



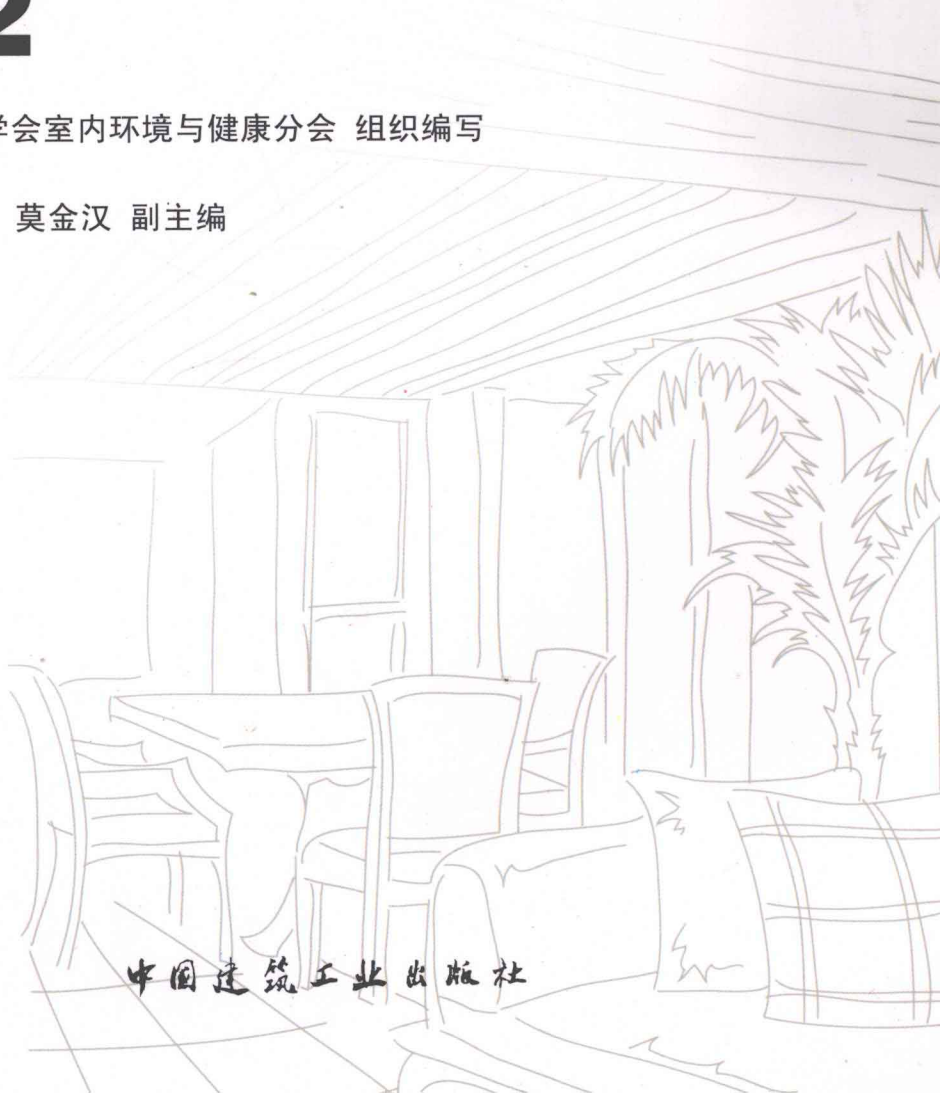
RESEARCH ADVANCE REPORT OF  
INDOOR ENVIRONMENT AND HEALTH IN CHINA

# 中国室内环境与健康研究进展报告 2012

中国环境科学学会室内环境与健康分会 组织编写

张寅平 主 编

邓启红 钱 华 莫金汉 副主编



中国建筑工业出版社



# 中国室内环境与健康研究进展报告 2012

RESEARCH ADVANCE REPORT OF  
INDOOR ENVIRONMENT AND HEALTH IN CHINA

中国环境科学学会室内环境与健康分会 组织编写

张寅平 主编

邓启红 钱 华 莫金汉 副主编

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

中国室内环境与健康研究进展报告 2012/张寅平主编.  
—北京:中国建筑工业出版社, 2011.12  
ISBN 978-7-112-13906-4

I. ①中… II. ①张… III. ①室内环境-关系-健康-研  
究报告-中国 IV. ①X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 274375 号

责任编辑:齐庆梅  
责任设计:董建平  
责任校对:张颖 刘钰

**中国室内环境与健康研究进展报告 2012**

RESEARCH ADVANCE REPORT OF INDOOR ENVIRONMENT AND HEALTH IN CHINA

中国环境科学学会室内环境与健康分会 组织编写

张寅平 主编

邓启红 钱华 莫金汉 副主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21½ 字数: 556 千字

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-13906-4  
(21884)

**版权所有 翻印必究**

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 顾问委员会

(以拼音为序)

陈 新	陈一民	崔九思	戴自祝	范维澄	过增元	郝吉明
何革华	侯立安	季 飞	纪 军	江 亿	康飞宇	李大鹏
林海燕	刘加平	刘俊跃	刘 涛	刘志全	栾胜基	麻名更
任官平	任振海	茹继平	孙路伟	Sundell J.	陶文铨	田 明
王建国	王 浚	王 磊	王 莉	王文兴	王喜元	王泽林
魏复盛	吴德绳	吴硕贤	谢 杨	邢永杰	徐 伟	许增德
叶 青	叶耀先	张晓杰	张燕平	赵长龄	郑 俊	朱昌寿
朱 雷	朱颖心					

## 编写委员会

本书由中国环境科学学会室内环境与健康分会组织编写，  
并成立编写编委会，名单如下：

主任：田德祥

副主任：杨旭 张寅平 李玉国 宋瑞金

委员(以拼音为序)：

白郁华	白志鹏	陈冠英	陈双基	陈振乾
邓启红	郭新彪	韩继红	何雅玲	侯雪松
冀志江	李安桂	李百战	李军	李景广
李先庭	连之伟	林波荣	刘阳生	刘兆荣
莫金汉	钱华	王清勤	王小逸	吴世飞
裘著革	谢远建	徐东群	张国强	张金良
张彭义	赵荣义	周泽义	周中平	朱天乐
朱希斌				

