

- [4] Gill A L, Bell C N. Hyperbaric oxygen: its uses, mechanisms of action and outcomes [J]. *Q J Med* 2004 97: 385-395
- [5] Matsunami T, Sato Y, Sato T, et al. Antioxidant status and lipid peroxidation in diabetic rats under hyperbaric oxygen exposure [J]. *Physiol Res* 2010 59 (1): 97-104.
- [6] Ceger M, Oter S, Simkova V, et al. DNA damage after long-term repetitive hyperbaric oxygen exposure [J]. *J Appl Physiol* 2009 106 (1): 311-315.
- [7] Drechsel D A, Patel M. Role of reactive oxygen species in the neurotoxicity of environmental agents implicated in Parkinson's disease [J]. *Free Radic Biol Med* 2008 44 (11): 1873-1886.
- [8] Risberg B, Smith L, Ortenwall P. Oxygen radicals and lung injury [J]. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1991 95: 106-116.
- [9] Martin S B, Waniewski R A, Bataegoli G. Postmortem degradation of brain glutamate decarboxylase [J]. *Neurochem Int* 2003 42: 5492-5554
- [10] Huang K L, Wu J N, Lin H C. Prolonged exposure to hyperbaric oxygen induces neuronal damage in primary rat cortical cultures [J]. *Neuroscience Letters* 2000 293: 1592-1162.
- [11] Chen M L, Guo L, Smith L E, et al. High or low oxygen saturation and severe retinopathy of prematurity: a meta-analysis [J]. *Pediatrics* 2010 125 (6): 9483-1492
- [12] Cavalho C, Correia S C, Santos R X, et al. Role of mitochondrial mediated signaling pathways in Alzheimer disease and hypoxia [J]. *J Bioenerg Biomembr* 2009 41 (5): 433-440.
- [13] 刘玉伟, 赵金垣. 急性一氧化碳中毒与高压氧治疗 [J]. *工业卫生与职业病*, 2007, 33 (1): 60-64
- [14] Zheng R, Shi Y, Jia Z, et al. Fast repair of DNA radicals [J]. *Chem Soc Rev* 2010 39 (8): 2827-2834.

燃煤火力发电厂主要职业病危害因素控制技术进展

贾超云^{1,2} (综述), 陈永青¹, 胡伟江¹ (审校)

(1 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050; 2 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 燃煤火力发电厂在运行过程中产生粉尘、噪声、毒物等职业病危害因素, 而采用合理的控制技术, 可有效降低工作场所中职业病危害因素的浓度 (强度)。本文基于目前燃煤火力发电厂存在的职业危害控制现状, 综述控制该类生产企业中职业病危害因素的主要技术。

关键词: 燃煤火力发电厂; 职业病危害因素; 控制技术

中图分类号: R135 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-221X(2011)01-0037-04

Progress in control techniques for main occupational hazards in coal-fired power plants

JIA Chao-yun^{*}, CHEN Yong-qing, HU Wei-jiang

(*: National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstracts: It is well known that a lot of kinds of occupational hazards such as dust, noise, poison, etc. could be produced during the operational process of coal-fired power plants. Therefore, the control techniques should be adopted to effectively reduce the concentration or intensity of these hazards. In this paper, the key control techniques for the occupational hazards in such plants were well reviewed.

Key words: coal-fired power plant; occupational hazard; control technique

火力发电是将燃料 (煤、油、天然气等) 中的化学能转变成电能的一种生产工艺, 在全世界已广泛应用。我国的火力发电历史悠久, 第一个火电厂于 1882 年诞生在上海, 装机容量仅 12 kW^[1]。近年来, 我国的火力发电发展迅速, 至 2009 年底, 全国火电装机容量达 6.51 亿 kW, 但现阶段我国的能源结构以煤炭为主, 目前全国产煤量的 54% 以上用于火力发电厂发电^[2], 燃煤火力发电装机容量已达到 5.99 亿 kW, 约占火力发电装机总量的 92%。而燃煤火力发电厂在运行过

程中产生粉尘、噪声、毒物、高温等多种职业病危害因素, 且危害较为严重。针对该类企业的职业病危害特点, 许多学者开展了大量的控制技术研究。本文通过对大量相关文献及资料进行分析, 对燃煤火力发电厂的主要职业病危害因素的控制技术研究进展做一综述。

