

非标准建筑笔记

Non-Standard

Architecture Note

非标准类型

当代膜建筑“非常规特质与潜能”

Unconventional character and
potential of Membrane

丛书主编 赵劲松

本书编者 王海燕

非标准建筑笔记

Non-Standard

Architecture Note

非标准类型

当代膜建筑“非常规特质与潜能”

Unconventional character and
potential of Membrane

丛书主编 赵劲松

本书编者 王海燕

图书在版编目 (CIP) 数据

非标准类型当代膜建筑“非常规特质与潜能” / 王
海燕编. — 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2014.8
(非标准建筑笔记 / 赵劲松主编)
ISBN 978-7-5537-3438-5

I. ①非… II. ①王… III. ①膜材料—建筑材料—研
究 IV. ①TU59

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 138620 号

非标准建筑笔记

非标准类型 当代膜建筑“非常规特质与潜能”

丛 书 主 编 赵劲松
本 书 编 者 王海燕
项 目 策 划 凤凰空间/高雅婷
责 任 编 辑 刘屹立
特 约 编 辑 楚鸿雁

出 版 发 行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 北京建宏印刷有限公司

开 本 710 mm × 1 000 mm 1 / 16
印 张 6.5
字 数 83 000
版 次 2014年8月第1版
印 次 2014年8月第1次印刷

标 准 书 号 ISBN 978-7-5537-3438-5
定 价 39.00元

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换 (电话: 022-87893668)。

目 录

CONTENTS

绪论	006
膜材料的非常规特质一——轻	012
膜材料的非常规特质二——柔	042
膜材料的非常规特质三——弱	074
结论	100

非标准建筑笔记

Non-Standard

Architecture Note

非标准类型

当代膜建筑“非常规特质与潜能”

Unconventional character and
potential of Membrane

丛书主编 赵劲松

本书编者 王海燕

关于非标准建筑笔记

这套丛书是工作室平时工作学习中的一些积累。我们在设计过程中每遇不知之处，就会设定主题在一起分析探讨一番，久之便分类集结成册。丛书并无统一格式，各册之间也不求固定章法。书中所录都是对精彩案例的解读和整理，如同学习笔记，故名“非标准建筑笔记”。

所谓“非标准”的提法并不是想否定标准，只是自己苦于总不能把事做到十分标准，只能达到不太标准的程度，后来也就不想再勉为其难，毕竟顺其自然才能长生久视。

再者，建筑只不过是生活的一个部分，生活往往多有缺憾，难寻标准，建筑又何必强求。放松一点，不太标准地看建筑、学建筑、做建筑，也就少了一份追求严谨的负担。

本丛书的选例多为神奇之作，汇集当代设计中的很多精彩瞬间。每个案例都有独特的思维转换点。书中的点评本意是试图解开设计神奇的密码，但我们一

没有访问作者，二没有参观原作，只凭几张图片主观臆断，所谓的探索也不过就是误打误撞。必然多是对原作的误读、误解、误会。

作者姑妄言之，读者姑妄听之。闲暇时顺手拾来，随意浏览，若偶有所得，会心一笑，那也是读者自心的开悟，非本书之功。

在丛书即将付梓之际，衷心感谢当代众多媒体对优秀建筑作品的传播，使我们足不出户便能浏览世界范围内设计的神奇。衷心感谢凤凰空间文化传媒对本书的编辑和出版所做的努力。衷心感谢所有朋友对我们的关心和支持。

赵劲松于天津大学建筑学院
非标准建筑工作室 (NSAS)