# 作者介绍与编写分工

## 序

田德祥，教授，室内环境与健康分会名誉理事长，北京大学环境科学中心，

E-mail: tdx@pku.edu.cn

## 第1章 绪论

张寅平，博士，教授，清华大学建筑技术科学系，

E-mail: zhangyp@tsinghua.edu.cn

## 第2章 室内空气质量的评价方法

邵晓亮，博士研究生，清华大学建筑技术科学系，

E-mail: shaoxl07@mails.tsinghua.edu.cn

赵荣义，教授，清华大学建筑技术科学系，

E-mail: zhry@sina.com

## 第3章 室内空气主要污染物浓度调查

刘兆荣，博士，副教授，北京大学环境科学与工程学院，

E-mail: zrliu@pku.edu.cn

张金萍，博士，清华大学建筑技术科学系，

E-mail: zjp0930@yahoo.com.cn

李湑湑，博士，副研究员，中国疾病预防控制中心，

E-mail: tiantianli@gmail.com

方志华，工程师，国家档案局档案科学技术研究所，

E-mail: zhihua-fang@163.com

周中平，教授，清华大学环境学院，

E-mail: zhzhp@tsinghua.edu.cn

白郁华，教授，北京大学环境科学与工程学院，

E-mail: yhbai@pku.edu.cn

#### 第4章 室内污染物的健康影响

丁书茂, 副教授, 华中师范大学生命科学学院,

E-mail: dingsm@mail.ccnu.edu.cn

杨旭, 医学博士, 教授, 华中师范大学生命科学学院,

E-mail: yangxu@mail.ccnu.edu.cn

#### 第5章 建材和家具污染散发及标识

熊建银, 博士, 北京理工大学机械与车辆学院,

E-mail: xiongjy@bit.edu.cn

张寅平, 博士, 教授, 清华大学建筑技术科学系,

E-mail: zhangyp@tsinghua.edu.cn

李景广, 博士, 教授级高工, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,

E-mail: lijingguang@vip.sina.com

#### 第6章 室内颗粒物污染与控制

邓启红, 博士, 教授, 中南大学能源科学与工程学院,

E-mail: qhdeng@csu.edu.cn

赵彬, 博士, 副教授, 清华大学建筑技术科学系,

E-mail: binzhao@tsinghua.edu.cn

#### 第7章 传染病空气传播及其工程控制

钱华, 博士, 副教授, 东南大学能源与环境学院,

E-mail: keenwa@gmail.com

李玉国, 博士, 教授, 香港大学机械工程系,

E-mail: liyg@hku.hk

赵彬, 博士, 副教授, 清华大学建筑技术科学系,

E-mail: binzhao@tsinghua.edu.cn

#### 第8章 通风对室内空气质量的改善作用

李安桂, 博士, 教授, 西安建筑科技大学环境与市政工程学院,

E-mail: liag@xauat.edu.cn

李念平, 博士, 教授, 湖南大学土木工程学院,

E-mail: linianping@sina.com

张旭, 博士, 教授, 同济大学机械工程学院,  
E-mail: zhangxu-hyac@mail.tongji.edu.cn

付祥钊, 教授, 重庆大学城市建设与环境工程学院,  
E-mail: xiangzhaof@yahoo.com.cn

李先庭, 博士, 教授, 清华大学建筑技术科学系,  
E-mail: xtingli@tsinghua.edu.cn

