



中华人民共和国国家标准

GB/T 41043—2021

煤与煤层气协调开发效果评价指标及 计算方法

Coordinative development effectiveness evaluation indicator and method of coal
and coalbed methane

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 评价指标体系 1

5 评价指数计算方法 3

附录 A（资料性） 煤与煤层气协调开发效果评价指标体系框架 5

附录 B（资料性） 二氧化碳减排量的计算方法 6

附录 C（资料性） 权重值的确定方法 7

附录 D（规范性） 协调指数的确定方法 9

附录 E（资料性） 煤与煤层气协调开发效果评价示例 10

参考文献 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本文件起草单位：煤炭科学技术研究院有限公司、煤炭科学研究总院、中煤科工集团西安研究院有限公司、煤与煤层气共采国家重点实验室、潞安化工集团有限公司。

本文件主要起草人：刘见中、舒龙勇、李阳、霍中刚、申宝宏、张浪、雷毅、刘彦青、李国富、张培河、季文博、侯金玲、张慧杰、郭建行、秦贵成、赵灿、王维华、降文萍、刘永茜、沈春明、郝晋伟、凡永鹏。

煤与煤层气协调开发效果评价指标及 计算方法

1 范围

本文件规定了井工煤矿煤与煤层气协调开发效果评价指标及其计算方法。
本文件适用于具有煤层气开发条件或瓦斯抽采需求的井工煤矿煤与煤层气协调开发效果评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 19559 煤层气含量测定方法
- GB/T 23249 地勘时期煤层瓦斯含量测定方法
- GB/T 23250 煤层瓦斯含量井下直接测定方法
- GB/T 29119 煤层气资源勘查技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤与煤层气协调开发 coordinated development of coal and CBM

从时间、空间上合理部署煤层气开发工程和煤炭开采工程，确保煤层气、煤炭两种资源的开发相互促进，实现有效、安全的资源开发模式。

[来源：GB/T 31537—2015，2.25]

4 评价指标体系

4.1 指标体系结构

煤与煤层气协调开发效果评价指标体系包括综合评价指标、一级评价指标、二级评价指标和三级评价指标。综合评价指标是煤与煤层气协调开发效果的总体体现；一级评价指标体现煤炭开采系统、煤层气开发系统各自的综合效益；二级评价指标是在一级评价指标之下的分类指标；三级评价指标是在二级评价指标之下，可反映煤与煤层气协调开发效果的具体的、可操作的、可验证的指标，能够从资料中直接获得或简单计算获得。指标体系结构框架见附录 A。

4.2 评价指标

煤与煤层气协调开发效果评价指标及三级评价指标值的确定方法见表 1。

表 1 煤与煤层气协调开发效果评价指标及三级评价指标值的确定方法

综合评价 指标	一级 评价 指标	二级评 价指标	三级评价指标			
			指标名称	单位	指标值确定方法	备注
综合评价 指数	采煤系统 综合 效益	采煤经 济效益	煤炭开采效益	—	吨煤销售收入与吨煤生产成本之比	正效益
			开发总时长	月	煤炭规划区时长 ^a 、煤炭准备区时长 ^b 与煤炭生产区时长 ^c 之和	负效益
		采煤资 源效益	煤炭采出量	t	在评价周期内实际开采出的煤炭量	正效益
			煤炭采出率	%	煤炭采出量占工业储量的百分比	正效益
		采煤安 全效益	煤炭规划区时长占比	%	煤炭规划区时长占开发总时长的百分比	正效益
			煤炭准备区时长占比	%	煤炭准备区时长占开发总时长的百分比	负效益
			煤炭生产区时长占比	%	煤炭生产区时长占开发总时长的百分比	负效益
			掘进工作面瓦斯浓度	%	巷道掘进期间风流瓦斯浓度的平均值	负效益
			回采工作面瓦斯浓度	%	工作面回采期间风流瓦斯浓度的平均值	负效益
	采气系统 综合 效益	采气经 济效益	煤层气开采效益	—	煤层气销售收入与煤层气开发总成本之比	正效益
		采气资 源效益	煤层气开采量	m ³	在评价周期内实际采出的煤层气量	正效益
			煤层气采收率	%	采出的煤层气量与地质储量的百分比,地质储量的计算应符合 GB/T 29119 的要求,所依据的煤层气含量测试应符合 GB/T 19559 的要求	正效益
		采气安 全效益	煤炭规划区瓦斯含量降低率	%	煤炭规划区瓦斯含量降低量与原始瓦斯含量之比,规划区瓦斯含量的测试应符合 GB/T 23249 的要求	正效益
			煤炭准备区初始瓦斯含量	m ³ /t	评价对象转换为煤炭准备区时的瓦斯含量值,煤炭准备区瓦斯含量的测试应符合 GB/T 23250 的要求	负效益
			煤炭生产区初始瓦斯含量	m ³ /t	评价对象转换为煤炭生产区时的瓦斯含量值,煤炭生产区瓦斯含量的测试应符合 GB/T 23250 的要求	负效益
		采气环 境效益	等效二氧化碳减排量	t	抽采煤层气量对应减少的二氧化碳排放量,由附录 B 给出的方法计算	正效益

