

居住房屋的隔音

H·古雪夫 著



建筑工程出版社

內容提要 本書全面而簡要地介紹了各項防止噪音的措施：
建築平面規劃上的措施；結構上的措施；使用管理上的措施。

書中并推薦了若干種隔音性能良好的房屋部件的構造
處理方案。

本書可供從事居住房屋設計的建築師、土建技術人員
參考。

原本說明

書 名 ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

著 者 Н. Гусев

出版者 Издательство "Московский рабочий"

出版地點
及 年 份 Москва—1953

居住房屋的隔音

王 建 瑚 譯

*

建築工程出版社出版(北京市東城門外南風土路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號596 41千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 2 $\frac{1}{4}$

1957年8月第1版 1957年8月第1次印刷

印數：1—1,950冊 定價(11) 0.48元

統一書號：15040·596

定 价：0.48 元

序 言

在第19次党代表大会关于发展苏联的1951~1955年第5个五年计划的指示中，规定了社会主义的工业要大大增长，它是我国一切国民经济部门继续发展的基础。同时又规定拨给住房房屋及文化福利房屋基本建设的款额，几乎超出了战后五年计划中建造费用总额的1倍。

1951~1960年内莫斯科的改建总计划，就是共产党和苏联政府关怀改善劳动人民的物质生活条件的鲜明证据。10年内计划在首都建造1,000万平方公尺的居住面积，而在头5年内建造的居住面积，就比前一个五年计划所建的要多2倍。

除建筑多层房屋及继续发展地下铁道线路外，在首都将实现住宅的瓦斯化及暖气化，铺设新的干道，兴建戏院、俱乐部及医院。在城市绿化方面也将有很大的工程。

为了能够在这样短促的期间内，完成规模宏大的莫斯科改建计划，就必须有新的、生产率高的施工方法。

莫斯科以及其他城市建筑多层住房房屋的經驗证明：以工业化的方法建造住宅，工期可缩减 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ ，而劳动力的消耗可减少一半以上。除了这些经济上的优越性外，建筑工程的质量亦得到了改善。

在这一方针下的最近任务，已由莫斯科第10次省党代表会议明确地予以规定了。“为了能胜利地完成这些任务，必须：坚决地使建筑施工走向工业化的方式，顽强地运用全盘机械化及建造房屋的先进技术，彻底根绝手工业方式；

目 錄

序 言.....	2
声音和噪音的概說.....	4
計算的和容許的噪音响度級.....	10
防止噪音的建築平面规划措施.....	14
噪音在房屋中的傳播路徑.....	19
防止噪音的結構措施.....	22
层間樓板的“浮式”地板結構.....	37
“分离式”(分开式)的层間樓板結構.....	52
門窗的隔音措施.....	54
隔离工作設備噪音的房間隔音措施.....	59
施工質量对房屋隔音的影响.....	64
防止城市噪音与生活噪音的措施.....	70

目 錄

序 言	2
声音和噪音的概說	4
計算的和容許的噪音响度級	10
防止噪音的建築平面規劃措施	14
噪音在房屋中的傳播路徑	19
防止噪音的結構措施	22
層間樓板的“浮式”地板結構	37
“分離式”(分開式)的層間樓板結構	52
門窗的隔音措施	54
隔離工作設備噪音的房間隔音措施	59
施工質量對房屋隔音的影響	64
防止城市噪音與生活噪音的措施	70

序 言

在第19次党代表大会关于发展苏联的1951~1955年第5个五年计划的指示中，规定了社会主义的工业要大大增长，它是我 国一切国民经济部门继续发展的基础。同时又规定撥給居住房屋及文化福利房屋基本建设的款额，几乎超出了战后五年计划中建造费用总额的1倍。

1951~1960年内莫斯科的改建总计划，就是共产党和苏联政府关怀改善劳动人民的物质生活条件的鲜明证据。10年内计划在首都建造1,000万平方公尺的居住面积，而在头5年内建造的居住面积，就比前一个五年计划所建的要多2倍。

除建筑多层房屋及继续发展地下铁道线路外，在首都将实现住宅的瓦斯化及暖气化，铺设新的干道，兴建戏院、俱乐部及医院。在城市绿化方面也将有很大的工程。

为了能够在这样短促的期间内，完成规模宏大的莫斯科改建计划，就必须有新的、生产率高的施工方法。

莫斯科以及其他城市建筑多层居住房屋的經驗証明：以工业化的方法建造住宅，工期可縮减 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ ，而劳动力的消耗可减少一半以上。除了这些经济上的优越性外，建筑工程的质量亦得到了改善。

