

国内外烟气流速测量标准比较分析

冯真祯¹, 朱林², 段玖祥²

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044)

2. 国电环境保护研究院, 江苏 南京 210031)

摘要: 比较了国内外燃煤电厂烟气流速测量技术及相关标准, 分析了测量仪器、矩形烟道采样位置及采样点位置和数目等方面的异同, 结合我国电厂现场烟气流速测量的实际情况, 提出了修改《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》相关内容的建议。

关键词: 烟气流速; 燃煤电厂; 烟气采样

中图分类号: X 830.1 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2010)05-0057-06

Comparative Analysis of Overseas and Domestic Standards for Flue Gas Velocity Measurement

FENG Zhen-zhen¹, ZHU Lin², DUAN Ji-u-xiang²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology,

Nanjing, Jiangsu 210044, China; 2. State Power Environmental Protection Research Institute,

Nanjing, Jiangsu 210031, China)

Abstract By techniques and standards comparison of flue gas velocity measurement at home and abroad for coal-fired power plant, the similarity and difference were analyzed in measuring instruments, sampling location and number of sampling points for rectangular ducts. According to practical situation of the field measurement for flue gas velocity in Chinese power plants, suggestion was made to modify "Determination of particulates and sampling methods of gaseous pollutants emitted from exhaust gas of stationary source".

Key words Flue gas velocity; Coal-fired power plant; Flue gas sampling

燃煤电厂是 SO₂、NO_x、烟尘及温室气体 CO₂ 等的主要排放源, 准确测算其排放量不仅关系到国家相关排放控制指标的实现, 并且与排污收费、电厂竣工环境保护验收等密切相关^[1-2]。烟气排放量测定以监测断面的平均烟气流速为依据, 是确定污染物排放总量的重要参数。

我国目前主要依据《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157-1996)进行烟气流速测定。随着生产设备和技术的不断发展, 该标准中的某些条款已经不适应现场测量的实际情况。修订该标准、确保烟气流速测量的准确性成为当前电力环境监测工作迫切需要解决的问题之一。深入了解和掌握国内外已有标准和规范, 结合我国实际情况进行系统比较

分析, 对于我国烟气流速测量标准的修订具有重要意义。

1 烟气流速测量方法

流速测量仪器主要有皮托管法、热线(热球)式风速计、热膜风速计及翼形风速计^[3]。

1.1 皮托管法

气体流速与气体动压的平方根成正比。皮托管法根据测得的动压、静压和温度等参数, 计算烟气流速。其仪器由标准皮托管或 S 型皮托管和斜

收稿日期: 2010-03-17 修改日期: 2010-08-14

基金项目: 中国国电集团重大科技基金资助项目(Z408005)

作者简介: 冯真祯(1986-), 女, 福建古田人, 硕士生, 从事环境污染控制机理与技术研究。

管压力计组成。标准皮托管是一个弯成 90° 的双层同心圆管, 前端呈半圆形, 正前方有一开孔与内管相通, 测定全压; 在距前端 6 倍直径处的外管壁上开有一圈直径为 1 mm 的小孔, 通至后端的侧出口, 测定静压。S 型皮托管由两根相同的金属管并联组成, 测量端为方向相反的两个开口, 测量时面向气流方向的开口测全压, 背向气流开口测得的压力相当于静压。S 型皮托管的测压孔开口较大, 不易被尘粒堵塞, 且便于在厚壁烟道中使用。近年来由于烟尘采样的需要, 制作了由 S 型皮托管、热电偶温度计和烟尘采样管并联的自动等速烟尘采样器。

1.2 热线(热球)式风速计及热膜风速计

加热到一定程度的热丝或热敏电阻放在气流中时, 将产生冷却效应, 其散热量和电阻变化与气流速度存在一定关系。通过测量散热量或电阻值的变化, 可推算气体的流速。仪器根据探头结构分成热线和热球两种形式, 测杆通过同轴电缆和测量仪器相连, 仪表显示有指针式或数字式。

热膜风速计原理与热线(热球)式风速计大体一致, 热膜风速计的热敏元件涂有石英或陶瓷的防护膜, 从而大大提高了热敏元件的强度, 延长了使用寿命。

热线(热球)式风速计和热膜风速计常温下在较清洁的空气中使用, 在高温的烟道中使用时, 气体温度与导热率均与环境空气不同, 必须用皮托管在相同条件下标定后方可使用。

