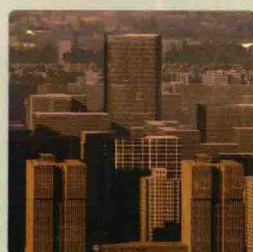
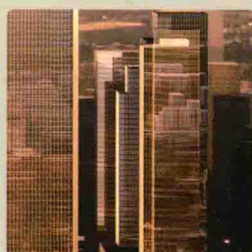
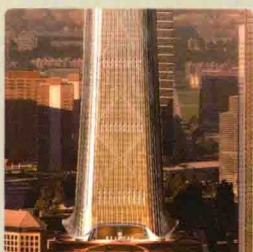
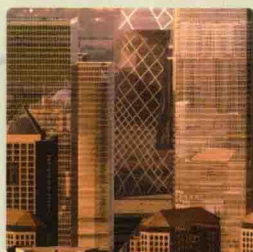
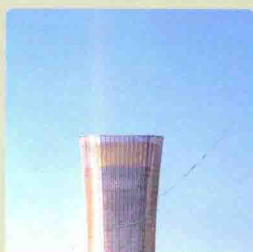


从117到中国尊

——姚攀峰工程实践及前沿研究

Tianjin 117 to China Zun—Yao Panfeng's Practice and Research on Civil Engineering

姚攀峰 著



中国建筑工业出版社

从 117 到中国尊

——姚攀峰工程实践及前沿研究

姚攀峰 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

从 117 到中国尊——姚攀峰工程实践及前沿研究/
姚攀峰著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 10
ISBN 978-7-112-18288-6

I. ①从… II. ①姚… III. ①建筑结构-文集
IV. ①TU3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 161903 号

本书以作者的工程实践和研究为主线, 展示了土木工程行业一些前沿研究和最新技术进展, 在工程实践篇介绍了中国尊、天津 117 等国内代表性工程; 在结构工程篇介绍了砌体-钢筋混凝土筒体混合结构、多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱力学性能等, 在房屋抗震篇介绍了设防巨震及“四水准、多阶段”、科学地震逃生等抗震新理念; 在地基基础篇介绍了半回填建筑地基承载力、非饱和土的抗剪强度等。

本书是学术前沿研究和工程实践相结合的书籍, 可作为科研单位、大专院校和工程单位了解土木工程前沿研究和超大工程实践技术的资料。

责任编辑: 刘瑞霞 李天虹

责任设计: 董建平

责任校对: 张 颖 陈晶晶

从 117 到中国尊 ——姚攀峰工程实践及前沿研究 姚攀峰 著

*

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
北京科地亚盟排版公司制版
北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17¼ 字数: 409 千字

2015 年 10 月第一版 2015 年 10 月第一次印刷

定价: 49.00 元 (含附赠《结构小记》)

ISBN 978-7-112-18288-6

(27489)

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)

推 荐 语

目前中国仍然处于建筑工程的高速发展期，很多工程项目在规模、影响以及技术难度等方面处于世界领先地位。作为多项重大工程项目的设计者与管理者，姚攀峰先生在建筑结构领域具有非常丰富的经验，他亲历了国贸三期、天津 117 和中国尊等代表当时最高水平的重大工程建设全过程。他涉猎广泛，视角独特，对新技术兴趣深厚。在本书中，姚攀峰先生对国贸三期、天津 117 和中国尊项目的工程概况、结构选型、荷载与材料、计算分析以及采用的关键技术进行了详细介绍，讲解了多边形多腔钢管钢筋混凝土巨柱、抗震避难单元等新理念，提出了在砌体结构抗震、次结构与非结构构件抗震、地基承载力理论研究等方面的独到见解。本书可为广大设计、施工及管理人员在了解国内重大建筑工程动态与新技术时提供宝贵的参考。

——范重 中国建筑设计研究院总工程师

本书是姚攀峰同志长期从事结构工程设计实践和防震减灾研究的一部心血结晶。书中以作者参与设计的国贸三期 A 项目、天津 117 项目和中国尊项目为实践背景，既详细展示了作者提出的非饱和土摩尔-库仑破坏准则、砌体-钢筋混凝土筒体混合结构、多边多腔钢管混凝土巨柱（“姚式巨柱”）等新理论和新技术，也首次系统描述了作者在防震减灾领域提出的“设防巨震”、“避难单元”、“四水准”、“多阶段”、“综合逃生法”等新震新理念。本书是一部集新理论、新技术、新理念于一体，学术前沿研究和重大工程实践相结合的佳作。