注：三级评价指标分为正效益指标和负效益指标,正效益指标数值越大越符合煤与煤层气协调开发的要求,负效益指标数值越小越符合煤与煤层气协调开发的要求。

^a 从评价对象开始进行地面井抽采,到采区开拓巷道开始掘进之前的时间段长度。

^b 从评价对象采煤工作面回采巷道开始掘进,到采煤工作面开始回采之前的时间段长度。

^c 从评价对象开始回采,到采煤工作面回采完毕之间时间段长度。

5 评价指标计算方法

5.1 三级评价指标的单项评价指数

当三级评价指标 x_{ij} 对煤与煤层气协调开发具有正效益时,指标的单项评价指数 $X_{ij(+)}$ 为指标值经过标准化处理的数据,按式(1)计算:

$$X_{ij(+)} = \frac{x_{ij} - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}} \dots\dots\dots (1)$$

当三级评价指标 x_{ij} 对煤与煤层气协调开发具有负效益时,指标的单项评价指数 $X_{ij(-)}$ 为指标值经过标准化处理的数据,按式(2)计算:

$$X_{ij(-)} = \frac{b_{ij} - x_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:
 X_{ij} ——第 i 个样本的第 j 项三级评价指标的单项评价指数, $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$;
 x_{ij} ——第 i 个样本的第 j 项三级评价指标的实际值,按表 1 的三级评价指标值确定方法取值;
 a_{ij} ——第 j 项三级评价指标的临界值下限,可依据相关标准、评价对象均值或样本实测值取不准
许值;
 b_{ij} ——第 j 项三级评价指标的临界值上限,可依据相关标准、评价对象均值或样本实测值取期
望值。

5.2 二级评价指标的评价指数

二级评价指标的评价指数为对应的各单项评价指数与其评价指标权重值的乘积之和,反映了煤矿中煤炭开采系统、煤层气开发系统分别在经济、资源、安全、环境等方面的发展水平,数值越大其发展水平越高,按式(3)计算:

$$E_{ik} = \sum_{j=1}^m W_{ij} X_{ij} \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 E_{ik} ——第 i 个样本的第 k 项二级评价指标的评价指数, $k=1,2,\dots,h$;
 W_{ij} ——第 j 项评价指标的权重值,根据附录 C 给出的权重值确定方法取值。

5.3 一级评价指标的评价指数

一级评价指标的评价指数为一级评价指标下,对应二级评价指标的评价指数的几何平均数,分别反映了煤炭开采系统、煤层气开发系统在经济、资源、安全、环境等方面的综合发展水平,数值越大其综合水平越高,按式(4)计算:

$$U_{il} = \sqrt[h]{\prod_k E_{ik}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:
 U_{il} ——第 i 个样本的第 l 个一级评价指标的评价指数, $l=1,2$ 。

5.4 综合评价指数

综合评价指数为一级评价指标的评价指数的综合,反映了煤矿区煤与煤层气协调开发的整体水平,数值越大则协调开发的整体水平越高,按式(5)计算:

$$D = \sqrt{2 \times \left[\frac{U_{i1} \times U_{i2}}{(U_{i1} + U_{i2})^2} \right]^{\frac{1}{2}} \times T} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

