

# 戈壁矿区风力侵蚀及水土保持对策探讨

周波

(甘肃省水土保持科学研究所, 甘肃 兰州 730021)

**摘要:** 采矿在不同程度上破坏了戈壁滩原本脆弱的生态环境。尾矿弃渣风力侵蚀模数最高达 160 000 t/(km<sup>2</sup>·a), 比原地表增加了约 800 倍。破坏后的水土保持治理工作将十分艰巨, 沙漠戈壁地区风蚀最好的防治方法是努力保护好现有的天然植被和地表结构, 对尾矿库必须在停用后进行覆盖。

**关键词:** 戈壁; 矿区; 风力侵蚀; 尾矿弃渣

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)04-0081-03

中图分类号: S157.1

## Wind Erosion and Conservation at Mining Area in Gobi Desert

ZHOU Bo

(Institute of Soil and Water Conservation, Lanzhou 730021, Gansu Province, China)

**Abstract:** The fragile environment of gobi desert was destroyed because of mining work. The modulus of gangue and dregs was 160 000 t/(km<sup>2</sup>·a). It is increased more about 800 times than the original surface. The work of soil and water conservation was very difficult after the fragile environment was destroyed. To protect the existing vegetation and the earth's surface is the best prevention and cure measures. The dregs must covered after the gangue storeroom was stop being used.

**Keywords:** the gobi desert; mining area; wind erosion; the dregs of gangue storeroom

全球沙漠化土地从 1984 年  $3.48 \times 10^9$  km<sup>2</sup> 增加到 1990 年的  $3.99 \times 10^9$  km<sup>2</sup>, 年增加 5.1%。沙漠化所造成的经济损失每年达  $4.23 \times 10^{10}$  美元。据 1994—1996 年全国沙漠化普查结果, 我国沙漠及沙漠化总面积达  $1.71 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, 占国土总面积的 17.85%。其中沙丘沙地  $4.80 \times 10^5$  km<sup>2</sup>, 戈壁  $7.10 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 沙地  $4.34 \times 10^5$  km<sup>2</sup>, 风沙化土地  $5.40 \times 10^4$  km<sup>2</sup>。从 20 世纪 50—70 年代我国平均每年沙漠化土地增加 1 560 km<sup>2</sup>, 70 年代中期到 80 年代平均每年增加 2 100 km<sup>2</sup>, 从 80 年代中期至 90 年代平均每年增加 2 460 km<sup>2</sup>, 土地沙漠化正在加速。

我国北方工矿、交通、城市建设所引起的沙漠化土地面积已达 403 km<sup>2</sup>。在甘肃省河西走廊, 人类经济活动已使昔日“有松林五木, 其水草茂美, 宜畜牧”的矿区所在地龙首山成为一片赤地。时至今日, 该地区生态环境十分脆弱。1993 年 5 月 5 日下午, 一场历史上罕见的特大黑风暴席卷新疆、甘肃、宁夏、内蒙古的部分地区, 黑风暴经过受灾地区时平均风速 25 m/s, 瞬时风力最大达 12 级, 最小能见度骤降为零, 成灾耕地面积  $6.44 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 工农业直接损失达  $2.45 \times 10^{12}$  元<sup>[1]</sup>。

可见, 沙漠化是一个生态环境问题, 也是一个社会经济问题, 而其发生的主要原因是由于人类不合理的经济活动所造成的。在沙漠戈壁地区的人类经济活动必须充分重视生态环境的保护。本文通过对金川有色金属矿区的风力侵蚀分析, 结合矿区弃渣特点及已积累的治理经验提出了相应的水保措施。

### 1 矿区概况

金川有色金属矿区占地约 70 km<sup>2</sup>, 位于河西走廊中部, 海拔 1 560 m, 年均降水量 140 mm, 年均蒸发量 2 400 mm, 年平均沙尘暴日数 20~30 d, 砂砾石土, 是典型的干旱少雨, 风大沙多, 自然植被稀少, 水资源缺乏的内陆荒漠干旱区。