在这一方针下的最近任务，已由莫斯科第10次省党代表会议明确地予以规定了。“为了能胜利地完成这些任务，必须：坚决地使建筑施工走向工业化的方式，顽强地运用全盘机械化及建造房屋的先进技术，彻底根绝手工业方式；

保証生产装配式鋼筋混凝土零件及建筑材料的工厂，能加速建造和投入生产。組織生产大型砌块建筑用的混凝土砌块及矿渣混凝土砌块”。

用大型装配式构件建成的新住宅，应当具有高度的耐久性、良好的热工质量和热状况，以及滿足隔音的要求。

应当指出，近年来隔音問題已具有很大的意义。建筑工作者們在处理这个問題中，曾經犯了許多錯誤。他們未能經常充分利用那些由房屋工业化施工所开辟的解决隔音問題的巨大可能性；同时也未曾考慮到，由于采用工业化施工而要求有新的处理隔音問題的方式。

在改善住宅的隔音上，建筑师应起很大的作用；但他們常常并不注意这个重要的工作。其实，尚在設計阶段时，他們就必须考虑防止噪音的具体措施。其办法就是合理地规划城市街坊及定型單元。每个建筑师都应注意到，不讓产生噪音或者在产生噪音的地方就將它消灭了，是比用昂貴的結構措施来防止噪音为佳。对这些問題的研究指出：要解决复杂的房屋隔音問題，只有共同采取下列一些措施：建筑平面规划上的、結構上的、使用及管理上的措施，方能达到。本書的目的就是对这些措施作一簡要的介绍。

声音和噪音的概說

人的日常生活和活动，是与很多形形色色的声現象密切关連着的，如敲打声、軋軋声、咬牙声和沙沙声等声現象。人所以能感受到声音，就因为他具有极其敏感的器官——耳朵。

耳朵的卓越功能之一，就是它能从多种可聞的声音中，分辨出在該时刻我們最感兴趣和最重要的声音。譬如，听一交响乐队的演奏，我們就能够从中分辨出大鋼琴、笛子、大提琴或小提琴的声音来。

在自然現象及工程技术中，我們經常会遇到各种振动运动和波动运动。例如：像鐘摆的摆动，水表面上波浪的蕩漾，无綫电波的傳播等等，均是屬於这样的运动。

根据試驗查明，人耳所能感覺到的声音，其振动頻率是在16~20,000赫芝^①之內。在上述范围之外，还存在着“听不見的声音”。这些声音称为超長波音(当頻率小于16赫芝时)或者超短波音(当頻率大于20,000赫芝时)。

空气像一切物体一样具有彈性的性質；它也具有質量，因而也就具有慣性。如果使它运动起来后，即使在产生这运动的力量已停止了自己的作用，它尚能繼續振动下去。

由于空气有彈性和慣性，所以能产生彈性空气波。这些波是在空气密度发生突然变化时，亦即在空間任一点处出現密集或疎散时产生的。

一切声音的起源，都是基于任何一种彈性物体的机械振

① 赫芝—振動頻率的單位；即此時振動物體在1秒鐘內振動一次。

动。像发出声音的弦的振动，音叉的振动或无线电扬声器紙膜的振动，这些都是可以用肉眼直接看得到或用指尖感触得到的。直接鄰近于振动物体表面的一层空气質点，將被卷入有节奏的密集和疎散状态。由于空气的彈性，这些变化又將傳給鄰近的質点；同上，它們又再往后傳，直到进入人的耳朵。此时，充滿在耳朵外腔內的空气質点，將推撞着鼓膜，鼓膜的振动又傳給听觉神經，并通过听觉神經傳到大腦；在这里，物理現象变成了心理和生理的現象，机械的振动就产生了声音的感觉。

在声波中空气質点振动的振幅（或者范围）是很小的；这就是所以在声波密集处的声压亦很小的原因。当其为弱音时，則此压力將比落到人头上的蚊子所产生的压力还要小得多。

不仅空气可作为把声音傳至一定距离的介質，而且水、泥土、鋼材以及磚石等等也均可作为此种介質。比方，潛入水中可清楚地听到輪船的机器声；把耳朵貼到鉄路軌道上，就可以听到駛近来的列車的嘈杂声；而且是在列車声借着空气傳到我們耳朵之前好久就听到了的。由此可知，水和鋼是比空气較好的导音体。

表 1 中列有声音在各种介質內的傳播速度值。

表 1

介 質 名 稱	聲音的傳播速度 (公尺/秒)
溫度為15~20°C的空氣	340
溫度為15°C的水	1,430
順木紋的木材	400
石料、磚砌体	3,600
鋼筋混凝土	5,100
鋼	5,000

