

(英)凯瑟琳·克罗夫特 Catherine Croft 著

混凝土建筑 Concrete Architecture



大连理工大学出版社

混凝土建筑

凯瑟琳·克罗夫特

混凝土是一种神奇的材料，可以适用于各种不同的技术以及环境。它不同的颜色、材质以及元素都能被廉价地大批量地生产，又或者仔细塑造，混凝土的新发展以及其被赋予的新的理解方式正在影响着当代建筑师以及设计师。当这种材料与文雅和现代主义的精确媲美时，混凝土又被公众重新重视。混凝土成为时尚杂志所熟悉的建筑材料，它被频繁地运用在商店、餐厅、朝拜圣地，甚至是一些郊外的房子。这种颠覆不是瞬息产生的，而是长期的积累。

《混凝土建筑》从介绍材料本身的历史足迹为开始，然后查明其早期的使用者以及倡导者。作者侧重于人们过去对混凝土的态度，并讨论现在其价值的升温，及其作为20世纪公共建筑以及家居重新修整的材料的实用功能。同时有一个关于不同类型的混凝土以及目前的技术发展的讨论。接下来是介绍目前的一些混凝土建筑项目。围绕着家庭住宅、办公空间、娱乐场所以及景观，所有的案例都在表扬混凝土的内在的质量，以及这些场所如何有效地塑造更宽阔的景观。包括从世界各地搜集而来的项目：西班牙的阿尔贝托·坎波·巴艾萨，由福斯特事务所设计的伦敦金丝雀码头地铁站，Armani总部和戏剧院，由Axel Schultes设计的柏林联邦总理府。凯瑟琳·克罗夫特重新将混凝土归为现代的材料，它使一些以前不可能运用的建筑技术成为可能，这种材料最终还是在21世纪占有了自己的一席之地。



凯瑟琳·克罗夫特

凯瑟琳·克罗夫特是Twentieth Century Society的主管,并且常常投稿于许多建筑类的学术期刊,包括Building Design

封面图片: Ruffi Gymnasium, Marseilles, France,
Rémy Marciano

摄影: Philippe Ruault

封底图片: Tulach a'tSolais Monument, Oulart
Hill, Ireland, Scott Tallon Walker

摄影: Peter Cook/VIEW

混凝土建筑

Concrete Architecture

(英)凯瑟琳·克罗夫特 Catherine Croft 著

王东亮 梁 栋 冯伟涛 王 铮 译

大连理工大学出版社

Concrete Architecture

Copyright © 2004 Laurence King Publishing Ltd.

Text copyright © 2004 Catherine Croft

This book was designed and produced by Laurence King Publishing Ltd., London

ISBN 1-85669-364-3

© 大连理工大学出版社 2006

著作权合同登记 06 - 2003 年第 57 号

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

混凝土建筑 / (英) 凯瑟琳·克罗夫特著; 王东亮等译. —大连: 大连理工大学出版社, 2006.4

书名原文: Concrete Architecture

ISBN 7-5611-3146-1

I.混… II.①凯… ②王… III.混凝土结构—建筑 IV.TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 033265 号

出版发行: 大连理工大学出版社

(地址: 大连市软件园路 80 号 邮编: 116023)

印 刷: 利丰雅高印刷(深圳)有限公司

幅面尺寸: 250mm × 250mm

印 张: 19

插 页: 4

出版时间: 2006 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2006 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 田美灵 罗 莹

