

不同施工阶段扬尘污染特征研究

黄玉虎, 田刚*, 秦建平, 李钢, 闫宝林

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要:以北京城近郊区 40 多个建筑工地为实验工地, 以降尘作为施工扬尘监测指标, 对不同施工阶段的扬尘污染规律进行了研究, 对不同施工阶段自身降尘浓度数据进行频率分布统计. 结果表明, 挖槽阶段相比结构和装修的施工扬尘污染更加严重; 挖槽、装修和结构阶段自身降尘浓度 $> 50 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$ 的概率分别为 16%、16% 和 3%, 挖槽和装修阶段比结构阶段更容易发生高强度施工扬尘污染; 不同施工阶段都遵循春季施工扬尘污染强度明显大于夏、秋、冬季, 以及冬季略大于夏、秋季的规律; 不同施工阶段的扬尘污染强弱关系非常明显, 扬尘污染强度比值为, 挖槽: 结构: 装修等于 100:67:87.

关键词: 建筑工地; 施工阶段; 扬尘; 降尘

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)12-2885-04

Characteristics of Fugitive Dust Pollution in Different Construction Phases

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

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

Abstract: More than forty construction sites were selected as experimental fields in urban districts and near suburbs of Beijing. Fugitive dust from construction sites was monitored by dust fall. The characteristics of fugitive dust pollution in different construction phases were studied. The frequency distribution of relative dust fall date in different construction phases were statistically analyzed, and the results show that fugitive dust pollution in earthwork phase is more serious than those in structure and decoration phases. There are higher probabilities of high strength fugitive dust pollution in earthwork and decoration phases comparing with structure phase, and the probabilities of relative dust fall which is more than $50 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d})$ are 16%, 16% and 3% respectively. Different construction phases all comply with the laws that fugitive dust pollution strength in spring is bigger than summer, autumn and winter obviously, and winter is bigger than summer and autumn appreciably. There are obvious relation of fugitive dust pollution strength in different construction phases, and the ratio of pollution strength in earthwork, structure and decoration phases equals to 100:67:87.

Key words: construction sites; construction phase; fugitive dust; dust fall

2005 年北京市区范围内 PM_{10} 年日均质量浓度为 $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超过国家二级标准 42% 左右. 研究结果表明^[1], 施工扬尘是北京市 PM_{10} 排放量的一个重要来源, 在当今城市化进程日益加快的时期, 研究和控制施工扬尘污染是大气污染防治工作的重中之重.

美国环保局^[2]和加州空气资源委员会^[3]假设建筑工地在整个施工周期和施工场地面积内的施工扬尘排放水平保持一致, 其提供的单一数值排放因子为计算整个城市的施工扬尘排放清单带来了方便, 但是却掩盖了施工扬尘排放在时间和空间上的意义^[4]. 施工扬尘排放量与施工工艺、施工强度、气象条件、地质条件和污染控制措施等影响因素有关^[2]. 工程建设分为多个施工阶段, 每个阶段的施工工艺相差很大, 因此不同施工阶段的扬尘排放量和排放强度也不尽相同, 目前国内外鲜有该方面的研究报道. 本研究通过统计大量实测数据, 对北京市建筑工地不同施工阶段的扬尘污染特征进行了较为系统地分析.

1 材料与方法

1.1 监测仪器和分析

与 PM_{10} 相比, 降尘(DF)监测是一种经济有效的颗粒物评估方法, 其理由主要为: ①降尘监测成本低、操作简单, 使用降尘法可以增加监测点密度; ②降尘可以定量描述建筑工地整个施工周期的污染过程; ③工地边界降尘与 $\text{TSP}(\text{PM}_{10})$ 具有很好的正相关性^[5].

本研究采用降尘作为监测指标来表征建筑施工扬尘污染状况. 集尘缸尺寸和样品分析程序均依照《环境空气-降尘的测定-重量法》(GB/T 15265-1994)规定执行, 材质为 95 号玻璃.

1.2 实验方法

采用降尘对建筑工地施工扬尘进行监测, 图 1

收稿日期: 2006-11-01; 修订日期: 2007-04-20

基金项目: 北京市科技计划项目(H030630540430)

作者简介: 黄玉虎(1978~), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为无组织扬尘控制技术.