## 第9章 室内空气净化现状及主要问题

莫金汉, 博士, 清华大学建筑技术科学系,  
E-mail: mojinhan@gmail.com

徐秋健, 博士研究生, 清华大学建筑技术科学系,  
E-mail: qiujian.xu@gmail.com

朱天乐, 博士, 教授, 北京航空航天大学化学与环境学院,  
E-mail: zhutl@buaa.edu.cn

## 第10章 室内空气质量的综合控制

韩继红, 博士, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,  
E-mail: hjhsribs@vip.sina.com

樊娜, 工程师, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,  
E-mail: fannali@gmail.com

叶剑军, 高级工程师, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,  
E-mail: jacky328@gmail.com

林波荣, 博士, 副教授, 清华大学建筑学院,  
E-mail: linbr@tsinghua.edu.cn

郭咏海, 绿色建筑总规划师, 朗诗地产集团,  
E-mail: guoyonghai@landsea.cn

## 第11章 室内空气质量标准问题探讨

李景广, 博士, 教授级高工, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,  
E-mail: lijingguang@vip.sina.com

李旻雯, 工程师, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司,  
E-mail: skymick@hotmail.com



姚 远，博士，清华大学建筑技术科学系，

E-mail: y-yao05@mails.tsinghua.edu.cn

**附录 1 国内外绿色建筑评价标准中室内空气质量评价方法比较**

林波荣，博士，副教授，清华大学建筑学院，

E-mail: linbr@tsinghua.edu.cn

# 序

室内环境包括室内热湿环境、空气质量、光环境、声环境等，考虑到近年来室内空气质量问题比较严重、百姓也非常关心，因此本次研究进展报告聚焦城市室内空气质量与健康主题。

室内空气质量 (Indoor air quality, IAQ) 是 20 世纪 70 年代石油危机之后，在西方国家开始受到重视的，其主要原因是：因为强调节能，现代建筑普遍密闭性增强，新风量减少，导致室内空气质量恶化；各种装饰装修材料、家具和日用化学品等散发有毒有害物质特别是挥发性有机化合物，(英文名 Volatile organic compounds, 简称 VOCs)，导致室内空气中有害物质在种类和数量上大幅增加；甚至调节室内环境的空调系统也成了污染源。我国室内空气污染问题的研究晚于西方发达国家。20 世纪 90 年代以来，随着我国城镇化进程、住房改革和经济的快速发展，新建建筑大量涌现，建材业高速发展，住宅建筑装饰装修成了社会风尚，由建筑装饰装修材料和人造板家具造成的室内空气污染相当严重，对人体健康造成一定威胁；在密闭写字楼的工作人员，容易患头晕、胸闷、乏力、情绪不稳定等身体不适症状（被称为病态建筑综合征，英文名 Sick Building Syndrome, 简称 SBS），大大影响工作效率，并会进一步引发多种疾病；儿童身体发育过程中，免疫系统比较脆弱，儿童呼吸量按相对体重比超过成年人 50% 左右，他们更容易受到室内空气污染的危害，儿童白血病、哮喘病发病率近年来明显升高；室内空气污染引起老年人气管炎、肺炎等呼吸道疾病，诱发老年人高血压、心血管、脑溢血等病症，甚至可能危及生命。