1.3 翼形风速计

翼形风速计根据叶轮旋转速度求出流速。仪器由测量头和指示仪表两部分组成, 其转速用传感器线圈的电讯号方式检测, 再转换成脉冲讯号传送出。翼形风速计使用前也需要用皮托管校准。

2 国内外烟气流速测量标准

2.1 国际标准

《固定源排放 - 管道气流流速及流量测量》(ISO 10780-1994)^[4] 为气体流速测量现行有效标准中最早使用的标准。“ISO 12141-2002”为《固定源排放 - 低浓度时颗粒物(粉尘)质量浓度的测定 - 人工重量分析法》^[5], 该标准与德国《DN EN 13284-1-2002》等效, 同时还被英国采用, 英国标准编号为“BS ISO 12141-2002”。

“ISO 9096-2003”为《固定源排放 - 颗粒物

量浓度的手动测定》^[6], 该标准被多个国家等同采用。英国等同采用后标准号为“BS ISO 9096-2003”, 西班牙为“UNE ISO 9096-2005”, 俄罗斯为“GOST R ISO 9096-2006”。

2.2 欧洲标准

欧盟《固定源排放 - 低浓度粉尘测定 - 第 1 部分: 人工重量分析法》编号为“EN 13284-1-2001”^[7]。德国等同采用其标准, 其编号为“DN EN 13284-1-2002”。

2.3 美国标准

美国联邦法规 40 章第 60 款 - 附录 A《方法 1 - 固定源采样和测速断面点位的选择》^[8]。

美国试验与材料协会标准导管中《平均速度的标准试验方法(皮托管法)》^[9], 标准编号为“ASTM D 3154-00(2006)”。

2.4 中国标准

我国《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》^[10], 标准编号为“GB/T 16157-1996”。《固定源废气监测技术规范》^[11] 标准编号为“HJ/T 397-2007”。

3 国内外烟气流速测量标准比较

由于《ISO 12141-2002》与《EN 13284-1-2001》差异不大, 《GB/T 16157-1996》与《HJ/T 397-2007》流速测量的相关要求基本相同, 现主要对《ISO 10780-1994》《ISO 9096-2003》《EN 13284-1-2001》美国联邦法规 40 章第 60 款 - 附录 A《方法 1 - 固定原采样和测速断面点位的选择》(简称《方法 1》)《ASTM D 3154-00(2006)》及《GB/T 16157-1996》共 6 个标准比较分析。

3.1 测量仪器和采样平面

皮托管法仪器结构简单, 使用方便, 适应性强, 性能可靠稳定, 目前是我国及美国、英国等许多国家作为烟气流速的标准测量方法。几种便携式烟气流速测量仪特征, 各测量标准相对仪器的使用情况见表 1^[3 12]。

测定烟气流速时, 为确保流速在采样平面上均匀分布, 保证最终测得结果尽可能接近真实值, 各国都对选择采样位置作了规定, 见表 2。

由表 2 可见, 各国对采样位置上、下游直烟道长度的规定不尽相同, 美国标准中规定采样位置上游至少要有 8 倍直径的直烟道, 在标准中要求最长; ISO 和欧盟标准要求最短, 只需 5 倍直径。下游

表 1 烟气流速测量仪器

Table 1 Instruments for measurement of flue gas velocity

| 仪器名称 | 使用标准 | 特征 |
|-----------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 皮托管、斜管压力计 | 《ISO 10780-1994》《ISO 9096-2003》 《EN 13284-1-2001》 | 测量范围 4 m/s~60 m/s 准确度为 $\pm 3\%$, 抗尘好, 若非耐高温材料, 温度上限为 400 °C |
| 皮托管、数字压力计 | 《方法 1》《ASTM D 3154-00(2006)》 《GB/T 16157-1996》 | 测量范围 1.0 m/s~60 m/s 准确度为 $\pm 1.0\%$, 其余同皮托管、斜管压力计 |
| 热线(球)风速计 | 没有发布 | 测量范围 0.15 m/s~30 m/s 0.2 m/s~0.5 m/s 测量效果好, 准确度为 $\pm 2\%$, 抗尘能力差, 温度范围有限, 可能无法确定烟气流向 |
| 热膜式风速计 | 没有发布 | 抗尘能力良好, 其余同热线(球)风速计 |
| 翼形风速计 | 没有发布 | 测量范围 0.25 m/s~30 m/s 0.5 m/s~5 m/s 测量效果好, 准确度为 $\pm 1.0\%$, 抗尘良好, 温度范围有限, 在小烟道探头占空间位置会干扰测定 |

