

寒区露天矿山高边坡稳定性 分析及工程应用

罗学东 左昌群 蒋楠 黄成林 ◎ 著



湖北省自然科学基金项目(2014CFB894)

联合资助

国家自然科学基金项目(41572281)

寒区露天矿山高边坡稳定性 分析及工程应用

罗学东 左昌群 蒋楠 黄成林 著



 气象出版社
China Meteorological Press

内容提要

本书在寒区气候特征和工程地质调查的基础上,选取寒区矿山边坡代表性岩石,进行冻融循环条件下物理力学性能劣化的室内试验,拟合各物理力学参数劣化与冻融影响因素间的函数关系,确定冻融修正系数;将冻融修正系数引入岩体效应表达中,构建地质强度指标 GSI 值同 TSMR 量化值之间的线性关系,进而利用广义 Hoek-Brown 准则选取寒区边坡岩体力学参数;将寒区岩体力学参数选取成果应用于露天矿山高边坡稳定性分析,确定合理边坡角,并提出边坡稳定性监测方法和寒区矿山边坡安全控制措施。

图书在版编目(CIP)数据

寒区露天矿山高边坡稳定性分析及工程应用/罗学东等著. —北京:气象出版社,2015.12
ISBN 978-7-5029-6075-9

I. ①寒… II. ①罗… III. ①寒冷地区-露天矿-边坡稳定性-稳定分析 IV. ①TD804②TU457

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 296887 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.qxcbs.com>

责任编辑:彭淑凡

封面设计:燕 彤

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

字 数:200 千字

版 次:2015 年 12 月第 1 版

定 价:35.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:赵相宁

印 张:10.5

印 次:2015 年 12 月第 1 次印刷

前 言

我国广袤寒区蕴藏着丰富的矿产资源,新疆、西藏等地已成为重要的矿石基地,在国家经济可持续发展中有着举足轻重的作用;与我国西北部相邻、气候环境类似的吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦等国也拥有多座储量 10 亿吨以上的铁矿。由此可预见,无论国内还是国外,大量矿山将面临在寒区条件下进行露天开采以及冻融循环作用下高陡边坡的稳定性问题。

目前,受冻融循环条件下岩体损伤特性理论水平的制约,在进行寒区露天矿山设计和边坡稳定性分析时,基本沿用传统的方法,未科学考虑特殊气候环境条件下冻融劣化的影响。但是,高寒地区矿山岩质边坡有着自身显著的特殊性,在地下水和大气降水的双重作用下,岩体中的微裂隙和宏观节理裂隙往往处于含水状态。而纯水在 1 个大气压下,当温度降到 0°C 以下时会凝结成冰,伴随这一过程约有 9% 的体积膨胀,常引发冻融剥蚀,甚至诱发崩塌与滑坡等不良地质灾害。可见,节理裂隙的发育规模与保水量对高寒地区矿山边坡稳定性有显著影响。如果不从理论上解决冻融条件与边坡稳定的内在机制问题,在确定矿山边坡角时要么偏于保守导致成本增加,要么过于冒进导致施工安全隐患增加,影响矿山正常生产。

露天矿开采过程中形成的人工边坡,服务期短则十几年,长则几十年甚至上百年,最终边坡漫长的形成过程中有诸多不确定因素,势必给矿山生产带来一定的安全隐患,为此,世界各国都围绕这一问题展开了深入研究,但多侧重于事后防护。因此,针对寒区矿山具体特点,研究并提出矿山预防性安全控制措施也显得尤为重要。

本书以新疆维吾尔自治区的蒙库铁矿为依托,展开寒区环境下露天矿山边坡稳定性分析与安全控制措施制订等研究工作。全书共分 7 章,第 1 章为绪论,介绍了研究意义、研究现状和研究内容;第 2 章分析了依托工程的气候特征,研究了露天边坡的工程地质性质;第 3 章以试验为基础,研究了冻融循环作用对岩块物理力学性能的影响;第 4 章进行了岩体质量评价,并确定了岩体力学参数;第 5 章应用 FLAC 计算软件,采用强度折减法进行边坡稳定性分析,并对边坡角进行了优化;第 6 章详细阐述了寒区边坡安全控制措施;第 7 章为结论与展望。

