

# 东江中游水质时空分异特征及影响因素研究

张苒

(广东省环境监测中心, 广东 广州 510280)

**摘要:** 运用多元统计方法, 对东江中游水质自动站(河源临江站和惠州剑潭站) 2009—2012 年水质监测数据进行时空分异特征及影响因素研究。结果表明: 水站水质在 I 类 ~ III 类之间; 空间特征差异为 T 与 TB 差异不显著, pH 值、EC、DO、 $I_{Mn}$ 、 $NH_3-N$  及 TP 均存在极显著差异; 水期特征差异为河源临江站除 DO 各水期差异显著外, 其他指标差异不明显, 惠州剑潭站 pH 值、EC、 $I_{Mn}$  与 TP 各水期均呈显著差异,  $NH_3-N$  水期差异不显著。Pearson 相关性分析表明, T 是制约河源临江站水体 DO 的主要相关因子, 营养盐作用相对较低; 惠州剑潭站水体 DO 与 T、TP 及  $I_{Mn}$  呈极显著负相关关系。通过因子分析, 识别出影响惠州剑潭水质的主因子, 量化了水体理化性质、地表径流及人为污染对水质变化的贡献。

**关键词:** 时空分异; 水质; 自动监测; 东江

中图分类号: X824

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2014)03-0030-05

## Spatial Temporal Variation and Influential Factors Analysis of Middle Dongjiang River

ZHANG Ran

(Guangdong Environmental Monitoring Center, Guangzhou, Guangdong 510280, China)

**Abstract:** Based on data collected by water quality auto-monitoring stations (Heyuan Linjiang and Huizhou Jiantan stations) located at the middle section of Dongjiang river from 2009—2012, the spatial and temporal variation and influential factors were evaluated by multi-variate statistical models. The results reveal that water quality of both stations has been maintained between I ~ III level for the last few years. Spatial temperature and turbidity differences are insignificant while pH, EC, DO,  $I_{Mn}$ ,  $NH_3-N$  and TP show a significant difference. Pollutants concentration differences of Heyuan linjiang station were temporally in-significant except for DO. Differences at Huizhou jiantan station are temporally significant except for  $NH_3-N$ . Through Pearson correlation analysis, water temperature is closely related to DO but not with entropic species. DO at Huizhou Jiantan station is intimately related to water temperature, TP and  $I_{Mn}$ . Finally, through factor analysis, three major factors are extracted to reflect water physical-chemical characteristics, surface runoff and human effects on water quality.

**Key words:** Temporal and spatial variation; Water quality; Automatic monitoring; Dongjiang river

水质自动监测技术于 20 世纪 70 年代发展起来。我国于 20 世纪 90 年代开始引进水质自动监测技术对河流、湖泊等地表水开展在线自动监测, 监测参数主要为水温(T)、pH 值、溶解氧(DO)、浊度(TB)、电导率(EC)、高锰酸盐指数( $I_{Mn}$ )、氨氮( $NH_3-N$ )、总磷(TP)和总氮(TN)等。长期以来, 水质分异特征研究大多基于单次调查或频次较低的常规监测<sup>[1-4]</sup>, 以长时间高密度的连续自动监测数据为基础的水质特征研究还相对较少。今以东

江干流中游 2 个水质自动监测站近 4 年来监测数据, 运用多元统计方法对水质时空分布特征、指标相关性及影响因素展开深入分析, 为探讨东江水质分化特点、污染来源及深化东江水质预警监测体系建设提供理论依据。

收稿日期: 2014-01-27; 修订日期: 2014-03-24

作者简介: 张苒(1962—), 女, 河南平顶山人, 高级工程师, 大专, 从事环境监测工作。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域

东江是广东省 4 大水系之一,位于珠江三角洲东翼,发源于江西省寻乌县桎髻钵山,源区包括寻乌、安远、定南 3 县,上游称寻乌水,在广东省的龙川县与安远水汇合后称东江。东江自东北向西南流入广东省境内,经龙川、河源、紫金、惠阳、博罗、东莞等县市注入狮子洋,干流全长 562 km,其中在广东省境内长 435 km,总落差 839 m,平均坡降 0.35‰,流域总面积 35 340 km<sup>2</sup>。目前,广东省在东江流域共建有省控水质自动监测站 5 个,其中干流站 4 个,分别为省界站河源龙川新村站、中游站河源临江站、惠州剑潭站及下游站东莞桥头站;支流建有西湖村站。

