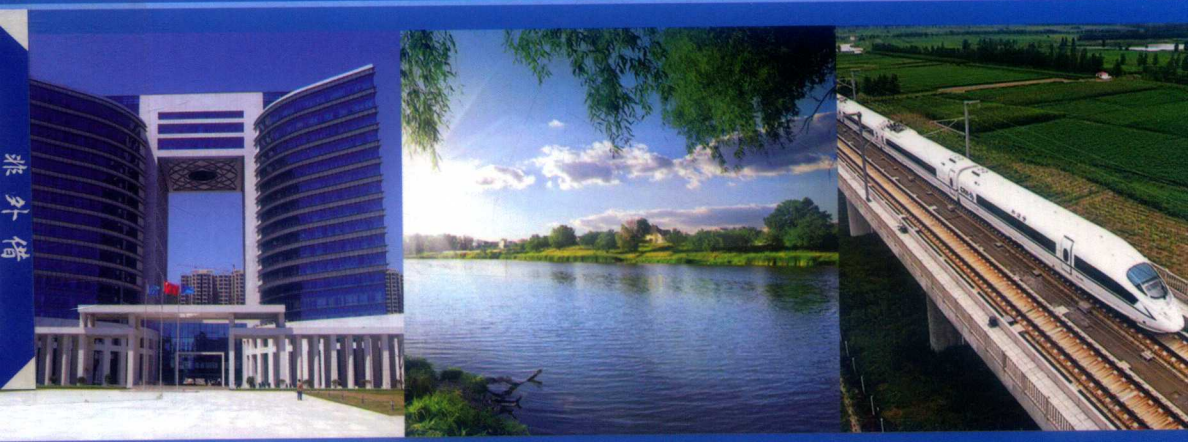
煤 炭 科 学 研 究 总 院 组织
中国煤炭学会煤矿开采损害技术鉴定委员会 编写

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南

胡炳南 张华兴 申宝宏 主编



煤炭工业出版社

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南

煤炭科学研究总院
中国煤炭学会煤矿开采损害技术鉴定委员会 组织编写

胡炳南　张华兴　申宝宏　主编

煤炭工业出版社

·北　京·

图书在版编目（CIP）数据

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南／煤炭科学研究总院，中国煤炭学会煤矿开采损害技术鉴定委员会组织编写；胡炳南，张华兴，申宝宏主编．--北京：煤炭工业出版社，2017（2018.12重印）

ISBN 978-7-5020-6050-3

Ⅰ.①建… Ⅱ.①煤… ②中… ③胡… ④张… ⑤申… Ⅲ.①煤矿开采—指南 Ⅳ.①TD82

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第192476号

建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南

组织编写	煤炭科学研究总院 中国煤炭学会煤矿开采损害技术鉴定委员会
主　　编	胡炳南　张华兴　申宝宏
责任编辑	武鸿儒　刘永兴　赵金园
责任校对	李新荣
封面设计	尚乃茹
出版发行	煤炭工业出版社（北京市朝阳区芍药居35号　100029）
电　　话	010-84657898（总编室） 010-64018321（发行部）　010-84657880（读者服务部）
电子信箱	cciph612@126.com
网　　址	www.cciph.com.cn
印　　刷	北京雁林吉兆印刷有限公司
经　　销	全国新华书店
开　　本	710mm×1000mm $1/16$　印张　$15\frac{1}{4}$　字数　288千字
版　　次	2017年9月第1版　2018年12月第2次印刷
社内编号	8930　　定价　45.00元

版权所有　违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，本社负责调换，电话：010-84657880

内 容 提 要

本书详细叙述了“三下”采煤领域地表移动变形计算及其参数求取方法、近水体采煤的安全煤（岩）柱厚度计算方法、水体下采煤矿井（采区）涌水量计算方法和各类保护煤柱留设方法与实例，介绍了采动坡体稳定性预测、煤矿开采沉陷区地基稳定性评价方法和压煤开采经济评价的计算方法，收录了建筑物、构筑物和技术装置的各类允许地表变形值以及大量的地表移动与覆岩破坏实测参数。

本书作为《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》执行的主要参考技术资料，可供矿山、建筑、铁路等企业及相关部门在“三下”煤柱留设与压煤开采设计中参考，也可供矿区城市规划设计、科研人员以及高等院校师生参考。

