

刘文永 编著

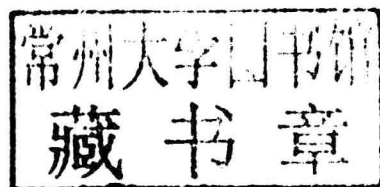
铁尾矿制备 建筑材料技术

TIEWEIKUANG ZHIBEI
JIANZHU CAILIAO JISHU

中国建材工业出版社

铁尾矿制备建筑材料技术

刘文永 编著



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

铁尾矿制备建筑材料技术 / 刘文永编著. —北京:
中国建材工业出版社, 2012. 4
ISBN 978-7-5160-0118-9

I. ①铁… II. ①刘… III. ①铁—尾矿砂—建筑材料—制备—研究 IV. ①TU511
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 024126 号

内 容 简 介

本书主要介绍了利用铁尾矿烧制胶凝材料——高铁铝水泥熟料、利用铁尾矿制备干粉砂浆、利用铁尾矿配制喷射混凝土及固结超细铁尾矿的特种水泥、固结含泥土尾矿的胶凝材料、用特种水泥配制高性能混凝土、用新型胶凝材料配制全尾矿充填材料的试验研究内容。希望这些内容能为致力于铁尾矿综合利用试验研究的高等院校、科研院所提供参考资料。

铁尾矿制备建筑材料技术

刘文永 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 23

字 数: 446 千字

版 次: 2012 年 4 月第 1 版

印 次: 2012 年 4 月第 1 次

定 价: 79.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

铁尾矿综合利用是国家“十一五”科技支撑计划资助项目“大型铁矿山固体废弃物减排和综合利用关键技术研究”（课题编号：2008BAB32B14）利用矿山固体废弃物铁尾矿制备水泥和高性能系列化建材产品研究专题的主要内容。目前，使用普硅水泥作胶凝材料的利用铁尾矿制备免烧建材产品的项目都是用经过分选的粗颗粒铁尾矿，分选后的细尾矿的堆置处理困难更大。为此，本专题试验研究利用铁尾矿制备建材产品都是针对含有细尾矿的全尾矿，这是本专题试验研究的主要特点之一。

第1章绪论的主要内容参照了马鞍山矿山研究院王运敏、常前发关于“当前我国铁矿尾矿的资源状况利用现状及工作方向”的资料。第2章是课题组利用铁尾矿烧制胶凝材料——高铁铝水泥熟料的试验研究内容，试验工作主要由张长海、吕文玉、阎丽娟负责完成；第3章是课题组利用铁尾矿制备干粉砂浆的试验研究内容，试验工作主要由杨鹏、李振伟、李其敏负责完成；第4章是利用铁尾矿配制喷射混凝土的试验研究内容，试验工作主要由许晓亮、安勇烨、孟宪锐完成；第5章是课题组固结超细铁尾矿特种水泥的试验研究内容，试验工作主要由阎帅、祝军华、王炳文完成；第6章是课题组固结含泥土尾矿胶凝材料的试验研究内容；第7章是课题组用特种水泥配制高性能混凝土的试验研究内容；第8章是课题组利用新型胶凝材料配制全尾矿充填材料的试验研究内容。第6章、第7章和第8章内容不是“十一五”期间完成试验研究内容，但是为完成利用矿山固体废弃物铁尾矿制备水泥和高性能系列化建材产品研究专题的主要内容奠定了基础。

编者

2012年1月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 概述	1
1.2 尾矿带来的诸多问题	1
1.2.1 尾矿已成为重要的污染源	2
1.2.2 堆存尾矿占用了大量土地	2
1.2.3 营运费用高并成为安全隐患	2
1.2.4 导致了资源的严重浪费	3
1.3 我国铁矿选矿厂尾矿资源状况及其特征	3
1.3.1 单金属类铁尾矿	3
1.3.2 多金属类铁尾矿	4
1.4 我国在铁尾矿综合利用与治理方面取得的成就	4
1.4.1 铁尾矿再选与有价元素的综合回收	5
1.4.2 利用铁尾矿作建筑材料	6
1.4.3 用尾矿作矿山采空区充填料	6
1.4.4 铁尾矿作土壤改良剂及微量元素肥料	7
1.4.5 利用尾矿库复垦植被	7
1.5 我国在尾矿综合利用与治理方面存在的差距	8
1.5.1 综合利用率不高	8
1.5.2 尾矿利用技术尚未完全过关	8
1.5.3 缺乏长远考虑、缺少资金投入	8
1.5.4 成果转化与推广率不高、产品没有足够的竞争力	9
1.6 对铁尾矿综合利用的设想和建议	9
1.7 结论	10
第2章 铁尾矿烧制胶凝材料	11
2.1 铁尾矿烧制胶凝材料及配料计算	11
2.1.1 胶凝材料	11

