

114299



工业厂房自然通风

B.B.巴图林 B.M.爱里帖尔門 合著

中华全国总工会苏联工运研究室 译



冶金工业出版社

7264

工業廠房自然通風

B.B. 巴圖林 B.M. 愛里帖爾門 合著

中華全國總工會蘇聯工運研究室 譯

冶金工業出版社

本書敘述了「工業建築物自然通風設計」的必要資料和單跨間、多跨間車間自然通風的計算法。

陳述了避風天窗的類型，並援引了這些天窗的空氣動力示性曲綫，也提出了有關選擇可以保證有效自然通風的建築物輪廓的意見，並且還介紹了自然通風的調整方法。

在本書中還研究了自然通風的模型試驗問題。

本書可供建築師，土木工程師，通風工程師和科學工作者在設計與管理自然通風設備時，以及在研究工業建築物的自然通風問題時參考。

本書由全國總工會蘇聯工運研究室甄秉訓同志譯出。

В.В.БАТУРИН, В.М.ЭЛЬТМАН
АЭРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ, СТР. И АРХ. (Москва - 1953)

工業厂房自然通風

中華全國總工會蘇聯工運研究室 譯

1957年2月第一版 1957年2月北京第一次印刷4,344冊

850×1168 • 1/32 • 170,000字 • 印張 $8\frac{6}{32}$ • 插頁2 • 定價(10) 1.40元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 書號 0535

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 录

序 言	4
緒 論	5
第一章	7
一、自然通風的应用范围及其效率	7
二、引起建筑物內自然換气的原因	12
第二章 用模型研究建筑物的自然通風	16
一、模型試驗理論的一般原則	16
二、解决建筑物自然通風課題时所用的近似模型試驗法	27
第三章 建筑物上及建筑物周圍的風压分佈	49
一、平行六面体上的压力分析	49
二、在單独的建筑物上所产生的負压区	54
三、在諸建筑物前面产生的負压区	63
四、正压区域	65
五、建立人工負压区的方法 (擋風屏与女兒牆)	72
第四章 避風天窗	83
一、一般的原則	83
二、避風天窗的各种类型	87
三、求避風天窗示性曲綫	95
四、按基本建設費用与使用費用最小的原則选择天窗类型	107
五、帶有避風天窗的工業建筑物的举例	110
第五章 自然通風計算	121
一、單跨間車間自然通風的計算	121
二、多跨間車間自然通風的計算	164
三、求排出空气的溫度	167
第六章 模型試驗的結果	175
一、單跨間車間模型的試驗	175
二、双跨間車間模型的試驗	189
三、三跨間車間模型的試驗	207
第七章 自然通風的調整	241
附 录 避風天窗的空气动力示性曲綫 (圖 I—XXIII)	247

序 言

苏联在新建工業企業或改建工業企業時都注意到劳动保护的要求。这就是社会主义企業与資本主义企業的根本区别。資本家只追逐利潤，不想花錢来实行改善劳动条件及劳动保护的措施，結果使工伤事故与職業病不断增加。

工業通風对建立良好的劳动条件有着重要的意义。

但是工業通風作为一門科学，只有在苏联才获得了广泛的發展。工業通風的理論与实践是随着国民經济的需要而不断地發展的。

首創通風的理論基础的是苏联学者和工程师。H.E. 儒可夫斯基学派的苏联空气动力学者，M.B. 吉尔皮切夫学派的苏联物理热力学学者所进行的工作都促进了通風这門科学的發展。

苏联工会第十次代表大会为劳动保护科学研究所不仅規定了进一步迅速改善劳动条件的措施的理論研究工作的任务，而且还規定了在实践中推行这些措施的任务。

在本書內我們將着重研究厂房的自然通風。

已經証实，有組織的自然換气——自然通風可以非常有效地改善冶金厂和机械制造厂高溫車間的劳动条件。

工業建築物的自然通風对国民經济有很大的意义。因为自然通風無需消耗机械能，而能保証大量的換气。

对工業建築物的自然通風問題全苏工会中央理事会莫斯科劳动保护科学研究所已經研究了多年。

該研究所研究了計算方法，做出了各种工業建築物的空气动力示性曲綫画冊及工業建築物的佈置画冊，还研究出了一些避風天窗的構造，这种天窗大大地簡化了自然通風的安裝与管理。其中的某一些天窗構造已經成功地使用在冶金厂与机器制造厂的建筑中，