应当指出，在处理隔音問題时，声音在各种介質內的傳播速度有着重大的意义。

“噪音”这名词，通常是指由各种不同强度和高度的声音杂乱地混合而成的一切混合音。如工业企业中的生产噪音，城市的街道噪音均为噪音的实例。在那里，可以听到金屬的鏗鏘声，机器工作部分的軋軋声及尖叫声、人的呼唤声、信号喇叭声、通风裝置的号叫以及电动裝置的嘈声等。所有这些声音混杂起来，就形成一种杂乱的声音而产生嘈杂的感觉。

但是，从卫生观点来考虑，則应主观地理解为凡是可能在一定的日常生活和活动条件下对人有所妨害的声音，均可称为噪音。

比方，对在家庭环境中从事科学工作的学者来说，严重妨碍他創作活动的噪音，可能就是鄰近房間內的歌唱或彈奏的乐器声。

在关于噪音对人的影响方面的多次研究中，証明噪音对人的健康及工作能力是有害的。

人在經常的噪音下工作，很快就会使人疲劳；同时会妨碍人在思考某一种問題时注意力的集中。

噪音的有害作用，在于它長期无形地累积能使人的神經系統受到刺激。由观察查明：强度和高度大的声音，以及由某种声源发出的連續長時間的而且單調的声音，对人起有特別有害的作用。像城市主要街道上的噪音，企业中由机器产生的噪音，以及由通风机产生的噪音等等均是屬於此类声音。

偉大的俄罗斯生理学家И.П. 巴甫洛夫的劳績，令人信服地証明了，不仅是人的身体与外界环境密切相关，而且外界环境对人体的新陳代謝有着很大的影响。

苏联的学者們又发展了И.П. 巴甫洛夫的观念，确定了

新陈代謝的程度，其变化是很大的，尤其是在噪音的影响下更甚。他們的研究同时証明了，人的身体具有适应 外界环境的能力。

И.П. 巴甫洛夫在有关外界环境与人体統一方面的研究工作，使防止噪音有害作用的問題大大扩展了；并使苏联建筑师們理解到，在設計和建設我們的城市时，不仅必須要考虑到噪音的物理特征（它的强度、高度及其他等等），同时还要考虑到人体的心理和生理状态，外界环境的特性以及噪音对人体作用的具体条件。

防止城市噪音的問題，實質上并不是一个 新的問題。然而在資本主义国家里，却未曾对这个与人类极为重要的問題寻求过根本的解决办法。因为，在那儿資本家的經濟利益占着首要地位，而这与劳动人民的切身利益是相抵触的。

A.M. 高尔基在他的“黄鬼城”一篇評击文中，曾描述过美国最大城市之一——紐約的喧嚣情景：“街道是潤滑貪婪的咽喉；这个城的一小块黑色的食料——活人，沿着街道漂流到深处。到处——在头上，在脚下，以及你的身旁——都是鉄在生气勃勃、隆隆的响着，庆祝着它的胜利。鉄，由于黄金的力量而有生命，因黄金而有生气；它像蜘蛛網似的圍繞着人，压迫着人，吸吮着人的血液和腦汁，耗尽人的肌肉和精神。而鉄是越長越大，倚靠在无声无息的岩石上，越来越寬的張开它的鎖鍊的鉄环。

机車后面拖着像一条大蛆似的車箱在蠕动，汽車的喇叭像肥鴨似的在呱呱地叫，电車悽慘地在哀鳴。悶热的空气，宛如潮湿的海綿，含着千万种悲号的声音”。

这幅昏暗的景像，鮮明地給資本主义城市 的面貌作了一个鑑定。在那儿，甚至連最起碼的、保障劳动人民健康的措施

都沒有；只是在一批所謂有特权的居民——財主們的居住街坊內，才在城市街道上和屋內實施着防止噪音的措施。

我們社会主义的城市及住宅的建設，由于貫徹了关怀苏維埃人民的思想原則，所以首先注意到的是劳动人民的健康。为此，在我們的城市建設中，正在有計劃地實現着全盤的保健措施。在這些措施中，防止噪音也占着显著的地位。

