

目 录

第一章 从古代到现代	1
第二章 现浇混凝土丰富的造型艺术表现力	15
第三章 预制混凝土丰富的造型艺术表现力	84
第四章 可预见的未来和建筑师的训练	165
附录	178
一、关于P·L·奈尔维	178
二、英制单位与米制单位的换算	180
译后记	181

插图目录

1. 希腊神庙的山墙	6
2. 巴特农神庙的平面和剖面	7
3. 卡拉克神庙的大柱厅	7
4. 马森佐教堂内景	8
5. 哥特教堂示意图	8
6. 巴黎圣母院内景	9
7. 布里斯托尔教堂内景	9
8. 艾克西特教堂内景	10
9. 剑桥英王学院教堂内景	10
10. 巴黎博览会机械馆	11
11. 埃菲尔塔: 立面	12
12. 埃菲尔塔: 一个支柱的基座	12
13. 帕德诺·德阿达桥	13
14. 特鲁耶尔桥	13
15. 前湾桥	14
16. 用于几个工程的柱子	24
17. 佛罗伦萨市体育场: 带雨盖大看台示意图	25
18. 佛罗伦萨市体育场: 施工中的带雨盖大看台	26
19. 佛罗伦萨市体育场: 带雨盖大看台	27
20. 佛罗伦萨市体育场: 全貌	28
21. 佛罗伦萨市体育场: 外景	29
22. 佛罗伦萨市体育场: 螺旋梯之一	30
23. 容120,000座的体育场设计方案: 平面及剖面	31
24. 120,000座体育场外观	32
25. 飞机库(1936年): 内景	33
26. 飞机库: 悬臂梁	34
27. 飞机库: 横剖面	35
28. 飞机库: 基础平面和承载结构平面	35
29. 飞机库: 用于应力分析的模型和设备	36
30. 巴黎联合国教科文组织总部: 平面	37
31. 联合国教科文组织秘书处大楼	38
32. 联合国教科文组织秘书处大楼: 承载结构	39
33. 联合国教科文组织秘书处大楼: 底层柱子细部	39
34. 联合国教科文组织总部会堂: 纵剖面 and 屋盖结构细部	40
35. 联合国教科文组织总部会堂: 正面	41
36. 联合国教科文组织总部会堂: 背立面	42
37. 联合国教科文组织总部会堂: 主厅	43

38. 联合国教科文组织总部会堂: 主厅	44
39. 联合国教科文组织总部会堂: 主厅	44
40. 米兰比勒利大楼	45
41. 比勒利大楼	45
42. 比勒利大楼: 地下室平面	46
43. 比勒利大楼: 施工中的大讲学	47
44. 比勒利大楼: 底层及顶层平面	48
45. 比勒利大楼: 屋盖下的空间	49
46. 比勒利大楼: 研究内应力的模型	50
47. 波伦亚烟草仓库: 楼板体系的施工	51
48. 烟草库: 楼板	52
49. 罗马迦蒂羊毛厂: 楼板平面和内景	53
50. 都灵劳动宫: 内景	55
51. 都灵劳动宫: 为柱子施工准备模板	57
52. 劳动宫: 一根完工了的柱子	58
53. 劳动宫: 蘑菇状单元在施工中的不同阶段	59
54. 劳动宫: 夹层楼板的施工	61
55. 劳动宫: 在施工中	62
56. 劳动宫: 柱子和蘑菇状屋盖结构在施工中和完工后的细部详图	63
57. 劳动宫: 金属屋盖组装进度表	65
58. 劳动宫	66
59. 劳动宫: 夹层楼板	67
60. 劳动宫: 天花平面	68
61. 劳动宫: 夹层楼板配筋	68
62. 都灵展览馆阿勒利大厅的带盖入口: 立面和平面图	69
63. 阿勒利大厅带盖入口: 纵剖面 and 横剖面	70
64. 纽约港务局汽车终点站: 模型	71
65. 港务局汽车终点站: 中部支柱模型的平、立面图	72
66. 港务局汽车终点站: 三角屋盖结构细部	73
67. 港务局汽车终点站在施工中	74
68. 港务局汽车终点站在施工中	75
69. 港务局汽车终点站: 屋盖结构细部	76
70. 港务局汽车终点站: 从街道平面所见的外景	76
71. 曼图亚布尔哥纸厂: 纵剖面	77
72. 布尔哥纸厂: 南面外景	77
73. 布尔哥纸厂: 北面外景	77
74. 布尔哥纸厂: 双支座之一	78
75. 布尔哥纸厂: 安装造纸机内景	79
76. 布尔哥纸厂在施工中	80
77. 布尔哥纸厂在施工中	81
78. 布尔哥纸厂在施工中	82
79. 布尔哥纸厂: 组装窗棂	83
80. 飞机库 (1939年)	91

81.飞机库: 结构分析的模型和平面图	92
82.飞机库在施工中	93
83.飞机库在施工中	94
84.飞机库在施工中	95
85.飞机库: 在地面上制备预制构件	96
86.飞机库: 预制构件的联结	96
87.飞机库: 拆去脚手架后的结构变位	97
88.都灵展览馆: 平面图	98
89.都灵展览馆阿勒利大厅: 纵剖面与横剖面	99
90.阿勒利大厅: 内景	100
91.阿勒利大厅: 内景	101
92.阿勒利大厅: 内景	102
93.阿勒利大厅: 屋盖预制构件剖面	103
94.阿勒利大厅: 制作预制构件	104
95.阿勒利大厅: 预制完成之后待组装的预制构件	105
96.阿勒利大厅: 使预制构件就位的活动脚手架	106
97.阿勒利大厅: 半球顶在施工中	107
98.阿勒利大厅: 半球顶预制构件的剖面图和等边透视图	107
99.都灵展览馆C大厅: 内景	108
100.C大厅: 内景	109
101.C大厅: 制备屋盖预制梁	110
102.C大厅: 拱形屋盖的施工	111
103.C大厅: 制作拱顶预制构件	112
104.C大厅: 拱形屋盖的施工	113
105.欧斯蒂亚·里多的娱乐馆园亭: 结构体系	114
106.娱乐馆园亭: 内景	115
107.昌仙诺温泉节日馆: 椭圆拱顶	116
108.节日馆: 椭圆拱顶图示	117
109.节日馆: 球顶的预制构件	117
110.罗马小体育宫: 外景	118
111.小体育宫: 内景	119
112.小体育宫: 从室内看拱顶	120
113.小体育宫: 表明拱顶配筋情况的标准构件的平面图、等边透视图和剖面图	121
114.小体育宫: 拱顶在施工中	122
115.小体育宫: 拱顶预制构件的排列	122
116.小体育宫: 拱顶现浇部分的配筋	123
117.小体育宫在施工中	123
118.罗马弗拉米尼欧体育场: 鸟瞰	124
119.弗拉米尼欧体育场: 带雨盖大看台	125
120.弗拉米尼欧体育场: 带雨盖大看台剖面	126
121.弗拉米尼欧体育场: 带雨盖大看台	127
122.弗拉米尼欧体育场: 悬挑屋盖剖面和预制构件的立面图、等边透视图和	