表 2 烟气流速采样位置选择

Table 2 Selection of location for flue gas velocity sampling

| 标准号 | 采样位置选择 |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 《ISO 10780-1994》 | 采样平面所在直烟道 ≥ 7 倍直径。根据直烟道部分的长度, 将采样平面放置在距离入口 5 倍直径的位置。如果采样平面临近气流出口, 采样平面必须距离烟道出口 5 倍直径(构造 10 倍直径直烟道) |
| 《ISO 9096-2003》 《EN 13284-1-2001》 | 采样平面需选择在形状和横截面积恒定的长直烟道上(最好为垂直烟道)。采样平面上、下游避免扰动和改变气流方向(如弯头、鼓风机或者污染治理设备的干扰)。当采样平面位于上游 ≥ 5 倍直径且下游 ≥ 2 倍直径(烟囱顶部 5 倍直径)的直烟道时, 采样平面气流符合规定要求 |
| 《方法 1》《ASTM D 3154-00(2006)》 | 采样位置应选择在距弯头、烟道扩大或缩小、可见火焰等流体扰动下游 ≥ 8 倍直径, 上游 ≥ 2 倍直径 |
| 《GB/T 16157-1996》 | 采样位置应优先选择在垂直管段。应避免烟道弯头和断面急剧变化的部位。采样位置应设置在距弯头、阀门、变径管下游方向 < 6 倍直径和距上述部分上游方向 < 3 倍直径处 |

直烟道的长度, 除我国规定需 3 倍直径外, 其余标准均只要求 2 倍直径; 但《ISO 10780-1994》标准还提到, 如果采样平面临近气流出口, 采样平面须距离烟道出口 5 倍直径。总之, 各国烟气流速测量的采样位置都要求选择在具有一定长度的直烟道上, 保证气体流速在采样平面上能够分布均匀。

《ISO 9096-2003》《EN 13284-1-2001》和《ASTM D 3154-00(2006)》在标准中还对采样平面气流作了具体要求。《ISO 9096-2003》和《EN 13284-1-2001》规定所有采样点开始测量需证明采样平面气流符合: ①气流同烟道轴间的角度 $< 15^\circ$; ②无局部回流; ③最小流速 $>$ 流速测量方法检测限(例如皮托管, 压差 > 5 Pa); ④最大流速: 最小流速 $< 3:1$ 。《ASTM D 3154-00(2006)》要求平面上采样速度需分布均匀, 例如测量流速中须有 80%~90% 测量数据 $>$ 最大速度的 10%, 如果少于 75% 的测量数据 $>$ 最大速度的 10%, 需改变采样位置。同时烟道气流应与采样平面呈直角, 在 \pm

10° 范围内。我国对于采样平面气流未作具体要求。

3.2 采样点位置

我国燃煤电厂的烟道多以矩形烟道为主, 故对各标准中矩形烟道采样点位置及采样点数目比较分析。

在矩形烟道条件下, 6 个标准选择采样点位置都基本相同, 即通过与烟道壁的平行线将矩形烟道分成等面积小块, 采样点位于每一小块中心。《ISO 10780-1994》《ISO 9096-2003》及《EN 13284-1-2001》有更为严格规定。通常矩形烟道两边划分数目相同, 以得到与烟道形状相同的小块。小块的数目由各边划分数决定(见图 1a)。采样平面边长分别为 l_1 和 l_2 , 如果 l_1 大于 l_2 且 $l_1/l_2 > 2$ 那么 l_1 划分的数目必须多于 l_2 , 从而使每一小块符合长边不超过短边长度两倍的标准(见图 1b)。

