

# 采矿活动与周边房屋开裂及地质灾害的关系浅析

周茂林 陈川 斯恩智  
贵州省地矿局117地质大队

**摘要：**近年来全国各地矿群纠纷现象较为突出，贵州省作为全国的资源大省，矿群矛盾也叫激烈，主要表现在矿山周边村民房屋开裂及引发滑坡、崩塌、地面塌陷及地裂缝等地质灾害，该现象往往与矿山采矿工程活动有关。本文从采矿活动中采空区覆岩移动、爆破振动及抽排地下水三个方面对矿山周边房屋开裂及地质灾害的影响和关联进行详细阐述。希望通过本文的分析，对同类型问题有值得参考和借鉴的意义。

**关键词：**采矿活动；房屋开裂；地质灾害

贵州省位于我国西南部，境内矿产资源丰富，最主要的矿产有煤矿、磷矿、铝土矿及金矿等。多数矿产资源埋藏较深，适合采用井工开采的方式采矿，随着采矿活动的不断延续和深入，周边房屋出现开裂变形及诱发滑坡、崩塌、地面塌陷及地裂缝等地质灾害的现象也不断增多，从而引发了较多矿群纠纷和矛盾。至2000年以来，我队承接了较多村民房屋开裂及地质灾害与邻近矿山采矿工程活动的关系分析论证（或司法鉴定）

项目。论证报告重点从矿山采空区覆岩移动变形、井下爆破振动及抽排地下水三个方面对周边房屋开裂及地质灾害的影响和关联进行分析和阐述。

## 一、采矿区覆岩移动变形影响

### （一）煤矿开采安全深度计算与评价

根据《地方煤矿实用手册》，上覆岩层安全深度计算公式如下：

$$H_{\delta} = K \cdot (m_n + C_n \cdot M_{n-1}) \quad (\text{公式 1-1})$$

$H_{\delta}$ ——上覆岩层安全深度（m）；

$K$ ——安全系数（受保护建筑按 II 级计，取  $K=150$ ）；

$M_{n-1}$ ——多矿层开采至第（ $n-1$ ）矿层的综合作用厚度（m）；

$m_n$ ——多矿层开采第  $n$  矿层的采高或厚度（m）；

$C_n$ ——多矿层开采计算第  $n$  矿层综合作用厚度的系数。

注：单层矿或多层矿的第一层， $M_1=m_1$

以贵州省兴仁市某煤矿为例，计算煤矿开采安全深度。

表1-1 煤矿综合作用安全厚度

煤层编号	煤层采高 $m_n$ (m)	煤层间距 $h$ (m)	$h/m$	$C_n$	综合作用厚度 $M_n$ (m)	备注
C23	1.68				2.20	根据规范要求，煤层高度未到 2.2m
C24	2.79	50	22.7	1.0	4.99	时，按 2.2m 计算

经计算，当单层采动时： $H_{\delta_{单}} = K \cdot M_n = 150 \times 2.20 = 330m$ ；当煤矿开采 C23 煤层形成采空区后，再开采 C24 煤层形成重复采动时： $H_{\delta_{重}} = K \cdot M_n = 150 \times 4.99 = 748.5m$ 。经收集资料综合分析，煤矿周边村寨区域对应的井下采空区顶板上覆岩体厚度均小于 100m。该值远小于开采煤层安全深度。因煤矿顶板管理方法为全顶板垮落法，当煤矿开采形成采空区后，顶板失去支撑而发生脱离，上覆岩体发生位移、变形破坏，从而导致顶板跨落。因此，兴仁市某煤矿开采形成采空区后顶板塌落导致上覆岩体变形、跨落，随着裂隙的不断扩展和发展，引发地面房

屋开裂变形，诱发地面塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌及地面不均匀沉降等地质灾害的可能性大，危险性亦较大。

### （二）采空区移动边界角的确定

参照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》中垂直投影法的图解法，适用山区地表移动与变形值的预计和参数的求取方法，结合《地方煤矿实用手册》进行地表移动变形、安全深度和下陷影响评价，采用边界角进行矿山影响性判别。

表中： $\delta_0$ 为上山（走向）方向边界角， $\beta_0$ 为下山方

表1-2 按覆岩性质区分的地表移动一般参数综合表

覆岩类型	覆岩性质	边界角（°）	
		$\delta_0$	$\beta_0$
坚硬	硬砂岩、硬石灰岩、硬砂质页岩	60° ~65°	$\beta_0 = \delta_0 - (0.7 \sim 0.8) \times \alpha$
中硬	中硬砂岩、石灰岩、粉砂岩、砂质页岩、软砾岩、致密泥灰岩	55° ~60°	$\beta_0 = \delta_0 - (0.6 \sim 0.7) \times \alpha$
软弱	粘土岩、粉砂质粘土岩	50° ~55°	$\beta_0 = \delta_0 - (0.3 \sim 0.5) \times \alpha$

