

基于熵权法和理想点法的围岩稳定性评价

黄仁东, 刘抗, 仝慧贤, 王海峰

中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083

摘要 为合理地对围岩评价分类, 结合当前围岩稳定性分析方法的优劣, 研究采用围岩6个评价指标: 岩石单轴饱和抗压强度 R_c 、围岩质量指标 RQD 值、结构面摩擦系数 J_f 、节理间距 J_d 、地下水状态 W 、完整性系数 K , 建立评价模型, 将围岩稳定状态划分为5个等级。选用理想点法计算围岩的贴程度, 以此衡量围岩的稳定性强弱, 通过熵权理论确定评价体系中相应指标的权重, 该模型便于实现计算机处理。工程应用表明, 基于熵权法和理想点法的判别模型与BQ法评价结果相一致, 能够很好地反映围岩的稳定状态, 可为工程实践提供科学依据。

关键词 围岩稳定性; 熵权理论; 理想点法; 贴程度; BQ法

中图分类号 X936

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.20.010

Stability Assessment of Surrounding Rocks Based on Entropy Weight and Ideal Point Methods

HUANG Rendong, LIU Kang, TONG Huixian, WANG Haifeng

School of Resources & Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract For rationally assessing the stability of surrounding rocks, this paper adopts the following six factors, rock uniaxial compressive strength R_c , rock quality designation RQD , friction coefficient of the structural plane J_f , joint distance J_d , groundwater condition W , and integrity coefficient K , to classify the stability of surrounding rocks into five levels after considering the advantages and disadvantages of existing assessment methods. In this paper, the weight of each factor is determined using the entropy weight theory, while the stability of surrounding rocks is calculated by the ideal point method through their closeness degree. This model is convenient for computer processing. Engineering application shows that the evaluation result is consistent with that of the BQ method, and it can better reflect the real state of rocks and provide scientific basis for engineering practice.

Keywords stability of surrounding rocks; entropy weight theory; ideal point method; closeness degree; BQ method

围岩的稳定状态是地下工程中要考虑的首要问题之一, 决定着整个工程的工程设计、支护衬砌、建筑物选型和施工方法的选择等, 对于地下工程意义重大。地下工程围岩稳定性分析是一个多指标的评价体系, 受诸多因素的控制与影响, 这些因素具有多样性、可变性和不确定性等特点, 使得围岩稳定性问题成为一个复杂的不确定系统问题。在工程实践中直接应用围岩分类标准进行分类的实用性较差, 目

前, 针对围岩稳定的评价方法众多, 例如距离判别法、支持向量机法、人工神经网络法、可拓法、灰色关联分析法、模糊可变集合法等, 然而工程地质的复杂性以及各自方法的侧重点不同, 致使这些评价方法均存在各自的缺陷^[1,2]。

为了更合理地解决围岩稳定性的多属性问题, 本研究结合熵权理论和理想点法的优点构建了围岩质量分类模型, 熵权理论避免了评价指标赋权时的主观性, 理想点法借助于贴

收稿日期: 2014-03-26; 修回日期: 2014-04-08

作者简介: 黄仁东, 教授, 研究方向为地下岩土工程灾害探测、安全控制与安全评估技术, 电子信箱: 540248331@qq.com; 刘抗(共同第一作者), 硕士研究生, 研究方向为岩土工程检测、安全监控与安全评价技术, 电子信箱: liukang621@126.com

引用格式: 黄仁东, 刘抗, 仝慧贤, 等. 基于熵权法和理想点法的围岩稳定性评价[J]. 科技导报, 2014, 32(20): 64-68.