2013 年 7 月

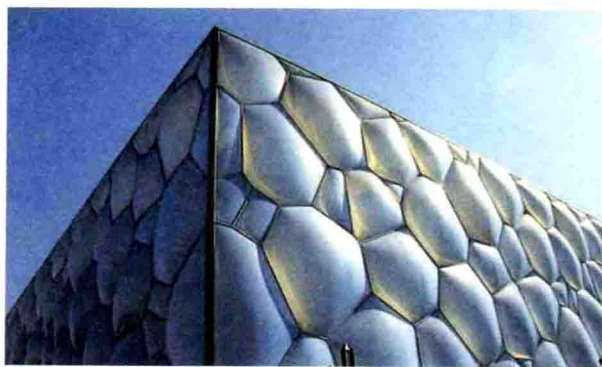
目 录

CONTENTS

绪论	006
膜材料的非常规特质一——轻	012
膜材料的非常规特质二——柔	042
膜材料的非常规特质三——弱	074
结论	100

绪论

01



INTRODUCTION

纵观整个中外建筑发展史，每一次技术革新都会促使建筑业获得飞跃式发展，同时人们对于艺术和美的追求也往往建立在技术发展水平之上。技术进步对于建筑发展的推动作用反映在经济、社会、文化等诸多方面，其中以推动材料技术发展的作用最为直接。新材料促使新的结构形式的出现，从而产生新的建筑风格，膜结构建筑正是当代建筑材料技术迅猛发展的直接产物。

建筑膜材料是 20 世纪 70 年代发展起来的新型建筑材料，属于纺织领域中的涂层织物，是继钢铁、水泥、木材和玻璃之后的第五种建筑材料。它可以应用在传

统建筑材料较难实现设计目标的领域，如无柱大型或超大型建筑。膜材料具有传统建筑材料不可比拟的优越性，扩大了建筑材料的应用范围，具有美观、透光、节能、环保的特点，并具有优良的阻燃性能、防污自洁性能和安全寿命长，使建筑造型轻巧自由等优点，主要作为半永久性建筑材料，广泛应用于大型体育场馆、购物场、展览会场、入口廊道、娱乐场、停车场、温室花房和加油站等建筑。随着 2008 年北京奥运会体育场馆“鸟巢”和国家游泳中心“水立方”的成功建成并投入使用，以及膜材料在 2010 年上海世博会和广州亚运会等国际盛会中的广泛应用，膜材料在国内的建筑领域已经进入了一个高速增长的时期。

膜材料的分类及特点

建筑膜材料一般以高强度聚酯工业长丝或玻璃纤维织物为基布，两面经热粘复合或涂覆聚氯乙烯(PVC)或聚四氟乙烯(PTFE)树脂而成的高分子复合材料。基布一般为机织物，主要提供强力，决定膜材料的力学性能；涂层和处理过的表层起保护基布的作用，主要保证膜材的密实性，并且使膜材具有防水、阻燃、抗紫外线、自洁、耐久性等功能。

目前，全世界使用的建筑膜材料按原料分主要有以下三种：

第一类是PTFE（聚四氟乙烯）膜材，是以玻璃纤维织物为基布，表面涂覆聚四氟乙烯（PTFE）树脂，树脂含量大于90%，PTFE膜材的特征是耐久性、防火性与防污性高。但PTFE膜材与其他膜材相比，其材料费与加工费高，且柔软性低。其具体特点有：①强度高，中等强度的PTFE膜材厚度仅为0.8毫米，但其拉伸强度已达到钢材的水平；②弹性模量较低，有利于形成复杂的曲面造型；③使用温度范围广，能够在 $-70^{\circ}\text{C} \sim +230^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内使用；④具有

独特的光学性能。白天，入射光线变成自然光射入，光线分布均匀，不会刺目，也不会产生阴影；

⑤紫外线几乎不能透过膜材，防止了内部装饰材料 and 设备的褪色；⑥高反射性能使得房间在夜晚也具有极佳的照明效果，减少了电能消耗，使夜空下的建筑物更显辉煌；⑦防污自洁性较好，雨水就可以冲刷掉膜材表面的附着物；⑧具有较高的透光率和热能反射率，分别达到了13%和73%，说明热能吸收量很少，可以保证室内热量的损失较少；⑨具有较长的使用寿命，一般都在25年以上，可作为永久性建筑材料使用在建筑中。

第二类是ETFE（乙烯—聚四氟乙烯共聚物）膜材料，是一种含氟的高分子热塑性材料，是人工高强度氟聚合物，由一种无色透明的颗粒状结晶体，也就是ETFE生料挤压成型的膜材。它是一种典型的非织物类膜材，没有基布，直接由材料成膜。其特点是：①由氟塑料直接制造，也可以和织物膜材一样施加预张力；②使用温度范围广，能够在 $-200^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 的温度中长期使用；③具有极高的透光率，达到了95%，接近普通玻璃的透过率，但不能阻挡紫外线等波段的