向边界角， $\alpha$ 为岩层倾角。以兴仁市某煤矿为例，即只开采一层煤时为单层采动，煤矿采空区影响范围边界角上山方向（ $\delta_0$ ）、走向方向（ $\gamma_0$ ）取50°（即 $\delta_0 = \gamma_0 = 50^\circ$ ），因此下山方向边界角 $\beta_0 = \delta_0 - 0.5\alpha$ （ $\alpha = 7^\circ$ ），经计算： $\beta_0 = 46.5^\circ$ ；当煤矿同时开采 C23 和 C24 煤层时，在垂直方向上重叠，形成重复开采时，煤矿采空区影响范围边界角上山方向（ $\delta_{0重}$ ）、走向方向（ $\gamma_{0重}$ ）和下山方向（ $\beta_{0重}$ ）均减小2~7°，取5°，经计算： $\delta_{0重} = \gamma_{0重} = 45^\circ$ ， $\beta_{0重} = 41.5^\circ$ 。

### （三）采空区影响范围的确定

矿山井下开采形成采空区，采面回采后，采空区顶板可能发生跨落，矿层采空区一旦发生顶板崩落冒顶，使上覆岩层应

力发生改变而变形位移，其地面变形影响范围因崩顶和岩层移动角的扩展、延伸而大于采空区范围，且矿层采高越厚，倾角越陡，其采空区向下山方向偏移的距离越大。

圈定开采区地表影响范围，以矿山已形成的采空区区域为划定的采空区边界，地表影响范围以采空区边界按上山（走向）方向边界角，下山方向边界角与地面投影的交点图解确定。

以兴仁市某煤矿为例，采空区地表影响范围的圈定具体方法如下：

（1）根据区内煤矿开采地质技术条件，其水平影响距离为： $L = H / \tan \beta_0$ （ $H$ 采空区顶板至地面的垂直高度），选用1：2000 比例尺绘制开采区地表变形范围（即影响范围）的剖面图（图 1-1）。

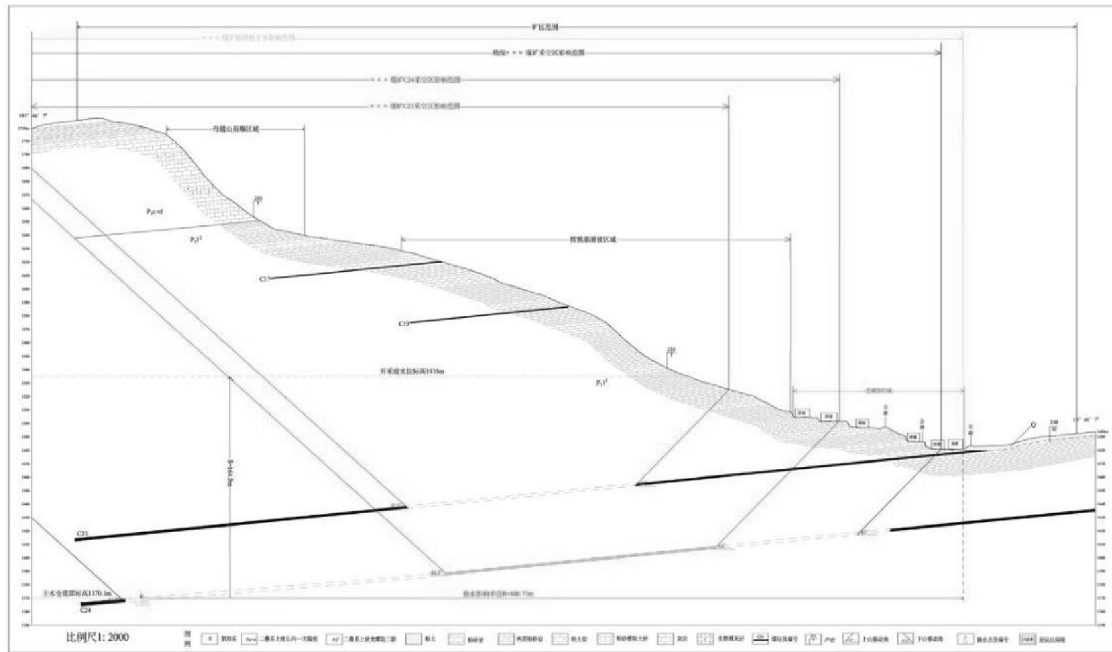


图1-1 采空区地表影响范围圈定剖面图

(2) 在剖面图上，以采空区边界角  $\delta_0$ 、 $\gamma_0$ 、 $\beta_0$  (重复采动时以  $\delta_0$ 重、 $\gamma_0$ 重、 $\beta_0$ 重) 作图，分别得出开采区在上山(走向)方向和下山方向的地表变形边界点。