* 通讯联系人, E-mail: tg-iep@vip.163.com

为降尘监测示意图,其中 C 点为工地边界监测点,B 点为区域背景监测点.监测点布设原则为:①沿着建筑工地边界围挡布设集尘缸,集尘缸与围挡之间的水平距离不大于 1 m;通常在围挡夹角处各设置 1 个集尘缸,相邻 2 个集尘缸之间的距离原则上不大于 100 m,不小于 50 m;对于大型工地或联合工地群,可以沿着围挡多设置集尘缸;运输车辆出口均应设置 1 个集尘缸;②在工地所在区域的大气清洁对照点或监测子站设立大气环境背景降尘监测点;③集尘缸放置高度统一为 3 m,每个月取样分析 1 次;④某实验工地竣工前后,在其他工地增设或补设监测点.

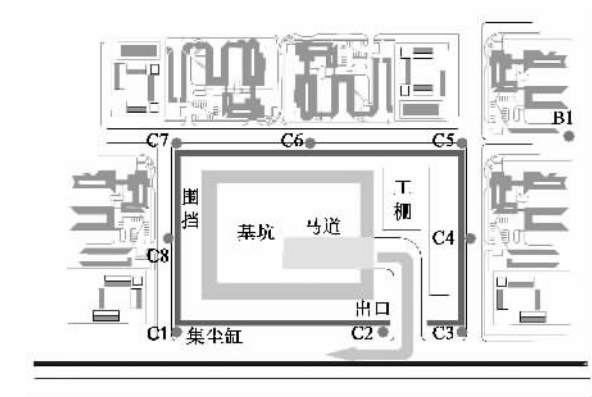


图 1 建筑工地降尘监测布点示意

Fig.1 Layout diagram of dust fall monitoring points in construction sites

1.3 实验

选择北京市城近郊区大气环境监测子站周围重点区域内的建筑工地作为实验工地,按照图 1 进行降尘布点.实验工地数量维持在 30 个以上,最多时为 42 个.一般工地设 4~6 个降尘监测点,较大工地设 8~10 个.同一工地同时布点、同时取样,不同工地之间、背景点与工地之间取样间隔时间控制在 3 d 之内.每个降尘监测点每月取样分析 1 次,所有工地每月可采集有效试样数约 200 个.以年作为 1 个周期,以 4 个季度为时间阶段,对 2005 年全年数据进

行统计分析.

为了突出重点,本研究仅对建筑主体建设阶段(挖槽、结构、装修)扬尘污染特征进行讨论分析,前期准备(拆除、场地平整)以及后期收尾(内部市政)等施工周期短、不定因素多的施工阶段不在本研究之列.

2 结果与讨论

2.1 数据统计方法

某工地某月份各监测点的平均降尘浓度为该工地该月的工地边界降尘浓度,工地边界降尘浓度(DF_c)与区域背景降尘浓度(DF_b)之间的差值可认为是建筑工地自身引起的降尘浓度,本研究将其定义为施工自身降尘浓度(ΔDF).如图 2 所示,不同区域、不同月份背景降尘浓度有很大差异,城区和近郊区各月降尘浓度的 RSD 分别为 35%和 43%,城区年平均降尘浓度比近郊区低 13.5%,所以用 ΔDF 表示建筑施工扬尘的污染强度比 DF_c 更为合适.

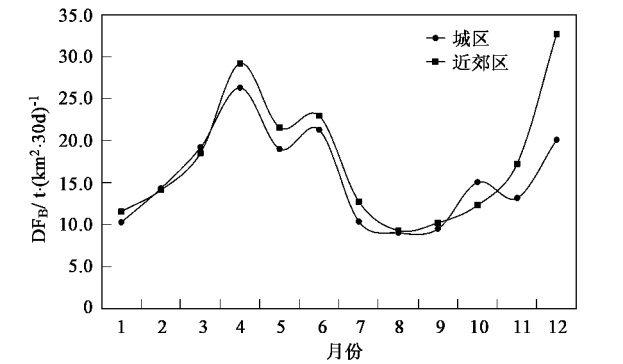


图 2 不同区域背景降尘浓度比较

Fig.2 Comparison of background dust fall concentration in different districts

为保证实验数据的可信度,使用格鲁布斯(Grubbs)检验法分析原始数据,在置信度为 0.95 时剔除少量离群数据.2005 年实验建筑工地不同施工阶段的施工自身降尘浓度监测结果见表 1.