1 燃煤火力发电厂的生产工艺及主要设备

1.1 生产工艺

燃煤火力发电厂生产工序主要包括输煤系统、锅炉系统、热力系统、除灰渣系统、水处理系统、电气系统和其他辅助生产系统^[3,4]。其主要生产工艺过程为: 来煤经过制粉系统磨成煤粉后, 送入锅炉燃烧, 经化学处理的水被锅炉释放的热量加热后, 使之成为高温高压蒸气, 蒸气再推动汽轮机旋转并带动发电机产生电能, 从而将煤中贮存的化学能转换为热

收稿日期: 2010-12-06

作者简介: 贾超云 (1977-), 女, 公共卫生硕士在读, 研究方向: 职业卫生评价。

通讯作者: 陈永青, 硕士生导师, 研究员, 研究方向: 职业卫生评价。E-mail: CCDCYQ@yahoo.cn

能、机械能，最终转换为电能，再通过输电、配电装置送往用户。其中锅炉工艺主要包括两种：循环流化床工艺和燃煤凝汽式工艺^[5]，循环流化床锅炉机组自带脱硫装置，而燃煤凝汽式工艺需配有专门的脱硫系统^[3]。

1.2 主要设备^[3,6]

燃煤火力发电厂主要生产设备包括翻车机、带式输送机、破碎机、磨煤机、锅炉、各种风机、除尘器、汽轮机、发电机、变压器等。

2 职业病危害因素的产生环节及主要控制技术

燃煤火力发电厂在运行过程中存在的主要职业病危害因素有生产性粉尘（包括矽尘、煤尘、电焊烟尘、岩棉尘、石灰石和石膏粉尘等）、毒物（氨、一氧化碳、硫化氢、盐酸、氢氧化钠、二氧化硫、氮氧化物等）、物理因素（噪声、高温、工频电场等）^[4]。此外，有些电厂还存在联氨、硫酸、次氯酸钠、氯气、电离辐射等职业病危害因素。

2.1 粉尘

燃煤火力发电厂粉尘主要分布在输煤、锅炉、除灰和脱硫系统等^[4,7]。此外，电焊作业时产生电焊烟尘；锅炉维修时存在矽尘、岩棉尘等^[9]。为从源头控制尘肺病的发生，保护劳动者健康，各燃煤火电厂根据自身情况，均采取了相应的职业病防护措施。

输煤系统的粉尘治理，目前大多数燃煤火电厂在卸煤作业场所设置喷洒装置，在各转运站、皮带栈桥等处设置机械除尘，并设有水力清扫装置，落煤管设有缓冲设施，并在落煤口的煤槽出口处设挡煤帘（板），以防含尘气流外逸，但输煤系统的粉尘仍未得到有效控制^[8]。韩明禄^[9]等通过对某火电厂调查发现，若仅对皮带接头和贮煤仓溜槽处进行密封，容易形成正压而使粉尘从缝隙处溢出，但在密封装置内设置无动力减压自动加湿设施并设连通导流管，可保持微负压状态，使作业场所空气中粉尘平均浓度下降 58.7 mg/m³。而某些火电厂对输煤系统采用全封闭结构的同时，使用除尘风机抽出粉尘送至锅炉进行燃烧除尘，其除尘效果较明显^[10]。

锅炉系统根据其工艺的不同，粉尘的治理方式也不同。对于燃煤凝汽式锅炉工艺，在正常运行情况下为负压燃烧，工作场所空气中粉尘浓度的改变较循环流化床低，且工人巡检时间短，因此，其产生的职业病危害因素对作业人员的健康影响较小^[5]。而循环流化床锅炉炉膛燃烧为微正压燃烧，单纯使用密封措施，防尘效果并不十分理想，某火力发电厂粉尘检测超标率为 90%^[11]，因此，张诚^[10]、李奎荣^[11]等人经过调查发现，对于循环流化床锅炉燃烧系统的粉尘治理，在加强密闭的同时，还要采取除尘措施，可有效降低作业场所粉尘的浓度。

在除灰渣系统，有些电厂在灰库顶端设排气布袋除尘器进行除尘，对卸灰、下灰、装车的整个过程采用全封闭，且有密封罐车运出厂区，则作业场所粉尘的危害较小；在除渣系统中，对于干式排渣的电厂，除了对排渣口做好设备密闭外，还要求工人及时关闭渣门以减少粉尘外逸；而对于湿式排渣方式，若渣在渣仓内放置时间过长易造成水分蒸发，

