

选
矿
手
册

第 五 卷
第 六 卷

冶金工业出版社

9401154 74.4073

选 矿 手 册

第 五 卷 第 六 卷

《选矿手册》编辑委员会

冶金工业出版社

《选矿手册》编辑委员会

主任委员：张卯均

副主任委员：胡为柏 童国光

编委：（按姓氏笔划排列）

王 岚 王永德 石大鑫 丘继存 刘广泌

刘正适 朱家骥 余兴远 沈志诚 沈建民

汪淑慧 李毓康 罗中兴 苏仲平 吴威孙

胡熙庚 夏珠荣 陶 敏 黄大雨 赵涌泉

秘 书：赵涌泉（兼）

责任编辑：黄淦祥 王迺琳

本分册主编、副主编

第五卷 试验技术与选矿过程检测

主 编：陶 敏

副 主 编：张宏福 许 时 钱 鑫 石大鑫

第六卷 数模和工艺过程控制

主 编：陈子鸣 陈鼎玖

本分册序

为了提高我国在选矿科研、设计、生产方面的水平和总结经验，推动选矿事业的进一步发展，中国金属学会选矿学术委员会于1983年8月决定组织编写我国第一部选矿专业大型工具书——《选矿手册》，由选矿学术委员会组成《选矿手册》编辑委员会主持编写工作，并成立了相应的编写组。参加撰写工作的有国内具有几十年教学、科研、设计、生产经验的专家、教授、高级工程师、工程师等几百人。在整个编写过程中，实行了三级审核规定，严格贯彻“主编责任制”和“编辑委员会最终审定制”。

《选矿手册》共分八卷、三十七篇，按十四个分册陆续出版。全书出版字数约为450万字。考虑到选煤另有专著，本《手册》不包括煤的洗选。《选矿手册》的内容有：总论、选矿前准备、选矿方法及选矿药剂、产品处理及辅助作业、取样、试验技术与选矿过程检测、数模和工艺过程控制、选矿厂设计、选矿实践等。

《选矿手册》是一部供中级以上选矿工作者及有关人员使用的工具书。编入了较成熟的选矿理论、方法、工艺、药剂、设备和生产实践，内容丰富，实用性强。编写时，参阅了国内外上万篇文献，收集了上千个厂、矿的生产实践资料，理论与实践兼备，以实践为主，选材以国内为主，同时辅以典型的国外资料，体现了近代选矿科学技术水平。

本分册是依据《选矿手册》编辑委员会拟定的编写大纲的要求编写的。内容包括有：第五卷试验技术与选矿过程检测，第六卷数模和工艺过程控制。第五卷分成取样、试验技术和选矿过程检测三篇，第六卷分成选矿数学模型和模拟、选矿工艺过程控制二篇。

本分册除主编、副主编外，参加编写人员有：张宏福（取样），许时（试验技术），钱鑫（选矿过程检测），陈子鸣（选矿数

模和模拟，陈鼎玖、申兆铭和赵秀慧（选矿工艺过程控制）。石大鑫编写了试验技术篇中的非金属矿产品工艺性能测定。陈炳辰教授提供了选矿数模和模拟篇中磨矿部分初稿。陶敏、朱俊士二位高级工程师（教授）对第五卷试验技术与选矿过程检测作了全面审阅，朱舜奇、苏震、卢胜英三位高级工程师对选矿过程控制作了审校。杨忠威对全稿作了整理。胡力行翻译英文目录。

编 者

第五卷 目 录

21 取 样

| | |
|--------------------------|----|
| 21.1 概 述 | 3 |
| 21.2 采样与试样加工 | 11 |
| 21.2.1 采样 | 11 |
| 21.2.1.1 试样的分类 | 11 |
| 21.2.1.2 采样的一般要求 | 16 |
| 21.2.1.3 矿床采样 | 23 |
| 21.2.1.4 选矿厂采样 | 26 |
| 21.2.2 试样加工 | 40 |
| 21.2.2.1 选矿试验矿样的配制 | 40 |
| 21.2.2.2 样品加工作业与方法 | 42 |
| 21.3 采样器械与计量装置 | 50 |
| 21.3.1 采样器械 | 50 |
| 21.3.1.1 人工采样器具 | 50 |
| 21.3.1.2 机械采样机 | 57 |
| 21.3.2 计量装置 | 66 |
| 21.3.2.1 原矿计量 | 66 |
| 21.3.2.2 矿浆计量 | 68 |
| 21.3.2.3 精矿计量 | 70 |
| 21.4 采样实例 | 71 |
| 21.4.1 某铁矿采样设计 | 71 |
| 21.4.1.1 矿床一般地质特征 | 71 |
| 21.4.1.2 采样设计原则 | 71 |
| 21.4.1.3 采样配样方案 | 72 |