表 1 不同施工阶段的施工自身降尘浓度/ $t \cdot (km^2 \cdot 30 d)^{-1}$

Table 1 Concentration of relative DF in different construction phases/ $t \cdot (km^2 \cdot 30 d)^{-1}$

阶段		春季				夏季				秋季				冬季				年平均
		3月	4月	5月	季平均	6月	7月	8月	季平均	9月	10月	11月	季平均	12月	1月	2月	季平均	
挖槽	ΔDF	62.9	42.2	39.1	48.1	15.1	34.2	20.9	23.4	23.0	23.9	42.1	29.7	31.7	34.6	26.0	30.8	33.0
	工地个数	6	6	4		6	8	5		6	3	3		5	3	3	30.8	
结构	ΔDF	29.7	28.4	22.8	27.0	12.2	19.8	26.0	19.3	19.7	17.4	20.6	19.2	29.1	24.1	17.4	23.5	22.2
	工地个数	15	14	17		18	16	18		19	18	20		22	30	22	23.5	
装修	ΔDF	37.2	37.2	31.9	35.4	22.1	27.4	27.6	25.7	25.8	24.6	27.8	26.0	37.8	22.0	24.7	28.2	28.8
	工地个数	10	11	10		14	18	19		16	18	16		14	6	10	28.2	

2.2 不同施工阶段 ΔDF 数据分布

图 3 为挖槽、结构和装修 3 个施工阶段的 ΔDF 数据频率分布图.可以看出 ΔDF 数据均呈偏态分布,将 ΔDF 数据取对数之后,3 个阶段的 ΔDF 数据均符合对数正态分布.结构阶段的 ΔDF 频率分布比较集中,挖槽和装修阶段的 ΔDF 频率分布相对比较分散,挖槽阶段分散程度更大.

从图 4 的累计频率分布可以看出,挖槽、结构和装修阶段 50% 的 ΔDF 数据分别集中在 30、20 和 25 $t/(km^2 \cdot 30 d)$ 以内,84% 的 ΔDF 数据分别集中在 50、35 和 50 $t/(km^2 \cdot 30 d)$ 以内.另外,挖槽、结构和装修阶段在 0~10 $t/(km^2 \cdot 30 d)$ 出现数据的概率分别为 9%、16%和 17%,说明挖槽阶段相比结构和装修的施工扬尘污染更加严重;挖槽、结构和装修阶段在 50~120 $t/(km^2 \cdot 30 d)$ 出现数据的概率分别为 16%、3%和 16%,说明挖槽和装修阶段比结构阶段更容易发生高强度施工扬尘污染.