2001 年 5 月，在昆明召开的“首届室内环境质量学术研讨会”汇聚了来自全国不同机构的 88 位学者并成立了中国科协工程联室内环境专业委员会，现在的中国环境科学学会室内环境与健康分会就是在此基础上发展起来的，其目的是搭建“产、学、研”协作平台，为解决我国室内环境与健康问题尽一份力。目前，分会

已拥有 83 位理事，包括我国内地和香港、台湾地区的室内环境与健康领域专家、学术带头人和企业家代表，其中有四位专家在国际室内空气学会中任职。近年来分会多次开展学术活动，讨论我国室内空气质量与健康问题及其解决办法，并密切关注我国室内环境与健康领域的研究进展。

应该说，过去的十五年是我国该领域发展的启动时段，也是高速发展的黄金时段。我国“十五”、“十一五”期间国家科研经费投入迅速增加，科技工作者完成了“室内空气污染检测技术与设备研制”、“城镇人居环境改善与保障关键技术研究”及“室内典型空气污染物净化关键技术与设备”等重大项目和课题，取得了一批重要成果；政府部门组织制定了一系列相关法规和标准，如《民用建筑工程室内环境污染控制规范》、《室内空气质量标准》等；各地建立了大量室内空气检测机构，为保证人民健康提供了规范的服务。上述种种，使我国室内空气污染超标现象得到一定的控制，室内空气质量有所改善。

虽然我国室内空气质量与健康研究取得显著进展，但客观地说，我国室内空气质量问题依然严峻。城市室内空气典型污染物如甲醛、苯系物等致癌污染物尚未得到系统化控制，建筑结构性污染和家具等用品污染还很突出。为此，需进一步深入研究室内环境因素，如温度、相对湿度等对产品污染物散发的影响机理和规律，进一步深入研究常用湿建材如涂料、漆等的散发与控制机理和规律，还需建立既借鉴发达国家经验又充分考虑我国国情的室内材料和物品污染物散发标识体系。近年来，新型化学污染物如半挥发性有机物（Semi-volatile organic compounds，简称 SVOCs）污染逐渐凸显，它们作为增塑剂（台湾称为塑化剂）、阻燃剂等广泛存在于人们常用的室内材料和物品中，如儿童使用的塑料制品和玩具中。作为增塑剂主要成分的邻苯二甲酸酯（phthalates）是人类使用量最大的一组具有雌激素功能的人体内分泌干扰物，也是持久性有机污染物（POPs）的重要组成之一。有研究表明，增塑剂中的邻苯二甲酸二乙基己酯（DEHP）可诱发人类过敏症和哮喘，估计直接受其健康影响的人群有数亿人，需引起高度重视。在污染源控制和通风方式选择方面，还需研发出科学的、符合国情的新技术和设计方法，便于指导建筑师和工程师实施；低成本、低能耗、净化效果显著的净化材料和产品有待开发；需要进一步深入研究室内颗粒物和微生物污染及其控制中的机理问题，研发相关控制技术和产品；加强甲醛和苯系物单独或联合致白血病的研究也是我们今后的一项重要

任务；特别需要重视的是，需在学习发达国家经验、成果并依据扎实的科学研究和充分考虑国情特点的基础上，制定/修订室内空气质量控制标准体系（包括室内空气、室内材料和产品污染物限值标准，室内空气污染控制产品标准等）。

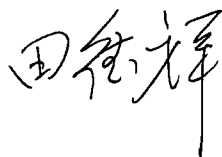
提倡“简约生活、追求健康、崇尚自然、返璞归真”是建筑环境工作者应该秉承的理念。我们不排除对新技术和新材料的运用，但那只是手段，不是目的。未来室内环境不仅要考虑如何高智能化，更要考虑亲近和回归自然。当然，建立一个健康、安全、宜居、节能的室内环境更是全社会共同的责任和义务。