本书在撰写的过程中,得到了中国地质大学(武汉)陈建平教授、周传波教授、吴立教授、徐光黎教授等的大力支持和帮助;研究过程中,现场试验和数据采集工作得到了蒙库铁矿广大工程技术人员的全力协助;刘辉、姚颖康、李扬、彤增湘、吕乔森、代贞伟、闫苏涛、冯庆高、苟阳等研究生在资料整理分析方面也付出了辛勤劳动,在此一并致以衷心的感谢!

本书的撰写参考了大量同行的相关文献和专业书籍,谨向其作者深表谢意!

由于作者水平和能力所限,书中难免有错误和不足之处,恳请读者批评指正。

作者

2015年8月

目 录

前 言	(1)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 研究背景及现状分析	(2)
1.3 研究内容与研究思路	(6)
第 2 章 气候特征与工程地质性质	(8)
2.1 自然地理与气候特征	(8)
2.2 地层岩性	(9)
2.3 地质构造	(12)
2.4 水文地质特征	(14)
2.5 岩体结构面特征测试	(15)
2.6 岩体质量超声波测试	(21)
2.7 工程地质分区及评价	(26)
2.8 本章小结	(28)
第 3 章 冻融循环作用对岩石物理力学性能影响研究	(29)
3.1 矿区岩体物理力学性质	(29)
3.2 冻融试验方案设计	(32)
3.3 冻融循环对岩块物理力学性能影响研究	(35)
3.4 冻融循环条件下岩石劣化机理	(41)
3.5 本章小结	(45)
第 4 章 寒区高边坡岩体质量评价与力学参数确定	(46)
4.1 边坡岩体质量评价方法概述	(46)
4.2 考虑冻融循环作用的边坡岩体质量评价	(48)
4.3 基于广义 Hoek-Brown 准则的边坡岩体力学参数选取	(50)
4.4 本章小结	(53)

第5章 边坡稳定性分析与坡角优化	(54)
5.1 基本理论	(55)
5.2 蒙库铁矿露天开挖过程的三维数值仿真分析	(60)
5.3 蒙库铁矿露天高边坡强度稳定性分析	(109)
5.4 蒙库铁矿露天边坡设计参数优化分析	(115)
5.5 本章小结	(122)
第6章 寒区矿山高边坡安全控制措施	(124)
6.1 概述	(124)
6.2 蒙库铁矿边坡稳定性影响因素分析	(124)
6.3 蒙库铁矿露天边坡安全控制措施	(129)
6.4 服务于边坡预防性安全控制措施的监测系统建立	(133)
6.5 基于预防性安全控制措施的爆破参数选择	(140)
6.6 本章小结	(153)
第7章 结论与展望	(154)
7.1 结论	(154)
7.2 展望	(156)
参考文献	(157)

第1章 绪 论

1.1 引言

我国寒区面积世界排名第三,约 75%的国土陆地面积呈冬冻夏融及春夏之交夜冻日融的周期变化。随着国家援疆、援藏力度的持续加大,以及能源战略储备、基础设施建设的需要,在我国广袤寒区正大量进行矿业开发,公路、铁路、市政设施等方面的建设工作,这些工程中的岩土体不可避免地面临着冻融循环作用下的稳定性问题。

在此背景下,寒区资源开发、工程建设过程中以及服务期内,岩体工程冻融灾变问题屡见不鲜。矿山边坡方面,本书依托的新疆蒙库铁矿多次出现露天边坡在春夏之交由于冻融循环作用导致局部垮塌(见图 1-1),其他如辽宁南芬露天矿、新疆博孜墩煤矿等矿山边坡均因冻融循环作用诱发大范围滑坡;在公路边坡方面,仅天山公路就有冻融作为主要诱因导致的大小崩塌多达 86 处(黄勇,2012)。大量寒