### 1.2 数据来源与研究方法

水质数据为东江干流中游河源临江站与惠州剑潭站 2009—2012 年的自动监测数据。监测项目包括:水质 5 参数(pH 值、DO、EC、T、TB)、I<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N 和 TP。水质 5 参数采用哈希公司探头式传感仪实时监测,I<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 分别采用湖南力合科技有限公司生产的 LFKM-2001、LFNH-DW 2001、LFTP-W 2001 型在线监测设备分析。水站

每 2 h 采样监测 1 次,数据以 GPRS 方式上传至监控系统平台,具有较强的连续性和时效性。水文数据以东江流域管理局网站公布的东江临江、平山站水文数据为基础。研究方法主要采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 求解水质各统计特征值,并进行 Pearson 相关性分析及因子分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 空间分异特征

河源临江站与惠州剑潭站 2009—2012 年监测数据月均值统计结果见表 1。由表 1 可知,河源临江至惠州剑潭段水体水质在 I 类~III 类水平间,上游河源临江站水质优于下游惠州剑潭站。从上下游空间差异分析,除 T(ANOVA,  $F = 0.41$ ,  $P > 0.05$ )与 TB(ANOVA,  $F = 3.23$ ,  $P > 0.05$ )差异不显著外,其他指标均存在极显著差异(ANOVA,  $P < 0.01$ )。其中,NH<sub>3</sub>-N 空间变化最大, $F$  值达 260.6;TP 次之, $F$  值为 97.0。说明东江干流在流经惠阳市区后,水体纳污负荷增加,营养指标呈上升趋势;EC 变化情况亦反映出水体离子总量呈上升趋势, $F$  值达 71.5。

表 1 2009—2012 年东江干流 2 个水质自动监测站月均值与方差分析( $N = 48$ )

Table 1 Two water quality auto-monitoring stations monthly averaged data from 2009 to 2012( $N = 48$ )

监测项目	河源临江	惠州剑潭	One way ANOVA $F$ 值及显著性水平
T $\theta/^\circ\text{C}$	22.1 $\pm$ 4.4	22.8 $\pm$ 5.0	0.41 $\rho$ .53
pH 值	6.84 $\pm$ 0.16	6.56 $\pm$ 0.27	38.1 $\rho$
DO $\rho/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	7.82 $\pm$ 0.83	6.76 $\pm$ 1.01	3.23 $\rho$
EC $\kappa/(\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1})$	105 $\pm$ 24	145 $\pm$ 21	71.5 $\rho$
TB/NTU	20 $\pm$ 19	28 $\pm$ 23	3.23 $\rho$ .075
I <sub>Mn</sub> $\rho/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	1.8 $\pm$ 0.3 <sup>①</sup>	2.2 $\pm$ 0.6	20.5 $\rho$
NH <sub>3</sub> -N $\rho/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.17 $\pm$ 0.04	0.53 $\pm$ 0.14	260.6 $\rho$
TP $\rho/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.033 $\pm$ 0.010 <sup>①</sup>	0.073 $\pm$ 0.026	97.0 $\rho$

①指标样本量  $N = 46$ 。

### 2.2 水期分异特征

2009—2012 年东江干流流量(Discharge)统计结果显示,东江径流量主要集中在 5—8 月丰水期,11—2 月枯水期流量最低,平水期主要为每年 3—4 月和 9—10 月。河源临江站与惠州剑潭站在各水期水质监测结果见图 1(a)(b)(c)(d)(e)(f)(g)。由图 1 可见,上游河源临江站 pH 值、DO 水平均高于下游惠州剑潭站,EC、TB、I<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N 与 TP 指标则相对下游较低。

采用双因素方差分析法(Two-way ANOVA),评价水期对水质影响。评价前先采用 Levene's 法对方差进行检验,通过后采用 LSD 法对不同水期各水质指标比较分析。结果表明,河源临江站 DO 各水期差异显著( $P < 0.01$ ),其他指标差异不明显;惠州剑潭站 pH 值、EC、I<sub>Mn</sub>、TP 各水期均呈显著差异,NH<sub>3</sub>-N 差异不显著,DO 与 TB 由于未通过 Levene's 检验( $P > 0.05$ ),暂未进行比较。