| | |
|----------------------------|----|
| 21.4.1.4 采样费用估算 | 77 |
| 21.4.1.5 采样中应注意的几个问题 | 78 |
| 21.4.2 选矿厂采样 | 78 |
| 21.4.2.1 浮选厂采样流程图 | 78 |
| 21.4.2.2 浮选厂采样表 | 78 |
| 参考文献 | 83 |

22 试验技术

| | |
|------------------------------------|-----|
| 22.1 试验规划 | 87 |
| 22.1.1 基本信息和考虑 | 87 |
| 22.1.2 矿石性质的研究 | 89 |
| 22.1.2.1 矿石化学组成的研究 | 89 |
| 22.1.2.2 矿石的矿物组成及其结构和构造特征的研究 | 90 |
| 22.1.2.3 矿石和矿物工艺性质的研究 | 94 |
| 22.1.3 工艺方法的选择 | 94 |
| 22.2 实验室试验 | 111 |
| 22.2.1 工艺试样的准备 | 111 |
| 22.2.2 矿石可磨度试验 | 112 |
| 22.2.2.1 概述 | 112 |
| 22.2.2.2 用落重试验确定功指数 | 113 |
| 22.2.2.3 用常规磨矿机确定功指数 | 114 |
| 22.2.2.4 单位容积生产量法 | 116 |
| 22.2.3 粒度分析 | 117 |
| 22.2.3.1 概述 | 117 |
| 22.2.3.2 筛分分析 | 117 |
| 22.2.3.3 水析和风析 | 127 |
| 22.2.3.4 颗粒计数法 | 131 |
| 22.2.4 分级和洗矿试验 | 132 |
| 22.2.4.1 分级试验 | 132 |
| 22.2.4.2 洗矿试验 | 134 |

| | | |
|-----------|--------------------|-----|
| 22.2.5 | 密度 (比重) 组分分析和可选性曲线 | 135 |
| 22.2.5.1 | 浮沉试验技术 | 135 |
| 22.2.5.2 | 可选性曲线的绘制 | 138 |
| 22.2.6 | 重选试验 | 141 |
| 22.2.6.1 | 概述 | 141 |
| 22.2.6.2 | 重选试验流程 | 142 |
| 22.2.6.3 | 重选试验设备 | 145 |
| 22.2.6.4 | 重选工艺因素的考查 | 147 |
| 22.2.6.5 | 重选试验结果的评价 | 148 |
| 22.2.7 | 磁选和电选试验 | 149 |
| 22.2.7.1 | 磁选试验 | 149 |
| 22.2.7.2 | 磁化焙烧试验 | 155 |
| 22.2.7.3 | 电选试验 | 156 |
| 22.2.8 | 浮选试验 | 157 |
| 22.2.8.1 | 概述 | 157 |
| 22.2.8.2 | 试验设备和技术 | 157 |
| 22.2.8.3 | 浮选工艺因素的考察 | 160 |
| 22.2.8.4 | 开路 and 闭路流程试验 | 162 |
| 22.2.9 | 浮选药剂试验 | 165 |
| 22.2.9.1 | 捕收剂试验 | 165 |
| 22.2.9.2 | 起泡剂试验 | 174 |
| 22.2.10 | 拣选及其他特殊选矿试验 | 175 |
| 22.2.10.1 | 拣选试验 | 175 |
| 22.2.10.2 | 按形状选矿法试验 | 176 |
| 22.2.10.3 | 选择性碎选试验 | 176 |
| 22.2.10.4 | 摩擦选试验 | 177 |
| 22.2.10.5 | 按弹性分选试验 | 177 |
| 22.2.11 | 化学选矿试验 | 177 |
| 22.2.11.1 | 焙烧和煨烧 | 177 |
| 22.2.11.2 | 浸出试验 | 178 |
| 22.2.11.3 | 置换沉淀 | 180 |
| 22.2.11.4 | 离子交换 | 180 |

