

doi: 10.6046/gtzyyg.2019.02.30

引用格式:王海庆,李丽,陈玲,等.基于尾矿库调查的西藏自治区金属矿开采强度分析[J].国土资源遥感,2019,31(2):218-223.(Wang H Q, Li L, Chen L, et al. An analysis of mining intensity about metal mines based on investigation of tailing reservoirs in Tibet[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2019, 31(2): 218-223.)

基于尾矿库调查的西藏自治区金属矿开采强度分析

王海庆, 李丽, 陈玲, 许文佳, 杨金中, 刘琼

(中国自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要:以西藏自治区为研究区,利用遥感技术,调查了尾矿库的分布位置、涉及矿种、利用状态和规模大小等特征,分析了目前研究区不同行政区、不同成矿带、不同金属矿种的开采强度和开采潜力。结果表明,地级行政区方面,拉萨市金属矿开采强度较大,拉萨市和那曲地区金属矿开采潜力较大;县级行政区上,拉萨市墨竹工卡县金属矿开采强度较大,拉萨市墨竹工卡县和那曲地区申扎县金属矿开采潜力较大;成矿带方面,冈底斯成矿带金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大;矿种方面,有色金属矿产开采强度较大、开采潜力亦较大,具体矿种上,铅锌矿和铜矿开采强度较大,铜矿开采潜力大。

关键词:西藏;金属矿;开采强度;尾矿库;遥感

中图法分类号: P 627 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2019)02-0218-06

0 引言

矿产资源开采强度是衡量地区矿产资源经济的重要指标,可间接反映区域矿产资源的勘探和开发工作程度,不但与矿产资源储量、具体矿种、矿石品位、矿体埋深情况和矿床富集状况等矿产条件有关,而且受当地气候条件、人文环境、地表水及地下水资源情况、矿政管理政策、环境保护政策、民族政策和宗教政策等诸多因素制约,并与当地经济发展程度互相影响。可以说矿产资源开采强度是诸多因素的集中体现,分析矿产资源开采强度可为评价区域经济发展程度、矿产资源勘探与开发工作程度等提供依据。

然而,目前关于矿产资源开采强度分析评价方面的报道并不多。中华人民共和国原国土资源部每年定期发布的《中国矿产资源报告》仅用较少篇幅从采矿业固定资产投资、矿产品生产与消费、矿产资源节约与综合利用方面简要介绍了我国矿产资源开发利用概况^[1-6];路云阁等^[7]从矿权数量、开采点(面)数量和开发占地面积3个角度评价了西藏东部地区矿产资源开发强度,认为拉萨市墨竹工卡县的开发强度最大;何芳等^[8]将我国

矿山地质环境背景分为6种类型,并认为平原盆地地质环境区、中低山丘陵地质环境区和中高山地地质环境区矿业开发活动强度高,黄土高原地质环境区矿业开发活动强度中等,戈壁沙漠沙地地质环境区和多年冻土地质环境区矿业开发活动强度低,但未给出矿业开发活动强度的评价方法。

绝大部分金属矿产的开采和分选过程中都会产生尾矿,其堆积、存放场所称为尾矿库,正在利用的尾矿库可指示附近有正在开采的矿山,体现了当地的矿山开采强度;而正在建设的尾矿库可指示附近有正在建设的矿山,体现了当地的矿山开采潜力。故通过调查尾矿库的分布位置、涉及矿种、利用状态和规模大小等特征,可以间接分析评价区域金属矿产的开采强度和开采潜力。

关于尾矿库调查方面的报道较多,文献[9-15]利用遥感手段探讨了尾矿库的识别方法,调查了研究区内尾矿库的类型、数量、位置、规模和利用状态等信息,研究了尾矿库对周边环境的影响;马国超等^[16]运用多项技术研究了矿山尾矿库的安全监测;王洛锋^[17]探讨了尾矿堆存量的调查方法;李玉凤等^[18]调查了我国铁尾矿资源开发利用现状;苏建等^[19]研究了广西无主尾矿库闭库程序。

本文综合以上研究的技术方法,结合承担项目

收稿日期:2018-01-16;修订日期:2018-02-10

基金项目:中国地质调查局项目“全国矿山开发状况遥感地质调查与监测”(编号:202012000000180606)、“全国矿山环境恢复治理状况遥感地质调查与监测”(编号:202012000000180007)、“全国2017年新增的矿山恢复治理状况监测”(编号:202012000000182718)和“全国矿产资源开发环境遥感监测”(编号:202012000000182705)共同资助。