D ——煤与煤层气协调发展水平的综合评价指数；

T ——煤炭开采系统与煤层气开发系统的协调指数，按附录 D 给出的确定方法取值。

5.5 评价指数计算示例

附录 E 给出了煤与煤层气协调发展效果评价指数计算示例。

附 录 A
(资料性)

煤与煤层气协调开发效果评价指标体系框架

图 A.1 给出了煤与煤层气协调开发效果评价指标体系框架。

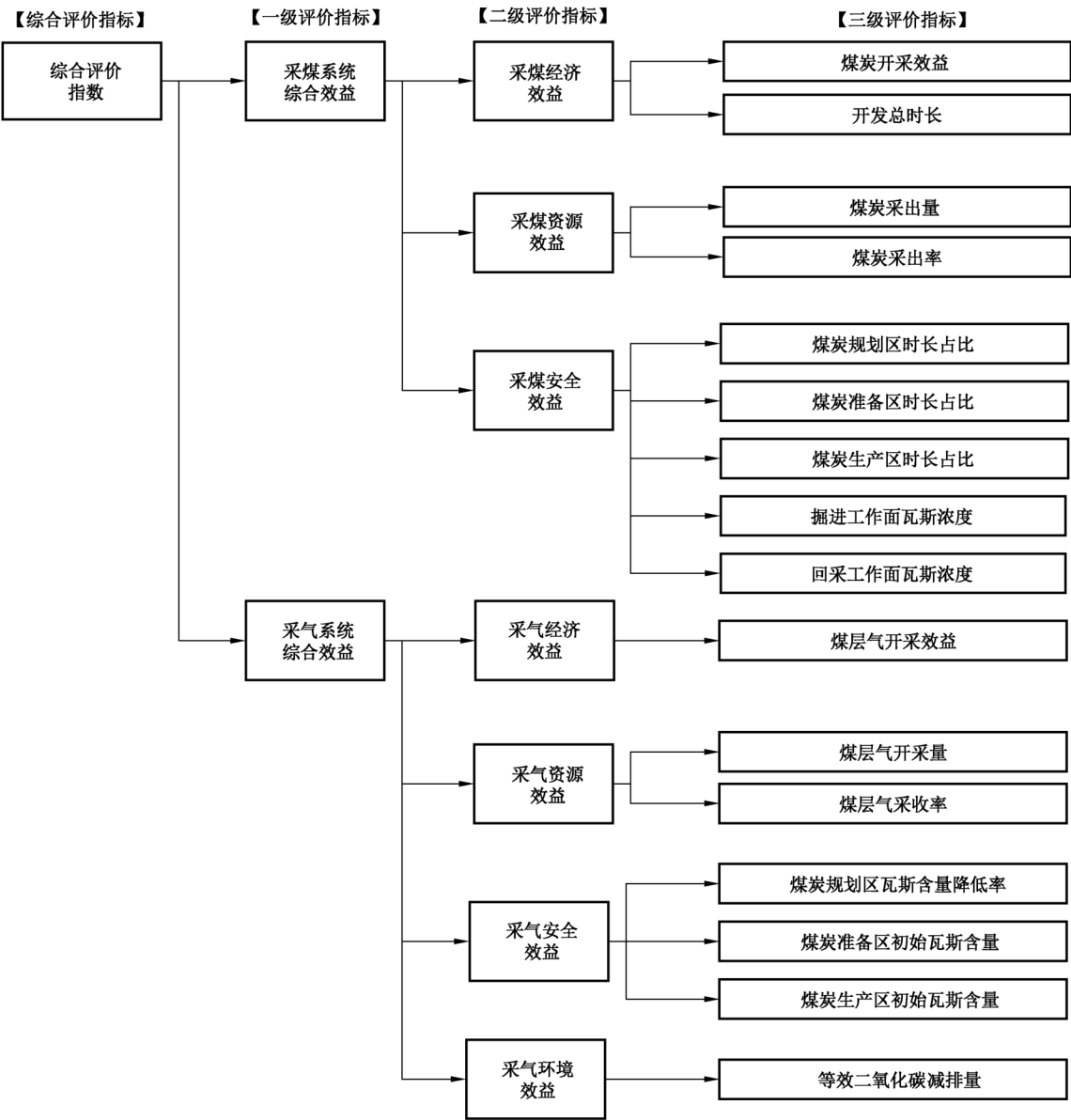


图 A.1 评价指标体系

附录 B

(资料性)