剖面图	128
123. 弗拉米尼欧体育场: 看台座位细部	129
124. 弗拉米尼欧体育场: 安装预制踏步板	130
125. 弗拉米尼欧体育场: 安装预制悬臂构件	131
126. 弗拉米尼欧体育场: 看台下的游泳池	132
127. 弗拉米尼欧体育场: 看台下的体操馆	133
128. 弗拉米尼欧体育场: 带雨盖大看台下的体育场外观	134
129. 弗拉米尼欧体育场: 外景	135
130. 罗马体育宫: 昼景和夜景	137
131. 体育宫: 平面和剖面	139
132. 体育宫: 内景	140
133. 体育宫: 拱顶的扇形支柱	141
134. 体育宫: 支承周围回廊上屋盖的柱子	142
135. 体育宫: 四周回廊和联结回廊的十二个楼梯之一	143
136. 体育宫: 大厅和回廊	144
137. 体育宫: 通向上部座席的一个楼梯在施工中的情景	145
138. 体育宫: 拱顶和屋盖扇形构件以及回廊支柱的详图	146
139. 体育宫: 支承拱顶和看台的刚架图	147
140. 体育宫: 从室内看拱顶的昼景和夜景	149
141. 体育宫: 拱顶的标准预制构件图	150
142. 体育宫: 拱顶构件的运输	151
143. 体育宫: 拱顶V形构件的最后就位	151
144. 体育宫: 拱顶施工中的情景	152
145. 体育宫: 拱顶施工中的情景	153
146. 罗马柯萨·弗朗西亚高架公路: 鸟瞰	154
147. 柯萨·弗朗西亚高架公路: 仰视	155
148. 柯萨·弗朗西亚高架公路: 预制梁脱模	156
149. 柯萨·弗朗西亚高架公路: 梁在柱上的就位	157
150. 柯萨·弗朗西亚高架公路: 承重梁	158
151. 柯萨·弗朗西亚高架公路: 仰视	159
152. 新汉普郡, 汉诺威, 达特茅斯学院, 纳萨尼尔·利华文田径馆	161
153. 纳萨尼尔·利华文田径馆: 预制构件的就位	162
154. 纳萨尼尔·利华文田径馆在施工中	163
155. 纳萨尼尔·利华文田径馆: 内景	164
156. 用于旅行和陈列的几种马车形式	172
157. 几种船体形式	173
158. 早期的飞机设计	174
159. 亚音速流线型的几种典型飞机示例	175
160. 一艘横跨大西洋的现代化快速轮船的船头	176
161. 两个不同时期的缝纫机	177

第一章 从古代到现代

当今，建筑的方法和建筑的风格都在发生着革命性的、势不可挡的变化，探索建筑技术和建筑艺术之间是否存在某种联系，这是颇有意义的。而且，倘若这种联系的确是存在的话，那么，又是否可以将这种关系表达出来呢。

显然，建筑现象具有两重意义——一方面，是由服从于客观要求的物理结构所构成；另一方面，又具有旨在产生某种主观性质的感情的美学意义——建筑现象的这种两重性使建筑处于一个完全不同于其他艺术的领域。因为在其他艺术中，制约艺术创作的技术手段都不会象建筑一样具有如此决定性的意义。在这方面，只需注意到人们在建筑讨论中所使用的语汇便足可证明：建筑讨论涉及到力学的、技术的、功能的、经济的等等因素。建筑在很大程度上是由与设计者个性无关的法则所确定，这些法则十分繁杂，以致其中某些部分就足以构成一整套的大学科目。

遗憾的是，过去的、乃至现今的建筑评论却几乎是无一例外地只立足于美学的或形式主义的观点，而很少从技术方面予以评价和理解。即使是最好的建筑杂志在发表已经完成的建筑作品或者设计方案时，都很少考察其结构，或者试图阐明其中形式与实物之间的关系。某些在美学上予以描述和分析的设计方案也许无法建造出来，这种现象并不罕见。一个不能成为现实的建筑构思又有什么价值呢？在我看来，建筑课程中在建筑评论和建筑技术之间缺乏紧密的联系，这是特别有损于对未来建筑师的培养的。后面我将要回述这一论题。

几年来，我曾想从两个角度来研究古代和现代的建筑作品：一是按建筑专业工作者对建筑方法的种种问题能够理解、评价和鉴赏的观点；一是以一个非技术人员的角度来看建筑——只考虑建筑的艺术方面，并以观赏一件艺术品的自由精神来寻求建筑美的感受。

这种双重的研究使我得出结论认为：一个技术上完善的作品，有可能在艺术上效果甚差，但是，无论是古代还是现代，却没有一个从美学观点上公认杰作的而在技术上却不是一个优秀的作品的。看来，良好的技术对于良好的建筑说来，虽不是充分的，但却是一个必要的条件。

