

安全与环保 ·

我国金属矿采选业废水污染特征分析

於 方 张 强 过孝民
(太原重型机械学院) (北京大学) (国家环境保护总局)

摘 要 金属矿采选产生的金属污染、矿山酸性废水已成为两大环境公害。然而对于工业废水的宏观分析和研究,目前在我国还是一个薄弱环节。由于缺乏制定近远期废水的治理目标和总体规划方案时的客观依据,给矿山废水的宏观管理工作带来了一定的困难。针对这一研究领域,根据2000年重点调查工业企业污染数据的分析结果,按行业类别对金属矿采选业的废水污染特征进行了分析,并提出了相应的污染治理重点和措施。

关键词 金属矿 重金属污染 矿山酸性废水

Analysis of Waste Water Pollution Characteristics of Mining and Mineral Processing of China's Metal Mines

Yu Fang Zhang Qiang Guo Xiaomin
(Taiyuan Heavy Machinery Institute) (University of Science and Technology Beijing) (National General Bureau of Environment Protection)

Abstract Metal pollution and mine acid water produced in the mining and mineral processing of metal mines have become two major public dangers to environment. The macroscopic analysis and research of industrial waste water is still a weak link in China. The lack of objective basis for formulating the objective waste water treatment in both short and long terms has brought difficulties in the macroscopic management of mine waste water. In view of this and based on the analysis results of the pollution data obtained in the investigation of major industrial enterprises in 2000, the pollution characteristics of waste mining and mineral processing of metal mines are analyzed in accordance with the industry categories and corresponding major points and measures of pollution treatment proposed.

Keywords Metal mine, Heavy metall pollution, Mine acid water

金属矿山既是资源集中地,又是天然的生态环境污染源。在开采过程中流失的Pb、Cu、Zn、Cd、Cr等重金属是生态环境的重要毒害元素,金属硫化物氧化也会释放出大量的重金属离子、 SO_4^{2-} 和 H^+ 。金属污染、矿山酸性废水已成为金属矿采选产生的两大环境公害^[1]。我国长期以来对工业废水的宏观分析只停留为简单的总量统计,对不同地区、不同行业的废水排放状况的分析和研究尚未开展。因此,在制订近远期废水治理目标、做总体规划方案时缺乏依据,给废水的宏观管理工作带来了一定的困难。针对这个问题,根据2000年重点调查工业企业污染数据的分析结果,对金属矿采选业的废水污染特征进行分析,并提出相应的污染治理重点和措施。

1 主要分析指标的解释

反映用水和废水处理水平的指标有8个。

(1) 重复利用率 R_r = 重复用水量 / 工业用水总量, %;

(2) 回用率 R_c = 回用量 / 处理量, %;

(3) 处理率 R_t = 处理量 / 应处理量, %;

(4) 处理达标率 R_{te} = (处理排放达标量 + 回用量) / 处理量;

(5) 排放达标率 R_{ds} = 排放达标量 / 排放量, %;

(6) 处理排放达标率 R_{tds} = 处理排放达标量 / 排放达标量, %;

(7) 零排放率 R_{nd} = 实现零排放的企业样本数 / 总有效企业样本数, %;

(8) 废水处理综合指数 I_w 。由笔者提出的综合评价各行业用水效率和废水处理水平的指标,其计

於 方,太原重型机械学院,讲师,北京大学土木与环境工程学院,博士生,100083 北京市海淀区学院路30号。

张 强,北京大学土木与环境工程学院,教授,博士生导师,100083 北京市海淀区学院路30号。

算公式为

$I_w = (SR_r + SR_{ds} + SR_t + SR_{te})/4$, 式中 SR_r 、 SR_{ds} 、 SR_t 、 SR_{te} 分别为 R_r 、 R_{ds} 、 R_t 、 R_{te} 4 指标的 10 分制得分。

反映用水和废水处理绩效的指标有 7 个:

(1) 用水消耗系数 C_{wc} = 工业用水总量 / 工业总产值, t/ 万元;

(2) 废水产生系数 C_{wg} = 废水产生量 / 工业总产值, t/ 万元;

(3) 废水排放系数 C_{wd} = 废水排放量 / 工业总产值, t/ 万元;

(4) COD 排放系数 C_{cd} = COD 排放量 / 工业总产值, kg/ 万元;

(5) 废水处理运行单价 P_{to} = 治理运行费用 / 废水处理量, 元 / t;