——吕大刚 哈尔滨工业大学土木工程学院副院长

《从 117 到中国尊——姚攀峰工程实践及前沿研究》是具有实用性、技术性的重要学术著作，内容包括多项复杂高层结构技术领域的创新性研究成果，集中展现了国内外高层结构技术的最新进展。

超高层结构的建设能力往往是衡量一个国家建筑科技水平的重要标准，也是一个国家文明发展程度的象征，世界各国都十分重视超高层结构设计理论与建造技术的研究与工程应用。作者多年来活跃于超高层结构技术领域的工程前沿，形成了多边多腔钢管混凝土巨柱的思想和具体概念并推广应用到中国尊等多个项目，是我国结构工程界为数不多的重大原创之一，推动了我国复杂超高层结构设计技术的进一步发展。

此外，作者在结构抗倒塌设计理论、地震逃生科学等领域多有创新建树，特别是在完善“四水准设防理论”、提出“抗震综合逃生法”、构建“砌体-钢筋混凝土筒体结构”等

方面的研究成果引人注目并在相关规程得到了体现。

以上这些创新成果的取得，与作者多年来对科技创新的不懈追求分不开。我们也期待作者今后百尺竿头更进一步。

特此，我非常乐意向广大结构科技工作者郑重推荐《从 117 到中国尊——姚攀峰工程实践及前沿研究》。

——赵世春 西南交通大学土木工程学院副院长

本书作者紧密结合国家工程大建设的机遇，坚持工程实践与理论研究相结合，勇于创新，在地基基础、结构工程及工程抗震方面取得了独创性的成果。针对半开挖地基基础这一特殊基础形式，作者在 Prandtl 假定的基础上，推导了相应的地基承载力计算公式，并引入相应的修正系数给出了实用计算公式。作者基于对非饱和土抗剪强度的深刻理解，利用已有的实验结果，给出了改进的摩尔库仑抗剪强度公式，用极端实验验证了其合理性。在结构上，提出了多边多腔钢筋混凝土巨柱的新结构，丰富了超高层建筑的结构形式。对解决量大面广的低层建筑的地震灾害问题，提出了“避难单元”的避震结构形式。这些成果将给相关领域读者带来新理念和新知识，对工程实践有较好的参考价值。特为之推荐。

——杨光华 广东省水利水电科学研究院名誉院长

对于高度超过 500m 以上的复杂超限高层一直是工程设计界的高难度项目，姚攀峰先生本着敢挑大梁、追求卓越的信念，不惧挑战，在这方面的设计实践、研究中取得了众多心得体会。在本书中，对多个复杂超限高层的技术难点、解决方案等关键技术进行了详细的讲解和介绍，图文并茂、内容详尽丰富。其中中国尊项目中的结构方案讨论章节，通过对建筑设计需求、结构合理性、结构耗能机制、历次超限审查意见等多方面对结构设计方案的选取过程进行了论述，使读者能够详细地知道该项目最终结构方案的确定原则和选取原因，对设计极具参考借鉴价值。

本书中不仅对有关高难度项目的设计做了较为全面的介绍，还展示了作者在多腔钢管混凝土巨柱、巨震避难单元概念等方面的科研成果及在工程实践中的应用。对广大设计、科研人员而言，的确是一本值得一读的好书。

——李治

姚攀峰先生是我的同事。他在中国尊项目时负责结构设计工作，有效整合设计资源，全面管理设计质量和进度，控制了风险。提出了多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱（姚氏巨柱）、高延性双连梁核心筒等重要技术，在中国尊项目得到了应用。在他和项目团队的共同努力下，中国尊顺利通过了振动台模拟巨震的考验，抗震性能优异，综合效益超过 10 亿元，创造了国内同类项目结构超限审查用时最短的纪录。

本书是姚攀峰先生长期从事建筑结构领域工作实践和理论研究的宝贵结晶。在本书

中，以姚攀峰先生亲历的国贸三期、天津 117 和中国尊项目等代表当时最高水平的重大工程项目为实践背景，详细介绍了其工程概况、结构选型、荷载与材料、计算分析以及采用的关键技术，同时讲解了多边形多腔钢管钢筋混凝土巨柱、抗震避难单元等新理念，提出了在砌体结构抗震、次结构与非结构构件抗震、地基承载力理论研究等方面的独到见解。本书实用性强，理论很好地结合了实际，立意高，将为广大工程管理人员在了解国内重大建筑工程动态与前沿技术方面提供了非常有益的参考。