消除居室中的噪音問題，在下列一些已經周密考慮过的措施的基础上，是可以順利的來解決的：

（1）建筑平面規劃性質的措施。即关于合理的規劃城市街坊及居住房屋的問題；

（2）結構性質的措施。即关于選擇在隔音方面有效的牆、隔牆、層間樓板和門窗的問題；

（3）使用性質的措施。即关于在居住房屋中利用工程設備（电梯、水泵、鍋爐、衛生間等等）的問題；

（4）施工性質的措施。即关于建造房屋時的施工質量問題。

為了使我們便于理解隔音的實質，同時為了要在居室內建立正常的噪音狀況，而有可能找到實用的建筑平面規劃及結構的方案，在下面引述了目前包括在多层居住房屋隔音細則中的一些基本概念及量值。這個細則曾經苏联部長會議國家建設委員會批准。

當討論隔音問題時，我們必然會涉及到关于聲音的兩個基本概念：一是物理上的或是客觀上的；一是生理上的或是主觀上的。當談到聲音的物理方面時，我們就用它的力量（或強度）、泛音成分及振動頻率來評定聲音；而談到聲音的生理方面時，則用它的响度、音色及高度來評定。

聲音的量或強度應當理解為：于1秒鐘內，在垂直于聲音

傳播方向的 1 平方公分面积內所通过的声能。因此，声强是以能量为單位——尔格/平方公分·秒或微瓦/平方公分来度量的。

主觀上的声音强度是用它的响度来評定的；声音的成分是用伴随着基音的陪音(泛音)的数量及其性質表征。这些陪音决定着所謂声音的音調，而借此音調能使我们分辨出由不同物体、不同乐器等发出的同一强度和同一振动頻率的声音。

声音的第三个客观特征——振动頻率，由它决定声音的高度。故高度是声音的主要主觀特征之一。

我們的听觉器官，对于不同高度的声音，感应是不同的。由試驗查明：我們的耳朵对振动頻率在 1,000~3,000 赫芝範圍內的声音最为敏感。今把在頻率为 1,000 赫芝时，产生听觉的最小声强作为声强的零級，以后任何的声强都以此为准而作比較。

以声强值 I_f 对零級声强 i_0 之比值，并取其对数之 10 倍，亦即以 $10 \lg \frac{I_f}{i_0}$ 来表示任一声音的强度；在实用上是极其方便的。而这个等于任一声强对零級声强比值的对数之 10 倍值，称之为声音强度級，單位为分貝^①。

声音的响度是声强的主觀特征。經驗証明，同一强度的声音，但其高度不同，則会产生不同的声音响度的感觉。由于这种情况，所以必須采用一个称之为声音响度級的新量值。任何已知頻率为 L_f 的声音，其响度級就是响度(在听觉上)与它相等的；而頻率等于 1,000 赫芝“ L_{1000} ”的标准純音的响度級。响度級的單位是防^②，它代表頻率为 1,000 赫芝；声强等

① 本段原有漏印和符號印刷錯誤，如 i_0 誤印為 V_0 ——譯者。

② 防——噪音响度級的單位。响度變化一个防就是用人耳所能覺察出來的最小值。

于 1 分貝的标准純音的响度級。

应当指出,当頻率為 1,000 赫芝時,声音强度級与响度級兩者在数值上是彼此相等的。

当計算隔音時,必然会涉及到材料的吸音問題。材料的吸音可理解為,是材料表面积 S 与其吸音系数 α 的乘积。吸音系数乃是該表面所吸收的声能对射到这表面上的声能之比值。吸音系数是以百分数来表示的。吸音的單位为“賽賓”^①。

当处理隔音問題時,还会涉及到“音阻”的概念。它是表征材料或介質的导音性的,并等于材料(或介質)的密度与声音在材料(或介質)中的傳播速度的乘积。

在討論隔音問題時,“共鳴”的概念有着重大的作用。共鳴即是当一物体与振动頻率和它相合的另一个发音体相隔不远時,这物体就会开始发响。因此,共鳴的物体产生振动运动,仅仅是由于那种适合其自身振动的声音所引起。而此种声音也正是其即將发出的。共鳴表面的鳴响愈是强烈,則引起这共鳴的声音本身也就愈快的停息(如果突然停止它的作用)。

計算的和容許的噪音响度級

居住在房間里的人所受到的无数种形式的噪音,均可將它們分成下列三大組:

(1) 城市街道噪音 这种噪音通常是以連續的、單調的噪音形式出現,在其底色中可分出急促尖銳的声音、汽車的喇叭声等等;

