

doi: 10.6046/zrzyyg.2021101

引用格式: 吕品,熊丽媛,徐争强,等. 基于 FME 的矿山遥感监测矢量数据图属一致性检查方法[J]. 自然资源遥感,2022,34(1):293–298. (Lyu P,Xiong L Y,Xu Z Q,et al. FME – based method for attribute consistency checking of vector data of mines obtained from remote sensing monitoring[J]. Remote Sensing for Natural Resources,2022,34(1):293–298.)

基于 FME 的矿山遥感监测矢量数据图属一致性检查方法

吕品,熊丽媛,徐争强,周学铖

(四川省核工业地质调查院,成都 610051)

摘要: 针对全国矿山遥感监测矢量数据覆盖范围广、数据复杂程度大、面积统计精度高的特点,及现有软件所存在的计算效率较低、计算精度不高的问题,提出了基于空间数据转换处理系统(feature manipulate engine,FME)的解决方法。首先,根据图斑、矿权的位置进行分带;其次,对各带的图斑、矿权进行相对位置分析,得到相离、包含、包含于、压盖4种相对位置类型图斑;最后,根据各相对位置关系类型图斑与矿权的关系分别计算其开发占地面积(KFZDMJ)、矿权内面积(KQNMJ)和矿权外面积(KQWMJ)。通过对一个中等规模省份的矿山矢量数据计算结果进行验证,其计算效率与精度都有了较大的提高,且操作简单可行。实验结果表明该图属一致性检查功能可以为矿山遥感监测数据的编制工作提供有效的支持,具有较高的适用性。

关键词: 地图制图技术; 矿山遥感监测; 图属一致性检查; FME

中图法分类号: TP 319 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2022)01-0293-06

0 引言

随着遥感技术的不断发展以及影像数据空间分辨率的提高,遥感技术已经能够为矿产资源监测提供多种多样的信息^[1],利用遥感技术进行矿产资源开发调查和监测已成为快速准确把握矿产资源开发秩序和矿山地质环境的重要方法^[2]。矢量数据作为矿山遥感监测最重要的成果数据之一,记录着矿山资源最为重要的空间位置信息以及其相应的属性信息^[3]。在矿山遥感监测矢量成果数据入库的过程中,矢量成果数据检查工作是非常重要的一部分^[4],然而检查工作却因数据量大、数据种类多、规范要求繁杂等问题,导致入库工作效率低下并易产生错误数据,无法确保质量。

图属一致性检查作为矢量数据检查的重要内容之一,对于确保数据质量尤显重要^[5]。图属一致是指空间数据的实际值与相对应的属性数据字段值保持一致。如同一个面状图形在相同投影条件下,其面积值应是真实客观且唯一存在的,这个值应该真实反映在相应属性字段之中。常规的图形面积计算一般采用矿山动态变化成果数据辅助生成软件进

行,但其计算一个中等规模省份的图斑面积,就需耗费约4 h,对于开展多省域图属一致性检查工作而言,仅仅检查一次就需耗费数十小时。因此,亟待寻求一种简单、高效、节约时间的方法。

空间数据转换处理系统(feature manipulate engine,FME)作为一个专业级的数据转换、处理软件,在数据处理方面具有强大、有效和便捷的空间拓扑运算分析能力,为利用 FME 进行矢量数据间的一致性检查奠定了坚实的技术基础。因此,针对上述矿山遥感监测矢量数据的图属一致性检查面临的问题,本文提出基于 FME 的解决方法,在保证数据质量的同时大大提高工作人员的工作效率,为矿山遥感监测成果数据入库工作提供有力的保障和支持。

1 检查内容及算法

为保证全国矿山遥感监测成果数据的唯一性,中国自然资源航空物探遥感中心根据《DZ/T0266—2014 矿产资源开发遥感监测技术规范》、《全国矿山环境恢复治理状况遥感地质调查与监测二级项目实施方案》等技术要求的规定,制定了本底数据更新调查成果数据提交说明(以下简称“数据提交说明”),以此为基础,开展图属一致性检查工作。