及时洒水可防粉尘逸散^[12]。此外，贮灰场一般采取喷淋和碾压等措施防止扬尘^[13]，有些电厂同时采用“灰面覆水、灰场喷淋、道路洒水、装车苫盖”等措施来控制贮灰场的粉尘，抑尘效果较明显^[14]。

脱硫系统的除尘方式因脱硫方式的不同而不同。对于干法脱硫产生的烟气，通过旋风分离器到电除尘器后除去粉尘和灰粒，目前脱硫除尘技术如 RCFB、NID 等相继被广泛推广，除尘效率可达 99.9% 以上^[15]；而对于循环流化床烟气脱硫（半干法）的除尘，首先是烟气经预除尘器除尘，再经三电场电除尘器进一步除尘后，烟气经烟囱排出^[16]；石灰石/石膏湿法烟气脱硫系统除尘，首先由锅炉排放的高温烟气经除尘器除尘后进入脱硫系统，然后烟气中剩余的粉尘在脱硫系统的循环浆液中被洗涤^[17]。

燃煤火力发电厂需定期对设备进行检修，若设备在运行时出现故障，检修工需对其进行维修，有时可能一次性接触高浓度的混合性粉尘。因此，在检修前对设备进行充分的通风、除尘，锅炉检修还要对炉膛等进行降温，同时做好个人防护，再进行检修^[10]。

由于电焊作业产生电焊烟尘，若防护不当，作业人员可发生电焊工尘肺、中毒等，张诚^[10]、张海东^[12]等人建议，燃煤火电厂针对电焊工采用低锰焊条作业，并设置移动式局部通风装置等措施。

2.2 噪声

燃煤火力发电厂的噪声源主要分布在汽轮发电机、励磁机、送风机、引风机、磨煤机、碎煤机、空压机和各类泵站等作业场所^[3]，且噪声强度较大，合格率低，其平均噪声强度大于 95 dB(A)^[18]。目前，许多国家针对噪声采取了相应的防噪声措施，如美国国家职业安全与健康研究所提倡实施“操作、策略、研究和教育”四步措施来减低作业人员的噪声危害^[19]。而我国火电厂的生产设备相对落后，设备产生的噪声强度较高，为控制其噪声危害，采取的主要措施如下。

针对不同的高噪声设备，进行分类治理。如某燃煤火力发电厂在汽轮发电机、磨煤机等噪声源设隔声罩，风机使用隔音棉，送风机进气口及锅炉放空排气管设消声器等隔音、消声措施，使工作场所的噪声强度检测合格率达到 87.5%^[20]。马良庆^[6]等对某燃煤火力发电厂的检测结果也证实，锅炉排汽装置设消声器后，离排汽口 1 m 处噪声强度可降低 40 dB(A) 左右。除灰空压机房使用隔声门、密闭隔声窗，墙面及顶部设有离心玻璃棉板，进风口装设消声器等外隔、内吸以及消声的方法进行噪声治理，使车间正门外 1 m 处噪声强度可降低 25.6 dB(A)，降噪效果较显著^[21]。球磨机一般采用阻尼隔声套和隔声罩等措施降噪，其中用于减振的耐高温粘弹阻尼材料，可使设备噪声降低 8~10 dB(A)^[22]，有些火力发电企业用隔声屏代替隔声罩，使噪声下降 10~15 dB(A)，并将球磨机内的滚筒进行阻尼包裹，可降噪 8~12 dB(A)^[23]。此外，某电厂将氧化锌晶须增强阻尼涂料涂覆于隔声套外层钢板的内侧面，可使钢球磨机筒体实际降噪 24.5 dB(A)^[24]。

2.3 毒物

有毒物质主要为锅炉燃烧系统产生的有毒气体（一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等）^[3]和污水处理系统使用的化学品（氨、联胺、盐酸、氢氧化钠等）^[6]，另外，维修车间的电焊工序还产生有毒有害物质（锰尘、二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮等）^[4]。