近度可直观衡量对象优劣,基于该模型提出一种地下工程围岩状态评价的合理方案。

1 理想点法评价原理

理想点法是一种借助于评价对象与理想化目标的接近程度来衡量优劣的多指标的评价方法。该方法实施过程中首先要确定合理的评价指标体系,然后根据有关规范、法规等构造多指标评价体系中相应的正理想解和逆理想解,最后,将距离正逆理想解的距离作为评价对象优劣的依据。具体步骤为:通过熵权理论确定评价体系中各指标的客观权重,然后定义空间距离模,即欧氏空间中的一个点,在这种模的定义下,使得点距离正理想点评价函数的距离趋于变小,距离反理想点评价函数的距离趋于变大,最终计算出各评价对象的理想点贴适度评判其所属的类别^[3-6]。

1.1 评价指标矩阵

根据评价对象的属性和特点的不同确定相应合理的评价指标体系,建立针对性的评价对象矩阵。若矩阵有 n 个评价指标,则可将这些指标看作评价对象决策的 n 个对应的目标函数,建立向量函数 $F(x)=[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)]$,若求得其相应的指标权重集为 $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$,评价对象矩阵在目标函数 $f_n(x)$ 下取值为 x_n ,则其指标矩阵为

$$G=[x_1w_1, x_2w_2, x_3w_3, \dots, x_nw_n] \quad (1)$$

1.2 确定正逆理想点

在评价指标体系中,评价指标根据工程实践经验将被划分为正指标和逆指标两类,指标值越大表征评价对象越优的指标定为正指标,同理,指标值越小表征评价对象越劣的指标定为逆指标。若指标均为单调指标,则正理想点和逆理想点可以定义如下。

当评价指标为正指标时,正逆理想点取为

$$\begin{cases} f_i^*(+) = \max f_i(x) \\ f_i^*(-) = \min f_i(x) \end{cases} \quad (2)$$

当评价指标为逆指标时,正逆理想点取为

$$\begin{cases} f_i^*(+) = \min f_i(x) \\ f_i^*(-) = \max f_i(x) \end{cases} \quad (3)$$

式中, $f_i^*(+)$ 和 $f_i^*(-)$ 分别表示影响评价对象的评价指标体系中的第 i 个指标相应等级的正理想点解和逆理想点解;且 $f_i(x)$ 为该相应指标的实际值。

1.3 理想点评价函数

在衡量评价指标优劣时,采用评价对象距离正逆理想点的距离来表征,评价对象的指标离正理想点越近,离逆理想点越远,则该指标就越优,反之亦然。即将多维评价指标视作指标向量空间,定义出合理的距离度量,常用的是闵可夫斯基距离法,在权重确定的情况下,采用欧式距离来定义到正逆理想点间的距离。

评价指标到正理想点的距离为

$$D_z = \left\{ \sum_{i=1}^n w_i [f_i(x) - f_i^*(+)]^2 \right\}^{1/2} \quad (4)$$

评价指标到逆理想点的距离为

$$D_l = \left\{ \sum_{i=1}^n w_i [f_i(x) - f_i^*(-)]^2 \right\}^{1/2} \quad (5)$$

1.4 贴适度计算

根据理想点法中关于贴适度的定义可知,评价对象的贴适度计算公式为

$$T = \frac{D_z}{D_z + D_l} \quad (6)$$

分析可知,评价对象的贴适度最大为1,表明评价对象为正理想点状态;贴适度最小值为0,表明评价对象为最差理想状态。贴适度指标值 T 的大小从整体上衡量了评价对象的优劣,指标值越大,就代表其距离正理想点越近,距离逆理想点越远,评价对象就越优,反之亦然。

1.5 确定指标权重

权重是表征各指标重要性的权数,表明指标在整体中起到的不同作用。在众多的指标权重确定方法中,熵权法提供了一种客观赋权的方法,赋权过程中借助于指标的变异程度,根据指标的信息熵计算出熵权,再通过熵权对指标权重加权进行修正,可得出客观的指标权重。在熵权确定过程中,若指标的熵值越小,则说明该指标值的变异程度较大,其提供的有效信息量也就越多,相应的权重应该也越大;同理,若指标的熵值越大,则说明该指标值的变异程度较小,其提供的有效信息量也就越少,相应的权重应该也越小。根据文献[7]~[9],熵权理论确定指标权重的步骤如下。