(6) 废水治理投资系数 C_i = 废水治理设备原价 / 废水处理量, 元 / t;

(7) 环保投资比例 R_{ei} = 环保固定资产 / 总固定资产, %。

后文引用上述指标时均使用上述符号和单位。

2 金属矿采选业的概况与废水污染特征分析

2.1 金属矿采选业在国民经济中的地位与废水处理与排放概况

金属矿采选业是国民经济的基础产业, 虽然它占全国工业生产总值的比例不到 1%, 但冶金、化工、机械电子设备制造业、轻工、核工业等工业部门的原材料都依赖金属矿产的开发。更重要的是, 金属矿采选业对其下游产品有着明显的增值效应, 其增长率少则几倍, 多则数十倍, 甚至上百倍。因此, 它在国民经济中占有举足轻重的地位^[2]。2001 年金属矿采选业的工业总产值是 610.18 亿元^[4], 占国民工业生产总值的 0.65%, 它的废水、COD、重金属的排放量分别为 4.34 亿 t、3.06 万 t、210.591 t^[3], 占工业废水、COD、重金属总排放量的 2.14%, 0.5% 和 18.93%, 另据 2000 年重点调查工业企业污染数据, 本行业的悬浮物排放量占总量的 4.33%。黑色和有色金属矿采选业的主要污染物排放量及其占污染物排放总量的比例见表 1。

由上述分析可知, 金属矿采选业的废水和污染物的排放比重大于其工业经济比重, 主要污染物为重金属、悬浮物和氰化物, 其中尤以有色金属采选业的重金属排放比重值得关注。

从表 2 反映金属矿采选业的平均用水和废水处

理水平的指标来看, 黑色金属矿的重复用水率和废水处理水平明显高于有色金属矿, 它的废水治理综合指数位于电力、石油加工及炼焦业和钢铁工业之后, 居各行业的第 4 位。按我国工业废水的整体废水治理水平来衡量, 金属矿采选业的废水治理水平刚及格。

表 1 金属矿采选业的主要污染物排放量与排放结构

行业	重金属		氰化物		COD		石油类		氨氮	
	排放量/t	比例/%	排放量/t	比例/%	排放量/t	比例/%	排放量/t	比例/%	排放量/t	比例/%
黑色	2.192	0.2	1.794	0.33	8132.4	0.16	32.6	0.11	294.8	0.08
有色	208.399	18.73	48.773	5.85	22443.4	0.45	350.9	1.22	628.7	0.18

注: 资料来源: 中国环境统计年报 2001。

表 2 金属矿采选业的平均用水和废水处理水平

行业类别	R_r	R_{ds}	R_{tds}	R_t	R_c	R_{te}	R_{nd}	I_w
黑色金属矿	46.35	79.86	88.58	90.89	55.14	93.75	13.95	7.75
有色金属矿	34.22	69.11	94.75	85.70	40.64	84.13	11.91	5.25
金属矿	37.72	72.71	92.72	87.20	44.96	87.00	12.48	6.00

表 3 金属矿采选业的平均用水和废水处理绩效指标

行业类别	C_{wc}	C_{wg}	C_{wd}	C_{cd}	P_{to}	C_i	R_{ei}
黑色金属矿	605.17	504.80	241.37	23.24	0.80	5.25	8.46
有色金属矿	382.67	320.22	179.01	15.29	2.77	18.25	10.04
金属矿	444.91	372.55	196.69	16.82	2.18	14.41	9.59

表 3 的数据表明黑色金属矿的用水消耗系数、废水产生和排放系数、COD 排放系数高于有色金属矿, 而且它的用水消耗系数、废水产生和排放系数仅略低于造纸业, 居各工业行业的第 2 位, 这和我 国铁矿的共生与伴生的有用组分较多、选矿工艺流程较复杂有关。而有色金属矿由于选矿药剂用量大且种类多、废水中重金属含量高、成分复杂, 废水处理运行单价和治理投资系数远高于黑色金属矿, 环保投资比例也仅稍低于金属制品、制革业和造纸业, 位于各工业行业的第 4 位, 是平均水平的 2 倍。

2.2 黑色金属矿采选业的废水排放特征

(1) 黑色金属矿采选业的废水处理水平高于其他采掘行业, 约占总企业数一半的乡镇企业各项指标基本均居末位。

(2) 黑色金属矿采选业的废水排放强度高于其他采掘业, 治理投资系数低于其他采掘业。它的平均用水消耗系数、废水排放系数达到了 605.17 t/ 元和 241.37 t/ 元, 而废水处理运行单价和废水治理投资系数分别为 0.80 元/ t 和 5.25 元/ t。

