

# 辛置煤矿近距离煤层同采工作面合理错距研究

杨艳国,王春龙,黄旭

辽宁工程技术大学矿业学院,辽宁阜新 123000

**摘要** 近距离煤层在开采过程中,存在着上下分层间相互影响、巷道布置与支护困难、工作面接替紧张、生产效率偏低等问题,一直困扰着煤矿的安全高效生产。山西焦煤集团霍州煤电辛置煤矿 9# 薄煤层和 10# 煤层层间距仅为 1.71m,以此作为工程背景进行近距离煤层同采方案研究。根据目前研究近距离煤层开采较为成熟的“稳压区理论”与“减压区理论”,对辛置煤矿 9#、10# 煤层两同采工作面错距进行计算分析;运用 FLAC3D 软件对 9#、10# 煤层两个工作面同采不同错距条件下所产生的应力效果进行数值模拟。研究结果表明,辛置煤矿 10# 煤层与 9# 煤层同采过程中工作面的合理错距不应小于 35m。研究解决了辛置煤矿工作面接替紧张、资源浪费严重等问题。

**关键词** 近距离煤层;数值模拟;合理错距;稳压区理论

**中图分类号** TD823

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.30.006

## Reasonable Alternate Distance of Combined Mining Face of Close-distance Seams at Xinzhi Coal Mine

YANG Yanguo, WANG Chunlong, HUANG Xu

College of Mining Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning Province, China

**Abstract** During the mining process of close-distance seams, the interaction between upper and down layers, the special layout of the roadway and the difficulty in supporting, the very quick succession of successive faces, the low production efficiency and other issues are plaguing the efficient coal mine safety production. The pitch of 9# and 10# thin coal seams of Huozhou Coal Electricity Xinzhi Coal Mine of Shanxi Coking Coal Group is only 1.71m, which is taken as the engineering background of our study of the close distance coal seams. Some relatively mature theory on the close-distance seams is used to calculate and analyze the alternate distance of 9# seam and 10# seam combination mining face. The FLAC3D software is used to simulate the stresses in 10# seam and 9# seam under the combination mining with different alternate distances. The result shows that, during the combination mining of Xinzhi Coal Mine 10# seam and 9# seam, the reasonable alternate distance should not be less than 35 m. The research results show how to improve the coal resource recovery ratio, and ensure the safe and efficient production of coal enterprises.

**Keywords** contiguous seams; numerical simulation; reasonable alternate distance; stable voltage area theory

### 0 引言

在采矿发展史中,众多矿业学科的专家和学者将研究重点放在单一煤层开采所产生的矿山压力方面,并提出了合理控制矿山压力的措施,对不同煤层回采过程中围岩应力的分布和覆岩活动规律也都有了清楚的认识。与之不同,(极)近距离煤层(群)开采过程中两(多)煤层间彼此影响规律及其如何控制方面的学术研究很少。国内外众多学者对(极)近距

离煤层的定义还有争议,衡量依据也带有较多的主观性,尚没有形成一致的认识。

1997年,王泳嘉等<sup>[1]</sup>采用 UDEC 软件模拟了上下两层煤在 3 个不同错距同采时工作面间的相互影响,并以采后下部岩层的垮落与运动状态来判断上下部煤层间错距是否合理。2007年,崔道品等<sup>[2]</sup>以神火集团各店煤矿两采面为研究对象,在分析现有工作面特点并借鉴相关研究经验的基础上,确定

收稿日期:2013-04-22;修回日期:2013-06-24

基金项目:国家自然科学基金项目(51204089)

作者简介:杨艳国,博士,研究方向为矿井开采理论与技术,电子信箱:591009403@qq.com

了近距离煤层上下两层同采的方案,并给出同采过程中回采工艺与两工作面的合理错距。2009年,魏连阳<sup>[3]</sup>运用“减压区形成理论”,不仅对近距离煤层试验矿井错距进行了理论研究,还在现场对矿压加以监测,证实了减压区内实现(缓)倾斜近距离煤层同采的可行性。

