

宁夏盐池植被覆盖动态变化遥感监测

乔 锋¹, 张生英², 张克斌¹, 杨俊杰¹, 李 瑞¹, 刘 刚¹
(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 盐池机械化林场, 宁夏 盐池 751500)

摘 要: 基于 *NDVI* 和植被覆盖度像元分解模型, 建立了 TM 影像尺度下的盐池县植被覆盖度遥感定量模型, 在此基础上研究了盐池县 1989 年和 2003 年两个时期植被覆盖的动态变化。研究表明, 1989~2003 年盐池县植被呈增加趋势, 荒漠化出现转逆, 并进一步分析荒漠化变化的原因。

关键词: *NDVI* 盐池县; 荒漠化; 遥感

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0181-03

The Dynamic Change of Vegetation Coverage in the Yanchi County Monitoring Based on Remote Sensing

QIAO Feng¹, ZHANG Sheng-ying², ZHANG Ke-bin¹, YANG Jun-jie¹, LI Rui¹, LIU Gang¹
(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Yanchi Mechanization Forest Farm, Yanchi, Ningxia 751500, China)

Abstract: To estimate the Yanchi vegetation cover from TM images, a model is set up by use of *NDVI* and a sub-pixel vegetation coverage model. The quantitative and spatial characteristics of vegetation cover transformation over Yanchi county in 1989 and 2003 are studied on the basis of above approaches. The results indicate that the vegetation is increasing in Yanchi county, and the condition of desertification in Yanchi county is changing better. In addition, the main causes why the desertification change in Yanchi county is also presented.

Key words: *NDVI*; Yanchi county; desertification; remote sensing

农牧交错带(the Crop-grazing Crisscross Area), 也称半农半牧区(Semi-Agricultural and Semi-Pastoral Area), 是因自然、历史、人为等诸多因素综合而形成的在土地利用方式上耕地与草地共存, 在生产经营模式上农业与牧业并举的一种复合的生产、生活系统^[1]。北方的农牧交错区是我国荒漠化的主要分布区, 也是荒漠化发生发展最为严重的区域之一, 其生态、经济环境极为脆弱, 自然环境敏感性很强, 承载力相对较小, 退化趋势显著^[2~4]。由于自然条件恶劣、人口压力沉重、草场超载过牧、滥垦乱采等因素, 使得土地沙化仍在发展。由于荒漠化使土地生产力退化, 导致植物群落演替进程受阻, 使植被类型和群落结构退化, 使物种的数量和丰度随着环境的日趋严酷而逐渐降低, 造成生物多样性的减少, 植被再生产能力下降, 进而加剧荒漠化土地蔓延, 加快了荒漠化的演变进程。

在荒漠化过程中, 植被因子, 如植被盖度、生物量等的动态变化是植被生产力变化的重要反映, 是荒漠化过程发展或逆转的最直观指示因子。它们的准确测度是荒漠化指标建立、荒漠化评价与监测的重要基础^[5]。作为植被覆盖的直接指示因子, 植被覆盖度被频繁用于植被覆盖的变化监测。本文结合国家荒漠化定位监测项目, 以全国荒漠化定位监测站、退耕还林示范县宁夏盐池县为例, 研究宁夏盐池植被覆盖的动态变化, 揭示沙地植被变化规律, 从而为科学合理地利、保护草地资源以及维持畜牧业的可持续发展提供依据。

1 研究地区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部, 地理坐标北纬 37°04'~38°10', 东经 106°30'~107°41' 之间, 总面积约 6 758.56 km²。盐池县北与毛乌素沙漠相连, 南靠黄土高原, 在地理位置上属于一个典型的过渡地带。即: 自南向北地形上是从黄土高原向鄂尔多斯台地(沙地)过渡地带, 在气候上是从半干旱区向干旱区的过渡地带, 在植被上是从干草原向荒漠的过渡地带, 在资源利用上是从农区向牧区过渡地带。这种地理上的过渡性造成了本县自然条件资源的多样性和脆弱性特点。盐池县主要为剥蚀的准平原地形, 全县地势南高北低, 海拔高度在 1 295~1 951 m 之间, 南北明显地分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元。该县属于典型中温带大陆性气候, 年均气温 8.1℃, 极端最高均温为 34.9℃, 极端最低温为 -24.2℃, 年均无霜期为 165 d, 年降水仅 250~350 mm, 从南向北, 从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主, 其次是黑垆土和风沙土, 此外有黄土, 少量的盐土、白浆土等。盐池县植被在区系上属于亚欧草原区亚洲中部亚区, 中国中部草原区的过渡带。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大, 分布也广。盐池县内没有天然森林, 只有少量人工林乔木林和大面积灌木林, 其中包括北沙柳灌丛(*Salix psammophila*), 小叶锦鸡

