

基于GIS技术的六盘水市矿山地质环境评价

党杰

(贵州省地质环境监测院, 贵州 贵阳 550081)

[摘要]六盘水市是贵州省最为重要的矿产资源开发利用地区之一,经过多年的大规模开采,引发了一系列采矿引起的地质环境问题。采用模糊层次综合评价的方法,在调查统计分析研究区地质环境基础及矿山地质环境问题的基础上,选取8个评价因子开展了基于GIS技术的矿山地质环境评价。根据评价结果,研究区地质环境指数介于1.00~2.83之间,采用自然间断点划分方法将评价结果划分为三个等级,相应的将研究区地质环境划分为严重区、较严重区和较轻微区三个区域。评价结果与实际调查结果吻合较好,可为该区域矿山地质环境治理工作提供借鉴。

[关键词]地质环境评价; 矿山; 六盘水; GIS

[中图分类号]P66; X820.2 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2018)01-0049-06

六盘水市是贵州省最为重要的矿产资源开发利用地区之一。经过多年的大规模开采,六盘水市的社会经济得到巨大的发展进步,但其矿山地质环境问题及其影响也日益突出,引发了一系列采矿引起的地质灾害、地下含水层破坏、土地植被资源占用与破坏以及地貌景观破坏等地质环境问题(杨胜元等,2008;邹凤钗等,2016)。

这些矿山地质环境问题的产生,严重影响了生态地质环境质量,制约和阻碍了社会经济的发展,部分地区甚至引发社会矛盾。通过对矿山地质环境进行合理的评价,可以对矿山地质环境问题做出定性或定量评价估量,对评价结果进行等级划分,判别存在的主要地质环境问题及其影响,并根据影响程度进行分区,可为矿山地质环境保护与恢复治理奠定基础,有利于政府部门制定有针对性的保护与恢复治理对策,对社会经济建设与发展具有重要意义。

1 评价方法

1.1 评价单元的划分

由于各地质环境要素在不同的区域具有差异

性及复杂性,因此需将整个研究区域划分成若干个小的图元,也即评价单元。同一评价单元内的地质环境条件具有一致性,不同评价单元之间具有可比性。

常用的评价单元划分方法主要有三种,分别为三角形剖分法、正方形网格法和不规则多边形网格划分法。三角形剖分法是以三角形为基本评价单元进行区域划分,其大多与有限元或数值模拟相关联,对小范围评价区域划分较为合理;正方形网格划分法以地理坐标来控制,采用正方形网格根据实际情况确定大小,其对大区域的评价较为合理;不规则多边形网格划分法是以地质环境突变的界线作为边界,该方法适用于小区域的地质环境评价(王海庆,2010)。

随着计算机技术的发展,基于GIS技术的地质环境评价也日益成熟,新的评价单位划分方法也逐渐发展,比如基于栅格数据的栅格单元,基于矢量数据的矢量点单元等,其单元划分更小,精度更高,相应的评价结果也更精确。

1.2 评价指标的选择

由于影响矿山地质环境的因素众多,这些因素之间存在错综复杂的协同或者相互影响,因此

[收稿日期]2017-11-05

[作者简介]党杰(1987—),男,硕士,工程师,主要从事工程地质、地质灾害相关方面的工作。E-mail:396816806@qq.com.

在进行指标选取时根据实际情况进行具体分析,尽量找出影响矿山地质环境的主要因素,舍去次要因素。

评价指标选取时,必须对地质环境状况进行充分的分析,并根据针对性、简明性、普适性以及数据易取得、指标可量化、动态与静态相结合等原则进行筛选。根据研究区矿山地质环境现状,结合层次分析法中对因素标度的选取要求,选取地形坡度、地质构造、工程岩组、植被覆盖、年降雨量、地质灾害、矿山开采、地下水资源破坏等指标作为评价指标开展矿山地质环境评价。

1.3 指标权重的确定

权重是反应不同评价因子之间重要性的差异数值。权重的确定有多种方法,目前研究比较成熟的主要有专家打分法、序列综合法、数理统计法、层次分析法、熵值法等。这些定权方法各有利弊,运用时应应对计算结果进行分析推敲,必要时可采用多种方法进行相互验证,找到最合理的权重计算方法。