前　言

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》已于2017年5月18日由国家安全监管总局、国家煤矿安监局、国家能源局和国家铁路局联合签署，以安监总煤装〔2017〕66号文件印发，自2017年7月1日起执行。

为了配合《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》宣贯，也是应众多煤炭企业、煤炭设计单位和煤矿安监部门的广泛要求，国家煤矿安全监察局科技装备司委托煤炭科学研究总院和中国煤炭学会煤矿开采损害技术鉴定委员会组织编写了《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南》。

本书内容包括：地表移动变形计算及其参数求取方法，近水体采煤的安全煤（岩）柱厚度计算方法，水体下采煤矿井（采区）涌水量计算方法，建筑物、水体、铁路及主要井巷保护煤柱留设方法与实例，采动坡体稳定性预测，建筑物、构筑物和技术装置的允许地表变形值，地表移动与覆岩破坏实测参数，煤矿开采沉陷区地基稳定性评价方法和压煤开采经济评价的计算方法等。本书特别保留了2000年版《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》附录中的资料性数据，并补充收录了近20年大量地表移动和覆岩破坏实测参数及公路与管线等构筑物的允许地表（地基）变形值等。

本书与《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》配套出版，主要从地表移动变形计算方法及相关参数选取方面进行了解释、说明和补充，细化了煤柱留设与压煤开采的设计计算方法，提供了大量参考实测数据。本书可作为《建筑物、水体、铁路及

主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》宣贯、全面准确执行的主要参考技术资料。

本书共分为9章，由胡炳南、张华兴、申宝宏担任主编。第1章由张华兴、戴华阳、滕永海、康建荣、郭广礼等编写；第2章由许延春、滕永海、康永华、刘伟韬等编写；第3章由许延春编写；第4章由刘文生编写；第5章由张俊英编写；第6章由胡炳南、郭惟嘉、徐乃忠等编写；第7章由胡炳南、谭勇强等编写；第8章由邓喀中、张华兴等编写；第9章由胡炳南编写。参加本书编写的人员还有刘修源、李凤明、李树志、周锦华、吴侃、姜岩、余学义、邹友峰、黄乐亭、高均海、高荣久、郭文兵、崔希民、谭志祥、张文泉、杨逾、刘贵、何滔、王乐杰、刘鹏亮、郭文砚、张风达、何花、任世华等。

本书在编写过程中，得到了中国煤炭学会、煤矿安监部门和煤炭企业的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者的水平所限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编写者

2017年7月1日

目　　录

1　地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 1

1.1　一般地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 1
1.2　山区地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 12
1.3　急倾斜煤层开采地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 15
1.4　条带开采地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 28
1.5　充填开采地表移动变形计算及其参数求取方法 …… 31

2　近水体采煤的安全煤（岩）柱厚度计算方法 …… 33

2.1　水体下采煤的安全煤（岩）柱厚度计算方法 …… 33
2.2　水体上采煤的安全煤（岩）柱留设参数计算方法 …… 41

3　水体下采煤矿井（采区）涌水量计算方法 …… 51

3.1　典型计算模式 …… 51
3.2　计算原则 …… 52
3.3　计算方法 …… 53
3.4　典型实测结果 …… 53

4　建筑物、水体、铁路及主要井巷保护煤柱留设方法与实例 …… 58

4.1　保护煤柱留设方法 …… 58
4.2　保护煤柱留设实例 …… 60

5　采动坡体稳定性预测 …… 84

5.1　坡体稳定性预测公式 …… 84
5.2　滑动角与滑动面的推断 …… 87
5.3　采动坡体稳定性计算有关力学参数的参考值 …… 88

6 建筑物、构筑物和技术装置的允许地表变形值 …… 89

6.1 砖混结构建筑物的允许地表变形值 …… 89
6.2 构筑物的允许和极限地表（地基）变形值 …… 89
6.3 技术装置的允许和极限地表（地基）变形值 …… 91
6.4 暖卫工程管网的允许和极限地表（地基）变形值 …… 92
6.5 输电线路的允许地表（地基）变形值 …… 94
6.6 公路和高速公路的允许地表（路基）变形值 …… 95
6.7 油气管道的允许地表变形值 …… 95