儿灌丛(*Caragana microphylla*)。草原分干草原和荒漠草原,典型草原包括大针茅(*Stipa grandis*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、冰草(*Agropyroncrisatum*)、百里香(*Thymus serpyllum var. mongolicus*)等类型。群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。荒漠植被包括川青锦鸡儿(*Caragana tibetica*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)西伯利亚白刺(*Nitraria sibirica*)和盐爪爪(*Kalidiu foliatum*)。

2 研究方法

2.1 植被覆盖度遥感定量模型

根据学者们的具体研究思路,可将遥感测量植被覆盖度的各种方法归结为以下三种:回归模型法、植被指数法与像元分解模型法^[6]。其中,回归模型法依赖于对特定区域的实测数据,虽在小范围内具有一定的精度,但在推广应用方面却受到诸多限制。而植被指数法与像元分解法不依赖于实测数据。本研究采用的是像元分解法,具体方法是:假设像元只由两部分构成:植被覆盖地表和无植被覆盖地表。所得的光谱信息也只由这个组分因子线性合成,它们各自的面积在像元中所占的比率即为各因子的权重,其中植被覆盖地表占像元的百分比即为该像元的植被覆盖度^[7]。因而可以使用此模型来估算植被覆盖度。

对于一个由土壤与植被两部分组成的混合像元,像元中有植被覆盖的面积比例即为该像元的植被覆盖度 f_c ,而土壤覆盖的面积比例为 $1-f_c$ 。设全由植被所覆盖的纯像元,所得的遥感信息为 S_{veg} ,混合像元的植被成分所贡献的信息 S_v 可以表示为 S_{veg} 与 f_c 的乘积:

$$S_v = f_c \times S_{veg} \tag{1}$$

同理,设全由土壤所覆盖的纯像元,所得遥感信息为 S_{soil} ,混合像元的土壤成分所贡献得信息 S_s 可以表示为 S_{soil} 与 $1-f_c$ 得乘积:

$$S_s = (1-f_c) \times S_{soil} \tag{2}$$

$$S = f_c \times S_{veg} + (1-f_c) \times S_{soil} \tag{3}$$

文中参数遥感信息 S 采用 $NDVI$ 近似替代,将 $NDVI$ 代入公式 3 则式(3)可被近似为

$$NDVI = f_c \cdot NDVI_{veg} + (1-f_c)NDVI_{soil} \tag{4}$$

即图像中每个像元的 $NDVI$ 值可以看成是有植被覆盖部分的 $NDVI$ 与无植被覆盖部分的 $NDVI$ 的加权平均,其中

有植被覆盖部分的 $NDVI$ 的权重即为此像元的植被覆盖度 f_c ,无植被覆盖部分的 $NDVI$ 的权重则为 $1-f_c$ 。

变换后可得

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \tag{5}$$

即是利用 $NDVI$ 指数建立的植被覆盖度遥感定量模型。

其中, $NDVI_{soil}$ 为裸土或无植被覆盖区域的 $NDVI$ 值,即无植被像元的 $NDVI$ 值,而 $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 $NDVI$ 值,即纯植被像元的 $NDVI$ 值。

结合实地裸露地和植被全覆盖调查样地, $NDVI_{soil}$ 值取影像中裸露样地 $NDVI$ 值; $NDVI_{veg}$ 值取影像中全覆盖样地的 $NDVI$ 值,作为理想植被全覆盖地表(表 1)。