目前在(极)近距离煤层(群)开采及系列问题方面的研究理论及成果具有相当大的局限性,都是以某一特定的地质条件作为工程背景,不够成熟,很少有推广的范例,还不具备普遍性。为此,仍然需要科研工作者对(极)近距离煤层(群)开采等问题作出更深层次的探讨与研究。本文运用FLAC3D软件和理论计算两种途径对辛置煤矿近距离煤层同采工作面合理错距进行研究,两种方法相辅相成,对现场施工更具有指导性与实践性。

## 1 矿井概况

### 1.1 煤层产状及顶底板概况

辛置煤矿9#煤层主体为北西走向 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,倾向南东,倾角 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ,地层倾角一般为 $4^{\circ}\sim 6^{\circ}$ ,地层平均倾角为 $5^{\circ}$ 。煤层厚度0.54~1.22m,平均0.87m,不含夹矸,结构简单。10#煤层上距9#煤层平均间距1.71m,煤层厚度0.53~2.76m,平均1.88m,研究范围内的煤层厚度平均为2.7m。9#煤层顶板为 $K_2$ 灰岩,含燧石结核,平均厚7.86m,顶板凹凸不平呈似钟乳状,岩溶发育,煤层中常见较多燧石,长度最大为1m。底板为灰黑色泥岩,局部为砂质泥岩。10#煤层顶板为9#的底板,岩性为泥岩或砂质泥岩,厚度变化较大,为0.20~6.61m。岩性也有变化,局部为细-中粒砂岩。

### 1.2 矿井水文、瓦斯及煤自燃情况

奥灰岩溶裂隙水是煤系地层下伏的主要含水层,为9#和10#煤层直接充水,厚6.88~9.32m,平均厚8.10m,是开采下组9#、10#煤层的主要威胁。因此,在回采中必须采取物探、钻探和适当的防治水等措施,减少其对回采的影响,保证煤层安全回采。

霍州煤电辛置煤矿为低瓦斯矿井。辛置煤矿在生产正常情况下,瓦斯主要来自本煤层,具体来自采煤工作面落煤、开掘工作面割煤或爆破落煤、采空区释放以及顶底板围岩和其他密闭墙涌出等。

辛置煤矿自建矿以来,井上、井下均未发生过煤的自燃现象。

## 2 两煤层同采过程中工作面的合理错距

### 2.1 9#和10#煤层两同采工作面的合理错距

目前,对(极)近距离煤层同采工作面合理错距的研究<sup>[4]</sup>主要存在减压区理论和稳压区理论<sup>[5-8]</sup>两种。

#### 2.1.1 稳压区范围回采的可行性

(1) 煤炭回采率。辛置煤矿9#、10#煤层均采用综合机械化采煤工艺。上部9#煤层在回采作业中,煤壁前方的支撑力

及支架的反复支撑力将沿着煤层底板传播,对下部1.71m的泥岩、砂质泥岩底板和10#煤层不断产生破坏。10#煤层布置在稳压区内对于10#煤层工作面的布置及回采是非常有利的,因为随着上部9#煤层工作面内煤炭的不断放出,下部10#煤层所受到的扰动也逐渐减弱,煤炭的破碎性也随之减小。若将10#煤层的工作面布置在减压区,与布置在稳压区内相比,在割煤过程中煤炭将不易被采出,煤炭的回采率势必受到影响。

(2) 下部10#煤层工作面的稳定性。由于辛置煤矿9#、10#煤层为极近距离煤层的同时开采,考虑上下两层煤的开采方法并结合实际的地质条件,将下部10#煤层的工作面布置在上部9#煤层的采空区的稳定区内,待9#煤层采空区顶板稳定以后,再进行10#煤层的回采工作,这样可以减弱10#煤层的工作面受到9#煤层工作面采空区上覆岩层垮落产生的动压影响,顶板控制也较容易。10#煤层工作面的矿压相对平缓,为割煤、回采工作面的推进与支护等创造了非常有利的条件。但是,此种工作面的布置方法将使10#煤层工作面的运输平巷和回风平巷遭受长时间的动压影响,为解决这一问题,可对平巷的超前支护进行加强。

#### 2.1.2 减压区范围回采的可行性

9#煤层在回采过程中,超前支承压力的作用将使9#煤层的底板产生预破坏。此时如果下部10#煤层在9#煤层减压区范围内布置,在回采过程中,10#煤层的围岩移动变形量将较大,顶板将遭受到前方采动支承压力的重复作用,进而产生更多的次生裂隙,极易出现漏垮型和推垮型冒顶。下面,将根据煤层顶板漏垮型和推垮型两种冒落机理对在9#煤层采空区形成的减压区区域内布置10#煤层工作面的可行性进行分析论证。