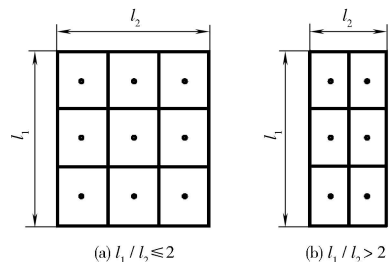


图 1 矩形烟道采样点位置说明

Fig 1 Illustrations of sampling positions in rectangular duct

各标准对采样点与烟道内壁的距离也作了相关规定。《ISO 10780-1994》中规定不能在距烟道内壁 2 cm 范围内设置采样点,使皮托管距离管道内壁 > 2 cm。《ISO 9096-2003》中规定当烟道直径 > 1.5 m 时,采样点不能放置在距烟道内壁采样线长度 3% 内,当烟道直径 < 1.5 m 时,距烟道内壁 5 cm 内不能设置采样点。《EN 13284-1-2001》规定采样点距烟道内壁需 > 采样线长度的 3% 或者 > 5 cm,操作时取其长度大者。《方法 1》中提及避免采样点接近烟道内壁,我国的标准和《ASTM D 3154-00(2006)》中对该问题无相关规定。

3.3 采样点数目

烟气流速测量所需最少采样点数根据采样平面的尺寸确定。通常随着烟道横截面积的增加,采样点数随之增加。

《ISO 10780-1994》最少采样点数的要求见表 3 《ISO 9096-2003》矩形烟道最少采样点数见表 4 《EN 13284-1-2001》矩形烟道最少采样点数见表 5 《ASTM D 3154-00(2006)》矩形烟道最少采样点数见表 6 《GB/T 16157-1996》矩(方)形烟道的分块和测点数见表 7。

表 3 横截面积 ≥ 0.07 m² 的矩形烟道最少采样点数

Table 3 Minimum number of sampling points for ≥ 0.07 m² cross sectional area of rectangular duct

| 采样平面面积 A /m ² | 侧边最少点数 n ¹ /个 | 最少采样点数 n /个 |
|--------------------------|--------------------------|-------------|
| 0.07~0.38 | 2 | 4 |
| 0.38~1.5 | 3 | 9 |
| > 1.5 | 4 | 16 |

当烟道当量直径介于 0.30 m~0.61 m 时,《方法 1》规定最少采样点数为 9,当烟道当量直径 > 0.61 m 时,最少采样点数为 12。

表 4 矩形烟道最少采样点数

Table 4 Minimum number of sampling points for rectangular duct

| 采样平面面积 A /m ² | 侧边最少点数 ^① n ¹ /个 | 最少采样点数 n /个 |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------|
| < 0.09 | | 1 ^② |
| 0.09~0.38 | 2 | 4 |
| 0.38~1.50 | 3 | 9 |
| > 1.50 | 4 | 16 |

①另一边的划分可能必要,例如当长边的长度 > 短边长度的两倍时;②仅使用一个测量点会增加误差,应使其大于该国际标准规定值。

表 5 矩形烟道最少采样点数

Table 5 Minimum number of sampling points for rectangular duct

| 采样平面面积 A /m ² | 侧边最少点数 ^① n ¹ /个 | 最少采样点数 n /个 |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| < 0.1 | | 1 ^② |
| 0.1~1.0 | 2 | 4 |
| 1.1~2.0 | 3 | 9 |
| > 2.0 | ≥ 3 | 最少 12 每平方米 4 个 ^③ |

①也可另一边进行划分,例如长边的长度 > 短边两倍时;②使用单点测量可能会产生比该标准规定大的误差;③对于大型烟道,通常 20 个采样点足够。

表 6 矩形烟道最少测量点数

Table 6 Minimum number of measurement for rectangular duct

| 采样平面面积 A /m ² | 测量数 n /个 |
|--------------------------|----------|
| < 0.2 | 4 |
| 0.2~2.3 | 12 |
| > 2.3 | 20 |

我国标准规定测点数原则上不超过 20 个。当烟道断面面积 < 0.1 m², 流速分布比较均匀、对称并符合采样位置要求的,可取断面中心作为测点。

表 7 矩(方)形烟道的分块和测点数

Table 7 Partition and number of sampling points for rectangular (square) duct

| 烟道断面面积 A /m ² | 等面积小块长边长度 l /m | 测点总数 n /个 |
|--------------------------|----------------|-----------|
| < 0.1 | < 0.32 | 1 |
| 0.1~0.5 | < 0.35 | 1~4 |
| 0.5~1.0 | < 0.50 | 4~6 |
| 1.0~4.0 | < 0.67 | 6~9 |
| 4.0~9.0 | < 0.75 | 9~16 |
| > 9.0 | ≤ 1.0 | ≤ 20 |