第一作者:王海庆(1980-),男,博士,高级工程师,主要从事遥感地质应用方面的研究。Email: whq0705@126.com。

的实际情况,以西藏自治区为研究区,开展尾矿库遥感调查,并在此基础上分析评价研究区金属矿产开采强度。

1 研究区金属矿采矿权概况

区域采矿权数量是矿业投资规模的反映,可指示矿产资源开采强度。

1.1 主要矿种

根据原国土资源部提供的采矿权资料,研究区

现登记各类金属采矿权 65 处,其中黑色金属矿产 15 处、有色金属矿产 45 处、贵金属矿产 4 处和稀有稀土分散元素金属矿产 1 处(表 1)。从采矿权数量上分析,有色金属矿产是研究区比较有优势的金属矿产类型,也是开采强度比较大的金属矿产类型。在具体矿种上,铅矿最多,有 24 处;铜矿次之,有 12 处;再次是铬铁矿,有 11 处;其余金属矿采矿权数量都少于 5 处。从采矿权数量上分析,铅矿、铜矿和铬铁矿是研究区比较有优势的金属矿种,也是开采强度比较大的金属矿种。

表 1 各地级行政区现登记金属矿采矿权一览表

Tab.1 List of mining rights for metal mines in prefectural-level divisions

(处)

| 地区 | 黑色金属矿产 | | 有色金属矿产 | | | | | | 贵金属矿产 | | 稀有稀土分散元素金属矿产 | 总计 |
|------|--------|----|--------|----|----|----|----|----|-------|----|--------------|----|
| | 铬铁矿 | 铁矿 | 钨矿 | 铅矿 | 锑矿 | 铜矿 | 锡矿 | 锌矿 | 金矿 | 银矿 | 锂矿 | |
| 拉萨市 | 0 | 2 | 2 | 6 | 0 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 日喀则市 | 0 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 昌都市 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| 林芝市 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 山南市 | 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 |
| 那曲地区 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 阿里地区 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 合计 | 11 | 4 | 3 | 24 | 3 | 12 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 65 |
| 总计 | 15 | | 45 | | | | | | 4 | | 1 | |

1.2 分布区域

研究区内 65 处金属采矿权中,拉萨市分布最多,有 19 处;其次是日喀则市、山南市和昌都市,分别有 12 处、11 处和 10 处;分布较少的地区有那曲地区、林芝市和阿里地区,分别有 8 处、4 处和 1 处。从采矿权数量上分析,拉萨市的金属矿开采强度较大。

在县级行政区上,拉萨市墨竹工卡县分布最多,有 9 处;日喀则市谢通门县次之,有 8 处;再次是拉萨市林周县,有 6 处。从采矿权数量上分析,墨竹工卡县、谢通门县和林周县的金属矿开采强度较大。

1.3 涉及重要成矿带

根据《2013 中国矿产资源报告》^[5],研究区涉及的 3 个成矿带分别是冈底斯成矿带、班公湖—怒江成矿带和西南三江成矿带。其中,冈底斯成矿带全部位于研究区内,主要涉及拉萨市、日喀则市、林芝市、那曲地区和阿里地区;班公湖—怒江成矿带全部位于研究区内,涉及那曲地区和阿里地区;西南三江成矿带部分位于研究区内,涉及昌都市。研究区内 65 处金属采矿权中,有 38 处位于冈底斯成矿带,有 7 处位于西南三江成矿带(表 2),而班公湖—怒江成矿带暂无金属矿采矿权,另有 20 处金属采矿权位于这 3 个成矿带以外的区域。从采矿权数量上分析,冈底斯成矿带的金属矿开采强度较大。