2.1.2	硅酸盐水泥的生产工艺	12
2.1.3	配料分析及计算	14
2.1.4	小结	29
2.2	铁尾矿烧制胶凝材料	29
2.2.1	胶凝材料烧制试验条件的确定	29
2.2.2	胶凝材料烧制工艺选择	30
2.2.3	系列烧制试验方案确定	30
2.2.4	系列试验样品烧制过程	32
2.2.5	胶凝材料胶砂强度检验	33
2.2.6	小结	42
2.3	胶凝材料的矿物组成	42
2.3.1	试验设备	42
2.3.2	铁尾矿掺量6%试样的XRD及SEM分析结果	43
2.3.3	小结	46
2.4	铁尾矿烧制胶凝材料水化机理分析	46
2.4.1	胶凝材料矿物组分分析	47
2.4.2	铁尾矿烧制胶凝材料水化机理分析	49
2.4.3	小结	53
2.5	提高铁尾矿活性的研究	54
2.5.1	试验材料	54
2.5.2	加热处理对铁尾矿活性的影响	54
2.5.3	铝矾土-黏土混合物对铁尾矿活性的影响	55
2.5.4	粉磨细度对铁尾矿活性的影响	55
2.5.5	小结	56
第3章	铁尾矿配制干粉砂浆	58
3.1	概述	58
3.1.1	国内外研究现状	58
3.1.2	国内外干粉砂浆研究现状	58
3.2	原材料基本性能和试验方法	63
3.2.1	原材料	63
3.2.2	试验方案	66
3.2.3	试验方法	67
3.3	外加剂掺量确定试验	70
3.3.1	初始配合比设计试验	70

3.3.2 粉煤灰掺量确定	71
3.3.3 纤维素醚掺量确定	73
3.3.4 小结	74
3.4 铁尾矿干粉砂浆的配比试验	75
3.4.1 概述	75
3.4.2 铁尾矿干粉砂浆配比设计	76
3.4.3 铁尾矿干粉砂浆试样的强度性能检测	80
3.4.4 铁尾矿干粉砂浆各强度等级推荐配比	81
3.4.5 铁尾矿干粉砂浆各强度等级推荐配比耐久性能试验	83
3.4.6 小结	85
3.5 骨料颗粒区间分布对铁尾矿干粉砂浆性能的影响	86
3.5.1 灰色关联分析的基本原理	86
3.5.2 骨料颗粒区间与干粉砂浆性能灰色关联分析	87
3.5.3 结果与分析	88
3.5.4 小结	92
3.6 铁尾矿干粉砂浆的生产条件	92
3.6.1 生产推荐配比	92
3.6.2 生产工艺	93
3.6.3 应用技术要求	94
3.6.4 铁尾矿干粉砂浆社会效益和经济效益分析	95
3.6.5 配套设施	96
3.6.6 小结	97
第4章 用铁尾矿配制喷射混凝土	100
4.1 概述	100
4.1.1 背景	100
4.1.2 研究现状	103
4.1.3 研究的目的是意义	108
4.2 原材料与试验方法	109
4.2.1 试验原材料	109
4.2.2 试验仪器	114
4.2.3 试验方法	116
4.2.4 试验配比计算	118
4.2.5 小结	119
4.3 试验结果与分析	119