锅炉燃烧产生有毒气体，尤其对于循环流化床锅炉而言，其燃烧过程为微正压运行，若密封状态良好，有毒气体通常不会外逸^[11]；燃煤凝汽式锅炉为负压运行，在正常运行情况下，同样保持良好的密闭状态，一般没有烟气泄漏现象的产生^[25]，但在放灰时或事故状态下，烟气可能泄漏，为避免对作业人员造成危害，某电厂除保证密闭状态外，还采用DCS控制系统进行自动化操作，操作人员在操作室内进行监控，同时工人在巡检、维修时佩戴有效的个人防护用品^[4]。

对于污水处理系统使用化学品的防治主要是采取自然通风和机械通风。一般在氨房、联胺房设置轴流风机进行通风排毒^[26]，有些电厂采用了自动成套加药装置，工人只是定期往氨水储罐中添加氨水时接触氨，接触时间短且佩戴防毒面具，对作业人员危害较小^[25]；化学水处理车间等处通常采用自然通风与机械通风相结合的方式，为防酸气泄漏，在酸罐处设有酸雾吸收器，在设备、管道密闭良好且采取有效防护措施的情况下，氨、氯化氢和氢氧化钠对人体的危害较小^[25]；蓄电池充电室设置机械排风装置等，且保持良好的通风，可降低硫酸对人体的危害^[4]。

2.4 其他物理因素

高温主要分布在锅炉、汽轮机、发电机、加热器及高温蒸汽管道等产生热源的作业点^[3 6]。对高温所采取的控制措施，通常是将设备和管道进行隔热、通风降温处理，以降低作业场所温度^[26]；通过提高自动化水平，使作业人员大部分时间在有空气调节系统的集中控制室或值班室内工作，可有效降低作业人员接触高温的时间^[27]。

高压输电设备可能产生工频超高压电场。为防治其危害，目前许多火电厂安装封闭式组合电器（GIS），对超高压电场具有较好的屏蔽作用^[28]。同时还要求工作人员远离辐射源和减少受照射时间^[27]。

综上所述，我国燃煤火力发电厂针对职业病危害因素（粉尘、噪声、毒物及其他物理因素等）所采取的控制技术较以往有很大改善，但有些企业对防护设施管理的落实到位，没有发挥其应有的防护效果，如某些火电厂尽管在控制职业病危害因素方面已使用比较先进的技术及设备（如除尘器、消声器等），但未设专人进行定期的维护与保养，只是在出现故障时或对全厂仪器设备进行统一整顿时进行维修，致使部分防护设施较长时间没有正常运行，同时，我国在许多燃煤火电厂设置的防护设施只是针对在生产正常运行时对作业人员的防护，而对电焊工及检修工的防护不够重视，某些专业人员在调查后提出^[10 12]，燃煤火电厂可借鉴铸造行业对电焊工采取的防护措施，加强对电焊工的防护；而检修工在进入密闭设备（如锅炉等）维修时，没有提前对其进行充足

的通风，职业病危害因素的浓度（强度）仍在职业接触限值以上，从而对维检修工造成危害。因此，针对燃煤火力发电厂的职业病危害因素的控制，除了要开发、研制比较先进的控制技术设施，同时，由于现有的生产工艺与技术原因，所采取的防护设施不能从根本上控制职业病危害因素，应加强职业卫生个体防护，以降低对作业人员健康的危害。