1) 假定评价对象可划分 m 个评价等级,评价对象的优劣通过 n 个评价指标来衡量,则可构建出判断矩阵 R ,该判断矩阵即为文献[9]中确定的关联系数矩阵

$$R = [r_{ij}] \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

2) 为避免指标单位不同造成的影响,需将判断矩阵 R 进行数据归一化处理,按照最大-最小标准化方法进行线性处理,当原指标值越优时,数据归一化后的值越趋近于1;反之,归一化后的值越趋近于0。归一化得到矩阵

$$y = [y_{ij}] \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (8)$$

3) 确定指标熵值及差异性系数。根据(9)式可以得出第 j 个指标的熵值 e_j

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (9)$$

式中, k 为正常数,熵权计算中一般常取 $k = \frac{1}{\ln m}$ 偏好。

由式(9)进一步可得第 j 个指标的差异系数为 $h_j = 1 - e_j$,当其值越大,即表明第 j 个指标在评级指标体系中起的效用越重要。

4) 计算指标加权系数。对式(9)中求得的各指标的熵值进行加权处理,可以得到指标评价体系的客观权重,具体计

算公式如下:

$$w_j = \frac{h_j}{\sum_{j=1}^n h_j} \quad j=1,2,3,\dots,n \quad (10)$$

2 工程实例

地下工程施工中为保证地下工程顺利安全地进行,首先要清楚工程围岩的赋存状态和稳定性信息等,进而确定不同围岩的稳定型分级,从而采取相应的围岩加固保护措施,保证围岩的安全与稳定。根据GB 50218—94 工程岩体分级标准^[10]、GB 50086—2001 锚杆喷射混凝土支护技术规范^[11]、JTG D70—2004 公路隧道设计规范^[12]等规定,为满足工程实践中选取施工方式、支护手段等工艺的需要,结合围岩的地质特性和赋存形态将围岩划分为5个评价等级^[9-12]:非常稳定(I级)、稳定(II)、比较稳定(III)、较不稳定(IV)、不稳定(V),为地下围岩评判提供依据。

2.1 工程地质实况

六盘水市某隧道^[9]进口端前方铁路隧道下穿,出口端基本与铁路平行。隧道场地内属中低山地貌,地形起伏大,其中进口端段,地势相对较为平缓,地面高程介于1750~1825 m之间,该隧道进口端段地质是较为发育的溶岩,主要沿溶蚀裂隙溶蚀强烈,地表形态多为溶沟、落水洞,以垂直向发育为主。隧道段上覆盖层主要为碎石类土,下伏微风化的白云质灰岩。勘察区表层覆盖主要为第四系全新统地层,以碎石质

土为主,厚度小,分布不均;下伏基岩为石炭质白云质灰岩地层。区域内地表水系不发育,场地地下水主要为基岩裂隙水、岩溶地下水、构造裂隙水3种。地质勘察报告显示,隧道左线围岩大部分为III级、IV级,局部里程段为V级。

2.2 确定评价指标

鉴于该工程特有的地质形态、围岩赋存状态等条件,结合文献[13]~[17]中选取的评价指标及国家现行的地下工程围岩评价规范^[10-12]中涉及的指标,取以下典型参数作为隧道左线围岩分级评价指标体系。

- 1) 岩石单轴饱和抗压强度 R_c :反映岩体的软硬程度及岩性特征。
- 2) 围岩质量指标 RQD 值:反映岩块大小及完整程度。
- 3) 结构面摩擦系数 J_f :反映结构面粗糙程度、蚀变及充填情况。
- 4) 岩石节理间距 J_d :地质构造及岩体结构特征。
- 5) 地下水赋存状态 W :表征围岩赋存形态,考虑了地下水的作用。
- 6) 完整性系数 K_v :在一定程度上反映岩体的完整程度及刚度特征。

研究选取的6个评价指标能够很好地反映围岩的整体状态,且在具体工程中具有很强的可操作性。参考围岩分类标准规范和文献[11]~[14],结合具体的工程实践经验,地下工程中赋存的围岩被判为五大类质量等级,具体分类等级如表1所示,该隧道左段部分围岩实测各待评价指标值如表2所示。

表1 围岩质量评价标准

Table 1 Evaluation criteria of rock quality

等级	R_c/MPa	$RQD/\%$	J_f	J_d/cm	$W/(0.1 L \cdot \min^{-1} \cdot m^{-1})$	K_v
I	250~300	90~100	0.8~1.2	200~400	0~5	0.75~1
II	100~250	75~90	0.3~0.8	60~200	5~10	0.55~0.75
III	50~100	50~75	0.2~0.3	20~60	10~25	0.35~0.55
IV	25~50	25~50	0.1~0.2	6~20	25~125	0.15~0.35
V	1~25	0~25	0.01~0.1	0~6	125~250	0~0.15