为此，中国环境科学学会室内环境与健康分会历时一年多的时间筹划并组织编写了《中国室内环境与健康研究进展报告 2012》，它凝聚了我国室内环境领域的众多专家和学者的研究成果和学术认知，总结了我国目前室内环境与健康研究进展、现状和存在的问题，为关心和从事“室内环境与健康”的人员提供了宝贵资料，也为国家“十二五”城镇人居环境改善规划提供了科学依据。当然，面对这本报告的写作，编写者既深感责任重大，又倍感困难重重，室内环境与健康领域是一个跨科学的领域，涉及多个学科：室内环境、公共卫生、工程热物理、生命科学、化学等，这些学科间彼此的“语言”都不太一样，平时深入交流都困难，如何把相关内容编在一本书里呢？但通过讨论，编著者一致认为，越是如此，越说明本书编写的必要性：专业人士尚且如此，更何况普通读者，这恰恰是该领域不易得到社会广泛和深入了解的原因所在。

《中国室内环境与健康研究进展报告 2012》除各章署名作者外，还有很多同志做出了很大贡献：学会秘书处黎佳林协助安排了每次编写讨论会，负责与作者间的联系、书稿的收发与打印；北京大学硕士研究生刘晓途、闫美霖、骆娜，清华大学博士研究生刘巍巍，东南大学硕士研究生沈红萍，西安建筑科技大学博士研究生高然，江苏省人民医院罗乐等负责本书部分书稿材料的收集和处理工作。在此，分会衷心地对他们表示感谢！

最后，我还想为此进展报告的编写和出版说几句话。2010年初，分会秘书长张寅平教授提出：我们分会应该就我国室内环境和健康问题每年出一本研究进展报告，得到常务理事和学会顾问专家等的支持和赞同。2010年底分会专门召开了理事会议，研讨这个进展报告如何编写，并作了编写分工：聘请有经验的研究人员结合自身科研实践，力求图文并茂、深入浅出地介绍有关内容，并按照内容逻辑安排

各章；2011年5月在上海会议上，分会特聘专家赵荣义教授在审阅初稿后就进展报告编写中的问题和要点做了专题报告，并将书名定为《中国室内环境与健康研究进展报告2012》。为保证全书质量和风格一致，分会聘请张寅平担任主编，邓启红、钱华和莫金汉担任副主编，对原稿不少章节做了大量修改（包括内容增删、查漏补缺、文字修改、文献补充、图表重绘甚至版面设计等）；尽管如此，本报告撰写时间较紧，参与编写人员较多，其内容难免有不妥之处，恳请读者批评指正。朗诗集团股份有限公司全资赞助了2012年度进展报告的出版，在此特别致谢！

A handwritten signature in black ink, appearing to read '田德辉' (Tian Dehui), written in a cursive style.

2011年10月于北京大学燕北园

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 室内空气质量问题对人的健康危害及产生原因 .....	2
1.2 我国室内空气质量问题的特点 .....	3
1.3 国际室内空气质量与健康研究历程回顾 .....	6
1.4 室内空气质量与健康领域特点 .....	8
1.5 我国室内空气质量与健康研究和领域发展状况 .....	10
1.6 目前我国室内空气质量与健康领域值得关注的问题 .....	12
参考文献 .....	15
<b>第 2 章 室内空气质量的评价方法</b> .....	19
2.1 室内空气质量的客观评价方法 .....	20
2.1.1 我国现行室内空气质量标准 .....	20
2.1.2 客观评价法 .....	22
2.2 室内空气质量的主观评价方法 .....	29
2.3 客观检测与主观评价相结合的方法 .....	33
参考文献 .....	34
<b>第 3 章 室内空气主要污染物浓度调查</b> .....	36
3.1 一类民用建筑 .....	37
3.1.1 住宅 .....	37
3.1.2 学校教室 .....	46
3.1.3 幼儿园 .....	48
3.1.4 医院 .....	49