责任校对: 李明英

封面设计: 苏儒光

定 价: 228.00 元

电 话: 0411-84708842

传 真: 0411-84701466

邮 购: 0411-84703636

E-mail: dutp@dutp.cn

URL: <http://www.dutp.cn>

目 录

6	前 言	84	爱媛县普通科学博物馆 日本 新居滨市 1994 年	160	奥斯卡·莱因哈特 Am Römerholz 收藏馆 瑞士 温特图尔 1998 年
8	绪论 混凝土的挑战	88	Diamond Ranch 高中 美国 加利福尼亚州 Diamond Bar 1999 年	164	La Coruña 游泳池 西班牙 La Coruña 1999 年
23	第一章 住 宅	94	科尔多瓦大学艺术学院 阿根廷 科尔多瓦 2002 年	168	美国民间艺术博物馆 美国 纽约 2001 年
24	家属宿舍 瑞士 Flasch 2001 年	98	Zenith 音乐厅和展览中心 法国 鲁昂 2001 年	172	普利策艺术基金会 美国 密苏里州 圣路易斯 2001 年
28	De Blas 住宅 西班牙 Sevilla la Nueva 2000 年	102	Kemeter 油漆仓库 德国 Eichstatt 1994 年	176	美术博物馆 列支敦士登 瓦杜兹 2000 年
34	Tokiwadai 住宅 日本 东京 板桥区 2000 年	110	拉班舞蹈中心 英国 伦敦 2003 年	181	第四章 景 观
36	麦比乌斯住宅 荷兰 Het Gooi 1998 年	114	坎特伯雷堡大学数学、统计和计算机系综合楼 新西兰 Christchurch 1998 年	182	礼拜堂和居住区 西班牙 Ciudad Real Valleaceron 2001 年
40	空间街区 日本 大阪 Kamishinjo 2001 年	118	Look Up 办公总部 德国 盖尔森基兴 1998 年	186	巴塞罗纳植物园 西班牙 巴塞罗纳 1999 年
44	阁 楼 卢森堡 Sandweiler 2000 年	122	阿利坎特大学的三号演讲厅 西班牙 阿利坎特 2001 年	190	Maryhill 艺术博物馆的雕塑——Overlook 美国 华盛顿 Goldendale 1999 年
48	C-住宅 澳大利亚 布里斯班 1998 年	126	Haus der Architektur 德国 慕尼黑 2002 年	198	都市太平间 西班牙 里昂 2001 年
52	培根街住宅 英国 伦敦 2003 年	130	Armani 总部和戏剧院 意大利 米兰 2002 年	204	La Granja 楼梯 西班牙 托利多 2000 年
56	访问艺术家会馆 美国 加利福尼亚 Geyserville 2002 年	137	第三章 娱 乐	208	泰晤士大坝公园 英国 伦敦 2000 年
60	Tilt-Up Slab 住宅 美国 加州 Venice 2001 年	138	Tussols-Basil Bathing Pavilion 西班牙 吉罗纳 奥特罗 1998 年	212	公 墓 意大利 Borghetto Santo Spirito 一期工程于 2002 年完工
64	柏林住宅 德国 柏林 2001 年	142	Ruffi 体育馆 法国 马赛 2001 年	216	Tulach a'tSolais 爱尔兰 韦克斯福德 Oulart hill 1998 年
69	第二章 办 公	146	垂钓博物馆 挪威 Karmøy 1998 年	222	“天使之后”天主大教堂 美国 加利福尼亚州 洛杉矶市 2002 年
70	Haslach 小学 瑞士 沃州 2000 年	152	苏格兰乡村生活博物馆 苏格兰 East Kilbride 2001 年	226	参考书目
76	联邦总理府 德国 柏林 2001 年	156	Innside 酒店 德国 杜塞尔多夫 2001 年	227	图片信息
80	金丝雀码头地铁站 Jubilee 线扩建工程 英国 伦敦 2000 年			228	致 谢





前言

这本书是一部关于混凝土的经典之作。混凝土这种材料已经被广泛应用,如制作光滑的卡片盒、工作台,甚至是水果盘以及张贴画上的珠宝边。然而混凝土的兴盛是永久的吗?记得20世纪70年代当我还是个孩子的时候就钟爱于它,曾经在伦敦国家剧院(1967~1970年,丹尼斯·拉斯顿设计)用手轻轻抚摸混凝土墙板的纹理。没有壁纸,没有墙裙,只有高高在上的混凝土格子构成的天花板。这种一致的细部构造贯穿于室内外的栏杆以及可以眺望泰晤士河的宽敞阳台。如今,我已经不再是一个只会旅游时对建筑着迷或是在无意识中对混凝土着迷的孩子了。拉斯顿曾经对他的儿子说:“你知道吗?詹姆斯,潮湿的混凝土味道是一种兴奋剂。”虽然混凝土这种材料在我出生前就早已被发明,但是它的神奇经久不衰,就像勒·柯布西耶在法国设计的廊香教堂所体现的那样。它巨大的东门是一扇厚重的混凝土转轴门,上面还镶嵌了贝壳,仿佛是一块平整的海滩。

最使我难忘的建筑中,虽然有许多漂亮的并能引人共鸣的混凝土结构体,但是这种材料也有其自身的缺欠。例如不适合应用于建造城市中心的居住建筑或停车场等。而且也确实有许多人在批评混凝土建筑。读过节目主持人伊恩·尤恩的那部让人着迷的小说

《水泥花园》(1978年,实际应命名为《混凝土花园》,故事中孩子们准备用来包裹母亲尸体的“灰色软泥”是沙子、水泥和水拌制的)。这种“水泥靴子”的概念,象征着被遗忘的世界,侵袭着人们正常生活的想法,并开始我无限的想象中。一直以来,对混凝土过于恶毒的批判远远超过了那些直截了当的批评和否定。但是近代的建筑师们在混凝土的运用上取得的巨大成功有力地反驳了那些否定的说法,这不能不说是混凝土历史上的一次伟大的胜利。

从本书列举的例子可以反映出混凝土应用的广泛性,及其表面纹理的多样性。不同的配合比、浇筑方式和表面处理都会对混凝土的最后成品产生巨大的影响。混凝土的价格高低不一;颜色有白色、灰色甚至更多;有表面光滑的均质混凝土,也有精美花纹装饰的混凝土。不同国家的施工技术和可应用的材料各不相同,这些因素都影响了混凝土的应用。同时,气候、场地情况和文化差异也会对其造成一定的影响。但是显而易见,许多工程都采用了不止一种的混凝土。我们通常将项目按功能分类而不是按年代顺序、地理位置或技术形式加以区分,这样就可以清楚地发现在各种环境和条件下,混凝土至今都被广泛地使用着的范例。它不再是过度粗糙、没有生气、粗鲁的材料,也

不再为公共机构的建筑物所特有,更不再被认为是沮丧的或单调的。混凝土可以很好地独立工作,也可以与钢、玻璃、木材结合使用。混凝土在市区和风景区的使用效果看起来都不错,而且在厂房、多层车库、公共建筑、办公建筑甚至是住宅中的应用也都非常成功。

在介绍混凝土的发展历史前,我们先来了解一下它的主要技术性能,包括混凝土不同的类型、制作过程和用途。这些内容都很少被读者所了解,但是对施工却很有帮助。

什么是混凝土?