表 1 植被覆盖度模型中 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 值

评价影像	$NDVI_{soil}$ 值	$NDVI_{veg}$ 值
1989	- 0. 107	0. 538
2003	- 0. 150	0. 550

2.2 数据来源及预处理

本次研究所采用主要资料源为 2 个时相(p129r34)共 2 景 TM 影像数据和盐池县 1: 10 万地形图。其中覆盖盐池县大部分地区的第一时相摄于 1989 年 8 月,第二时相摄于 2003 年 8 月。二时相的 TM 影像数据均摄于农作物、人工植被及天然植被生长较好时期,完全可以代表该地区的植被生长状况和土地利用情况,植被变化具有可比性。

2.2.1 遥感影像几何校正和配准

为了进行动态比较,以及动态变化面积大小的量算,需要对遥感影像进行几何校正和两期影像配准。利用影像对影像的方法,将 1989 年的 TM 影像配准到 2003 年的 TM 影像上。首先,在两期 TM 图像上选取较易准确定位的明显同名地物点作为控制点,总共选取 20 个控制点。像元的大小为 30 m× 30 m,其校正的精度控制在一个像元以内。

2.2.2 遥感影像裁剪与掩膜处理

两景影像数据量较大需要利用遥感图像处理软件对研究区进行裁剪。

2.3 $NDVI$ 及植被覆盖度计算

利用预处理获得的盐池县多波段反射率影像通过 ERDAS 光谱增强中 indices 命令直接进行 $NDVI$ 计算,然后利用 Model Maker 模块实现公式 5,从而获得盐池县植被覆盖度栅格图。

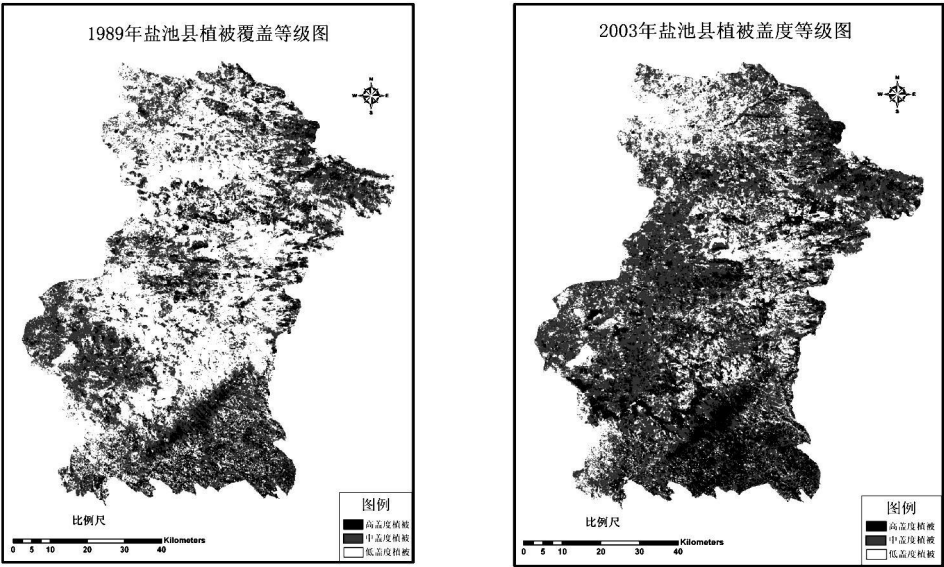


图 1 不同年份盐池县植被覆盖等级图(1989、2003 年)

2.4 植被盖度等级划分

沙化土地植被覆盖等级的划分多依据植被防风固沙的效果,在盐池县沙地,根据通用的荒漠化程度分级标准和已有的监测研究结果,经过统计,结合影像特征和地面调查结果按植被盖度的大小可以分为流动(盖度< 15%)、半固定(盖度 15%~ 40%)和固定沙地(盖度 ≥40%)三类。这样按植被盖度的大小,研究区可分为低盖度植被(0≤f< 15%)、中等盖度植被(15% ≤f< 40%)和高盖度植被(f≥40%)三类。