4.3.1	混凝土的工作性能	119
4.3.2	混凝土强度试验结果与分析	120
4.3.3	混凝土耐久性能试验结果与分析	121
4.3.4	小结	125
4.4	混凝土试样微观分析	125
4.4.1	试验设备	125
4.4.2	混凝土试件的 XRD 及 SEM 分析结果	126
4.4.3	小结	128
4.5	喷射混凝土在隧道支护中的应用条件	129
4.5.1	喷射混凝土的特点及作用机理	129
4.5.2	高性能喷射混凝土	130
4.5.3	喷射混凝土工艺分类及选择	133
4.5.4	湿式喷射混凝土工艺的确定	135
4.5.5	小结	137
4.6	结论和展望	138
4.6.1	结论	138
4.6.2	应用前景	139
第5章	固结超细铁尾矿特种水泥的研究	142
5.1	原材料与试验方法	142
5.1.1	试验原材料	142
5.1.2	试验仪器	144
5.1.3	试验方法	145
5.1.4	小结	145
5.2	固结超细铁尾矿特种水泥的研制	146
5.2.1	特种水泥的配制	146
5.2.2	特种水泥固结标准砂试验	149
5.2.3	超细铁尾矿固结试验	151
5.2.4	特种水泥成本分析	155
5.2.5	小结	156
5.3	晶核素在特种水泥中的作用机理分析	156
5.3.1	两种水泥配比的设计	156
5.3.2	两种水泥强度分析	157
5.3.3	两种水泥 SEM 微观分析	158
5.3.4	小结	162

5.4 结论和展望	163
5.4.1 结论	163
5.4.2 应用前景和社会经济效益	164
第6章 固结泥土尾矿的胶凝材料	168
6.1 概述	168
6.1.1 土壤固结材料的研究现状	168
6.1.2 研究意义	171
6.1.3 研究内容和方法	172
6.2 全砂土固结粉力学性能的试验	174
6.2.1 试验材料选用	174
6.2.2 固结体基本力学性能试验	178
6.2.3 全砂土固结粉与普通 42.5 级水泥性能对比试验	181
6.2.4 全砂土固结体中钙矾石的形成	184
6.2.5 全砂土固结粉的水化硬化机理研究	188
6.3 全砂土固结粉耐侵蚀性能研究	191
6.3.1 试验数据及结果分析	191
6.3.2 全砂土固结粉耐酸、碱、盐溶液侵蚀机理研究	198
6.4 全砂土固结粉抗冻性能研究	206
6.4.1 试件制备与冻融循环处理	206
6.4.2 抗冻融试验结果	207
6.4.3 产生冻融循环破坏的原因分析	209
6.4.4 结论	210
6.5 全砂土固结粉在工程应用中的试验研究	210
6.5.1 在充填采矿中的应用研究	211
6.5.2 全砂土固结粉在公路路基加固中的应用研究	213
6.5.3 全砂土固结粉在土壤加固工程中的应用研究	216
6.6 结论	218
6.6.1 全砂土固结粉物理、力学性能优越性	219
6.6.2 与传统胶凝材料相比, 全砂土固结粉所特有的性质	219
6.6.3 全砂土固结粉的耐腐蚀性能	219
6.6.4 全砂土固结粉的抗冻性能	220
6.6.5 全砂土固结粉的应用试验研究	220

第7章 特种水泥配制高性能混凝土	223
7.1 概述	223
7.1.1 水泥与混凝土发展现状	223
7.1.2 目前混凝土耐久性存在的问题	225
7.1.3 高性能混凝土国内外研究现状	228
7.1.4 高性能混凝土与可持续发展	230
7.1.5 问题的提出	233
7.1.6 恒生然高性能混凝土简介	234
7.1.7 研究的内容及采取的技术路线	235
7.2 高性能混凝土配合比设计	236
7.2.1 研制高性能混凝土的主要技术途径和措施	236
7.2.2 高性能混凝土的原料选择和配合比设计	239
7.2.3 恒生然高性能混凝土配合比设计	249
7.3 恒生然高性能混凝土耐久性试验研究	250
7.3.1 新拌高性能混凝土工作性能	250
7.3.2 高性能混凝土的强度	257
7.3.3 高性能混凝土的耐侵蚀性能	261
7.3.4 高性能混凝土的抗碳化性能	267
7.3.5 高性能混凝土的抗冻性能	270
7.3.6 高性能混凝土的抗渗性能	278
7.3.7 高性能矿渣水泥经济性分析	281
第8章 全尾砂充填材料	284
8.1 概述	284
8.1.1 充填采矿法发展现状与前景	284
8.1.2 矿山胶结充填中存在的问题及改进方向	287
8.1.3 国内外充填材料的研究概况与存在的问题及其发展趋势	287
8.2 矿山开采现状及存在的问题	293
8.2.1 焦家金矿概况	293
8.2.2 地质与开采技术条件	294
8.3 焦家金矿恒生然尾砂胶结充填材料的试验	297
8.3.1 充填材料研究现状	297
8.3.2 试验研究方法	298
8.3.3 正交试验设计的基本原理及方差分析简介	299