经过前人的实践总结,结合研究区域的实际情况,选取层次分析法(AHP)作为权值的确定方法。根据以上指标构建研究区矿山地质环境评价指标体系的因素论域,即 $U = \{ \text{地形坡度、地质构造、工程岩组、植被覆盖、年降雨量、地质灾害、矿山开采、地下水资源破坏} \}$,并依该8项指标顺序构建判别矩阵,利用层次分析法中的方根法对该矩阵进行求解,得到矩阵的特征向量为:

$$W = (0.035, 0.079, 0.052, 0.052, 0.096, 0.332, 0.208, 0.146)T$$

根据一致性检验标准,其 $C.I. = 0.072$, $R.I. = 1.41$, $C.R. = 0.051 < 0.1$,满足一致性要求。

1.4 矿山地质环境评价的数学模型

地质环境评价工作是建立在系统的环境地质研究、地质环境调查、监测和变化趋势研究等工作的基础上,并按一定的要求、目的和方法进行的。其中较为关键的是地质环境评价的方法学,即研究如何运用区域地质环境要素的参数指标,反应地质环境要素和总体地质环境质量的客观属性,并将这些量化的指标利用数学手段构建相应的数学模型,从而定量评价环境质量的优劣以及预测人类活动对地质环境的影响。

目前,矿山地质环境评价的方法有多种,如层

次分析法(董双发等,2017)、信息量法、经验模型法、BP神经网络法(姚栋伟等,2016)、证据权法(马伟等,2015)、灰色模型法、模糊评判模型法等,这些方法经过前人提出并验证,在矿山地质环境评价中有一定的作用。

然而,由于矿山地质环境问题的复杂性,采用单一评价方法进行的矿山地质环境评价结果往往不能全面的反映矿山地质环境问题分布情况及危害程度。比如,在信息量法中,过多的依靠所采取的数据对影响因素所提供的信息量,然而由于某些客观原因,所采取的数据不足或精度不够,势必会影响评价因素的信息量,进而影响评价结果;证据权法中,需要将证据图层经过栅格化及二值化处理,即需要对证据图层的每个统计单元都赋予二值性属性,2代表证据存在,1代表证据不存在,在现实中许多因素都不是“非此即彼”的关系,这种方法将评价的影响因素人为的划分为二值,造成因素信息的大量丢失,其评价结果也值得商榷。

由此可见,采取单一方法进行的评价模型由于数据、方法体系等的不足,对评价结果往往造成一定程度的影响。因此,需采用一种能够相互补充完善的综合评价方法,以此来弥补由于单一方法体系的缺陷造成的评价结果精度不足。

目前已有许多学者专家对矿山地质环境评价方法理论体系提出了有益的探索,提出了一些结合两种或以上的评价方法,如模糊聚类综合评价、综合指数评价、灰色聚类综合评价等。本文结合研究区矿山地质环境发育特征及分布规律,考虑基于GIS平台进行矿山地质环境评价的特点,对各种评价方法进行比较分析,决定采用“模糊层次综合评价”方法,该方法结合模糊评判法与层次分析法,能够较好的提高评价结果的精度和可信度(党杰等,2015)。

2 矿山地质环境评价及分区评述

根据所选取的地形坡度、地质构造、工程岩组、植被覆盖、年降雨量、地质灾害、矿山开采、地下水资源破坏等8个评价因子的特征,将各评价指标对矿山地质环境问题的影响程度进行量化,并划分为严重、较严重和较轻微三个级别。各评价因子分级指标见表1。

表 1 研究区矿山地质环境评价指标分级

Table 1 Classification of mine geological environmental assessment index in the target area

评价指标	评价标准		
	严重(3)	较严重(2)	较轻微(1)
地形坡度	>40°	15°~40°	<15°
地质构造	断裂沿线 0~500 m	断裂沿线 500~2 000 m	断裂沿线>2 000 m
工程岩组	软硬相间岩组	软质岩组	松散岩组
植被覆盖	0.249~0.770	0.770~0.852	0.852~1.00
年降雨量	>1 400 mm	1 200~1 400 mm	<1 100 mm
地灾现状	强烈发育	中等发育	低发育
矿山开采	矿山开采核心区	矿山开采影响区	其他区域
地下水资源破坏	抽排水量<10 万 m ³	抽排水量 10~50 万 m ³	抽排水量>50 万 m ³