(3) 黑色金属矿采选业的废水治理规模效应显著, 即较大型企业的废水治理投资和日常运行费用

虽然低,但治理水平高。

(4) 黑色金属矿采选业的国有企业存在投资大、运行成本高的问题。本行业的小型企业和国有企业占总样本数的比重较大,小型企业中的国有企业的用水和废水处理指标虽然好于乡镇和私营企业,但同样存在投资大、运行成本高的问题。

(5) 从表 4 和表 5 看,锰矿采选业的整体用水和废水处理水平逊于铁矿采选业,但用水消耗系数、废水(COD)产生排放系数均远低于铁矿采选业,废水处理运行费用和治理投资系数稍低于铁矿采选业。

表 4 铁锰矿采选业的平均用水和废水处理水平

行业类别	R_r	R_{ds}	R_{tds}	R_t	R_c	R_{te}	R_{nd}	I_w
铁矿	47.38	81.41	88.28	98.57	55.59	94.04	13.86	8.50
锰矿	34.75	67.06	92.94	49.18	90.01	16.56	5.75	

表 5 铁锰矿采选业的平均用水和废水处理绩效指标

行业类别	C_{wc}	C_{wg}	C_{wd}	C_{cd}	P_{to}	C_i	R_{ei}
黑色金属矿	628.91	531.69	248.84	26.15	0.78	5.18	8.65
有色金属矿	264.25	230.96	131.44	5.84	0.56	4.11	7.81

(6) 如表 6 所示,铁矿采选业的悬浮物、硫化物的平均排放浓度超标,而且除镉和 6 价铬外,其他污染物的最大排放浓度全部超标,而锰矿的主要污染物排放浓度虽然不超标,但铅、砷、挥发酚和氰化物等对人体健康危害较大的物质的平均排放浓度却全部超标,因此有理由推测其他非监测重金属项 Mn、Zn 和 Co 等可能也存在不达标排放的情况。

表 6 铁锰矿采选业的污染物排放浓度 / (mg L⁻¹)

类别	铁 矿			锰 矿			平均
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
镉	0.433 3	0.001 5	0.119 9	0.061 3	0.007 2	0.028 2	0.093 7
6 价铬	0.114 3	0.010 1	0.043 9	0.041 6	0.041 6	0.041 6	0.043 5
铅	3.251 5	0.010 1	0.509 5	2.000 0	0.285 8	1.156 0	0.622 0
砷	1.448 0	0.016 8	0.259 0	2.400 0	0.035 4	1.107 8	0.541 9
挥发酚	1.011 1	0.005 9	0.341 5	1.142 9	0.050 7	0.596 8	0.443 6
氰化物				2.138 9	0.007 2	1.073 1	1.073 1
COD	709.93	8.02	83.53	122.00	16.25	48.14	80.82
石油类	8.814 8	0.033 4	2.063 6				2.063 6
悬浮物	2 572.04	16.00	312.95	385.51	17.83	113.96	301.25
硫化物	8.333 3	0.033 3	1.610 4	0.867 8	0.099 9	0.438 6	1.141 7

(7) 除硫化物和氰化物外,黑色金属矿采选业的污染物去除率还是比较高的,在 35 % ~ 60 % 之间。

2.3 有色金属矿采选业的废水排放特征

有色金属矿的总体废水排放特征前面已做过分

析,在此着重对各种有色金属矿的废水排放和处理情况的特点进行分析(表 7 和表 8)。

(1) 锡矿和金矿采选业的总体重复用水率和废水处理水平高于其他有色金属采选业;

(2) 重金属矿的总体重复用水率和废水处理水平劣于贵金属矿和稀有金属矿。这主要是由于占重金属矿 65 % 的铅锌矿采选业的生产用水回用率较低造成的。

(3) 各种有色金属矿物的用水消耗系数和废水排放系数按锡、铜、稀有稀土金属、金、铅锌依次降低,这是由其各自的工艺流程特点所决定的。

(4) 废水处理运行单价和废水治理投资系数基本分为 4 个档次,第 1 档次为金矿,其大、中、小型企业的这 2 项指标分别为 1.66、1.57、6.01 和 6.52、12.15、33.23,废水治理的规模效应非常显著;其次为铅锌矿和稀有稀土金属矿;再次是铜矿;最容易治理的是锡矿。