(1) 10#煤层漏垮型顶板冒落。辛置煤矿9#、10#煤层在同时进行回采作业时,假定下部10#煤层的工作面在滞后于9#煤层采空区形成的减压区8~23m区域内布置,9#、10#煤层超前支护产生的压力、10#煤层采空区内形成的减压区等反复扰动,将会对10#煤层顶板仅存的1.71m泥岩、砂质泥岩产生相应的拉伸与剪切影响。当异向各种应力同时对岩石产生破坏作用时,9#与10#煤层的泥岩和砂质泥岩夹矸、10#煤层及其下部的岩层都将遭受到扰动影响。此时,10#煤层的顶板破碎十分严重,如若继续进行回采工作则极易发生冒顶事故,甚至造成工作面的完全垮落。因此,出于安全考虑,在同采过程中将10#煤层布置在减压区内是不可行的。

(2) 10#煤层推垮型顶板冒落。在研究推垮型顶板冒落的时候,涉及到“离层型顶板”问题。一般离层型顶板从下至上岩层由软岩层逐渐过渡到硬岩层。这里所谓的“软”和“硬”并不代表岩层硬度真正的“软”和“硬”,而是指岩层遭受破坏后强度表现出的“软”和“硬”。在近距离煤层开采过程中,当上部煤层采出后,底板岩层的强度、煤层间的黏聚力势必降低,挠度和弯曲变形量也势必增大,此时再进行下部煤层的开

采,如果支护不当,顶板的一个整层或地质条件相近的分层将整层发生冒落。

9#煤层底板与10#煤层工作面的平均间距为3.59m,这3.59m中包括1.71m的泥岩、砂质泥岩和1.88m的10#煤层。如果在减压区内布置10#煤层的工作面,整个工作面的上部将处于“悬空”状态,此时,工作面超前支护较难。单体支柱支护强度需满足:

$$P_r \leq \gamma_x H_x \quad (1)$$

式中, $P_r$ 为单体支柱支护强度, $kN/m^2$ ;  $\gamma_x$ 为下部岩层平均容重, $N/m^3$ ;  $H_x$ 为下部岩层厚度(一般大于2.5m),m。

9#煤层下部泥岩及砂质泥岩平均容重 $\gamma_x$ 取 $2.5 \times 10^7 N/m^3$ ,将数值代入式(1),得出10#煤层在开采过程中,单体支柱的支护强度不应大于 $264 kN/m^2$ 。在单体液压支架的初撑力假定为 $60 kN/m^2$ 的条件下,支护密度为每平方米4.4根,即至少需要5根才能够满足支护强度。此时支护密度过大暂且不说,在保证单体液压支柱的初撑力达到标准的时候,将出现支架钻顶现象,顶板受到2次扰动,造成上部9#煤层在回采过程中稳定性更差。假定降低单体液压支架的初撑力,10#煤层的顶板一旦遭受扰动,“离层型”顶板极容易发生推跨型冒落,造成严重损失。

通过上述分析可见,在减压区内布置同采10#煤层的工作面是不可行的。

### 2.1.3 同采回采巷道支护

10#煤层的顶板为复合顶板,回采巷道围岩遭受9#煤层采动影响较大,非常容易产生塑性破坏,为此,单一支护方式不能够满足巷道的支护要求,故提出联合支护方案(图1):9#煤层在巷道掘进回采巷道时先采用锚杆方式进行支护,而后巷道在卧底过程中采用锚索(吊挂工字钢梁)或棚式等方式进行二次补强支护。区段运输平巷方式与区段回风巷支护方式基本相同。

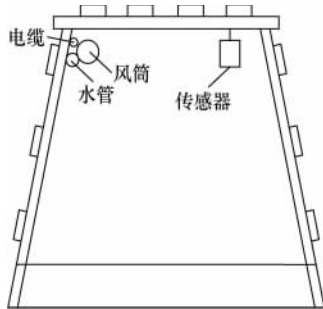


图1 9#和10#煤层区段回风平巷示意

Fig. 1 Schematic diagram of the section return air drift of 9# and 10# coal seams

