

火力发电与水力发电作业场所职业危害对比分析

Comparative analysis of occupational hazards in the workplaces between thermal power and hydropower plants

马龙彪，郑德湘，王辉伟，赵永志，何雪飞，解永泽

(吉林敦化抽水蓄能有限公司，吉林 敦化 133700)

摘要：为了解我国主要两大电源结构火力发电、水力发电的职业病危害状况，分别抽取 5 座单台机组容量为 300 MW，生产工艺相似的火电厂和水电厂进行职业卫生学调查，对职业病危害进行对比分析。结果表明两种类型的发电企业生产工艺差别较大，火力发电企业职业病危害因素种类、分布以及浓（强）度较水力发电严重。建议两种类型的发电企业应充分考虑职业病危害因素的特点，明确重点防护因素，强化职业卫生管理措施，提高防护水平。

关键词：火力发电；水力发电；职业卫生
中图分类号：R135 **文献标识码：**B
文章编号：1002-221X(2016)05-0383-02
DOI:10.13631/j.cnki.zgggyx.2016.05.025

火力发电和水力发电已成为我国最主要的两大电源结构，2014 年对我国全国口径发电设备容量进行的统计结果显示，水力发电为 9.15 万 kW，约占 67%；火力发电为 3.01 万 kW，约占 22%^[1]。鉴于上述两种发电形式的生产工艺、生产方式不同，为了解职业病危害因素种类、浓（强）度及分布特征差异，并为有针对性地开展职业病危害防护提供研究基础，分别选取 5 座火电厂和水电厂进行职业卫生调查与检测。

1 对象与方法

抽取 5 座单台机组容量为 300 MW，生产工艺相似的火电厂和水电厂，采用职业卫生学调查与检测的方法，对两种类型发电企业的生产工艺及职业病危害因素进行对比分析。

作业场所职业病危害因素检测及分析依据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》等标准规范。

相关数据应用 SPSS19.0 软件进行统计分析。接触噪声作业人员 8 h 等效声级超标率的比较采用 χ^2 检验，以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 生产工艺

火力发电是利用燃料燃烧产生的热能转换为动能以生产电能。常见燃料包括煤、石油、天然气等，国内燃煤机组容量约占火电机组容量的 92%^[2]，故一般所说火力发电厂即指燃煤火电厂。基本生产过程：燃煤经过破碎、筛分，经输煤系统输送至锅炉中燃烧，将燃料的化学能转变成热能，加热水生成蒸汽，蒸汽压力推动汽轮机旋转，热能转换成机械能，

然后汽轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能^[3]。

水力发电是将水能转化为电能，以水资源为基础，借助水力发电设施产生电能。水力发电的能量转换分为两个过程：水能转化为旋转机械能，旋转机械能转化为电能。其基本生产过程是利用河流、湖泊等位于高处具有势能的水，通过输水系统输送至厂房推动水轮机转动，水轮机带动发电机，机械能转化为电能，并输送至电网。火力发电与水力发电生产工艺对比见表 1。

表 1 火力发电与水力发电生产工艺对比分析

项目	火力发电	水力发电
原理	热能转化为电能 燃烧系统（输煤、锅炉、烟气处理等）	水能（势能）转化为电能 水库系统（上/下水库）
组成	汽水系统（汽轮机、凝汽器等） 电气系统（发电机、励磁系统、变电站等）	输水系统 地下厂房系统（水轮机、发电机） 电气系统（励磁系统、变电站等）
优点	建设周期短，场地要求小，不受季节和气候的影响	发电效率高，发电成本低，机组启动快，调节容易
缺点	后期运行成本高，污染大，对交通条件要求高	工程投资大、建设周期长，受自然条件制约

2.2 职业病危害因素

2.2.1 正常生产过程中产生的职业病危害因素 火力发电产生的主要职业病危害因素包括粉尘、噪声、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳等，以粉尘和噪声的危害较为严重；水力发电产生的主要职业病危害因素包括噪声、工频电磁场等，以噪声的危害较为严重。见表 2。

2.2.2 检维修及建设期产生的职业病危害因素 电焊作业可导致作业场所产生电焊烟尘，焊接过程中会产生电焊弧光；涂刷油漆或防腐材料过程中材料中的有机溶剂会释放至作业场所空气中，职业病危害因素的浓（强）度受作业频次、时长、场所空间环境的影响，一般来说因检维修作业引起的短期急性危害的风险较慢性危害风险大。

施工期两种类型的发电企业存在的职业病危害因素包括粉尘、电焊烟尘、电焊弧光、有机溶剂、噪声等，但由于水力发电企业施工中土石方和混凝土工程巨大，坝基和导流、引水隧洞开挖混凝土浇筑等施工过程都会产生大量的粉尘，且水电站的坝址多选择在岩层坚硬处，二氧化硅含量较高，更容易引起施工人员发生矽肺。