最后謹向工学碩士B.B. 庫切盧克，技師Л.И. 克列諾夫卡婭，H.B. 阿金切夫的幫助表示謝意。

緒 論

众所週知，通風按照引起空气流动的原因分为机械通風与自然通風。在机械通風中，空气是借助於通風机而流动的，它需消耗一定的机械能。而自然通風是借助於重力的作用及風的作用来流动。

所謂自然通風，系指可以管理的有組織的自然换气。

自然通風与全面机械通風的任务相同，都是为了保証車間內的正常的气象条件与空气潔度。全面机械通風与自然通風的区别仅在於前者可以在室內任何处所安設吸气口，而自然换气的进風口則只能位於建築物外圍結構上的开口处。

自然通風無論在改善劳动条件方面，提高劳动生产率方面，或者在节省燃料方面都有巨大的国民經济意义。

關於这一点可以举出許多例子來說明。馬丁爐每煉一吨鋼，在厂房內可以产生 70 万大卡的热量。为了保証厂房內的正常溫度，必須用空气吸收这些热量，因此必須向車間送入 10 万公斤的空气，也就是說每煉一吨鋼須送入一百吨的空气。即使爐子的生产量不大 100 吨/小时，每小时也須向車間送入或从車間內排出 10,000 吨空气，而輸送这些空气所需的电能約为 2,000 瓩小时。

在現代的鍛工車間內，每一吨鍛件所需的通風量大約也為 100 吨，在生鐵鑄造間与脫模間的通風量約為每吨鑄件 70 吨空气。只要从下面的材料就可以知道自然通風的换气量是多么大，根据中央建筑科学研究实验所的資料，某厂的馬丁爐車間的自然换气量，在夏天約为 2,300 万公斤/小时，而在另一厂的馬丁爐車間的换气量約为 1,900 万公斤/小时，在軋鋼車間內為 2,100 万公斤/小时。

自然通風的有效和合算早就用不着証明了，証明起来也很簡單，易於令人信服。在过去高溫車間內只注意机械通風，当时以为自然通風並不重要。但后来經過几次試驗証明，自然通風量較

机械通風量高很多倍。在这种情况下，安裝費与使用費很大的全面机械通風的作用就很小，甚至於有的时候几乎等於沒有作用。在这种情况下，机械通風最好是採用空气淋浴、空气幕与局部排風裝置的形式来补充自然通風的不足。

随着余热与風速的变化，自然换气量可达每小时数百万立方公尺，虽然如此，在室內仍不能建立有利於工人健康及工作的气象条件。大家都知道，当有穿堂風吹过高溫車間时，从承風面吹入的大量空气，將热空气驅到背風面，在那里形成非常惡劣的气象条件，气温將上昇到 50°C 以上。另一方面我們还知道，車間內的余热可足供住宅房間的採暖用，但在冷的季节自然换气却会很厉害地降低車間內的溫度。

在多跨間的車間內，为了保証离外牆上进風口很远的工作地点也能自然通風，必須从天窗間的空間吸入空气。这样作有很大的困难，車間必須具有特殊的輪廓，在多跨間的車間內，如多跨間的高度相差很大，而且中間的跨間很低，則各天窗之間的空气会很骯髒，这种空气絕不能用来进行自然通風。

如能在設計工業建築物的时候，注意自然通風問題，就可以順利的克服这些困难。

第 一 章

一、自然通風的应用範圍及其效率

在溫暖季节，除少数的工業企業，因技术操作过程的关系，需要預先处理空气的以外，都可以採用自然通風。

在溫暖季节，在單跨間車間內，室外空气是从牆下部开啓的窗扇进入，室內空气是从天窗上的窗扇排出。

在多跨間車間內，仅有牆上的一些窗扇是不够的，为了保証室內距外牆很远的工作地点也有新鮮空气，还必须从上部即建筑物的房頂上吸入空气。

如欲在冬季利用自然通風，室內必須有足够的余热量以加热計算数量的室外空气。除了天窗上的窗扇外，在牆的上部（离地面5—7公尺）还必须有一層窗扇，以便吸入室外空气。这些窗扇的高度必須能够保証室外空气从窗扇流到工作区域之前，可以与室內的暖空气相混合而提高到足够的溫度。

自然通風应广泛地採用於有余热的車間內（即所謂的高溫車間）：如冶金厂的高爐車間、貝士麦爐車間、馬丁爐車間、軋鋼車間、机器制造厂的鍛工車間、鑄造車間、热处理車間、化学工厂的爐窖車間、瓦斯發生爐車間以及鍋爐房和机器間等等。

