

基于生态保护优先的青藏高原矿产资源勘查开发的对策

徐友宁, 乔 冈, 张江华

XU Youning, QIAO Gang, ZHANG Jianghua

中国地质调查局西安地质调查中心/自然资源部陕西潼关金矿区地质环境野外科学观测基地, 陕西 西安 710054
Xi'an Center of Geological Survey, CGS/Field Scientific Observation Base of the MNR on Ming Geo-Environment in Tongguan Gold Mine Area, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要: 青藏高原矿产资源开发在地区经济社会发展中具有支柱性地位, 是中国重要的矿产资源后备开发及战略基地, 但同时又是中国重要的生态环境屏障, 资源开发与生态环境保护成为重大的资源环境问题。通过矿山地质环境调查发现, 由于以往环境保护意识不足等多种因素的综合影响, 矿产资源勘查开发对高原植被生态影响严重, 高山草甸植被保护与修复成为青藏高原矿山最主要、最突出的环境问题。基于寒冷、缺氧、少土、交通不便等制约性自然因素, 提出了源头优先保护生态的矿产资源勘查开发的对策建议: 提高青藏高原矿山准入条件、构建基于源头生态保护的机制、制定开发利用规划、基于矿山地质环境承载力评价的矿山布局、建立勘查及合理开发的矿产资源储备基地、建立矿山生态环境长期监测网、推广高原植被生态修复技术体系等, 为政府科学决策矿产资源绿色勘查开发提供地质依据。

关键词: 矿产资源; 生态环境; 矿山地质环境; 绿色开发; 青藏高原

中图分类号: P62; X14 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2018)12-2125-06

Xu Y N, Qiao G, Zhang J H. Countermeasures and suggestions concerning mineral resources exploitation based on the ecological conservation priority in the Tibetan Plateau. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(12):2125-2130

Abstract: The Tibetan Plateau is an important ecological environment barrier in China. Protecting a fragile and important eco-environment is a major environmental issue that must be considered first in the development of mineral resources. The exploitation of mineral resources in the Tibetan Plateau has an important pillar position in regional economic and social development, and is also an important reserve and strategic base for the development of mineral resources in China. Based on the survey of mine geo-environment, the authors hold that, due to the comprehensive influence of various factors such as insufficient awareness of environmental protection in the past, the impact of exploration and development of mineral resources on the vegetation ecology of the plateau is generally serious, and hence the protection and restoration of alpine meadow vegetation become the most important and most conspicuous environmental problem in the Tibetan Plateau. Based on the restrictive factors such as coldness, hypoxia, little soil and inconvenient traffic, this paper puts forward the countermeasures for the exploration and development of mineral resources that have the priority in protecting the vegetation ecology of the source: improve the permit conditions for mining in the Tibetan Plateau, build a mechanism based on the ecological protection of the source, formulate the development and utilization planning, mining layout based on assessment of mining geo-environmental carrying capacity, establish a base for mineral resources reserves that can be explored and reasonably developed, establish a long-term monitoring network for mine eco-environment and promote the ecological restoration

收稿日期: 2018-01-10; 修订日期: 2018-10-15

资助项目: 科技部重点研发计划《矿山开采与地质环境监测评价防治标准研究》(编号: 2017YFF0206803)、中国地质调查局项目《青海矿业开发地质环境效应调查》(编号: 1212011220224)、《秦岭及宁东矿产资源集中开采区地质环境调查》(编号: DD20160336)和自然资源部行业科研专项《矿集区地球化学环境累积效应及预警研究》(编号: 20111020)

作者简介: 徐友宁(1963-), 男, 博士, 研究员, 从事矿山地质环境调查及防治研究。E-mail: 948477575@qq.com

technology system of plateau vegetation. The purpose is to provide a geological basis for the government to make scientific decisions in the exploration and development of green mineral resources.