表2 围岩质量评价实测值

Table 2 Measured value of quality evaluation

待评围岩	R_c/MPa	$RQD/\%$	J_f	J_d/cm	$W/(0.1 L \cdot \min^{-1} \cdot m^{-1})$	K_v
中风化白云质灰岩	68	75.4	0.24	35	30	0.55
岩溶发育带	50	55.6	0.15	18	20	0.4
构造带	15	16	0.1	6	125	0.2

2.3 围岩指标权重

对原始数据进行无量纲化预处理,消除不同指标之间的量纲差异,然后由式(7)~式(10)定义熵权计算公式,可得到围岩稳定性的指标熵权权重^[9]为

$$W = [0.15394, 0.15381, 0.1671, 0.16322, 0.20572, 0.15622] \quad (11)$$

2.4 围岩正逆理想点

确定评价指标体系的正逆理想点矩阵,在每个目标决策中,岩石质量指标、岩石单轴饱和抗压强度、岩体完整性系数、结构面摩擦系数、岩石节理间距等属于正指标,指标值越大表征围岩稳定性越优时,正理想点取为最大值,逆理想点

取为最小值;围岩的地下水赋存状态为逆指标,当指标值越大表征围岩稳定性越劣时,故正理想点取为最小值,逆理想点取为最大值。即围岩的正逆理想点矩阵为

$$f^*(+) = \begin{bmatrix} 300 & 100 & 1.2 & 400 & 0 & 1 \\ 250 & 90 & 0.8 & 200 & 5 & 0.75 \\ 100 & 75 & 0.3 & 60 & 10 & 0.55 \\ 50 & 50 & 0.2 & 20 & 25 & 0.35 \\ 25 & 25 & 0.1 & 6 & 125 & 0.15 \end{bmatrix}$$

$$f^*(-) = \begin{bmatrix} 250 & 90 & 0.8 & 200 & 5 & 0.75 \\ 100 & 75 & 0.3 & 60 & 10 & 0.55 \\ 50 & 50 & 0.2 & 20 & 25 & 0.35 \\ 25 & 25 & 0.1 & 6 & 125 & 0.15 \\ 1 & 0 & 0.01 & 0 & 250 & 0 \end{bmatrix}$$

2.5 归一化处理

不同的评价指标具有不同的量纲和单位,为增强指标间的可比性,可对指标数据进行归一化处理,避免量纲和单位差异影响。该隧道围岩的评价指标作[0,1]范围归一化处理,公式如下。

当评价指标值愈大表征围岩稳定性愈好时

$$f(x_i) = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (12)$$

当评价指标值愈小表征围岩稳定性愈好时

$$f(x_i) = \frac{x_{i\max} - x_i}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (13)$$

式中, $f(x_i)$ 为指标数据归一化处理函数; $x_{i\min}$ 为第 i 个指标中的最小值; $x_{i\max}$ 为第 i 个指标中的最大值。

2.6 围岩评价结果

根据建立的围岩分类模型进行计算分析,可求出待评价围岩样本在 I ~ V 级围岩标准的理想点贴程度,依据贴程度值愈大,则样本与该等级的围岩分类愈贴的原则,得到评价对象的围岩级别(表 3)。

表 3 围岩质量评价等级结果

Table 3 Rank results of quality evaluation of surrounding rocks

待评围岩	理想点贴程度					文中方法	BQ 法	工程实测
	I	II	III	IV	V			
中风化白云质灰岩	0.3715	0.1482	0.6694	0.7070	0.6373	IV	III	III
岩溶发育带	0.3877	0.2355	0.2082	0.8736	0.6692	IV	IV	IV
构造带	0.4200	0.3756	0.3939	0.1502	0.8552	V	V	V

评价结果表明,研究模型判断的围岩级别与设计围岩级别相同,与施工过程中遇到的真实围岩情况基本相符,与其他方法相比,该方法评价结果更趋于安全。评价结果说明该法用于围岩分类精度高,简单便于操作,能很好地满足工程应用需要。