矿区全年平均风速为 2.17 m/s, 静风(< 0.2 m/s)率为 37%, 最大风速 35 m/s, 年 8 级(> 19 m/s)以上大风累计时数为 18.75 h。以 4 月份平均风速最大, 为 3.19 m/s。静风率最低, 为 22%; 其次为 7 月, 平均风速为 2.35 m/s, 静风率为 37%; 1 月份平均风速最小为 1.43 m/s, 静风率最高为 40%。从日分布看, 下午 2 时平均风速最大为 4.12 m/s, 静风率最低占全日静风天气的 12.17%, 早晨静风率最高占全日

收稿日期: 2004-11-10

资助项目: 金川有色金属(集团)公司矿区水土保持方案项目。

作者简介: 周波(1967—), 男(汉族), 甘肃漳县人, 高级工程师, 主要从事水土保持与荒漠化方面科学研究工作。电话(0931) 8656319, E-mail: zhoubo\_lz@163.com。

静风天气的 43.73%。全年起沙主导风向为 NW, NNW, 次主导风向为 N 和 NWW(见表 1), 尤以春季

最为明显。风向的季节变化除冬季盛行风向为 SSE, 其它 3 季为 NW, NNW 风。

表 1 矿区风向频率统计

起沙风向	N	NNE	NEE	SSW	SWW	W	NWW	NW	NNW
频率/ %	5.9	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	4.0	6.7	61.6

矿区地貌类型有以龙首山为主体的南部剥蚀山地, 为矿山分布区; 选冶生产区、管理区和生活区位于中部绿洲平原, 以冲积扇平原、洪积戈壁平原和湖积风积平原组成; 北部荒漠平原属腾格里沙漠的西延部分, 主要为冲洪积砂砾石层、亚砂土和风积沙丘构成。冶炼弃渣场及尾矿库位于东北部的洪积戈壁平原上。

## 2 矿区地面物质组成和弃渣性质

(1) 南部山区胶结岩类。其抗风蚀能力较强, 在不扰动情况下, 吹蚀率与风蚀量均极低。

(2) 戈壁平原松散砂砾岩类。磨圆度较好, 但分选性差, 粒径组成复杂, 最大可达 100 mm, 一般在 5~50 mm 之间, 无人扰动时表面有一层 1~2 cm 厚的结皮, 抗风蚀能力较强, 风力侵蚀模数小于 200 t/(km<sup>2</sup>·a)。

(3) 矿山采矿弃渣类。采矿弃渣是爆破的产物, 有露天矿剥离渣、氧化矿堆(以现有技术暂时不易开发的潜在矿石, 近期不冶炼, 集中存放)、井下采矿过程中的弃渣, 其特征是多成分、量大、分选性差, 磨圆度极差, 堆放相对集中, 且均经历了堆放、摊平、碾压过程, 从形态上看, 为不规则园柱体, 中心粒度较细, 外侧相对较粗, 最大粒径超过 1 m, 大多数粒径在 5~300 mm 之间。

(4) 冶炼弃渣类。冶炼弃渣是冶炼生产过程中产生的固体废弃物。分 2 类: 一类为热渣, 是冶炼炉直接产生的, 未经处理, 常呈胶团块状; 另一类为水淬渣, 是熔炼过程中产生的, 经过水冷却产生的渣, 粒径大于 5 mm。冶炼弃渣粒径大, 集中堆放, 表面胶结, 抗风蚀能力极强。

(5) 尾矿砂类。尾矿砂是从选矿车间被稀释为流体输送到尾矿库里的, 粒径均小于 5 mm, 粒径小于 0.125 mm 的颗粒占 94%。等库满停用尾矿砂脱水干燥后, 会产生很强的风蚀与风沙危害。中科院兰州沙漠研究所研究结果反映, 粒径大于 0.05 mm 的尾矿砂以跳移或蠕移形式运动, 占库区尾矿砂总风蚀量的 44.17%~56.80%, 而粒径小于 0.05 mm 的尾矿砂则以飞跃或悬移形式运动, 占库区尾矿砂总风蚀量的 55.83%~43.20%(见表 2—5)。