| | | |
|----------------|----------------------|------------|
| 22.2.11.5 | 溶剂萃取 | 181 |
| 22.2.12 | 固液分离试验 | 183 |
| 22.2.12.1 | 概述 | 183 |
| 22.2.12.2 | 浓缩试验 | 183 |
| 22.2.12.3 | 过滤试验 | 187 |
| 22.2.12.4 | 离心脱水 | 188 |
| 22.2.13 | 物料扬送试验 | 188 |
| 22.2.14 | 尾矿、废水及环境影响的研究 | 189 |
| 22.3 | 中间试验和工业试验 | 193 |
| 22.3.1 | 中间试验 | 193 |
| 22.3.1.1 | 概述 | 193 |
| 22.3.1.2 | 工作程序 | 194 |
| 22.3.1.3 | 实例 | 198 |
| 22.3.2 | 工业试验 | 198 |
| 22.3.2.1 | 新设备的工业试验 | 198 |
| 22.3.2.2 | 为设计新选矿厂进行的工业试验 | 199 |
| 22.3.2.3 | 改进现厂生产工艺的工业试验 | 199 |
| 22.4 | 试验结果的处理 | 206 |
| 22.4.1 | 工艺指标的计算 | 206 |
| 22.4.1.1 | 试验结果精确度的估计 | 206 |
| 22.4.1.2 | 分批试验指标的计算 | 207 |
| 22.4.1.3 | 连续性试验指标的计算 | 208 |
| 22.4.2 | 选矿效率判据 | 210 |
| 22.5 | 试验设计 | 214 |
| 22.5.1 | 概述 | 214 |
| 22.5.2 | 析因试验设计 | 215 |
| 22.5.2.1 | 完全析因试验——多因素全面试验法 | 216 |
| 22.5.2.2 | 部分析因试验和筛选试验 | 217 |
| 22.5.2.3 | 常用正交表 | 221 |
| 22.5.3 | 回归试验设计 | 225 |
| 22.5.3.1 | 一次回归试验设计 | 225 |

| | | |
|-------------|------------------------------|------------|
| 22.5.3.2 | 二次回归试验设计 | 229 |
| 22.6 | 非金属矿产品工艺性能测定 | 240 |
| 22.6.1 | 概 述 | 240 |
| 22.6.2 | 粘土和坯料可塑性的测定 | 240 |
| 22.6.2.1 | 可塑性指标法 | 241 |
| 22.6.2.2 | 可塑性指数法 | 243 |
| 22.6.3 | 粘土结合力的测定 | 246 |
| 22.6.4 | 粘土和坯料干燥及烧成收缩率的测定 | 248 |
| 22.6.4.1 | 线收缩率的测定 | 250 |
| 22.6.4.2 | 体积收缩率的测定 | 250 |
| 22.6.5 | 干燥灵敏性系数的测定 | 252 |
| 22.6.6 | 陶瓷和耐火材料耐火度的测定 | 254 |
| 22.6.7 | 粘土和坯料烧成温度与烧成温度范围的测定 | 257 |
| 22.6.8 | 粘土和坯料高温荷重软化温度的测定 | 260 |
| 22.6.9 | 陶瓷和耐火材料热稳定性的测定 | 262 |
| 22.6.10 | 白度、光泽度、透光度的测定 | 263 |
| 22.6.11 | 结 语 | 264 |
| 参考文献 | | 264 |

23 选矿过程检测

| | | |
|-------------|--------------------|------------|
| 23.1 | 绪 论 | 269 |
| 23.1.1 | 选矿过程检测的意义及内容 | 269 |
| 23.1.1.1 | 检测的意义 | 269 |
| 23.1.1.2 | 检测的内容 | 270 |
| 23.1.2 | 测量的基本概念 | 272 |
| 23.1.2.1 | 测量的定义 | 272 |
| 23.1.2.2 | 测量过程的概念 | 272 |
| 23.1.2.3 | 测量变换的概念 | 273 |
| 23.1.3 | 检测方法分类 | 273 |