8.3.4 试验设计及试验安排	301
8.3.5 恒生然胶凝材料性能试验	315
8.3.6 恒生然尾砂胶结填充料的性能试验	322
8.3.7 技术经济分析	327
8.4 恒生然充填胶结材料凝结机理分析	328
8.4.1 矿渣的胶凝机理分析	328
8.4.2 粉煤灰的胶凝机理分析	334
8.5 结论	349
后记	355

第 1 章 绪 论

1.1 概述

进入 21 世纪以来,经济发展与环境保护已成为当代人们必须要面对的两大焦点问题。近年来,世界对矿石,尤其是铁矿石的需求量猛增,中国对铁矿石的需求量不断加大,伴随着铁矿石的开采,产生了大量尾矿。这不但造成了土地资源的浪费,同时也是巨大的安全隐患,严重威胁着尾矿库区居民的生命财产安全。到 2006 年,我国因矿业生产而排出尾矿量达到了 80 亿 t 以上,并且这一数量还在逐年增加。矿产资源作为一种不可再生资源,随着矿山资源的日益枯竭,充分综合利用尾矿也已成为当今节能减排的研究热点。在这其中,据不完全统计,铁尾矿占到了堆积尾矿的三分之一多,总量接近 20 亿 t。

1999 年 1 月马鞍山矿山研究院王运敏、常前发在《金属矿山》第 1 期上发表了“当前我国铁矿尾矿的资源状况利用现状及工作方向”的文章,综述了我国铁矿尾矿的资源状况,总结了尾矿带来的诸多问题,介绍了我国在铁矿尾矿综合利用方面而取得的成就及存在的差距,提出了铁矿尾矿综合利用下一步的工作设想和建议。本书以此篇文章为主要内容介绍铁尾矿综合利用的现状和前景。

1.2 尾矿带来的诸多问题

尾矿属选矿后的废弃物,是工业固体废弃物的主要组成部分。凡有对矿产资源进行选矿、加工的国家都有大量的尾矿产生。据不完全统计,全世界每年排出的尾矿及废石在 100 亿 t 以上。我国现有 8000 多个国营矿山和 11 万多个乡镇集体矿山,堆存的尾矿量近 50 亿 t,根据 2008 年黑色矿山统计年报,全国排出的铁尾矿已达 6 亿 t 以上。

随着矿产资源的大量开发和利用,矿石日渐贫化,资源日渐枯竭。尾矿作为一次资源已受到世界各国的重视。排出的大量尾矿给环境造成的严重污染和危害以及占用土地等诸多问题,也受到全社会广泛的关注。实践证明,综合利用尾矿资源,使之变废为宝、变害为利,是经济建设的主要内容,是保护环境和人民生命财产的需要。尾矿主要带来如下面所述的几个问题。

1.2.1 尾矿已成为重要的污染源

选矿过程中产生的尾矿是污染矿区周边环境的主要原因。尾矿在受到剥蚀时,以及进入尾矿中去的可迁移元素发生生物化学迁移,将会对大气、水土造成严重污染,并会对近区的生态环境造成不良影响,导致土壤污染、土地退化、植被破坏,甚至直接威胁到人畜的生存。尾矿库表面产生的粉尘可达到很远距离,特别是在干旱多风地带,往往会发生沙尘暴。尾矿引起的粉尘云恶化了地区的卫生条件,因为粉尘云降低了大气的透明度,降低了日照强度,降低了植物光合作用的强度,并增加了居住环境和生产条件的不舒适性。

尾矿中的有关成分以及残留的选矿药剂对生态环境的影响也非常严重,尤其是含重金属的尾矿,其中的硫化物产生的酸性水进一步淋浸重金属,其流失将对整个生态环境造成危害。而残留在尾矿中的有毒、有害药剂对附近地面水体和农田,也将造成严重的污染。

目前,我国因尾矿造成的直接污染土地面积已达 666.7km^2 ,间接污染土地面积 $0.67 \times 10^4\text{km}^2$ 。尾矿已成为严重的污染源。有效利用这些尾矿,防止污染,已成为当务之急。