解决通風問題最合理的办法，为綜合採用自然通風、局部吸入式机械通風（空气淋浴，空气乘凉間，空气幕）与局部排出式机械通風。

自然換气的效率決定於許多因素，这些因素無論在設計工業建筑物的时候或者管理自然通風的时候都必须注意。

可以保証在厂房內合理地組織自然換气的基本措施如下：热源（生产設備）的合理佈置，建筑物适当的建筑外形（跨間数目，房頂的形式，輪廓），牆壁与天窗上可开啓窗扇的合理排列。

如工艺师与建筑师不但能够考虑对工业建筑物的各种复杂要求，而且还能够注意自然通风，能协调地全面地解决问题，即既解决其它问题，又合理地解决自然通风问题，这样就能达到非常合理地组织自然换气的目的。

可以举出很多的例子，说明许多工业建筑物在设计时，因为注意了自然通风，所以在使用时通风效果很好。

也能找出一些坏的例子，在设计工业建筑物时，因未充分注意自然通风，结果在后来，企业不得不浪费很多的钱。

还有一些企业，因在现有的建筑物上多开了一些窗洞，结果也能使厂房内有了良好的自然通风。

圖 1 所示战前建筑的铸造车间，就完全不能满足自然通风的要求。

这个建筑物是一个多跨间的车间。带传送带的铸造场位于中间的各个跨间。在其三侧有料场，配砂间及可锻生铁与有色金属铸造工段等较高的跨间将其围起。

显然中间各跨间上的天窗沉没在当中，因之整个房顶都不能很好地通风。此外，铸造场房顶上的天窗的高度及位置与热的发生源（炉、干燥炉、浇铸地点、脱模地点）都不相适应。较高的天窗多位于车间内低温部份的上面，相反能够排出大量热的部份的上面的天窗却都比较低、比较小。在排热量不同的各部份（浇铸、制型、脱模等部份）的上面却开设了同样的天窗。

而且铸造场离经常排出大量废气的中央热电站很近。

位于建筑物周边的窗扇，仅能供给靠牆的部份以新鲜空气。而铸造场却只能用自然通风或机械通风方法从上面吸入新鲜空气来进行换气。

因主要车间上的天窗被其它天窗围住，并沉没于当中，结果房顶上的空气过热，並含有大量的一氧化碳（CO）。

从冲天炉出来的排出物，从天窗窗扇中排出的污染空气以及从集中在房顶上的许多烟囱（干燥炉，均热炉及退火炉的烟囱）排出的煤气污染了房顶上的空气。

剖面 II—II

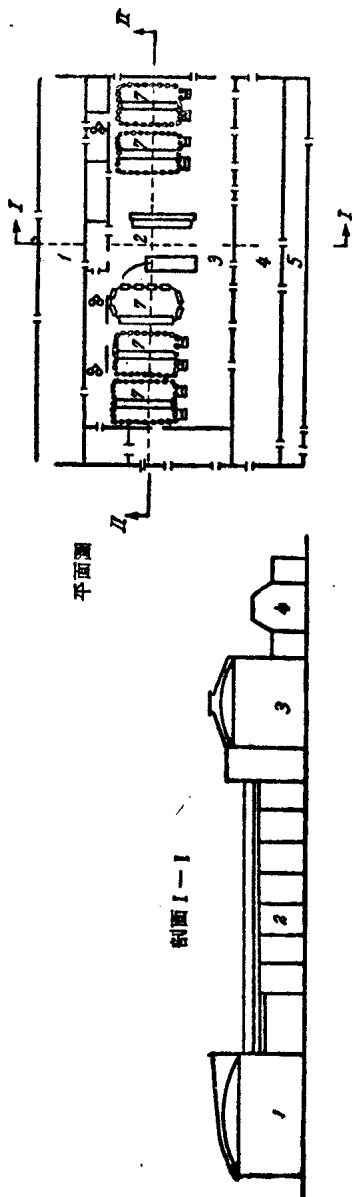
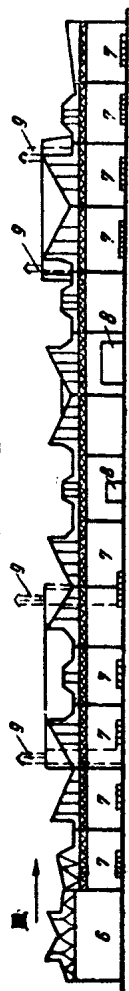