混凝土是一种高强度材料,它可以将受拉的钢材和受压的石料粘结在一起。混凝土,特别是钢筋混凝土可以应用于大多数类型的工程方案,而且尤其适合于大跨度结构。自从1945年起,英国的桥梁就有70%都是采用混凝土建造的。

混凝土的强度及其应用取决于它的成分:水泥、水、骨料和组成比例。水泥是建筑的基本材料,它是钙、硅、铝、铁和石膏的混合物。混凝土中水的比例决定了它的渗透性、对天气和磨损的抵抗能力以及在结构中的应用。混凝土中约3/4(体积)是由粗细骨料构成的,即:沙子、砾石和碎石。与其他因素一样,混凝土的拌制也对它的应用产生了重要的影响。

正如莎拉·加文塔所言:“混凝土的广泛应用有力地回击了人们对它的偏见。只要通过改变骨料的类型就可以制造出轻得可以浮在水面上的混凝土,也可以制造出非常重的混凝土,使它的密度提高一倍。混凝土既可以应用在完全抗渗的大型水坝结构中,也可以应用在污水处理厂的滤水池中,污水可以通过它顺利地得到过滤和净化。”

20 世纪的钢筋混凝土和预应力混凝土

在建筑材料的发展过程中,混凝土作为一种重要的材料,人们一直在研究一种通过它与钢材的结合方法,从而提供足够韧性和强度的材料——钢筋混凝土。和石材一样,普通混凝土是受压而不能受拉的。这就意味着如果在—根两端设有支撑的混凝土梁中间施加一个荷载(例如门上的混凝土过梁要承担门上墙体的重量),它就很容易因底部受拉开裂而遭到破坏。任何一种梁在这种荷载作用下都会发生变形,它会被弯曲成曲线状,上表面被压短,下表面被拉长。钢梁受拉是没问题的,因为钢可以承受很大的拉力;但是当它承受压力时很容易被折断或弯曲。

相反,混凝土则可以承受很大的压力而不被破坏。普通混凝土像石头一样在承重砌

块结构和拱结构中表现出色,但是对于大跨度及开敞结构就只有钢筋混凝土可以适应了。人们在钢筋混凝土结构的受拉部位加入了钢筋、钢丝网或者其他材料,因为这些材料都是可以受拉的。在普通的梁中这些材料应设置在靠近梁下边缘附近;而在复杂结构中,这些材料的分布则更加复杂。设置一定数量的加强钢筋是非常有必要的,其位置应由结构工程师来确定。

预应力混凝土是一种更先进的混凝土。这种混凝土的应用范围比钢筋混凝土更广,可以用来建造更长和更雅致的建筑。预应力混凝土可用于因特殊要求而必须减小梁的截面尺寸。方法是将梁安装就位以前先给钢筋施加拉力。预应力混凝土有两种形式——先张法预应力混凝土和后张法预应力混凝土。先张法预应力混凝土梁是在浇筑前预先使用模具将钢筋张拉,而后张法预应力混凝土梁则是在浇筑混凝土时预留孔洞,待混凝土成形后将钢筋或者钢缆穿入,然后将其拉紧并锚固。应该准确地定位钢筋的锚固件以使钢筋能最大效率地发挥其抗拉性能,从而使钢材用量降到最低。利用型钢也可以节省钢材,减轻建筑自重并降低造价——型钢中最厚的部分是在中部,两侧较薄。

不论是先张法还是后张法,钢筋的两端都

被预先进行张拉从而产生一定的内应力,就像橡皮筋一样。这种内力可以有效地使梁的两端跷起即上表面变短,这就意味着混凝土处于受压状态。当施加其他外力时混凝土内原有的应力使梁先恢复原始状态,从而使得梁在内部达到极限拉力破坏前可以承受更大的荷载。预应力混凝土结构的缺点是它的技术非常复杂,需要更复杂和精确的设计,而且当建筑物受到连续的损坏和变形时结构会出现一系列的问题。在先张法预应力梁上穿孔是很危险的,当它受拉时会突然“砰”地裂开,如果对此种工程技术没有深刻的了解,先张法预应力混凝土梁的工作状态不仅是不可预测的而且也是非常危险的。

作为一种建筑材料,混凝土在 20 世纪 20 年代到 70 年之间发展迅速,包括新的类型、新的结构和浇筑技术以及新的成分,所有这些发展都是密切相关的。1945 年以后混凝土在建筑中开始普遍应用。从 1945 年到 1970 年,英国的普通硅酸盐水泥产量增加了两倍。1857 年,路易斯·康发明了人工拌制的混凝土。1926 年,装在卡车上的混凝土搅拌器首次在美国开始应用。1918 年,预制混凝土协会在英国成立,由它确定仅在工厂里生产的预应力和预制混凝土板的高级标准。