1.2.2 堆存尾矿占用了大量土地

尾矿库要占据大量的农用、林用土地,其中包括生产力高的耕地、良田。而随着尾矿数量的增加,占用的土地面积将继续扩大。这就导致尾矿库所在地区的土地资源失去平衡。以我国的冶金矿山为例,目前冶金矿山占地面积已达 650km^2 ,其中采场、排土场、尾矿库三大场地占地为 54%。全国固体矿产采选业排出尾矿废石破坏土地和堆存占地面积达到了 1.87 万 ~ 2.47 万 km^2 。

1.2.3 营运费用高并成为安全隐患

国内外许多采选矿山的设计、建设和生产经验表明,尾矿处理设施是结构复杂、投资巨大的综合水工构筑物,其基建投资占整个采选企业费用的 5% ~ 40%。尾矿库的维护和维修更需消耗大量的资金。据统计,我国冶金矿山每吨尾矿需尾矿库基建投资 1 ~ 3 元,生产经营管理费用 3 ~ 5 元。全国现有的 400 多个尾矿库,每年的营运费用就达 7.5 亿元。

随着尾矿数量的不断增加,尾矿库坝体高度也随之增加,安全隐患日益增大,尾矿坝的安全已经成为矿山安全生产的重要环节。尤其是坝高超过 100m 的大型尾矿库,一旦发生事故,其造成的破坏程度将不亚于地震的破坏程度。新中国成立以来,已发生过大小不同的事故数十次,其中 7 次造成人身死亡,死亡人数近 300 人。最严重的一次是云锡大谷都尾矿库溃坝事故,368 万 t 尾矿和泥浆

像泥石流一样向下游倾斜,淹埋万亩农田和村庄,伤亡近200人,导致选矿厂停产3年之久。

1.2.4 导致了资源的严重浪费

由于受到技术水平、装备性能、经济条件等因素的限制,选矿工艺不可能尽善尽美,并因在实际生产中还受到操作等因素的影响,从而不可避免地造成一些有价元素损失到尾矿中。特别是老尾矿,由于受到当时条件的限制,损失到尾矿中的有用组分会更大一些。就冶金矿山而言,年排放尾矿量达1.5亿t,TFe的百分含量平均为11%,最高达27%,相当于铁金属量1600万t。如果仅回收铁TFe的百分含量61%的铁精矿,产率2%~3%,全国每年就可从新产生的尾矿中回收300万~400万t铁精矿,相当于投资建设一个大型采、选联合企业。

我国目前尾矿的利用基本上处于起步阶段,大多仅停留在回收部分有价金属组分上,对占尾矿大半乃至95%以上的非金属组分极少开发利用。据国家计委统计资料,1991年矿山尾矿及赤泥占全国工业固体废料的30.9%,而利用率仅为3.2%。存在于尾矿中的有价金属组分大多可通过再选回收,而大量的非金属组分也有很高的利用价值。

1.3 我国铁矿选矿厂尾矿资源状况及其特征

我国铁矿选矿厂尾矿具有数量大、粒度细、类型繁多、性质复杂的特点。根据1996年黑色冶金矿山统计年报,全国铁矿选矿厂入选原矿量为2.15亿t,排出的尾矿量达1.30亿t,占入选矿石量的60.46%;全国重点铁矿选矿厂入选原矿量为1.10亿t,排出的尾矿量达5802.6万t,占入选矿石量的52.75%。目前,我国堆存的铁尾矿量高达十几亿t,占全部尾矿堆存总量的近1/3。我国铁矿选矿厂的尾矿资源按照伴生元素的含量可分为单金属类铁尾矿、多金属类铁尾矿两大类。

1.3.1 单金属类铁尾矿

根据其硅、铝、钙、镁的含量又可分为下列几种类型。

1.3.1.1 高硅鞍山型铁尾矿

该类铁尾矿是数量最大的铁尾矿类型,尾矿中含硅高,有的含 SiO_2 量高达83%,这种类型的尾矿一般不含有价伴生元素,平均粒度 $0.04 \sim 0.2\text{mm}$ 。属于这类尾矿的选矿厂有本钢南芬、歪头山,鞍钢东鞍山、齐大山、弓长岭、大孤山,首钢大石河、密云、水厂,太钢峨口,唐钢石人沟等选矿厂。