表 7 主要有色金属矿采选业的用水和废水处理水平

行业类别	R_r	R_{ds}	R_{tds}	R_t	R_c	R_{te}	R_{nd}	I_w	
重 金 属 矿	铜矿	39.29	62.38	90.45	80.02	50.61	86.17	2.86	5.25
	铅锌	20.12	59.99	89.98	82.99	24.96	74.77	4.08	3.25
	锡矿	49.09	69.71	100.00	100.00	55.70	75.48	33.06	5.75
	平均	26.94	61.73	88.21	84.02	33.91	77.72	5.78	3.75
贵金属矿	45.79	78.12	97.56	88.80	53.12	92.49	27.44	7.75	
稀有金属	36.27	77.88	94.40	90.57	34.09	89.04	1.13	6.75	
平 均	34.22	69.11	94.75	85.70	40.64	84.13	11.91	5.25	

表 8 主要有色金属矿采选业的用水和废水处理绩效

行业类别	C_{wc}	C_{wg}	C_{wd}	C_{cd}	P_{to}	C_i	R_{ei}	
重 金 属 矿	铜矿	416.60	375.59	210.11	18.98	0.91	6.54	7.04
	铅锌	184.63	149.00	120.40	5.52	1.60	10.61	11.92
	锡矿	927.57	863.67	422.57	10.22	0.41	1.97	9.41
	平均	280.04	262.21	174.12	8.78	1.37	8.28	10.24
贵金属矿	340.1	328.4	271.5	16.21	4.46	25.36	9.57	
稀有金属	347.9	302.1	188.2	4.06	1.82	9.41	11.41	
平 均	382.6	320.2	179.0	15.29	2.77	18.25	10.04	

(5) 表 9 的数据显示,除 6 价铬、COD 和石油类外,其他污染物监测项目全部超标,其中铅、砷、氰化物和硫化物即使按三类标准衡量也严重超标。从整个行业看来,问题主要集中在重金属和贵金属矿采选业。下面分别对污染严重、地域分布较集中的铜、铅锌、金等重要有色金属矿的排污情况作一简要介绍。

- a. 铜矿。云南省的 5 项污染物全部超标排放,其 COD 和 SS 去除率仅为平均水平的 5/7 和 1/2;
- b. 铅锌矿。各省的铅排放浓度全部超标,样本



数列 2、3 位的甘肃和云南的排放达标率分别只有 36.36 %和 24.09 %;

c. 锡矿:与铜和铅锌矿相比,锡矿采选业的污染物排放强度要小得多,它的主要污染物是 SS,平均排放浓度达到了 1 132.36;

d. 金矿:各项主要污染物的排放浓度随企业规

模的减小显著升高。本行业的主要超标污染物为硫化物、氰化物以及铅、砷等重金属,新疆、辽宁、河南、陕西等省的氰化物严重超标,其中又尤以新疆的排放浓度 76.21 最为可观,与上述省区形成鲜明对照的是重复用水率高的山东、河南两省的排放浓度分别只有 0.09 和 0.23。

表 9 主要有色金属矿采选业的污染物排放浓度 (mg L⁻¹)

类别		汞	镉	6 价铬	铅	砷	挥发酚	氰化物	COD	石油类	悬浮物	硫化物
重金属	最大	0.222 3	7.325 6	5.228 8	78.989 9	89.907 1	3.609 0	21.055 6	1 360.79	5.458 3	5 376.43	160.18
	最小	0.000 9	0.001 1	0.001 7	0.005 1	0.001 0	0.006 4	0.078 1	0.50	0.016 7	3.02	0.012 5
	平均	0.032 7	0.478 9	0.325 7	6.392 3	5.114 7	0.686 2	3.776 9	112.80	1.628 8	370.44	9.451 3
贵金属	最大	2.466 7	0.150 0	0.811 3	81.610 9	80.000 0	0.019 6	158.93	1 115.24	9.421 3	4 931.00	200.15
	最小	0.002 5	0.005 4	0.007 8	0.006 9	0.004 4	0.007 8	0.008 8	0.90	0.048 2	3.70	0.017 0
	平均	0.372 2	0.041 9	0.379 7	3.468 6	4.167 5	0.013 7	15.006 5	142.19	2.486 7	371.98	14.392 8
稀贵金属	最大	0.007 3	0.202 0	0.148 3	7.000 0	0.553 2	0.082 7	0.333 2	713.29	3.750 0	4 040.00	54.893 2
	最小	0.007 3	0.003 9	0.001 1	0.005 8	0.001 5	0.005 2	0.013 3	0.68	0.927 9	3.20	0.061 1
	平均	0.007 3	0.027 9	0.035 6	0.706 9	0.113 6	0.043 8	0.081 3	71.38	2.310 2	270.58	4.428 4
	平均	0.130 7	0.392 1	0.260 9	5.291 5	4.120 9	0.527 1	12.035 2	115.06	2.091 9	357.51	9.368 5