收稿日期: 2021-04-02; 修订日期: 2021-12-08

基金项目: 中国地质调查局项目“全国矿山环境恢复治理状况遥感地质调查与监测”(编号: DD20190705)资助。

第一作者: 吕品(1986-),男,工程师,主要从事矿山遥感监测研究工作。Email: 282926660@qq.com。

通信作者: 徐争强(1982-),男,硕士,高级工程师,主要从事地质灾害遥感解译与评价研究工作。Email: 84008181@qq.com。

1.1 图属一致性检查内容

矿山遥感监测矢量成果数据类型众多,格式统一,属性定义明确。图属一致性检查对象主要针对面状要素的面积属性字段、线状要素的长度属性字段和点状要素的坐标属性字段^[6]。在矿山遥感监测矢量成果数据中,除地表开采损毁及恢复治理图层(KF)之外的点、线、面状要素相应属性字段的检查方法相对简单,只需以常用地理信息系统(geographic information system, GIS)软件便可进行,不涉及复杂空间及属性运算。而地表开采损毁及恢复治理图层(KF)中,由于存在开发占地面积(KFZDMJ)、矿权内面积(KQNMJ)和矿权外面积(KQWMJ)3个面积字段,且字段间存在“矿权内面积与矿权外面积之和等于开发占地面积”的内在关系,计算难度较大,地表开采损毁及恢复治理图层(KF)部分属性信息定义如表1所示。

表1 地表开采损毁及恢复治理图层(KF)部分属性信息定义
Tab.1 Definition of some attribute information of KF layer

属性名称	字段编码	字段类型	字段长度	约束条件	值域
用户 ID	KFID	C	18	M	综合代码
许可证号	XKZH	C	50	M	自由文本
开发占地面积 ^①	KFZDMJ	F	16.2	M	整数 16 位, 小数 2 位
矿权内面积	KQNMJ	F	16.2	M	整数 16 位, 小数 2 位
矿权外面积	KQWMJ	F	16.2	M	整数 16 位, 小数 2 位

①图斑位于对应矿权内的面积与矿权外的面积之和应等于开发占地面积。

1.2 算法分析

1) 矿山动态变化成果数据辅助生成软件的图斑面积计算算法。该算法首先根据图斑的重力中心点经度获取其所在高斯 3°分带中的投影带号,并计算开发占地面积(KFZDMJ),然后遍历采矿权(KJ)图层许可证号(XKZH)合并相同的图斑,计算其相交部分面积作为矿权内面积(KQNMJ),最后以开发占地面积(KFZDMJ)减去矿权内面积(KQNMJ)获得图斑的矿权外面积(KQWMJ)。

该算法逻辑严密,优点在于通过属性遍历,合并图斑与所有采矿权图层许可证号相同的矿权,并求取压盖部分面积,从而避免了对图斑与采矿权相对复杂的位置关系的判别分析,代码因此相对简洁。缺点主要有2方面:一是图斑矿权外面积并非由图形面积直接计算所得,造成开发占地面积、矿权内面积、矿权外面积3者之间并不独立,缺乏检核条件;二是该算法时间复杂度较高,设数据地表开采损毁及恢复治理图层(KF)图斑总数为 M ,采矿权(KJ)

图斑总数为 N ,则该算法时间复杂度 T_1 可表示为:

$$T_1(M, N) = O(MN), \quad (1)$$

式中 O 为时间复杂度函数。

对于动辄上万个的采矿权以及数万甚至数十万的地表开采损毁及恢复治理图层图斑,该算法的时间复杂度极高,所以,以其计算一个中等规模省份的图斑面积,需要4 h的时间也就不难理解了。