3.2 二类民用建筑 .....	54
3.2.1 办公楼 .....	54
3.2.2 商场超市 .....	55
3.2.3 宾馆 .....	56
3.2.4 体育场馆及文化娱乐场所 .....	57
3.2.5 图书馆、档案馆及博物馆等公共建筑 .....	61
3.3 城市交通工具 .....	66
3.3.1 公共交通工具 .....	66
3.3.2 轿车 .....	69
3.4 结论与建议 .....	74
参考文献 .....	74
<b>第4章 室内污染物的健康影响 .....</b>	<b>84</b>
4.1 室内空气污染所致的健康影响 .....	85
4.1.1 重大的健康影响 .....	85
4.1.2 有限的健康影响 .....	86
4.2 室内空气污染物毒理学研究进展 .....	87
4.2.1 室内空气甲醛的毒理学研究 .....	87
4.2.2 室内空气邻苯二甲酸酯的毒理学研究 .....	93
4.2.3 空气颗粒物和人造纳米材料毒性的研究 .....	96
4.2.4 细颗粒物致心脏和血管系统的不良作用 .....	99
4.2.5 仿室内霉菌性污染颗粒物致呼吸窘迫症作用的研究 .....	101
4.3 结论与建议 .....	102
参考文献 .....	102
<b>第5章 建材和家具污染散发及标识 .....</b>	<b>105</b>
5.1 建材挥发性有机化合物散发检测原理和方法 .....	106
5.1.1 背景介绍 .....	106
5.1.2 国外相关研究综述 .....	108

5.1.3 我国建材挥发性有机化合物散发检测研究进展 .....	112
5.1.4 需进一步开展的工作 .....	118
5.2 家具挥发性有机化合物散发标识技术 .....	119
5.2.1 背景介绍 .....	119
5.2.2 国外相关研究综述 .....	120
5.2.3 我国家具挥发性有机化合物散发标识研究进展 .....	125
5.2.4 需进一步开展的工作 .....	132
5.3 结论与建议 .....	133
参考文献 .....	133
<b>第6章 室内颗粒物污染与控制 .....</b>	<b>137</b>
6.1 颗粒物基本概念 .....	138
6.1.1 定义与分类 .....	138
6.1.2 形成与来源 .....	138
6.1.3 物理化学性质与测试方法 .....	139
6.2 室内颗粒物浓度水平 .....	142
6.3 室内颗粒物动力学行为及其影响因素 .....	144
6.4 室内源散发强度与粒径分布 .....	146
6.5 颗粒物的穿透与沉降 .....	149
6.6 室内外颗粒物相关性 .....	151
6.6.1 室内外浓度比 .....	151
6.6.2 室内外粒径分布特性 .....	155
6.7 通风对室内颗粒物浓度影响 .....	156
6.7.1 室内无源 .....	156
6.7.2 室内有源 .....	157
6.8 室内颗粒物的控制与改善技术 .....	159
6.8.1 室内源控制 .....	160
6.8.2 净化与过滤 .....	161
6.9 结论与建议 .....	162



参考文献	164
<b>第7章 传染病空气传播及其工程控制</b>	<b>172</b>
7.1 现状简介	173
7.1.1 空气传染病的重要性	173
7.1.2 空气传染病的传播途径	175
7.1.3 室内环境工程控制在传染病控制中的作用	176
7.1.4 医院隔离病房设计	177
7.1.5 医院建筑环境问题概况	181
7.1.6 非典与室内环境	182
7.1.7 流感与室内环境	184
7.1.8 肺结核与室内环境	185
7.1.9 军团病与室内环境	187
7.2 研究及问题	188
7.2.1 通风量对传染病传播的影响	188
7.2.2 不同通风方式的作用	191
7.2.3 HEPA、UVGI 和 Plasma 的除菌作用	193
7.2.4 通风系统的合理选择	196
7.3 展望与对策	198
7.3.1 传染病室内环境控制的产业发展的重要性	198
7.3.2 重要室内环境（教室、交通、军营等）研究	198
7.3.3 工程界与医学界合作	199
7.4 结论与建议	199
参考文献	200
<b>第8章 通风对室内空气质量的改善作用</b>	<b>206</b>
8.1 通风方式	207
8.1.1 自然通风	207
8.1.2 机械通风	208