3 结论和建议

金属矿山采选业排放废水的特点是成份复杂,悬浮物、重金属和 Ca、SO₂²⁻ 的含量高,同时还伴有产于尾矿堆、废石堆或暴露的硫化物矿石氧化形成的酸性废水。

总体来看,黑色金属矿采选业的废水处理难度小于有色金属矿,其处理水平也高于后者,但这两个行业都普遍存在悬浮物排放浓度总体偏高、局部地区重金属和氰化物等污染物超标以及排放量大的问题。以下是在前面对各行业污染特点分析的基础上,对全面提高金属矿采选业废水治理水平提出的几点建议:

(1) 提高黑色金属矿用水效率的关键在小型乡镇企业,而提高有色金属矿用水效率的关键在国有企业,地域重点是江西和湖北两个有色金属矿集中的省。

(2) 黑色金属矿采选业降低用水指标、提高废水治理水平的地域重点在东部。从样本分布来看,东部地区占总数的 3/5,其中河北、辽宁两个储量相对集中、属于严重缺水地区的省份用水消耗系数均较高,重复用水率和回用率也还可以继续提高。其中辽宁省的排放达标率只有 47.60 %,比平均水平低 30 个百分点,名列各省的次末位。

(3) 扭转金属矿采选业排污强度高、排污量大问题的重点都在小型企业,特别是铁矿、铅锌矿、金矿和铜矿这 4 个行业比重最大的中小型企业。有色金属矿的污染物去除率表现为大部分东部省份高于

四川、云南、甘肃等西部省份,因此提高有色金属矿废水处理水平的地域重点在西部。

(4) 与有色金属矿相比,黑色金属矿采选业的污染物去除率地区差别不大,但东部地区的用水指标和废水处理指标仍好于西部地区,其原因在于东部地区的生产工艺先进、重复用水率高。实际上要全面提高金属矿采选业废水治理水平的一个重要途径就是实现“闭路循环”,严格控制跑冒滴漏。许多矿山位于人烟稀疏区,由于所排污水不会对人或农田造成直接影响,大量不经过任何处理的高浓度污水就直接排放,这样做所带来的二次污染往往为人们忽视或为短期利益驱动而无视。要改变这种局面,首先需要管理者认识到尽管实现“闭路循环”的一次性投资较大,但从长远考虑则是既经济又能保护水资源环境的有效方法;第二,针对金属矿山废水回用中存在的由于伴生金属离子浓度高抑制主成分浸出、使精矿品位降低等实际问题,着力于开发既不影响生产效率又环保的新技术、新工艺和新药剂;第三,现行较低的排污收费是企业宁肯交排污费,也不愿增加污水处理设施局面的症结所在,但由于针对环境污染间接危害的基础研究还相当薄弱,缺乏将环境污染损失货币化的理论依据,因此,环保部门还需要加强环境经济规划的基础研究,尽快制订出合理而科学的排污收费制度。

(5) 采取矿山排水与供水相结合的方式。矿山的排水量是相当大的,但存在排水量没有规律,难以利用的问题,如何将大量的矿坑排水与供水相结合,

走综合利用之路,在水资源供需矛盾日渐突出的今天,特别是北方缺水地区,具有重要的现实意义。

参 考 文 献

1 许乃政,陶于祥,高南华.金属矿山环境污染及整治对策.火山地质与矿产,2001(1):63~70

2 矿产资源综合利用手册编辑委员会.矿产资源综合利用手册.北京:科学出版社,2000
3 中国统计年鉴编委会.中国统计年鉴 2001.北京:中国统计出版社,2002
4 国家环境保护局规划与财务司、中国环境监测总站.中国环境统计年报 2001.北京:国家环境保护总局,2002

