# 尾矿库干滩扬尘治理*

闫向东

(包头钢铁(集团)有限责任公司宝山矿业公司,内蒙 包头 014010)

**摘 要:** 针对尾矿库干滩滩面易出现扬尘的问题,采用氯化钙溶液作为抑尘剂,应用于尾矿干滩滩面抑尘作业,通过观察喷洒后干滩滩面湿润、结壳状态,适时调整抑尘剂浓度,对改善库区环境,减少资源流失等起到良好的效果。

**关键词:** 扬尘; 干滩; 抑尘剂; 结壳; 抗风蚀

**中图分类号:** X511; TD926 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)03-0010-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.03.003

## Dust Control on Dry Beach of Tailings Pond

*Yan Xiang-dong*

(*Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

**Abstract:** In this paper, it is introduced the calcium chloride solution is used as dust suppressant for dust suppression operation on dry beach face of tailings aiming at the problem that dust is easy to raise on dry beach face of tailings pond. The concentration of dust suppressant is adjusted in time by observing the moisture and crusting regime of dry beach face after spray the dust suppressant so that the effects of improving the environment of reservoir area and reducing resource loss are good.

**Key words:** dust; dry beach; dust suppressant; crust; resistance to wind erosion

包钢选区尾矿库库区面积10 $km^2$,裸露的干滩面积约为4 $km^2$,而尾矿库所处的地理位置受季风、气候影响,少雨、干燥且多风,在大风天气时,暴露的尾矿粉飞散严重,造成周围环境受污染。在生产过程中,随着尾矿库坝体的不断增高,冲积滩面干燥后的矿粉随风产生的扬尘也不断增加,加重了扬尘污染,同时也使国家资源严重流失。为解决干滩扬尘污染问题,对抑尘药剂的作用机理进行分析,提出采用氯化钙溶液稀释为抑尘剂,应用于尾矿库干滩抑尘作业。

## 1 研究目的

近年来,随着现代化学工业的发展,化学抑尘剂研究的深度和广度也迅速扩展,并且化学降尘技术的研究也更倾向运用于矿山降尘、路面、粉煤场、爆破作业等特定场所的抑尘。为减少尾矿库扬尘对周边环境的污染,提出采用将低浓度的氯化钙溶液作为尾矿抑尘剂,将其喷洒于尾矿库干滩滩面,先经过试验室小型试验,对尾矿取样样本进行观察,得出结论,能够实现抑制干滩扬尘的目的,又开展工业试验,将抑尘剂应用于尾矿库区域20 000 $m^2$的干滩

* **收稿日期:** 2019-10-14

**作者简介:** 闫向东(1979-),女,内蒙古包头市人,工程师,现从事环境保护管理工作。

滩面上，进一步研究喷洒后的干滩的抗风蚀能力、抑尘效果。

## 2　前期调查研究

### 2.1　尾矿特性

宝山公司山下选区尾矿库是以处理白云鄂博铁矿石选铁后产生的尾矿堆贮而成，尾砂平均粒径为 0.039 1 mm，比重为 3.45 t/m$^3$。由于尾矿库地理环境降水少、气候干燥，尾矿颗粒较细，长时间风蚀沙化严重，遇风极易产生扬尘；同时相对其他粉末状物体所含元素多，矿物比重差异较大，所以一般抑尘方法很难达到预期的抑尘效果。

### 2.2　国内外现状

早在 20 世纪前期，就有英国、美国学者将湿润剂应用于矿井上，以湿润巷道积尘，抑制钻孔、爆破、装载等作业产生的煤尘。20 世纪 80 年代湿润剂能够改善某些有机或无机化学材料的渗透力，常用于土质路面的固土、物料运输过程中的抑尘。凝聚剂具有吸收大气中的水分和保水作用，可应用于路面扬尘、物料运输等场合，使泥土或粉尘聚合[1]。