表 2 重要成矿带现登记金属矿采矿权一览表

Tab.2 List of mining rights for metal mines in important metallogenic belts

(处)

| 类型 | 矿种 | 冈底斯成矿带 | 西南三江成矿带 |
|--------------|-----|--------|---------|
| 黑色金属矿产 | 铬铁矿 | 0 | 0 |
| | 铁矿 | 3 | 1 |
| 有色金属矿产 | 钨矿 | 3 | 0 |
| | 铅矿 | 18 | 3 |
| | 锑矿 | 0 | 0 |
| | 铜矿 | 9 | 2 |
| | 锡矿 | 0 | 0 |
| | 锌矿 | 2 | 0 |
| 贵金属矿产 | 金矿 | 1 | 1 |
| | 银矿 | 1 | 0 |
| 稀有稀土分散元素金属矿产 | 锂矿 | 1 | 0 |
| 总计 | | 38 | 7 |

2 遥感数据源及解译标志

本文主要使用了 2 期用于土地变更调查的遥感数据,包括高分一号、高分二号、资源三号 and SPOT6 等多种类型,分别获取于 2015 年底和 2016 年底。2 期遥感数据都完整地覆盖了研究区全境,且遥感图像融合镶嵌效果较好、色彩配置恰当,不需专门处理,可直接用于遥感信息提取,给研究区尾矿库遥感调查工作提供了较好的遥感数据源。

尾矿库的遥感识别方法在文献[9,15,17,19]中都有详尽的阐述。研究区部分尾矿库遥感图像见图1。



(a) 纳如松多铅锌矿尾矿库 (b) 斯弄多铅锌矿尾矿库

图1 研究区部分尾矿库遥感图像

Fig.1 Remote sensing images of some tailing reservoirs in study area

总体上,根据当地的地形、地质条件不同,尾矿库的形状也不尽相同,但必然会有尾矿库坝体,可以根据类似水库的坝体特征初步识别尾矿库。与水库不同的是,水库内几乎全是水体,而正在利用的尾矿库内主要是尾矿砂,也可能有水体。根据以上特征可将正在利用的尾矿库与水库区别开。正在建设的尾矿库内往往即无水体又无尾矿砂,可根据其圈闭的坝体特征和旁边的选矿设施或矿山建筑物进行识别。

3 尾矿库遥感调查结果

通过人机交互遥感解译,结合野外调查验证,在研究区共圈定了21处金属矿尾矿库。其中,13处尾矿库正在利用,占尾矿库总数量的62%;8处尾矿库正在建设,占尾矿库总数量的38%(表3)。

表3 研究区尾矿库遥感调查信息一览表

Tab.3 List of remote sensing investigation for tailing reservoirs in study area

| 序号 | 行政区 | 矿种 | 面积/hm ² | 利用状态 | 所属成矿带 |
|----|----------|-----|--------------------|------|---------|
| 1 | 拉萨市林周县 | 铅锌矿 | 8.31 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 2 | 拉萨市林周县 | 铁矿 | 7.66 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 3 | 拉萨市堆龙德庆区 | 铅锌矿 | 9.72 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 4 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铅锌矿 | 4.31 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 5 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铜矿 | 34.72 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 6 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铅锌矿 | 10.86 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 7 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铜矿 | 18.10 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 8 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铜矿 | 26.14 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 9 | 拉萨市墨竹工卡县 | 铜矿 | 66.56 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 10 | 日喀则市昂仁县 | 铅锌矿 | 8.85 | 正在利用 | 其他 |
| 11 | 日喀则市谢通门县 | 铅锌矿 | 17.48 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 12 | 日喀则市谢通门县 | 铅锌矿 | 17.67 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 13 | 日喀则市谢通门县 | 铜矿 | 4.26 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 14 | 日喀则市谢通门县 | 铜矿 | 3.87 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 15 | 昌都市江达县 | 铜矿 | 36.16 | 正在利用 | 西南三江成矿带 |
| 16 | 山南市加查县 | 金矿 | 3.48 | 正在利用 | 其他 |
| 17 | 那曲地区嘉黎县 | 铅锌矿 | 10.34 | 正在利用 | 冈底斯成矿带 |
| 18 | 那曲地区申扎县 | 铜矿 | 2.88 | 正在建设 | 其他 |
| 19 | 那曲地区申扎县 | 铜矿 | 9.21 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 20 | 那曲地区申扎县 | 铜矿 | 3.55 | 正在建设 | 冈底斯成矿带 |
| 21 | 阿里地区噶尔县 | 锑矿 | 9.64 | 正在建设 | 其他 |