(收稿日期 2003-05-28)

(上接第 18 页)

针对试验过程中存在底流口难用阀门调节问题,采用了恒定底流排放量的办法。改进设备之后,从 2002 年 3 月起,采用斜窄流分级斗替代 $\phi 125\text{ mm}$

水力旋流器与磨机闭路。投入生产应用至今,运行结果表明:作业稳定、设备运行可靠,分级指标先进。易操作管理,磨机利用系数提高,达到增效降耗目的。

表 2 斜窄流分级斗连续 72 h 运行的测试平均结果

粒 级 / mm	磨机新给矿 / %			磨机排矿 / %			底 流 / %			溢 流 / %			分级质效率 E / %	平均产能 (t·h ⁻¹)	返砂比 / %	磨机利用 系数 q_{45} / t·(m ⁻³ ·h ⁻¹)
	γ	+ Σ	- Σ	γ	+ Σ	- Σ	γ	+ Σ	- Σ	γ	+ Σ	- Σ				
+0.15	66.70	66.70	100.00	0.60	0.60	0.60	1.55	1.55	1.55							
-0.15+0.10	25.60	92.30	3.30	5.90	6.50	99.40	12.05	13.60	98.45							
-0.10+0.074	2.15	94.45	7.70	4.40	10.90	93.50	9.50	23.10	86.40	0.41	0.41	100.00	58.42	4.36	89.60	0.592
-0.074+0.045	4.05	98.50	5.55	24.70	35.60	89.10	40.85	63.95	76.50	9.80	10.21	99.59				
-0.045	1.50	100.00	1.50	64.40	100.00	64.40	36.05	100.00	36.05	89.79	100.00	89.79				
合 计	100.00			100.00			100.00			100.00						

注:平均产能 4.36 t/h 或表示为 2.91 t/(m²·h) 或 7.51 m³/(m²·h)。

5 结 论

(1) 国内闭路湿磨普遍应用的螺旋分级机,分级质效率低至 35 % 以下,阻碍着磨矿及全厂技术经济指标的改进。水力旋流器产能及分级质效率皆高,但使用条件要求严格,生产成本高。用斜窄流分级设备进行替代更新,不仅技术上具有国际先进水平,更有重大的经济意义。

(2) 在钒钛磁铁矿选厂的试用中,结果表明斜窄流分级斗优于原采用的 $\phi 125\text{ mm}$ 水力旋流器,并实现了替代更新。闭路的球磨机排矿经脱磁后按 43 μm 的粒度分级,单位占地面积产能 7.51 m³/(m²·h) 或 2.91 t/(m²·h),分级质效率 59.89 %;底流浓度 58.8 %,溢流 18.7 %。

(3) 生产使用 1 年多表明,在闭路湿磨中以单元集成式斜窄流分级斗替代现用的螺旋分级机或水

力旋流器,技术可行,经济合理。作业稳定顺行,易操作管理,分级指标先进,磨机利用系数提高,达到增效降耗目的。

(4) 综上所述,在闭路湿磨中,单元集成式斜窄流分级斗是一种高效低耗的分级新设备,已申请国家实用新型专利(申请号 02276739.8)。不久将实现产业化,推动矿物加工生产技术进步。

参 考 文 献

1 万小金,周兴龙,富文彬,等. KMLF-63/150 型斜窄流分级箱在攀钢选钛厂的应用. 云南冶金,2002(5):12~15
2 黄云平. 闭路湿磨中斜窄流分级设备研发与应用:[学位论文]. 昆明:昆明理工大学,昆明冶金研究院,2003
3 黄云平,王喜良,富文彬,等. KMLZ 型斜窄流沉渣除油器的研制,见:第四届全国选矿设备学术会议论文集. 北京:中国矿业杂志社,2001
(收稿日期 2003-07-28)

信息苑 ·

清华大学“工业矿物原料微细改性及高纯化技术”通过部级鉴定

清华大学材料系粉体工程研究室等研究开发的“工业矿物原料微细改性及高纯化技术”(系列成套技术)于 2003 年 7 月 22 日通过技术鉴定。

该项目在工业矿物原料超细(干法 2 500 目,湿

法 6 000 目)、传统设备技术改造(雷蒙磨、球磨机)、超细粉碎分级系统工艺优化(提高效率、降低成本)和工业矿物原料提纯等方面,专家鉴定认为该项目达国内领先水平。(盖国胜)