(3) 根据剖面图结果，结合地形将其投影至平面图上，各地表变形边界点用直线辅以光滑弧线连接，并与实际地形进行修测，即为煤矿采空区影响的地表变形影响范围(图1-2)。

二、爆破振动安全允许距离的计算与评价

根据《爆破安全规程》(GB6722-2014)，爆破振动安全允许距离计算公式为： $R = (K/V)^{1/a} \times Q^{1/3}$  (公式 2-1)

式中： $R$ -爆破振动允许安全距离(m)； $Q$ -炸药量(Kg)，齐发爆破取总炸药量，微差爆破或秒差爆破取最大一段药量； $V$ -安全振动速度，按一般石砌、砖砌非抗震建筑物，取  $V=1.0$  cm/s； $K$ 、 $a$ -与爆破点地形、地质等条件有关的系数和衰减指数，按表 2-1 取值。

表2-1 K、a 取值表

岩石类型	K 值	a 值
坚硬岩石	50—150	1.3—1.5
中硬岩石	150—250	1.5—1.8
软质岩石	250—350	1.8—2.0

以普安县某煤矿为例，计算爆破振动安全允许距离。根据矿山提供的该煤矿炸药雷管入、出、退库统计表及开发利用方案(建设规模：15 万 t/a)，以离村寨最近的单个掘进工作面 and 回采工作面作为爆破振源点，各振源点  $Q$  的取值见表 2-2。

普安县某煤矿 C17、C18 煤层的上覆岩层为细至粉砂岩、泥质粉砂岩为主的软弱岩层，按软质岩石类型，取： $K=350$ ， $a=1.8$  进行计算。各振源点爆破振动影响半径见表 2-3。

表2-2 各振源点炸药量统计表

序号	振源点编号	断面掘进面积 (m <sup>2</sup> )	炮眼密度	炮眼数	每眼装药量 (g)	掘进面或回采工作面炸药量 (kg)	爆破时间
1	BP01	180.70	1×0.8	226	150	33.90	2012 年
2	BP02	281.01	1×0.8	351	150	52.65	2013 年
3	BP04	111.80	1×0.8	139	150	20.85	2006 年前
4	BP05	116.05	1×0.8	145	150	21.75	2010 年
5	BP06	138.56	1×0.8	173	150	25.95	2013 年

表2-3 各振源点爆破振动影响半径计算表

序号	振源点编号	计算参数				计算结果 R(m)
		K	a	V(cm/s)	Q(kg)	
1	BP01	350	1.8	1.0	33.90	128.44
2	BP02	350	1.8	1.0	52.65	148.74
3	BP04	350	1.8	1.0	20.85	109.23
4	BP05	350	1.8	1.0	21.75	110.78
5	BP06	350	1.8	1.0	25.95	117.49

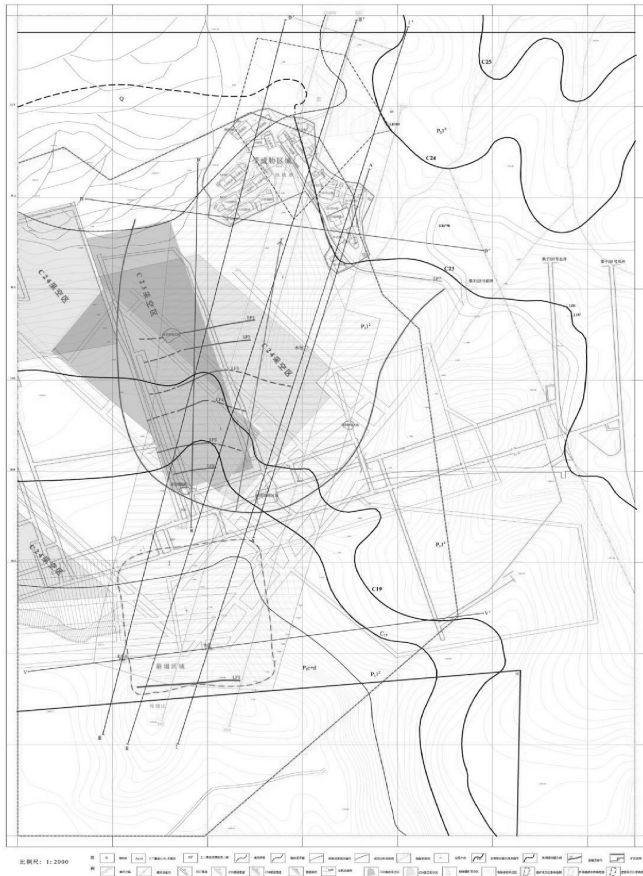


图1-2 某煤矿井下开采影响范围示意图

爆破振动范围的圈定，对于地表爆破点，以地表爆破点为震源中心，以该点计算的振动影响半径所作的圆，为地表爆破振动影响范围；对于井下爆破点，以距离居民点最近的巷道作为震源中心，以各振源点爆破振动影响半径所作的圆与剖面线相交，交点间的范围即为煤矿地下爆破影响范围。在爆破振动影响范围内，由于爆破振动的影响，将加剧村民房屋开裂变形。