4 金属矿开采强度分析

尾矿库的分布数量、利用状况和规模大小都可以体现出区域金属矿开采强度或开采潜力,本文利用这些信息分别探讨不同行政区、不同成矿带、不同矿种的开采强度和开采潜力。

4.1 不同行政区金属矿开采强度分析

表4为各行政区尾矿库数量和面积统计。由表4可知,拉萨市的尾矿库数量最多,有9处,其中7处正在利用,2处正在建设;其次是日喀则市,有5

处,其中3处正在利用,2处正在建设;再次是那曲地区,有4处,其中1处正在利用,3处正在建设;昌都市、山南市和阿里地区各有1处尾矿库。尾矿库数量显示,拉萨市正在利用尾矿库最多,指示拉萨市金属矿开采强度最大;而那曲地区正在建设的尾矿库最多,指示那曲地区金属矿开采潜力最大。县级行政区方面,拉萨市墨竹工卡县的尾矿库数量最多,其中4处正在利用,2处正在建设;其次是日喀则市谢通门县,其中2处正在利用,2处正在建设;再次是那曲地区申扎县,有3处,均为正在建设尾矿库。尾矿库数量显示,拉萨市墨竹工卡县正在利用尾矿

库最多,指示该县金属矿开采强度最大;而那曲地区申扎县正在建设的尾矿库最多,指示该县金属矿开采潜力最大。根据表4,拉萨市尾矿库占地面积最大,其中正在利用尾矿库占地93.68 hm²,正在建设尾矿库占地92.70 hm²;其次是日喀则市,其中正在利用尾矿库占地44.00 hm²,正在建设尾矿库占地8.13 hm²;再次是昌都市,有36.16 hm²,为正在利用尾矿库占地;那曲地区尾矿库占地25.98 hm²,阿里地区尾矿库占地9.64 hm²,山南市尾矿库占地3.48 hm²。尾矿库规模显示,拉萨市无论正在利用还是正在建设的尾矿库占地面积都较大,指示出拉萨市的金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。县级行政区方面,拉萨市墨竹工卡县的尾矿库占地面积最大,达160.69 hm²,其中正在利用尾矿库占地67.99 hm²,正在建设尾矿库占地92.70 hm²;其次是日喀则市谢通门县,有43.28 hm²,其中正在利用尾矿库占地35.15 hm²,正在建设尾矿库占地8.13 hm²;再次是昌都市江达县,有36.16 hm²,为正在利用尾矿库占地。尾矿库规模显示,拉萨市墨竹工卡县无论正在利用还是正在建设的尾矿库占地面积都较大,指示出该县的金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。

表4 各行政区尾矿库一览表

Tab.4 List of tailing reservoirs in each administrative region

| 行政区 | 正在利用 | | 正在建设 | | |
|------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | 数量/处 | 面积/hm ² | 数量/处 | 面积/hm ² | |
| 拉萨市 | 林周县 | 2 | 15.97 | 0 | 0 |
| | 堆龙德庆区 | 1 | 9.72 | 0 | 0 |
| | 墨竹工卡县 | 4 | 67.99 | 2 | 92.70 |
| | 合计 | 7 | 93.68 | 2 | 92.70 |
| 日喀则市 | 昂仁县 | 1 | 8.85 | 0 | 0 |
| | 谢通门县 | 2 | 35.15 | 2 | 8.13 |
| | 合计 | 3 | 44.00 | 2 | 8.13 |
| 昌都市 | 江达县 | 1 | 36.16 | 0 | 0 |
| 山南市 | 加查县 | 1 | 3.48 | 0 | 0 |
| 那曲地区 | 嘉黎县 | 1 | 10.34 | 0 | 0 |
| | 申扎县 | 0 | 0 | 3 | 15.64 |
| | 合计 | 1 | 10.34 | 3 | 15.64 |
| 阿里地区 | 噶尔县 | 0 | 0 | 1 | 9.64 |

综合尾矿库数量、尾矿库规模和现登记采矿权数量信息,发现拉萨市金属矿开采强度较大,拉萨市和那曲地区金属矿开采潜力较大;县级行政区上,拉萨市墨竹工卡县金属矿开采强度较大,拉萨市墨竹工卡县和那曲地区申扎县金属矿开采潜力较大。