参考文献：

- [1] 杨勤明. 中国火电建设发展史（1）[J]. 电力建设, 2008 29 (1): 98-101
- [2] 李宇春, 孙春顺, 曹忠, 等. 电力工业中大气可吸入颗粒物污染及研究方法 [A]. 电力科技发展与节能——中国电机工程学会第九届青年学术会议论文集 [C]. 2006 167-171
- [3] 李晓岚. 拟建火力发电厂的职业病危害因素识别要点探讨 [J]. 职业卫生与病伤, 2006 21 (2): 92-93
- [4] 唐建祥. 某火力发电厂可能产生的职业病危险因素识别与分析 [J]. 山西医药杂志, 2007 36 (4): 297-298
- [5] 段小燕, 曾东. 火力发电厂建设项目职业病危害预评价的几点体会 [A]. 第九次全国劳动卫生与职业病学学术会议论文集 [C]. 2006 442-444
- [6] 马良庆, 程广超, 余善法. 燃煤火力发电厂职业病危害因素的识别 [J]. 环境与职业医学, 2005 22 (6): 562-563
- [7] 张晶, 雷清. 某新建火力发电厂职业卫生学调查与评价 [J]. 工业卫生与职业病, 2002 28 (1): 26-28
- [8] 张锐军, 王萍, 姜宇. 某火力发电厂存在的生产性粉尘现状及其治理 [J]. 职业与健康, 2009 25 (2): 130-132
- [9] 韩明禄, 刘蕊, 曲鹏, 等. 火力发电厂输煤系统尘源控制装置研制及效果评价 [J]. 工业卫生与职业病, 2007 33 (5): 299-300
- [10] 张诚, 信清华, 张海东. 燃煤火力发电厂作业场所粉尘识别与防护对策 [J]. 职业卫生与应急救援, 2009 27 (2): 97-99
- [11] 李奎荣, 余善法, 马良庆. 循环流化床锅炉发电厂职业病危害因素及其危害程度分析 [J]. 工业卫生与职业病, 2005 31 (5): 327-330
- [12] 张海东, 易继湖, 王瑞. 燃煤火力发电厂作业场所粉尘识别与防护对策 [A]. 第九次全国劳动卫生与职业病学学术会议论文集 [C]. 2006 298-300
- [13] 赵培. 燃煤电厂干式贮灰场的危险有害因素辨识 [J]. 电力安全技术, 2008 10 (12): 22-25
- [14] 谷裕. 大型火电厂灰场的扬尘治理 [J]. 粉煤灰综合利用, 2010 (1): 55-56
- [15] 师朝辉. 干法脱硫工艺技术在火力发电厂的应用分析 [A]. 2006年云南电力技术论坛优秀论文集 [C]. 2006 1-7
- [16] 柏学恭. 电力生产概论 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008 87
- [17] 肖万平. 湿法烟气脱硫技术在火力发电工业中的应用 [J]. 中国有色冶金, 2006 (5): 49-53
- [18] 徐雪松. 火电厂噪声特性分析及综合治理 [J]. 东北电力技术, 2005 26 (6): 33-35
- [19] Peter G Kovalchik, Rudy J Matetic, Adam K Smith, et al. Application of prevention through design for hearing loss in the mining industry [J]. Journal of Safety Research, 2008 39: 251-254
- [20] 刘之洋, 彭秀苗, 杨学山, 等. 青岛市某火力发电厂 2×135 MW 发电机组职业病危害因素调查 [J]. 预防医学论坛, 2005 11 (6): 687-689

(下转第 47 页)

准)。

2 结果

在光镜下, 与对照组相比, 低氟组和高氟组皮层 CCK阳性神经元数均明显降低 ($P < 0.01$), 低氟加锌组和高氟加锌组亦减少 ($P < 0.05$); 两两比较, 高氟加锌组较高氟组明显升高 ($P < 0.01$), 低氟加锌组较低氟组亦明显升高 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 各组大鼠海马各区 CCK阳性细胞数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数 (只)	阳性神经元数
对照组	6	81.75 ± 6.85
低氟组	6	71.80 ± 6.01**
低氟加锌组	6	78.20 ± 10.32*
高氟组	6	71.20 ± 8.36**
高氟加锌组	6	77.35 ± 8.62*

注: 与对照组比较, * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ 。

3 讨论

胆囊收缩素 (cholecystokinin CCK) 是脑内含量最丰富的神经肽之一, 皮层是中枢 CCK阳性神经元的高分布区。有实验发现, CCK_a受体缺乏大鼠的学习记忆能力明显降低, 焦虑反应则明显增强^[6], 但注射 CCK拮抗剂可明显抑制动物的学习记忆功能^[7], 可见, CCK是脑内参与学习记忆的关键物质之一。

氟是化学性质极活泼的元素, 机体摄入过量氟后, 氟可直接攻击氧, 干扰氧化代谢导致氧自由基增多。锌是金属酶的组成成分, 能与细胞膜上类脂质中的磷酸根和蛋白质中的巯基结合, 保护细胞膜的完整性, 从而阻止脂质过氧化及巯基氧化^[8]。锌在肠道及体内使结合态氟增加而离子态氟降低, 从而减少氟的吸收和减轻氟的毒性^[9]。另有报道^[10], 氟中毒能导致大脑皮层神经细胞 DNA损伤, 而锌对 DNA损伤的保护作用最重要的一点是, 作为 DNA聚合酶和 RNA聚合酶的必需成分, 锌能够稳定其结构, 在一定范围内有利于修复损伤^[11]。