7 地表移动与覆岩破坏实测数据 …… 97

7.1 地表移动参数与覆岩破坏示意图 …… 97
7.2 地表移动实测数据 …… 99
7.3 覆岩破坏实测数据 …… 172

8 煤矿开采沉陷区地基稳定性评价方法 …… 181

8.1 地表残余移动变形计算及其参数 …… 181
8.2 覆岩“两带”高度计算 …… 181
8.3 地面建筑物荷载影响深度计算 …… 181
8.4 地基稳定性评价方法 …… 182

9 压煤开采经济评价的计算方法 …… 184

9.1 增量净收益的计算方法 …… 184
9.2 增量净现值的计算方法 …… 184
9.3 增量净收益与增量净现值计算表 …… 184

附1 专用名词解释 …… 188
附2 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范 …… 193
参考文献 …… 235

1　地表移动变形计算及其参数求取方法

1.1　一般地表移动变形计算及其参数求取方法

1.1.1　地表移动变形最大值计算

1. 地表最大下沉值计算

充分采动和非充分采动条件下地表最大下沉值按式（1－1）和式（1－2）计算：

充分采动条件下地表最大下沉值：

$$W_{cm} = qM\cos\alpha \tag{1-1}$$

非充分采动条件下地表最大下沉值：

$$W_{fm} = qMn\cos\alpha \tag{1-2}$$

式中　W_{cm}——充分采动条件下地表最大下沉值，mm；

W_{fm}——非充分采动条件下地表最大下沉值，mm；

q——下沉系数；

M——煤层法向开采厚度，mm；

α——煤层倾角，（°）；

n——地表采动程度系数。$n = \sqrt{n_1 \cdot n_3}$，$n_1 = k_1 \dfrac{D_1}{H_0}$，$n_3 = k_3 \dfrac{D_3}{H_0}$，$n_1$ 和 n_3 大于 1 时取 1；

k_1、k_3——与覆岩岩性有关的系数，坚硬型覆岩的 k_1、$k_3 = 0.7$；中硬型覆岩的 k_1、$k_3 = 0.8$；软弱型覆岩的 k_1、$k_3 = 0.9$；

