

建筑工地大气降尘与总悬浮颗粒物相关性研究

田刚, 李建民, 李钢, 黄玉虎*, 闫宝林

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要:通过统计大量实测数据,对北京市建筑工地施工扬尘大气污染指标 DF 与 TSP 的相关性进行了研究.结果表明,建筑施工扬尘所产生的 DF 与 TSP 有较好的线性关系,建筑工地边界处 DF 与 TSP 的关系可以用 $c_{TSP} = 11.6 \times c_{DF}$ 表示.监测点与污染源的距离对相关系数影响较大,相关系数与距离成正比例;施工阶段对相关系数影响较小.

关键词:施工扬尘;降尘;总悬浮颗粒物

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)09-1941-03

Correlation Between Dust Fall and TSP from Construction Sites

TIAN Gang, LI Jian-min, LI Gang, HUANG Yu-hu, YAN Bao-lin

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

Abstract: This paper studied the correlation between dust fall and TSP from construction sites in Beijing by statistically analyzing a large number of field measurement data. The results show that there are better linear correlations between dust fall and TSP from construction fugitive dust, and the correlation between dust fall and TSP at construction sites' boundary can be expressed by the function: $c_{TSP} = 11.6 \times c_{DF}$. The distance between monitoring site and fugitive dust source performs a considerable influence on the correlation coefficients that is proportional to the distance. However, construction phases' influence is lesser.

Key words: construction fugitive dust; dust fall; TSP

降尘(DF)是指在空气环境条件下,靠重力作用自然沉降到地表的颗粒物^[1],它本身就是一项环境指标.在环境监测领域,很早就以 DF 作为工业粉尘的大气污染指标.采用 DF 监控无组织扬尘的活动水平,具有监测方法简单、直观性好、可以定量描述整个污染过程等优点,北京、上海、重庆等地曾经或正在采用降尘对施工或交通扬尘实施监控.但是降尘和人体健康的相关性不如总悬浮颗粒物(TSP)和可吸入颗粒物(PM₁₀),因此不同污染源产生的 DF 与 TSP 或 PM₁₀ 的相关性问题也就成为人们感兴趣的课题.

郇学军等^[2]研究发现在颗粒物构成相对稳定的同一地区,大气环境 TSP 和自然降尘的总体线性相关性显著;Goossens 等^[3]在长达 2 a 的沙漠风蚀扬尘野外监测研究中发现 DF 和 TSP 具有很好的相关性,可以通过 DF 粗略地估算 TSP 浓度;Cheryl^[4]研究施工扬尘污染发现 PM₁₀ 与 TSP 的排放因子具有很好的相关性.但是施工降尘与 TSP 或 PM₁₀ 相关性研究未见报道,本研究通过统计大量实测数据,对北京市建筑工地施工扬尘大气污染指标 DF 与 TSP 的相关性进行了分析,成果对制定合理的控制法规具有一定指导意义.

1 材料与方法

1.1 检测设备

TSP 采样采用 TSP-PM₁₀-II 型中流量颗粒物采样器(北京地质仪器厂生产).DF 采样集尘缸^[1],材质为 95 号玻璃.

1.2 检测和分析

TSP 参照文献[5]进行监测和数据分析,DF 参照文献[1]进行监测和数据分析.

1.3 试验

在施工工地内部或边界相同地点,对 DF 和 TSP 同时采样监测、同时取样分析,取样周期为 7 d.为保证样品的一致性,集尘缸的上沿口和 TSP 采样器的进气口保持相同高度.为了减少 TSP 采样膜的更换频次,通过时间继电器控制开机和关机以实现等时间间隔采样,具体做法是启动 1 min,间隔 5 min.

在奥体公寓工地边界附近设置高架多点采样装置,采样点高度分别为 3、6、9 m;在二汽工地内部设置高架多点采样装置,采样点高度分别为 3、5、7 m;在佳城广场、奥体公寓、远洋新干线、城市家园、五栋大楼和中国水科院共 6 个建筑工地围挡附近设置 3 m 高的监测点.试验时间为 2004-10 ~ 2006-02.

收稿日期: 2006-11-01; 修订日期: 2006-12-06

基金项目: 北京市科技计划项目(H030630540430)

作者简介: 田刚(1954 ~),男,博士,研究员,主要研究方向为无组织扬尘控制技术和工业废水控制技术, E-mail: tg-iep@vip.163.com

* 通讯联系人, E-mail: huangyuhu@sina.com

2 结果与分析

2.1 施工边界降尘与颗粒物相关性

通过初步分析,可以认为施工扬尘产生的 DF 与 TSP 呈线性关系:

$$c_{TSP} = K \times c_{DF} \tag{1}$$

式中, c_{TSP} 为工地区域内大气总悬浮颗粒物浓度,单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; c_{DF} 为工地区域内大气降尘浓度,单位 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$; K 为相关系数,单位 $30 \text{ d} \cdot (10^3 \text{ km})^{-1}$.