图 1-1 蒙库铁矿边坡冻融诱发局部崩塌

区工程实例表明:尽管冻融循环影响边坡岩体深度有限,但会诱发局部滑坡和崩塌,并因连锁反应引起更大范围的边坡岩体破坏,严重威胁着岩体工程的安全稳定和人们生命财产安全。

上述工程灾害均是冻融循环作为主因诱发岩体失稳所致,其对岩质边坡稳定性的影响主要体现在两个方面:其一为降低岩块的力学性能,其二是使岩体中结构面扩展。无论哪方面的影响,最终结果均反映在岩体力学性能劣化进而降低边坡稳定性方面。因此,在前人研究成果的基础上,结合蒙库铁矿高陡边坡工程,对岩块力学性能冻融劣化规律、寒区岩质边坡岩体力学参数选取与边坡稳定性分析、寒区高边坡安全控制措施等内容展开深入系统研究,具有重要的理论意义和工程实用价值。

1.2 研究背景及现状分析

边坡工程稳定性研究由来已久,国内外学者在这方面做了大量的工作,取得了丰硕的成果,已有较完善的理论体系和分析方法。但寒区边坡由于受到大温差条件下冻融循环作用,其稳定性影响因素有自身的显著特点,冻融作用对岩体物理力学性能的影响及机理则成为寒区边坡稳定性分析的基础和关键问题。故本书对常温条件下岩质边坡稳定性研究现状不作赘述,仅就冻岩力学相关的国内外研究现状分述如下。

(1)冻融循环对岩块的物理力学性质影响研究

岩块物理力学性质是岩体物理力学性质的基础,国内外学者主要通过室内冻融循环试验的手段展开相关研究工作。

徐光苗、刘泉声、刘成禹、吴刚、张慧梅、杨更社等人分别选取不同类型岩石,对经历不同次数冻融循环后岩块强度、变形参数变化规律进行了研究(徐光苗,刘泉声,2005&2006;刘成禹,2005;吴刚,2006;张慧梅,杨更社,2012,2013&2013);张继周等考虑了水环境的影响,研究发现在酸性条件下岩石冻融强度损伤较纯水条件剧烈(张继周,2008);Yamabe选取日本 Sirahama 砂岩,分别进行了岩石在一次冻融循环内热膨胀应变测试试验,不同温度下单轴压缩试验及 -20°C 下不同围压三轴压缩试验,得出了强度、变形与循环次数、温度及围压间的关系(Yamabe,2001);Park通过试验研究了韩国典型花岗岩和砂岩的热物理参数与温度的关系(Park,2004);Joerg Ruedrich等通过理论与试验指出盐与冰在孔隙空间中的结晶是导致天然建筑石材发生物理力

学性质损伤的主要原因,并以材料长度为变量进行数值模拟,反映了孔隙空间中结晶与应力的发展过程(Joerg Ruedrich,2007);H. Yavuz 等对 12 种不同的碳酸盐岩石进行试验,来测试其在物理风化作用下的损伤性质指标,并通过实测数据的多元回归分析得到了一个预测冻融与热冲击作用下性质指标发生变化的模型方程组(H. Yavuz,2006);Inigo A C 基于室内试验,利用色度坐标和声波测试的手段,研究了西班牙花岗岩在不同冻融条件作用下的力学性能(Inigo A C,2013);Kodama J 研究了含水量、温度和加载速率对冻岩力学性质和失效过程的影响,并对其影响程度进行了分析(Kodama J,2013);Tan X 基于室内冻融试验,通过控制温度和循环次数的方式,研究了冻融循环作用对中国西藏地区黑云母花岗岩强度、变形性质的影响(Tan X,2011);罗学东分别以新疆地区蒙库铁矿的层理状变粒岩等岩石、磁海铁矿辉绿岩和蚀变辉绿岩为对象,研究了冻融循环作用下上述岩石物理力学性能劣化的不同特点(罗学东,2011;Luo Xuedong,2014)。