D_1、D_3——工作面倾向及走向长度，m；

H_0——工作面平均开采深度，m。

2. 地表最大水平移动值计算

充分采动条件下地表最大水平移动值按式（1－3）、式（1－4）和式（1－5）计算：

沿煤层走向方向的最大水平移动值：

$$U_{cm} = bW_{cm} \tag{1-3}$$

式中 U_{cm}——充分采动条件下最大水平移动值，mm；

b——水平移动系数。

沿煤层倾斜方向的最大水平移动值：

$$U_{cm} = b(\alpha) \cdot W_{cm} \tag{1-4}$$

或者

$$U_{cm} = (b + 0.7P_{冲}) \cdot W_{cm} \tag{1-5}$$

式中 $b(\alpha)$——随煤层倾角 α 变化的水平移动系数；

b——水平移动系数；

$P_{冲}$——冲积层系数，计算式为：$P_{冲} = \tan\alpha - h/(H_0 - h)$ （$P_{冲}<0$ 时取0）；

α——煤层倾角，(°)；

h——冲积层厚度，m；

H_0——工作面平均开采深度，m。

3. 地表最大倾斜值计算

充分采动下，地表最大倾斜值按式（1-6）计算：

$$i_{cm} = \frac{W_{cm}}{r} \tag{1-6}$$

式中 i_{cm}——充分采动条件下的地表最大倾斜值，mm/m；

r——主要影响半径，m，计算方法为：$r = \dfrac{H}{\tan\beta}$，m；

H——开采深度，m；

$\tan\beta$——主要影响角正切。

4. 地表最大曲率值计算

充分采动下，最大曲率值按式（1-7）计算：

$$k_{cm} = \pm 1.52 \cdot \frac{W_{cm}}{r^2} \tag{1-7}$$

式中 k_{cm}——充分采动条件下的最大曲率值，10^{-3}/m。

5. 地表最大水平变形值计算

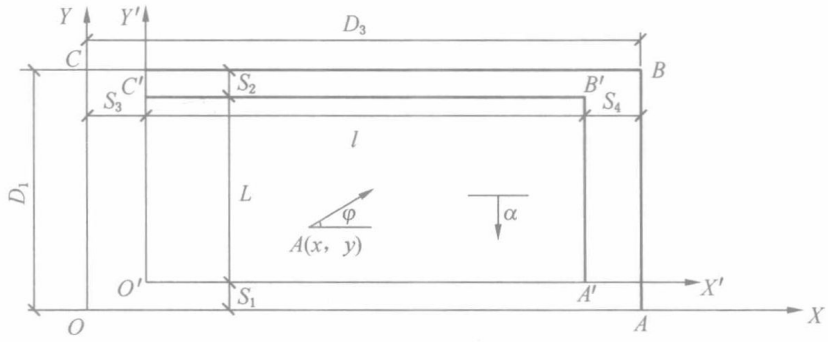
充分采动下，最大水平变形值按式（1-8）计算：

$$\varepsilon_{cm} = \pm 1.52 \cdot b \cdot \frac{W_{cm}}{r} \tag{1-8}$$

式中 ε_{cm}——充分采动条件下的最大水平变形值，mm/m。

1.1.2 水平或缓倾斜煤层矩形工作面面积分任意点地表移动变形计算

缓倾斜煤层矩形工作面面积分地表移动变形计算坐标系统如图 1－1 所示。



XOY—工作面实际坐标系；*X′O′Y′*—工作面计算坐标系；*A*(*x*,*y*)—地表 *A* 点的 *x*、*y* 坐标；*φ*—计算方向角；*L*—工作面倾向计算长度；*l*—工作面走向计算长度；D_1—工作面倾向实际长度；D_3—工作面走向实际长度；S_1—工作面下山拐点偏移距；S_2—工作面上山拐点偏移距；S_3—工作面走向左侧拐点偏移距；S_4—工作面走向右侧拐点偏移距；*OABCO*—工作面实际边界；*O′A′B′C′O′*—工作面计算边界

图 1－1　缓倾斜煤层矩形工作面面积分地表移动变形计算坐标系统图

1. 地表下沉值计算

地表下沉值按式（1－9）计算：

$$W(x,y)=[W_3(x)-W_4(x-l)]\cdot[W_1(y)-W_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-9)$$

2. 地表水平移动值计算

地表水平移动值按式（1－10）和式（1－11）计算：

$$U_x(x,y)=[U_3(x)-U_4(x-l)]\cdot[W_1(y)-W_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-10)$$

$$U_y(x,y)=[W_3(x)-W_4(x-l)]\cdot[U_1(y)-U_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-11)$$

3. 地表倾斜值计算

地表倾斜值按式（1－12）和式（1－13）计算：

$$i_x(x,y)=[i_3(x)-i_4(x-l)]\cdot[W_1(y)-W_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-12)$$

$$i_y(x,y)=[W_3(x)-W_4(x-l)]\cdot[i_1(y)-i_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-13)$$

4. 地表曲率值计算

地表曲率值按式（1－14）和式（1－15）计算：

$$K_x(x,y)=[K_3(x)-K_4(x-l)]\cdot[W_1(y)-W_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-14)$$

$$K_y(x,y)=[W_3(x)-W_4(x-l)]\cdot[K_1(y)-K_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-15)$$

5. 地表水平变形值计算

地表水平变形值按式（1－16）和式（1－17）计算：

$$\varepsilon_x(x,y)=[\varepsilon_3(x)-\varepsilon_4(x-l)]\cdot[W_1(y)-W_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-16)$$

$$\varepsilon_y(x,y)=[W_3(x)-W_4(x-l)]\cdot[\varepsilon_1(y)-\varepsilon_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-17)$$

6. 地表扭曲值计算

地表扭曲值按式（1-18）计算：

$$S(x,y)=[i_3(x)-i_4(x-l)]\cdot[i_1(y)-i_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-18)$$

7. 地表剪切变形值计算

地表剪切变形值按式（1-19）计算：

$$\gamma(x,y)=[i_3(x)-i_4(x-l)]\cdot[U_1(y)-U_2(y-L)]/W_{cm}+[U_3(x)-U_4(x-l)]\cdot[i_1(y)-i_2(y-L)]/W_{cm} \quad (1-19)$$

式中 $W(x,y)$——地表任意点（x，y）下沉值，mm；

$U_x(x,y)$、$U_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的水平移动值，mm；

$i_x(x,y)$、$i_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的倾斜值，mm/m；

$K_x(x,y)$、$K_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的曲率值，10^{-3}/m；

