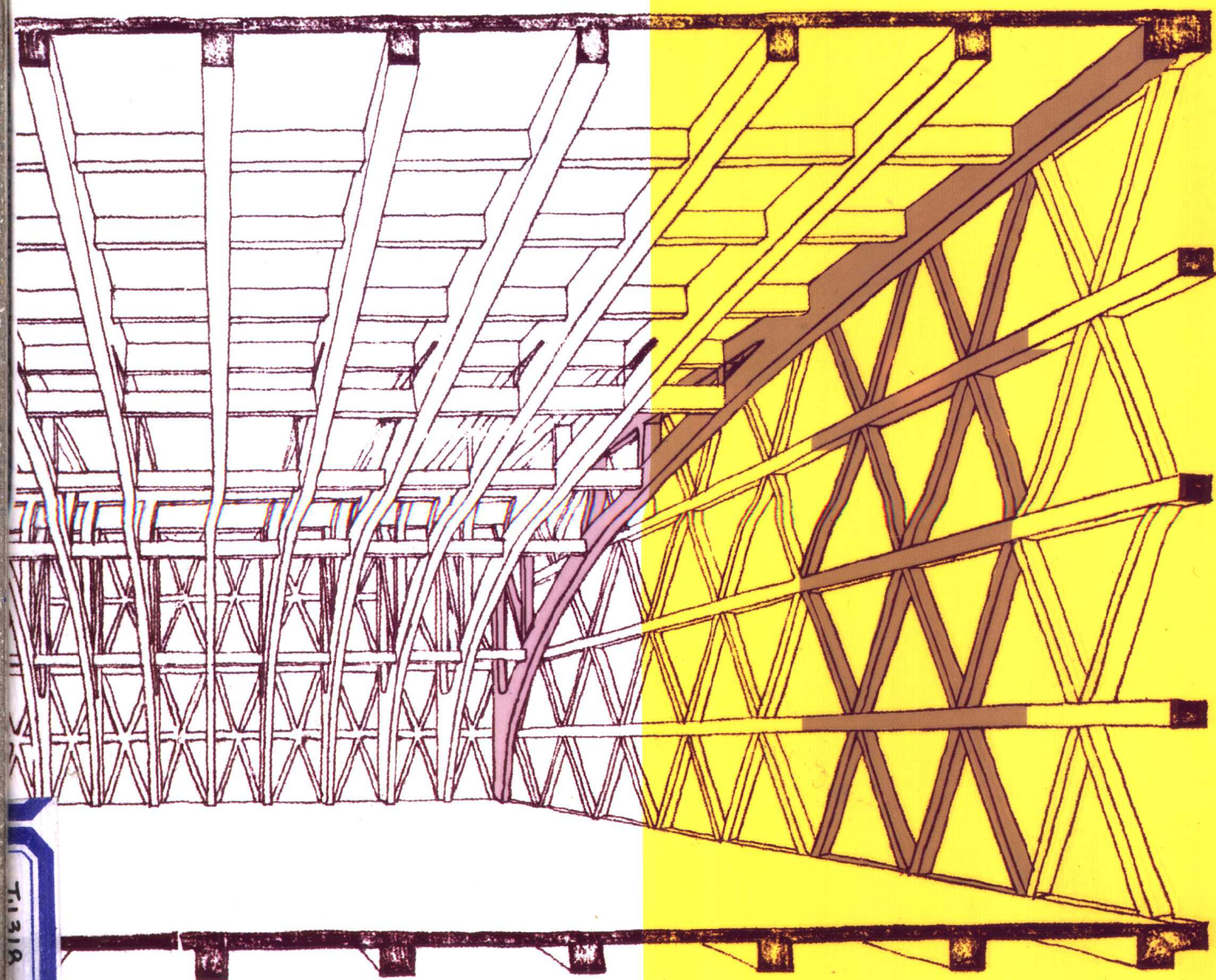


结构形态与建筑设计

[日] 增田一真 著

任 莅 棣 译

牛 清 山 校



中国建筑工业出版社

TU318
2003157

结构形态与建筑设计

[日] 增田一真 著
任 莅 棣 译
牛 清 山 校

中国建筑工业出版社

作者介绍

增田一真

1934年 生于广岛县

1958年 毕业于东京工业大学建筑学专业,后进入松村组

1961年 进入东京大学生产技术研究所田中研究室

1964年 设立增田建筑结构事务所

主要著作 《形体的数据文件》(彰国社)

《建筑设计资料61 木结构》(建筑资料研究社)

《构造方法的变革》(建筑资料研究社)

插图协助: 竹村祐子

著作权合同登记图字: 01-2000-1945 号

图书在版编目(CIP)数据

结构形态与建筑设计/(日)增田一真著;任莅棣译.北京:中国建筑工业出版社,2002
ISBN 7-112-05243-2

I. 结... II. ①增... ②任... III. 建筑结构-结构设计 IV.TU318

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第056170号

责任编辑:白玉美 郭栋

Japanese title: Kako no Sikumi de miru Kenchikudezain by Kazuma Masuda
Copyright © 1999 by SHOKOKUSHU Publishing Co., Ltd.
Original Japanese edition
published by SHOKOKUSHU Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan.

本书由日本彰国社授权翻译出版

结构形态与建筑设计

[日]增田一真 著

任莅棣 译

牛清山 校

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

开本: 889×1194毫米 1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 273千字

2002年11月第一版 2002年11月第一次印刷

定价: 30.00元

ISBN 7-112-05243-2

TU·4902(10857)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

以此作为对建筑结构学的创造性探讨

这本书是从笔者1964年以来所从事的结构设计工作中，选出大约80件作品編集而成的，其中包括了从《建筑细部》杂志101号到112号的连载部分以及后来少许追加的部分。从开始动笔到现在已有10年了，但对形态分类的考虑等仍只限于当初的构想。

回顾过去，结构形态所具有的魅力开始为世人注目并迎来了狂热的时期，是在战后大约25年的时间里，这与坪井善胜的功绩是密不可分的。

坪井善胜(东京大学教授)在战后的复兴时期，最早开拓创造，给人以新鲜的惊奇和感动。同时，让结构技术所具有的可能性和魅力为世人所认识。以晴海码头的国际商品展销市场的穹顶为开端，爱媛县民会馆，骏府会馆的壳体等，在结构设计领域中接连不断地开拓新领域，给后来者以巨大的激励。国立体育场、东京天主教大教堂等许多作品，至今仍感动着每一个来访者。

对于建筑设计来说，结构工程师的作用和结构的思想表达都是非常重要的。对此具有辩论性说服力的，而且以丰富的抒情笔调进行说明的批评家是山本学治(东京艺术大学教授)。他的著作直到今天，也没有失去生命力，仍然具有很高的价值。

进入70年代以后，我们迎来了高楼大厦林立的时代，也宣告了战后梦想时代的终结，日本跑进了“高度成长”的时代。对结构家思想表达价值加以说明的托罗哈的结构哲学(《现代结构设计》木村俊彦译，彰国社出版)的影响，优秀结构家的大显身手的踪影渐渐地消失，变成了只有商业逻辑横行的时代，这种状况至今仍在持续着。

首先，人类最需要的是时代的骄子。

在今天这样的时代，对年轻一代来说，追求创造性的生活方式，或许是苛刻的。但是，如果重新考虑一下，也许应该说正是因为这样的时代，才是创造性生活方式的辉煌时代。

无论哪个时代，而且无论哪种职业，拒绝机械的或条件反射式的生活方式，经常以原理来组织行动，想超越自我极限的人才是创造者。

同样在结构设计中，经常向新的空间构成的可能性进行挑战的姿态，才是立志做创造者的最重要的条件。不断创造优良的构架还与继承传统有关联，为什么呢？因为所谓继承传统，不是继承传统的形式，而是继承其智慧，因为只有不断地创造的人，才能发现过去匠人们的窍门和智慧。