——齐明

致 谢

在完成此书之际，我要向为本书题写序言和推荐词的聂建国院士、范重总工程师、吕大刚教授、赵世春教授、杨光华院长、李治总工程师、齐明副总经理致谢；向曾经给予我指导和支持的陈肇元院士致谢；向建工社的沈元勤社长、王梅主任、刘瑞霞主任、李天虹编辑致谢；向一直默默帮助我的师友、家人致谢，向完成国贸三期 A、天津 117、中国尊项目设计、咨询的全体成员致谢，向所有为本书提供相关资料和帮助的同事、同行致谢，如张义元、孔永祥等同志。你们的支持和帮助促使我完成了本书的撰写。由于篇幅限制等原因，本书未能列举所有相关人员的名字，但是本书离不开他们的支持和帮助，谢谢。

姚攀峰 2015-08

序 言

姚攀峰同志长期从事结构设计工作，从基层做起，先后设计了几十个工程，参与的代表性工程包括国贸三期 A、天津 117、中国尊等大型项目，实践经验丰富。在天津 117 设计过程中，针对首个截面面积超过 30 平方米的巨柱，他突破了采用钢骨混凝土柱的传统做法，提出了多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱技术，在天津 117 项目中得到了实施，取得了显著的效果，并推广应用到中国尊等项目，目前多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱已经成为超高层建筑结构中的重要竖向结构形式之一。在设计工作的同时，姚攀峰同志还一直从事科研工作。他在抗震减灾领域先后提出了“巨震、（避难单元）不倒”、“四水准、多阶段”、“综合逃生法”、“砌体-钢筋混凝土筒体混合结构”等新概念、新技术，部分成果已经被国家标准采用，并在中国尊项目得到了实施。在岩土工程领域，他提出了改进的摩尔库仑破坏准则等公式。“十年磨一剑”，他用多年的汗水、积累取得了可喜的成果，他刻苦钻研和勇于创新的精神难能可贵。

姚攀峰同志在本书中反映了上述成果，展示了国贸三期、天津 117、中国尊的结构设计，介绍了这些工程在设计过程中关于结构体系、关键技术的部分研究成果和报告，此外，还收录了他本人已发表的几篇代表性论文：“多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱力学性能初步探讨”、“房屋结构抗巨震的探讨、应用及实现”等。本书内容丰富，理论联系实际，对土木工程结构设计和科研都具有参考价值。

聂建国

2015 年 7 月于清华园

前 言

2008年5月12日14时28分04秒，四川省阿坝州汶川县发生8.0级地震，地震造成87150人死亡或失踪，374643人受伤。——中华人民共和国民政部

这是一个所有中国人应该铭记在心的日子，也是改变中国结构界的日子！汶川地震之前，我做结构专业负责人已经将近5年了，负责或者参与设计了UHN、国贸三期等项目，天天忙碌于协调、设计、分析、绘图、处理现场问题……然而2008年5月12日，改变了许多人，也改变了我。地震来了！

砌体结构是汶川地震中死亡人数最多的结构，也是世界上历史最悠久，应用非常广泛的重要结构形式。砌体结构具有取材便捷、施工简单、经济实用的优点，也存在延性差、强度低、离散性大等问题。尽管设置圈梁构造柱的砌体结构二代技术有效提高了砌体的抗震性能，砌体结构抗震性能差仍然是结构界面临的难题。我试图先解决砌体结构抗震问题，经过持续努力，在5月的下半旬，我突然想出了一种新型的砌体结构能够解决这个问题。这种新型砌体结构我称之为砌体-钢筋混凝土筒体结构，在2008年6月30日我完成了初步的深化，形成了相对完整的版本，“本结构形式有下列优点：1. 房屋抗震性能大幅度提高，本结构结合了钢筋混凝土筒体结构的优点，较普通的砌体房屋抗震性能大幅度提高，使得房屋在地震中不易倒塌。2. 提供了最近距离的抗震避难所，钢筋混凝土筒体本身的抗震性能高于砌体部分，在地震中不易倒塌，可以为其中人员提供避难场所，由于是该避难所在室内，人员完全可以有时间逃到其中……”这个版本中已经蕴含了地震逃生、避难单元、允许非避难单元倒塌等概念的萌芽。这种新型结构面临着严峻的考验，存在以下问题：1. 违背了“规则、均匀、连续”等结构抗震基本概念；2. 与《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2001）相关条文直接冲突；3. 内力分析过程中面临刚度矩阵奇异等难题；4. 需要地震逃生等非结构学科的支撑。