分析上述研究成果发现,冻融循环条件下岩块物理力学性质的影响因素已基本明晰,变化趋势基本相同;但由于不同岩石性质各异,尚未能建立统一的数学模型来反映岩石物理力学参数变化与影响因素间的关系。

(2) 冻融循环对结构面/裂隙岩石力学性质影响机理

常温条件下岩体结构面的研究成果较多,但冻融循环作用对结构面力学性质影响的研究基本处于起步阶段。目前,研究者们大多采用室内预制含结构面/裂缝的类岩石材料展开研究。

Bost M 对人工裂隙石灰岩标本进行了冻融试验,结果表明由冻融循环产生的应力在微裂隙扩张成网状的过程中起到重要的作用,类似岩桥的“接触点”数量能为微裂隙岩体破坏程度建模时提供参考(Bost M,2007);李新平、路亚妮等通过室内预制单裂隙模型试样模拟砂岩进行多种冻融循环力学试验,系统分析了裂隙岩体经不同冻融循环次数后的物理力学特性、裂隙几何特征对冻融岩体强度及破坏形态的影响,建立了冻融受荷裂隙岩石损伤劣化模型,探讨了裂隙岩体在冻融和荷载耦合作用下的损伤劣化机制(李新平,路亚妮,2013,2013&2014,2014);母剑桥选取天山公路边坡的花岗岩、砂岩和千枚岩三种岩性结构面制成规格约为 $9\text{ cm} \times 9\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ 的试样进行冻融循环条件下的岩体(结构面)抗剪强度试验,拟合了三种结构面强度冻融衰减曲线,并总结得到了冻融剪切强度影响系数,初步量化了寒区冻融循环作用对岩体剪切强度的影响(母剑桥,2013);邢闯锋通过预制岩体方法将相似材料制作成含节理岩体试样和完整岩体试样进行冻融循环试验,研究了冻融节理岩体

的物理力学特性变化规律,并建立了冻融岩体损伤断裂本构模型(邢闯锋,2013,2014);郎林智通过对湖北宜昌地区含裂隙砂岩的冻融循环试验,借助扫描电镜发现冻融破坏主要沿试样沉积层理面(微结构面)出现、发展和贯通,层理面的破坏源于碎屑颗粒间填隙物的破坏(郎林智,2012);赵鹏认为主控结构面的形成和扩展是研究危岩发育机理的核心,对冻融循环条件下主控结构面的产生和扩展进行了研究,提出了主控结构面损伤扩展条件,建立了冻结状态下作用在主控结构面上的冻胀力计算公式(赵鹏,2008)。

可以看出,研究者已开始重视冻融循环条件下结构面在岩体力学性能劣化中的作用,并通过室内预制类岩石材料进行节理裂隙几何形态对岩体力学性能的影响研究和机理分析。

(3) 冻岩的损伤机理及相关理论研究

研究者在这方面一般采用冻融循环试验配合 CT 扫描、核磁共振、电镜扫描等手段,运用损伤力学、连续介质力学、经典传热学和断裂力学等理论展开研究。

杨更社、赖远明、马巍、张淑娟、张全胜、王俐及 Rodriguez-Rey A 等人借助 CT 扫描设备,研究了岩石材料在冻融循环条件下损伤扩展特性和规律,分析了冻融循环次数与 CT 数、岩石强度的关系,建立了冻融循环条件下岩石材料损伤扩展本构关系(杨更社,1999&2002&2004;张淑娟,2004;张全胜,2003;王俐,2006;Rodriguez-Rey A,2004);张慧梅、杨更社从冻融、荷载耦合作用的角度研究了岩石损伤力学模型和损伤力学特性(张慧梅,2010&2011);李宁研究了裂隙砂岩在干燥、饱水及饱水冻结情况下的低周疲劳损伤特性(李宁,2001);刘成禹、何满潮等利用电镜扫描技术研究了花岗岩在冻融作用下的损伤扩展规律(刘成禹等,2005);Chen 等研究了日本 Sapporo 凝灰岩在不同含水量下冻融劣化特点,并提出冻融循环条件下孔隙水影响岩石主要的 3 种方式(Chen et al.,2004);Nicholson H 对 10 种岩石的冻融损伤劣化过程进行了分析,通过图形记录的方式研究了岩石的宏观冻融损伤演化过程,并对 10 种岩石的冻融损伤模式进行了分类,建立了相应的数学模型(Nicholson H,2000);Ito Y 等对北海道地区日本海沿岸地区火成岩进行岩石破坏调查研究,分析了其破坏机理与峭壁的破坏过程(Ito Y et al.,2007);Warke PA 通过不同的盐风化与冻融循环结合的风化模拟试验,对细粒与粗粒砂岩的风化响应特性的不同进行了评价(Warke PA,2006);Murton JB 对冰分凝假说进行了试验测试与相关理论研究(Murton JB,2000);G. E. Exadaktylos 从基本的连续力学定律出发,提出了饱和多孔材料(如土体与岩体)的冻融耦合模型