| | | |
|----------|----------------------------|-----|
| 23.1.3.1 | 直接检测、间接检测和联立检测 | 274 |
| 23.1.3.2 | 偏差式检测法、零位式检测法与微差式检测法 | 275 |
| 23.1.4 | 检测仪表及检测系统 | 276 |
| 23.1.4.1 | 检测仪表的功能及构成 | 276 |
| 23.1.4.2 | 检测系统的功能及构成 | 278 |
| 23.1.5 | 检测仪表的品质指标 | 279 |
| 23.1.5.1 | 精度等级 | 279 |
| 23.1.5.2 | 灵敏度 | 280 |
| 23.1.5.3 | 稳定性 | 281 |
| 23.2 | 粒度检测 | 282 |
| 23.2.1 | 粒度及粒度分析 | 282 |
| 23.2.2 | 沉降天平 | 285 |
| 23.2.2.1 | 工作原理 | 285 |
| 23.2.2.2 | 结构构成 | 286 |
| 23.2.2.3 | 应用特性 | 290 |
| 23.2.3 | 光电扫描粒度分析仪 | 291 |
| 23.2.4 | 激光粒度计 | 295 |
| 23.2.4.1 | 工作原理 | 295 |
| 23.2.4.2 | 结构构成 | 296 |
| 23.2.4.3 | 应用特性 | 298 |
| 23.2.5 | 超声波粒度仪 | 298 |
| 23.2.5.1 | 工作原理 | 298 |
| 23.2.5.2 | 应用特性 | 300 |
| 23.3 | 流速及流量检测 | 301 |
| 23.3.1 | 电磁流量计 | 301 |
| 23.3.1.1 | 工作原理 | 302 |
| 23.3.1.2 | 消除干挠的方法 | 303 |
| 23.3.1.3 | 结构构成 | 305 |
| 23.3.1.4 | 变换器原理 | 307 |
| 23.3.1.5 | 应用特性 | 309 |
| 23.3.2 | 漩涡流量计 | 309 |

| | | |
|----------|------------------------|-----|
| 23.3.2.1 | 卡曼涡街流量计 | 310 |
| 23.3.2.2 | 旋进型旋涡流量计 | 314 |
| 23.3.3 | 涡轮流量计 | 316 |
| 23.3.4 | 靶式流量计 | 318 |
| 23.3.5 | 超声波流量计 | 320 |
| 23.3.5.1 | 单环法超声波流量计 | 321 |
| 23.3.5.2 | 传播时间测量法超声波流量计 | 322 |
| 23.3.6 | 激光测速仪 | 323 |
| 23.3.7 | 容积式流量计 | 327 |
| 23.3.7.1 | 椭圆齿轮流量计 | 327 |
| 23.3.7.2 | 罗茨式流量计 | 329 |
| 23.4 | 物料重量检测 | 330 |
| 23.4.1 | 皮带电子秤 | 331 |
| 23.4.1.1 | 工作原理 | 331 |
| 23.4.1.2 | 测速单元 | 333 |
| 23.4.1.3 | 积算单元 | 336 |
| 23.4.2 | 行车电子秤 | 338 |
| 23.4.2.1 | 压头的装配部位 | 338 |
| 23.4.2.2 | 显示仪表 | 339 |
| 23.4.3 | 定值电子秤 | 340 |
| 23.5 | 密度及浓度检测 | 342 |
| 23.5.1 | 漂浮筒式密度计 | 342 |
| 23.5.2 | 沉浸浮筒式密度计 | 344 |
| 23.5.3 | 吹气式密度计 | 346 |
| 23.5.4 | 重力式密度计 | 348 |
| 23.5.5 | 放射性同位素密度计 | 349 |
| 23.5.5.1 | 放射性同位素 | 350 |
| 23.5.5.2 | 核辐射 | 350 |
| 23.5.5.3 | γ 射线矿浆密度计 | 351 |
| 23.5.5.4 | 使用注意事项 | 352 |
| 23.6 | 粘度检测 | 353 |