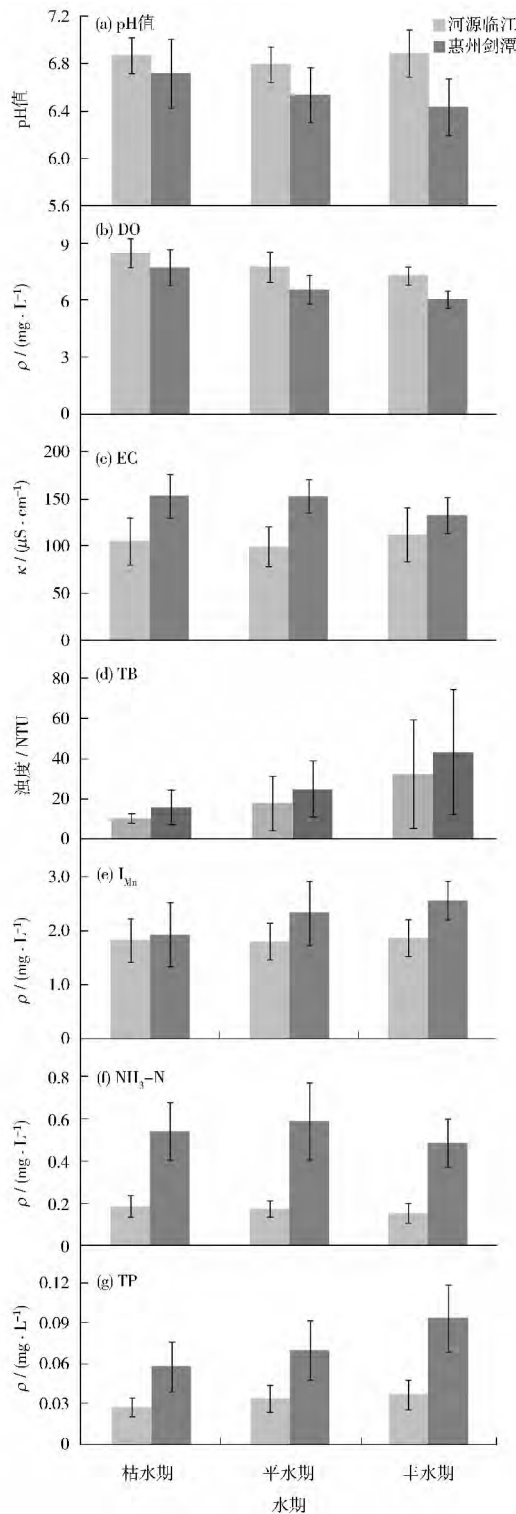


图 1 河源临江站与惠州剑潭站各水期水质指标值  
 Fig. 1 Species concentration of Heyuan linjiang and Huizhou Jiantan stations in seasons

2.3 水质相关分析

河源临江站与惠州剑潭站各水质监测指标间

Pearson 相关性分析见表 2—表 3。由表 2 可见,上游河源临江站水体主要呈现为天然水质特点,人为排放源影响尚不显著。从水体 DO 的影响因素中发现, T 是最主要的影响因子(  $-0.76, P < 0.01$  ), 水体中  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 及  $\text{I}_{\text{Mn}}$  与 DO 的相关性较弱, 显著水平也相对较低。由表 3 可见, 下游剑潭站监测结果明显反映出水体纳污量增加后水质的变化情况。除 pH 值外, 水体 DO 与 T(  $-0.83, P < 0.01$  )、TP(  $-0.64, P < 0.01$  )、 $\text{I}_{\text{Mn}}$ (  $-0.60, P < 0.01$  ) 呈极显著负相关关系, 同时水体 EC 上升也与  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度增加有密切关系(  $0.60, P < 0.01$  )。