由表 3—表 7 可见, 各国标准规定的采样点数均不相同, 各国根据实践经验依烟道大小设定点数。但该点原则共同点为当采样面积大到一定程度时, 采样点数均不超过 20 个, 欧盟认为对大型烟道, 20 个采样点就足够了, 我国规定采样点数原则上不超过 20 个。

表 3—表 7 所规定的最少采样点数均要求采样位置满足各国标准的要求。对于不能满足标准要求的采样位置, 各国增加采样点数, 其中美国标准对于增加的采样点数作了具体说明。《ASTM D 3154-00(2006)》中规定, 当采样位置距离任何流体扰动下游 < 8 倍直径, 上游 < 2 倍直径, 需增加采样点数。当只有 4 倍 ~ 6 倍直径的直烟道可利用时, 需使用两倍的采样点数。采样位置距离任何流体扰动下游 < 4 倍直径属于特殊案例, 每一案例根据自身特点确定。当采样位置距离任何流体扰动下游 < 2 倍直径, 皮托管测量无法满足精度, 需寻找其他烟气测量方法。《方法 1》中规定采样位置若无法满足 8 倍和 2 倍直径标准时, 最少采样点数见图 2 图 3。

烟气流速测量中, 烟气中均含有一定量的颗粒物, 图 2 较适用于烟气流速测量。考虑到我国许多测试现场的空间位置受限, 《固定源废气监测技术规范》(H J/T 397-2007) 中提到可以选择适宜的管段采样, 但采样断面与弯头等距离至少是烟道直径的 1.5 倍, 并应适当增加测点的数量和采样频次, 对于具体需要增加的测点数, 标准未作明确规定。

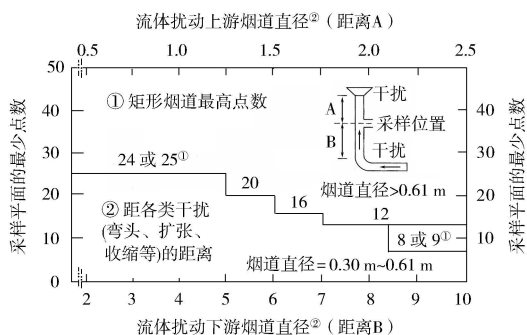


图 2 颗粒物采样平面的最少点数

Fig 2 Minimum number of traverse points for particulate traverses

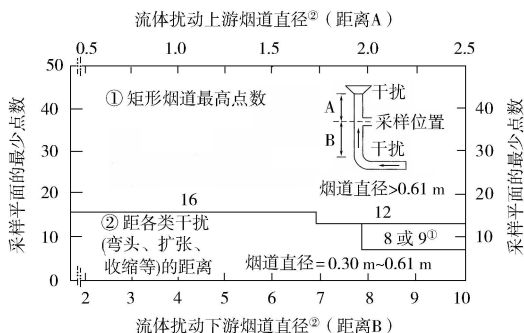


图 3 速度测量 (非颗粒物) 采样平面的最少点数

Fig 3 Minimum number of traverse points for velocity (nonparticulate) traverses

4 建议

通过国内外各相关标准的比较, 针对我国现场烟气流速测量的实际情况, 修订《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157-1996) 标准。

随着机组容量和烟道尺寸不断增大, 烟道的横截面积大多超过 20 m^2 , 我国标准中规定当烟道断面 $> 9.0 \text{ m}^2$ 时, 等面积小块长边长度 $\leq 1.0 \text{ m}$, 测点总数 ≤ 20 已不适应现实状况, 急需修订。

我国许多现场测试空间受限, 许多烟道流速的采样位置难以满足《GB/T 16157-1996》的要求, 可以借鉴美国标准, 对处于不同长度直烟道采样平面的采样点数作具体规定, 便于现场测试应用。同时, 我国还有许多烟道流速测量的采样位置根本无法满足《H J/T 397-2007》中采样断面与弯头等的距离至少为烟道直径 1.5 倍的要求, 需要提出规范可行的修正办法, 以指导当前现场烟气流速测量工作。

【参考文献】

[1] 常卫民, 刘宁错, 沈建康. 火电厂烟气自动化监测系统的比对监测 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 41-44.
 [2] 董文彬, 朱林, 朱法华. 火电厂烟气脱硝容量的合理性探讨 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(6): 40-43.
 [3] 《空气和废气监测分析方法指南》编委会. 空气和废气监测分析方法指南 [M]. 上册. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
 [4] ISO. ISO 10780-1994 Stationary source emissions Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts [S]. Geneva Switzerland: ISO, 1994.
 [5] ISO. ISO 12141-2002 Stationary source emissions Determination of mass concentration of particulate matter (dust) at low