Key words: mineral resources; eco-environment; mining geo-environment; green exploitation; Tibetan Plateau

矿产资源开发促进了地区经济社会发展,同时,不科学、不合理的开发活动,会破坏矿区自然资源,如土地资源、水资源、林草地资源、地形地貌景观资源等,严重者会造成资源损毁、诱发地质灾害和污染水土环境^[1],危及矿山生产和居民世代生存的环境。矿业开发活动一旦超过自然生态系统的承载能力,就会影响矿山地质环境系统的功能,不利于矿业和国民经济的可持续发展^[2]。

青藏高原有“世界屋脊”和“地球第三极”之称,是中国重要的生态屏障,生态系统具有脆弱性和敏感性的特点,如果生态环境系统遭到破坏,则生态环境变化的“蝴蝶效应”将会对高原及周边生态环境与社会发展产生重大影响^[3]。寒冷、缺氧、少土、交通不便等不利的自然因素,不仅降低了矿产资源开采及选冶效率,同时导致高原植被修复重建的代价、难度均高于内地,治理成效差于内地。矿区是矿产、土地、林草、水、地貌景观等多种资源的聚集地,在开发矿产资源的同时,必须保护好其他自然资源。由于青藏高原植被生态脆弱,因此保护和修复植被生态成为青藏高原矿产资源勘查、开发必须重视和解决的环境问题。

如何科学对待青藏高原矿产资源开发与生态环境保护的关系,众多学者从不同角度进行了探讨和研究。吴国禄^[4]提出树立生态优先的理念,实现勘查开发与保护并举,绿色与利用并重的原则。高小源^[5]提出西藏实施绿色矿业的3个环节:一是建立环境评价指标体系和技术标准,制定绿色矿业规划;二是通过技术创新,实现采选冶过程的小扰动、无毒害和少污染;三是通过矿山环境治理和生态修复,实现环境扰动最小化和生态再造最优化,从“绿色地勘”开始延续至“绿色矿山”。徐红燕等^[6]认为应树立矿山环境生态化的先进典型;王旭等^[7]提出基于资源开发的环境敏感性评价结果,合理布局矿山,确保矿产资源开发在青藏高原环境承载力范围内。张兴等^[8]提出矿产资源开发应服从、服务生态文明建设的总体布局。李贤等^[9]提出青海历史上砂金过采区“修复河道+地貌平整+客土回填+植被恢复+后期管护”的植被重建模式。以上研究从不同角度探讨

了矿山生态环境保护与治理工作,但系统性对策研究有待深化。

国土资源大调查以来,青藏高原发现了一批大型及超大型矿产资源,加之青藏高原成矿地质条件良好,后续发现新的矿产资源的潜力巨大。青藏高原矿产勘查、开发的同时,能否保护好脆弱而又重要的生态环境?矿产资源绿色勘查和开发对生态环境影响如何?影响和破坏的生态环境能否恢复?本文基于源头保护理念,提出基于生态环境保护优先的青藏高原矿产资源开发的对策建议,试图回答当前政府和科学家极为关注的资源勘查开发与环境保护的热点问题,为政府科学决策提供依据。

1 青藏高原生态环境背景

青海、西藏是青藏高原的核心省区,土地面积 $1.92 \times 10^6 \text{ km}^2$,4500m以上的高原腹地年均气温在 0°C 以下,寒冷多风岩石冻融风化强烈,成土过程缓慢,多年冻土面积占中国冻土总面积的70%,干旱与半干旱地区约占高原总面积的4/5,风沙地貌较普遍。高原大气含氧量大多不足海平面氧气的72%,特殊的气象因素孕育出高寒草原、高山草甸与荒漠三大生态系统类型^[9]。高山草甸土层厚度不足30cm,缺乏营养物质,且土壤抗侵蚀能力弱。植被生长期每年仅在6~8月,植物生长缓慢,自然生产能力低下^[10]。因而生态环境脆弱而敏感,植被一旦被破坏,自我恢复能力差。土壤侵蚀、土地沙化、草原退化是高原最严重的区域性生态环境问题。

在全球气候变暖的大环境条件下,高原天然草场的退化、沙化、水土流失、土壤盐渍化日趋明显。如青海、西藏两省区土地荒漠化面积现已超过 $830 \times 10^4 \text{ hm}^2$,尤其是青海,20世纪50—80年代间土地荒漠化以平均每年 $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 速度扩展。过牧超载则使青藏两省区18%的天然草场退化或沙化,裸露沙丘面积增至 6000 hm^2 以上^[9]。环境变化、过度放牧等多种因素叠加,加剧了青藏高原生态环境退化和破坏,例如造成湖泊萎缩、河流断流、草场退化、沙漠化、雪线升高^[12]。