4.2 不同成矿带金属矿开采强度分析

遥感调查结果显示,研究区绝大部分尾矿库位于冈底斯成矿带,共16处,其中10处正在利用,6

处正在建设;在西南三江成矿带有1处正在利用的尾矿库;另有4处尾矿库没有分布在我国重要成矿带内。尾矿库数量上显示,冈底斯成矿带无论正在利用还是正在建设的尾矿库都较多,指示出冈底斯成矿带金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。

通过尾矿库占地面积分析,冈底斯成矿带的尾矿库占地面积最大,达252.76 hm²,其中正在利用尾矿库占地139.17 hm²,正在建设尾矿库占地113.59 hm²;西南三江成矿带尾矿库占地面积36.16 hm²,为正在利用尾矿库。尾矿库规模显示,冈底斯成矿带无论正在利用还是正在建设的尾矿库面积都较大,指示出冈底斯成矿带金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。

综合尾矿库数量、尾矿库规模和现登记采矿权数量信息,发现冈底斯成矿带金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。

4.3 不同矿种开采强度分析

表5为不同矿种尾矿库数量和面积统计。由表5可知,有色金属矿种的尾矿库数量占绝大多数,其中11处正在利用,8处正在建设;黑色金属矿产和贵金属矿产各有1处正在利用尾矿库。尾矿库数量显示,有色金属矿产无论正在利用还是正在建设的尾矿库都较多,指示出有色金属矿产开采强度较大、开采潜力亦较大。

表5 不同矿种尾矿库一览表

Tab.5 List of tailing reservoirs for different mine types

| 类型 | 矿种 | 正在利用 | | 正在建设 | |
|--------|-----|------|--------------------|------|--------------------|
| | | 数量/处 | 面积/hm ² | 数量/处 | 面积/hm ² |
| 黑色金属矿产 | 铁矿 | 1 | 7.66 | 0 | 0 |
| | 铜矿 | 3 | 88.98 | 7 | 116.47 |
| 有色金属矿产 | 铅锌矿 | 8 | 87.54 | 0 | 0 |
| | 锑矿 | 0 | 0 | 1 | 9.64 |
| | 合计 | 11 | 176.52 | 8 | 126.11 |
| 贵金属矿产 | 金矿 | 1 | 3.48 | 0 | 0 |

具体矿种方面,铜矿的尾矿库数量最多,其中3处正在利用,7处正在建设;其次是铅锌矿,有8处,均为正在利用尾矿库;铁矿、锑矿和金矿各有1处尾矿库。尾矿库数量显示,铅锌矿正在利用尾矿库最多,指示铅锌矿开采强度最大;而铜矿正在建设的尾矿库最多,指示铜矿开采潜力最大。

根据表5,有色金属矿产尾矿库占地面积最大,其中正在利用尾矿库占地176.52 hm²,正在建设尾矿库占地126.11 hm²;其次是黑色金属矿产,有7.66 hm²,为正在利用尾矿库占地;再次为贵金属矿产,有3.48 hm²,为正在利用尾矿库占地。尾矿库规模显示,有色金属矿产无论正在利用还是正在建设的尾矿库面积都较大,指示出有色金属矿产

开采强度较大、开采潜力亦较大。

具体矿种方面,铜矿尾矿库占地面积最大,其中正在利用尾矿库占地 88.98 hm^2 ,正在建设尾矿库占地 116.47 hm^2 ;其次是铅锌矿,有 87.54 hm^2 ,为正在利用尾矿库占地;再次为锑矿,有 9.64 hm^2 ,为正在建设尾矿库占地;铁矿尾矿库有 7.66 hm^2 ,金矿尾矿库有 3.48 hm^2 。尾矿库规模显示,铜矿和铅锌矿正在利用尾矿库面积较大,指示铜矿和铅锌矿开采强度大;而铜矿正在建设的尾矿库面积最大,指示铜矿开采潜力最大。

综合尾矿库数量、尾矿库规模和现登记采矿权数量信息,发现有色金属矿产开采强度较大、开采潜力亦较大;具体矿种上,铅锌矿和铜矿开采强度较大,铜矿开采潜力大。

5 结论

本文尝试利用尾矿库遥感调查资料分析评价研究区金属矿产开采强度,主要的认识有:

1)从地级行政区角度,拉萨市金属矿开采强度较大,拉萨市和那曲地区金属矿开采潜力较大;县级行政区上,拉萨市墨竹工卡县金属矿开采强度较大,拉萨市墨竹工卡县和那曲地区申扎县金属矿开采潜力较大。