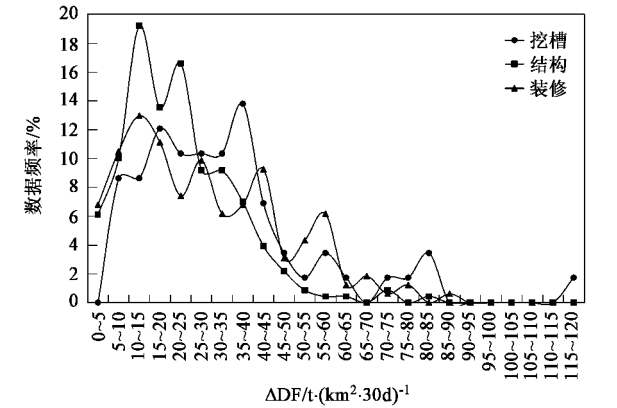


图 3 不同施工阶段 ΔDF 频率分布

Fig. 3 Frequency distribution of ΔDF date in different construction phases

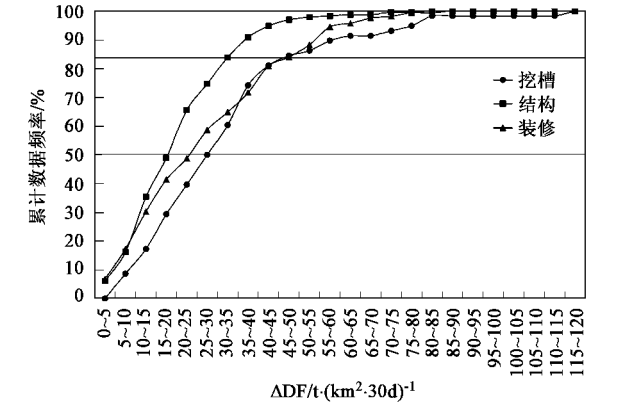


图 4 不同施工阶段 ΔDF 累计频率分布

Fig. 4 Accumulative frequency distribution of ΔDF date in different phases

施工扬尘主要是人为生产活动的结果,在其他条件相同情况下,施工强度大则扬尘排放强度高.相

对其他施工过程,土方施工扬尘污染强度最高,因此土方施工是高强度污染主要原因.结构阶段施工面主要集中在建筑物本身,具有施工工艺比较规范、施工过程相对单一、施工强度变化系数较小、土方施工量少等特点,因此 ΔDF 频率分布较为集中、高强度扬尘污染概率小.挖槽阶段施工强度变化系数大、土方施工量大,因此 ΔDF 频率分布分散,出现高强度扬尘污染的概率高.装修阶段施工强度变化系数较大、施工过程复杂、经常伴随不定期的内部市政工程(含有一定的土方施工)同时进行,因此 ΔDF 频率分布分散、且容易发生高强度扬尘污染.

2.3 不同施工阶段 ΔDF 季节变化

挖槽、结构和装修不同季节的 ΔDF 数据频率分布见图 5~7,可以看出 ΔDF 数据均呈偏态分布,但是不同季节 ΔDF 数据集中的区域不同.挖槽阶段春季 ΔDF 数据相比夏、秋和冬季,有向横坐标右侧偏移的趋势,结构阶段和装修阶段向右侧偏移的趋势也非常明显.

从图 8 可以看出,3 个施工阶段都是春季 ΔDF

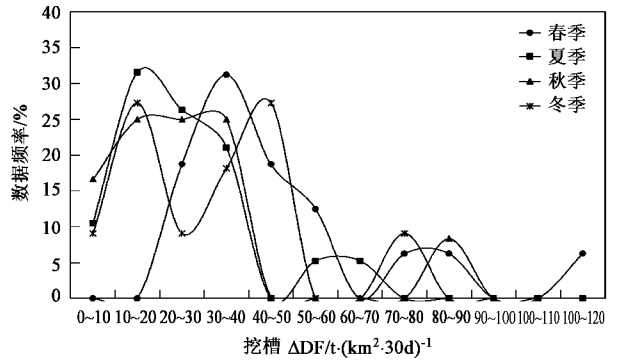


图 5 挖槽阶段不同季节 ΔDF 频率分布

Fig. 5 Frequency distribution of earthwork phase's ΔDF in different seasons

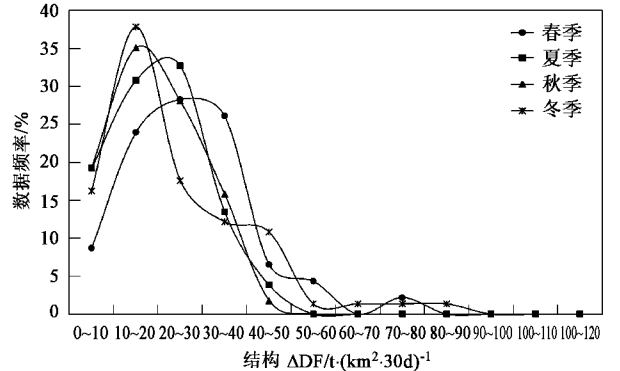


图 6 结构阶段不同季节 ΔDF 频率分布

Fig. 6 Frequency distribution of structure phase's ΔDF in different seasons

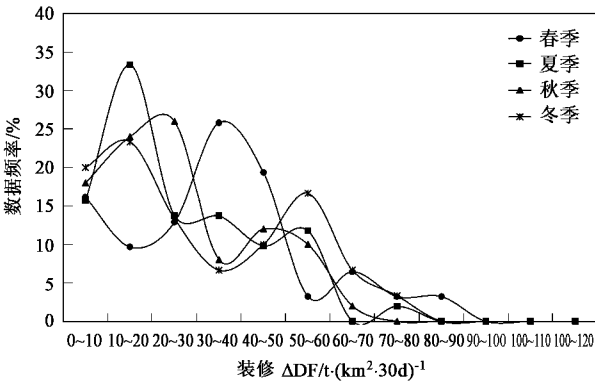


图 7 装修阶段不同季节 ΔDF 频率分布

Fig.7 Frequency distribution of decoration phase's ΔDF in different seasons

最大,其他 3 季 ΔDF 明显低于春季,但冬季略高.挖槽、结构和装修阶段的春季 ΔDF 分别是夏秋冬季平均值的 1.7、1.3 和 1.3 倍.这是因为春季天气干燥,更容易产生扬尘;夏、秋季雨水相对较多,大气处于不稳定状态,空气对流活动强,因此 ΔDF 较低;冬季 ΔDF 较低的原因主要有 2 个,一是地面土壤被降雪覆盖或逐渐冻结,限制了扬尘的产生;其次是春节期间施工强度较低,导致污染强度降低.