绪论 混凝土的挑战

今天,不仅是建筑师、设计师、时尚杂志甚至是普通大众都开始热衷于混凝土。一种曾经与城市粗野主义和现代主义的冷酷联系在一起的材料正在挑战传统的审美观,这种改变在住宅、别致的饭店、服装店、教堂,甚至乡村别墅身上都有所体现。什么原因使人们对混凝土如此热衷呢?当然是混凝土的通用性。建筑师可以利用它成功地设计出从前无法实现的形式和结构。混凝土具有多样的饰面、色泽和纹理,而且它既可以廉价地批量生产又可以生产出价格昂贵的优质产品。虽然混凝土有如此多的优点,但是很难相信它的使用曾是贯穿上个世纪争论的根源。混凝土的支持者多是建筑师,但是,即使是他们也割裂了混凝土的许多优点。一些从业者正是通过在其建筑设计中大量地、成功地应用混凝土而树立了自己的声望。但是即使这些人也很少有人愿意被称做混凝土专家或混凝土的热衷者。例如保罗·鲁道夫,耶鲁大学艺术与建筑馆(1962~1963年)的设计师,他有许多混凝土的经典之作,带有明显纹理的混凝土表面有他的“签名”。他自我解释道:“每种材料都有其自身固有的价值和用途,我喜欢所有的材料并不只局限于某一种。认为我只热衷于混凝土的看法是错误的……所以请不要认为我是只会运用混凝土的建筑师”。很难想象一位建筑

师在谈及其他材料时会有如此强烈的反应。有的建筑师一方面承认混凝土在视觉上存在缺陷,另一方面也称赞它作为一种建筑材料所具有的灵活性、多功能性和比较经济的价格。而那些拥护者认为混凝土在视觉上并不是裸露的。只有那些更热衷于传统建筑材料的人由于施工和美观的原因而不喜欢混凝土。要深入了解混凝土就要研究它的现状和发展历史,以便更清楚地知道在过去两个世纪的环境变化中它们是如何相互影响和相互作用的。

混凝土要想在建筑师、工程师、承包商以及普通大众中流行,就必须与许多障碍进行斗争。从总体上来说,混凝土潜在的价值和广泛的应用性都给建筑师们留下了深刻的印象,作为一种广泛使用的建筑材料,这一点在混凝土的发展过程中很早就表现出来了。早在19世纪50年代混凝土被用于巴黎的建筑中时就被证明是一种理想的材料,廉价且便于生产。首先,人们关注的是混凝土作为建筑材料的安全性和可靠性。其次,人们关注它是否适合在高档建筑中应用,以及除去它的优点,它是否应该比传统材料略低一筹。19世纪后期这些问题几乎是在哲学的层面上引发了激烈的争论。

混凝土裸露的外表是否合适是激烈争论的又一焦点。1906年,在伦敦举办的世界建筑师

大会上,西班牙建筑师Joaquin Bassegoda发表了被大众公认的裸露的混凝土是不可接受的演讲。他在演说中称:“如果一定要把钢筋混凝土列为建筑材料的话……它的外面一定要有装饰材料,这些材料的华丽可以使人忘掉混凝土贫瘠的外表。”假如“体现材料的本质”是工艺美术运动绝对的中心原则,那么您可能也会对W R Lethaby的解释感到惊奇。他说:“混凝土有着令人乏味的外表和颜色,但是它最大的缺陷是让人感到遗憾的裂缝。如果这个问题不解决,混凝土就不能应用在更多实际工程中”。1913年他又建议:“在比较高级的建筑中,混凝土的表面应该用轻薄的大理石板、金色马赛克或者涂料进行装饰。”——他还建议首先在罗马进行示范。

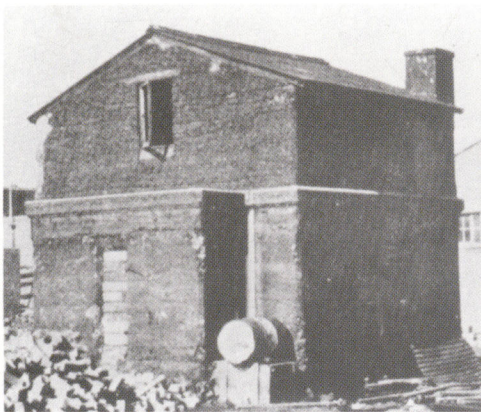
这些争论又引发了一系列其他方面的研讨。例如,如何使混凝土适应北欧和美国的气候?怎样使之更为耐久?它能轻易地被应用于高档建筑中吗?早期关于混凝土的讨论不仅涉及材料比例和实际应用,而且也包括混凝土发展的巨大潜力。它已经对建筑业的现状发起了挑战,对建筑设计和施工进行了革新。形式与功能的紧密联系彻底地改变了混凝土的命运,但是基于美观的考虑而对它进行的消极宣传掩饰了一个真相——混凝土是对现代建筑业有革命作用



万神庙，罗马，公元126年



William E Ward, 切斯特港, 1873年



威尔金森别墅，纽卡斯尔，泰恩河畔，公元1865年

的建筑材料，并广泛地影响了社会、科技和经济领域的发展变化。战后，混凝土在建筑界并不是一种典型的材料，但是在道路、发电站和战时防御工事中，以及在冷战警戒期间它都得到了广泛应用。

早期发展历史

“混凝土”一词早在15世纪就在英国开始使用了。但是后来它的意思被演化了，以至于在不同的文章中有不同的含义。不论怎样，它的原始含义是将细小颗粒粘结成实体。

古罗马的建筑师及工程师维特鲁威在其传记中提到了用灰泥和小石子混合作一种坚硬块体材料的做法。这种做法在文艺复兴及其后期的作家艾伯丁、柏拉图、菲利伯特·蒂洛姆的文章中都有所记载。通常，人们认为混凝土是由古罗马人发明的，他们确实早在1800多年以前就利用天然水泥制造出用于建造万神庙的建筑材料。当然那种材料并不是现代意义的混凝土，材料在使用之前并未混合，人们也不曾尝试按比例计算石灰或水泥、沙子和骨料的用量。即使古罗马人已经掌握了一些手工制作混凝土的方法和原理，例如使用模板定形，但是这些技术直到18世纪的后期才有所发展。