通过对佳城广场等 6 个建筑工地边界附近 3 m 高度处 DF 和 TSP 的监测,获得了 162 组数据,其相互关系如图 1 所示.线性回归的函数关系式为:

$$c_{TSP} = 11.6 \times c_{DF} \tag{2}$$

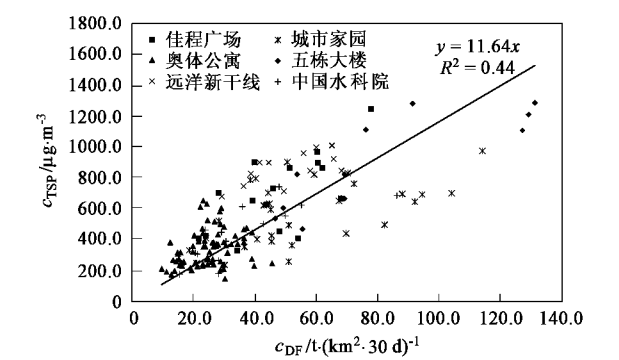


图 1 建筑工地围挡处 3m 高度 DF 和 TSP 的关系
Fig.1 Correlation between DF and TSP at 3rd meter height of construction sites' boundary

从图 1 中数据可知,该函数关系式的相关系数 $R^2 = 0.44$.按照统计学的原理,对于 150 组以上的数据,只要 $R > 0.2$,在 $\alpha = 1\%$ 时,2 个随机变量之间的线性相关性显著.尽管本研究所监测的 DF 和 TSP 包括背景浓度且不同条件下相关系数也有所不同,但是由于样本量较多,公式(1)可以满足宏观量化描述建筑工地周边 DF 与 TSP 关系的需要,同时也说明降尘是 1 个对施工扬尘实施监控的有效指标.

2.2 不同高度降尘与颗粒物相关性分析

2.2.1 案例 1

图 2 为二汽工地内部地面高度 3~7 m 处的 DF 与 TSP 综合回归关系图,表 1 为不同高度回归计算的 K 值.

表 1 二汽工地不同高度 K 值

Table 1 Erqi construction site's value of K at different height				
高度/m	3~7	3	5	7
$K/30 \text{ d} \cdot (10^3 \text{ km})^{-1}$	8.1	5.9	8.0	9.4

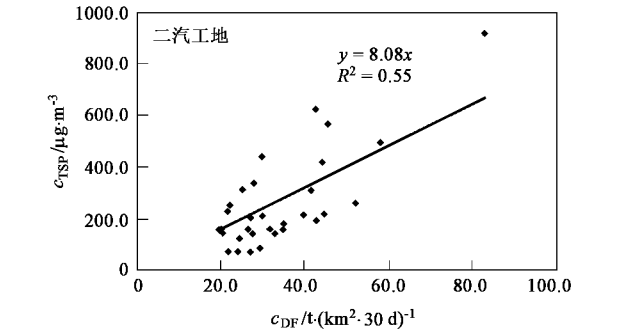


图 2 二汽工地 3~7 m 处 DF 与 TSP 的关系
Fig.2 Correlation between DF and TSP at 3~7 meter in Erqi construction site

从图 2 可以看出,该工地内部地面高度 3~7 m 处的 DF 与 TSP 相关性较好,相同高度(3 m) K 值远低于公式(2)所示佳城广场等 6 个建筑工地边界附近的数据.从表 1 的数据中可知, K 值随着高度增加明显呈递增趋势.

将公式(1)转换成:

$$c_{DF} = J \times c_{TSP} \tag{3}$$

式中, J 为沉降常数,单位为 $10^3 \text{ km}/30 \text{ d}$,且有 $J = 1/K$.显然, J 是 1 个具有速度单位的常数.表 1 的数据表明,高度越低, J 值越大, K 值则越小,说明越接近工地地面,颗粒物粒径和沉降速度也越大,在相同 TSP 浓度下, DF 浓度也越高.这就是施工扬尘颗粒物粒径随高度分布的规律,粒径大的颗粒物在低层,粒径小的颗粒物可以浮在高层.

Watson 等^[6]研究表明颗粒物的传输距离与空气动力学直径成反比,在相同风速条件下, $20 \mu\text{m}$ 颗粒物的传输距离是 $10 \mu\text{m}$ 颗粒物的 1/4 倍.因为不同粒径颗粒物的沉降作用,使得距离扬尘污染源越近,颗粒物平均粒径和沉降速度也越大.由于二汽工地的监测点布设在工地内部,更加接近污染源,而图 1 所示数据均来自于工地边界,距污染源相对较远,因此二汽工地所得 K 值小于其他工地.

2.2.2 案例 2

图 3 为奥体运动员公寓工地边界地面高度 3~9 m 处的 DF 与 TSP 综合回归关系,表 2 为不同高度回归计算的 K 值.