| | | |
|----------|------------------|-----|
| 23.6.1 | 粘度的基本概念 | 353 |
| 23.6.1.1 | 粘度的定义 | 353 |
| 23.6.1.2 | 牛顿流动定律 | 353 |
| 23.6.1.3 | 粘度的测量单位 | 353 |
| 23.6.1.4 | 牛顿液体与非牛顿液体 | 354 |
| 23.6.2 | 旋转式粘度计 | 357 |
| 23.6.2.1 | 工作原理 | 357 |
| 23.6.2.2 | 结构构成 | 357 |
| 23.6.2.3 | 应用特性 | 358 |
| 23.6.3 | 超声波粘度计 | 359 |
| 23.6.3.1 | 工作原理 | 359 |
| 23.6.3.2 | 结构构成 | 360 |
| 23.6.3.3 | 应用特性 | 360 |
| 23.6.4 | 毛细管式粘度计 | 361 |
| 23.6.4.1 | 工作原理 | 361 |
| 23.6.4.2 | 结构构成 | 361 |
| 23.6.4.3 | 应用特性 | 361 |
| 23.6.5 | 落塞式粘度计 | 362 |
| 23.6.5.1 | 工作原理 | 362 |
| 23.6.5.2 | 应用特性 | 363 |
| 23.7 | 物位检测 | 364 |
| 23.7.1 | 浮力式液位计 | 364 |
| 23.7.1.1 | 浮子式液位计 | 364 |
| 23.7.1.2 | 浮筒式液位计 | 368 |
| 23.7.2 | 静压式液位计 | 369 |
| 23.7.2.1 | 吹气式液位计 | 369 |
| 23.7.2.2 | 差压式液位计 | 371 |
| 23.7.3 | 电容式物位计 | 373 |
| 23.7.3.1 | 工作原理 | 373 |
| 23.7.3.2 | 液位的检测 | 374 |
| 23.7.3.3 | 料位的检测 | 375 |
| 23.7.4 | 核辐射物位计 | 376 |

| | | |
|----------|------------------------|-----|
| 23.7.4.1 | 工作原理 | 376 |
| 23.7.4.2 | 利用放射线测定物位的原理 | 376 |
| 23.7.4.3 | 定点辐射源的装置方法 | 377 |
| 23.7.5 | 超声波物位计 | 378 |
| 23.8 | 选矿过程成分检测 | 381 |
| 23.8.1 | 工业pH计 | 382 |
| 23.8.1.1 | 测量原理 | 382 |
| 23.8.1.2 | 参比电极 | 384 |
| 23.8.1.3 | 工作电极 | 386 |
| 23.8.1.4 | pH发送器 | 388 |
| 23.8.1.5 | pHG-21A型工业酸度计 | 389 |
| 23.8.2 | 离子活度计 | 391 |
| 23.8.2.1 | 工作原理 | 392 |
| 23.8.2.2 | 仪器的结构 | 394 |
| 23.8.2.3 | 仪器测量各种参数的方法 | 395 |
| 23.8.3 | X射线荧光分析 | 397 |
| 23.8.3.1 | X射线荧光分析基本原理 | 397 |
| 23.8.3.2 | 库里厄-300型X射线荧光分析仪 | 403 |
| 23.8.3.3 | KPΦ-13X型荧光量子仪 | 405 |
| 23.8.3.4 | 放射性同位素X射线分析仪 | 407 |
| 23.8.4 | 电子探针 | 410 |
| 参考文献 | | 420 |

第六卷 目 录

24 选矿数模和模拟

| | |
|--|-----|
| 24.0 概述 | 423 |
| 24.1 数学模拟中的常用数学方法 | 424 |
| 24.1.1 回归分析 | 424 |
| 24.1.1.1 一元线性回归 | 424 |
| 24.1.1.2 多元线性回归 | 425 |
| 24.1.1.3 逐步回归 | 427 |
| 24.1.2 无约束最优化方法 | 435 |
| 24.1.2.1 单变量寻优 | 435 |
| 24.1.2.2 多变量寻优 | 453 |
| 24.2 选矿中各单元作业的数学模型 | 473 |
| 24.2.1 破碎 | 473 |
| 24.2.1.1 破碎函数 | 473 |
| 24.2.1.2 破碎矩阵 | 474 |
| 24.2.1.3 破碎模型 | 474 |
| 24.2.2 筛分模型 | 477 |
| 24.2.2.1 怀特恩 (Whiten) 模型 | 477 |
| 24.2.2.2 怀特恩-那卡吉玛 (Whiten-Nakajima) 模型 | 479 |
| 24.2.3 分级模型 | 480 |
| 24.2.3.1 水力旋流器模型 | 480 |
| 24.2.3.2 螺旋分级机模型 | 486 |
| 24.2.4 磨矿模型 | 487 |
| 24.2.4.1 静态矩阵模型 | 487 |
| 24.2.4.2 动态模型 | 488 |
| 24.2.4.3 棒磨模型 | 489 |