为什么会有断层出现呢？混凝土研究领域中最具权威的历史学家彼得·考林斯说过，对这种廉价通用的、有发展前途的材料研发失败的部分原因是由于对普通石灰的了解不充分，但是最主要的是由于人们深信石材是惟一适合建造高级建筑的材料。直到18世纪终于有人开始反对这种观点，不仅是由于石材高昂的造价，也是因为装饰涂料开始流行。考林斯认为人们重新关注混凝土作为一种建筑材料的价值起源于18世纪后期的法国。例如，1787年François Cointeraux在法国亚眠出版了大量关于混凝土发展潜力和关于

建造一幢“防火房屋”的书籍。之后，人们开始认识到混凝土的实用价值。

19世纪前期，人们在英吉利海峡两岸不断进行试验。1852~1853年，工业家François Coignet在巴黎附近的圣丹尼斯建造了一座完全由混凝土制成的化工厂。在建造过程中，他开始尝试使用骨料，虽然最后他还是依照惯例使用了浅色的沙子而不是他原计划使用的煤渣或粗骨料，并且开始研究不同的用水量对混合物的影响。他很快就发现混凝土的强度与用水量有密切的联系。用水量过多会降低混凝土的强度，但是过稠的混合物不便于浇筑而且不可能将集料完全包裹住，因此他使用了模板定形。1853年，他在圣丹尼斯建造了另一座混凝土建筑，位于新工厂的对面。该建筑首次使用整片的混凝土板制作正立面，而且所有的模具、圈梁、支柱和栏杆都是由混凝土制作的。混凝土开始被用来代替石材而不是单纯地发展石材的可观赏性。不幸的是Coignet的生意失败了，虽然他被公认为是将大批量混凝土结构引入现代社会的第一人，但是在法国却没有人沿袭他的做法，所以，混凝土反而是后来在英国和美国继续发展的。1836年，乔治·戈德温由于他那篇题为《混凝土的本质和特性及其在现代建筑结构中的应用》的文章而荣获了英国皇家建筑师协会颁发的首枚金质奖章。虽然戈德温已经将混凝土定义为一种使用前并不混合的材料，但是他仍然认为混凝土是一个前卫的词汇，至少因为它仅在15~20年前才具备了现代混凝土的含义。直到19世纪50年代，混凝土才被人们所接受，虽然还只用于建造基础部位，但是这一术语的含义已经与我们今天所了解的一致了，即将水泥、骨料和水混合搅拌后进行浇筑。

混凝土作为一种建筑材料被广泛使用与水泥的发展密不可分。人们认为水泥对混凝土凝

结的可预测性和可靠性是至关重要的。约瑟夫·埃斯汀是第一个将硅酸盐水泥用于商业用途的人。1824年,他开始在英格兰北部的盖茨赫德和韦克菲尔德生产埃斯汀硅酸盐水泥。混凝土开始工业生产的重大意义是应用了人造的水泥和混合材料而不再是天然物质,因为自然界只是偶尔才会产生这些可用的成分,它们的应用面很窄而且很容易被污染。1845年,IC Johnson在位于肯特州斯旺斯扎的工厂里利用高温和精细研磨技术生产的水泥通常被认为是第一次真正意义的硅酸盐水泥。现在已经有优质的混凝土了,下一步是如何能使之与钢材很好地结合从而具有更高的强度。如果不配钢筋,混凝土只是在受到压力时具有很高的强度,但是当受到拉力时它会表现得非常脆弱,就像石头一样。经过配筋以后,利用混凝土建造更大的跨度和新的结构形式便成为可能。

英国人威廉·博沃特·威尔金森被认为是推行钢筋混凝土的先驱。基于对技术问题的思考,他在1854年申请了钢筋混凝土梁的专利。其中包括工厂建设中的大型结构和开敞式平面布置空间。威尔金森采用的防火梁板是用又旧又长的煤矿金属缆绳剥去两端的表皮加强的,它们可以与混凝土彻底粘结在一起,并在混凝土梁中准确地定位以便提供更高的强度。威尔金森采用的混凝土是非常粗糙的,他惟一的作品是大概于1865年建在纽卡斯尔泰恩河畔的一幢小别墅。这幢别墅是世界上最早的钢筋混凝土建筑,它于1954年被拆除。而William E Ward在纽约的切斯特港建造的住宅则有着不同的命运,它建于1873年,是世界上现存最古老的钢筋混凝土建筑。

直到19世纪80年代,高强水泥才被应用于商业领域,此时钢筋混凝土结构在实际工程中已被广泛应用。在1880年至1900年期间,德国

和法国许多有才华有热情的工程师和建筑师成功地揭示了钢筋混凝土的特征,并且给出了结构材料消耗的计算方法,虽然它多用于工业建筑和农业建筑。在这些中间最著名的是法兰索·恩尼必科,1880年他发现了混凝土中剪压力的分布规律以及将其抵消的方法,他把被称为马镫的竖向J形扣栓嵌入梁的两端,从而使梁的上下两部分紧密地结合在一起。但是他对混凝土和建筑业的发展最重要的贡献是他在1892年比利时和法国获得专利后成立了自己的专业组织机构,招募了许多可信赖的建筑承包商并自任顾问工程师。他们始终如一地向委托人担保提供高质量的设计和结构施工。从19世纪90年代直到20世纪,恩尼必科设计并建造了许多杰出的建筑,编写了大量的书籍和文章,并且坚持不懈地宣传混凝土作为一种建筑材料的优越性。尽管恩尼必科的专利在1907年到期,但他的影响力已使他的工作方法成为普遍流行的运作方式,也使混凝土成为家喻户晓的建筑材料。