(2) 生活噪音 这种噪音出現的形式为:因各种撞击而

① 賽賓——1 平方公尺開着的窗戶面積所吸收的聲能。

經由房屋承重結構及圍護結構傳出的尖銳聲；由鄰室收聽無線電時放出的高聲音，以及人們的大聲談話等等(圖1)；

(3) 使用上的噪音 這種噪音系由工程設備產生。屬於這類噪音的有：由電梯的機器房所發出的噪音；因外門和電

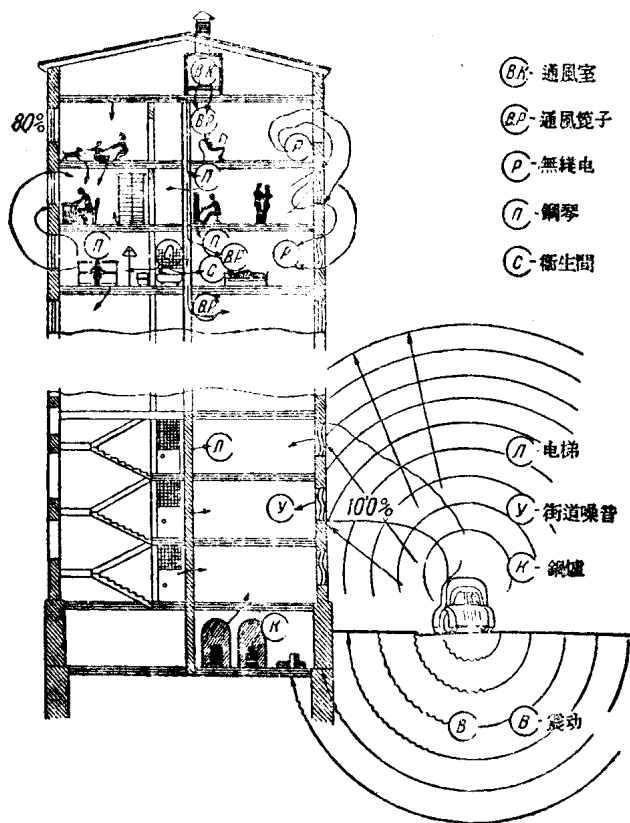


圖1 在使用過程中，于居住房屋內產生的各種形式的生活噪音和使用噪音。并示有由交通工具所產生的街道噪音和振動傳入居住房屋的示意圖

梯門关得很响时而产生的噪音;由通风机、水泵产生的噪音等等(图1)。

由于建筑科学院建筑技术研究所若干年間进行的实物研究,使我們能够对城市街道及广场,按照噪音的特征而作出下列的分类:

- (1) 凡是主干街道及有各种交通工具行駛的广场均属于第一类。这些地方具有最高的噪音响度級;
- (2) 凡是有電車和汽車行駛的街道均属于第二类;
- (3) 凡是有公共汽車和小汽車行駛的街道均属于第三类。

在处理居住房屋的隔音問題时,可以用平均計算响度級作为原始数据。在表2列有各种街道的平均計算响度級。

城市街道噪音的計算响度級

表 2

按噪音特征來分的街道類別	噪音的計算响度級(昉)
主干街道及廣場.....	80
有電車和汽車行駛的街道.....	75
有公共汽車和小汽車行駛的街道.....	70

在居住房屋內当其使用时所产生的噪音,其計算响度級列于表3中。

居室隔音的实际問題,就是要使噪音的計算响度級降低至房間內所容許的响度級。因而,为了解决隔音問題,除以上兩表所列举的計算响度級外,尚須知道居室內的容許响度級。按照多层居住房屋隔音細則(И104—53)的規定,居室的容許响度級为:

- (1) 当隔絕空气噪音时35昉
- (2) 当隔絕撞击噪音时40昉

应当指出，当处理居室内經由通风道傳出的噪音的隔音問題时，上面所引用的隔音标准尚須降低10昉。即此时規定的噪音容許响度級，应取为 $35 - 10 = 25$ 昉。在处理由通风系統产生的隔音問題时，所以要降低容許响度級的原因是由于

居住房屋中内部噪音的計算响度級 **表 3**

在房屋使用時内部噪音的聲源	噪音响度級(昉)
大鋼琴、鋼琴	90
大聲談話	80
打電話	75
留聲机	80
家具的搬動	72
關得很緊的人口大門	78
小孩哭	80
鍋灶	82
裝運煤	85
在廁所內水注入水箱時的嘩嘩聲	60
在廁所內水箱放水	80
電梯的上昇	65
關得很响的電梯門	78
電梯的機器房	87
在小室內的通風机及馬達	90

此种形式的噪音，在声音成分（音譜）上与普通的生活噪音显然不同，同时对人产生着极其不良的作用。

这样，如果計算响度級以 Γ_p 表示，而房間內的容許响度級以 Γ_d 表示，則确定圍护物所必需的隔音能力 I ，可利用下面一个簡單公式：

$$I = \Gamma_p - \Gamma_d。$$