二氧化碳减排量的计算方法

B.1 引言

煤与煤层气开发过程中的碳排放主要来自煤层气(煤矿瓦斯)中的甲烷排放,其温室效应是二氧化碳的 21 倍,煤层气中甲烷的抽采即相当于减少了二氧化碳的排放。

B.2 等效二氧化碳减排量

煤层气(煤矿瓦斯)抽采等效的二氧化碳减排量,按式(B.1)计算:

$$Q_c = Q \times C \times \rho \times G \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

Q_c ——煤层气抽采产生的二氧化碳减排量,单位为吨(t);

Q ——煤层气开采量,单位为立方米(m^3);

C ——煤层气中甲烷的平均浓度(体积分数), %;

ρ ——标准状态下甲烷的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

G ——甲烷造成同等温室效应对应的二氧化碳当量,一般取 21。

附 录 C
(资料性)
权重值的确定方法

C.1 导言

不同的权重确定方法具有各自的特点和适用条件,可依据评价对象的特点,单独使用变异系数法或层次分析法,或两种方法综合使用。

C.2 权重值的确定方法

C.2.1 变异系数法

C.2.1.1 三级评价指标均值

三级评价指标均值为各项三级评价指标的单项指数的平均值,按式(C.1)计算:

$$\overline{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:
 $\overline{X}_j$ ——第 j 项三级评价指标特征值的平均值;
 X_{ij} ——样本 i 的第 j 个评价指标的特征值。

C.2.1.2 三级评价指标标准差

在三级评价指标均值的基础上求取标准差,按式(C.2)计算:

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \overline{X}_j)^2} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:
 S_j ——第 j 项三级评价指标单项指数的标准差。

C.2.1.3 三级评价指标变异系数

按式(C.3)计算各项三级评价指标的变异系数:

$$V_j = \frac{S_j}{\overline{X}_j} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:
 V_j ——第 j 项评价指标的变异系数。

C.2.1.4 三级评价指标权重值

按式(C.4)计算各项三级评价指标的权重值:

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:
 W_j ——第 j 项评价指标的权重值。

C.2.2 层次分析法

C.2.2.1 构造判断矩阵

判断矩阵表示针对上一层次某因素而言,本层次与之有关的各因素之间的相对重要性。以确定采

煤经济效益下各三级评价指标的权重为例,构造的判断矩阵 A_1 见表 C.1。同理可构造其余二级评价指标下三级评价指标的判断矩阵 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 。

表 C.1 一级评价指标的判断矩阵

A_1	煤炭开采效益 B_1	开发总时长 B_2
煤炭开采效益 B_1	b_{11}	b_{12}
开发总时长 B_2	b_{21}	b_{22}

其中, b_{ij} 是对于 A 而言, B_i 对 B_j 相对重要性的数值表示, b_{ij} 的取值根据所选择标度的不同而不同。一般采用 1~9 比例标度,即 b_{ij} 取 1,2,3,⋯,9 及它们的倒数,其含义见表 C.2。表 C.2 中只对标度 9、7、5、3、1 及其倒数给出了两个元素相比较时的重要程度的取值,标度 8、6、4、2 和 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{6}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 则描述了分别界于与它相邻的两个奇数标度之间的取值。

表 C.2 1~9 标度含义表

标度	含义	标度	含义
9	两个元素相比,前者比后者极重要	$\frac{1}{9}$	两个元素相比,前者比后者极重要
8		$\frac{1}{8}$	
7	两个元素相比,前者比后者强烈重要	$\frac{1}{7}$	两个元素相比,前者比后者强烈重要
6		$\frac{1}{6}$	
5	两个元素相比,前者比后者重要	$\frac{1}{5}$	两个元素相比,前者比后者重要
4		$\frac{1}{4}$	
3	两个元素相比,前者比后者稍重要	$\frac{1}{3}$	两个元素相比,前者比后者稍重要
2		$\frac{1}{2}$	
1	两个元素相比,前者比后者同样重要	1	两个元素相比,前者比后者同样重要