水文水质相关性分析结果表明, 径流过程对水体 TB 影响最为明显, 两站相关系数分别达到 0.88 和 0.86(  $P < 0.01$  ), 由于面源及径流冲刷引起的底泥再悬浮过程, 使得大量吸附态磷进入水体, 导致 TP 浓度相应升高。这在剑潭站体现得更为明显(  $0.51, P < 0.01$  )。

2.4 东江中游水质影响因素与贡献分析

东江水质时空分布研究发现, 剑潭站较临江站水质下降。为判断影响水质主要因子, 对监测指标集进行降维凝炼, 提取具有主要影响的综合指标<sup>[5-6]</sup>。

采用因子分析法, 对惠州剑潭站多年水质数据进行方差分析。提取前先对数据进行 Kaiser-Meyer-Olkin 因子间相关性检验, 采用主成分法提取主因子。因子分析结果见表 4。识别出 3 个主因子, 特征值均大于 1, 累积方差贡献率达 80.4%。第一个主因子( VF1 )的方差贡献率为 32.9%, 与 T 呈强正相关关系, 与水体 pH 值和 DO 呈强负相关关系。可见 VF1 主要代表天然河流的基本理化特征<sup>[7]</sup>。T、pH 值以及 DO 高低对水体污染物的降解、微生物或藻类的繁殖起到重要作用<sup>[8-10]</sup>。第二个主因子( VF2 )方差贡献率为 26.6%, 与流量和 TB 呈强正相关关系, 说明 VF2 主要反映地表径流对水质的影响。水质监测结果可见, 水体 TB 高值主要集中在每年丰水期。尤其在暴雨径流时期, 地表侵蚀与河道冲刷强度剧增, 更易形成年内峰值。此外, TP 与 VF1 和 VF2 均呈现中度正相关, 说明剑潭站的 TP 浓度既受河流自身理化性质影响, 也受区间降雨导致的农业面源污染影响<sup>[11-12]</sup>。第三个主因子( VF3 )方差贡献率为 20.9%, 与水体 EC 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  呈强正相关关系, 反映出城市污水影响<sup>[12-13]</sup>。由于剑潭站位于东江干流惠州段下

表 2 河源临江站各水质监测指标间 Pearson 相关系数

Table 2 Species Pearson inter-correlation results of Heyuan Linjiang station

水质指标	T	pH 值	DO	EC	TB	I <sub>Mn</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	Discharge
T	1								
pH 值	0	1							
DO	-0.76 <sup>①</sup>	-0.03	1						
EC	0.18	-0.22	-0.11	1					
TB	0.32 <sup>②</sup>	0.29 <sup>②</sup>	-0.28	-0.24	1				
I <sub>Mn</sub>	0.02	-0.01	-0.19	-0.47 <sup>②</sup>	0.10	1			
NH <sub>3</sub> -N	-0.39 <sup>①</sup>	-0.17	0.16	-0.27	-0.31 <sup>②</sup>	0.43 <sup>②</sup>	1		
TP	0.21	-0.14	-0.33 <sup>②</sup>	0.06	0.43 <sup>①</sup>	0.08	0.19	1	
Discharge	0.27	0.24	-0.28	-0.24	0.88 <sup>①</sup>	0.27	-0.15	0.32 <sup>②</sup>	1

①表示  $P < 0.01$  (2-tailed); ②表示  $P < 0.05$ 。

表 3 惠州剑潭站各水质监测指标间 Pearson 相关系数

Table 3 Species Pearson inter-correlation results of Huizhou Jiantan station

水质指标	T	pH 值	DO	EC	TB	I <sub>Mn</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	Discharge
T	1								
pH 值	-0.45 <sup>①</sup>	1							
DO	-0.83 <sup>①</sup>	0.60 <sup>①</sup>	1						
EC	-0.35 <sup>②</sup>	-0.17	0.22	1					
TB	0.31 <sup>②</sup>	-0.15	-0.39 <sup>①</sup>	-0.37 <sup>①</sup>	1				
I <sub>Mn</sub>	0.45 <sup>①</sup>	-0.43 <sup>①</sup>	-0.60 <sup>①</sup>	-0.04	0.37 <sup>①</sup>	1			
NH <sub>3</sub> -N	-0.29 <sup>②</sup>	-0.08	0.10	0.60 <sup>①</sup>	-0.22	0.19	1		
TP	0.42 <sup>①</sup>	-0.52 <sup>①</sup>	-0.64 <sup>①</sup>	-0.21	0.65 <sup>①</sup>	0.65 <sup>①</sup>	0	1	
Discharge	0.24	0.01	-0.30 <sup>②</sup>	-0.43 <sup>①</sup>	0.86 <sup>①</sup>	0.28	-0.29	0.51 <sup>①</sup>	1