## 2.2 理论计算

可行性分析结果显示,在减压区内布置10#煤层的开采工作面是不可行的,按照图2建立最小错距的计算模型。

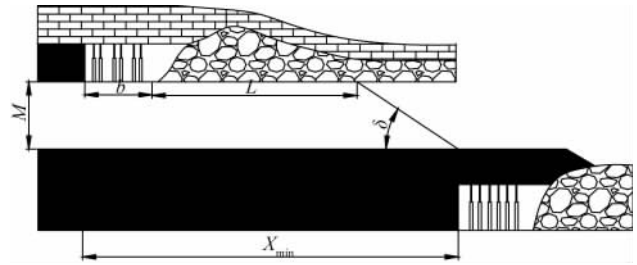


图2 稳压区开采模型

Fig. 2 Stable voltage area mining calculation model

最小错距 $X_{min}$ 为

$$X_{min} = M \cot \delta + L + b \quad (2)$$

式中, $M$ 为煤层间距,取1.71m;  $\delta$ 为岩石移动角,取 $55^\circ$ ;  $L$ 为上下两部煤层安全错距,取20~25m;  $b$ 为上部煤层工作面的最大控顶距,取5m。将各数值代入式(2)有

$$X_{min} = M \cot \delta + L + b = 1.71 \times \cot 55^\circ + 25 + 5 = 31.2 \text{m}$$

经过(2)式计算得知,采用稳压区开采理论计算的9#、10#煤层两同采工作面的合理错距应不小于31m。

## 2.3 数值模拟

### 2.3.1 仿真模型建立

结合辛置煤矿9#、10#煤层地质条件、回采方式、顶底板状况等条件,并考虑边界效应,在模型的两端分别预留出50m的距离作为过渡,模型的走向长度、倾向长度确定为250m,高度为50m。仿真模型<sup>[9-11]</sup>如图3所示。

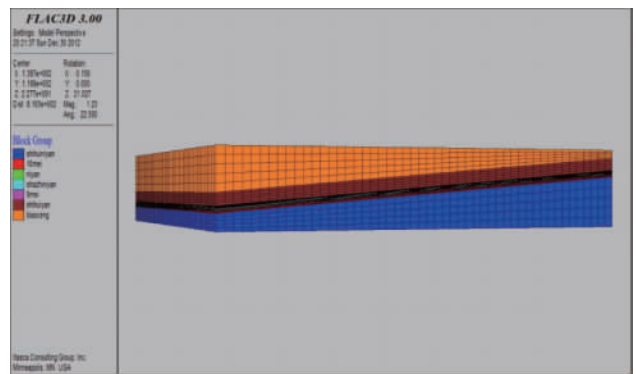


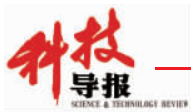
图3 辛置煤矿9#、10#煤层同采模拟模型

Fig. 3 9# and 10# coal seam simultaneous mining simulation model in Xinzhi Mine

模型上部的岩层大约施加10MPa的垂直荷载,按照下式估算原岩应力

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i \quad (3)$$

式中, $\sigma_z$ 为单元体上所受垂直应力,kPa;  $\gamma$ 为上覆岩层平均体



积力,  $kN/m^3$ ;  $H$  为岩层距离地表的深度,  $m$ 。

2.3.2 模拟结果

研究 9#、10# 煤层不同错距同采时的走向应力场和不同错距对于开采工作面的影响, 结果如图 4 和表 1 所示。可以

看出, 辛置煤矿 9# 和 10# 煤层在同采过程中, 当工作面错距小于 30m 时, 10# 煤层工作面都将遭受到 9# 煤层采动影响; 当错距大于 35m 时, 10# 煤层工作面回采作业时不受 9# 煤层采动影响。