C.2.2.2 确定各级评价指标的权重值

采煤经济效益下各三级评价指标的判断矩阵 A_1 的特征值方程为 $A_1W_a=\lambda_{\max}W_a$,求得特征根 $\lambda_{\max}$ 和特征向量 W_a 。当判断矩阵 A_1 通过一致性检验后, W_a 即为各三级评价指标的权重, $W_a=[\omega_1,\omega_2]$ 。

同理,可分别确定不同二级评价指标下各三级评价指标的权重。

附 录 D
(规范性)
协调指数的确定方法

D.1 引言

协调指数反映了煤炭开采系统、煤层气开发系统各自的发展水平对综合评价指数的影响程度,体现了采煤与采气的整体效益和协调发展水平。

D.2 协调指数

按照式(D.1)计算煤炭开采系统与煤层气开发系统的协调指数:

$$T = a U_{i1} + b U_{i2} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

T ——煤炭开采系统与煤层气开发系统的协调指数;

$a、b$ ——待定系数,由于认为煤炭开采、煤层气开发同等重要,可考虑 $a=b=0.5$ 。

附 录 E

(资料性)

煤与煤层气协调开发效果评价示例

E.1 导言

开采煤层中采煤工作面为最小工程单元,是煤炭开采中最重要的活动生产阶段。因此,煤与煤层气协调开发效果评价以采煤工作面为最小评价单元。针对某煤矿采煤工作面,通过现场测试与数据收集掌握煤与煤层气协调开发效果评价三级评价指标值,并按照评价指数计算方法对该工作面的煤与煤层气协调开发效果进行评价。

E.2 三级评价指标值及单项评价指数确定

根据矿井采煤工作面的生产数据和相关资料,按照表 1 中的方法确定该工作面的三级评价指标值,并按照式(1)、式(2)计算各三级评价指标的单项评价指数,见表 E.1。

表 E.1 ××煤矿采煤工作面三级评价指标值

序号	三级评价指标			单项评价指数
	指标名称	指标值	单位	
1	煤炭开采效益	1.66	—	0.93
2	开发总时长	148	月	0.69
3	煤炭采出量	3 523 770	t	0.96
4	煤炭采出率	93	%	0.93
5	煤矿规划区时长占比	67	%	0.91
6	煤矿准备区时长占比	16	%	0.79
7	煤矿生产区时长占比	17	%	0.17
8	掘进工作面瓦斯浓度	0.59	%	0.18
9	回采工作面瓦斯浓度	0.46	%	0.13
10	煤层气开采效益	0.12	—	0.93
11	煤层气开采量	20 967 750	m ³	0.40
12	煤层气采收率	55	%	0.69
13	煤矿规划区瓦斯含量降低率	26	%	0.80
14	煤矿准备区初始瓦斯含量	10.82	m ³ /t	0.32
15	煤矿生产区初始瓦斯含量	6.30	m ³ /t	0.61
16	等效二氧化碳减排量	47 832.53	t	0.83

E.3 二级评价指标的评价指数确定

按照式(3)确定该工作面二级评价指标的评价指数,结果见表 E.2。

表 E.2 ××煤矿采煤工作面二级评价指标的评价指数计算结果表

采煤经济效益	采煤资源效益	采煤安全效益	采气经济效益	采气资源效益	采气安全效益	采气环境效益
0.74	0.95	0.71	0.92	0.51	0.62	0.83

E.4 一级评价指标的评价指数确定

按照式(4)确定该工作面一级评价指标的评价指数,结果见表 E.3。

表 E.3 ××煤矿采煤工作面一级评价指标的评价指数计算结果表

采煤系统综合效益	采气系统综合效益
0.79	0.70

E.5 综合评价指数确定

按照式(5)和式(D.1)确定该工作面的综合评价指数和协调指数,结果见表 E.4。

表 E.4 ××煤矿采煤工作面综合评价指数计算结果表

综合评价指数	协调指数
0.86	0.75

参 考 文 献

- [1] GB/T 31537—2015 煤层气(煤矿瓦斯)术语
-