2) FME 编程方法的图斑面积计算算法。本方法从降低算法时间复杂度的角度开展了研究。首先开发图斑依据其重力中心点经度所在高斯 3°分带中的投影带号对其分别投影;对采矿权以许可证号(XKZH)为分组分别聚合后,以采矿权聚合体范围经度极大值及极小值为投影依据进行投影,跨带采矿权聚合体在其所跨投影带分别投影;在各相同投影带内,以开发图斑为基础,遍历采矿权,获取开发图层图斑与其相应采矿权的空间位置关系(相离、包含、包含于、压盖),相离及包含的矿权外面积与矿权内面积分别与开发占地面积相等,包含于及压盖则进一步通过空间分析运算获得其矿权内部分及矿权外部分图斑,并分别计算面积。

与前者一样,本算法逻辑严密,且保证了3个面积字段计算的独立性,增加了检核条件。同样设数据地表开采损毁及恢复治理图层(KF)图斑总数为 M ,采矿权(KJ)图斑总数为 N ,数据所跨高斯 3°分带数为 K ,且在空间上均匀分布,考虑到存在一个许可证号对应多个矿权的情况,因此则该算法时间复杂度 T_2 可表示为:

$$T_2(M, N) \leq O(MN/K^2). \quad (2)$$

通过式(1)与式(2)的比较可知,本文方法的时间复杂度更低。同一套数据,数据跨带越多,采用本文方法的优势更大;即使数据不跨带,由于采矿权图层存在大量的多个采矿权图斑使用同一个许可证号的情况,本文方法以采矿权图层许可证号字段为分组依据进行聚合操作,客观上减小了 N 值,降低了算法时间复杂度,因此在此情况下采用本文方法也更有优势。

2 矢量成果数据图属一致性检查方法

矢量成果数据图属一致性检查程序采用 FME 进行设计, FME 作为一种完整的空间数据抽取-转换-加载(extract-transform-load, ETL)解决方案,提供了在转换过程中重构数据的功能,实现了对250多种不同空间数据格式的重投影、空间模型变换、属性关联、拓扑变换等操作,具有极好的灵活性。

2.1 矢量图斑与采矿权分带方法

矢量图斑与采矿权的分带对照了矿山动态变化成果数据辅助软件对数据分带的相关规定^[7],从而在逻辑上保证了 2 种方法计算结果的一致性。

1) 矢量图斑的投影。与矿山动态变化成果数据辅助软件相同,程序严格以矢量图斑重力中心点所处经度确定其在高斯 3°带的投影带号,同一图斑矿权内部分与矿权外部分的面积计算均使用原图斑的投影带号。如使用表达式($_x < 115.5$ and $_x > 112.5$)判定图斑处于高斯 3°带第 38 带中,不考虑重力中心点的经度正好处于分带界线的这种极小概率情况。

2) 矿权的投影。为防止同一许可证号 2 个采矿权因正好位于分带界线两侧而被归入不同投影带的情况,对采矿权以许可证号字段为分组进行了聚合处理^[8]。采矿权聚合体以其范围经度极大值($_xmax$)与经度极小值($_xmin$)确定其投影带号,跨带采矿权聚合体应在 2 个投影带内分别投影,以保证跨带采矿权聚合体东西两侧图斑均能与相应采矿权聚合体进行空间分析运算。如使用表达式($_xmax < 115.5$ and $_xmax > 112.5$ and $_xmin < 115.5$ and $_xmin > 112.5$)表示采矿权聚合体完全处于高斯 3°带第 38 带中,表达式($_xmax > 115.5$ and $_xmin < 115.5$)表示采矿权聚合体跨第 38 带和 39 带。

2.2 矢量图斑与其对应矿权位置关系类型及检测方法

经分析,矿山遥感监测矢量数据中,所有矢量图斑与对应采矿权的相对位置关系包括且仅限于相离、包含、包含于、压盖 4 种类型^[9-10],对图斑与采矿权空间位置关系的准确判别,是实现程序化计算、检查图斑图属一致性的基础^[11],如表 2 所示。

表 2 图斑与其相应矿权的位置关系类型
Tab.2 Types of location relationship between map spots and their corresponding mineral rights

序号	相对位置关系类型	图示	说明
1	相离		图斑与相应矿权无空间压盖
2	包含		图斑完全被包含在矿权之内
3	包含于		图斑完全将矿权包含在内
4	压盖		图斑被矿权切为 2 部分及以上