表 2 奥体工地不同高度 K 值

Table 2 Aoti construction site's value of K at different height				
高度/m	3~9	3	6	9
$K/30 \text{ d} \cdot (10^3 \text{ km})^{-1}$	11.4	11.5	11.3	11.4

从图 3 可以看出,该工地边界地面高度 3~9 m

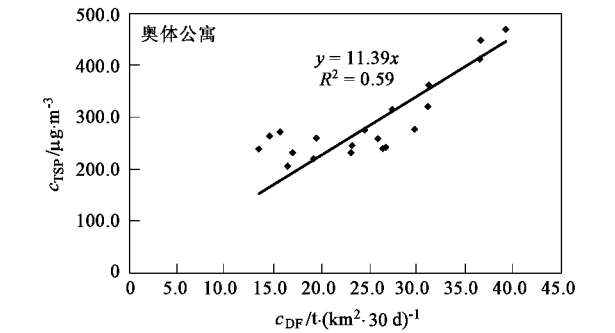


图3 奥体工地3~9 m处DF与TSP的关系
Fig.3 Correlation between DF and TSP at 3~9 meter
in Aoti construction site

处的DF与TSP相关性较好,相同高度(3 m)K值与公式(2)所示数据基本一致.从表2的数据中可知,K值随着高度增加基本没有变化.

该工地监测点位于工地边界围挡附近,与案例1二汽工地相比,监测点与污染源的距离相对较远,因此K值大于后者.实验期间该工地正在进行地下基础结构施工,施工扬尘到达监测点时,向上、向外的扩散已趋向均匀,因此K值变化不大.

2.3 不同施工阶段降尘与颗粒物相关性分析

表3为图1中所示佳城广场等6个不同施工阶段建筑工地边界3 m高度处K值一览表.

表3 不同工地3 m高度处K值一览表

Table 3 Value of K at 3rd meter height in different construction sites		
工地名称	施工阶段	$K/30 \text{ d} \cdot (\text{10}^3 \text{ km})^{-1}$
佳城广场	高层结构	14.3
远洋新干线	高层结构	16.5
中国水科院	底层结构	11.1
五栋大楼	结构施工中期	10.6
城市家园	装修	9.4
奥体公寓	基础	11.5

由表3中数据可知,已经进入高层建筑结构施工的2个工地(佳城广场、远洋新干线),其污染源更加远离取样点,加上建筑物自身的遮挡,施工扬尘到达采样点时,颗粒物沉降较为彻底,因此K值较大.而另外4个建筑较低的工地,K值相对较小.进一步证明监测点距扬尘污染源的距离对K值大小影响较大.

同时可以看出,前2个工地的K值比较接近,后4个工地的K值也比较接近.为了进一步分析施工阶段对K值的影响,对比二汽工地挖槽土方阶

段、基础结构阶段3~7 m处的DF与TSP综合线性回归后的K值,结果表明,2个阶段的K值相差不大,分别为8.2和8.0.因此可以认为,施工阶段对K值影响较小,究其原因可能是因为不同施工阶段扬尘颗粒物的动力学直径分布相差不大.

2.4 集尘缸内沉降颗粒物粒径分布推测

Hesketh等^[7]的研究结果表明:粒径小于50 μm的颗粒,会因为浮力及涡流而悬浮于大气中相当长时间,并可以传送到远处;粒径介于50~100 μm的颗粒,可以成为悬浮状态,但是很快就会沉降下来;粒径大于100 μm的颗粒物,受风吹之后,仅能在地面滚动.在本研究中,集尘缸主要布设在工地边界处,高度不低于3 m,因此可以认为集尘缸中收集的颗粒物的直径应在100 μm以下,并以50~100 μm的颗粒为主.TSP是指空气动力学直径在100 μm以下的颗粒物,即集尘缸中收集的颗粒物均来自TSP,这也应该是一定高度处施工DF与TSP相关性较好的原因之一.

3 结论

(1) 建筑施工扬尘所产生的DF与TSP有较好的线性关系,北京市建筑工地边界处DF与TSP的相关系数K为11.6,即 $c_{TSP} = 11.6 \times c_{DF}$.

(2) 监测点与污染源的距离对相关系数影响较大,监测点与污染源的距离越远,颗粒物平均粒径和沉降速度就越小,DF和TSP的相关系数K则越大.

(3) 不同施工阶段对相关系数K的影响较小.

参考文献:

[1] GB/T 15265-94, 环境空气降尘的测定重量法[S].
[2] 邵学军, 刘珊, 曹丽娜. 大气TSP与自然降尘相关性分析及预测[J]. 西安航空技术高等专科学校学报, 2006, 24(3): 39~41.
[3] Goossens D, Offer Zvi Y. Wind tunnel and field calibration of six aeolian dust samplers [J]. Atmospheric Environment, 2000, 34: 1043~1057.
[4] Cheryl T. Section 7.7 Building construction dust[R]. September 2002.
[5] GB/T 15432-1995, 环境空气总悬浮颗粒物的测定重量法[S].
[6] Watson J G, Chow J C. Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates: summary of current knowledge and needed Research [R]. Reno, NV: DRI, 2000. 70~73.
[7] Hesketh H E, Cross F L. Fugitive emissions and controls [M]. New York: Ann Arbor Science Co, 1982.