到1900年,混凝土已经被广泛地应用。尽管公众对混凝土的接受程度很难统计,但是,有许多工程师和建筑师都热衷于混凝土的实验项目。对于接下来的新世纪来讲,混凝土是一种令人兴奋的材料。很少有人再对混凝土的美学价值提出质疑,它的前景看来是如此的光明。

混凝土投入使用:1900~1940年

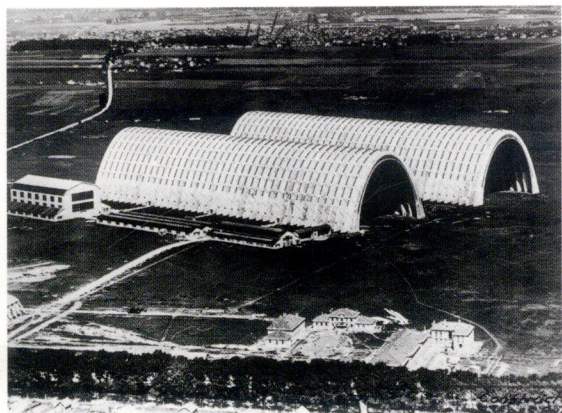
混凝土被认为是20世纪最经典的建筑材料。许多世界上最前卫的建筑师都选择钢筋混凝土进行设计,因为利用它可以使建筑师满意且毫不费劲地解决设计中所遇到的问题,从而提供了更广阔的设计自由空间。还有一些建筑师虽然不实际应用混凝土但也拥护其发展,混凝土不论在结构中还是在建筑表面几乎是随处可见了。



皇家宫殿, 利物浦, 托马斯和Mouchel, 1909年



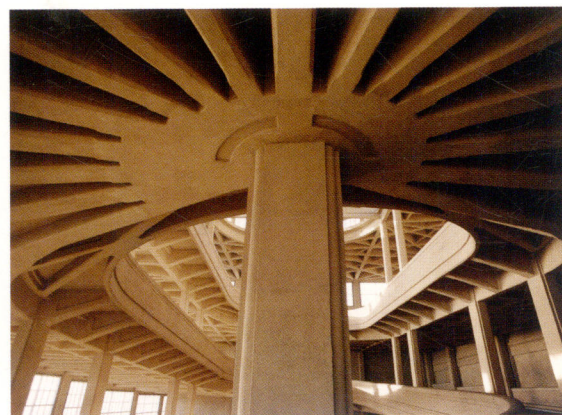
塔华纳莎桥, 格里松, 罗伯特·梅拉德, 1905年



飞机修理库，奥莱机场，尤金·弗莱森尼特，1916~1924年



圣母院，勒·昂斯，奥古斯特·派瑞特，1922年



菲亚特汽车公司的螺旋坡道底面，都灵，马太·楚科，1915年

20 世纪初，人们对混凝土的印象是它只适用于工业建筑以及桥梁、道路这样的工程项目。在英国，混凝土在这些领域确实受到了一定的欢迎，因为那里石材稀少且生产建筑材料的劳动力通常没有足够的专业技能。伦纳德·斯托克司于 1914 年为罗马乔治敦设计的天主大教堂和为牙买加首都金斯敦新建的政府办公大楼（旧楼毁于 1907 年的地震）都是用混凝土建造的。通常，人们对混凝土的看法是它最便于应用，但它的外观并不理想。20 世纪初，大多数混凝土建筑都进行了外观装饰。实际上，那时混凝土框架结构的应用可能比我们今天更为普遍，许多建筑都在混凝土结构外采用传统的外饰面进行了装饰。在英国，包括 1910 年建造的斯托克市政大厅在内的许多建筑都是由沃利斯和波顿设计并且由美国朱利叶斯康公司建设施工的。这家公司于 1903 年成立于底特律，1906 年在伦敦开设分理处并且很快进入前苏联发展；奥布里·托马斯和 LG Mouchel 在利物浦的摩西河边设计的标志性建筑皇家宫殿（见 11 页上图）共有 8 层，还设有两层阁楼。它于 1909 年落成，是当时欧洲最高的混凝土框架建筑。但是这幢建筑的外立面全都装饰有文艺复兴时的图案，由苏格兰和挪威的花岗岩雕刻而成。在伦敦威斯敏斯特修道院的对面，朱利叶斯康公司也建造了一座混凝土建筑——卫斯理公会教徒大厅，设计师是兰开斯特和瑞卡斯。但是它的内部也被灰泥覆盖，外立面上也布满了传统的装饰材料。

那么美国的情况又如何呢？我们可以想象一下，因为在 1909 年的华盛顿州建立起了一座被誉为混凝土城的都市。1871 年，早期的移民来到了贝克河流域，他们称呼那些住在河西岸的原住民为 Minnehaha。1890 年，这里有了第一个邮局，这里的居民也改称贝克人。在河流的东岸，由于 1905 年成立了华盛顿硅酸盐水泥厂