我相信，对创造的挑战与传统智慧的继承，在技术内部领域中是有关联的，在提高建筑文化层次上，它们共同成为在本质上能做出贡献的一股力量。

增田一真

1999年3月

结构形态的基本体系

7

柱和墙

15

- 拱 + 笼式结构 [S 运动俱乐部(方案)] 16
- 桁架式拱(九州女子学院附属幼儿园) 18
- 壁板 + 扁平梁(和光食粮公司) 19
- 组合双 T 形板(逻辑研究所—丸山纪念馆) 20
- 井字梁楼板 + 壁板(滨井灯泡工业本部大楼) 22
- 拱 + 双梁(弱智儿童抚育设施—别府市和平园) 24
- 笼式结构(相模女子大学室外楼梯) 26
- 笼式结构(管之家) 27
- 方格纹式壁板与无梁楼板(鹭之宫公寓) 28
- 扁平框架(能生小学) 29
- 弓形梁[预制混凝土工厂(方案)] 30
- 横穿板结构(成城学园大学部研究楼) 32
- 预应力混凝土小梁(成城学园中学部画家工作室) 34
- 超级刚架(惠川大楼) 36
- 带斜撑的预制壁板(第一公寓) 38

楼面 and 梁

39

- 钢丝网混凝土折板(印象大楼) 40
- 预制双曲线抛物面壳体(中目黑教堂) 42
- 相贯筒形薄壳(成城学园高中部中央大楼) 44
- 拱形梁 + 空心板 + 复合楼板(江东图书馆) 46
- 格构梁 + 铰接支柱(嘉手纳町行政办公大楼) 48
- 带肋板 + 筒形壳(樱花集合住宅) 49
- 空心梁 + 设备中心式体系(的场制馆所) 50
- 变截面楼板(竹园东小学) 52
- 空心梁 + 小梁(时装中心) 54
- 空心梁(大东三原大楼) 55
- 折线梁(圣望学园中学楼) 56
- 带肋板 + 宽波纹钢板屋面[有本宅(方案)] 58
- 空心梁 + 大框架(东通大楼) 59
- 扁平梁吊楼板(熊本机能医院) 60
- 双向空心板(大宫地区共同体中心) 62
- 拱形梁(名护文化中心) 63
- 桁架梁(国际基督教大学理学主楼) 64
- 薄壳楼板(I 大楼) 66

屋顶

67

- 钢制联杆拱(鹤观大楼) 68
- 双向悬挂拱[成城学园马术部马厩(设计方案)] 69
- 木结构组合拱(滨松教会) 70
- 钢桁架拱(护川小学室内运动场) 72
- 拱式悬挂屋顶(山村学园) 74
- 筒形薄壳(酒田老人之家芙蓉庄) 76

- 双向桁架式格构(山崎面包古河体育馆) 77
- 钢薄壳(大宫蔬菜水果中心) 78
- 钢薄壳(生麦中学体育馆) 80
- 斜交桁架式格构(成城学园体育馆) 82
- 钢骨日式屋架(日吉台中学格斗术教室) 83
- 预制穹顶(熊本机能医院康复大楼) 84
- 空间桁架(菅邸) 86
- 空间桁架(圣玛格丽特教会) 87
- 桁架 + 锥面框架(名护文化中心) 88
- 桁架格子折板(嘉手纳町政府大楼) 90
- 斜交格子折板(大宫制作所) 91
- 框架折板(竹园东小学校) 92
- 折线拱[大原牙科诊所(方案)] 94

空间结构

95

- 木结构斜交格构(葛西邸) 96
- 预制普通螺旋面薄壳(体育馆的竞赛方案) 97
- 预制带肋筒形薄壳(重要的有形民俗历史文物“周防大岛东部的生产用具”的保存设施) 98
- 预制带肋楼板结构(金液公司的名古屋工厂) 100
- 立体斜交框架结构(名演会馆) 102
- 筒形薄壳 + 空间框架(松寿园) 104
- 笼式结构(阿部大厦) 105
- 相贯双圆筒薄壳[R工厂(方案)] 106
- 预制双曲线抛物面壳体(镰仓雪之下教会) 108
- 框架折板(天龙木材场) 110
- 轻钢折板结构(明照幼儿园) 111
- 空间超级框架结构(金盛大厦) 112
- 空间框架(SH、66) 114
- 立体刚架[青森农业协会(方案)] 115
- 筒形结构(岩田邸) 116
- 折板结构(上越医师会馆) 118
- 斜撑式外壳(微笑堂) 119
- 外壳结构[二本松城(方案)] 120
- 多层拱 + 笼式结构[关电化大厦(方案)] 122

木结构

123

- 托架结构(筑波第一小学体育馆) 124
- 组合透空梁(天龙原木中心) 126
- 桁架 + 日式屋架(林业综合中心) 127
- 八字斜撑拱(核桃保育园) 128
- 桁架(土根保育园) 130
- 楔块拱(五只船女学生会馆) 131
- 立体屋架(樱花保育园) 132
- 驼峰组合框架(高花平保育园) 134
- 组合框架(青山书林书店) 136
- 组合梁框架(民居) 137
- 横穿板结构(木结构设计方案) 138

创造性的结构设计

与不经思考就应用现有构架的手法相反,这是在所给的设计条件下,发现最佳的构架方案。结构形态的固定化、手法化以及机械地选择,是与创造性的结构设计相对立的。

对自动化的结构设计体系的依赖,将约束结构工程师的创造领域,而结构技术也会失去其本身所具有的特殊魅力。

将结构形态整齐划一、手法僵化的这种趋势,使得老一套技术书籍泛滥,走向科学与艺术的反面,又以固定观念压抑了青年工作者的创造欲望。

不论是结构工程师还是设计师,应该再一次回到最初的原理,重新考虑“怎样做才能构筑?”如果不这样,绝不可能有好的建筑。返回到力学原理,以初学者的身份面对设计课题,追求一切可能的形式,只有在这种过程中产生的形态才有可能经常是新颖的。

也就是说,不要只限于那种以现有构架类型和设计规范为前提的形态,而是要返回到原理重新面对设计课题,此时,创造的辛苦和喜悦才会第一次一涌而出。

极小构架的美

例如,如果追求平衡效果好,无论取舍哪部分都接近极限,都能最大限度地发挥框架各断面内的应力分布,那么得出的结果,会让我们感到惊讶,怎么会有如此美的框架呢?只是一根立柱,却犹如雕塑那样优美。

也可以这样说,我们经常面临着两种选择中的一种:要么是机械地进行处理,选择那种常见的陈旧的形态;要么进行创造,发挥材料本身的自由度,形成舒展、优美的形态。

在这一基础上,根据建筑设计与空间构成的要求,寻求构架形态多样化的可能性,并将其构架最小化,那么就会出现与以往完全不同的优美的结构形态群。

最近在研究桥梁的领域中,将板平缓弯曲,利用所产生的轴向力,降低了弯曲应力,逐渐产生弯矩及轴向力型等,像这样追求应力强度分布的过程,其本身也应该说是成为选择造型上的主导方法。

原材料、形态、工法的综和

必须最大限度地发挥各种原材料所具有的特性。例如,木材即使经过数百年,甚至上千年也不会腐化,这种原材料可以说是经久耐用的好材料。

这是由无数的细胞编织出来的精巧的复合材料,它具有在细胞死去的瞬间,细胞壁变得坚硬的不可思议的作用。

混凝土也是这样,如果在水化反应过程中,令必要的水灰比接近于最小值25%左右,混凝土就可以得到像天然石材那样永久不风化的效果。

在创造合理的形态过程中,如何把原材料和工法与形态形成联系起来,这实际上是构筑方式上最重要的课题。为此,在认识形态与应力分布间的密切关系的基础上,经常追踪应力变化确定细部节点,这种造型方法的确立是不可欠缺的。