砌体-钢筋混凝土筒体结构成立的前提之一在于使用人员具有逃生能力，然而地震逃生在当时远远不是一门科学。在2008年下半年，我开始展开了对地震逃生的科学研究，提出了逃生的安全目标、目标安全区、地震逃生安全函数等概念，进行了上百次的地震逃生模拟实验，结合实际逃生案例，针对农村单层砌体房屋居民给出了不同情况下的逃生建议。关于地震逃生的研究成果在2009年3月份的《国际地震动态》正式发表。在地震逃生研究和砌体-钢筋混凝土筒体研究的基础上，在2008年年底，2009年年初我形成了“小震不坏、中震可修，大震不倒，巨震，（避难单元）不倒”的“四水准”抗震理念。2009年4月份关于“4水准”抗震的成果正式发表在《建筑结构》增刊上，并在第二届建筑结构技术交流会上与大家进行了学术交流。到了巨震阶段，破坏和倒塌对于砌体等结构是难以避免的，火灾等次生灾害也是可能发生的，这需要引入新的结构抗震概念、分析理论和技术措施，科学地震逃生也是应对巨震的重要一环。从2009年至今，我们进一步完善了

“四水准，多阶段”的抗震理念，引入了“避难单元面积比”、“避难单元子结构”、“整合式抗震”等，在地震逃生领域提出了“综合逃生法”等，两者相辅相成，不但适用于砌体结构，而且可以推广应用到钢筋混凝土、钢结构等各种结构。巨震中，避难单元不倒塌是对结构的最低要求。如果说“耗能支撑”宛如人的锁骨，起到保护主结构的作用，那么“避难单元”就是人的颅骨，是主结构要保护的核心部件。上述成果在中国尊项目中得到了部分尝试和实践，在众多专家学者的推动下，部分成果被引入了国家标准，具体内容可详见本书“房屋抗震篇”中相关论文。

研究固然重要，然而结构设计才是我的本职工作。国贸三期结构封顶之后，我收到 Arup 的邀请，2009 年 5 月，正式加入 Arup，开始了从“天津 117”到“中国尊”的征途。天津 117 项目位于天津市西青区，结构高度 596.2m，是中国真正的第一高楼，比哈里发塔的结构高度也仅低 4.8m，由于建筑方案的不同，结构难度甚至高于哈里发塔。如果说在国贸三期项目中我更多的是向 Arup 这种国际一流的公司学习，在做 117 的过程中，我有了更多的机会与世界顶级专家面对面的交流、切磋，并有机会实践自己的一些新理念。作为天津 117 的主要设计成员之一，我先后涉及了天津 117 的桩基、筏板、巨柱、巨撑、桁架、现场配合等工作，并按照公司要求给多位设计师进行了具体的技术指导和支撑。天津 117 是巨型结构，只有 4 个巨柱，巨柱直接关系到整个大楼的安危。当时世界上 20 平方米以上的超大截面巨柱均为钢骨柱，如上海环球金融中心等。概念方案设计阶段，香港总部的方案为钢骨柱。117 巨柱地上部分最大截面面积达到 45 平方米，是世界上首个超过 30 平方米的巨柱，没有任何先例。在整个工程设计中难度最大的就是巨柱设计。进入初步设计阶段，我发现原钢骨柱延性低、钢板过厚等不足，开始考虑新的解决方案。在深入设计的过程中，我逐步形成了多边多腔钢管混凝土巨柱的思想和具体概念，尝试了几十种柱身设计方案，终于设计出来当时较为满意的巨柱柱身截面，在初步设计第一次超限审查会议上，新结构得到了容柏生院士、程懋堃总工、陈富生总工等专家的支持和认可。在前期工作基础上，我带领部分同事，一鼓作气完成了巨柱的关键节点、柱脚、地下部分等设计。多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱后来被推广应用到中国尊等多个项目，这也是我国结构工程界人士重大原创之一，部分专家学者甚至称之为姚氏巨柱。在 117 项目组同事的协助之下，我的部分工作创造了多项世界纪录：世界上第一个超过 30 平方米巨柱设计、第一个超过 1.5 米厚的多腔钢管钢筋混凝土剪力墙……