2)从成矿带角度,冈底斯成矿带金属矿开采强度较大、开采潜力亦较大。

3)从矿种角度,有色金属矿产开采强度较大、开采潜力亦较大;具体矿种上,铅锌矿和铜矿开采强度较大,铜矿开采潜力大。

本文根据尾矿库数量、尾矿库利用状态、尾矿库规模以及现登记采矿权数量信息分析评价研究区不同行政区、不同成矿带、不同矿种的金属矿开采强度和开采潜力,方法简单、易于操作,可为其他地区金属矿开采强度分析评价提供借鉴和参考。

本文使用的基础数据,除现登记采矿权数量信息由原国土资源部提供的采矿权资料统计得出外,其他数据都来自遥感调查,限于收集到的遥感数据,未能调查出各尾矿库的尾矿资源量,有待有志学者深入探讨研究。

志谢: 本文研究和野外调查过程中得到了安翠娟、汪劲、李光昭、茹意、陈俊伸、宋立东和陈剑南等同仁的帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献 (References):

[1] 中华人民共和国国土资源部. 2017 中国矿产资源报告[M]. 北

京:地质出版社,2017:14-20.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2017 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017: 14-20.

[2] 中华人民共和国国土资源部. 2016 中国矿产资源报告[M]. 北京:地质出版社,2016:15-22.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2016 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016: 15-22.

[3] 中华人民共和国国土资源部. 2015 中国矿产资源报告[M]. 北京:地质出版社,2015:13-18.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2015 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015: 13-18.

[4] 中华人民共和国国土资源部. 2014 中国矿产资源报告[M]. 北京:地质出版社,2014:13-17.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2014 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014: 13-17.

[5] 中华人民共和国国土资源部. 2013 中国矿产资源报告[M]. 北京:地质出版社,2013:11-14,32.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2013 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2013: 11-14, 32.

[6] 中华人民共和国国土资源部. 2012 中国矿产资源报告[M]. 北京:地质出版社,2012:20-29.

Ministry of Land and Resources People's Republic of China. 2012 China Mineral Resources [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012: 20-29.

[7] 路云阁,李春霖,刘采,等. 西藏东部地区矿产资源开发状况及其评价[J]. 生态与农村环境学报,2016,32(3):379-382.

Lu Y G, Li C L, Liu C, et al. Status of exploitation of mineral resources in east Tibet and its evaluation[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2016, 32(3): 379-382.

[8] 何芳,徐友宁,乔冈,等. 中国矿山环境地质问题区域分布特征[J]. 中国地质,2010,37(5):1520-1529.

He F, Xu Y N, Qiao G, et al. Regional distribution characteristics of mine environmental geological problems in China[J]. Geology in China, 2010, 37(5): 1520-1529.

[9] 周英杰,王晓红,姚维岭,等. 山东省尾矿库遥感调查与环境影响分析[J]. 中国地质调查,2017,4(4):88-92.

Zhou Y J, Wang X H, Yao W L, et al. Remote sensing investigation and environmental impact analysis of tailing ponds in Shandong Province[J]. Geology Survey of China, 2017, 4(4): 88-92.

[10] 高永志,初禹,梁伟. 黑龙江省矿集区尾矿库遥感监测与分析[J]. 国土资源遥感,2015,27(1):160-163. doi:10.6046/gtzyy. 2015. 01. 25.

Gao Y Z, Chu Y, Liang W. Remote sensing monitoring and analysis of tailings ponds in the ore concentration area of Heilongjiang Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(1): 160-163. doi:10.6046/gtzyy. 2015. 01. 25.

[11] 强建华. 陕西省尾矿库遥感调查与环境影响分析[J]. 金属矿山,2013,42(10):112-115.