(G. E. Exadaktylos, 2006); M. Mutlut 在 10 种不同类型岩石实验室测试结果的基础上,给出了一种数学模型,用来描述岩体在受周期性冻融与冷热冲击循环条件下的整体损伤过程(M. Mutlut, 2004); Li JL 以花岗岩为例,采用核磁共振手段,研究了冻融循环作用下多孔结构岩石的破坏特性(Li JL, 2012); 康永水基于脆性断裂力学理论和拓扑学相关理论,对冻融循环条件下裂纹起裂扩展判据、演化过程等进行了理论研究(康永水, 2012); 周科平、许玉娟选取花岗岩为研究对象,采用核磁共振手段,研究了岩石冻融损伤机制和细观演化模式(周科平, 2012 & 2013; 许玉娟, 2012)。

综合上述成果,研究者大多选取不同类型完整岩块为对象,采用不同试验方法、测试手段进行了岩石冻融损伤扩展特性和规律、损伤本构关系、起裂判据、损伤演化机制等方面的研究工作。

(4) 冻岩边坡稳定性分析

冻岩力学发展较冻土力学要晚,岩质边坡在冻融循环条件下稳定性分析理论与工程实例相对较少,目前取得的成果主要有:

陈天城研究了冻融作用对岩质边坡的影响、岩石裂缝的发展规律,探讨了寒区软岩边坡方案设计问题,还结合日本北海道地区岩石崩塌调查成果,提出寒区岩石边坡破坏模式是表层崩塌(陈天城, 2000 & 2003); 马富廷研究了冻融作用对冻土区的露天矿边坡稳定性的影响(马富廷, 2005); 陈玉超、杨更社对寒区边坡的稳定性影响因素、失稳类型和稳定性评价方法进行了探讨,应用极限平衡法和强度折减法对寒区边坡的稳定性进行了研究,探讨了融化过程边坡的稳定性变化规律,讨论了冻结过程边坡的稳定性以及冻融循环对边坡的稳定性影响(陈玉超, 2006; 杨更社等, 2002); 苏伟依托西藏玉龙铜业股份有限公司二期工程露天边坡工程,选取露天采场边坡区域的三种岩石(石英砂岩、灰岩和花岗斑岩),以冻融温度范围和冻融循环次数为控制条件,系统研究了岩石物理力学性质的变化,并分析了这种变化对边坡稳定性的影响(苏伟, 2012); 乔国文等以乌鲁木齐—尉犁高速公路岩质边坡为对象,分析了冻融影响因素,采用数值模拟手段,揭示了边坡温度场的影响规律,认为裂隙带受冻融影响严重,构成了边坡冻融风化的通道,裂隙水冻胀形成冰劈是边坡冻融风化破坏的主要模式(乔国文等, 2015)。

可以看出,冻融循环作用下寒区岩质边坡稳定性分析理论体系还不完善,相关工程实例偏少。因此,必须针对具体的工程对象,采用系统科学的方法,查明冻融劣化机理,评价其稳定性程度,并提出有针对性的工程控制措施。