2 矿产资源开发对地质环境的影响

2.1 矿产资源开发的支柱性地位

截至 2014 年底,青藏高原发现大型矿产地 221 处、中型 304 处,特别是青海的察尔汗钾盐湖、夏日哈木铜镍矿、大场金矿、多才玛铅锌矿,西藏甲玛铜矿、多龙铜矿等在国内有重要影响的大型及超大型矿产地,构成了柴达木盆地能源化工矿产资源集中区、西藏“两江两河”有色贵金属资源集中区、西南三江流域有色金属集中区和羌塘高原有色金属集中区^[13],使青藏高原成为中国钾盐、铬铁矿、铜、铅、锌、金、镍等矿产资源的基地。

矿产资源开发在经济社会发展中具有重要地位。截至 2013 年底,青海、西藏两省区有矿山企业 1134 家,从业人员 7.5 万余人,矿业开发总产值 600 多亿元,是本地区经济社会发展的支柱性产业。除水电以外,石油天然气、盐湖化工、有色金属等成为直接以矿产资源开发利用为依托的产业。2012 年的青海矿业总产值为 49.15 亿元,占全省工业总产值的 22.65% 及生产总值的 14.41%^[14]。

2.2 矿山地质环境问题

青藏高原矿产资源开发产生和加剧了矿山地质环境问题,与内地没有质的差异,如造成矿山所在高山峡谷地区的崩塌、滑坡、泥石流地质灾害,高原草地占压与破坏,金属矿山废水排放造成水土环境重金属污染等。截至 2013 年,两省区矿山发生崩塌、滑坡、泥石流地质灾害 116 起。矿山占用与损毁土地 910 km² (约占青藏高原面积的 0.047%), 年废水排放量 7384 × 10⁴ t, 年废水综合利用率不足 5%。祁连山铅锌矿、甲玛铜矿区自然及后续排放重金属及酸性水污染河流。强烈的冻融作用,导致高山峡谷区崩塌、滑坡及碎石流发育,成为制约矿山布局和威胁生产安全的重要因素。例如 2013 年 3 月 29 日甲玛铜矿区滑坡造成 83 人死亡和失踪的特大地质灾害,社会影响严重。

同时由于生态环境的脆弱性,植被生态破坏成为青藏高原最突出、最难恢复治理的重要问题。露天采坑挖损植被、废渣堆压破坏植被、采矿塌陷损毁植被,矿区地下水下降、地表水减少造成植被退化等。由于寒冷多风、缺少植被修复的土壤基质,草籽在废石渣场大块度的空隙中发不了芽,扎不了根。气候寒冷导致年植被生长期仅有 6~8 月 3 个

月,植物生长缓慢。植被自然修复需要几十年乃至百年,人工强制恢复到植被自然演替需要十年以上。露天采场高陡岩面、巨大的废石渣坡区植被难以复绿。

2.3 矿山地质环境问题的主要影响因素

研究区历史上缺乏环境保护意识、法规不全、监管不到位、严酷的自然气候条件及矿山企业“重开发轻保护”等多重因素综合叠加,造成矿山地质环境问题较为严重。青藏高原矿山地质环境保护工作与内地一样,经历了 3 个阶段。第一阶段,即 2000 年之前,该阶段“只开发不治理,只破坏不修复”,加之可可西里砂金矿历史上非法开采等原因,导致高原草地破坏严重。由于“重开发轻保护”这一历史局限性,导致政府在制定和监管矿山地质环境保护措施时,缺乏硬性要求。如青海省仅要求矿山企业消除露天矿边帮的不稳定危岩体,没有强制要求恢复治理破坏的植被生态,因而未对露天矿采坑、台面进行植被恢复。第二阶段即 2000—2012 年,尽管矿山企业开始开展地质环境保护工作,但绝大多数矿山企业仍沿袭“先破坏后治理”、“重开发轻治理”等落后的矿业开发模式,没有真正履行矿山生态环境预防、治理、监测的责任。第三个阶段,源头预防、过程控制、责任追究的“生态文明建设”阶段,但这一全面、科学的环境保护理念才刚刚开始推行与落实。

3 保护性开发的对策

面对青藏高原丰富的矿产资源及脆弱的生态环境这一现状,必须妥善处理资源开发与环境保护这一矛盾。矿产资源勘查开发的一切工作要基于生态保护优先、源头预防的理念,在切实保障青藏高原生态环境的前提下,绿色开发矿产资源,促进区域经济社会发展。