Qiang J H. Remote sensing investigation and environmental impact analysis of tailing dams in Shaanxi Province [J]. Metal Mine,

- 2013,42(10):112-115.
- [12] 方雪娟,丁 镭,张 志. 大冶陈贵镇小型尾矿库分布特征及环境影响分析[J]. 国土资源遥感,2013,25(1):155-159. doi:10.6046/gtzyyg.2013.01.27.
Fang X J, Ding L, Zhang Z. An analysis of distribution characteristics and environmental effect of small tailing ponds in Chengui town, Daye[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(1):155-159. doi:10.6046/gtzyyg.2013.01.27.
- [13] 郝利娜,张 志,何文熹,等. 鄂东南尾矿库高分辨率遥感图像识别因子研究[J]. 国土资源遥感,2012,24(3):154-158. doi:10.6046/gtzyyg.2012.03.27.
Hao L N, Zhang Z, He W X, et al. Tailings reservoir recognition factors of the high resolution remote sensing image in southeastern Hubei[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2012, 24(3):154-158. doi:10.6046/gtzyyg.2012.03.27.
- [14] 肖如林,吕 杰,付 卓,等. 张家口市尾矿库环境风险遥感监测应用研究[J]. 遥感技术与应用,2014,29(1):100-105.
Xiao R L, Lyu J, Fu Z, et al. The application of remote sensing in the environmental risk monitoring of tailings pond in Zhangjiakou City, China [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29(1):100-105.
- [15] 张 静,郑春丽,王建英,等. 北方稀土尾矿库周边重金属污染调查[J]. 环境科学与技术,2016,39(4):144-148.
Zhang J, Zheng C L, Wang J Y, et al. Survey of heavy metal pollution nearby a rare earth mine tailing reservoir in North China[J]. Environmental Science and Technology, 2016, 39(4):144-148.
- [16] 马国超,王立娟,马 松,等. 矿山尾矿库多技术融合安全监测运用研究[J]. 中国安全科学学报,2016,26(7):35-40.
Ma G C, Wang L J, Ma S, et al. Research on mine tailing pond safety monitoring based on multiple technology fusion [J]. China Safety Science Journal, 2016, 26(7):35-40.
- [17] 王洛锋. 尾矿库资源调查方法探讨与实践[J]. 中国钨业, 2017, 32(1):55-58, 74.
Wang L F. Investigation methods and practice for tungsten resources in tailings reservoir [J]. China Tungsten Industry, 2017, 32(1):55-58, 74.
- [18] 李玉凤,包景岭,张锦瑞. 铁尾矿资源开发利用现状分析[J]. 中国矿业,2015,24(11):77-81, 121.
Li Y F, Bao J L, Zhang J R. Status analysis of iron tailings comprehensive utilization [J]. China Mining Magazine, 2015, 24(11):77-81, 121.
- [19] 苏 建,欧孝夺,樊克世,等. 广西无主尾矿库闭库程序研究及应用[J]. 中国矿业,2015,24(4):63-68.
Su J, Ou X D, Fan K S, et al. The exploration research of optimization for ownerless tailing pond closure procedure in Guangxi [J]. China Mining Magazine, 2015, 24(4):63-68.
- [20] 星球地图出版社. 西藏自治区地图集[M]. 北京:星球地图出版社,2017:2.
Star Map Publishing House. Atlas of Tibet Autonomous Region [M]. Beijing:Star Map Publishing House, 2017:2.

An analysis of mining intensity about metal mines based on investigation of tailing reservoirs in Tibet

WANG Haiqing, LI Li, CHEN Ling, XU Wenjia, YANG Jinzhong, LIU Qiong

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on remote sensing technology, the authors investigated the distribution of tailings reservoir in Tibet, such as its mineral resources, utilization status and scale. The current mining intensity of different administrative regions, different metallogenic belts and different mine types in Tibet was analyzed. Some conclusions have been reached: for different prefectural-level divisions, the metal mines' mining intensity in Lhasa City is the largest, the metal mines exploitation potential in Lhasa City and Naqu area are larger. For different county-level administrative regions, the metal mines mining intensity in Mozhuogongka County of Lhasa City is the largest, the metal mines exploitation potential in Mozhuogongka County of Lhasa City and Shenzha County of Naqu area are larger. For different important metallogenic belts, the metal mines mining intensity in Gangdise metallogenic belt is the largest, the metal mines exploitation potential in Gangdise metallogenic belt is also the largest. For different mine types, the metal mines mining intensity of nonferrous minerals is the largest, the metal mines exploitation potential of nonferrous minerals is also the largest. For different specific mine types, the metal mines mining intensity of lead-zinc mines and copper mines are the largest, and the metal mines exploitation potential of lead-zinc mines is the largest.

Keywords: Tibet; metal mines; mining intensity; tailings reservoir; remote sensing

(责任编辑:张 仙)