## 3　技术方案的确定

### 3.1　扬尘治理措施

尾矿库干滩面积大，地理位置的气候、环境较为恶劣，是产生扬尘的主要原因，而抑尘剂有较强的亲和力，能迅速捕捉并能吸附空气中的微粒，将微粒粉尘牢牢吸附，使粉尘颗粒凝聚，形成大尘粒。纵观国内外抑尘技术的发展趋势，尾矿库干滩抑尘采用抑制剂的方案较为合理。其次，从经济性分析，选用抑尘剂，无需一次性过大的投资，也无需增加过多的设备设施；后期的维护和保养容易；并且不受气候条件影响，冬季不会结冰，而且喷洒一定次数后会保持一段时间不会扬尘。综上所述，采用抑尘剂进行尾矿库干滩扬尘治理是可行的。

### 3.2　抑尘剂的作用机理

抑尘剂的主要成份为氯化钙，属盐类，溶液外观色泽透明，具有吸水、保湿、抗冻、凝固等作用[2]。尾矿库干滩采用抑尘剂喷洒，首先可以使水分快速浸入干滩表层，延长保湿时间；其次抑尘剂能与矿粉相结合，覆盖于矿粉表面，同时覆盖面可以吸附空气中的水分，起到保湿效果，进而起到抑尘作用；此外，覆盖面最终成为一层硬壳，硬壳强度可达到抗风蚀而不被破坏，进而巩固抑尘效果[3]。

### 3.3　研究过程

试验分为小型试验及工业试验。小型试验是从尾矿库区域内的干滩选取干粉状尾矿粉，平滩至托盘上，将配制好的抑尘剂对其进行喷洒，将其置于室外避雨通风处自然干燥，然后对矿粉的结壳、强度进行风力测试，观察尾矿粉变化情况，对测试数据进行记录，并得出结论。工业试验是将抑尘剂喷洒在尾矿区域内干滩滩面上，在自然环境中，对抑尘剂浸入厚度、保湿状况、干燥天气表面结壳状况及大风天气中，与未喷洒区域进行对比、观察等状态进行测量和记录。

## 4　小型试验

### 4.1　前期准备

准备试验所需要的设备设施及试验器皿、测量工具。从尾矿库 6 个点位的干滩中选取尾矿粉，将选取的尾矿粉混合均匀，从中取干粉状尾矿粉称重 2 kg，平铺在不锈钢托盘内，测量矿样尺寸为 265 mm×220 mm，面积扣除圆角约为 58 000 mm$^2$，取抑尘剂倒入量筒，将其浓度配制为 14%，将配置浓度 14% 的抑尘剂量取 150 mL 倒入喷壶内，然后开始加压，均匀喷洒于矿粉上，重复此工作，直至全部将 150 mL 喷洒完毕后，把托盘放在避雨通风处自然干燥 48 h，进行了相关数据测试。

### 4.2　试验过程

#### 4.2.1　结壳与强度

从托盘上取一小块表面结壳层，用卡尺测其厚度为 3 mm，并按照强度试验要求做一块标准的压力测试模块，送到检测中心进行了压力试验，强度最高峰值为 19.19 kN。

#### 4.2.2　风力试验

由于试验室风力测试条件有限，所以选用电吹风来模拟自然风，功率为 1 900 W，最大进风量 320 L/min，出风孔径 26 mm，折算风速为 10.06 m/s，折算风力为 5 级以上（5 级风速 8 ~ 10.7 m/s），将干燥后的结壳矿粉用电吹风持续吹了 72 h，观察其基本无变化。小型试验数据见表 1。

表1 小型试验数据

| 尾矿量 | 抑尘剂 | | 试验数据 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| /kg | 浓度/% | 体积/mL | 壳/mm | 强度/kN | 模拟风力/级 | 72 h变化 |
| 2 | 14 | 150 | 3 | 19.19 | 6 | 无 |

### 4.3 小型试验结论

将氯化钙溶液调制的抑尘剂应用于尾矿矿粉的试验中，矿粉表面的结壳与强度能够适应尾矿库多风且干燥的环境，但是否能完全满足宝山矿业公司尾矿库的抑尘要求，就要进一步开展抑尘剂应用于实际的工业试验中，于是我们展开抑尘剂利用在干滩上，对干滩的抗风蚀能力在工业试验中进行探索和论证。