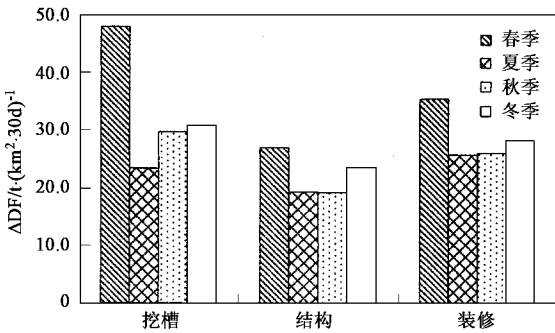


图 8 不同施工阶段不同季节 ΔDF 比较

Fig.8 Comparison of different construction phases' ΔDF in different seasons

2.4 不同施工阶段 ΔDF 平均值比较

从图 9 可以看出,不同施工阶段的扬尘污染强弱关系非常明显,ΔDF 平均浓度的比值为:挖槽:结构:装修 = 100:67:87.

土方施工是产生扬尘污染最大的施工环节,特别是该施工阶段工地内部和工地出口处路面尘土较多,从而导致了工地内、外部交通扬尘的大量产生.相比其他阶段,挖槽阶段土方施工量最大,基坑内部道路难以硬化,因此 ΔDF 最高.结构施工阶段,施工扬尘主要来自于模板拆除和内部交通运输等环节,基本没有土方工程,其他施工过程扬尘排放量也不

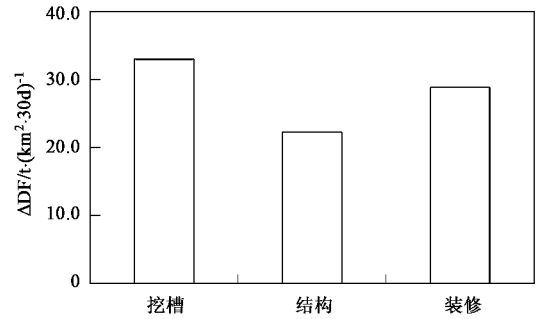


图 9 不同施工阶段 ΔDF 年均值比较

Fig.9 Comparison of annual average ΔDF values in different construction phases

大,因此 ΔDF 较低.如不采取有效措施,装修阶段在打孔、剔凿、材料切割、现场清理时都可能产生强度较大的污染,而且该阶段伴随着不定期的内部市政工程(道路、绿化等含有土方施工的工程)施工,因此 ΔDF 较高但排放强度小于挖槽阶段.

如果按挖槽、结构、装修施工周期的比值等于 1:3:3 计算,3 个阶段的扬尘排放量比值则应为 100:200:260,显然,3 个阶段的扬尘控制均不可忽视.

3 结论

(1)挖槽阶段,施工强度变化系数大、土方施工量大,因此施工自身降尘浓度(ΔDF)数据分散,高强度扬尘污染出现概率高;结构阶段,施工过程较为简单、施工强度变化系数小,因此 ΔDF 数据较为集中,出现高强度施工污染出现概率低;装修阶段,施工强度变化系数较大、施工过程较复杂、有一定的土方施工量,因此 ΔDF 数据较分散,高强度施工污染出现的概率高.

(2)不同施工阶段都遵循春季施工扬尘污染强度明显大于夏、秋、冬季,以及冬季略大于夏、秋季的规律.

(3)不同施工阶段的扬尘污染强弱关系非常明显,扬尘污染强度比值为,挖槽:结构:装修等于 100:67:87.

参考文献:

[1] 江小珂,唐孝炎,虞统,等.北京市大气污染控制对策项目报告[R].北京:北京市环境保护监测中心,2002.
[2] U.S.EPA. Chapter 13.2.3 Heavy Construction Operations. AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors[R]. Washington: U. S. EPA, 1995.
[3] Cheryl Taylor. Section 7.7 Building Construction Dust[R]. California: CARB, September 2002. 1~2.
[4] Muleski G E, Cowherd Jr C. Particulate Emission Measurements from Controlled Construction Activities, EPA/600/R-01/031[R]. Washington: U.S.EPA, April, 2001. 2~3.
[5] 田刚,李建民,李钢,等.建筑工地大气降尘与总悬浮颗粒物相关性研究[J],环境科学,2007,28(9):1941~1943.