3.1 树立源头保护性开发意识,从根本上减轻生态环境影响

相对于青藏高原自然环境变迁造成的区带性草地退化、土地沙化而言,矿山生态破坏属于“点状”的“牛皮癣”,属于人为活动,通过法律政策监管等能够减少、减轻“牛皮癣”而不至于发展形成“癌症”。面对脆弱的生态环境,构建源头保护的法规制度,政府监管企事业守住生态功能底线和红线,树立源头预防生态环境破坏的资源开发观,采用对

环境影响轻、可恢复的绿色勘查及开采技术工艺,源头预防、过程治理,少废生产、废石不出坑充填采空区等措施,减少矿业活动对植被的生态影响,保护高原植被生态,使大部分矿山生态地质环境影响能够处于可控制、可恢复的范围内。

3.2 提高矿业的准入条件,强化防治的监督落实

面对气候严寒、土壤缺乏、交通不便、高原植被修复重建的难度大于内地、成效差于内地的现实,对已经发现的大型矿产资源基地,吸取历史教训,基于生态优先的矿产资源开发理念,提高矿产资源开发的准入条件。限制缺乏社会责任、抵抗矿业市场风险能力弱的小企业,以及矿山地质环境防治成效差、开发利用技术落后的企业进入矿业领域。从矿业准入源头确保有实力、有社会责任的矿山企业履行矿山地质环境保护的主体责任,实现矿产资源的规模化、集约化开发与利用。制定严格的矿山地质环境保护与治理的管理制度,加强矿山企业矿山地质环境防治的主体责任和治理基金的监督工作,切实监督边开采边治理工作,避免重蹈先破坏后治理的老路。严格问责和惩处破坏矿山地质环境的责任人,实现矿山绿色开发、绿色发展。

3.3 建立基于源头保护的矿产资源开发利用方案的否决制度

构建基于源头地质环境保护的矿产资源开发利用方案的否决机制,从源头扭转“先破坏后治理”的落后理念,树立“少破坏就少治理”、“源头预防代价低于后治理代价”的新理念。在审查矿山地质环境保护与恢复治理方案时,如经过预测评价,发现若按照已经制定的矿产资源开发利用方案进行开采作业,必将导致矿山地质环境问题严重且难以恢复治理(代价高、成效差),即矿产资源开发对地质环境的影响存在难以逆转的情况存在,评审专家组可提出否决或建议修改矿产资源开发利用方案,政府责成企业修改其开发利用方案。真正从开采源头采用绿色开采技术减少对地质环境的破坏,从开采后期被动型治理变为开采源头的主动性保护。目前多数矿山存在的矿山地质环境问题,究其根源,是在制定矿产资源开发利用方案时,没有综合平衡分析矿业开发生态地质环境难以恢复及修复成本过高的问题。

3.4 制定《青藏高原矿产资源开发利用规划》

考虑到青藏高原独特的自然环境和生态环境

的重要性,国家应单独制定《青藏高原矿产资源开发利用地质环境防治规划》。针对生态环境修复难易程度,从开发区域、开采方式、最低开采规模、资源综合利用效率等方面,制定比内地更严格的矿业准入条件。提出鼓励开采区(如柴达木盆地)、暂缓开采区(4500m以上区域等)、禁止勘查开采区(自然保护区)等;划分出适宜勘查区、严格环境条件下的勘查区、禁止勘查区等;提出不同分区勘查、开发的预防、治理和监测的要求。在4000m以上高原生态脆弱区,制定较严格的露天矿边坡、台阶及排渣场地质环境恢复治理的技术要求,从制度上减少露天开采地貌景观破坏严重、边坡无法复绿、冻土破坏面积大等问题。推广绿色勘查与开发技术方法,实现保护生态、开发资源、促进经济发展的目的。依据地质灾害的易发性、水土地球化学高背景值、周边敏感的保护对象,科学合理布局采选冶活动,切实维护好矿区生态环境。