表 2 戈壁砂砾岩及矿区弃渣粒度分析结果 %

样品号	粒径/mm				
	< 0.5	0.5~1	1~2	2~5	> 5
戈壁砂砾岩	17.40	3.30	0.90	8.20	70.20
采矿弃渣	7.50	11.00	4.30	7.20	70.00
氧化矿堆	11.40	7.80	2.40	4.20	74.20
香山坡积物 <sup>1</sup>	12.35	4.00	6.42	4.21	74.01
冶炼弃渣	0.00	2.80	2.80	12.40	82.00

注: <sup>1</sup> 据中科院兰州沙漠研究所资料。

表 3 尾矿砂粒度分析结果 %

采样深度/ cm	粒径/mm			
	0.50~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	< 0.063
0—5 cm	0.83	11.40	44.5	43.27
5—100 cm	0.13	5.23	38.1	55.84

表 4 不同粒径砾石的起动风速(莎车) m/s

风速	粒径/mm			
	0.1~0.25	0.25~0.5	0.5~1	> 1
2 m 高处风速	4.0	5.6	6.7	7.1

表 5 不同粒径砾石的起动风速<sup>1</sup> m/s

风速	粒径/mm						
	1~1.25	1.25~2.50	2.5~5.0	5~10	10~20	20~40	40~80
6 m 高处风速	15.2	20.1	26.5	35.0	46.2	61.0	80.5
8 m 高处风速	16.0	21.1	27.8	36.7	50.5	64.0	84.5

注: <sup>1</sup> 据中科院兰州沙漠研究所资料。

由表 2—4 可以看出, 矿区最大风速为 35 m/s, 能起动的颗粒粒径应该小于 5 mm, 70% 以上的戈壁砂砾岩、采矿弃渣和氧化矿堆颗粒是相对稳定的, 8 级

风(17.2~20.8 m/s) 能起动的颗粒粒径应该小于 2 mm; 2 m 高处风速可以达到 5.6 m/s 就可以将尾矿砂全部吹蚀。

### 3 矿区弃渣风力侵蚀模数和风蚀量测算

矿区扰动戈壁风力侵蚀模数( $E$ )按扰动面的实测年风蚀深度( $H$ )和弃渣比重( $\gamma$ )计算。其风蚀量( $W_d$ )按弃渣风力侵蚀模数( $E$ )、侵蚀区面积( $F$ )、侵蚀年限( $t$ )计算。

$$E = H * \gamma$$

$$W_d = E * F * t$$

根据实测,矿区扰动戈壁砾石土年风蚀深度1.5 mm,砾石土比重 $2.15 \text{ t/m}^3$ ,则其风力侵蚀模数为 $3220 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。矿区采矿弃渣风力侵蚀系数( $E_p$ )按弃渣的平均吹蚀速率( $R_d$ )、大风累计时数( $T$ )、小于最大风速起动粒径的颗粒粒度( $\beta$ )、渣堆受风面积( $f$ )而计算弃渣风力侵蚀系数( $E_p$ ,风蚀量占采矿弃渣总量的百分数)。其风蚀量( $W_d$ )按弃渣风力侵蚀系数( $E_p$ )、采矿弃渣总量( $G$ )而计算。矿区扰动戈壁面积 $34.43 \text{ km}^2$ ,扰动地表使风蚀加剧的时段为工程建设期,侵蚀年限按2a计,则矿区因扰动戈壁而产生的风蚀量为 $22.17 \times 10^4 \text{ t}$ 。

$$E_p = R_d * T * f * \beta$$

$$W_d = E_p * G$$

采矿弃渣中粒径小于5 mm的颗粒占27.9%,矿区年8级以上大风累计时数为18.75 h。根据中科院兰州沙漠研究所对古浪香山坡积物风洞实验结果,经过对采矿弃渣和古浪香山坡积物颗粒组成相似,类比拟定8级以上大风对采矿弃渣的平均吹蚀速率为 $208 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。按圆锥体堆渣的受风面积计算弃渣风力侵蚀系数为0.02%。建矿38a来,采矿弃渣总量为 $1.70 \times 10^8 \text{ t}$ ,则矿区因采矿弃渣而造成的风蚀量为 $3.14 \times 10^4 \text{ t}$ 。