本实验结果显示, 与对照组大鼠皮层 CCK阳性神经元数相比, 低氟组和高氟组皮层 CCK阳性神经元数均明显降低 ($P < 0.01$); 低氟加锌组和高氟加锌组亦减少 ($P < 0.01$);

而高氟加锌组较高氟组明显升高 ($P < 0.01$), 低氟加锌组较低氟组亦明显升高 ($P < 0.01$)。本实验为进一步证实牛磺酸锌对氟中毒的拮抗作用提供了一定的依据。

参考文献:

[1] Dauge V, Sebret A, Beslot F, et al. Behavioral profile of CCK₂ receptor deficient mice [J]. *Neuropsychopharmacology* 2001, 25 (5): 690-698.

[2] Hansen T V, Nielsen F C. Regulation of neuronal cholecystokinin gene transcription [J]. *Scand J Clin Lab Invest Suppl* 2001, 234: 61-67.

[3] 官志中, 杨沛施. 氟中毒大鼠血清和红细胞中脂质过氧化物水平及抗氧化物含量变化 [J]. *中国地方病学杂志*, 1990, 9 (1): 4-6.

[4] 姜恩敏, 韩国安. 锌和硒对镉诱导的大鼠体内脂质过氧化的拮抗作用研究 [J]. *山东医科大学学报*, 1994, 32 (2): 127-129.

[5] 边建朝, 威树梅, 叶平, 等. 慢性氟中毒大鼠氟、抗氧化酶变化及硒的影响 [J]. *营养学报*, 1997, 19 (1): 43-48.

[6] Li X L, Aou S, Horii T, et al. Spatial memory deficit and emotional abnormality in OLETF rats [J]. *Physiol Behav* 2002, 75 (1-2): 15-23.

[7] Benfeldt M C, Connolly K. Activation of CB₁ cannabinoid receptors in rat hippocampal slices inhibits potassium evoked cholecystokinin release: a possible mechanism contributing to the spatial memory defects produced by cannabinoids [J]. *Neurosci Lett* 2001, 301 (1): 69-72.

[8] 付可为, 刘晓雁, 汤端琦, 等. 氟对鸡胚软骨细胞毒性作用及锌拮抗作用的研究 [J]. *中国地方病防治杂志*, 1994, 9 (6): 324-325.

[9] 白雪涛, 包克光. 锌锰钼对大鼠小肠吸收的影响 [J]. *中国地方病学杂志*, 1996, 15 (4): 205-207.

[10] 陈军, 陈学敏. 氟致大鼠脑细胞 DNA损伤及硒锌对氟的拮抗作用研究 [J]. *中国公共卫生*, 2002, 18 (7): 774-775.

[11] Valee B L, Auld D S. Zinc coordination function and structure of zinc enzymes and other proteins [J]. *Biochemistry* 1990, 29: 5647-5659.

(上接第 39页)

[21] 陈新龙. 火力发电厂除灰空压机房噪声的治理 [J]. *四川电力技术*, 2005, 28 (2): 33-35.

[22] 杨虹, 夏明安, 康仕学, 等. 治理大型球磨机噪声的几种措施 [J]. *中国建材装备*, 2001, 21 (3): 26.

[23] 刘淑杰. 降低钢球磨机噪声的措施 [J]. *应用能源技术*, 2009, 4: 14-15.

[24] 陈荐, 符慧林, 宁佐阳, 等. 火力发电厂钢球磨机筒体噪声控制 [J]. *中国电力*, 2003, 36 (11): 82-84.

[25] 李树新, 李梅莉, 杨雪莹. 对火力发电厂职业病危害控制效果的研究 [A]. 第九次全国劳动卫生与职业病学学术会议论文集 [C]. 2006, 301-305.

[26] 李文森, 张晓灵, 陈东周, 等. 某新建电厂职业病危害评价类比法研究 [J]. *现代预防医学*, 2006, 33 (12): 2367-2369.

[27] 马良庆, 程广超. 燃煤火力发电厂的职业危害特点及防治对策 [J]. *职业与健康*, 2006, 22 (24): 2173-2175.

[28] 赵昕. 500 kV GIS封闭式组合电器安装 [J]. *科技创新导报*, 2007, 32: 81.