根据研究区地质灾害易发性评价指标体系的分级标准,分别建立各评价因子的分级图层。

(1) 地形坡度

地形坡度是矿山地质环境问题产生的基础,是导致矿山地质灾害发生的一个重要的因素。根据研究区地形地貌条件,采用国际科学数据服务平台获得的 ASTER GDEM 数据(精度约 30×30 m)对研究区坡度的统计分析,对数据进行整理并重分类后将研究区地形坡度大于 40°的区域赋予影响地质环境等级为 3,划为地形坡度影响严重区;地形坡度在 15°~40°之间的区域赋予影响地质环境等级为 2,划为地形坡度影响较严重区;地形坡度在小于 15°之间的区域赋予影响地质环境等级为 1,划为地形坡度影响较轻微区(见图 1a)。

(2) 地质构造

地质构造会破坏岩体的原生结构,造成岩体破碎、节理裂隙发育。距离构造线越近,岩体破碎程度越高、节理越发育,发生地质环境问题的可能性也更大。根据对研究区矿山地质环境问题分布与构造位置关系的统计分析,将研究区构造两侧距构造小于 500 m 的区域赋予影响程度等级为 3,划为地质构造影响严重区;构造两侧距构造 500~2 000 m 的区域赋予影响程度等级为 2,划为地质构造影响较严重区;研究区构造两侧距构造大于 2 000 m 的区域赋予影响程度等级为 1,划为地质构造影响较轻微区(见图 1b)。

(3) 工程岩组

地层岩性及其组合也是地质环境问题发生的一个项重要因素,不同的岩性决定着矿山地质环境问题的种类,不同的岩性组合也控制着矿山地质灾害的发育程度。根据对研究区岩土体工程地质特

征的分析,结合研究区地质环境问题与地层岩组的统计关系,将研究区工程岩组分为影响地质环境问题极易发岩组、易发岩组和一般岩组三类。根据分析,将研究区极易发岩组的区域赋予影响等级为 3,划为工程地质岩组影响地质环境的严重区;研究区易发岩组的区域赋予影响等级为 2,划为工程地质岩组影响地质环境的较严重区;研究区一般岩组的区域赋予影响等级为 1,划为工程地质岩组影响地质环境的较轻微区(见图 1c)。

(4) 植被指数

植被是反映一个区域地质环境质量以及地壳表层岩土体稳定性的重要因素。NDVI(Normalized Difference Vegetation Index,归一化植被指数)是反映地表植被覆盖程度的重要表征因子。本文通过中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云网站,申请得到研究区由 terra 卫星所搭载的 modis 传感器获取的研究区 NDVI 数据,通过数据处理,得到研究区的 NDVI 值(见图 1d)。

(5) 降雨

降雨是诱发地质环境问题的重要因素,也是最常见的影响因素。降雨不仅可能诱发滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝等矿山地质灾害,而且会淋滤含有有害物质的矿山废渣,威胁地表土壤及地下含水层。

根据研究区降雨多年统计资料,得到研究区基本降雨分布趋势,结合地形地貌对降雨分布的影响特征,将研究区划分为降雨影响大区、降雨影响中区和降雨影响小区 3 个等级区域,分别赋予降雨影响地质环境等级 3、2、1(见图 1e)。

(6) 地质灾害

地质灾害现状是矿山地质环境评价的重要指标,根据工程地质类比的原则,在现状地质灾害较

为发育的区域,其工程地质条件较差,将来发生地质灾害的可能性较大。根据调查统计,研究区矿山开采引发地质灾害共计 345 处。根据对研究区地质灾害点进行分布密度统计分析,可将研究区划分为地质灾害强烈发育、地质灾害中等发育和地质灾害低发育三个等级。

根据研究区矿山地质灾害发育的密度及规模,以及其可能造成的影响程度,将研究区地质灾害强烈发育的区域赋予等级为 3,划为地灾现状影响严重区;地质灾害中等发育的区域赋予等级为 2,划为地灾现状影响地质环境较严重区;研究区内地质灾害低发育的区域赋予易发性等级为 1,划为地灾现状影响不易发区(见图 1f)。

(7) 矿山开采

矿山开采引发的土地压占破坏是矿山地质环境评价的重要指标之一,矿产资源开发时工业广场的修建、废渣废石的堆放处理都要占用大量土地资源,而且地下开采势必会造成地表土地资源破坏,其影响范围往往包含矿区内部及周边一定范围。