3.5 制定绿色勘查地质环境防治技术指南

①加强矿产资源勘查活动地质环境影响的有限性和可控性宣传,为矿产资源勘查活动营造良好的社会氛围,促进矿产地质勘查工作的科学化及正常化。青藏高原成矿地质条件良好,勘查工作程度低,发现铜、铅、锌、铬等战略性大型及超大型矿产资源的潜力巨大。矿产资源勘查活动主要影响草甸植被和地貌景观,但仅占矿产资源“勘查-开发-闭坑”全过程地质环境影响总量的5%左右,一般可控制。通过有意识的保护性勘查开发活动,能够实现勘查工作对地质环境影响的轻量化与无害化。②制定矿产资源绿色勘查开发的技术规范,在勘查设计及成果报告中,增加地质环境防治内容的章节,加强勘查单位地质环境保护的责任。③综合考虑、科学部署勘查工程与后续矿山建设工程的衔接性,减少重复性建设与破坏。④在勘查活动施工前,提前剥离表土及草皮,土、石分类堆放在彩条布上,编录及存留影像后及时回填表土草皮,恢复植被。⑤山区修建道路,将废渣堆放在合适的位置,严禁将废石渣直接倾倒在山坡上,减少植被破坏、水土流失等。⑥加强矿床的资源量、开发的经济技术条件、矿山地质环境影响等预测评价,综合考虑在开发的经济、技术及生态地质环境保护和修复治理成本的情况下,“矿床”还是不是矿?为科学开发和决策提供地质依据。

3.6 开展大型矿产资源勘查基地矿山地质环境承载力评价

在青藏高原开发矿产,必须兼顾社会环境、生态环境和地质环境^[5],依据前瞻性的大型矿产资源规划开发区带的矿山地质环境承载力评价,科学部署矿产资源开发布局。①地质环境承载力大的地区及原生地质灾害发育程度低、生态环境系统受资源开发活动影响较轻且容易恢复的地区,是适宜资源开发的区域;②在环境承载力中等、地质灾害高发、矿产资源开发活动对生态环境影响较大的矿区,需采取保护性措施开发矿产资源;③在地质环境承载力小的地区,即地质灾害高发地区、生态环境脆弱且极难恢复的地区,不适宜开发或允许限制性开发,以保障其固有生态功能。如在高山峡谷等地质灾害易发区内禁止设置矿山重要工程、生活区等;在重要的水环境敏感区,按照分散开采、集中冶炼的原则部署矿业活动,减少矿业开发对水环境的累积影响;在生态环境脆弱区,严格论证露天开采对生态环境的影响、可恢复性、后续的可利用性(如矿山公园),减少露天开采高陡边坡、台阶上无法进行植被修复、冻土破坏等问题的发生。真正从源头杜绝超地质环境容量导致的重大地质灾害、水土污染、植被难以修复等后果。

3.7 基于生态环境保护的青藏高原矿产资源储备基地建设

根据区域地质环境承载力大小、地区生态环境脆弱性及保护需要,以保护青藏高原生态环境为前提,科学合理处理“点状资源开发”和“面状环境保护”的关系。对于目前还不能有效控制的后对生态地质环境产生严重或不可恢复影响的矿产地,尤其是 4500m 以上的高海拔地区,原则上只勘查不开发,除非该矿产资源开发在国家层面具有重要作用。建议科学布局、控制开发时序,建立国家级矿产资源战略储备基地。一则基于巨大的资源潜力和资源优势建立资源安全供应与缓冲体系,保持中国优势矿产资源的国际话语权,维护国家的资源安全和经济安全,促进矿产资源的代际合理分配和永续利用^[6]。二则切实保护好青藏高原脆弱的生态环境,为矿产资源绿色开发利用和矿山地质环境防治技术的提高争取时间。

3.8 建立青藏高原国家级矿山地质环境动态监测网

在青藏高原不同生态地质环境区选择不同类型矿产、不同开发方式的典型矿山,建立国家级矿山地质环境动态监测网站。综合采用卫星遥感、无人机、自动化仪器、半自动化仪器、人工调查、样品重复采集等天地一体化、网络化、自动化的综合性监测技术,构建长期观测的矿山地质环境监测体系,掌握青藏高原矿山地质环境的变化规律,为矿山地质环境损害风险预警、矿山地质环境治理提供科学依据。

