.3.4.2 爆破粉尘与污染控制采用爆前、爆后洒水。

## 6.4 制定安全预案

应根据爆破现场可能出现的人员受伤、设备损伤、附近建筑物和设施等受到破坏情况，制定相应的应急处置预案。

6.4.1 由负责主管安全的主要领导和安全负责人组成的现场应急指挥小组，统一指挥全过程破岩安全工作。

6.4.2 严格按照设计方案确定安全警戒区域并实施安装警戒措施。

6.4.3 炸药和干冰在装填过程中发生冻伤事故时，应迅速脱离低温环境，立即用衣被、毛毯或毛皮制品保护受冻部位，设置现场警戒，疏散人员。

6.4.4 如出现盲炮时，按照规定 GB 6722 盲炮进行处理，并对现场持续警戒，禁止无关人员和设备进入。

## 附 录 A

表 A.1 聚乙烯塑料袋的性能要求

| 项目        | 单位                | 性能           |
|-----------|-------------------|--------------|
| 封口强度      | N/mm              | $\geq 14.6$  |
| 耐压强度      | KN                | $\geq 2.35$  |
| 撕裂强度（横向）  | N/mm              | $\geq 137.3$ |
| 撕裂强度（纵向）  | N/mm              | $\geq 110.5$ |
| 断裂伸长率（横向） | %                 | $\geq 450.1$ |
| 断裂伸长率（纵向） | %                 | $\geq 431.1$ |
| 拉伸强度（横向）  | N/mm <sup>2</sup> | $\geq 27.2$  |
| 拉伸强度（纵向）  | N/mm <sup>2</sup> | $\geq 27.2$  |

表 A.2 泡沫箱的性能要求

| 项目     | 单位                  | 性能          |
|--------|---------------------|-------------|
| 粒度范围   | m                   | 1.2~1.6     |
| 密度     | g/cm <sup>3</sup>   | $\geq 0.02$ |
| 压缩强度   | kg/cm <sup>2</sup>  | $\geq 0.7$  |
| 抗张强度   | kg/cm <sup>2</sup>  | $\geq 2.8$  |
| 水蒸气浸透率 | g/m <sup>2</sup> ·h | $\leq 2.4$  |

表 A.3 干冰保温箱的性能要求

| 项目         | 性能         |
|------------|------------|
| 材质         | PE         |
| 干冰挥发率（24h） | $\leq 6\%$ |

表 A.4 干冰保温箱的规格

| 规格                  | 50kg 装    | 250kg 装   |
|---------------------|-----------|-----------|
| 体积, cm <sup>3</sup> | 57×46×93  | 109×69×98 |
| 保温层厚度, mm           | $\geq 70$ | $\geq 70$ |

表 A.5 水泥石灰石矿山爆破工程参数设计表

| 序号 | 爆破参数             | 单位                | 设计取值 | 备注 |
|----|------------------|-------------------|------|----|
| 1  | 孔径 $d$           | mm                |      |    |
| 2  | 台阶高度 $H$         | m                 |      |    |
| 3  | 最小抵抗线 $W$        | m                 |      |    |
| 4  | 底盘抵抗线 $W_1$      | m                 |      |    |
| 5  | 超深 $\Delta h$    | m                 |      |    |
| 6  | 孔距 $a$           | m                 |      |    |
| 7  | 排距 $b$           | m                 |      |    |
| 8  | 孔深 $L$           | m                 |      |    |
| 9  | 炸药装填长度 $l_1$     | m                 |      |    |
| 10 | 干冰装填长度 $l_2$     | m                 |      |    |
| 11 | 填塞长度 $l_3$       | m                 |      |    |
| 12 | 钻孔倾角 $\alpha$    | °                 |      |    |
| 13 | 炮孔内炸药密度 $\rho$   | kg/m <sup>3</sup> |      |    |
| 14 | 炮孔内干冰密度 $\rho_g$ | kg/m <sup>3</sup> |      |    |
| 15 | 单位炸药消耗量          | kg/m <sup>3</sup> |      |    |
| 16 | 单孔装炸药量           | kg                |      |    |
| 17 | 单孔装干冰量           | kg                |      |    |
| 18 | 最大段装药量           | kg                |      |    |
| 19 | 总炸药量             | kg                |      |    |
| 20 | 总干冰量             | kg                |      |    |