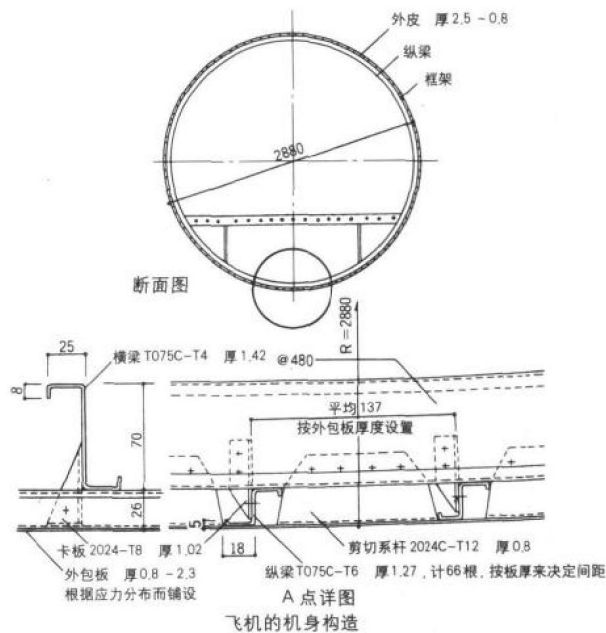
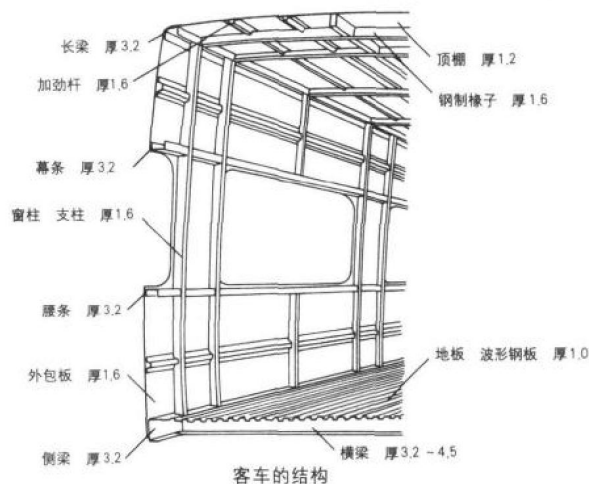
关于混凝土,由工厂预制构件及现场安装而引发的向现场预制构筑方法的转换,扩大了造型上的自由度,出现了合理的构架,并且省略了临时构件。在木结构上,由于重新出现了连梁上槛和通长横穿板,可以分为弯曲型、轴向力型、剪切型、弯曲轴向力型、弯曲剪切型、轴向力剪切型、弯曲轴向力剪切型7种立体构架类型。



松本城



东大寺南大门



构筑方法的多样性

结构系统的基本类型，可以说已经全部出现了。但是它只限于基本体系，并不意味着创造新的结构形态可能性的减少，只是暗示将要进入第二阶段，一个包括混合类型在内，今后进一步深化发展的新时期。拥有无限多样的结构形态的这个世界，限定数种类型是毫无意义的。通过本书的实例，如果能让大家看到多种构筑方法的世界，则感到十分欣慰。

自然界的智慧，出色地表现在植物与动物的身体形成中，用最有限的材料，得到最大的功效。开辟膜结构的F·奥拓先生，是通过与生物学者在学术上的协作，系统地调查研究了这种事实。

美往往与最小化联系在一起，在此之上，经济性又与美观性在深层中是一致的，这是笔者的主导思想。对合乎自然原理的建筑结构进行探索的人类历史，才是建筑技术发展史的主要骨架。

构筑方法与设计

人类作为站在几亿年生物进化的顶端，惟一能认识自然界的自然存在，必须在创造过程的所有方面，贯彻应用自然法则。那是因为没有对自然界必然性的认识，就不可能进行自由的创作。

建筑设计构思的自由性，是随着对结构学法则性认识的逐步深化而扩大的，而建筑构造的自在性又是在把握美学构成法则性的基础上得到飞跃的。

对人类过去创造的一切事物，如果从屈服强度机能和形态角度来追溯它的历史发展过程，那么理应是能够看清各种现象。

由于建筑设计分化为设计和结构，只能引来了不良的职业的划分，一类是不考虑结构的设计人员，另一类是不考虑设计的结构人员，而这种划分不是进步而是倒退。从雷同的结构形式中，是不可能产生出丰富的建筑文化的。如果说建筑是艺术，那么结构也理应是一种艺术。今天，可以说已经迎来了将建筑作为结构艺术进行重新审视的新时代。

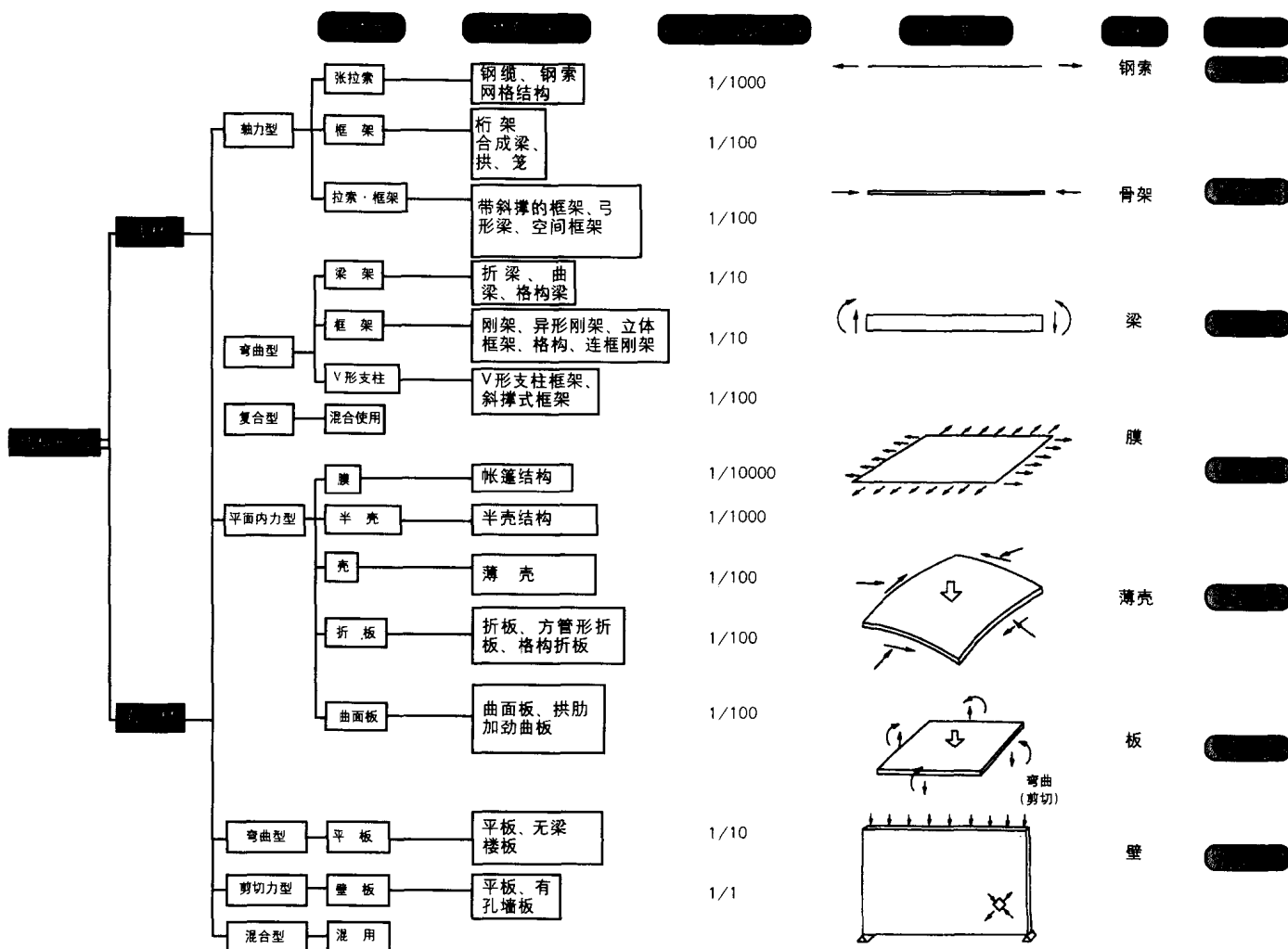
自由与创造

古代和中世纪的建筑往往会给我们一种感动和紧张感，而现代建筑却是缺少这一点，那是为什么呢？古代建筑的特征是在于结构与样式毫不分离，浑然一体。

什么是古代建筑成立的条件确实值得研究，但是，现代社会中在官僚主义和商业主义之后产生的技术主义，妨碍了服从实用与耐久的美的发现。设计的自由正是创造的条件。

现代建筑的特征是，一方面结构过于单调、统一，另一方面，合理的、自然的结构必须得到“特殊结构”的认定，从而妨碍了它的出现。

展望多样的结构形态世界，有利于我们创造出最符合空间性格和功能要求的结构设计，参与新的创造有助于对传统的继承。



分类的原则

虽说最初要先看一下结构形态的分类,伴随着分类这种行为,总有一种难以避免的界限,那就是舍去对象所持有的无限多样的属性和动的一方面,来固定有限且静止的另一方面。

如果说将有限的形态进行分类,是意义的话,那么它再通过多样结构形态的整理和秩序化,使得结构形态从整体上显得更为清晰。分类的原则有以下五点:

- ① 划分的原理只有一个。
- ② 依据共同的基本属性。
- ③ 网罗所有的对象,无一例外。
- ④ 分类不互相交叉。
- ⑤ 分类是连续的,不是跳跃的。

惟一的划分原理是什么,这是很直接的问题。如果注意一下构成结构物的构件,就能明白有直线、折线、曲线等形状的线形构件,也有平面、折面、曲面等形状的面状构件。

主应力

构件的断面尺寸与其长度的比率,当变化为 1/1、1/10、1/100、1/1000 时,构件的名称就有壁、梁、骨、索,如果是面状构件就有块、板、壳、膜等名称。

作用于结构物的外力群,将在结构物内部的产生应力,但应力的产生方式很大程度上依赖于结构形态。

但是,即使形态相似,因构件之间连接状态、支点的约束条件,具有立体连续性和仅是平面结构的拼凑等,因内部结构的不同,应力分布也是不同的。

结构构件中所产生的应力的种类,除作用于构件轴线方向的拉力和压力(统称为轴向力)外,还有与构件轴线成直角方向、欲剪断构件的剪力,弯曲构件的弯矩等。事实上,在形成结构体的各构件上,往往容易产生复合的应力状态,当然最重要的问题是应求出最能支配的应力是什么?这种起支配作用的应力就是主应力。

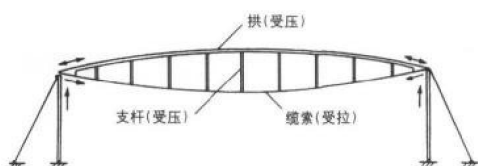
细(厚)长比与主应力

规定与外力群相对应的内力群,也就是结构的形态,但各构件将依据所固有的细(厚)长比限制其应力的存在范围。例如,膜和索只能产生拉应力,而骨架和壳体除拉应力之外,还产生压应力,但对弯曲和剪切的抵抗却很小。如果是梁和板,既能抵抗抗压,又能指望抵抗弯曲和剪切等方面的力,也就是所谓的受弯构件。如果是墙壁和块体,除了能抵抗双向的拉力和压力及剪力之外,弯曲阻力也很大。

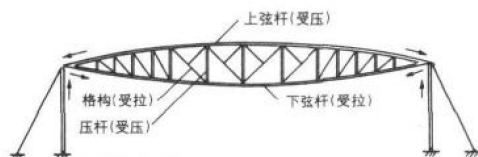
由此可见,能反映结构形态特色的是细(厚)长比的比例关系,但是,从本质上来讲应将其所能承担的主应力作为惟一的划分原理。

结构形态的分类结果是将构件大致分为线形构件和面状构件,将各自的主应力分为轴向力和弯曲应力。然后根据构件断面厚与长的比从小到大的顺序进行分类。

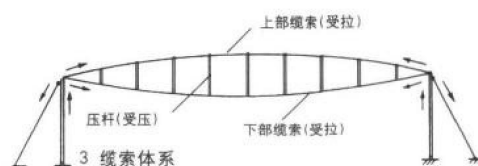
线形构件类型中,如果细长比为



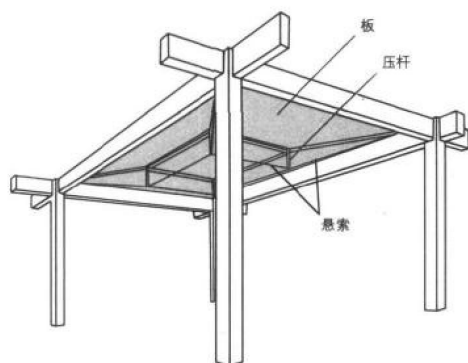
1 拱与缆索的结合体系
例：布鲁内尔设计的皇家阿尔伯特桥



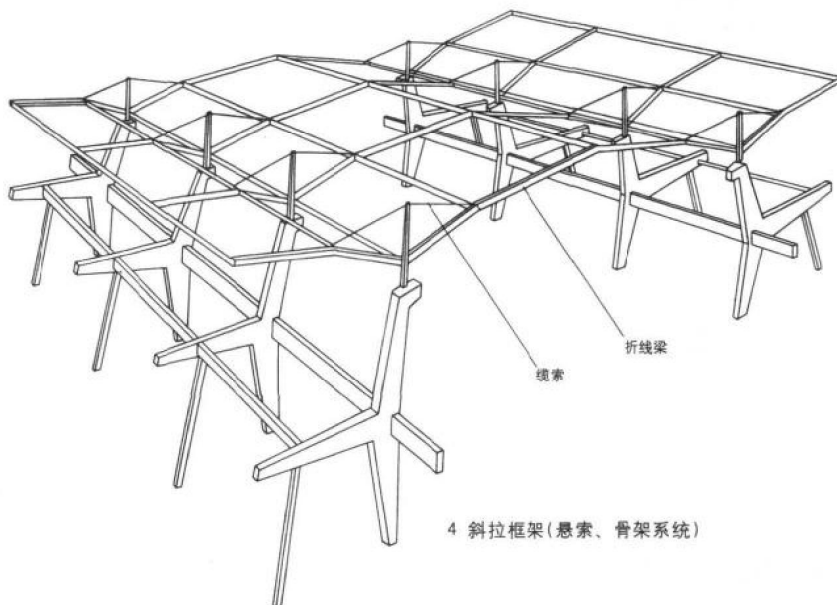
2 桁架体系
例：黑川纪章设计、松井源吾结构、大矶长滩卫星城等



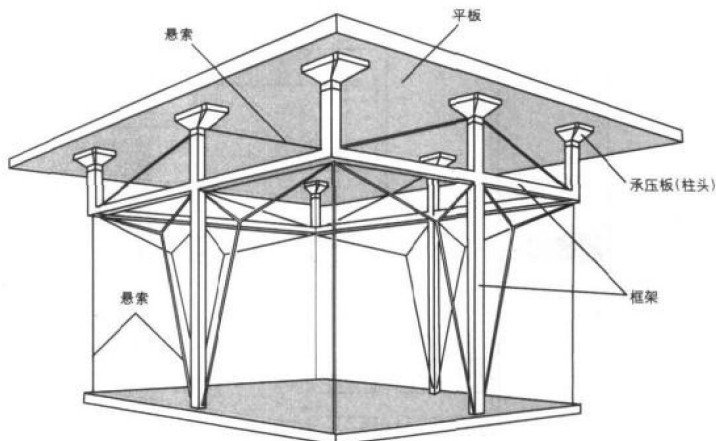
3 缆索体系



5 悬索体系(索、板混用型)实例



4 斜拉框架(悬索、骨架系统)



6 悬索、骨架混用型拉力体系的实例

1/1000, 构件无法抵抗压力, 只能产生拉力。将拉力作为主应力的体系称之为缆索(张拉索)系统。有用悬索和悬吊构件支撑具有一定弯曲刚度的桁梁的吊桥型, 也有把支柱顶部作为基点, 直接牵拉桁梁的斜拉桥型。张拉结构的优点就在于既不产生压曲, 也不受弯, 断面效率为 100%。

拉力结构

当上下弦的曲线相互向外凸出, 而两端一致时, 这就是所谓的凸镜状的结构形态, 如图 1——上弦是承压的拱, 下弦是受拉的缆索, 它们的反力相互平衡, 形成框架(例如, 众所周知的布鲁内尔设计的皇家阿尔伯特桥等), 图 2——中间连结构件为传递剪力的格构构件, 上弦是受压构件, 下弦是作为受拉构件的格构梁框架(例如松井源吾设计的大矶长滩卫星城等)。图 3 是第三种形态, 中间夹有垂直的受压支杆, 上下弦都是承受较强拉力的结构。因为这种框架是外力与

上下弦拉力的合力差平衡, 所以其形态也可以说是相互外凸的凹镜状。此时中间的杆件也就成为受拉杆件。受拉结构与只按平衡原理决定形状的索多边形形态相比, 这种牵拉型更有利, 在造型上也更具有紧张感。