绪论

轻

柔

弱

结论

光照射到室内，在保证建筑内部获得自然光线的前提下，可通过表面处理，使该材料的透明度下降到 50% 以下；④ 其特有的抗黏着表面使其具有高抗污、易清洗的特点，通过雨水冲刷即可清除主要污垢，保持膜面光洁；⑤ ETFE 膜材达到了 B1、DIN4102 防火等级标准，燃烧时不会熔滴，这种特点使其在由烟、火引起的膜材熔化的情况下具有相当的优势；⑥ ETFE 膜材质量很轻，厚度一般为 0.05 ~ 0.25 毫米，每平方米的重量一般在 0.15 ~ 0.35 千克之间；⑦ ETFE 膜材为可再循环利用材料，可再次利用生产新的膜材料，或者分离其他杂质后生产别的 ETFE 产品；⑧ 具有较强的耐腐蚀性，同时又对金属有强黏着性，克服了 PTFE 膜材对金属不黏着的缺陷，加之其平均线膨胀系数接近碳钢的线膨胀系数，使 ETFE (F-40) 成为和金属结合的理想复合材料，具有极佳的耐负压特性；⑨ 使用寿命较长，长达 25 年以上，是用于永久性多层可移动屋顶结构的理想材料；⑩ ETFE 膜材通常以气垫的形式应用于建筑中，因此需要不断的监控和补充气压。

第三类是 PVC (聚氯乙烯) 膜材料，是以涤纶织

物为基布，两面进行 PVC 涂层。由于 PVC 在日光曝晒下不能长久使用，容易受损，且 PVC 中的增塑剂容易向表面迁移，使表面更容易沾污，自洁性变差，因此 PVC 膜材的使用寿命较短，一般只能用在展览会、博览会等临时性建筑或可更换膜面的建筑中。为了提高膜材的耐老化、自洁等性能，可以通过对 PVC 膜材料进行表面处理来提高材料的使用年限。最常见的是涂覆 PVDF 涂料和贴合 PVF 材料，经表面处理后的 PVC 膜材有如下特点：① 涂覆 PVDF 的膜材可以抵抗由紫外线引起的 PVC 材料的降解、颜色变化和失去光泽等问题，能抵抗腐蚀、抵抗脏污、抵抗发霉，另外可以防止增塑剂向外表面迁移，提高膜材的使用寿命。PVDF 膜与一般的 PVC 膜相比较，耐用年限可达 7 ~ 10 年，耐火性基本上达到了难燃级水平。② 贴 PVF 膜材比 PVDF 膜材的耐久性更佳，且具有防沾污的优点。但由于其加工性、施工性和防火性不佳，影响了其使用范围。

国内外膜材的发展应用现状

膜材料的历史最早可以追溯到远古时代的帐篷，它是一种早期的建筑膜材料形式；而真正使用建筑膜材料的时代开始于 1970 年日本大阪万国博览会，富士馆首次采用了 PVC 涂层的玻璃纤维织物，它标志着膜结构时代的开始。在亚洲，日本和韩国的膜材生产和开发能力比较强，生产企业也比较多。如日本的日本太阳工业株式会社、日本旭硝子株式会社、中兴化成工业株式会社等，而韩国的企业主要是韩国秀博公司。在日本和韩国共同举办的 2002 年世界杯足球赛的场馆中，日本赛场 10 个体育场中有 6 个采用膜材料（新泻体育场、鹿岛体育场等），韩国赛场 10 个体育场中有 5 个采用膜材料（首尔体育场、济洲体育场、大邱体育场等）。在西亚，沙特阿拉伯吉达机场候机大厅采用了悬挂膜结构材料，阿联酋迪拜的 BurjAl-Arab 酒店，外墙采用了建筑膜材料的幕墙，由两层受过预应力且具有防火性能的 PTFE 涂层玻璃纤维织物制作而成。