除此之外，火力发电与水力发电作业场所的气象条件亦存在显著差异。火力发电作业场所的主要不良气象条件为高温，锅炉（燃煤炉膛内燃烧）、烟气及热风系统、蒸汽系统等

收稿日期：2015-08-24；修回日期：2015-11-15
作者简介：马龙彪（1965—），男，高级工程师，主要从事水电工程建设、安全、职业卫生管理研究。

表 2 火力发电与水力发电作业场所职业病危害因素

职业病 危害因素	产生环节		主要分布	
	火力发电	水力发电	火力发电	水力发电
煤尘*	燃煤转运、破碎、筛分		输煤皮带、筛/碎煤机、磨煤机	
矽尘*	燃煤在锅炉内燃烧后形成矽尘，经锅炉及烟气系统扩散		锅炉平台、除尘器室、引风机室、灰库、渣仓	
噪声*	各类机电设备运转、燃煤下落撞击产生的机械性噪声；各类烟、气管道产生的空气动力性噪声	水轮机、水泵等机电设备运转产生机械性噪声；各种风机、空压机产生的空气动力性噪声	输煤皮带、筛/碎煤机、磨煤机、送/引风机、汽轮机、发电机、浆液循环泵	水轮机、蜗壳层、发电机风洞室、球阀等
CO*、NO*、NO ₂ *、SO ₂ *	燃煤燃烧过程产生		锅炉平台、除尘器室、引风机室、脱硫塔等	
盐酸、氢氧化钠、氨、胂	化学水处理过程添加上述物质，可通过计量泵等设备及管道扩散		酸/碱库、酸/碱计量泵、氨站等	
工频电场	机组发电和电力传输过程中产生		发电机、主变压器、高低压母线、开关站及出线场等	
六氟化硫及其分解产物	SF6 断路器及 GIS 等电气设备可能因泄漏挥发至作业场所		地面开关站、GIS 室等	
氨气	隧道和洞体内壁岩体表面可能会有氨气析出		发电机层、蜗壳层、主变洞等	

注：*，为作业场所浓(强)度较高、危害严重的因素。

设备产生高温和热辐射危害；水力发电由于地下厂房围岩渗水、引水系统的渗漏水等，地下厂房内湿度较大，作业人员体感温度较低。

2.3 职业病危害因素检测

火力发电厂作业场所粉尘以煤尘和矽尘为主，检测结果见表 3。火力和水力发电作业场所噪声强度频率分布见图 1。

表 3 火力发电作业场所粉尘检测结果

检测 场所	粉尘 性质	个体采样				定点采样			
		样品数	TWA (mg/m ³)	合格数	合格率 (%)	样品数	超限倍数	合格数	合格率 (%)
输煤系统	煤尘	75	0.28~6.13	61	81.3	300	1.2~16.7	168	56.0
锅炉系统	煤尘	60	0.22~4.98	49	81.7	180	0.9~8.3	109	60.6
	矽尘	60	0.14~1.34	52	86.7	150	1.1~9.8	104	69.3
除灰系统	矽尘	45	0.26~1.69	36	80.0	120	0.8~10.9	86	71.7

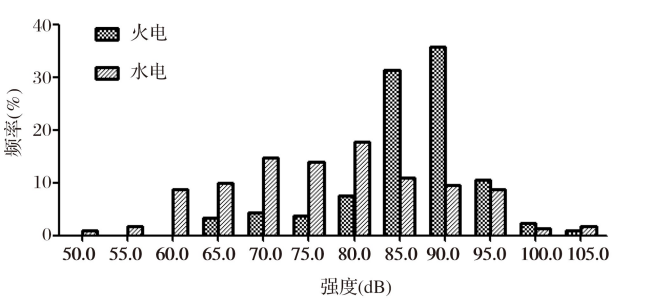


图 1 发电厂作业场所噪声强度频率分布

从两种类型发电企业中分别选取 50 名接触噪声作业人员进行 8 h 等效声级检测，水力发电作业环境噪声超标率(6%，3/50)低于火力发电(24%，12/50) ($\chi^2=6.353$, $P<0.05$)。

3 讨论

根据《职业病危害风险分类管理目录》(2012 年版)，火力发电(燃煤发电)职业病危害风险分类为严重项目，水力发电(其他电力生产)属于较重项目。火力发电产生的职业病危害因素较水力发电多、分布广，且接触人数多，以粉尘及噪声尤为突出。与火力发电企业相比，水力发电涉及地下厂房等受限空间，危害相对严重；施工期由于水力发电工程

量大，接触粉尘类型以矽尘为主。两种类型的发电企业自动化程度较高，生产运行中作业人员多数时间在控制室从事视屏监视和远程操作，定期按照规定路线现场巡检，因此虽然部分作业场所职业病危害因素的浓(强)度较高，但是由于作业人员接触时间较短，时间加权接触浓度合格率相对较高。

目前国内大型火力发电和水力发电企业，对存在粉尘、噪声及毒物的作业场所设置卫生工程防护设施，但是在现有生产工艺水平下，仅依靠工程防护设施尚不能完全控制或消除作业场所的职业病危害，部分作业场所的职业病危害因素浓(强)度超标严重。企业应不断改进生产工艺，做好对防护设施的维护和管理，同时明确职业卫生工作的关键控制点，加强作业人员个体防护措施的管理。

参考文献：

[1] 国家能源局. 国家能源局发布 2014 年全社会用电量 [EB/OL]. http://www.nea.gov.cn/2015-01/16/c_133923477.htm

[2] 李元实. 我国火电行业环境评估报告 [J]. 环境保护, 2013, 24: 48-51.

[3] 贾超云, 陈永青, 胡伟江. 燃煤火力发电厂主要职业病危害因素控制技术进展 [J]. 中国工业医学杂志, 2011, 24 (1): 37-39.