1.3.1.2 高铝马钢型铁尾矿

该类尾矿年排出量不大，主要是分布在长江中下游宁芜一带，如江苏吉山铁矿、马钢姑山铁矿、南山铁矿及梅山铁矿等选矿厂。其主要特点是 Al_2O_3 含量较高，多数尾矿不含有伴生元素和组分，个别尾矿含有伴生硫、磷。小于 0.074mm 的颗粒级含量占 30% ~ 60%。

1.3.1.3 高钙、镁邯鄲型铁尾矿

这类尾矿主要集中在邯鄲地区的铁矿山，如玉石洼、西石门、玉泉岭、符山、王家子等选矿厂。主要伴生元素为 S, Co 及微量的 Cu、Ni、Zn、Pb、As、Au、Ag 等，小于 0.074mm 的颗粒级含量占 50% ~ 70%。

1.3.1.4 低钙、镁、铝、硅酒钢型铁尾矿

尾矿中主要非金属矿物是重晶石、碧玉，伴生元素有 Co, Ni, Ge, Ga 和 Cu 等，尾矿粒度小于 0.074mm 的占 73.2%。

1.3.2 多金属类铁尾矿

主要分布在我国西南攀西地区、内蒙古包头地区和长江中下游的武钢地区，根据 1989 年原冶金部矿山司对全国 34 个重点铁矿选矿厂的调查，属于这类尾矿的选矿厂有 8 个，年尾矿排出量占总排出量的 18.97%。

多金属类铁尾矿的特点是矿物成分复杂，伴生元素众多，除含有丰富的有色金属，还含有一定量的稀有金属、贵金属及稀散元素。从价值上看，回收这类铁尾矿中的伴生元素，已远远超过主体金属——铁的回收价值。如大冶型铁尾矿（大冶、金山店、程潮、张家洼、金岭等铁矿选矿厂）中除含有较高的铁外，还含有 Cu, Co, S, Ni, Au, Ag, Se 等元素；攀钢型铁尾矿中除含有数量可观的钒、钛外，还含有值得回收的钴、镍、镓、硫等元素；白云鄂博型铁尾矿中含有 22.9% 的铁矿物、8.6% 的稀土矿物以及 15.0% 的萤石等。

1.4 我国在铁尾矿综合利用与治理方面取得的成就

世界上工业发达国家为了保护矿产资源，维持生态平衡，实行良性循环，把矿产资源综合利用摆到了工业革命的高度，在尾矿的综合利用与治理方面取得了显著的成效。

从 20 世纪 80 年代开始，我国对矿产资源综合利用工作加强了宏观管理，明确了指导方针，并于 1986 年首次在《中华人民共和国矿产资源法》中将尾矿综合利用以法律形式提出，在原国家科委和国家计委等联合制定的《中国 21 世纪议程》中，将资源的合理利用与环境保护列为四个主要内容之一。这些政策和措

施的落实,有力地推动了尾矿利用与治理工作的步伐。

1.4.1 铁尾矿再选与有价元素的综合回收

一些国家在尾矿再选与有价元素的综合回收方面成就斐然。美国、前苏联等国家在铁选矿厂的尾矿中回收有价金属均取得显著成绩。自20世纪80年代末特别是90年代以来,我国一些矿山企业从提高经济效益考虑,开始对从尾矿中回收有价元素给予关注,并陆续建成了一些尾矿回收选矿厂,取得了明显的经济效益。

1.4.1.1 歪头山、南芬铁尾矿再选

马鞍山矿山研究院与本钢歪头山铁矿采用HS— ϕ 1600mm $\times$ 8磁力回收机处理铁选矿厂尾矿,粗精矿经再磨再选后,可获得精矿产率2.46%,TFe的百分含量为65.76%的优质铁精矿,年产精矿量达3.92万t,不仅取得了良好的经济效益,而且解决了数十人的劳动就业问题。该项目1992年获冶金部科技进步一等奖。此后,南芬选矿厂也进行了尾矿再选。两矿每年从尾矿中再选出7万多t铁精矿,年创经济效益1700多万元,至此本钢铁矿尾矿再选新工艺获联合国发明创新科技之星奖。

1.4.1.2 峨口铁尾矿中碳酸铁回收

针对太钢峨口铁矿选矿厂铁的回收率低(60%左右)、尾矿中碳酸铁含量高的特点,马鞍山矿山研究院提出了细筛强磁浮选工艺流程回收尾矿中的碳酸铁,扩大连选试验取得了铁回收率48.55%,TFe的百分含量为35.38%、含SiO₂3.9%、碱比3.03、铁总回收率提高19.21%的良好指标。