在 FME 中,使用空间分析类转换器 SpatialFilter 对图斑与矿权的相对位置关系进行判断,通过输出口失败(Failed)可实现“非”运算。如空间判断谓词设置为“Filter 包含于 Candidate”,则通过失败(Failed)端口输出的数据则为“非(Filter 包含于 Candidate)”,即“Filter 不包含于 Candidate”的数据。具体流程如图 1 所示。

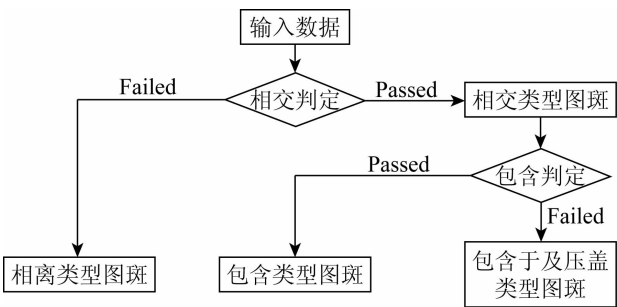


图 1 图斑相对位置关系的检测方法
Fig.1 Method of detecting the relative position of spots

1) 相离类型。相离即为不相交,即在 SpatialFilter 转换器空间判断谓词设置为“Filter 相交 Candidate”后,从失败(Failed)端口输出的数据则为与矿权“相离”的图斑类型。

2) 包含类型。空间谓词判断设置为“Filter 包含 Candidate”,则从通过(Passed)端口输出的数据则为被相应矿权“包含”的图斑类型。

3) 包含于及压盖类型。相交即为不相离,因此包含、包含于、压盖 3 种相对位置关系皆为相交。要从这 3 种相对位置关系剔除“包含”关系类型图斑,需使用 2 次 SpatialFilter 转换器,第一次使用判断谓词“Filter 相交 Candidate”找出所有相交类型图斑,第二次使用“Filter 包含 Candidate”判断谓词,则从失败(Failed)端口输出的数据即为“包含于及压盖图斑”的类型。

通过这 3 组判断,可将所有矢量数据归入这 3 种空间相对位置关系类型中,且不会出现重复归类。

2.3 各相对位置关系类型图斑的面积计算

为简化运算过程,提高程序运行效率,程序对各相对位置关系的图斑设计了不同的面积计算方法,即赋值法和空间叠置分析运算法。

1) 相离及包含类型图斑的面积计算方法。根据这 2 种类型空间位置关系的特点,在确定了开发占地面积(KFZDMJ)后,采用赋值法来确定矿权内面积(KQNMJ)和矿权外面积(KQWMJ)。如相离关系类型图斑,其矿权外面积(KQWMJ)必定等于开发占地面积(KFZDMJ),而矿权内面积(KQNMJ)必定等于 0,而包含关系类型的图斑则与之相反,如表 3 所示。

表 3 相离及包含关系类型图斑面积值的特点

Tab.3 Characteristics of spot area values of the disjoint and contains relationship types

序号	关系类型	开发占地面积	矿权外面积	矿权内面积
1	相离	A	A	0
2	包含	A	0	A

2) 包含于及压盖关系类型图斑的面积计算方法。此 2 种关系类型的图斑面积值之间没有规律可言,表现出一定的随机性,程序采用空间叠置分析运算法来计算相关面积值。空间叠置分析运算是一个对输入的面状要素相互求交的过程,如图 2 所示。图斑 1 和 2 经过空间叠置分析运算之后,产生了图斑 1,2,3,但所有图斑的总面积不变。