3 结果与分析

3.1 不同覆盖等级的面积变化

植被覆盖的面积变化可以反映盐池县过去 14 年来荒漠化变化总的态势,表 2 由盐池县植被覆盖等级图统计获得的盐池县植被覆盖变化的面积数据,可以看出,研究区 2003 年低盖度植被明显减少,14 年减少了 1 412. 521 7 km²,占 1989 年低盖度植被面积的 48.5%,中盖度植被较 1989 年明显增加,1989 年为 3 546. 671 4 km²,2003 年为 4 672. 464 km²,比 89 年扩大了 1 125. 793 km²,增加了 32%,年变化率为 80. 413 8 km²。1989 年研究区低盖度植被占全县面积的 43.3%,2003 年盐池县低盖度植被在全县比例减少为 22.3%。中等盖度植被、高盖度植被在全县比例均有不同程度增加。统计结果表明,盐池县 14 年来,由于综合治理,盐池县植被覆盖度总体呈增加趋势。说明草地严重沙化的总体趋势得到控制,并且开始转逆,生态建设已经产生了成效。

表 2 盐池县不同覆盖等级植被的面积变化

覆盖等级	面积/km ²					
	1989 年	比例/%	2003 年	比例/%	面积变化	年变化量
低盖度植被	2912. 8347	43. 3	1500. 313	22. 3	- 1412. 5217	- 100. 8944
中等盖度植被	3546. 6714	52. 8	4672. 464	69. 4	1125. 793	80. 4138
高盖度植被	256. 4847	3. 8	564. 6591	8. 4	308. 1744	22. 0125

3.2 植被覆盖的变化动态分析

按植被覆盖变化的性质,对两期盐池县荒漠化现状图进行矩阵分析(Matrix),对分析结果按照植被覆盖转化的 2 种类型(植被退化型和植被恢复型)以及覆被未变化类型进行重编码,从而进一步分析荒漠化的发展趋势,加速或是稳定或是转逆。分别求得研究区变化矩阵如表 3。

从表 3 可以看出,对角线数据均为植被覆盖类型未变化部分,其面积为 3 692. 316 km²,占总面积的 48.5%,这主要由中等盖度植被构成。植被退化面积为 608. 605 2 km²,而植被恢复面积达到 3 310. 128 km²,是退化面积的 5.4 倍。这代表一种良性的变化趋势,说明封育等恢复植被措施取得了成效,但也应该看到,这种变化是双向的、动态的,这一时期也分别有 513. 291 6 km²的中等盖度植被和 19. 414 8 km²高盖度植被转变为低盖度植被,这表明尽管各种沙化治理措施得到实施,研究区荒漠化发展总体趋势得到遏止甚至逆转,但还存在着局部的恶化趋势,荒漠化发展与逆转并存,生态环境恢复依然艰巨。因此,应引起各方面的高度重视,要采取有效措施,加大治理力度。

3.3 荒漠化变化因素分析

分析影响荒漠化发展因素,可将其分为二大类:有利因素和不利因素。有利因素包括政府重视、法律保证、工程治理、投入加大等方面。不利因素包括人口压力、执法、管理、利益驱动等方面。

盐池县近年来荒漠化治理如退耕还林、人工封育、全县禁牧以及大规模治沙造林等活动对于荒漠化防治起到了极大的作用。特别是自 2001 年国家退耕还林工程的实施以及

自 2002 年 11 月 1 日全县范围内禁牧等荒漠化治理措施,对于植被恢复起到巨大的作用。统计表明,2001~ 2004 年,盐池县全县退耕还林面积累计达到 16.7 万 hm²,加上国际援助防沙治沙项目,对于盐池县荒漠化防治工作起到了极大的推动作用。由于宣传有力、执法严肃、管理得当,自禁牧措施实施以来,在盐池全县范围内基本上杜绝了放牧现象,这极大地促进草原建设,有效遏制土地荒漠化。

表 3 盐池县植被覆盖等级转化矩阵及面积统计(1989, 2003 年)

类型	高盖度植被(2003)	中等盖度植被(2003)	低盖度植被(2003)
高盖度植被(1989)	81. 0126	155. 8233	19. 4148
中等盖度植被(1989)	371. 7693	2659. 726	513. 2916
低盖度植被(1989)	110. 484	1845. 259	951. 5772

对荒漠化防治工作不利因素首先是人口压力,而且近期难以改变。同时,受传统势力和习惯的影响,防治荒漠化执法工作,尤其是禁牧工作能否实现,将对盐池县是一场考验。另外,所有防沙治沙工程能否作到保质保量,也是今后工程管理中应注意的问题。再有,禁牧后,畜牧业的生产方式由天然放牧变为舍饲圈养,农牧民们所面临品种改良、先进技术运用等多种困难能否解决,是关系到禁牧工作、生态修复成败的现实问题。最后,如何保证和解决市场经济条件下,人民生活水平逐步提高,都对荒漠化防治工作是一场考验。近期,退耕还林政策能否连续,将直接影响盐池县荒漠化以及生态环境建设。