钢索网络结构

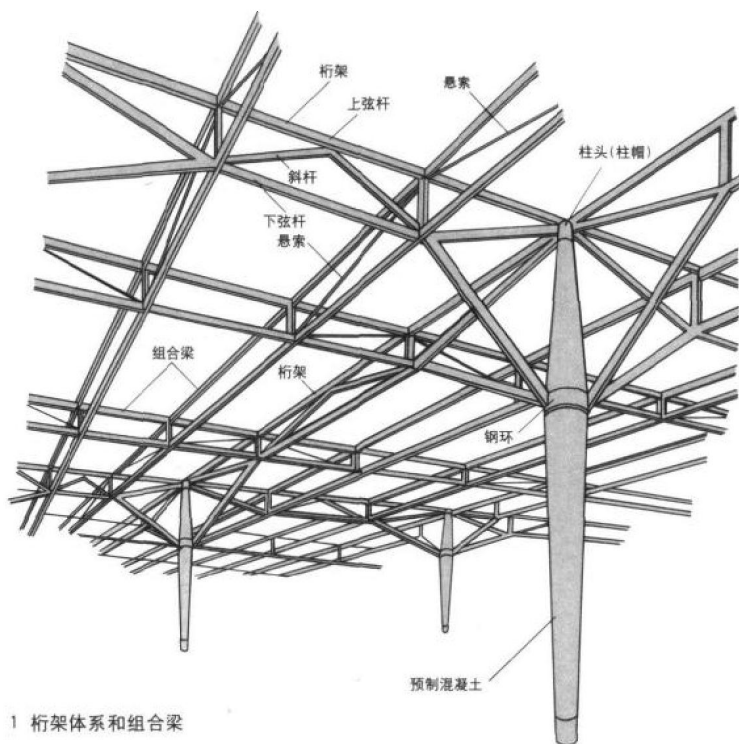
如将某一方向的悬吊钢索群, 配上与其成正交形式的起稳定作用的钢索群, 则这样就形成了双曲的钢索网络结构。双方都在相反的一侧持有曲率中心, 其特点是以凹和凸的曲线群构成的鞍型曲面。膜结构和帐篷结构等一些超轻量结构, 可以说是将钢索网络结构的网格逐步缩小到达极限的结构。当膜内的某一方面处于受拉状态时, 就形成安定的曲面。菲莱伊·奥德开发了膜结构, 日本川口卫等人将其进一步达到实用阶段, 所谓的钢索体系的细(厚)长比 1/1000, 对 10m 跨度而言, 就是 10mm 左右的细度; 膜结构中如果细(厚)长比为 1/10000, 对

应 10m 的跨度而言, 就是 1mm 的薄厚, 由此可见, 与通常弯曲型框架相比, 钢索网格结构是一种如何以最少的材料来实现的结构。我们应该摒弃张拉结构只用于大跨度的构筑物的这种陈旧观念, 更重要的是将受拉体系的长处用于我们的日常生活之中。图 4、5、6

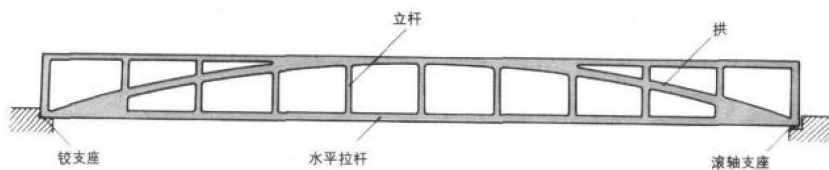
半壳结构

飞机及火车中常用的半壳结构, 就是将跨度从 1/3000 ~ 1/1000 的薄板原封不动地压曲, 再按适当的间距在两个方向上配置细骨架, 由于加强了强度, 就相当于薄壳构造, 而且可以成为更轻量的结构。组成新干线列车车体的外板厚度只有 1.6mm, 车顶和端部厚度为 1.2mm。

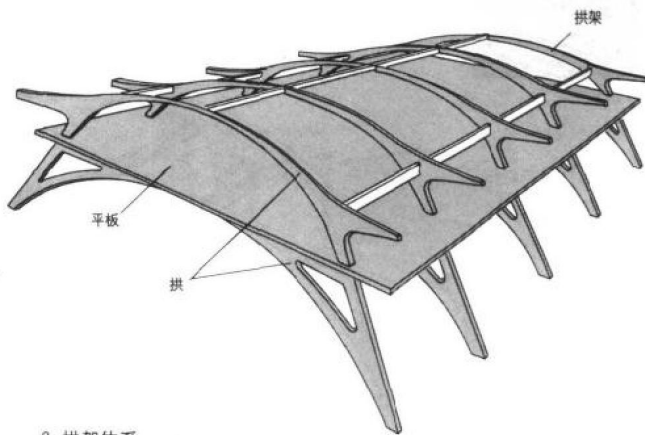
细(厚)长比为 1/100 时, 为了使构件可以负担一定的压力, 与钢索和膜结构相比, 形成结构体系的可能性的区域被明显拓宽了。



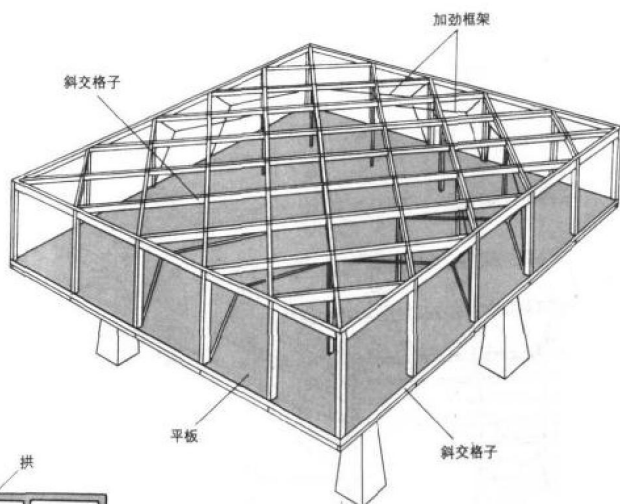
1 桁架体系和组合梁



3 系杆拱架



2 拱架体系



4 空间框架

桁架

取三角形骨架为桁架的最基本单元, 相继拼接刚性结构平面, 最终形成框架, 根据不同的拼装方式, 既可以形成梁状又可以形成平板状。或者是形成类似于折板和曲板状, 可以形成任意形态的基本单元。图1

桁架是一种用料量最少的合成框架, 不论是哪种杆件, 其轴向力(拉力或压力)都为主应力。因为压杆易出现压曲的特殊现象, 所以比起只利用拉力的悬索型有些不利之处, 尽管如此, 它所持有轴向力型的优势还是很明显的, 与弯曲型相比, 框架斜撑可以用细杆件来完成; 反言之, 如果使用同一断面的杆件, 就可达弯曲型框架跨度的10倍之多。

由于有压曲现象, 为了将构件的细长比控制在一定的界限内, 或增加强度, 或约束杆件, 才能使经济性和安全性两全齐美。在用桁架组成的组合柱、梁或组合框架中, 由于宽度变化是自由的, 在估计的荷载作用下, 要尽可能选用任何部分都具有同样应力分布的形状。当破坏

时, 就可以组成所有部分都同时达到极限状态这种理想的、最佳的结构。

拱架

悬索类的吊索承受均匀的拉力, 其倒立反转的形状就可称之为拱形框架, 所有部位都大致分布有同样的压力。它与钢索和膜结构相同, 同属于与外力平衡的所谓的索多边形体系, 但是如果取压力为主应力, 从伴有压曲现象这一个性来看, 可以作为其他体系而独立存在。弯曲应力不论是消失还是产生, 它的次应力都是拱形结构的特征。图2、3

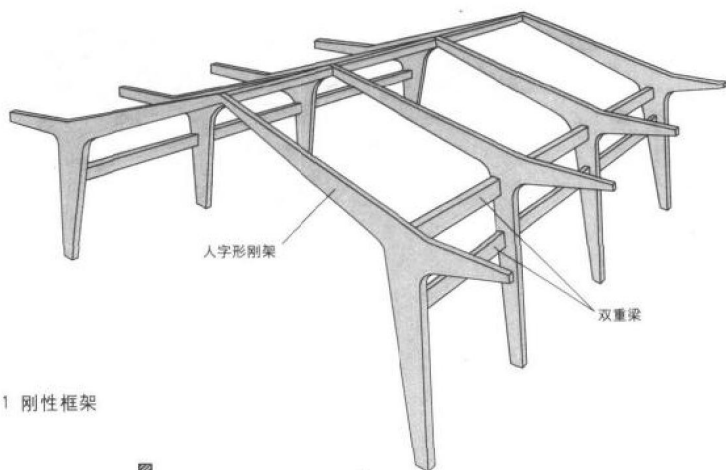
选择最佳的拱型曲线, 最重要的是把适合荷载分布状况作为必要的条件, 即使伴随有应力分布多少的不利问题, 也要考虑具有较高空间效率的形式, 如果允许一定的弯曲, 就会得到无数的变化因素。在断面形式上, 既可以考虑采用对压曲、二次弯曲应力有利的变断面, 也可以用桁架梁来组成拱等多种多样的形态。