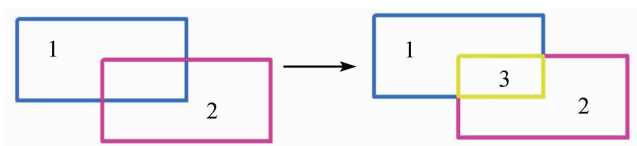


图 2 空间叠置分析运算

Fig.2 Spatial overlay analysis operations

在 FME 中,叠置分析运算使用 AreaOnAreaOverlayer 转换器进行,该转换器在保留所有输入

属性的同时,在输出要素中增加 overlaps 属性,overlaps 属性记录了切割面的压盖层数,如图 2 所示的输出中,图斑 1 和 2 的 overlaps 属性值为 1,图斑 3 的 overlaps 属性值则为 2。结合 AttributeExposer 转换器暴露的 fme_feature_type 属性可实现数据图层来源的可追溯性,如使用表达式“overlaps = 1 and fme_feature_type Contains 'KF'”表示地表开采损毁及恢复治理图层(KF)非压盖部分图斑,对应矿权外部分图斑,反之,表达式“overlaps != 1 and fme_feature_type Contains 'KF'”表示地表开采损毁及恢复治理图层(KF)压盖部分图斑,对应矿权内部分图斑,同时采矿权图斑自动被排除进入下一步的面积计算中。

考虑到同一个图斑经过空间分析运算之后有可能产生多个矿权内部分图斑或者多个矿权外部分图斑,程序以 XKZH 与图斑唯一标识符 KFID 对矿权内部分及矿权外部分图斑分别进行聚合(Aggregator)操作,并分别计算聚合体的总面积作为图斑矿权内面积(KQNMJ)及矿权外面积(KQWMJ)。包含于及压盖关系类型图斑面积计算流程如图 3 所示。

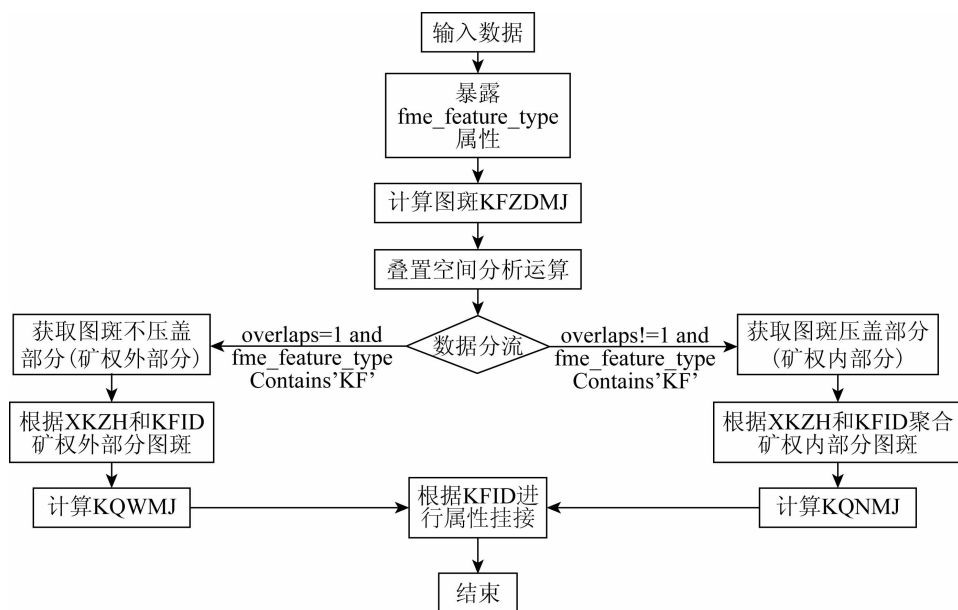


图 3 包含于及压盖关系类型图斑面积计算流程

Fig.3 Process for calculating the area of spots within and overlaps relationship type

3 计算效率及精度对比分析

为评价本方法在面积计算上的效率及精确度,实验使用戴尔(DELL) Precision T7920 图形工作站为平台,以福建省 2018 年矿山遥感监测矢量地表开采损毁及恢复治理图层(KF)共计 27 114 个图斑进行对比实验,分析记录了试验结果,如表 4 所示。