## 5 工业试验

### 5.1 选取试验区域

根据尾矿库干滩扬尘和现场环境，选择尾矿库观礼台西侧南北宽100 m，东西长200 m的冲积滩，面积约20 000 $m^2$，作为试验地点。

### 5.2 工业试验方案

运用装载机对干滩区域进行平整，药剂泵将药剂进行输送，电动卷盘式药剂喷灌机作为喷洒设备，喷洒半径为50 m，为保证药剂喷洒的充分，行走速度控制在1 m/s，在试验区域进行抑尘作业，将抑尘剂用量、喷洒面积、浸入厚度、保湿状况、干燥天气下表面结壳状况、风天扬尘对比、雨雪天气透水性观察等进行测量和记录。

### 5.3 工业试验过程

#### 5.3.1 天气情况

工业试验过程从3月6日起至4月6日，共跟踪观察31天，搜集整理抑尘剂在雨雪、炎热干燥、起风、温度急剧变化等不同天气情况下的技术数据，为试验后期总结和完善药剂抑尘提供了可靠的依据。

工业试验期间，出现雨雪降水天气10天，3~4级风力5天，4~5级风力1天；最高温度20 ℃，最低温度-10 ℃，昼夜温差较大，出现过扬尘天气7天。

#### 5.3.2 干滩表面抑尘情况观察

利用喷灌机耗时3 h对20 000 $m^2$干滩进行喷洒，使用抑尘剂65 t。试验人员从喷洒抑尘剂开始至4月6日对试验效果全程进行了跟踪观察和数据采集，在尾矿库干滩选定区域喷洒抑尘药剂30 min后，药剂浸透约70 mm，36 h后，表面开始结壳，壳厚度>3 mm，强度为0.19 kN，硬壳能锁住水分，延缓水分蒸发，从而起到长时间的保湿作用。

经过10天的雨雪降水天气和3天3~4级风力、1天4~5级风力的冲刷风蚀，壳的厚度在0.5 mm以上，至4月6日31天时，硬壳部分破损。

通过1个月的观察，风力在1~4级，硬壳具有很强的抗风蚀能力，小于4级风力时可保持20天左右，4至6级风力时尾矿粉结成的硬壳可保持15天左右，大于6级以上风力时可保持10天以上壳不破损、不扬尘。雨雪天气时，表面及截面观察药剂透水性很好，抑尘覆盖面以下能够浸透水分，晴天可保持20天以上不会完全蒸发，可长时间保持湿润状态；经过雨、雪、风的侵蚀，喷洒抑尘剂的地方一直未见扬尘，天气寒冷时表面不结冰，干燥炎热时表面结壳，起到抗风蚀和保水抑尘的作用。跟踪观察数据见表2。

表2 跟踪观察数据

| 项目 | 结果 |
|---|---|
| 30 min | 抑尘剂浸入表层>60 mm |
| 36 h | 表面结壳>3 mm |
| 3月16日-24日雨雪天气 | 表层以下全部湿润>250 mm |
| 3月31日25天 | 表面壳厚<1 mm，壳下湿润 |
| 4月6日 | 表面壳已基本破损，截面尾矿还显湿润 |

#### 5.3.3 抑尘区域与未进行喷洒的区域进行对比

经过跟踪对比观察，未喷洒抑尘药剂的地方，雨水过后2~3天表面出现干燥沙化等现象，遇有3级以上风力时，就会起尘。而干滩滩面经过抑尘喷洒后，表层未出现沙化和扬尘现象，硬壳以下可观察到仍处于湿润状态。将使用过抑尘剂的区域和未使用的区域对比观察，抑尘效果显而易见，有着明显的差别，31天期间，未抑尘区域出现过7天扬尘，而抑尘区域从未出现过扬尘，药剂抑尘完全达到预想的抑尘效果，从而解决了尾矿抑尘的难题，达到了预期的目的，对比情况见表3。