2011 年我开始做中国尊项目。相比于天津 117，中国尊的难度更大，高 528m，是世界上 8 度抗震区首个超过 500m 的建筑物，而且为尊形，顶部尺寸变大为 69m×69m。中国尊的地震基底剪力约是上海中心的 1.7 倍，天津 117 的 1.25 倍。由于种种原因，中国尊的第一次超限审查的设计成果相当不理想，部分专家明确指出：“（刚度）突变，特别是高烈度区，是危害性很大的。”受命于危难之际，我和设计、顾问团队共同努力，迅速扭转了局面。我们采用了巨型支撑框架+高延性双连梁核心筒结构体系、多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱等新技术，解决了多个难题，通过了多次内审和外审。在 2013 年 12 月我们进行了振动台实验。实验证明，中国尊结构体系合理，位移角、剪重比等均可满足国家标准，不但能够抗大震，而且能够抗约 7500 年一遇的巨震，安全性能良好。在中国尊项目中，我们创造了多项世界纪录和国内纪录，取得了 10 亿元以上的综合效益。相关内容可

参见本书“天津 117 项目”“中国尊项目”“结构工程篇”等章节。为了便于读者了解国内超高层设计发展的过程，我特意收录了“国贸三期 A 项目”。

半开挖地基基础是常见的实际工程问题，规范中缺乏相应的地基承载力计算公式，我基于 Prandtl 假定，推导并给出了工程中比较实用的地基承载力计算公式。非饱和土是广大结构工程师比较陌生的领域，然而非饱和土在我国分布广泛，许多工程问题就是对非饱和土认识不足造成的。非饱和土的基础理论之一是抗剪强度理论，Fredlund 教授是该领域的权威，提出了扩展的摩尔库仑破坏准则。我在该领域持续工作 8 年之后，基于 3 个独立的实验，分析了扩展的摩尔库仑破坏准则的不足，提出了改进的摩尔库仑破坏准则，用极端实验验证了新准则的合理性。相关内容可参见“地基基础篇”的章节。

在漫长的研究、实践过程中，我得到了陈肇元院士、容柏生院士、聂建国院士、李广信教授等许多前辈、同事、同行的指导和帮助，得到了建工社沈元勤、王梅、刘瑞霞、李天虹等同志的支持，也得到了我爱人及家人的全力支持，在此向他们表示感谢。在这里，我还想对周炳章先生致以特殊的敬意。周先生已于 2015 年 2 月仙逝。以周先生为代表的专家学者提出了著名的圈梁构造柱技术并进行了系列研究，把砌体结构提升到了二代技术，大大减少了地震中砌体房屋居民的伤亡。这是我国近代房屋结构领域为数不多的重大原创，在近代结构工程中占有一席之地。让我们新一代土木人，继承前辈心愿，在世界房屋结构、抗震领域做出更多的成绩，为社会创造出更多的贡献使汶川悲剧不再重演。

目 录

工程实践篇

1 国贸三期 A 项目	2
2 天津 117 项目	21
3 中国尊项目	53

结构工程篇

4 砌体结构抗高烈度地震的探讨	102
5 砌体-钢筋混凝土核心筒结构抗震性能的探讨	107
6 多边多腔钢管钢筋混凝土巨柱力学性能初步探讨	115

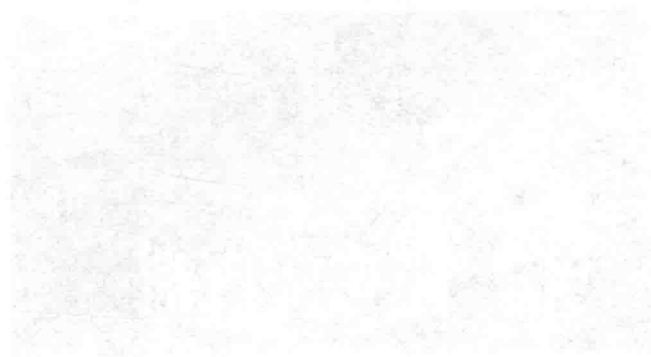
房屋抗震篇

7 对《抗规》7.3.8 条及地震避难单元的设置的探讨	126
8 农村单层砌体房屋中的地震逃生方法	129
9 地震逃生方法的探讨	138
10 房屋结构抗巨震的探讨、应用及实现	142
11 高层及超高层房屋抗巨震的探讨与应用及实现	148
12 中国尊抗巨震的探讨及工程实践	155