对碳酸铁精矿样所进行的球团试验及烧结试验表明,所回收的碳酸铁精矿具有较好的冶金性能,是一种良好的冶炼原料。太钢峨口碳酸铁回收工艺试验研究已于1997年4月通过了冶金部组织的专家评审。

1.4.1.3 马钢南山铁矿凹山选矿厂尾矿再选

该选矿厂年产尾矿量350万t以上,用马鞍山矿山研究院设计的 ϕ 500mm $\times$ 4圆盘磁选机选别,可获得产率5%~6%,TFe的百分含量为29%~31%的粗精矿,经再磨再选后可获得产率2%,TFe的百分含量为60%~63%的合格精矿,该项目现已运转多年,年回收铁精矿近4万t;采用摇床回收硫精矿,S的百分含量回收率可达30%以上,年回收硫精矿5万余t。

1.4.1.4 马钢桃冲铁尾矿中石榴子石回收工艺

石榴子石具有硬度大、熔点高、化学性质稳定、晶体结构特殊等特点,可广泛用于磨料、精密仪器轴承及工艺品等。而桃冲铁尾矿中钙铁石榴子石含量高达

85.36%，且储量大。为充分利用这一资源，马鞍山矿山研究院与桃冲铁矿合作研究成功了强磁一次粗选、一次精密分级摇床选别流程，选出了石榴子石含量97.39%、回收率41%以上、磁性物含量0.54%的石榴子石精矿。

1.4.1.5 济源钢铁厂尾矿中硫钴回收工艺

目前已用于生产实践，采用选矿工艺对其尾矿的硫钴回收，当原矿S的百分含量为1.303%，Co的百分含量为0.039%时，经选别后，可获得硫钴精矿产率2.5%，S的百分含量为36.11%，Co的百分含量为0.59%的一级钴精矿。

1.4.1.6 歪头山铁尾矿石英砂提纯

采用强磁工艺，可获得产率23.22%的 SiO_2 的百分含量为87.88%、 Fe_2O_3 的百分含量为0.9%的玻璃原料。

1.4.2 利用铁尾矿作建筑材料

早在20世纪60年代，国外就开始利用尾矿生产建筑材料。我国利用铁尾矿作建筑材料的研究较晚，但进展较快。特别是80年代中期以来，许多科研单位与矿山部门密切配合，开展了大量的研究工作，并取得了一系列成果。马鞍山矿山研究院利用齐大山选矿厂铁尾矿加入一定的配料（碎石、砂子、粉煤灰及黏土及石灰，经一定的处理后作为路面基料，并在沈阳至盘山的12km路段进行了工业试验，经公路部门的测定表明，已达到了一级公路对路基的强度要求。

该院还利用齐大山、歪头山细粒尾矿研制免烧砖、饰面砖，其产品性能达到了100号标准。这个院还与苏州混凝土水泥制品研究院合作，用鞍山式细粒尾矿以及碎大理石、花岗岩等为原料制造人造大理石，其产品色彩各异、美观大方。北京科技大学利用石人沟选矿厂细粒尾矿，研制成轻骨料仿花岗岩系列产品。该产品质轻、强度高，且具有保温、隔音、抗震等特点。

中国地质科学院尾矿利用中心，利用马鞍山矿山研究院回收铁以后的梅山铁矿选矿厂的细粒铁尾矿，在实验室研制成了黑色、蓝色等4种深色微晶玻璃花岗岩高级装饰材料；同时用废石为原料研制成功的小型空心砌块代替黏土红砖。

鞍钢矿渣厂利用大孤山选矿厂尾矿配入水泥、石灰等原料，制成加气混凝土，其产品重量轻、保温性能好，并已应用于工业及民用建筑。

1.4.3 用尾矿作矿山采空区充填料

采空区充填是直接利用尾矿的最有效途径之一。利用尾矿作矿山采空区充填料可以就地取材、废物利用，而且可以省去扩建、增建尾矿库的费用。一般情况下，用尾矿作充填料，其充填费用较低，仅为碎石水力充填费的1/10~1/4。有些矿山，由于地形的原因，不可能设置尾矿库，将尾矿填于采空区就更有意义。