系杆拱

作为拱, 在其支点上需要极大的水平反力, 当这种水平反力不能满足时, 就要在支点间布设连杆(系杆), 以保持平衡, 也就是系杆式拱架, 多用于钢桥和大跨度的屋顶等。

空间框架

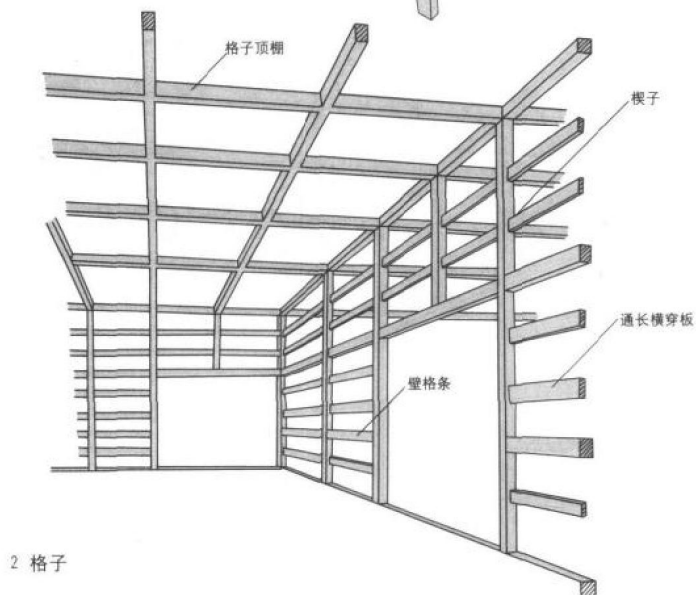
当然像桁架和拱那样可以解释的中间结构形态有无数, 而空间框架并不是一种定型的结构形态, 它是由各种各样轻量的轴向力型骨架以效果良好的类型组合而成, 是在平面计划和截面计划中合理使用类型的总称, 包括与弯曲型的混用, 变化多端。图4



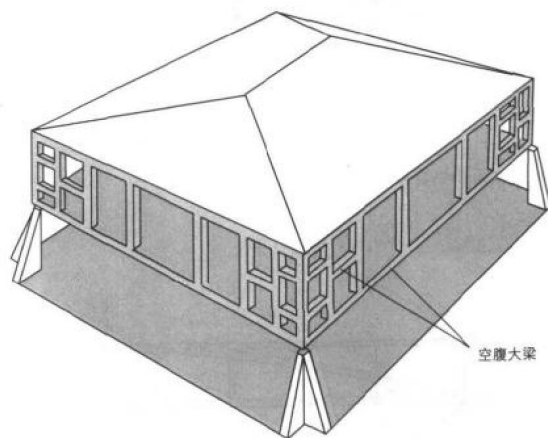
1 刚性框架



3 立体框架



2 格子



4 空腹框架

刚性框架

下面如若将弯曲应力作为主应力的弯曲线型，与轴向力型相比，则厚长比更大，达到1/10。迄今为止要说是结构，可能没有比这更让人熟知的框架结构了。即使这样，在平面的梁的配置、适合弯曲应力分布的截面变化以及铰的有意识利用等方面，进行多种处理，就会产生令人意想不到的美的效果，但是目前这种事实没有被进一步认识。

具有刚性节点的弯曲线型框架被统称为刚性框架。变截面刚性框架和异形刚性框架，或者是立体刚性框架等，其变化是多姿多彩的。

曲线梁

作为弯曲线型的梁，不只是直线梁，还有折线、曲线、变截面梁，以及组合而成的格子梁等等，多种多样。松井源吾设计的香港体育馆，是未被采纳的设计方案，实在令人遗憾。它是以配置正交曲线状的桁架来构成95m见方的正方形平面。

格子

日本传统的木结构做法，从基本框架到建筑立面乃至装修构件，其基调体现在格子状骨架上。在柱基础上立粗木柱，柱脚系梁，通长横穿板，连梁上槛等许多水平构件把柱横向连接起来，再用暗销、楔子、栓木等紧固，这可以说是典型的弯曲线型结构。图2

以格子状的基本骨格再加入可增加韧性的竹子和纤维的土墙，使作为传递剪力腹板构件而形成抗震机能的组合构架、腰墙、垂墙、翼墙都作为结构的一部分而发挥作用，其特征是在建筑整体上成为一个立体结构。以对角支撑加固的方法可以解释成作为轴向力骨架的桁架结构，在历史上从中世纪以后，以刚性框架方式为主流。原理上讲哪种构架都能成立，但是在还没有综合性地考虑到包括耐久性在内的今天，连同古建筑所具有美感在内以及确保耐久性、屈服强度等方面，可学习之处甚多。

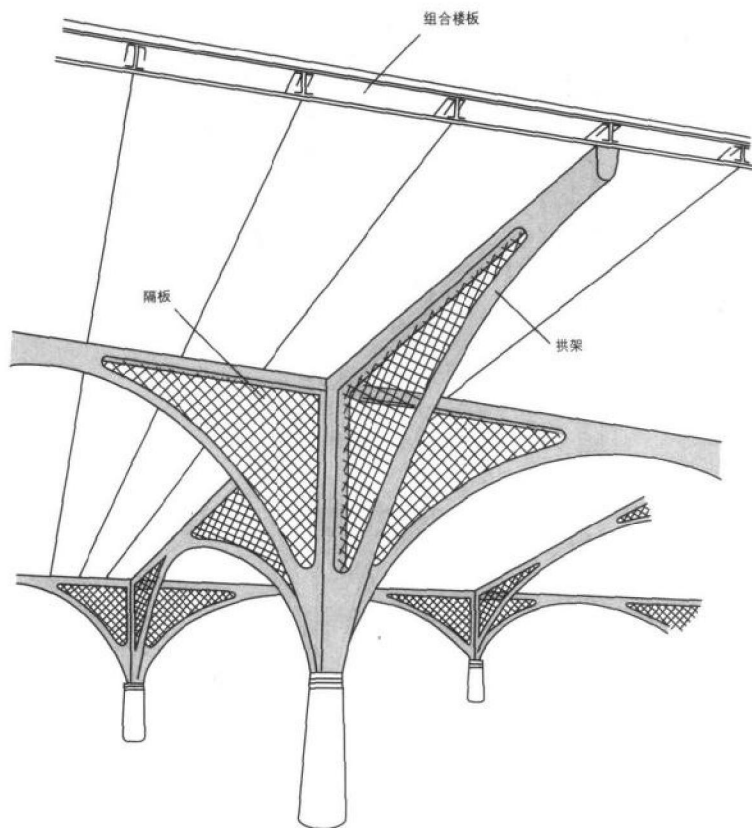
立体结构

无论哪一部分的构件都能参与抵抗所有外力的框架被称为立体结构。产生破坏时，一起产生屈服，这种最佳的立体结构作为理想的框架一直被人们所探求。如图3所示的框架结构也属于立体框架结构，在人字形的立体刚架中点对称地配置内接成拱型的框架，再以斜撑将屋顶连成一个整体也可认为是立体框架。

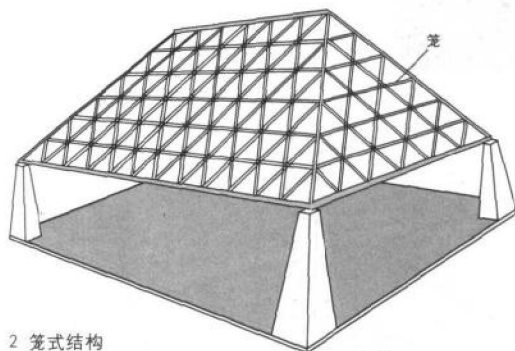
空腹梁

在土木工程中将横向使用单跨多层刚架的格构梁称之为空腹梁。因这是一种刚架结构，当作为大跨度框架使用时，在剪力比较大的支撑端附近应设法通过这种缩短纵横杆件间距的方法，使得任何杆件的弯曲应力均等。空腹大梁与其说与自身相比，还不如说是组合使用了桁架和拱架，从而避免了构件的大型化。图4