圖 1 鑄造車間的平面圖與剖面圖

1-料場；2-鑄造場；3-配砂間；4-落理間；5-生活用室；6-有色金屬鑄造工段；7-傳送帶；8-爐子；9 冲天爐

因在制总平面图与机器设备的佈置平面图时对自然通風問題注意不够，对車間高度与房頂輪廓的選擇問題注意不够，虽有机械通風輔助，但工作地帶的气象条件仍然很恶劣，空气中一氧化碳的濃度仍然超过标准的规定。

只要指出工作区域与室外空气的溫度差超出了容許限度 5°C 而为 11.4°C ，並从未低於 9°C 这一点也就足以說明問題。在个别部份的溫度有达 41° 者、（超过室外溫度 14°C ）。天窗間的一氧化碳的濃度达 $0.05—0.09$ 毫克/公升，个别的时候达 0.1 毫克/公升。

我們也可以举出另外一些多跨間的鑄造間，虽仅有自然通風而沒有机械通風，而气象条件与一氧化碳的濃度却比标准規定为低（見圖 2）。

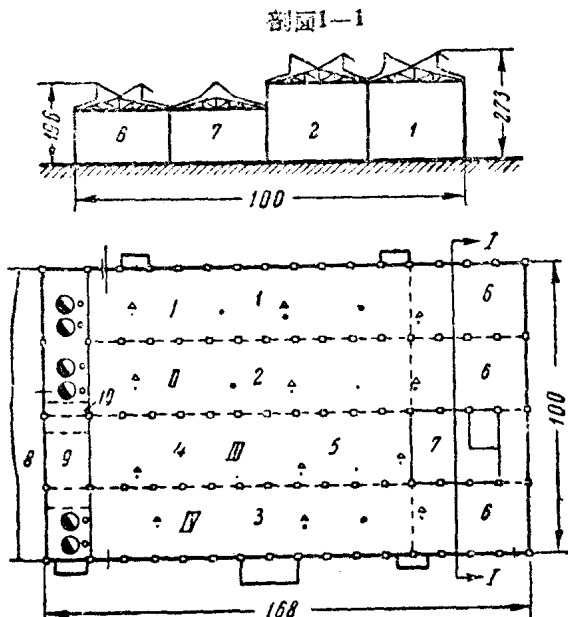


圖 2 鑄造車間的平面圖与断面圖

- 1 大型鑄造間；2—中型鑄造間；3—小型鑄造間；4—型芯間；5—干燥爐；
6 清理間；7—修理間；8—料場；9—型砂配制間与冲天爐；10—干燥爐与冲天爐

这是重型机器制造业鑄造工厂内的一个四跨間的車間，長 168 公尺，寬 100 公尺，每跨間的寬度为 25 公尺。鑄造場位於最高的跨間內。在第一跨間內为大型鑄造間，在第二跨間內为中 型鑄造間。位於最低的第三跨間內的为型芯間，干燥爐。位於最 低的第四跨間內的为小型鑄造間。

鑄造場三面露在外面並与室外空气相通。

虽然只利用第一跨間与第四跨間的窗洞吸入室外空气，但气 象条件与 CO 的濃度却都符合标准，甚至低於标准（見表 1）。

表 1

跨間	散 热 量 (大卡/小时)	換 气 量 (公尺 ³ /小时)	溫 度 (度)			一氧化碳 (CO) 濃度(毫克/公升)	
			室外 空气	工作 区域	排出 空气	工 作 区 域	排 出 空 气
I	3,114,500	—	25.2	28.1	33.7	0.013	0.026
II	2541,000	1,577,000	25.2	29.5	33.3	0.035	0.006
III	46,300	1,895,000	25.2	—	—	0.008	0.009
IV	81,000	—	25.2	29.9	33.0	0.006	0.021

我們也可以举某汽車工厂的鍛工車間的例子來說明，如果在 設計时能考虑到自然通 風問題，自然通風效果 必然很好（見圖 3）。

这是一个單跨間的 建筑物，長 198 公尺， 寬 24 公尺， 从地面到 天窗下一列可开啓窗扇 的高度为 18 公尺。天 窗每側都有兩列窗扇。

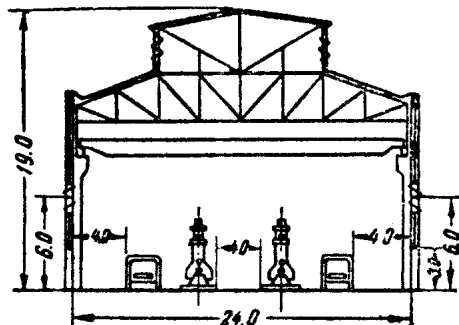


圖 3

当室外空气为 -3.5°C 时，換气量約为 1,300,000 公斤/小时， 空气是从牆壁上距地面 5~6 公尺高处的上一列窗扇吸入。工作 地帶的溫度为 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。当室外溫度为 -17°C 与 -21°C 时，換