- concentrations Manual gravimetric method [S]. Geneva Switzerland ISO, 2002.
- [6] ISO. ISO 9096- 2003 Stationary source emission Manual determination of mass concentration of particulate matter [S]. Geneva Switzerland ISO, 2003.
- [7] British Standard Institute. BS EN 13284- 1- 2002 Stationary source emission Determination of low range mass concentration of dust Part 1: Manual gravimetric method [S]. London: British Standard Institute 2005.
- [8] US Environmental Protection Agency. Method 1- Sample and velocity traverses for stationary sources 40CFR part 60 Appendix A [EB/OL]. [2010- 04- 12] <http://www.epa.gov/ttn/emc/pnmgate/m- 01.pdf>
- [9] ASIM. ASTM D3154- 00 (Reapproved 2006) Standard Test Method for Average Velocity in a Duct (Pitot Tube Method) [S]. New York us ASTM, 2006.
- [10] 国家环境保护局. GB/T 16157- 1996 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [11] 国家环境保护总局. H J/T 397- 2007 固定源废气监测技术规范 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [12] UK Environment Agency. Technical Guidance Note (Monitoring) M2, Monitoring of stack emissions to air [EB/OL]. [2010- 04- 12] <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO0110BRSI-E-E.pdf> 2008.

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2011 年《能源环境保护》

刊号: CN 33- 1264/X, ISSN 1006- 8759

《能源环境保护》杂志是由煤炭科学研究总院杭州环保研究院主管与主办的国内外公开发行的环保综合性科技期刊(2003年前名为《煤矿环境保护》)。1987年创刊,系中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录期刊,万方数据数字化期刊群及中国期刊网全文入网期刊,曾获全国环境期刊二等奖。杂志主要报道煤炭、电力、石油等能源行业水污染防治与资源化,大气污染防治,固体废物的处置和利用,噪声控制,土地复垦,节能技术及环境监测与评价,环境管理经验等。面向从事能源环保工作的科研、设计、教学、生产、管理等单位的专业技术与管理人才。《能源环境保护》杂志兼营广告业务,宣传报道环保及能源工业方面的新技术、新工艺、新产品、新设备,竭诚为广大客户服务。

双月刊,大 16K, 64 页,定价 9.50 元,全年订价 57 元(含邮费)。本刊自办发行,请订户直接向编辑部办理订阅手续。
 开户行: 工商银行萧山支行 账号: 1202090109008921574 户名: 煤炭科学研究总院杭州环保研究院
 地址: 浙江省杭州市萧山区拱秀路 288 号《能源环境保护》编辑部(汇款时请注明杂志订款、份数及收刊人详细通信地址)
 邮编: 311201 电话: 0571- 82724077 82731270 传真: 0571- 82723716 E-mail: nyhjbh@163.com

欢迎订阅 2011 年《农业环境与发展》

《农业环境与发展》创刊于 1984 年,农业部主管、农业部环境保护科研监测所与中国农业生态环境保护协会联合主办的国家级综合指导类科技期刊,为中国农业核心期刊。传播农业可持续发展新思想、新观点、新方略,倡导农业生产、农民生活、农村生态协调发展理念,多视角、多层次、多学科地反映食品安全与健康、资源开发与利用、环境污染与防治、农业清洁生产与农村循环经济等热点问题,直接面向农业、环保、食品、能源、卫生等领域的科研、教学、生产、管理、技术推广人员与大众读者。同时,《农业环境与发展》将在重要版面上宣传各地农业环境保护成就。欢迎刊登广告。

《农业环境与发展》为双月刊,大 16 开,96 页,逢双月 25 日出版,刊号 ISSN 1005- 4944, CN 12- 1233/S 全国发行,各地邮电局(所)均可订阅,邮发代号 6- 40 2011 年每册定价 12.00 元,全年 72.00 元。有漏订者可直接与编辑部联系订阅。本刊现有过刊合订本,需订购者请与本刊编辑部联系。

地址: 天津市南开区复康路 31 号 邮编: 300191 电话: 022- 23006206 传真: 022- 23006209 网址: www.aed.org.cn
 电子信箱: caed@vip.163.com