表 4 地表开采损毁及恢复治理图层(KF)面积计算时间对比

Tab.4 Comparison of calculation time of KF layer area

计算方法	图层	图斑数量(M)	采矿权数量(N)	跨带数(K)	运行时长/s
矿山动态变化成果数据辅助生成软件	KF	27 114	2 999	2	14 458
本文方法	KF	27 114	2 999	2	68

同时,为进一步验证本文方法计算结果的正确性,选取了在试验结果中报错的不同空间关系类型图斑,如相离、包含、包含于及压盖类型,特别是同一

个图斑存在多部分矿权内或者矿权外面积的图斑,通过对图斑的手动投影,并计算开发占地面积(KFZDMJ)、矿权内面积(KQNMJ)、矿权外面积(KQWMJ)3个字段,得到实验结果如表5所示。

表 5 数据计算精确度对比

Tab.5 Comparison of data calculation accuracy (m ²)					
计算方法		相离	包含	包含于	压盖
辅助生成 软件计算 结果	KFZDMJ	1 998.49	948.05	7 330.73	11 070.30
	KQNMJ	0	948.05	0	1 152.77
	KQWMJ	1 998.49	0	7 330.73	9 917.53
本文方法 计算结果	KFZDMJ	1 995.84	946.16	7 330.73	11 055.70
	KQNMJ	0	946.16	15.29	1 151.25
	KQWMJ	1 995.84	0	7 315.44	9 904.45
手动计算 结果	KFZDMJ	1 995.84	946.16	7 330.73	11 055.70
	KQNMJ	0	946.16	15.29	1 151.25
	KQWMJ	1 995.84	0	7 315.44	9 904.45

结果表明,采用本文方法的计算效率较采用矿山动态变化成果数据辅助生成软件的计算效率有了显著的提高,时长从 14 458 s 缩短至 68 s;另一方面,本文方法的面积计算结果与手动计算的结果一致,验证了本文方法在计算结果上的准确性。

4 结论

文章提出了一种基于 FME 的矿山遥感监测矢量数据图属一致性检查方法,建立了矢量图斑与相应采矿权的相对空间位置关系类型,得到如下结论:

1)提出了一种新的面积计算算法,该算法根据图斑坐标位置、与对应采矿权相对位置关系对图斑进行分类,并分别进行空间分析运算,避免了常用的矿山动态变化成果数据辅助生成软件对所有图斑与采矿权的遍历求交,在降低了程序时间复杂度的同时,也实现了图斑矿权内外面积的独立计算。

2)程序对跨带采矿权在所跨投影带同时进行投影,虽避免了对采矿权所属图斑在所跨投影带号中的分布进行检测,但同时也造成了不必要的资源占用。若需解决该问题,则可对跨带采矿权进行有针对性的投影带号选择,程序运行效率可进一步提高。

参考文献(References):

[1] 杨显华,黄洁,田立,等.基于高分辨率遥感数据的矿山环境综合治理研究——以冕宁牦牛坪稀土矿为例[J].国土资源遥感,2015,27(4):115-121. doi:10.6046/gtzyyg.2015.04.18.
Yang X H,Huang J,Tian L,et al. A discussion on comprehensive governance of mine environment based on high resolution remote sensing data: A case of Maoniuping REE deposit, Mianning County [J]. Remote Sensing for Land and Resources,2015,27(4):115-