地基基础篇

13 半回填建筑地基承载力的探讨	170
14 再论非饱和土的抗剪强度	174

工程实践篇



1 国贸三期 A 项目^[1~6]

1.1 项目概况

国贸三期地处北京市朝阳区光华路 CBD 核心区，东起东三环路，西至机械局综合楼，南起国贸大厦 2 座，北至光华路，占地 6.27 公顷，总建筑面积达 54 万 m²。共分两个阶段进行施工，三期 A 阶段工程和三期 B 阶段工程，三期 A 阶段工程的建筑面积约为 29.7 万 m²，已经建设完毕，三期 B 正在建设中。参见图 1-1 和图 1-2。

国贸三期 A 项目是由中国国际贸易中心股份有限公司开发的超高层项目，该建筑物主塔总高度为 330m，地上 74 层，地下 3 层，集写字楼和超五星级饭店为一体的主塔楼、一座可同时容纳 1600 人的大宴会厅、现代化商城、电影院及地下停车场等，是北京市新的地标性建筑物，参见图 1-3。



图 1-1 项目位置图



图 1-2 项目全景图（摄影：姚攀峰）



图 1-3 国贸三期（拍摄：姚攀峰）

1.2 主要参与单位

本工程开发建设单位为中国国际贸易中心股份有限公司，地勘单位为北京市勘察设计研究院有限公司，地震安评单位是中国国家地震局地壳应力研究所，结构设计单位为奥雅纳工程顾问和中冶京城工程技术有限公司，奥雅纳工程顾问完成国贸三期 A 的结构方案和

初步设计及结构超限审查，奥雅纳工程顾问与中冶京城工程技术有限公司共同完成施工图设计，TT 是该项目结构顾问单位；建研科技股份有限公司进行了振动台试验。

1.3 技术标准

本工程结构设计主要执行以下中国国家相关技术标准：

(1) 建筑结构设计可靠度统一标准	GB 50068—2001
(2) 建筑结构设计术语和符号标准	GB/T 50083—97
(3) 工程结构设计基本术语和通用符号	GBJ 132—90
(4) 建筑结构荷载规范	GB 50009—2001
(5) 建筑抗震设计规范	GB 50011—2001
(6) 混凝土结构设计规范	GB 50010—2002
(7) 钢结构设计规范	GB 50017—2003
(8) 高层民用建筑钢结构技术规程	JGJ 99—98
(9) 高层建筑箱形与筏形基础技术规范	JGJ 6—99
(10) 建筑桩基技术规范	JGJ 94—94
(11) 北京地区建筑地基基础勘察设计规范	DBJ 01—501—92
(12) 高层建筑混凝土结构技术规程	JGJ 3—2002
(13) 型钢混凝土组合结构技术规程	JGJ 138—2001

如结构设计部分不包括在中国国家规范之内，则参考英国和美国或者新西兰相关规范。

本工程的地勘报告、地震安评主要依据以下资料：地震作用以国标 GB 50011—2001 为标准，并参考中国地震局地壳应力研究所于 2002 年 11 月提供的《中国国际贸易中心三期工程主塔楼场地地震安全性评估报告》（报告号 2002C0024）的结果。场地类别依据北京市勘察设计院 2003 年 4 月 18 日提供的《中国国际贸易中心三期工程岩土工程详细勘察报告》（报告号 2003 技 036）确定。

1.4 性能指标

结构设计基准期：（可靠度）	50 年
结构设计使用年限：	50 年（耐久性 100 年）
建筑结构安全等级：	一级
结构重要性系数：	1.1
建筑抗震设防分类：	丙类
建筑高度类别：	超 B 级
地基基础设计等级：	甲级
基础设计安全等级：	一级
抗震设防烈度：	8 度