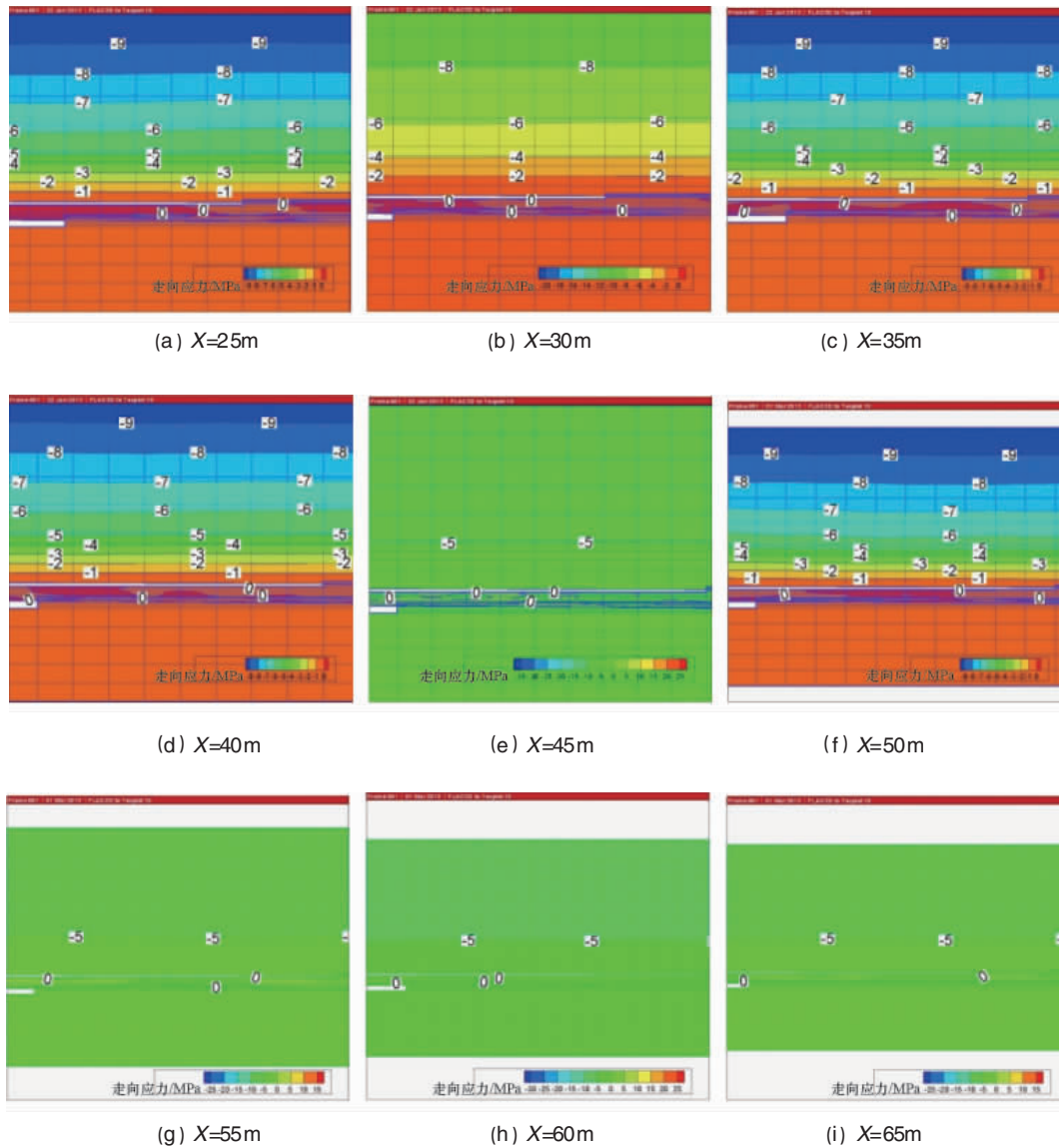


图 4 同采不同错距时走向应力云图

Fig. 4 Stress nephograms in different alternate distance simultaneous mining

表 1 10# 煤层工作面不同错距影响范围

Table 1 Influence scope of 10# coal seam different alternate distance

错距/m	25	30	35	40	45	50	55	60	65
超前支压影响距离/m	26	31	35	25	19	20	21	25	30
工作面是否处于压力区	是	是	否	否	否	否	否	否	否

3 结论

(1) 针对辛置煤矿 10# 煤层布置在稳压区范围内和减压区范围内的可行性进行了分析论证。通过对煤炭的回采率、工作面稳定性、10# 煤层漏垮型顶板冒落和推跨型顶板冒落机理的分析, 得出在减压区内布置 10# 煤层是不可行的。