### 三、矿井疏排地下水降落漏斗影响半径计算与评价

煤层开采后，必定形成以采空区或最低巷道抽水点为中心的降落漏斗。采用大井法计算降落漏斗影响半径。计算公式：

$$Q=1.366K(2H-S)S/[lg(R+r)-lgr], R=2S(HK)^{0.5}$$

(公式 3-1)。

式中：Q-矿井涌水量 (m<sup>3</sup>/d)；R<sub>0</sub>-引用影响半径 (m)；r-大井半径 (m)；

S-地下水下降值 (m)；H-含水层厚度 (m)；K-含水层渗透系数 (m/d)。

以普安县某煤矿为例，计算矿井疏排地下水降落漏斗影响半径。根据该煤矿提供的矿井涌水量观测台帐 (见表 3-1)，7 月分矿井涌水量最大，达 582 m<sup>3</sup>/d。

以该煤矿现有巷道及采空区的分布区面积之和为大井面积，其面积从收集的井上下对照图上量取，为 272353.62m<sup>2</sup>，大井半径按公式 $r=(F/\pi)^{0.5}$  (公式 3-2) 计算得：该煤矿大井半径 r<sub>0</sub> 为 294.44m。

根据该煤矿提供的地质资料结合实地调查，煤矿平均地下水位标高为1425.17m，煤矿主水仓标高为 1289.36m，故水位降深值为 S=135.81m。

从排水巷道向上至地表之间的距离为含水层厚度，根据所作的剖面图上可得，含水层的平均厚度为 561.12m。各参数取值及计算结果见表3-2。

在该煤矿矿井疏排地下水降落漏斗影响半径内，由于煤矿矿井疏排地下水形成降落漏斗造成地下水位下降，沟通煤层上

表3-1 马刀地煤矿矿井涌水量观测台帐统计表

日期	2014年									
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
矿井涌水量 (m <sup>3</sup> /d)	153	164	185	207	294	423	582	487	393	306

表3-2 影响半径计算表

计算公式	$Q=1.366K(2H-S)S/[lg(R+r)-lgr], R=2S(HK)^{0.5}$			
计算参数	Q (m <sup>3</sup> /d)	r (m)	S (m)	H (m)
	582	294.44	135.81	561.12
计算结果	煤矿疏排水影响半径 R=419.93m, 渗透系数 K=0.0043m/d。			
说明	R 由 $Q=1.366K(2H-S)S/[lg(R+r)-lgr], R=2S(HK)^{0.5}$ 联立求解, 循环计算 4 次。			

覆含水层，使含水层失去浮托力，引起含水层及地基土层失水干缩、沉降。

### 四、结论

(1) 采空区覆岩移动变形影响范围的圈定是在确定煤矿安全深度计算、移动边界角的确定基础上，将剖面上划定的范围投影到平面图上，再在平面图上圈定影响范围。

(2) 爆破振动安全允许距离采用公式 2-1 计算，在剖面图上依据计算结果确定影响范围，再在平面图上圈定总的范围。

(3) 矿井疏排地下水降落漏斗影响半径采用公式 3-1 联立求解计算，在剖面图上确定影响范围，再在平面图上圈定整个矿井疏排地下水影响范围。

(4) 位于采空区覆岩移动变形、爆破振动及疏排地下水降落漏斗影响范围内的房屋发生开裂变形，可以判定房屋受损与该矿采矿活动有关；影响范围内可能诱发滑坡、崩塌、对

塌陷及地裂缝等地质灾害。

(5) 以上对矿区采矿活动与周边房屋受损及诱发地质灾害的关系分析阐述，对于和上述情况类似的情形，具有较强的参考和借鉴意义。

### 参考文献

[1] 骆诗颖. 煤矿开采对周边房屋开裂影响的研究[J]. 居舍, 2018年22期.  
 [2] 王大学. 煤矿采矿活动与村民房屋开裂、地表水枯竭、田土损害关系鉴定探讨[J]. 西部探矿工程, 2018年08期.  
 [2] 梁旭黎, 李方红. 地下开采对农村的影响[J]. 安徽农业科学, 2012年31期.  
 [3] 李瑞华. 地质灾害勘察中地球物理方法的应用研究[J]. 科技展望, 2015年33期.  
 [4] 潘永波. 关于地质灾害勘察中地球物理方法的应用研究[J]. 资源信息与工程, 2016年04期.