3.9 构建高原地区矿山植被生态修复技术体系

建立青藏高原高寒、缺氧、少土区植被生态修复技术体系,促进高原生态环境恢复。①草皮移植技术,提前剥离因勘探、建设、开采等矿业活动压占、破坏的草皮及腐殖土,集中堆存管护,或边剥离边移植,加速植被修复进程;②构建高寒草地植被修复的商品种子库,推广多草种组合、覆膜保暖的植被修复技术方法;在缓坡地带,通过工程重构斜坡地貌,铺设三维格网固土,施肥改良土壤基质,撒播草种,覆膜保暖,加快寒冷地区植被恢复进程;③废渣场无土化植被重建技术,基于铜镍矿、铬铁矿围岩的橄榄岩、蛇纹岩易碎裂、细粒化特点,采取梨爬粉碎处理,使其废石细粒成为植被能够生长的松散基质,追施氮、磷、钾肥,改善基质养分,撒播草种,实现无客土的植被重建技术;④通过固废资源化利用及少废生产,废石不出井、充填废弃巷道等绿色开采方法,一劳永逸地消除废渣占地、压损植被、污染环境、废石渣链生的地质灾害等问题。

4 结 语

青藏高原成矿地质条件良好,已经成为中国重要的矿产资源开发储备及战略基地。由于环境保护意识不足、自然条件制约、修复治理技术难以应用等综合因素影响,矿产资源勘查开发对矿山生态环境影响严重。矿山生态环境一旦破坏,自我恢复及人工干预修复能力差、代价高。构建以保护生态环境优先的矿产资源勘查开发理念,通过提高矿产资源准入条件、树立源头保护的机制、制定开发利用规划、基于矿山地质环境承载力评价的矿业布局、建立可勘查但暂缓开发的矿产资源战略储备基

地、构建矿山地质环境监测网、推广高原植被生态修复技术体系等,期望为国家青藏高原矿产资源绿色勘查开发提供地质依据。

致谢:论文撰写过程中得到自然资源部矿山地质环境—陕西潼关野外观测基地资助;野外调查得到青海省水文地质环境地质工程地质勘查院、青海省环境地质局、四川省915水文地质大队的帮助,同时感谢项目组西安地质调查中心何芳、刘瑞平、陈华清、柯海玲的帮助。

参考文献

- [1]徐友宁. 矿山地质环境调查研究现状及展望[J]. 地质通报, 2008, 27(8): 1235-1244.
- [2]补建伟, 孙自永, 周爱国, 等. 中国矿山地质环境承载力研究现状[J]. 中国矿业, 2016, 1: 61-68.
- [3]张兴, 潘存海, 郭琳琳. 生态西藏视角下的特色矿产业发展模式分析[J]. 中国国土资源经济, 2015, 7: 10-13.
- [4]吴国祿. 在绿色勘查中实现找矿重大突破[J]. 水文地质工程地质, 2012, 1: 1.
- [5]高小源. 生态文明建设下的西藏特色产业发展模式探析——以矿业为例[J]. 区域经济, 2012, 11: 188-189.
- [6]徐红燕, 陈建平, 孔锐, 等. 青海省绿色矿业发展策略研究[J]. 国土资源科技管理, 2015, 32(6): 32-39.
- [7]王旭, 周爱国, 甘义群, 等. 青藏高原矿产资源开发与地质环境保护协调发展的对策探讨[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(2): 69-73.
- [8]李贤, 王福德, 张江华, 等. 青南高原砂金矿地质环境恢复治理模式探讨[J]. 中国矿业, 2013, 22(10): 73-75.
- [9]李明森. 青藏高原环境保护对策. 资源科学[J], 2000, 22(4): 78-82.
- [10]才旺贡布, 梁艳. 青藏高原生态安全问题的再认识[J]. 西藏研究, 2011, 1: 97-103.
- [11]李嘉豪, 王社欣. 矿业经济发展现状与路径探讨[J]. 商界论坛, 2015, 11: 263.
- [12]龙涛. 青藏高原和谐矿区建设评价指标体系初探[J]. 中国矿业, 2013, 22(12): 73-78.
- [13]闫旭筹, 林大泽. 青藏高原矿产资源经济区划及开发战略研究[J]. 中国矿业, 2008, 17(4): 15-18.
- [14]耿林, 彭润民, 刘晓玲. 青海矿产资源可持续开发利用战略对策研究[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2006, 2: 93-96.
- [15]吕敦玉, 余楚, 周爱国, 等. 青藏高原矿产资源开发的环境适宜性评价——以西藏达孜—工布江达地区为例[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(4): 88-95.
- [16]袁博, 李钟山, 柳群义, 等. 中国青藏高原矿产地储备战略思考[J]. 资源与产业, 2015, 17(5): 30-34.