基于上述分析,在政府重视、全面禁牧政策的实施以及《防沙治沙法》保障下,随着“退耕还林工程”和“三北”防护林建设四期工程等项目的实施,国家投入水平大幅度提高,如果能做到严格执法,全面落实禁牧政策并加强工程退耕还林还草管理,在保证人民生活水平逐步提高基础上,盐池县荒漠化土地将会得到全面治理,其生态环境将得到明显改善,否则盐池县荒漠化形势将继续恶化。同时退耕还林政策能否连续,将直接关系到该县的荒漠化发展趋势^[8]。

4 结 论

(1) 盐池县 2003 年低盖度植被明显减少,较 1989 年减少了 1 412. 521 7 km²,中等盖度植被较 1989 年明显增加,为 4 672. 464 km²,年变化率为 80. 413 8 km²。2003 年盐池县低盖度植被在全县比例减少为 22.3%。中等盖度植被、高盖度植被在全县比例均有不同程度增加。说明盐池县 14 年来,由于综合治理,荒漠化有所转逆。统计结果表明,盐池县覆盖度总体呈增加趋势。

(2) 研究期间,植被覆盖类型未变化部分面积为 3 692. 316 km²,占总面积的 48.5%,这主要由中等盖度植被构成。植被退化面积为 608. 605 2 km²,而植被恢复面积达到 3310. 128 km²,是退化面积的 5.4 倍。说明 14 年来盐池县荒漠化正在转逆。

(3) 应用不同时期遥感信源编制土地荒漠化类型图,基于 NDVI 和植被覆盖度像元分解模型,在 GIS 支持下,完成图形数据、属性数据的处理,复合叠加出的土地荒漠化动态图,获取动态变化资源数据,能直观、定量地反应出研究区域不同时期之间的土地荒漠化空间分布上动态变化特征、趋势。

(4) 近年来,盐池县土地荒漠化程度得到很大缓解,这得益于的采取的荒漠化综合防治措施(退耕还林、人工封育、撂荒等),但局部地区荒漠化发展有加剧的势头。因此,应引起各方面的高度重视。

(1) 境界以外的地表水流均不得流入到采坑内;
(2) 采场境界线以外的大气降雨全部由地表排水系统排出到境界外侧,而不能流入境界内。
这样汇入采坑内的水量 Q_i 等于采场境界线范围内的大气降水量 Q_r 和采坑内边坡岩石中渗出的水量 Q_s 之和减去蒸发的水量 Q_e 。

3.2 边坡岩石日渗水量计算

边坡岩石日渗水量模拟计算采用的是基于 Modflow 内核研发所形成的 VISUAL MODFLOW 版本,运用有限差分的方法求解。对于裂隙性岩体,由于裂隙发育的不均匀性,地下水在其中渗流时必然是呈各向异性的。限于目前工作所采用的手段和可用的资料,本文将岩体作为一种连续、似均质的介质。
根据野外实际施工勘探时钻孔抽水、压水试验获取的资料及实验室法测定,获得平均渗透系数及平均给水度值。平均渗透系数如表 1,平均给水度值为 0.167。

表 1 模拟区各方向上平均渗透系数表		
$Kx/(m \cdot d^{-1})$	$Ky/(m \cdot d^{-1})$	$Kz/(m \cdot d^{-1})$
9.32×10^{-3}	9.32×10^{-3}	6.74×10^{-3}

由于整个采场开采到某一标高时,不同地段出水点的标高不同,地下水的补排方式也有所差别,因而不同采坑基准面标高渗水量是不同的。根据计算模拟,可得开采到不同基准面标高时的边坡岩石日渗水量,如表 2。

表 2 开采到不同标高时边坡岩石日渗水量表			
采坑基准面标高/m	745	735	725(最低基准面)
边坡岩石日渗水量/($m^3 \cdot d^{-1}$)	684	861	1165