根据研究区矿产资源种类、开发利用方式、矿山开采影响区域及规模特征,以及其可能造成的

影响程度,将研究区矿产资源开采核心区域赋予等级为 3,划为矿山开采影响地质环境严重区;将矿产资源开采影响区域赋予等级为 2,划为矿山开采影响地质环境较严重区;研究区内矿产资源开发利用程度较低的区域赋予等级为 1,划为矿山开采影响较轻微区(见图 1g)。

(8) 地下水资源破坏

矿山开采过程中大量抽排地下水,造成地下水位下降、地表水漏失、水体污染等问题,严重影响当地的地质环境条件,给当地村民的生产生活造成诸多不便。地下水的大量抽排造成含水层中形成降落漏斗,其影响范围远远超过矿山开采边界。

根据研究区矿产资源种类、地下水抽排位置及地下水抽排水量,插值计算出研究区地下水资源破坏情况分布图,将研究区抽排水量大于 50 万 m³ 的区域赋予等级为 3,划为地下水资源破坏影响地质环境严重区;将抽排水量介于 10~50 万 m³ 的区域赋予等级为 2,划为地下水资源破坏影响地质环境较严重区;研究区抽排水量小于 10 万 m³ 的区域赋予等级为 1,划为地下水资源破坏影响较轻微区(见图 1h)。

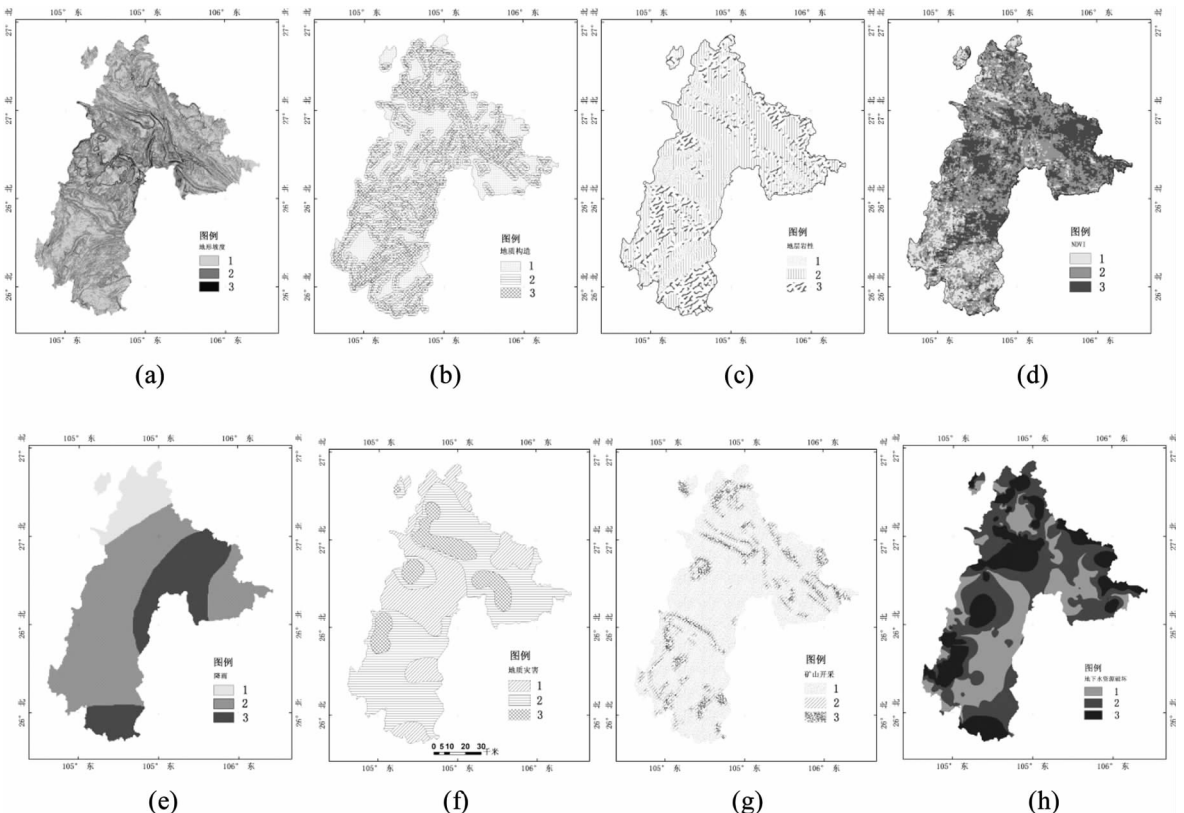


图 1 研究区各评价因子分级图层

Fig. 1 The grading layer of each assessment factor in the target area

4 评价结果

根据上述各地质环境指标的划分及赋值,结合各指标图层的权重,按照前述模糊层次综合评价的方法及步骤,应用 GIS 平台上的空间分析工具对各图层进行栅格化处理,并进行叠加分析,得到研究区地质环境评价结果。