$\varepsilon_x(x,y)$、$\varepsilon_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的水平变形值，mm/m；

$S_x(x,y)$、$S_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的扭曲值，10^{-3}/m；

$\gamma_x(x,y)$、$\gamma_y(x,y)$——地表任意点（x，y）在X、Y方向的剪切变形值，mm/m；

i_1、i_2、i_3、i_4——工作面下山、上山、走向左侧和右侧的半无限开采地表倾斜值，mm/m；

K_1、K_2、K_3、K_4——工作面下山、上山、走向左侧和右侧的半无限开采地表曲率值，10^{-3}/m；

ε_1、ε_2、ε_3、ε_4——工作面下山、上山、走向左侧和右侧的半无限开采地表水平变形值，mm/m；

L——工作面倾向计算长度，$L=(D_1-S_1-S_2)\cdot\dfrac{\sin(\theta_0+\alpha)}{\sin\theta_0}$，m；

l——工作面走向计算长度，$l=D_3-S_3-S_4$，m；

D_1、D_3——工作面沿倾向和沿走向方向的实际长度，m；

S_1、S_2、S_3、S_4——工作面下山、上山、左侧和右侧的拐点偏移距，m；

W_1、W_2、W_3、W_4——工作面下山、上山、走向左侧和右侧半无限开采下

沉值，用式 $W_i(x)=W_{cm}\int_x^{\infty}\frac{1}{r}e^{-\pi\frac{x^2}{r^2}}dx$ 计算；

U_1、U_2、U_3、U_4——工作面下山、上山、左侧和右侧的半无限开采水平移动值，用式 $U_i(x)=U_{cm}\int_x^{\infty}e^{-\pi\frac{x^2}{r^2}}dx$ 计算。

1.1.3　水平或缓倾斜煤层任意形状工作面面积分任意点地表移动变形计算

1. 地表下沉值计算

地表下沉值按式（1-20）计算：

$$W(x,y)=W_{cm}\iint_D\frac{1}{r^2}e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-20}$$

2. 地表水平移动值计算

地表水平移动值按式（1-21）和式（1-22）计算：

$$U_x(x,y)=U_{cm}\iint_D\frac{2\pi(\eta-x)}{r^3}\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-21}$$

$$U_y(x,y)=U_{cm}\iint_D\frac{2\pi(\xi-y)}{r^3}\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi+W(x,y)\cdot\cot\theta_0 \tag{1-22}$$

3. 地表倾斜值计算

地表倾斜值按式（1-23）和式（1-24）计算：

$$i_x(x,y)=W_{cm}\iint_D\frac{2\pi(\eta-x)}{r^4}\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-23}$$

$$i_y(x,y)=W_{cm}\iint_D\frac{2\pi(\xi-y)}{r^4}\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-24}$$

4. 地表曲率值计算

地表曲率值按式（1-25）和式（1-26）计算：

$$K_x(x,y)=W_{cm}\iint_D\frac{2\pi}{r^4}\left[\frac{2\pi(\eta-x)^2}{r^2}-1\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-25}$$

$$K_y(x,y)=W_{cm}\iint_D\frac{2\pi}{r^4}\left[\frac{2\pi(\xi-y)^2}{r^2}-1\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-26}$$

5. 地表水平变形值计算

地表水平变形值按式（1-27）和式（1-28）计算：

$$\varepsilon_x(x,y)=U_{cm}\iint_D\frac{2\pi}{r^3}\left[\frac{2\pi(\eta-x)^2}{r^2}-1\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi \tag{1-27}$$

$$\varepsilon_y(x,y)=U_{cm}\iint_D\frac{2\pi}{r^3}\left[\frac{2\pi(\xi-y)^2}{r^2}-1\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}d\eta d\xi+i_y(x,y)\cdot\cot\theta_0 \tag{1-28}$$

式中 η、ξ——积分变量；

D——煤层开采区域；

θ_0——开采影响传播角，(°)。

1.1.4 倾斜煤层任意形状工作面线积分任意点地表移动变形计算

1. 地表下沉值计算

地表下沉值按式（1-29）计算：

$$W(x,y)=W_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{1}{2r}\mathrm{erf}\left[\frac{\sqrt{\pi}\,x}{r}\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-29}$$