选矿弃渣为尾矿砂,粒径很小,全部可被风蚀, $< 0.25 \text{ mm}$ 的细沙、粉沙及黏粒占99.5%,主要由橄榄石、辉石、角闪石等组成,平均比重为 $3.2 \text{ t/m}^3$ 。据兰州沙漠研究所实测资料,尾矿砂平均年风蚀深度150 mm,则其侵蚀模数达 $160000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。老尾矿库面积达 $3 \text{ km}^2$ ,在停用后尾矿脱水干燥,被裸露吹蚀了3a(1992—1994年),风蚀量达 $1.44 \times 10^6 \text{ t}$ 。

冶炼弃渣中,热渣冷却后凝结成团块状,水渣为粗沙状,粒径大于2 mm的颗粒占94.4%,8级大风可吹蚀的量仅占5.60%,加之集中堆放,表面胶结,颗粒比重大,抗风蚀能力极强,其风蚀量轻微。矿区因采矿及选冶而引起的总风蚀量达 $1.69 \times 10^6 \text{ t}$ ,使

矿区的风蚀强度增高了一个级别,个别区域从微度侵蚀剧变为剧烈侵蚀,对整个矿区及周边地区造成了严重的风沙危害。

### 4 水土保持防治对策

为了生存,为了企业发展,“八五”以来金川有色金属公司企业把改造环境、绿化矿区当作企业生存发展的系统工程来抓,完成了数项艰巨的环境综合治理工程,已初步改善了矿区生态环境,但防治风蚀的任务还相当艰巨。为系统地治理风蚀,企业已编报了水土保持方案。方案中总结矿区多年来的治理经验,结合不同弃渣的侵蚀特征,制定了较科学的防治策略。

戈壁滩生态环境原本十分脆弱,一旦破坏了其自然植被和地表结构,恢复治理将万分艰难。企业仅绿化投入高达 $1.50 \times 10^5 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,是一般水土流失治理投入的100倍。沙漠戈壁地区风蚀最好的防治方法就是努力保护好现有天然植被,保护好地表结构。

对已形成的弃渣堆要进行有效的工艺性防治,首先要尽量减少固体废弃物的排放,提高固体废弃物的综合利用途径和利用率;其次要选择科学合理的堆渣场地,如背风洼地,废弃采坑等;还要结合工艺特点,利用弃渣本身具备的特性减少表面可蚀性物质,增加抗蚀能力。如利用大粒径弃渣覆盖细小弃渣,利用雨水或人工洒水、撒无机盐等化学粘结剂,促使渣体表面快速形成结皮。

尾矿库停用后覆盖并植树种草是一项有效的水土保持防治措施,用砾石覆盖对土壤吹蚀有较好抑制效应,随机铺压的砾石层在铺压密度为25%,50%,75%和100%时产生的吹蚀抑制效应分别是34.36%,69.41%,82.94%和92.91%<sup>[2]</sup>。但在覆盖时要科学合理地采集和使用覆盖材料,尽可能在尾矿库周边减少二次扰动。植树种草时要充分考虑水资源的节约利用,在水资源许可情况下,可在尾矿库周边营造节水型乔灌木隔离林带、防风林带等,在渣体表面用砾石覆盖后可栽植特种适宜灌木,如怪柳等。

总之,要以预防为主,加强监督,科学规划,综合治理矿区风力侵蚀。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 朱俊凤,朱震达.中国沙漠化防治[M].北京:中国林业出版社,1999.82—130.
- [2] 刘连友,等.砾石覆盖对土壤吹蚀的抑制效应[J].中国沙漠,1999,19(1):60—62.