而迅速发展，并被称为“水泥城市”。1908 年，生产高档硅酸盐水泥的联合工厂在贝克成立以后，贝克市决定将附近的两个城镇合并。1909 年，在经过大量的论证后新的混合材料开始开发并生产，从此这里被命名为“混凝土镇”。1921 年以前，几次火灾几乎烧毁了主街两边所有的原始木屋。此后因为有充足的混凝土供应，人们决定以后采用这种耐火的材料建造房屋。在这个镇上有许多有趣的早期混凝土结构建筑。亨利汤普森桥（1916~1918 年）的建成是当时最长的单跨水泥桥，低贝克水坝（1925~1927 年）的建成也成为当时世界上最大的混凝土水力发电站。这里早期的混凝土建筑包括市政大厅和图书馆（1908 年），老混凝土学校（1910 年，1923 年和 1938 年），以及混凝土剧院（1923 年）。

以前，在混凝土镇经常会出现这样一种情况：承包商如果想建造一幢房屋，他就需要预先购买大量的混凝土。在小规模的建筑物以及在自家住宅的建造中，混凝土的应用都非常广泛。但是这里在建造大型建筑时对混凝土的青睐就不如英国。为什么会有这样的情形呢？至少有一部分是历史的原因。直到近代，硅酸盐水泥在美国都是一种昂贵的进口产品，而钢材则主要来自美国国内，因此采用钢结构的摩天大楼风靡一时。

工程学的发展

在经过大量的实践和研究之后，作为建筑材料之一的钢筋混凝土的潜力才得到人们充分的认可。罗伯特·梅拉德（1872~1940 年）是瑞士的工程师兼建筑师，曾为材料运用先驱之一的法兰索·恩尼必科工作。1901 年，他设计建造了世界上第一座 3 跨钢筋混凝土桥。在此之后，他又在多山地区设计了一系列外观优美而结构稳定的桥梁，例如，他在 1905 年设计的位

右上图

斯德哥尔摩图书馆，伊瑞克·贡纳·埃斯布兰德，1918~1927年

右下图

因乔兹大厦，辛辛那提，埃尔塞纳和安德森，1902~1903年

于瑞士格里松的塔华纳莎桥，它横跨于莱茵河之上（见11页下图）。当时这幅图片被刊登在权威杂志上，这确实给法兰索·恩尼必科公司带来了积极的影响。他还将无梁楼板结构引入建筑中（该结构是将板像梁一样并排放置形成楼板，这种形式的先进之处在于以十字交叉的方式强化了混凝土结构，从而使楼板可以多方向受力），第一个实例是1910年在苏黎世建造的一个仓库。

随着无梁楼板结构的出现，利用钢筋混凝土来解决大跨度屋面的问题便成为可能。早期的案例包括马克思·伯克在布雷斯劳设计的世纪大厦（1912~1913年）和尤金·弗莱森尼特在奥莱设计的飞机修理库（1916~1924年）。这些方案都是桶形穹窿的混凝土薄壳结构，并且设计成折叠外形用以提供必要的角度。奥古斯特·派瑞特是早期最杰出的钢筋混凝土建筑师，在他的设计中，高合理性横梁式结构清楚地表达出各部分的功能作用，这样可以使梁板关系变得清晰并与其承受的荷载相对应，同时也对视觉扭曲进行了矫正。他的作品包括：雷诺汽车的车库（1905年）、巴黎的香榭丽舍剧院（1911年）、巴黎埃斯的服装厂（1919年）这样的工业和科技建筑以及包括Mus'ee des Travaux Publics（1938年）在内的公共建筑。他也设计了许多混凝土教堂，包括1922年在勒·昂斯建造的圣母院，在这里他使用了穿孔的预制板和裸露的筒形混凝土天棚，从而将造价压到最低。在那之后的30年中，派瑞特仍然使用混凝土建造教堂，他的个人工作室变成了为许多思想前卫的现代主义者提供更多传统的选择机会的训练基地。在派瑞特的学生中最著名的是勒·柯布西耶，他曾经这样评价他的老师：“我想知道是否今天的每一个人都能认识到那些年中派瑞特起到的重要作用……派瑞特大胆地使用了裸露的钢筋混凝土，

并始终坚信他的新结构形式正在为建筑学带来革新。”

混凝土和新建筑思想

奥古斯特·派瑞特对建筑的特殊贡献是什么呢？和他同一时期的建筑师及他的学生们都认为使他们激动的是奥古斯特·派瑞特对混凝土这种新材料的定位，他将混凝土与一种新型建筑的思想联系在一起，也就是说混凝土并不仅仅是石材的替代品。第一次大战之后，建筑界混凝土与激进的建筑革新联系在一起。例如工程师马太·楚科1915年设计的菲亚特汽车公司，在都灵的Lingotto工厂，这是一幢钢筋混凝土结构，它的屋面上安装了全自动的汽车生产线，经过测试后汽车可以通过建筑的螺旋坡道直接到达地面。至此，那些始终拥护传统建筑材料的工艺美术建筑师们开始对混凝土感兴趣。1919年，考虑到混凝土带来的影响，CFA Voysey承认：“过去的实例和曾经的流行趋势不会对我们有帮助，只有新材料才能发展新的时尚造型。”詹姆斯·赛门设计了希望大道和沐浴街夹角处的律师行大厦（工程师是LG Mouchel）。这幢建筑采用的完全是暴露的混凝土框架，配以水泥表面的实心板。1908年，他在格拉斯哥建筑协会的一次演讲中说到：“苏格兰风格的建筑，特别是那些旧式的粗涂城堡非常适合采用钢筋混凝土结构……你可以自由地选择你喜欢的样式……钢筋混凝土这种新材料引导我们忘却那些在石头上涂灰泥的荒谬做法。”