表 3　药剂抑尘对比观察表

| 时间 | 喷洒抑尘剂的观察情况 | | | | | 未喷抑尘剂情况 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 天气 | 风力/级 | 温度/℃ | 表观 | 截面情况 | |
| 3 月 6 日 | 晴 | 1 ~ 2 | -8 ~ 5 | 湿润 | 下浸 70 mm | 表面松散沙化，干燥厚度 120 mm |
| 3 月 11 日 | 晴 | 3 ~ 4 | -9 ~ 10 | 结壳 | 全部湿润 | 表面松散，起尘，干燥厚度 150 mm |
| 3 月 16 日 | 雨夹雪 | 1 ~ 2 | -2 ~ 11 | 湿润 | 全部湿润 | 湿润 |
| 3 月 22 日 | 中雨 | 微风 | -5 ~ 5 | 湿润 | 全部湿润 | 全部湿润 |
| 3 月 28 日 | 多云 | 1 ~ 2 | -1 ~ 9 | 湿润 | 全部湿润 | 全部湿润 |
| 3 月 31 日 | 晴 | 1 ~ 2 | -4 ~ 11 | 壳 1 mm | 全部湿润 | 表面干燥 50 mm |
| 4 月 6 日 | 多云 | 3 ~ 4 | 10 ~ 19 | 壳基本破坏 | 全部湿润 | 表面沙化起尘，干燥厚度 > 100 mm |

### 5.4　试验结果

采用抑尘药剂喷洒于尾矿干滩滩面，可以对扬尘起到很好的抑制作用，它适用于尾矿库大面积干滩区域抑尘作业。并且药剂抑尘与其它遮盖法、超声波抑尘等方式相比，具有一次投入少、维护费用和运行成本低，操作简单灵活，不会产生二次污染等优点。其次，能够有效抑制干滩扬尘，减少污染，改善大气质量[4]。

当尾矿库干滩表面干燥的面积为 10% 时，起尘量为 44.98 t/a。现尾矿库干滩 4 $km^2$，干燥面积按 70% 计，起尘量为 125.94 t/a；按照每年筑坝的尾砂量为全部尾砂量的 50% 计算，含水率按 8% 计算，筑坝作业产生的扬尘量约 231.81 t/a，每年可减少尾矿资源流失 358 t。

## 6　存在的问题与建议

喷洒抑尘剂期间，要加强对设备的操控管理，防止抑尘剂进入库区水域；喷洒时需注意风向及周围植被，放矿结束时对部分区域及时进行补喷。其次根据风力状况及时更换喷头，防止抑尘剂飘散，减少浪费；雨雪天气不要喷洒，应根据尾矿沙化情况选择性喷洒抑尘剂，降低抑尘成本。

## 7　结束语

尾矿库扬尘产生主要是由于尾矿颗粒细，受自然环境影响，坝体高且风速大所致，采用抑尘剂喷洒于尾矿干滩，能够实现在源头上进行扬尘污染治理，随着化学药剂的广泛性和专业性的发展趋势，使其能更好地在行业推广使用，以达到加快尾矿扬尘治理的步伐。最终消灭尾矿扬尘目的的实现。

## 参　考　文　献


[1] 邓兵杰，谭卓英. 复合型抑尘剂配方试验研究[J]. 现代矿业，2014，(3)：87 - 91.

[2] 李哲，姚雨龙，肖伟丽. 矿物颗粒表面润湿程度的表征及应用[J]. 黑龙江科技学院学报，2011，(4)：265.

[3] 周刚，程卫民，王刚，等. 综放工作面表面活性剂除尘工艺[J]. 工业安全与环保，2009，(11)：17 - 19.

[4] 刘奎，郭胜均，龚小兵，等. 疏水性煤尘高风速综采工作面湿润剂喷雾降尘试验[J]. 矿业安全与环保，2013，76(3)：10 - 12.