要说明这一观点，我们应该研究一下，在人类所发展起来的大量的建筑技术中，是否存在若干可以确认为建筑技术的规律。

所谓建筑，就是利用固体材料来造出一个空间，以适用于特定的功能要求和遮蔽外界风雨。一个结构物，不论其大小，都必须坚固和耐久，并满足这一建筑物的功能要求，同时还必须以最少的代价获得最大的效果。实用经济美观。

坚固、耐久、功能以及用最少的代价获得最大的效果——或用现代术语来说，即经济效率——这些条件在从小小泥屋到迥然大厦的所有建筑中都能在一定程度上找到。这些条件可以概括地称为“正确地建造”，我认为，这比专业化的“良好的技术结构”一语更为合适。显而易见，所有这些特点，初看起来似乎仅仅只是技术性的和客观的，但也各有一个主观的——我想加上心理的——成分，这一与之相关的成分赋予一个完整的建筑作品以富有表现力的艺术外观。

以观察者一目了然的结构或者以技术技巧设计而并不外露的结构，都可以稳定地承受荷载和外力。显然，每种手段产生不同的心理反应，这种反应是影响建筑表现效果的。倘若某处的墙体和屋盖给人以接近于坍塌的视觉印象，则即使实际上存在着不外露的结构构件使其充分安全，也不会有人从中得到平稳的美感。同样，在某些情况下，表面上的不稳定性又可能创造出一种特殊的美感——虽说这是一种“反建筑”的表现。

这样，我们可以看到，即使是最带技术性的、最基本的结构性质——稳定性——通过应用各种建筑方法得以保障的稳定性，也是大大有助于取得确定的、理想的建筑艺术效果的。

另一个强烈影响艺术表现效果的技术因素是对材料的选择和运用。石墙和砖墙的效果明显不同。而装修上因不同材料的特殊技术要求所确定的某些特点，也在相当程度上影响到建筑作品的外观和效果。

每当我去参观一所哥特教堂的时候，我总是无法将对空间的宏伟感觉与发现其建造的高度完善而得到的欣喜之心分割开来，这种完善表明修建教堂时对建造技术的真诚热爱，它使即使是简单的石墙也富于建筑表现力。我们都感触过最常用的材料，对其物理性质也有下意识的鉴赏，因此，当看到这些材料按其天然性质得以正确地运用时，就影响到建筑作品所产生的总体印象。

我们也必须认识到，合适地选用材料和采取必要的结构维护，乃是取得耐用持久的首要条件。

在建筑的经济和艺术形式之间的关系就比较难于确定，不过我认为，其间关系的存在是有目共睹的。

一个有功能意义的结构物及其经济效率（回异于简单的“经济”一词）取决于合适的尺寸比例及其空间关系，还有与建筑物的使用目的相关的装饰的繁简，材料的高下。夸张尺度和堆砌装饰只会导致庸俗，在任何情况下，都只会有损于作为优秀建筑基础的整体均衡感。试看世界各城市的大量现代建筑，常常使人们归结出这样的看法：若是少施装饰或者少用奢华的材料，所得建筑效果反而更佳。

因此，我们可以说，注重技术和经济效果，构成了“正确”的基础，我想再加上建筑的伦理[●]。不注重这些方面，是不可能取得有效的建筑形式的。

如果我们考察过去从原始时期直到上世纪末的建筑物，则建筑技术与艺术外观之间的关系可以显露无遗。

在建筑工艺的范围內，基本结构构件的变化是很缓慢的。它们在形式上不断被提炼，逐渐被附加的装饰所丰富，但它们变化的起始和演进的过程总是建筑工艺方法的写照和直观体现。柱头和柱础正是柱身断面合乎逻辑的必要扩大，以便支承额枋和把荷载更好地从柱子分散到下部石基上去。同样，用于保护立面免受雨水侵蚀的方法（檐口、窗头）；用于保持洞口上方墙体连续性的力学方式（额枋、拱）；加工石材以便减小尖角、以花饰浮雕保护转角部分的方法等等。事实上，古代所有特征性的建筑细部都是产生于技术上的需要，然而很快又得到一种精确的艺术形式，似乎这才是它们自身的归宿。

建筑构件起源于纯粹功能的要求，或者是由于建造的工艺所必需，但是在漫长的岁月

● 建筑的伦理(ethics of building)，在欧美国家中，意指建筑师应正直地进行建筑创作的业务活动，而不应与营造厂商、材料厂商在工程建设中合伙牟利。——校者注

中，这些构件变得愈益完善和丰富，最后终于演化为纯装饰性的要素。这一产生、发展和凝炼的过程，贯穿于整个建筑历史之中。

然而，我们从过去的历史可以明显地看到，随着建筑技术日益进步和建筑规模的不断扩大，建筑方法和建筑艺术之间的关系也就愈益密切和更加明确。

希腊人和埃及人的建筑，是由建造者所能使用的材料（大理石和其他石料）的性质以及工匠所能理解的简单力学形式所决定的，而同时又受到这二者的限制（附图1、2、3）。

罗马人发明了推力屋盖（单拱、十字拱和球拱），随之又解决了结构内巨大水平力的静力平衡，这就彻底改变了平面静力的分布，因而能创造出过去梁柱体系的结构物在体量和形状上都无法比拟的内部空间。希腊建筑因结构上的局限，在平面上呈基本的简单条形，而罗马建筑则代之以墙体对内部空间的分隔，当隔断墙垂直于中央大厅布置时，便可承受大厅本身拱顶屋盖的水平推力。因而创建了被称为“浴场”的静力结构体系，这种体系产生了富于强烈建筑效果的内部空间。

到底是罗马浴场的设计方案诞生于十字拱的发明和利用交叉墙来平衡推力呢，还是因为创造巨大内部空间的需要而鼓舞了天才的工匠来发明交叉拱呢。这在今天说来，即使不是完全不能弄清的，也是十分难于判断的，一个很明显的事实是：罗马浴场设计技术问题的解决，创造了在建筑效果上完全不同于旧有技术所能获得的，即使是尺度宏伟的建筑空间。埃及卡拉克（Karnak）神庙的巨大柱厅，其建筑效果是强烈的，但却完全不同于罗马大浴场。