1.3 研究内容与研究思路

1.3.1 研究内容

(1) 气候特征与工程地质性质

分析研究区域气候特征,掌握温差变化规律;了解矿山所在地区大地构造环境、构造体系等,掌握区域地质条件对边坡稳定性影响情况;对矿区进行全面系统的工程地质调查与分析,了解岩体的地质年代、岩性、断层的分布情况、结构面的发育特征及其与边坡的空间组合关系。

(2) 冻融循环对岩块物理力学性能的影响

利用各种先进的实验手段和仪器,首先进行常温条件下岩块物理力学性能试验,获取相关参数;以气候特征为依据,进行冻融循环试验,揭示冻融循环作用对岩块物理力学性能的影响,研究冻融破坏机理。

(3) 寒区高边坡岩体质量评价与力学参数确定

以前述研究成果为依据,对边坡岩体进行工程地质分区,并定性评价其稳定性,分析边坡破坏机理以及破坏方式;选用合理的分级体系对蒙库铁矿边坡岩体进行质量分级。进行冻融循环条件下岩体力学参数估算方法研究,以岩块的冻融循环试验成果与岩体质量分级结果为基础,确定蒙库铁矿边坡裂隙岩体的力学参数。

(4) 边坡稳定性分析、边坡角优化

在详细工程地质调查和物理力学试验的基础上,建立合适的地质模型,确定本构方程,应用 FLAC 计算软件进行数值仿真计算,确定边坡变形特点、应力应变规律,采用强度折减法计算边坡稳定性系数,提出合理的最终边坡角、阶段边坡角。