从评价结果可以看出,研究区地质环境指数介于 1.00 ~ 2.83 之间,对评价结果进行合并处理,采用自然间断点划分方法将评价结果划分为 (1.00 ~ 1.65)、(1.65 ~ 2.06)、(2.06 ~ 2.83) 三个等级,相应的将研究区地质环境划分为严重区、较严重区和较轻微区三个区域,其结果如图 2。

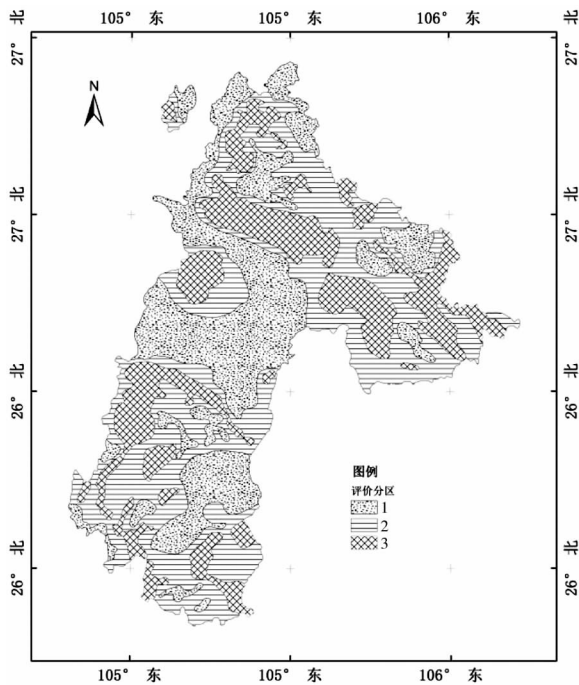


图 2 研究区矿山地质环境评价结果图层

Fig. 2 Layer of mine geological environmental assessment results of the target area

(1) 矿山地质环境破坏严重区 (指数 2.06 ~ 2.83)

研究区矿山地质环境破坏严重区主要分布于钟山区的大湾镇-水城县老鹰山、董地乡一带,水城县南开乡-木果乡-汪家寨镇-大河镇一带、比德乡-化乐乡一带、纸厂乡-陡箐乡-阿戛镇-勺米乡-玉舍乡一带、发耳乡-都格乡-鸡场乡一带,六枝特区中寨乡-箐口乡-水城红岩乡-候场乡一带、新华乡-龙场乡-新窑乡-大用镇一带,盘州市

淤泥河-鸡场坪镇-柏果镇-盘关镇一带、两河镇-丹霞镇一带、红果街道-胜境街道-石桥镇一带、竹海镇-大山镇-新民乡一带。该地质环境破坏严重区的分布范围是由研究区矿山开采造成的地质环境破坏各指标图层共同影响决定的。由前述地质环境指标图层可知,该地质环境破坏严重区的基础地质条件较差,矿山开采引发的土地资源破坏、地下水资源破坏严重,且矿山开采引发地质灾害发育严重。因此,在各评价指标的共同影响下,该区域矿山地质环境破坏严重,划为地质环境破坏严重区。

(2) 矿山地质环境破坏较严重区 (指数 1.65 ~ 2.06)

研究区矿山地质环境破坏影响较严重区主要分布于严重区的外围,包含钟山区德坞办事处、双戛乡等区域,水城县南开乡-保华乡-陡箐乡-蟠龙乡一带、杨梅乡、新街乡-鸡场乡等区域,六枝特区新场乡-岩脚镇-月亮河乡-郎岱镇一带,盘州市保基乡-羊场乡-鸡场坪一带、石桥镇-响水镇-保田镇一带。由各指标图层可知,该较严重区域的基础地质条件同样较差,地质环境条件受严重区内矿山开采影响严重,部分区域内有矿山开采但不集中连片,土地资源破坏及水资源破坏没有集中开采区严重,但仍存在诸多地质环境问题。因此,在多方面的共同影响下,该区域地质环境破坏指数较高,划为地质环境破坏较严重区。