3 结论

1) 基于理想点法选取岩石单轴饱和抗压强度、围岩质量指标、结构面摩擦系数、岩石节理间距、地下水赋存状态、岩体完整性系数 6 个典型指标建立相应的围岩分类模型,能够很好地反映围岩状态,其评价结果能够与其他分类方法相互验证,为工程实践提供技术支持。

2) 通过熵权理论确定评价体系中指标权重,避免权重确定的主观性影响,客观地反映了各指标在围岩稳定性评价中的重要性;且利用理想点法建立围岩分类模型时,将指标体系进行了归一化处理,避免了不同指标量纲和取值影响,提高了模型的可靠性。

3) 理想点法评价模型与 BQ 法相比较,评价结果与地质勘察结果一致、偏于安全性。且该模型原理简单、计算方便、易于理解,构建的评价模型能够较好地反映围岩的真实稳定状态,方法具有很强的可操作性和推广性,便于实现计算机智能分类。

参考文献 (References)

- [1] 王洪德, 曹英浩. 基于改进变权物元可拓模型的围岩稳定性评价[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(8): 23-29.
Wang Hongde, Cao Yinghao. Evaluation of surrounding rock stability based on improved matter-element extension model with variable weight [J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(8): 23-29.
- [2] 邓声君, 陆晓敏, 黄晓阳. 地下洞室围岩稳定性分析方法简述[J]. 地质与勘探, 2013, 49(3): 541-547.
Deng Shengjun, Lu Xiaomin, Huang Xiaoyang. A brief summary of analysis method for the stability of underground surrounding rock masses[J]. Geology and Exploration, 2013, 49(3): 541-547.
- [3] 王迎超, 孙红月, 尚岳全, 等. 基于特尔菲-理想点法的隧道围岩分类研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(4): 651-656.
Wang Yingchao, Sun Hongyue, Shang Yuequan, et al. Classification of surrounding rock based on Delphi method and ideal point method[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2010, 32(4): 651-656.
- [4] 武新宇, 范祥莉, 程春田, 等. 基于灰色关联度与理想点法的梯级水电站多目标优化调度方法[J]. 水利学报, 2012, 43(4): 422-428.
Wu Xinyu, Fan Xiangli, Cheng Chuntian, et al. Multi-objective optimal operation based on grey correlation and ideal point method for cascaded hydropower systems[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 43(4): 422-428.
- [5] 颜可珍, 周志雄. 基于特尔菲-理想点法沥青路面使用性能评价[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2012, 39(4): 8-11.
Yan Kezhen, Zhou Zhixiong. Asphalt pavement performance assessment based on delphi method and ideal point method[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2012, 39(4): 8-11.
- [6] 张乐文, 邱道宏, 李术才, 等. 基于粗糙集和理想点法的隧道围岩分类研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(1): 171-175.
Zhang Lewen, Qiu Daohong, Li Shucai, et al. Study of tunnel surrounding rock classification based on rough set and ideal point method[J]. Rock and Soil Mechanics, 2011, 32(1): 171-175.
- [7] 欧阳森, 石怡理. 改进熵权法及其在电能质量评估中的应用[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(21): 156-159.
Ouyang Sen, Shi Yili. A new improved entropy method and its