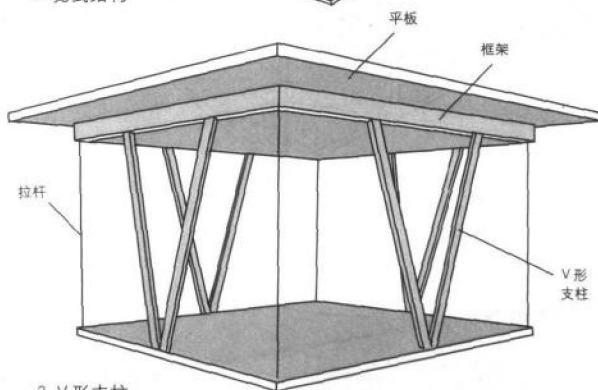
轴向力型与弯曲线型，在强度与刚度方面，有着可以相对照的属性，两者都具有不同的长处、短处和特色，但是，对适当



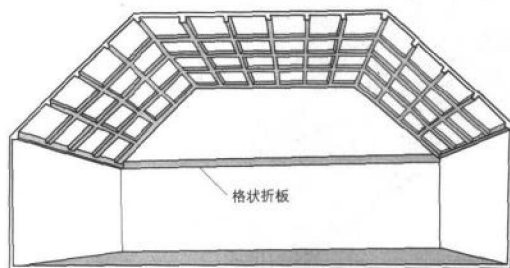
1 拱架与组合楼板



2 笼式结构



3 V形支柱



4 水平拉杆

组合运用两者而构成的体系，实际上可以形成比以往更为丰富的框架群体。其应力控制方面更加巧妙，其变化远比单独系统更丰富多彩。

加劲拱架

在框架与拱架的组合运用中，通过设置约束拱架变形的隔板，可以得到与加粗拱架断面的同样效果。隔板既可以使用在受拉的情况下，也可以使用在受压的情况下。如果轻型格子状轴向力型骨架可以构成优美的隔墙，那么就可以减轻实心拱所具有的厚重感。

笼式结构

当用纤细的杆件编织成笼状结构时，可以创造出轻量有效的立体结构。也可以用轴向力型骨架构成一种板型结构。如果将这些称为笼式结构，那么笼状结构的世界越来越宽广，丰富多彩，且可以成为实现结构与建筑的完美统一的良好对象。拟在笼式结构中设置大开口时，需要借助于受弯类结构的帮助；反

之，在弯曲型框架中也可以部分组合使用笼式结构。

格状折板

格子梁具有双向的应力分散效果，比起单一的梁架要有利，但如果再进一步将格子梁弯折成折板状，因为可以利用梁的轴向力传递外力，所以可以大幅度地减少弯曲应力。格子状折板可以自成一种体系。图4

不完全桁架

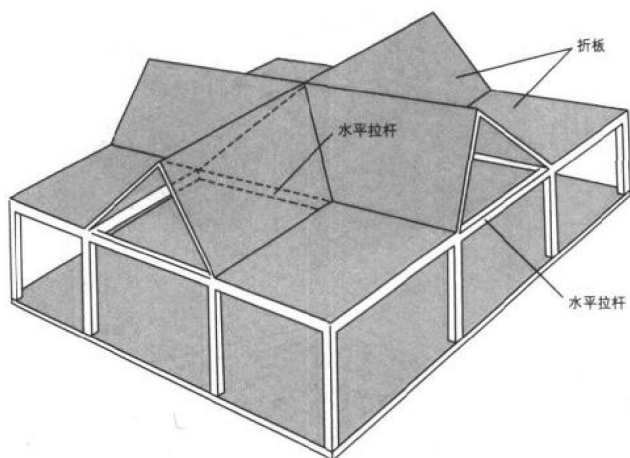
这是一种桁架杆件中心不集中于一点，而成错动状的类型。因为斜条相互承受压力和拉力，使得上下弦杆件产生弯曲应力。如果将此类桁架暂称为不完全桁架，则这种不完全桁架属于轴向力和弯曲的混用型。伴随受弯不利的一面，也有减少使用斜杆的长处，某些情况下可以成为最佳框架。带斜条式框架也是属于轴向力、弯曲混用型。如果将神社寺庙建筑的斗拱看成斜撑，则可以说古代建筑在结构上是经过精心设计的。

V形支柱

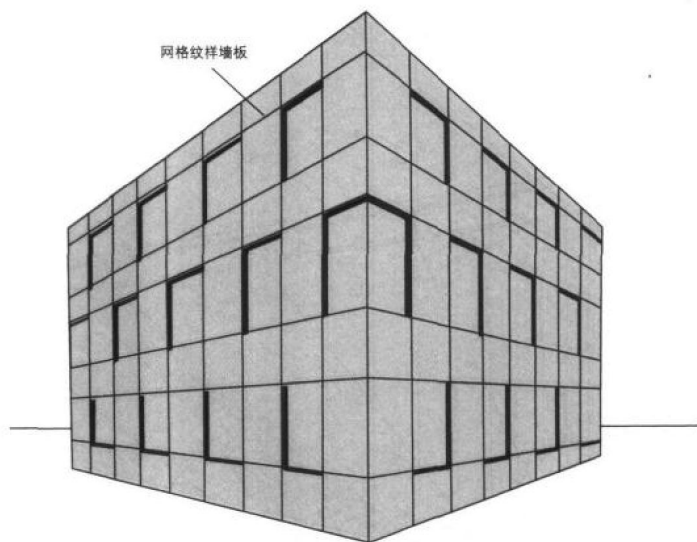
V形支柱与梁组合使用的情况很多，大体上虽属于弯曲型一类，但与斜撑和折梁相同，综合了轴向力型的因素，故可以成为可能性多样的混合型框架群的一角。图3

折线斜撑

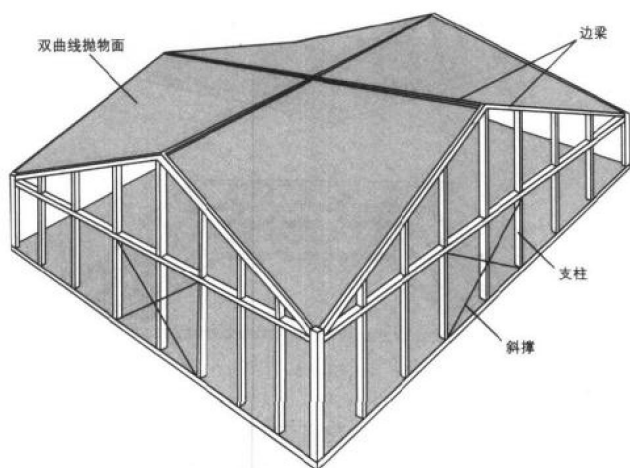
带有斜撑的框架群，也必须控制刚度。虽然现在折线和曲线的斜撑正处于研究的状态，但它们也属于弯曲型和轴向力型的混用形态之一，可以认为是有更多可能性的未来框架型。我们惯用的刚架，实际上也只不过是弯折的桁架，所以，对折线斜撑这种形态无需大惊小怪。



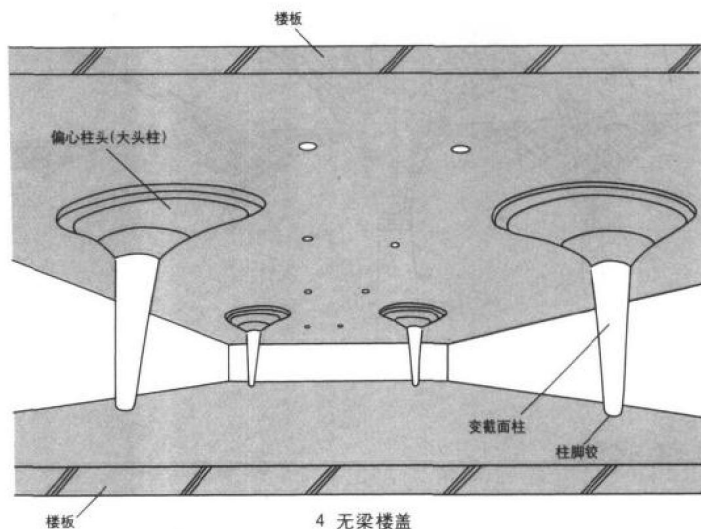
1 折板体系



3 墙板体系



2 曲板体系



4 无梁楼盖

平板和墙板

当大梁的高与长的比为 $1/2$ 以上时,梁就变为了板。变形后,作为梁的特征,任意断面保持平面的假定就不成立了,这主要是因为主应力中成拱作用比较大了。因此,将宽与长的比为 1 的框架群称为墙板型。当期望抵抗平面内力时,称之为墙板;当将板的平面外弯曲力作为主应力时,则称之为平板型。同样是板,前者属于轴向力型,后者为弯曲型,在板这种要素中,包括了上述所有类型的属性,范围极广。