(3) 矿山地质环境破坏较轻微区 (指数 1.00 ~ 1.65)

研究区地质环境破坏较轻微区主要分布于研究区相对无矿山开采的区域,主要包括水城县金盆乡-青林乡一带、木果乡-双戛乡-坪寨乡-玉舍乡-果布戛乡-野钟乡-花戛乡-顺场乡-龙场乡-营盘乡一带,六枝特区牛场乡-梭戛乡-岩脚镇一带,盘州乌蒙镇-坪地乡-普古乡-保基乡一带、旧营乡-英武镇-竹海镇-民主镇等区域。这些区域矿山开采影响地质环境的现象较少,地质环境问题相对较轻微。因此,根据评价结果,该区域地质环境破坏指数较小,划为地质环境破坏较轻微区。

5 结论与讨论

(1) 通过对研究区开展的矿山地质环境评价,得到研究区地质环境指数介于 1.00 ~ 2.83 之间,采用自然间断点划分方法将评价结果划分

为(2.06 ~ 2.83)、(1.65 ~ 2.06)、(1.00 ~ 1.65)三个等级,相应的将研究区地质环境划分为严重区、较严重区和较轻微区三个区域。评估结果与实际调查结果吻合较好,可为该区域矿山地质环境治理工作提供帮助借鉴。

(2)基于GIS技术开展的地质环境评价具有较强的可操作性和较高的可信度。随着调查技术的不断发展,调查成果可以方便的导入GIS平台开展后期工作,具有较好的应用价值。

矿山地质环境的影响因素众多,不同因素对地质环境的影响机理也极为复杂,由于各影响因素的研究程度不一致、资料的详实性不足等原因,想要面面俱到地分析所有影响因素对地质环境的影响,具有较大的难度。本研究选取最为重要的8个因素开展评价,具有一定的借鉴作用。当然,随着研究水平的不断提高,在后续的工作中应逐步扩展影响因素,优化评价方法,以期得到更加精确的研究成果。

[参考文献]

党杰,杨胜元. 2015. 云贵交界“9·7”地震贵州震区地质灾害风险评估[J]. 贵州地质,32(1):71-77.

董双发,李明松,张剑峰,等. 2017. 辽宁鞍山地区基于层次分析法的矿山地质环境评价[J]. 矿产勘查,8(3):504-513.

段春宇. 2011. 河南省小阳河铝土矿矿区地质环境评价[D]. 西安科技大学.

马伟,徐素宁,王润生,等. 2015. 基于证据权法的赣南稀土矿山地质环境评价[J]. 地球科学,36(1):103-110.

王海庆. 2010. 基于GIS和RS的矿山地质环境评价方法比选[J]. 国土资源遥感,85(3):92-96.

杨胜元,张建江. 2008. 贵州环境地质[M]. 贵州:贵州科技出版社.

杨胜元,田稼,张建江,等. 2009. 贵州地质灾害及其防治[M]. 贵州:贵州科技出版社.

姚栋伟,程莉,汪洋,等. 2016. 基于BP神经网络和GIS的矿山地质环境评价方法[J]. 采矿技术,16(3):56-79.

邹凤钗,党杰,杨元丽,等. 2016. 六盘水市矿山地质灾害和地质环境调查成果报告[R]. 贵州省地质环境监测院.

Mine Geological Environmental Assessment Based on GIS Technology in Liupanshui City

DANG Jie

(Guizhou Institute of Geo-environment Monitoring, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] Liupanshui city is one of the most important mineral resource development and utilization area of Guizhou province, years large scale mining has coursed series of geological environmental problems. By use fuzzy level comprehensible evaluation method, on the basis of investigate, statistics and analysis geological environmental foundation and mine geological environment of the target area, 8 assessment factors are selected to do mine geological environmental assessment based on GIS technology. According to the result, the geological environmental factor is from 1.00 to 2.83 in the target area. By use natural breakpoint division method, the assessment results are divided into 3 class, so the geological environment of the target area are divided into severe area, critical area and general area. The assessment results are consistent with actual results, it will afford guidance for mine geological environment treatment in this area.

[Key words] Geological environmental assessment; Mine; Liupanshui; GIS