罗马浴场结构形式的基本概念又曾被整个欧洲的文艺复兴时期所采用，并基本上是一成不变地沿袭到上个世纪末。同样很有趣的是，更早时期，石结构形式的结构部件（柱身、柱头、檐部）首先被罗马人，以后是文艺复兴，加以重复使用，来作为纯粹装饰构件（图4）。

然而，在哥特时期，建筑艺术与建筑技术之间的联系是如此明显，建筑的科学是如此精确，建筑的形式是如此有力，这是任何其他建筑时期所不及的。

罗马浴场的结构形式要求砖石墙体极为厚重，跨度达80英尺的十字拱是以石灰混凝土和火山灰建造。由于材料的力学性能差，因而拱都极厚，并需要厚重的石墙。考察卡拉卡纳（Caracalla）浴场和戴克勒先（Diocletian）浴场的残迹，我们很容易判断出承重墙的厚度。即使我们考虑到这些建筑是使用奴隶劳动力建造的，因而在经济规模上不可与我们现今的建筑同日而语，但不管怎样，这些罗马建筑物在经济效率上总归是很低的。

通过以上考察，我们可以看到哥特时期的建筑师们所取得的成就确乎是令人惊异的。他们是现代技术的真正先驱，他们以非常优良的材料建成细肋，其推力与反推力的相互作用达到力的平衡，并以此代替了厚重墙体的平衡。

哥特建筑的最高表现是巨大的教堂，人们完全可以断言，在这些无与伦比的建筑艺术杰作中，技术和艺术的融合是如此地完美，以致人们无法将其结构和建筑予以分割。

哥特时期的重大发明是拱扶垛，其主要受力线沿着十字拱的对角线一直延伸到基础，清晰可见。就在这一情况下也是难于确定，到底是技术发明先于建筑艺术要求呢，还是说，它们正是为了解决已经形成了的艺术概念而在建筑结构研究上得到的直接成果。假如运用我们现有的力学知识来研究一个哥特教堂的结构方式（图5），我们很快就会相信，如果只用这些仅能抗压的砖石材料，同时又要不损及原要求的主要意图——用一种名贵和

耐久的材料来覆盖巨大的中厅——想把这个教堂作一些重大修改则是完全不可能的。拱扶垛和斜边廊经历了很大的技术改进，从而取代了罗马浴场的厚重砖石结构。

除了这些技术考虑之外，还有这样的现象：当走进哥特教堂时，我们就沉浸在一种其他宏伟的建筑作品所难于激起的情绪之中。怎么可能将这两种如此不同的完美的结合——建筑技术和建筑艺术的结合——完全归因于一种偶然的巧合呢？把它们理解为互相促进、相辅相成，不是更为现实吗？之所以存在着我们所赞赏的建筑作品，正是因为材料的华美、规模的宏伟、整体和局部的技术精确、建造者的热情以及确定设计方案和结构形式基本尺度的无比直观能力，而最重要的，是无情的技术与奔放的热情紧密的融合。所有这些，不正是无可辩驳的事实吗？怎么能将某一方面的完美与其他的方面相分离呢？

即使在哥特建筑中，我们也可以看到结构要素的发展过程，开始，它们都是纯粹技术灵感的产物，以后，便被进一步地丰富，最后几乎是无一例外地都变成了装饰性形式（图6、7、8）。这一发展过程在剑桥大学英王学院小教堂的拱顶中得到最高和最有意义的表现（图9），在这里，拱肋已经变成纯装饰，其组成的图案却正表现出主应力的分布线，这种等应力线虽在现实中无法直接看到，但是近几十年来的现代结构分析和光学弹性（photoelasticity）实验已向我们显示了它的客观存在。把哥特的建筑师想象成具有先知般的直观能力，当然是冒失的，但这一现象却意味深长。

到十九世纪中叶，靠直观感觉的技术时代结束了，代之而起的是科学性的技术时代。在此时期中，引起建筑艺术变化发展的因素是科学、技术、工业、经济和社会发展的综合体，其中最为基本的是：建立了列在“结构力学”名下的一整套理论；钢材和混凝土的大量生产；社会的发展和随即需要日趋庞大的建筑物。一系列计算方法的建立，结构体系——哪怕是复杂的结构体系——的平衡条件的确立，结束了以经验和直观为决断基础的经验主义时代，把设计和实现这些设计的技术手段的可能性，扩大到先前所无法想象的范围，

在这份新的技术和艺术可能性的财富中，是什么因素联系了我们在古代建筑中所见到的技术和美学的关系呢？

由于过去的设计者不能以计算方法来检验他的直观感觉，只能遵从于简单的力学形式，以适应他的需要，并按照他自己的感觉来进行分配。从对静力学的直观理解所引出的结构方案，不得不是最原始的和易于理解的。这些条件，加上人的温情、精明和理智，丰富了建筑的结构发展，这些，都必然反映在建筑的形式之中，同时，又有助于建筑作品艺术形式的形成。

因之，可以这样设问：过去时代所公认的建筑杰作，其建筑特征上技术与艺术的完美结合状态，是否可能因无人性的力学公式而遭到破坏呢？或者，由于缺乏古代建筑师至关重要的、长时间的深思熟虑和经验所带来的理解，或由于创造出的结构物其静力平衡在相当程度上可能无法直接看到，凡此种种，是否可能损及建筑技术和艺术的完美结合呢？有了这些根本性变化之后，为了满足功能需要，怎样才有可能构成建筑艺术形式的一整套新的语汇，如同构成古代建筑语汇的檐口、檐壁、柱头、柱身、粗制石块、窗梁、圆拱或尖拱一般？最后，有了现代技术能力之后，我们怎样才能对“正确建筑”下一个定义呢？“正确建筑”这一特性，在我看来如果不是建筑表现的充分基础的话，也将是一个必要的基础。在提供了现代技术条件之后，我们将怎样定义一个“正确建筑”呢？