抗震措施：9 度

设计基本地震加速度峰值：0.20g

场地类别：Ⅱ类

1.5 材料

本结构选用混凝土为 C30 等级以上混凝土，主要混凝土强度等级为 C30、C35、C40、C45、C50、C60，相关强度指标等根据《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）取值，详见表 1-1。

混凝土材料性能表 表 1-1

强度种类	标准值 f_{ck} (N/mm ²)	设计值 f_c (N/mm ²)	弹性模量 E_c (N/mm ²)
C30	20.1	14.3	3.00×10^4
C35	23.4	16.7	3.15×10^4
C40	26.8	19.1	3.25×10^4
C45	29.6	21.1	3.35×10^4
C50	32.4	23.1	3.45×10^4
C60	38.5	27.5	3.6×10^4

本结构选用钢筋为 HPB235、HRB335、HRB400，相关强度指标等根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 取值，钢筋材料性能见表 1-2。

钢筋材料性能表 表 1-2

钢筋种类	符号	直径 (mm)	标准值 f_{yk} (N/mm ²)	设计值 f_y, f_y' (N/mm ²)	弹性模量, E_s (N/mm ²)
HPB235	Φ	8~20	235	210/210	2.1×10^5
HRB335	Φ	6~50	335	300/300	2.0×10^5
HRB400	Φ	6~50	400	360/360	2.0×10^5

本结构选用钢材为 Q235、Q345，钢材材料性能见表 1-3

钢材力学性能表 表 1-3

钢材种类	厚度 (mm)	屈服强度 f_y (N/mm ²)
Q235	≤16	235
	>16~40	225
	>40~60	215
	>60~100	205
Q345	≤16	345
	>16~35	325
	>35~50	295
	>50~100	275
Q390	≤16	350
	>16~35	335
	>35~50	315
	>50~100	295

续表

钢材种类	厚度 (mm)	屈服强度 f_y (N/mm ²)
Q420	≤ 16	380
	$> 16 \sim 35$	360
	$> 35 \sim 50$	340
	$> 50 \sim 100$	325

1.6 荷载

本工程楼面活荷载按照现行国家荷载规范和工程实际情况而确定，详见表 1-4 和表 1-5。

主塔荷载表 (kN/m²) 表 1-4

位置/荷载	活荷载	机电设备	找平层	间隔墙
屋面	1.5 或按实际重量	1.5	4.8	—
标准层 (办公)	3.0	0.5	1.7*	1.0
标准层 (酒店)	2.0	0.3	1.2	按建筑布置
楼梯	3.0	—	1.2	—
楼电设备房	不少于 7.5 或按实际重量		1.2	—
隔火层	5.0	—	1.2	—

* 吊顶=0.5，地台粉饰=1.2。

裙楼荷载表 (kN/m²) 表 1-5

位置/荷载	活荷载	机电设备	找平层	间隔墙
屋面	3.0	—	4.8	—
绿化屋面	按园林设计布置	—	5.0	—
商店	3.5	0.75	1.2	2.0
大堂入口	5.0	0.5	1.2	—
消防车道	20	—	5.0	—

风荷载：

50 年基本风压为 0.45kN/m²，100 年基本风压为 0.50kN/m²，并综合风洞试验结果。风洞试验做了高频天平试验等，试验照片见图 1-4，风洞试验最大底部弯矩为 7100MN·m。

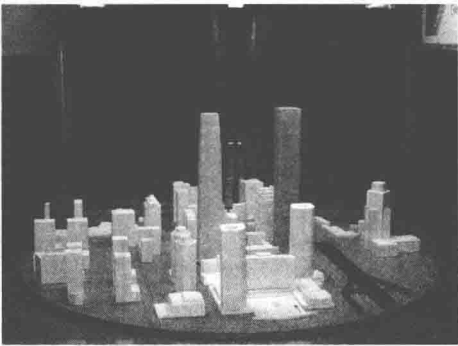


图 1-4 风洞试验照片 (RWDI)

1.7 建筑条件

塔楼平面为正方形，而且上下宽度渐变。地面以上 74 层，其中 1~4 层为大堂等多用途楼层，5~56 层为办公，57 层以上为旅馆。地下有 3 层，B3 为停车库和设备用房，B2、B1 为设备和商业用途。底部大堂为 57.6m×57.6m，顶部约为 37.6m×37.6m。