- application in power quality evaluation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(21): 156-159.
- [8] 张天云, 陈奎, 王秀云, 等. 基于改进熵权法确定工程材料评价指标的客观权重[J]. 机械工程材料, 2012, 36(3): 81-84.
Zhang Tianyun, Chen Kui, Wang Xiuyun, et al. Determination of objective weights for evaluation indices of engineering materials by improved entropy method[J]. Materials for Mechanical Engineering, 2012, 36(3): 81-84.
- [9] 黄仁东, 赵志飞, 李盼, 等. 基于熵权法和可拓学理论的隧道围岩质量评价[J]. 公路工程, 2012, 37(1): 139-143.
Huang Rendong, Zhao Zhifei, Li Pan, et al. Based on Entropy Weight Method and Extenics Tunnel's Quality Evaluation of Surrounding Rock [J]. Highway Engineering, 2012, 37(1): 139-143.
- [10] 中华人民共和国水利部. GB 50218—94 工程岩体分级标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1994.
The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. GB 50218—94 Classification standard of engineering rock mass[S]. Beijing: China Planning Press, 1994.
- [11] 冶金部建筑研究总院. GB 50086—2001 锚杆喷射混凝土支护技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2001.
The Ministry of Metallurgical Construction Research Institute. GB 50086—2001 Specifications for bolt-shotcrete support[S]. Beijing: China Planning Press, 2001.
- [12] 重庆交通科研设计院. JTG D70—2004 公路隧道设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
Traffic Design and Research Institute of Chongqing. JTG D70—2004 Code for design of road tunnel[S]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- [13] 梁桂兰, 徐卫亚, 谈小龙. 基于熵权的可拓理论在岩体质量评价中的应用[J]. 岩土力学, 2010, 31(2): 535-540.
- Liang Guilan, Xu Weiya, Tan Xiaolong. Application of extension theory based on entropy weight to rock quality evaluation[J]. Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(2): 535-540.
- [14] 康志强, 冯夏庭, 周辉. 基于层次分析法的可拓学理论在地下洞室围岩质量评价中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(2): 3687-3693.
Kang Zhiqiang, Feng Xiating, Zhou Hui. Application of extenics theory to evaluation of underground cavern rock quality based on stratification analysis method[J]. Chinese Journal of Mechanics and Engineering, 2006, 25(2): 3687-3693.
- [15] 康志强, 周辉, 冯夏庭, 等. 地下隧洞岩体质量的熵权理论评价[J]. 地下空间与工程学报, 2008, 4(2): 259-264.
Kang Zhiqiang, Zhou Hui, Feng Xiating, et al. Entenics theory evaluation of underground tunnel rock quality[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2008, 4(2): 259-264.
- [16] 郑美田, 陈乐求, 王曰国. 洞室围岩质量多因素模糊综合评价模型及应用[J]. 地质与勘探, 2007, 43(5): 101-104.
Zheng Meitian, Chen Leqiu, Wang Yueguo. Fuzzy Comprehensive assessment model with several influential factors for quality of tunnel rock and its application[J]. Geology and Prospecting, 2007, 43(5): 101-104.
- [17] 施东风, 饶运章, 陈国梁, 等. 基于可变模糊集理论的采空区围岩稳定性评价[J]. 有色金属科学与工程, 2011, 2(5): 80-83.
Shi Dongfeng, Rao Yunzhang, Chen Guoliang, et al. Analysis of the stability of surrounding rock of mined-out area based on variable fuzzy sets theory[J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2011, 2(5): 80-83.

(编辑 陈华姣)

·学术动态·



未来地球计划研讨会在北京召开

2014年6月3日,由中国科协发起并主办的国际“未来地球计划”(简称FE)与“未来地球计划”中国国家委员会(简称CNC-FE)联合研讨会在北京召开,来自国际科学理事会、FE科学委员会、FE过渡参与委员会、FE中国国家委员会、中国科协、中国科学院、中国工程院、中国社会科学院、中国气象局等单位的80余名中外专家出席会议。

国际FE科学委员会建议,在协同合作方面,FE中国委员会加强与亚太国家地区的协同合作,对共同关心的可持续发展中的问题及交叉型人才培养进行合作。在研究领域的顶层设计中,注重课题的研究视角,从国家层面提升到全球视角,提升研究的深度和广度;注重对研究领域的整体把握,如海洋、健康、城镇化、粮食安全等问题应作为一个整体进行考量。在FE中国委员会构成方面,增加农业、NGO组织、经济、社科、企业、疾病防控方面的研究者。在研究主题方面,FE对FE中国委员会提出的“东亚传统文化对可持续性发展的贡献”很感兴趣,希望做好这一主题的研究。在研究成果的转化方面,应充分发挥科学可提供客观、公正解释的作用,使科学成为政策制定的主要依据,以科学评估的方式提供给政府;充分发挥社会科学家的特长,向社会传播科学成果,使终端用户能最大程度利用FE中国委员会的成果。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35473/n35518/15693106.html>。