折板和曲板

组合平板与墙板的特征而产生独特的力学效果的既有折板体系,也有曲面板体系。

尽管弯折板约束了棱角的移动,但它是在平面内刚性的范围处工作,棱角将产生像梁一类的弯曲应力分布,出现了以平面内刚性效应,利用板类相当大的平面范围的内力来抵抗外力的趋势。

折板的棱角无限增多的,就属于曲

面板体系。

不论是折板,还是曲板,其主应力都是面内应力(压力、拉力、剪力),而面外的弯曲应力则属二次性的。由于面内力是起支配性的,所以相对于跨度而言板的厚度是相当薄的。图1、2

桑切格·卡拉托拉巴,在合理的立体结构的折板基础上,剔除无用的杆件,用系杆连接,创造出富于紧张感的空间。

墙板框架有二类,一类是以平面内的抗剪阻力为主应力的,另一类是以平面外弯曲作为主应力。就以剪力场为前提的类型而言,与其在左右上下同样位置设置开口,还不如随机配置成方格纹状的更有利些。图3

用带柱头的柱来支撑平板的无梁楼盖,可以说是一种发挥了板结构特征的理想构造,故它是已被广泛采用的适用结构。图4

板体系可以认为是一种可能性没有被充分挖掘出来的丰富矿床。

随着现代专业门类的细分化,专业与非专业之间的对话越发显得重要,然

而,它们之间的对话的可能性还未被认识,在现代的任何领域中,可以说还没有摆脱混乱的局面。在专业门类细分化的同时,综合化的意义必须实践中予以发现。

尽管已经几度论述过现代建筑理论中结构本身具有实质的重要性,但建筑设计者与结构人员之间还谈不上有多少共同的语言,其中一个原因是结构人员一方对各种构筑方法可能性的提示还不够多。

关于构筑方法的可能性,比起其自身的价值,应把重点放在如何运用构筑方法,怎样设计出最佳建筑才是重要的。我们不能仅仅局限于在发现各种新的可能性上,而是要提出将这种新的可能性完全融于设计中的建筑,为此,对设计者和结构人员来说,有四个不可缺少的条件。

柱与墙的功能和表现

柱与墙一般用于垂直或近似于垂直的部位，因为它是支撑楼面和屋顶的构件。

柱子被认为是有承重的功能，除了支撑从楼面和屋顶传来的几十吨超大荷载外，也还要承受来自梁端的弯矩。柱子在结构构件中，是最能承受苛刻条件的构件。

除此之外，柱子只要摆脱重力和地面对它的束缚，也将显示出对高高太空的憧憬。

即使是过大的荷载，如果不表现出其轻松支撑的雄姿，也谈不上什么美感。

虽需精雕细刻地设计，但最简单的就是柱子。

如何控制建筑整体的应力分布与各部位的形态表现是密切相连的。例如，当你想加密外柱列时，在建筑物内部需考虑设置可吸收地震力的装置(耐震区域和斜撑等)，此外还可考虑增加柱子根数，来减轻外柱所负担的弯矩。反之，想要将地震力分流到建筑外部，以增加内柱的轻松感时，就可考虑组合使用斜柱，依赖轴向抵抗力。柱子由柱脚、中间部、柱头三部分组成，只要依据各部分的应力分布进行断面设计，就将真实地表现出各部分的形态。

柱与墙的共同性和差异性

如果远望平面布置，柱为点，墙为线，然后柱列可表现为点线。但考虑到各种各样类型变化，例如包含长方形柱和开口部的墙时，柱和墙的界线就格外地模糊了。

例如，等间距开纵向长开口的墙与列柱就几乎很难区分，可以认为是近似于墙的柱。

在墙板中保留各类受压、受拉等主应力线，除去其他部分，这样只以轴向力来抵抗的骨架就呈现出来。这就容易将其看成以线来构成面。此处，带孔的墙板与格子墙面的区别就极小了。也就是说，柱与墙的相互转移和相互渗透，在两者间的边界附近是经常出现的。

由骨架组成的面在墙板中可将起支配作用的剪力看成已转换成轴向力，如阿拉伯式花纹，还有日本传统的纹样，都是运用了这种结构，在结构上也可以说“编织墙”。如果设计成笼式结构，用100mm×100mm的H型钢可以建造三层，如果用125mm×125mm可以建到6层，150mm×150mm的建到9层没有问题。

第三种垂直构件

正交格子、斜交格子可以解释为由细柱配置成间距很小的形状。同时，有规则开口且开口比率较大的有孔墙板与格子墙的差异可以无限缩小，两者间区别可以接近到无法区分的状态。

也就是说，存在着第三种垂直构件，这种构件可以说既是柱体，也是墙壁，也可以说既不是柱体，也不是墙壁。在冲绳和越南，因为有既能通风又能遮阳的要求，普遍使用有孔砌块幕墙(悬墙)，这种砌块是由各种各样几何图形纹样组成的花砌块。将这种幕墙转换为剪力墙，也不是不可能的。

如果从结构与设计统一，或者从结构的设计化的观点来看，这第三种垂直构件所具有可能性的领域是广阔的，是一个未被开发的领域。

不言而喻，柱体也好，墙壁也好，只要在材料与工法上下功夫，各种设计化的可能性越来越大，所以不仅仅是第三种垂直构件才具有这种可能性，在这里只是认为第三种垂直构件是未被开发的领域。

传统构筑方法中常见的正交格子群和斜交格子等几何学图形的传统纹样，作为透光的纹样剪力墙，今后有待于进一步研究和普及。

S 运动俱乐部(方案)

设计 / 三桥晴司

材料 / 预制混凝土构件

规模 / 地下1层, 地上5层

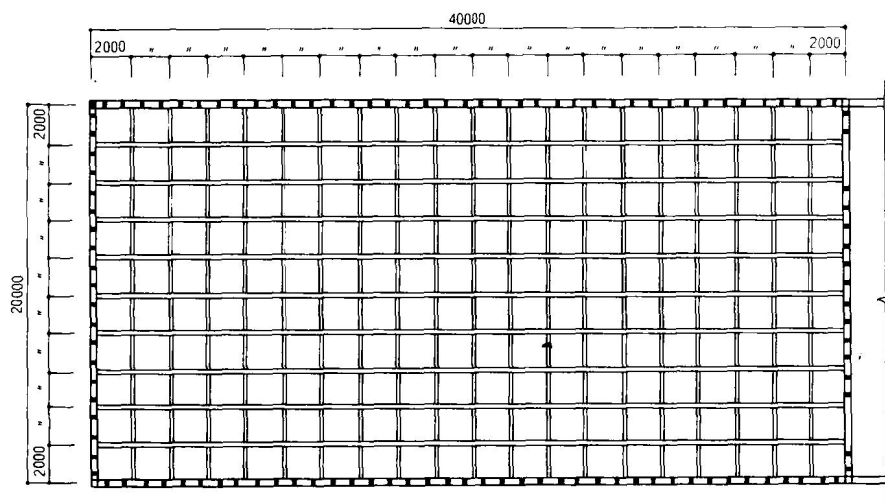
面积 / 占地面积约: 2000m²

总建筑面积约: 10000m²

探索现场预制的可能性

对大跨度的结构来说, 经常是无条件采用钢结构, 这是否过于条件反射了。这里所表现的是, 用预制混凝土构成的拱和斜交格子或钢与混凝土的合成构件也是常用的构造。如果采用预制拼装工法, 它可使在现浇钢筋混凝土中不可想象的纤细构件构筑复杂的形状成为可能。拼接可采用现浇连接或钢接, 后者造价较高, 也难以保证精度。楼板现浇是最有效的, 也可使之一体化。梁与楼板的连接可在浇楼板时同时进行。

在现场拼装模板制作构件。在架



顶棚结构平面图 1:400

由于进深方向的梁只是起到连接作用, 所以可以最大限度地确保空间的有效性。

既是网球所描绘的一组抛物线所形成的包络线, 也是抛物曲线。那是作为大跨度空间合理地传达受力的形式。拱脚处, 在选手活动半径上下了一番工夫, 利用预制混凝土构件构思了特殊情调的拱群。