①表示  $P < 0.01$  (2-tailed); ②表示  $P < 0.05$ 。

游,承接了来自惠州市区的工业与生活污染负荷, NH<sub>3</sub>-N 浓度及水体离子总量较上游临江站均有显著上升趋势 ( $P < 0.01$ , ANOVA)。

表 4 惠州剑潭站最大方差正交旋转因子载荷矩阵

Table 4 Varimax rotated factor matrix for data of Huizhou Jiantan station

水质指标	旋转因子载荷值		
	VF1	VF2	VF3
T	0.80 <sup>①</sup>	0.06	-0.44
pH 值	-0.81 <sup>①</sup>	0.01	-0.19
DO	-0.89 <sup>①</sup>	-0.21	0.19
EC	-0.03	-0.31	0.81 <sup>①</sup>
TB	0.18	0.91 <sup>①</sup>	-0.19
I <sub>Mn</sub>	0.67	0.42	0.24
NH <sub>3</sub> -N	0.02	-0.05	0.89 <sup>①</sup>
TP	0.61	0.66	0.07
Discharge	0.03	0.90 <sup>①</sup>	-0.28
特征值	2.96	2.39	1.89
贡献率/%	32.9	26.6	20.9
累积贡献率/%	32.9	59.5	80.4

①表示强相关因子(载荷值 > 0.75)。

### 3 结论

基于东江干流中游 2 个水质自动监测站的水质监测结果,对河源至惠州段的水质时空变化特征及影响因素进行了分析研究。结果表明:①2009—2012 年间,东江干流中游段水质在 I 类~III 类之间,上游河源临江站水质优于下游惠州剑潭站。②空间变化上,两站 T 与 TB 差异不显著,pH 值、EC、DO、I<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N 及 TP 均存在极显著差异;水期变化上,河源临江站除 DO 差异显著外,其他指标水期差异不明显。而惠州剑潭站 pH 值、EC、I<sub>Mn</sub> 与 TP 各水期均呈显著差异,NH<sub>3</sub>-N 水期差异不显著。③相关分析表明,T 是制约河源临江站水体 DO 的主要相关因子,与营养盐浓度相关性较低;而惠州剑潭站,水体 DO 水平与 T、TP 及 I<sub>Mn</sub> 浓度呈极显著负相关关系。④通过因子分析,将剑潭站水质指标凝练为 3 个主因子,分别代表了理化性质、地表径流及人为污染指标。

[参考文献]

[1] 李文赞,李叙勇,王慧亮,等. 濠阳河主要水环境污染空间分布

- 特性研究[J]. 环境科学学报 2012, 32(11): 2814-2819.
- [2] 刘静, 路凤, 杨延钊, 等. 南四湖流域种植业面源污染氮磷源解析研究[J]. 环境科学 2012, 33(9): 3070-3075.
- [3] 王召唤, 张延荣. 喻家湖水质时空分布特征和影响因素分析[J]. 环境监测管理与技术 2013, 25(2): 16-20, 66.
- [4] 巴桑, 秦洁, 马正学. 刘家峡水库藻类群落特征与水质的关系[J]. 环境监测管理与技术 2012, 24(6): 29-34.
- [5] 方晓波, 骆林平, 李松, 等. 钱塘江兰溪段地表水质季节变化特征及源解析[J]. 环境科学学报 2013, 33(7): 1980-1988.
- [6] 王书航, 姜霞, 金相灿. 巢湖入湖河流分类及污染特征分析[J]. 环境科学 2011, 32(10): 2834-2839.
- [7] WAN J, BU H M, ZHANG Y, et al. Classification of rivers based on water quality assessment using factor analysis in Taizi River basin, northeast China [J]. Environmental Earth Sciences 2013, 69(3): 909-919.
- [8] GUHR H, SPOTT D, BORMKI M, et al. The effects of nutrient concentrations in the River Elbe [J]. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 2003, 31(4-5): 282-296.
- [9] BABOROWSKI M, BUTTNER O, EINAX J W. Assessment of water quality in the Elbe River at low water conditions based on factor analysis [J]. Clean Soil Air, Water 2011, 39(5): 437-443.
- [10] 郑丙辉, 张佳磊, 王丽婧, 等. 大宁河水华敏感期浮游植物与环境因子关系[J]. 环境科学 2011, 32(3): 641-648.
- [11] BU H, TAN X, LI S, et al. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts, China [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety 2010(73): 907-913.
- [12] VAROL M, GÖKOT B, BEKLEYEN A, et al. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey [J]. Catena 2012(92): 11-21.
- [13] WANG X Z, CAI Q H, YE L, et al. Evaluation of spatial and temporal variation in stream water quality by multivariate statistical techniques: A case study of the Xiangxi River basin, China [J]. Quaternary International 2012(282): 137-144.