首先需要澄清这所谓正确，必须理解为在既定的时间和地点的条件下所采用的材料和

技术方法，正如同把希腊人的石材结构，罗马人的大型结构和哥特时期精致的建筑视为正确一样。

对建筑的某些物质方面，所谓“正确”，与现代结构是容易统一的，这和古代完全一样。坚固、功能、抗风雨，这些都是建筑工程的最基本性质。一所建筑物不能完善地服务于建造目的，不能绝对地稳定，或者由于外部自然因素或使用上的原因而在短时间内腐蚀损坏，这些都很明显地可认为是不正确。

评价“正确”的另外一个同等重要的标准，是能否按各自不同的特性来使用材料，既顾及材料的本质，又考虑到材料的外观效果。在此方面，必须常常想到丰富的新型材料是在不断增加，轻质合金、不锈钢以及塑料都是典型的例子。巧妙地使用这些材料，将可能创造出过去时代所难以置信的现代建筑。

在结构领域中，结构的重要性正随着建筑规模的不断加大而与日俱增，一般地说，技术正确与结构方案的自然和易于理解是完全一致的。方案的目的是以最有效的方式（并与经济效率相称）解决某一特殊的问题，并对建筑所用的材料予以明确的表现。

可以说，尽管无个人风格特点的技术性手段越来越多，但“正确的”建筑物也需要利用作为古代建筑结构特征的、富于大情的直观和敏感。

考察上世纪下半叶作为科学的建筑的新时代早期的几个最有意义的建筑作品，可以更好地阐明这些观点。1889年巴黎国际博览会的机械馆（图10）就是第一批严格按力学和结构逻辑建造的大跨度建筑之一。它的结构形式是典型的三铰桁架，这一结构方案在建筑上是史无前例的。方案在很大程度上是由理论上和结构上的考虑所决定，并用钢结构才得以实现。桁架截面的变化和拱脚的截面被缩小为一点触地，这都是纯由技术所决定的形式，但是，其整体和细部比例的确定，则是自由地取决于设计者的灵敏和感觉。

在所应用的技术方法上，它们的真实性可与哥特建筑相媲美，而与希腊、罗马建筑相比，则不那么明显。这一真实性构成了设计者所能作出的诗歌般的，建筑上最有说服力和最有表现力的基础。

与此情况相同的是埃菲尔铁塔和上世纪末所建造的一些大桥。事实上，我们通过对埃菲尔铁塔的观察可以看出：设计者对于他所处的时代中居统治地位的形式主义的唯一让步，是在第一层下面加用了半圆拱，此拱用极薄的铁板组成，从力学观点看来，完全是多余之物。我曾多次强令自己去设想，如果没有这些拱，埃菲尔塔会是何许模样，最后得到结论是，没有拱，塔的表现力会更好，而且，更重要的是，那就不需要在基座上附加有损于埃菲尔铁塔雄伟而简洁美的凸出物了（图11、12）。

我们可以看一下图13、14、15所示的三座桥梁，我认为这也是上述史期中最富有表现力的，每个桥从力学形式所提出的要求都在艺术形式上得到了满足。

这样，两铰拱的特鲁耶尔桥（Truyère）在视觉上强调了拱靠近支座处的减薄，使桥得到轻巧的感觉，而帕德诺、德阿达桥（Padernod'Adda），看起来象是固定拱，表现了支座处拱的坚固，其性格就完全不同。著名的前湾桥（the Firth of Forth），它的外形和截面都随着力学结构而明确、流畅地变化着，我们又该怎样评论它的表现效果呢？

当然，我们不能断言，在这个情况下，设计者在布置结构方案时仅仅考虑技术的和客观的条件，或者，从另一方面说，设计者是否或多或少是自觉地受到用不同的解决方案所产生的多种艺术形式的影响。然而，毫无疑问的是，在最后确定每一工程方案时，并未掩

盖或者修改力学结构方面；相反地，例如在前湾桥中，比严格的力学需要还更加突出了结构，因此得到了强有力的、肯定的、而不是偶然的建筑艺术效果。

可以说，在这些作品中，在未来伟大建筑的这些先驱者们之中，我们在古代建筑杰作中所见到的技术与艺术的关系都完整地保留下来了。我认为，这一关系可以用下述方式表达：问题的客观条件、技术和力学（经验的或者科学的）提示出结构的方案和形式；理解建筑内在美和建筑效果的设计者的艺术修养，则以设计者个人特点的方式接受这一提示，并对它加以形象化，将其赋以重点、给以比例，以各自的风格来构成建筑的艺术要素。