(5) 边坡安全控制措施研究

以影响边坡稳定性的诸要素为依据,针对边坡的实际情况,制订边坡安全控制措施。

1.3.2 研究思路

研究工作围绕“稳定性分析”和“安全控制措施”两条主线展开,其思路见图 1-2。

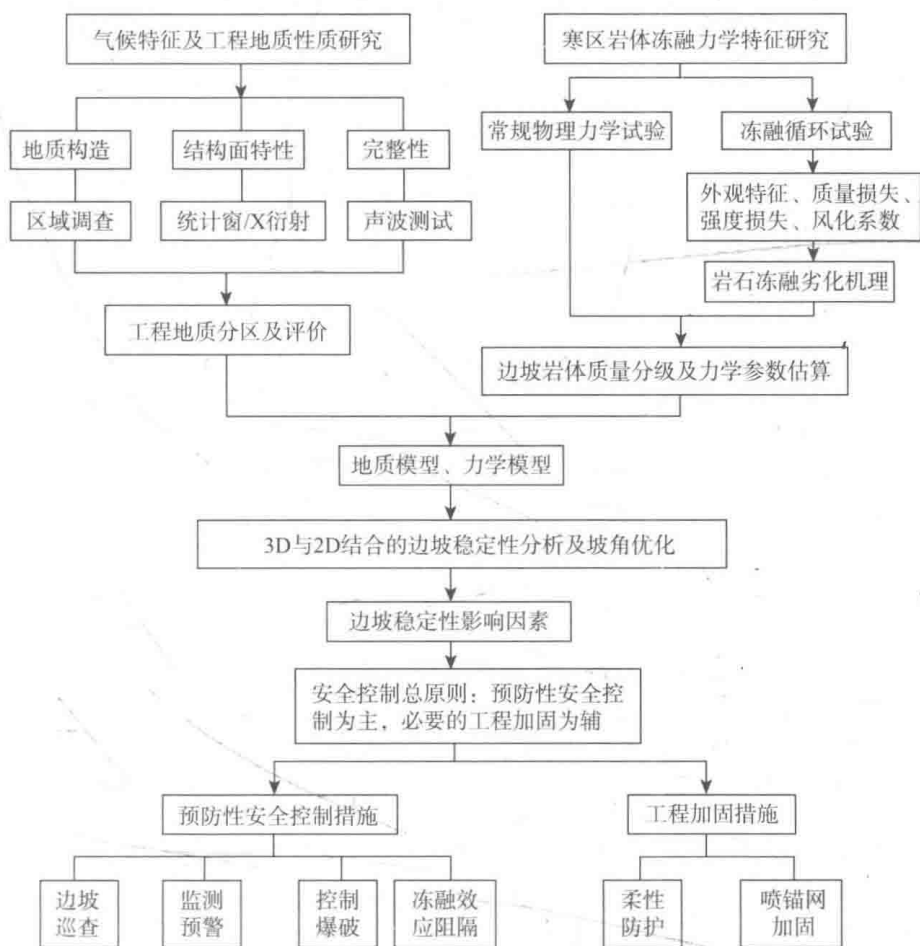


图 1-2 研究工作思路

第2章 气候特征与工程地质性质

2.1 自然地理与气候特征

2.1.1 自然地理

富蕴蒙库铁矿是新疆地区最大的露天开采矿山,也是宝钢集团新疆八一钢铁公司可持续发展的主要矿石原料基地之一。矿区位于新疆维吾尔自治区富蕴县北西直距 70 km,矿区至富蕴县城 96 km,至北屯镇 110 km,至阿勒泰市 110 km,均有公路相通,交通方便。矿床东西长 3400 m,宽 650 m,面积约 2.0 km²,由 33 条规模不等的磁铁矿矿体组成,各矿体均出露地表,东高西低,呈舒缓波状,倾向北东,倾角 68°~89°。

矿区地处阿勒泰山系的二级水系——卡拉额尔齐斯河支流巴利尔斯河和蒙克木沟之间。靠近阿勒泰山中部西南山区(阿勒泰山脊南坡),地形比较平缓,沟谷切割不深,属中高山丘地形,海拔 1000~1300 m,相对高差 50~300 m。

2.1.2 气候特征

矿区地处欧亚大陆腹地,远离海洋,纬度较高,属大陆性寒温带干旱气候,冬季漫长严寒,夏季炎热干燥,春秋季短暂。日照充足,年平均日照时数 2900 h。年平均降雨量 150~200 mm,年蒸发量 1700~2000 mm,蒸发量大。气候干燥,年相对湿度 61%。冬季气温一般为 -20~-35℃(极端低温约 -50℃),夏季 20~33℃(极端高温达 43℃),年平均气温 1~9℃;无霜期短,年均 140 d。冬季日最低气温低于 -20℃的寒冷日为 90 d,为全国高寒地区之一,富蕴县有着中国第二寒极之称。每年 10 月下旬至次年 3 月为冰冻期,积雪 0.8~2 m(极端深度约 2.5 m),土层冻深 1 m(极端冻土深约 1.8 m)。矿区内风向多为西北风,平均风速为 1.9 m/s,最大风力可达 8 级。对该区域多年气象资料数据的统计如表 2-1 及图 2-1 所示。

表 2-1 富蕴县全年气温及降水状况统计(截至 2014 年)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日均最高气温(℃)	-12	-8	2	15	23	28	29	28	22	13	1	-10
日均最低气温(℃)	-26	-24	-13	1	7	12	15	12	6	-1	-12	-23
平均降水总量(mm)	10	8	10	14	16	18	28	16	15	15	22	15

(资料来源: http://www.tianqi.com/qiwen/city_fuyun/)