(上接第6页)

纳入前期规划。对于不能同时满足电磁辐射达标排放和主瓣方向保护距离要求的,一律不得建设。环保主管部门应加强全过程监管,督促通信运营商切实采取措施,确保各项措施落实到位。对于公众反应比较突出的电磁辐射问题应引起高度重视,及时处置。

(3) 切实保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权。环保主管部门应严格按照《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》中提出的对建设项目公开范围、公开方式、公开期限和公开内容的要求,确保将信息公开落到实处。加大公众参与力度,主动接受公众监督,在基站建设和运营中可邀请公众代表现场监督,将公众意见作为建设项目可行性评判的主要依据。

(4) 加大宣传力度,正确引导公众舆论。由于电磁辐射人体无法直接感知,容易造成公众对电磁辐射的担忧。为此,可结合开展“实验室开放日”等活动,邀请公众现场参观体验,对移动通信基站与手机等日用电器的电磁辐射进行现场测试、比

较,讲解基站等电磁辐射来源及衰减规律,消除公众易无限放大电磁辐射危害的恐慌心理。同时,可在新闻媒体作专题报道,普及相关知识,充分发挥媒体的正确导向作用。此外,还可组织开展专项研究,对公众关心的电磁辐射问题采取科学严谨的态度,以科学的监测数据为基础,说清辐射环境质量状况及其变化趋势,澄清各种误解。

#### [参考文献]

- [1] 韦庆, 潘葳. 城市移动通信基站电磁辐射环境调查与评价[J]. 环境监测管理与技术 2012, 24(4): 33-36.
- [2] 骆娉娉, 胡晨剑, 徐冰锋, 等. 浙江省电磁辐射项目环境信访原因及对策研究[J]. 环境科学与管理 2012, 37(6): 37-40.
- [3] 张金帆, 黄恒, 郭键锋. 通信基站电磁辐射信访的情况分析和处理对策——以深圳市为例[J]. 环境保护科学 2013(1): 55-57.
- [4] 王东东, 徐洁. 电磁辐射污染投诉原因分析及解决办法探讨[J]. 中国环境管理 2012(2): 48-52.
- [5] 周杨. 220 kV 高压输电线电磁辐射水平及防护距离预测[J]. 环境监测管理与技术 2007, 19(3): 46-48.

本栏目责任编辑 陈宝琳 姚朝英

#### • 简讯 •

### 《清洁空气研究计划》2014年度项目启动

为应对近年来我国多地接连出现的以大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)为特征污染物的灰霾天气,贯彻落实国务院《大气污染防治行动计划》,加强大气污染防治工作的科学性和针对性,日前,环境保护部启动实施《清洁空气研究计划》2014年度项目,重点围绕细颗粒物和挥发性有机物排放源清单构建、颗粒物监测与来源解析、人群健康影响评估、移动源控制以及重点区域空气质量改善等方面安排部署了25个项目,为大气污染防治提供必要的科技支撑。对京津冀、长三角、珠三角和中原经济区等重点区域大气污染防治中的关键科学问题开展研究,支撑地方大气污染防治行动计划的实施。

摘自 www.jshb.gov.cn 2014-05-16