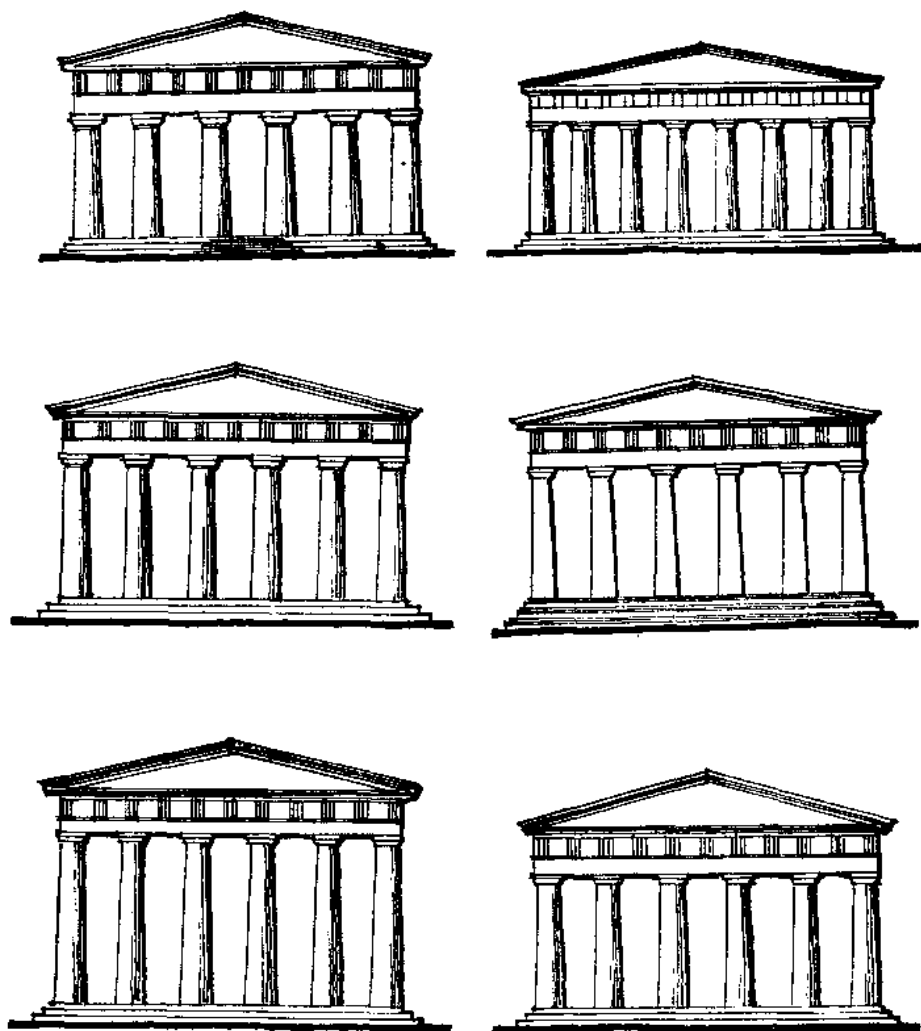


图1 希腊神庙的山墙是石造建筑局限性最明显的例子。柱间距决定于石额枋的跨度能力。边柱间的较小跨度大为增加了柱廊的艺术效果。边跨额枋和其他额枋长度相等，而并未增加半根柱子宽度，我们不妨反问一下自己：这是否是为了便利施工的结果呢？

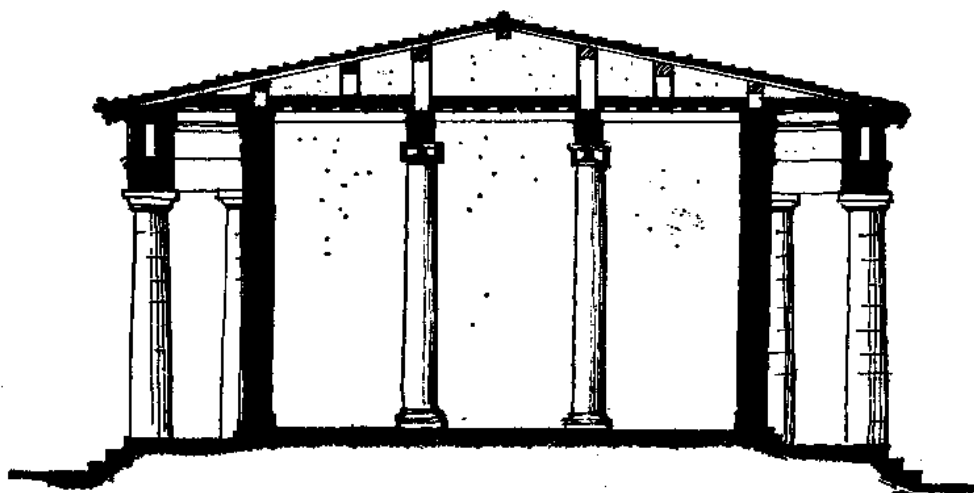
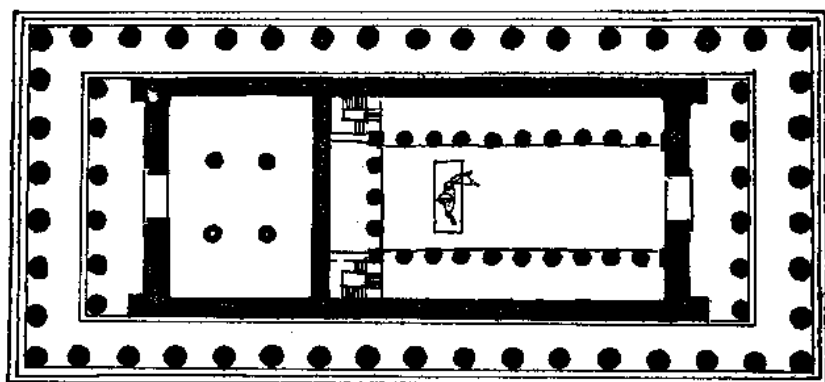


图 2 巴特农 (Parthenon) 神庙的平面和剖面。注意简支跨度很短，它直接决定于横向石材的抗弯能力

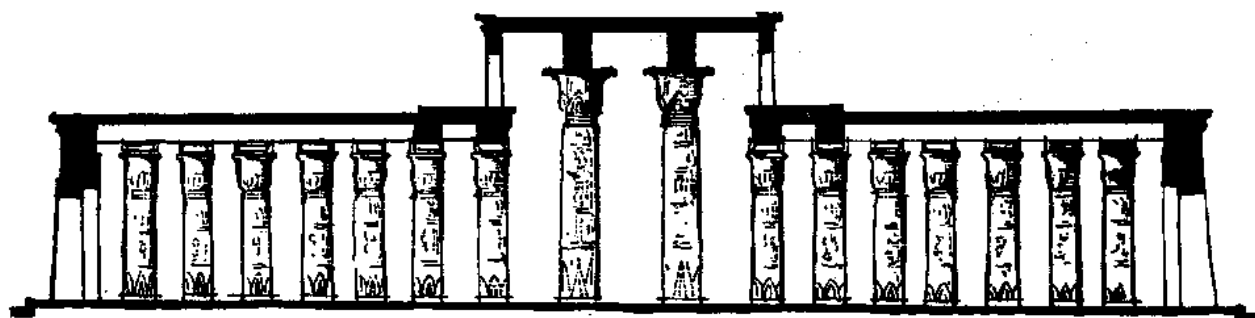


图 3 卡拉克 (Karnak) 神庙的大柱厅。人们可能会想到，由这种过于密集的大柱所造成的强烈建筑气氛，可能是当时结构技术条件下的必然产物，而并非是建筑艺术思想或者艺术意志的结果