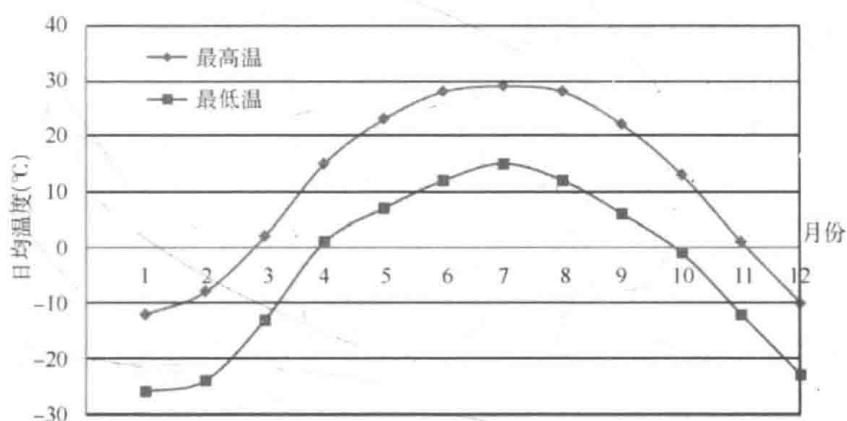


图 2-1 富蕴县全年日均温度曲线图

从上图可以看出,本区内气候温度随季节差异较大,全年处于 0°C 以下的时间约占全年的一半。我国按照最冷月的平均气温建立了气候分区划分标准:严寒,最冷月平均气温低于 -10°C ;寒冷,最冷月平均气温高于 -10°C ,但低于 -3°C ;温和,最冷月平均气温高于 -3°C 。根据上述标准,结合研究区气候条件,最冷月平均气温约 -26°C ,低于 -10°C ,从而可以得出蒙库铁矿矿区的气候条件属于严寒,在这种海拔 1000 m 以上的高寒山区,必须考虑岩石“冻融”作用及其对边坡稳定性的影响。

2.2 地层岩性

区域内出露地层主要为志留系中—上统松克木群和泥盆系中统阿勒泰组、泥盆系下统康布铁堡组,另有少量沿沟谷分布的第四系。泥盆系下统康布铁堡组分布于矿区中南部,范围较广,分布稳定,为本区主要含矿层位,如表 2-2 所示。

表 2-2 蒙库铁矿区域综合地层表

地层划分						代号	厚度(m)	备注
系	统	组	亚组	层	分层			
第四系						Q	0.5~8	
泥盆系	中统	阿勒泰组				D ₂ a	>400	
	下统	康布铁堡组	上亚组	第三层		D ₁ K ³ ₂	124	
				第二层		D ₁ K ² ₂	151	
				第一层		D ₁ K ¹ ₂	174	
			下亚组	第三层	第三分层	D ₁ K ³⁻³ ₁	70~230	主要含矿层
					第二分层	D ₁ K ³⁻² ₁		
					第一分层	D ₁ K ³⁻¹ ₁		
				第二层	第二分层	D ₁ K ²⁻² ₁	91~600	
					第一分层	D ₁ K ²⁻¹ ₁		
					第一层	D ₁ K ¹ ₁	41	
志留系	中上统	松克木群				S ₂₋₃ SK	>600	

根据现场实地踏勘和地质资料情况,矿区主要出露岩层为泥盆系下统康布铁堡组下亚组第二层第二分层(D₁K²⁻²₁),岩性以变粒岩、角闪变粒岩、条带状角闪变粒岩为主,另有黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、不纯大理岩以及少量贫铁矿条带,部分地段为华力西晚期的角闪斜长花岗岩和第四系的腐殖土、亚砂土、砂砾岩。其中变粒岩、角闪变粒岩、条带状角闪变粒岩在全区最常见,黑云角闪斜长片麻岩出露较少,现对岩性描述如下。

2.2.1 变粒岩

白色、暗白色,微显定向构造,层理不清,不等粒粒状变晶结构、块状构造,岩石多致密坚硬。矿物成分主要为石英 20%~30%、斜长石 70%,其他为少量角闪石、磷灰石、榍石、磁铁矿等。斜长石呈不规则粒状,颗粒大小不一,粒度多在 0.2~0.5 mm。石英呈近于等轴状颗粒分布在斜长石颗粒之间,粒度小于 0.1 mm。角闪石呈不规则粒状、柱状,有的被黑云母、绿泥石代替,多呈集合体分布,并与不规则粒状榍石共生。磁铁矿少量可见,多具自形粒状。按照变粒岩中暗色矿物的种类(如角闪石)及含量为 10%~40%,可划分为变粒岩、角闪变粒岩、磁铁变粒岩。变粒岩中石英呈细小脉状交错分布成网状时,则定名为网脉状变粒岩。当暗色和浅色矿物定向排列构成条带时,则定名为条带状变粒岩。