121. doi:10.6046/gtzyyg.2015.04.18.
[2] 程乾,陈金凤.基于高分1号杭州湾南岸滨海陆地土地覆盖信息提取方法研究[J].自然资源学报,2015,30(2):350-360.
Cheng Q,Chen J F. Research on the extraction method of landcover information in southern coatal land of Hangzhou Bay based on GF-1 image[J]. Journal of Natural Resources,2015,30(2):350-360.
[3] 杨金中,聂洪峰,荆青青.初论全国矿山地质环境现状与存在问题[J].国土资源遥感,2017,29(2):1-7. doi:10.6046/gtzyyg.2017.02.01.
Yang J Z,Nie H F,Jing Q Q. Preliminary analysis of mine geoenvironment status and existing problems in China[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2017,29(2):1-7. doi:10.6064/gtzyyg.2017.02.01.
[4] 杨金中,秦绪文,张志,等.矿山遥感监测理论方法与实践[M].北京:测绘出版社,2011:137-154.
Yang J Z,Qin X W,Zhang Z,et al. Theory and practice on remote sensing monitoring of mine[M]. Beijing:Surveying and Mapping Publishing House,2011:137-154.
[5] 中国自然资源航空物探遥感中心.矿山遥感数据入库要求(2019版)[Z].北京:中国自然资源航空物探遥感中心,2019.
China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources. Production for data requirements for database of mine remote sensing monitoring(2019)[Z]. Beijing:China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources,2019.
[6] 杨金中,荆青青,聂洪峰.全国矿产资源开发状况遥感监测工作简析[J].矿产勘查,2016,7(2):359-363.
Yang J Z,Jing Q Q,Nie H F. Analysis of the mineral resources development status of remote sensing monitoring in national land[J]. Mineral Exploration,2016,7(2):359-363.
[7] 刁明光,翟翟,薛涛,等.基于AE插件式矿山遥感监测成果数据质量检查系统[J].国土资源遥感,2017,29(4):219-224. doi:10.6046/gtzyyg.2017.04.33.
Diao M G,Qu D,Xue T,et al. Plug-in style results data quality checking system for mine remote sensing monitoring based on AE[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2017,29(4):229-224. doi:10.6046/gtzyyg.2017.04.33.
[8] 刁明光,翟翟,梁建东,等.矿山遥感监测属性数据复杂约束类型的描述方法[J].国土资源遥感,2016,28(3):197-201. doi:10.6046/gtzyyg.2017.04.30.
Diao M G,Qu D,Liang J D,et al. Description method for complex constraint of mine remote sensingg monitoring attribute data[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2016,28(3):197-201. doi:10.6046/gtzyyg.2017.04.30.
[9] 方靖.基于ArcGIS平台的三调初始库快速编制技术研究[J].国土资源导刊,2019,16(2):29-34.
Fang J. The study into rapid compiling of the initial database for the third national land survey based on ArcGIS platform[J]. Land and Resources Herald,2019,16(2):29-34.
[10] 张康聪.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,2019.
Zhang K C. Introduction to geographic information systems[M]. Beijing:Science Press,2019.
[11] 张毅,李国卿,赵军喜,等.插件式GIS应用框架关键技术研究[J].测绘科学技术学报,2010,27(4):298-301.

Zhang Y, Li G Q, Zhao J X, et al. Key technology of plugin-based GIS application framework[J]. Journal of Geomatics Science and

Technology, 2010, 27(4): 298-301.

FME – based method for attribute consistency checking of vector data of mines obtained from remote sensing monitoring

LYU Pin, XIONG Liyuan, XU Zhengqiang, ZHOU Xuecheng

(Sichuan Institute of Nuclear Geology, Chengdu 610051, China)

Abstract: The vector data of mines in China obtained from remote sensing – based monitoring are characterized by wide coverage, high complexity, and high accuracy of area statistics. However, existing software suffers low calculation efficiency and low accuracy. This study proposed a solution based on the feature manipulation engine (FME) platform. This solution consists of the following steps. Firstly, the vector data of mines were divided into zones according to the locations of polygons and mineral rights. Secondly, the positions of the polygons relative to mineral rights were analyzed, obtaining four types of polygons, namely being separated from, containing, being contained in, and covering mineral rights. Finally, relevant area of mines was calculated, including the development area (KFZDMJ), the area covered by mining right (KQNMJ), and the area uncovered by mining right (KQWMJ) according to the types of relative position relationships. The solution was verified using the vector data of mines in a medium – sized province. According to the verification results, the solution proposed in this study can greatly improve calculation efficiency and accuracy and its operation is feasible and straightforward. The results show that the consistency checking of the map attributes can provide effective support for the compilation of remote sensing – based monitoring data of mines and can be widely applied.

Keywords: cartography technology; remote sensing – based monitoring of mines; attribute consistency checking; FME

(责任编辑: 张 仙)