其他实验性建筑体现更多的是现代主义精神。例如，安东尼·高迪分别于1905年和1910年在巴塞罗那利用混凝土建造了两栋住宅。1926年埃里克·门德尔松在德国的斯图加特建造了斯高肯百货公司，它采用混凝土框架结构，并具有与波茨坦·爱因斯坦塔楼类似的曲线形





左上图

洛弗尔海滨别墅，新港海滩，鲁道夫·斯根德勒，1922~1926年

左中图

联合教堂，橡树公园，弗兰克·劳埃德·赖特，1906年

左下图

落水别墅，宾州熊溪，弗兰克·劳埃德·赖特，1934年



式，但是建造这栋大楼需要巨额费用及很多实力雄厚的承包商和代理人。1904~1912年，在奥地利的维也纳，奥托·瓦格纳里用混凝土建造了邮政储蓄银行。20世纪20年代，用混凝土建造的地标性建筑遍布欧洲大陆。在斯堪的纳维亚，伊瑞克·贡纳·埃斯布兰德设计建造了斯德哥尔摩图书馆（1918~1927年，见13页上图）；惯用木材和玻璃的建筑师阿尔瓦·阿尔托发展了混凝土框架的工业建筑，例如他在Kauttua设计的步进式住宅群。

在大西洋的对岸，现代主义者和其他一些人正推动着新型和改良的混凝土建筑蓬勃发展。1902~1903年间，埃尔塞纳和安德森在俄亥俄州设计了第一幢摩天大楼（见13页下图）。另一位混凝土的代言人是艾伯特·康，于1904年负责建造了位于普利茅斯的巴洛夫公司大楼。另外还有一些非常有个性和古怪的创作实例，包括亨利·莫瑟住宅和博物馆、宾夕法尼亚州的道尔城瓦窑（1914年），以及茱莉亚·摩根为抢救欧洲建筑和完成历史幻想而设计的华丽场景——1922年开始为威廉·伦道夫·赫斯特建造的圣西蒙别墅地产。鲁道夫·斯根德勒的前卫作品——加利福尼亚新港海滩的洛弗尔海滨别墅（1922~1926年）有5排平行的混凝土框架，这样海滩就像是在建筑下方展开一样，房间变成了外部空间。在完成了他的首例混凝土建筑——伊利诺斯州橡树公园的联合教堂（1906年）后，弗兰克·劳埃德·赖特在1928年对混凝土做了极其轻蔑的定位：“就美学而言，混凝土既不会唱歌也讲不出故事。它的组成也看不出有较高的美学特性，因为它是一种合成品……它作为一种黏合的介质，本身是缺乏特征的。这种材料最好的表现效果不过就是人造石材，差的便成了廉价的石化沙。”之后，他又在洛杉矶及其周边地区设计了一系列纺织业住宅（1923年），例如恩尼斯住宅。

这幢建筑的结构是由特殊铸件组成的——用钢筋加强的、带有装饰图案的混凝土块。有趣的是他继续评论道，虽然“混凝土可以像石板一样被悬挂起来，而且在板上打上精美的孔，就像波斯的陶瓷屏风一样”，但是“不幸的是在工程项目中它被制作成梁并且特意模仿木柱和支架的纹理，它很懒散，被当成愚蠢想法的载体”。虽然他承认混凝土的可塑性具有巨大的潜力，但是他更青睐陶瓦制品。混凝土被说成是“没有情感的牲畜”。他建议：“由于混凝土从来没有一个高贵的名称，所以它应该拥有一个更好的名字——聚结物”。赖特并不是20世纪惟一以开发新材料却又否定其优点而闻名的建筑师。于1934年建造的落水别墅可能是他最伟大的作品了，混凝土制造的悬挑部分横跨在宾夕法尼亚州宾州熊溪的小瀑布上。

早在20世纪的20年代和30年代，美国发展钢筋混凝土这种建筑材料时，有关它的讨论在欧洲也都开始了。在那个时期，有关混凝土的建筑和审美价值也在从业者中激烈地争论着。在20世纪20年代早期的加利福尼亚，鲁道夫·斯根德勒为他的客户（圣地亚哥的一位牙医）WL Lloyd在Pueblo Ribera设计了一栋带有传统西南风格的联合公寓。斯根德勒坚信应该用混凝土建造墙体而不是用木制框架，但是出资方并不愿意开发这样的项目，因为他们认为混凝土价格太高了，而且“混凝土看上去不够档次（它只适用于地下室和临时结构的墙体，而非住宅），这样的单元很难出租”。此外，没有充分的证据可以证明混凝土结构是完全可靠的。更糟糕的是它会开裂、渗水，一部分原因是由于没有清洗干净沙子上的混合物中的盐分而发生的作用。

当混凝土开始应用于各种建筑类型尤其是艺术性装饰建筑时，它首先与国际风格联系在一起。当勒·柯布西耶在《走向新建筑》中说