气量为 1,200,000 公斤/小时。工作地帶的溫度相应地为 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$ ；靠近大門处因为没有外室及空气幕，溫度常常降低到 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

夏季，当室外溫度为 22.5°C 时，换气量为 3,600,000 公斤/小时；工作地帶的溫度为 26°C 。

解决單跨間車間內的自然通風問題較多跨間車間簡單得多。

在多跨間的車間內，室外空气必須从余热量不大或者完全没有余热的跨間的天窗窗扇吸入。因此，此种車間的房頂的透風情况必須很好，以防形成停滯区域。鑒於某些鑄造車間失敗的教訓，我們建議在設計房頂时，必須防止中間的跨間低於周圍的跨間，不得同时綜合採用橫向的天窗与縱向的天窗。

管理自然通風是非常复杂的，因为，为了防止風吹入天窗后室內上昇的气流倒卷回来使工作地帶的空气条件惡化，必須关闭天窗承風面的窗扇。

採用避風天窗可以根本上簡化自然通風的管理。

有关採用避風天窗后的自然通風的效率的材料見第四章。

二、引起建築物內自然換氣的原因

在建築物內形成自然換氣的原因，是在某些開口處的室內壓力小於室外壓力（即大氣壓力），而在另一些開口處，室內壓力却大於室外壓力。這樣室外空氣經第一類開口流入室內，而室內空氣則經第二類開口排出。

壓力差可能在重力的作用下（即室內外空氣柱的重量差），在風的作用下或者在重力及風的共同作用下產生。

在有余熱的廠房內的空氣較室外空氣為熱。如果建築物上有溝通室內外空氣的開口時，室外空氣因較重而流入室內，並將較輕的室內空氣排擠出去。同時進入室內的空氣亦因被室內各種熱源（如各種工業用爐，灼熱與熾熱的金屬等）加熱，結果也被排擠出去。這樣就形成了川流不息的換氣。

在室內灼熱物體（例如爐子）的上方所產生的熱流起有很大

的作用。

当室内有热源时，不断地有一些新鲜空气流向热源，代替已逸走的热空气，当其流近热源后亦被加热而上昇。

如果这一现象是发生在无限宽广的空间中时，则热流中的空气不再回到热源。但当热源位于一个闭塞的狭小的空间内时，就会产生闭锁式的热流循环。热流的循环过程如下：热流先从热源上昇，到达天花板后，沿天花板四散漫延，再回到热源。

如果热源位于建筑物内，而建筑物的牆上及天窗上又有洞口与室外空气相通时，则当热流在天花板下漫延时会有一部份经天窗窗扇流到室外，而剩下的一部份返回下方，折入热流及流入的室外气流。

此种循环当我们去掉天花板之后，在大多数情况下，仍能产生。

与一部份热流空气回到热源的同时，还有室外空气流入。通常当排风口的面积比下部进风口大得多的时候，室外空气是经天窗上的开口流入室内（不管有無风吹）。

空气的加热温度愈高，随热流离开热源的空气愈多，则从侧方流向热源的空气亦愈多。

经上部开口排到室外的空气愈多，则经下部开口流入室内的空气亦愈多。

所以，可以把热源看做一个通风机，它可以根据自己的发热量与空气在其流经的途中所受的流体阻力的大小，在室内进行程度不同的换气。热气流的热量愈大，流体阻力愈小（若窗扇的开启角度亦愈大时），则换气量亦愈高。

在工业建筑物中风的作用表现在两方面：在承风面它可以产生正压（与离建筑物远处的大气压相較），而在背风面及房顶上（房顶倾角小于 45° 时）又可以产生较大气压力小的压力（负压）。