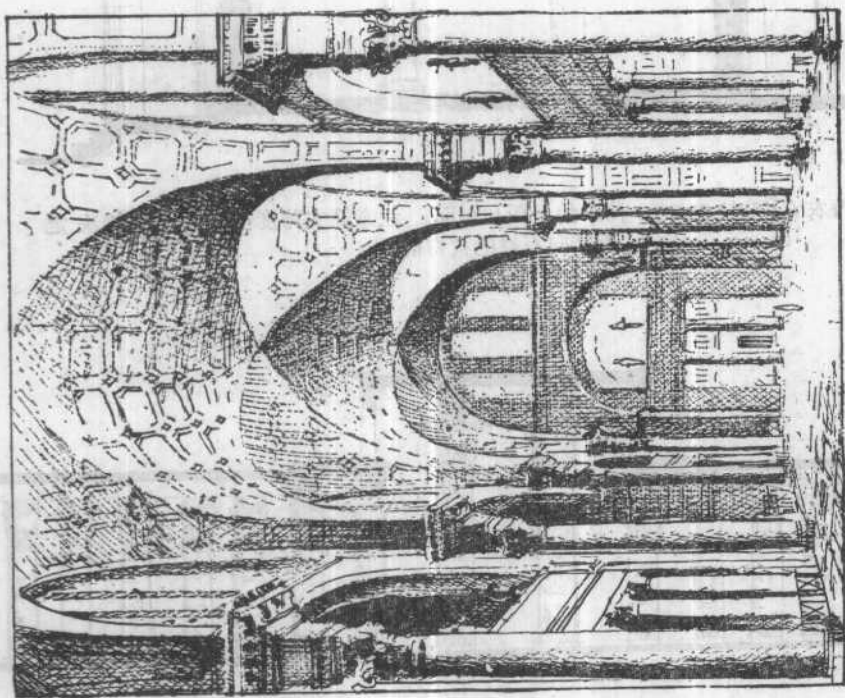


图 4 马森佐教堂 (the Basilica of Massenzio) 室内复原图。中厅拱的水平推力, 由构成两边次要空间的墙体平衡。当巴西利卡长方形的平面应用于文艺复兴时期的大型教堂的时候, 不可避免地要采用垂直于中厅的墙, 并且有意或无意地构成了侧边的小教堂