3.3 采场境界内日最大降水量及日蒸发量

露天采矿场境界线圈闭面积为 $267\,552.5\,m^2$, 矿区内日最大降雨量采用 30 年一遇的日最大降雨量 287 mm,蒸发量按日平均蒸发量 25 mm 作为计算数据(据成都气象局都江堰气象站资料),则采场境界线内日最大降水量为 76 788

参考文献:

[1] 四川省地质局水文工程地质大队. 灌县幅 H-48-(8)1/20 万区域水文地质调查报告[R]. 成都理工大学档案馆地质资料库, 1978.
[2] 成都理工学院区调一队. 都江堰幅 H-48-28-C 1/5 万区域地质调查报告[R]. 成都理工大学档案馆地质资料库, 1996.
[3] 孙瑞华, 李壮. 苏家庄铁矿水文地质条件及矿山地质环境评价[J]. 水文地质工程地质, 2004, (5): 74-76.
[4] 徐京苑, 周贵斌. 赞比亚谦比西铜矿水文地质条件和疏干方案研究[J]. 工程地质学报, 2000, (8): 180-185.
[5] 李石桥. 甘肃阳山特大型金矿床水文地质条件和环境地质问题研究[J]. 四川地质学报, 2005, (3): 19-22.
[6] 吴志刚. 浅谈数学模型在矿山水文地质中的应用[J]. 化工矿物与加工, 2004, (2): 33-34.

(上接第 183 页)

参考文献:

[1] 宝音, 陶格涛, 刘丹. 农牧交错带多伦县耕地变化及问题分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2001, 32(6): 657-660.
[2] 杨泰运, 陈广庭. 农牧交错地带土地生产力退化的初步研究[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(3): 75-82.
[3] 罗承平, 薛纪瑜. 中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(1): 1-7.
[4] 张兰生, 方修琦, 任国玉. 我国北方农牧交错带的环境演变[J]. 地学前缘, 1997, 4(1-2): 127-135.
[5] 高志海. 基于 RS 和 GIS 的绿洲植被与荒漠化动态研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2003.
[6] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京: 中国科学院, 2003.
[7] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. International Journal of Remote Sensing. 1998, 19(8): 1533-1543.
[8] 张克斌, 王锦林, 侯瑞萍, 等. 我国农牧交错区土地荒漠化及其防治研究: 以宁夏盐池县为例[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 85-90.

m^3 , 日蒸发量为 $6\,689\,m^3$ 。
3.4 露天采场日最大汇水量
采矿场开采到某一标高时整个采矿场内日最大的汇水量按下列计算式计算:

$$Q_i = Q_r + Q_s - Q_e$$

可知:
(1) 开采到 745 m 标高时整个采矿场日最大汇水量为 $70\,783\,m^3$;
(2) 开采到 735 m 标高时整个采矿场日最大汇水量为 $70\,960\,m^3$;
(3) 开采到 725 m 标高时整个采矿场日最大汇水量为 $71\,264\,m^3$ 。
显而易见, 大量的汇水主要来自大气降雨, 边坡的渗水影响较小。

4 结 论

(1) 矿区水文地质条件简单, 砂泥岩风化带和第四系坡残积层为矿区的主要含水层, 地下水类型有裂隙水和孔隙水。
(2) 地下水以大气降水的垂直渗入补给为主, 向两侧的万丈沟、铜马沟排泄。矿区地下水动态变化大, 表现为地下水位和泉的数量、流量变化大。地下水对砂岩、泥岩矿体影响不大, 砂岩、泥岩以裂隙含水介质为主, 有利于地下水的径流。目前矿区地下水与区外水系和地下水无联系。
(3) 矿区地下水矿化度 484~781 mg/L, 略偏碱性, 多为 $HCO_3-Ca \cdot Mg$ 型水, 各项指标满足生活饮用水标准, 采矿对地下水水质无较大影响。
(4) 当采矿基准面低于 735 m 时, 会发生采场四周的地表水及地下水都向采坑内涌流的情况, 日最大汇水量达到 $71\,264\,m^3$, 其中 $1\,165\,m^3$ 为边坡岩石渗水, 其余为大气降水。因而, 应适当设置疏排水设施, 特别应对雨水加以疏导, 否则在连续大雨或暴雨季节因不能及时将汇水排出采坑而可能出现淹没台阶、设备, 造成停产的危险。