当风绕建物流过时，因受建筑物阻碍而引起的气流弯曲现象，在整个风流中不会延續很长。

假设我们在建筑物的四周划出一个正确的流线区域，则在这

个区域边界上的压力將等於大气压力(等於稳定气流中的压力);在区域以內因气流受建筑物的限制,速度增加,而压力减小,也就是說由於靜能的轉化使动能增加了。

如欲确定風給予建筑物的压力,通常制一与真正建筑物几何相似的模型,將其置於風洞中进行試驗。

試驗后,可求得空气动力系数——某一点上的压力与風的动压的比。

当改变風速与模型的比例尺寸时,实际上,空气动力系数的数值仍然不变。这是因为建筑物上有尖銳的邊緣,气流永远在此处被折断;因此,此种现象是不受雷諾氏准数所决定的。

由於風力的構成特性,通常是用模型来研究建筑物上的風压分佈。这些特性为:風速及風向並不固定,而不断地在改变着。最常見的最大風速为平均風速的 1.1 倍,而最常見的最小風速为平均風速的 0.8 倍。一般說来最大的風速可达平均風速的 1.9 倍,而最小風速仅为平均風速的 0.2 倍。根据瞬时風向的記錄,知道水平面內的風向与平均值的偏差达 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。在垂直面內,气流大都向上与水平綫成 3.5° 角。

如果建筑物上的开口处於不同風压下,空气就会从压力大的地方流向压力小的地方,因此仅在風压的作用下,即可形成換气。通常,建筑物內的換气,大都是由於室內外空气的比重差与風的作用而形成的。

如果有了建筑物的空气动力示性曲綫——空气动力系数,就可以进行風作用的定量計算。

知道了空气动力系数,我們就可以合理地組織換气,並且可以根据室內外的条件的变化,进行調整。

同一建筑物的空气动力系数可能不同,这決定於該建筑物是直接处於風的作用下呢,还是位於其它彼此距离不大的各建筑物之間^①,而不直接受風的作用(因位於負压区)。

① 建筑後彼此間的距离小於前立的首冲風向建筑物高度的 6~10 倍时,即可認為短距离。

在后面（第四章，第六章及附录）引了许多标准的压力分佈材料与示性曲线，供大家进行风对建筑物作用的定性估计与定量计算时的参考。

根据空气动力系数的数值，处于风压下的天窗窗扇必须关闭，或者安装挡风屏，以免风吹入天窗，使室内污染空气又返回工作地带。

如果天窗不是避风的，在其上须有两倍的窗扇面积以备风向改变时，仍能保证计算换气量。这样作会大大地提高建筑费用。

由于上述这些情况，不得不设法研究出一种避风天窗或者找出建筑物适当的几何比例，以保证天窗避风。

因为在重力的作用下，在风的作用下以及在重力及风的共同作用下所产生的自然通风现象相当复杂，所以研究它们时，主要是在现有的建筑物内进行试验。或者用几何形状与建筑物相似的模型进行试验。

在建筑物内进行试验或者用模型进行试验时，通常都研究某一具体的现象，总结研究的結果，求得计算其它类似现象时的依据。

单一试验的结果，只能适用于彼此相似的各种现象中。

相似理论，论述了如何将在建筑物内进行的单一试验的结果运用于类似的建筑物，也论述了如何用模型进行试验，然后又怎样将其所得的材料运用于实际建筑物。下面就叙述一下模型试验所根据的相似理论的一般概念，并举出很多的模型试验材料。

第二章

用模型研究建筑物的自然通風

一、模型試驗理論的一般原則

建筑物內自然通風的过程極端复杂，因而根据理論准确地計算自然通風，目前还非常困难。

因此，現在在設計工作中，採用一种近似計算方法，这种方法，基於一系列的可以簡化計算的假設（見第五章）。

自然通風計算得是否正确，可以在建筑物內进行实验加以檢查，也可以在試驗室內用建筑物模型試驗自然通風中可能發生的过程，加以檢查。

头一种檢查方法固能直接地肯定自然通風計算得是否正确，但在建筑物內进行試驗也具有許多严重的缺点。首先一点，这种檢查只能在建筑物建成之后才能进行，但建筑物建成之后，通常已很难再修改設計中已設計好的自然通風裝置。第二有很多不同的因素作用於自然通風的过程（这些因素在用实际的建筑物試驗时試驗員不能掌握），欲發現自然通風的过程与其中每一个因素的关系是很困难的。

在試驗室內用模型試驗时，可以在各种能影响过程的因素的作用下，研究自然通風，此外，为了进行更詳細的研究，在总的試驗中还可以分出个别的局部的試驗。

例如：可以單獨进行模型外部試驗，决定当風繞过建筑物时压力的分佈情况；也可以进行模型的內部試驗，研究一下室內空气循环的情况。

自然通風裝置的各个部份均应进行試驗。还应單獨地研究空气流經排气口与进气口的窗扇时的情况。以及空气流經天窗时的情况。