欧美国国家对膜材的开发应用一直走在世界的前列。法国 Ferrari 公司生产的膜材料很早就应用在世界各地的膜材料建筑中，其主要生产 PVC、PVF、PVDF 膜材料，其中第二代膜材料将 PVDF 和硬化介体结合，这样明显提高了材料的机械强

度和使用寿命。在德国，膜材料的应用和开发也是比较先进的，其中 Rain Blum 实验室是欧洲最大规模的膜材料力学性能研究室，建立了膜材料在抗拉强度、撕裂强度、剥离强度等强度指标，以及通过双轴拉伸试验确定膜材料弹性模量、剪切模量等工程常数统一的试验方法，并已被 Tensinet 等行业组织采纳。德国杜肯（Durakin）公司是欧洲最大的产业用纺织品生产企业，是世界上少有的几个能同时生产 PVC 类和 PTFE 类膜材料的企业之一，其 PVC 类膜材料的最大幅宽可达 5 米，PTFE 膜材料的最大幅宽可达 4.7 米，是世界上生产最宽膜材料的企业。其中 PVC 类膜材料的种类主要有：丙烯酸涂层、可拼接双面 PVDF、不能拼接 PVDF 膜材料和 PVF 膜材料。基布包括：锦纶、涤纶、玻璃纤维和芳纶等。涂层材料主要为 PVC、PTFE 和 Silicone。德国其他企业主要有米乐（Mehler）公司、德国科威（Kewell）公司等。美国在膜材料和空间结构两方面的研究也比较早，良好的发展根基以及政府的大力支持，使其膜材料的发展在世界上一一直处于领先地位。早在 20 世纪 70 年代初期，以美国杜邦、康宁公司为主的几家公司和设计单位联合开发研制了以玻璃纤维织物为基布，以 PTFE 为涂层的新型膜材料，使膜材料建筑从最初的临时

结论

轻

柔

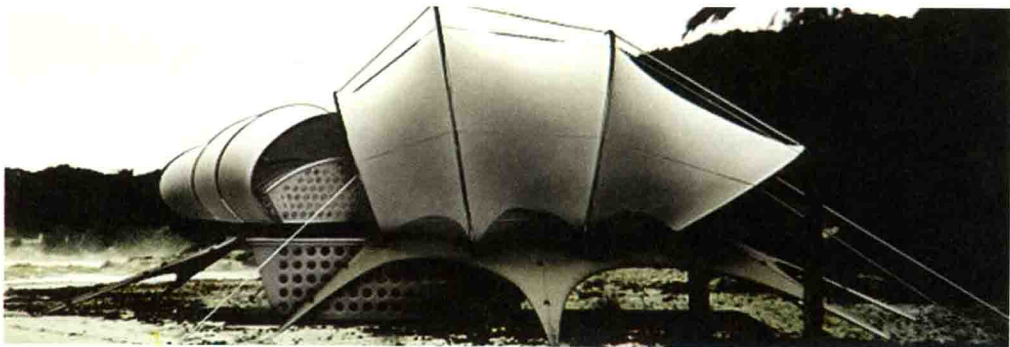
弱

结论

性建筑迈向永久性建筑的行列。

建筑膜材料在我国的发展应用起步比较晚，最早出现于 1995 年，真正形成规模是在 1997 年，比国外要晚 30 年以上。目前我国已经建成的膜材料建筑已有很多，上海八万人体育场是我国首次在大跨度建筑上采用膜材料。由于膜材料有结构重量轻、施工方便、造型美观、成本低廉等优势，其不仅在大跨度建筑上得到了广泛的应用，在一些小型建筑领域也得到了应用，如公园中的休息亭和公交站亭等。

在 2008 年北京奥运会上，膜材料在我国的广泛应用再一次得到了完美的体现。一些大型体育馆、候机大厅等的建设以及 2010 年上海世博会和广州亚运会等国际盛会的举办，给我国建筑膜材料的发展带来了新的机遇和挑战。膜材料是建造膜结构建筑的关键，而我国对此的研究和应用起步较晚，技术水平较低，大部分膜材料还主要依靠进口，只有自主开发性能优良的膜材料，才能提升我国建筑行业在国际上的竞争力。



膜材料的非常规 特质——轻

02

绪论

轻

柔

弱

结论