| | | |
|----------|-----------------------|-----|
| 24.2.4.4 | 自磨模型 | 491 |
| 24.2.4.5 | 半自磨模型 (Austin) | 495 |
| 24.2.5 | 浮选模型 | 497 |
| 24.2.5.1 | K 值作离散分布的浮选模型 | 499 |
| 24.2.5.2 | K 值作连续分布的浮选模型 | 501 |
| 24.2.5.3 | 包含多相作用的浮选模型 | 503 |
| 24.3 | 物料平衡 | 509 |
| 24.3.1 | 拉格朗日乘法 | 509 |
| 24.3.2 | 直接搜索法 | 513 |
| | 参考文献 | 519 |

25 选矿工艺过程控制

| | | |
|----------|-----------------------|-----|
| 25.0 | 引言 | 525 |
| 25.1 | 选矿自动控制基础 | 526 |
| 25.1.1 | 概述 | 526 |
| 25.1.1.1 | 选矿工艺过程自动控制系统的组成 | 526 |
| 25.1.1.2 | 选矿工艺过程自动控制系统分类 | 527 |
| 25.1.1.3 | 控制系统的品质指标 | 529 |
| 25.1.2 | 被控对象特性及其测试方法 | 532 |
| 25.1.2.1 | 被控对象的特性 | 532 |
| 25.1.2.2 | 对象动态特性的实验测定 | 536 |
| 25.1.3 | 控制系统基本概念 | 543 |
| 25.1.3.1 | 位式调节规律 | 544 |
| 25.1.3.2 | 线性调节规律 | 544 |
| 25.1.3.3 | 非线性调节规律 | 549 |
| 25.1.3.4 | 调节规律的选取 | 550 |
| 25.1.3.5 | 控制系统设计问题 | 551 |
| 25.1.4 | 常用控制系统 | 553 |
| 25.1.4.1 | 单回路控制系统 | 553 |
| 25.1.4.2 | 串级控制系统 | 553 |
| 25.1.4.3 | 前馈控制系统 | 555 |

| | | |
|---------------|-----------------------------------|------------|
| 25.1.4.4 | 比值控制系统 | 556 |
| 25.1.4.5 | 均匀控制系统 | 558 |
| 25.1.4.6 | 分程控制系统 | 560 |
| 25.1.4.7 | 多冲量控制系统 | 561 |
| 25.1.5 | 特殊控制系统 | 561 |
| 25.1.5.1 | 选择性控制系统 | 561 |
| 25.1.5.2 | 极值控制系统 | 562 |
| 25.1.5.3 | 大纯滞后对象的控制系统 | 565 |
| 25.1.5.4 | 多变量控制系统 | 568 |
| 25.1.5.5 | 顺序控制系统 | 571 |
| 25.1.6 | 控制系统投运和调节器参数整定 | 574 |
| 25.1.6.1 | 自动控制系统投运 | 574 |
| 25.1.6.2 | 调节器参数的工程整定 | 575 |
| 25.1.6.3 | 串级控制系统调节器参数工程整定 | 581 |
| 25.1.6.4 | 调节器参数整定时应注意的问题 | 584 |
| 25.1.7 | 生产过程计算机控制系统 | 585 |
| 25.1.7.1 | 过程控制系统的组态 | 585 |
| 25.1.7.2 | 计算机集中控制系统 | 586 |
| 25.1.7.3 | 计算机集散控制系统 | 591 |
| 25.2 | 破碎过程自动控制 | 599 |
| 25.2.1 | 破碎过程的顺序控制 | 600 |
| 25.2.2 | 破碎机负荷控制系统及自组织模糊 (Fuzzy) 控制器 | 601 |
| 25.2.2.1 | 自组织Fuzzy控制器及其工作原理 | 602 |
| 25.2.2.2 | 通过自组织Fuzzy控制器修改控制表 | 603 |
| 25.2.3 | 破碎机负荷及排矿口自动控制 | 606 |
| 25.2.4 | 金属探测器与除铁装置 | 610 |
| 25.2.4.1 | 主要技术性能 | 611 |
| 25.2.4.2 | 原理与结构 | 611 |
| 25.2.4.3 | 安装调试 | 612 |
| 25.2.4.4 | 自动除铁装置 | 614 |
| 25.2.5 | 分矿小车自动控制装置 | 616 |