(2) 对辛置煤矿 9#、10# 煤层工作面同采合理错距的数值模拟结果是: 合理错距不应小于 35m, 这与 2.2 节中采用稳压



区开采理论计算的 9#、10# 煤层两同采工作面的合理错距不应小于 31m 的结论基本吻合。综合理论计算与数值模拟结果得出,辛置煤矿 9# 与 10# 煤层同采过程中工作面的合理错距不应小于 35m。

参考文献 (References)

[1] 王泳嘉,陶连金,邢纪波. 近距离煤层开采相互作用的离散元模拟研究[J]. 东北大学学报:自然科学版, 1997, 18(4): 374-377.  
Wang Yongjia, Tao Lianjin, Xing Jibo. Journal of Northeastern University: Natural Science, 1997, 18(4): 374-377.

[2] 崔道品,冯鹏,杨晓东. 近距离煤层同采设计研究与实践[J]. 煤炭工程, 2007(4): 7-9.  
Cui Daopin, Feng peng, Yang Xiaodong. Coal Engineering, 2007(4): 7-9.

[3] 魏连阳. 近距离煤层同采合理错距的研究[J]. 河北煤炭, 2009(3): 11-12.  
Wei Lianyang. Hebei Coal, 2009(3): 11-12.

[4] 田锋,时圣国. 浅析近距离煤层同采合理错距[J]. 山东煤炭科技, 2008(3):65-67.  
Tian feng, Shi Shengguo. Shandong Coal Science and Technology, 2008(3):65-67.

[5] 胡艳峰. 近距离煤层群开采底板巷道围岩控制技术[D]. 徐州:中国矿业大学, 2006.  
Hu Yanfeng. Close-distance seam group roadway control technology [D]. Xuzhou: China University of Mining, 2006.

[6] 李全生,张忠温,南培珠. 多煤层开采相互采动的影响规律[J]. 煤炭学报, 2006, 31(4): 425-428.  
Li Quansheng, Zhang Zhongwen, Nan Peizhu. Journal of China Coal Society, 2006, 31(4): 425-428.

[7] 钱鸣高,石平五. 许家林. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2010.  
Qian Minggao, Shi Pingwu, Xu Jiali. Ground pressure and strata control [M]. Xuzhou: China University of Mining Press, 2010.

[8] 马全礼,李洪,白景志. 极近距离下位煤层工作面巷道布置及其方式[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(9): 37-39.  
Ma Quanli, Li Hong, Bai Jingzhi. Coal Science and Technology, 2006, 34(9): 37-39.

[9] 刘红元,唐春安,苗勇勤. 多煤层开采时岩层垮落过程的数值模拟[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(2): 109-196.  
Liu Hongyuan, Tang Chun'an, Miao Yongqin. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2001, 20(2): 109-196.

[10] 康全玉,郭文兵. 多煤层采区岩移及内部应力的模拟研究[J]. 矿山压力与顶板管理, 1999, 3(4): 47-51.  
Kang Quanyu, Guo Wenbing. Ground Pressure and Strata Control, 1999, 3(4): 47-51.

[11] 缪协兴,钱鸣高. 采场围岩整体结构与砌体梁力学模型[J]. 矿山压力与顶板管理, 1995, 3(4): 3-12.  
Liao Xiexing, Qian Minggao. Ground Pressure and Strata Control, 1995, 3(4): 3-12.

(责任编辑 侯澄芝,马宇虹)

·学术动态·



张晓刚当选国际标准化组织主席

2013年9月20日,在俄罗斯圣彼得堡举行的第36届国际标准化组织(ISO)大会上,国家质检总局、国家标准委员会提名的中国标准化专家委员会委员、国际钢铁协会副主席、鞍山钢铁集团总经理张晓刚成功当选 ISO 新任主席。这是自1947年ISO成立以来中国人首次担任这一国际组织的最高领导职务。

ISO 成立于1947年2月23日,是世界上最大、最权威的综合国际标准化组织,其成员包括164个国家和地区。中国2008年起成为ISO常任理事国。ISO的任务是促进全球范围内的标准化及其有关活动,以利于国际间产品与服务的交流,以及在知识、科学、技术和经济活动中发展国际间的相互合作。截至2012年底,ISO制定发布了近2万项国际标准。

详见中国网 <http://finance.china.com.cn/roll/20130922/1827287.shtml>。