2. 地表水平移动值计算

地表水平移动值按式（1-30）和式（1-31）计算：

$$U_x(x,y)=U_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{1}{r^2}e^{-\pi\frac{x^2+(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-30}$$

$$U_y(x,y)=U_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{-\pi(\xi-y)}{r^2}\cdot\mathrm{erf}\left[\frac{\sqrt{\pi}\,x}{r}\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi+W(x,y)\cdot\cot\theta_0 \tag{1-31}$$

3. 地表倾斜值计算

地表倾斜值按式（1-32）和式（1-33）计算：

$$i_x(x,y)=W_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{1}{r^2}e^{-\pi\frac{x^2+(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-32}$$

$$i_y(x,y)=W_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{-\pi(\xi-y)}{r^2}\cdot\mathrm{erf}\left[\frac{\sqrt{\pi}\,x}{r}\right]\cdot e^{-\pi\frac{(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-33}$$

4. 地表曲率值计算

地表曲率值按式（1-34）和式（1-35）计算：

$$K_x(x,y)=W_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{-2\pi}{r^2}\cdot\frac{x}{r}\cdot e^{-\pi\frac{x^2+(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-34}$$

$$K_y(x,y)=W_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{\pi}{r^3}\left[\frac{2\pi(\xi-y)^2}{r^2}-1\right]\cdot\mathrm{erf}\left(\sqrt{\pi}\,\frac{x}{r}\right)\cdot e^{-\pi\frac{(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-35}$$

5. 地表水平变形值计算

地表水平变形值按式（1-36）和式（1-37）计算：

$$\varepsilon_x(x,y)=U_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}\frac{-2\pi}{r^2}\cdot\frac{x}{r}\cdot e^{-\pi\frac{(\eta-x)^2+(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi \tag{1-36}$$

$$\varepsilon_y(x,y)=U_{cm}\sum_{i=1}^{n}\int_{L_i}-\frac{\pi}{r^2}\cdot\frac{\xi-y}{r}\cdot\mathrm{erf}\left(\sqrt{\pi}\,\frac{x}{r}\right)\cdot e^{-\pi\frac{(\xi-y)^2}{r^2}}\mathrm{d}\xi+i_y(x,y)\cdot\cot\theta_0 \tag{1-37}$$

式中　r——等价计算工作面的主要影响半径，m；

L_i——等价计算工作面各边界的直线段，m。

1.1.5　地表移动变形参数求取方法

1. 依据实测数据求取计算参数

1）下沉系数求取方法

下沉系数按式（1－38）求取：

$$q = \frac{W_{cm}}{M\cos\alpha} \tag{1-38}$$

2）水平移动系数求取方法

水平移动系数按式（1－39）求取：

$$b = \frac{U_{cm}}{W_{cm}} \tag{1-39}$$

3）主要影响角正切求取方法

主要影响角正切按式（1－40）求取：

$$\tan\beta = \frac{H_z}{r_z} \tag{1-40}$$

式中　H_z——走向主断面采深，m；

r_z——走向主断面上主要影响半径，m。

r_z求取方法1：充分采动时，走向主断面上下沉值分别为$0.16W_{cm}$和$0.84W_{cm}$值的点间距为$0.8r_z$，即$l=0.8r_z$，由此得$r_z=l/0.8$。其中，l为工作面走向计算长度，m。

r_z求取方法2：充分采动时，$r_z=\dfrac{W_{cm}}{i_{cm}}$。其中，$W_{cm}$为实测最大下沉值，mm；$i_{cm}$为实测最大倾斜值，mm/m。

4）开采影响传播角求取方法

开采影响传播角按式（1－41）求取：

$$\theta_0 = \arctan\left(\frac{W_{cm}}{U_{wcm}}\right) \tag{1-41}$$

式中　U_{wcm}——倾斜主断面上最大下沉值点处的水平移动值，mm。

5）拐点偏移距求取方法

充分采动时，地表下沉盆地主断面上下沉值为$0.5W_{cm}$、倾斜值最大和曲率为零的3个点的点位x（或y）的平均值x_0（或y_0）为拐点坐标。将x_0（或y_0）向煤层投影（走向断面按90°、倾向断面按开采影响传播角投影），其投影点至采空区边界的距离为拐点偏移距。拐点偏距分下山边界拐点偏移距S_1、上山边

界拐点偏移距 S_2、走向左边界拐点偏移距 S_3 和走向右边拐点偏移距 S_4。

上述参数也可采用最小二乘法原理或趋势逼近法则，通过计算机程序拟合求取。

2. 依据覆岩岩性条件选取计算参数

对于无实测资料的矿区，可依据覆岩岩性条件按表 1－1 选取计算参数。

表 1－1 岩性与预测参数相关关系表

覆岩类型	覆岩性质		下沉系数	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏移距/m	开采影响传播角/(°)
	主要岩性	单向抗压强度/MPa					
坚硬	大部分以中生代地层硬砂岩、硬石灰岩为主，其他为砂质页岩、页岩、辉绿岩	＞60	0.27～0.54	0.2～0.4	1.20～1.91	0.31～0.43H	90－(0.7～0.8)α
中硬	大部分以中生代地层中硬砂岩、石灰岩、砂质页岩为主，其他为软砾岩、致密泥灰岩、铁矿石	30～60	0.55～0.84	0.2～0.4	1.92～2.40	0.08～0.30H	90－(0.6～0.7)α
软弱	大部分以新生代地层砂质页岩、页岩、泥灰岩及黏土、砂质黏土等松散层	＜30	0.85～1.00	0.2～0.4	2.41～3.54	0～0.07H	90－(0.5～0.6)α

3. 依据覆岩岩性评价系数求取计算参数

1）覆岩岩性综合评价系数计算

覆岩岩性综合评价系数按式（1－42）计算：

$$P = \frac{\sum_{1}^{n} m_i \cdot Q_i}{\sum_{1}^{n} m_i} \tag{1-42}$$

式中 P——覆岩岩性综合评价系数；

m_i——覆岩第 i 分层法线厚度，m；

Q_i——覆岩第 i 分层的岩性评价系数，由表 1－2 查得。

表 1-2　覆岩分层岩性评价系数表

覆岩类型	单向抗压强度/MPa	主　要　岩　性	初次采动 Q^0	重复采动	
				Q^1	Q^2
坚硬	≥90	很硬的砂岩、石灰岩和黏土页岩、石英矿脉、很硬的铁矿石、致密花岗岩、角闪岩、辉绿岩	0.0	0.0	0.1
	80 70 60	硬的石灰岩、硬砂岩、硬大理石、不硬的花岗岩	0.0 0.05 0.1	0.1 0.2 0.3	0.4 0.5 0.6
中硬	50 40 30 20 >10	较硬的石灰岩、砂岩和大理石 普通砂岩、铁矿石 砂质页岩、片状砂岩 硬黏土质页岩、不硬的砂岩和石灰岩、软砾岩	0.2 0.4 0.6 0.8 0.9	0.45 0.7 0.8 0.9 1.0	0.7 0.95 1.0 1.0 1.1
软弱	≤10	各种页岩（不坚硬的）、致密泥灰岩 软页岩、很软石灰岩、无烟煤、普通泥灰岩 破碎页岩、烟煤、硬表土—粒质土壤、致密黏土 软砂质土、黄土、腐殖土，松散砂层	1.0	1.1	1.1

2）下沉系数计算

采用覆岩岩性综合评价系数确定下沉系数时，其下沉系数按式(1-43)计算：

$$q = 0.5 \cdot (0.9 + P) \tag{1-43}$$

3）主要影响角正切计算

采用岩性综合评价系数确定主要影响角正切时，其主要影响角正切按式(1-44)计算：

$$\tan\beta = (D_{岩} - 0.0032H) \cdot (1 - 0.0038\alpha) \tag{1-44}$$

式中　$D_{岩}$——岩性影响系数，其数值与综合评价系数 P 的关系见表 1-3。

表 1-3　岩性综合评价系数 P 与岩性影响系数 $D_{岩}$ 的对应关系表

坚硬	P	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23	0.27	0.3
	$D_{岩}$	0.76	0.82	0.88	0.95	1.01	1.08	1.14	1.20	1.25
中硬	P	0.3	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
	$D_{岩}$	1.26	1.35	1.45	1.54	1.64	1.73	1.82	1.91	2.00
软弱	P	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
	$D_{岩}$	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80