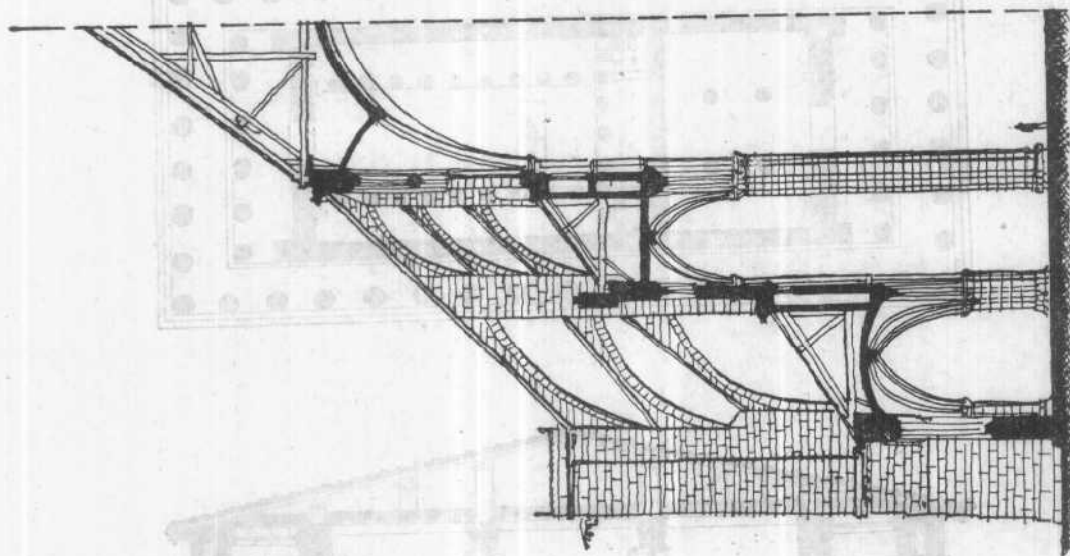


图 5 哥特教堂示意图。哥特建筑师是现代技术的真正先驱, 他们取消了罗马人所大量使用的厚重石材, 而代之以细肋, 使推力和反推力互相抵消, 以达到力的平衡

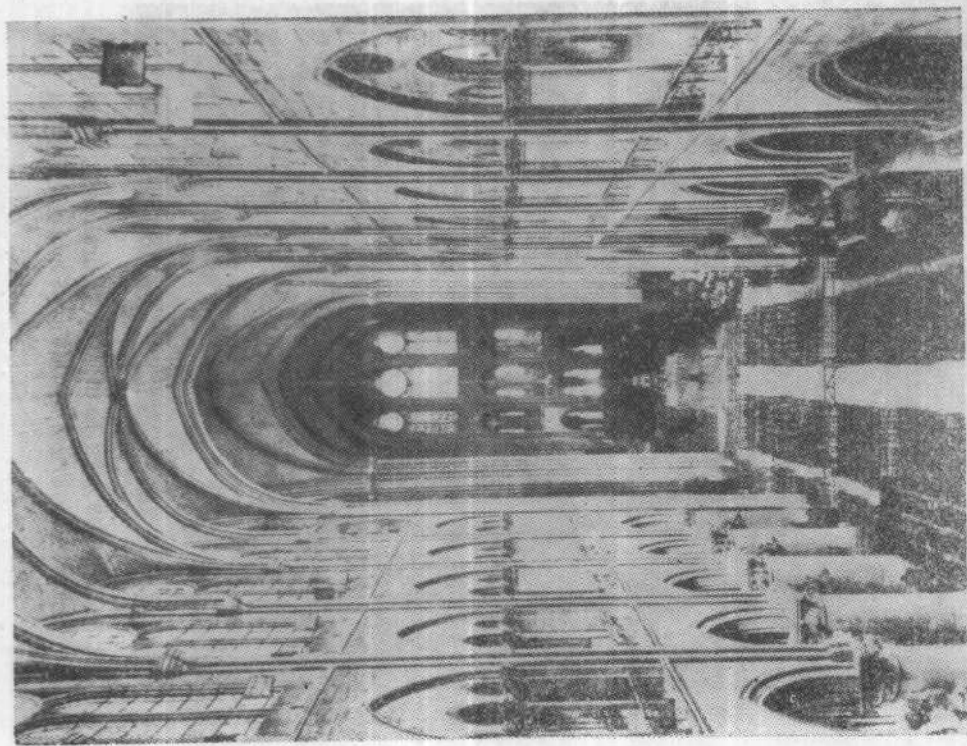


图 6 巴黎圣母院 (Notre Dame de Paris, 1163~1250) 内景。
 大中厅天花上最有特色和表现力的构件是凸起的肋, 它清楚地表现了
 了十字形拱顶的交叉。这些肋并不是力学上所必需的, 但它们正好
 与内部应力的最大集中线相吻合。把肋加以突出并一直伸展到巨大
 的支柱, 这表现了那些高超的建筑家们清晰而深刻的想象力

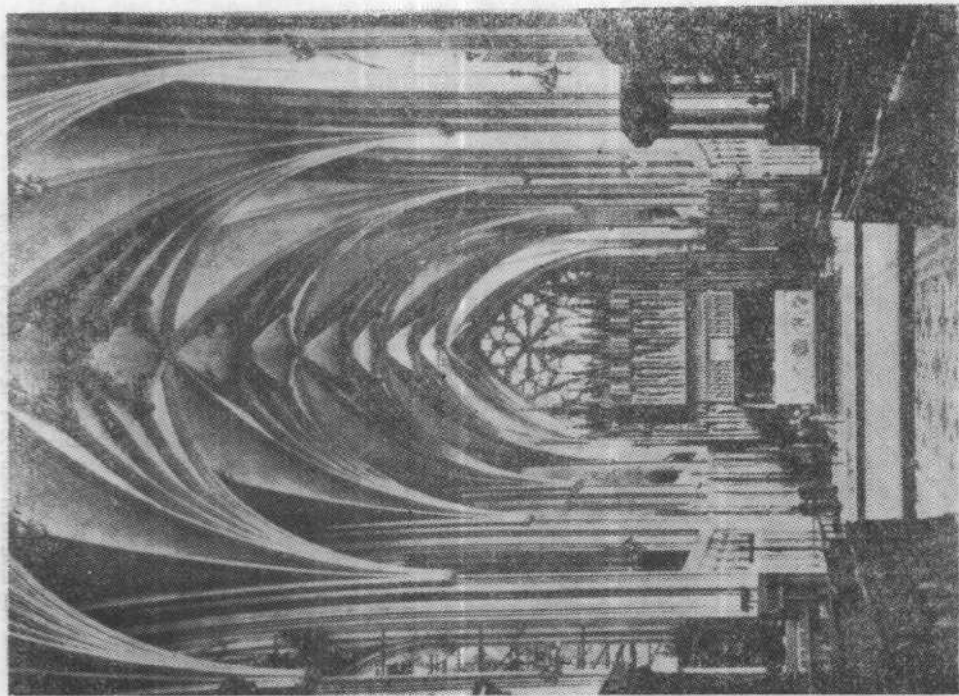


图 7 布里斯托尔教堂 (Bristol Cathedral, 1298) 内景。拱肋
 变得更为精巧了。它们虽然不如巴黎圣母院的拱肋那样纯正,
 但它们仍然是在力学直观的范围之内

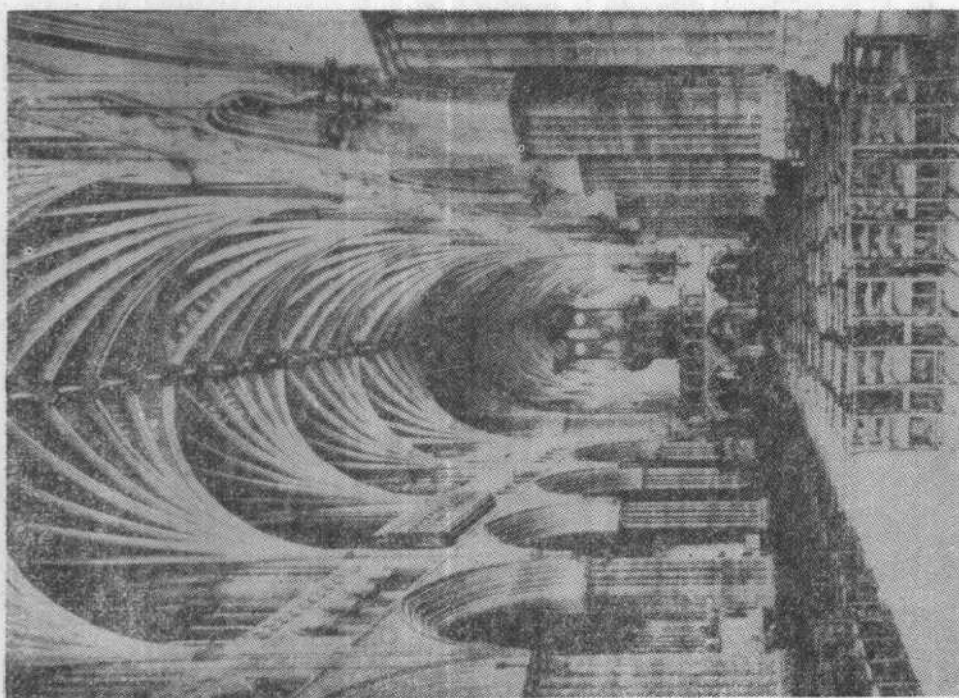


图 8 艾克西特教堂 (Exeter Cathedral, 1307~1377) 内景。这里的肋变得更为精巧, 并开始呈现装饰特征

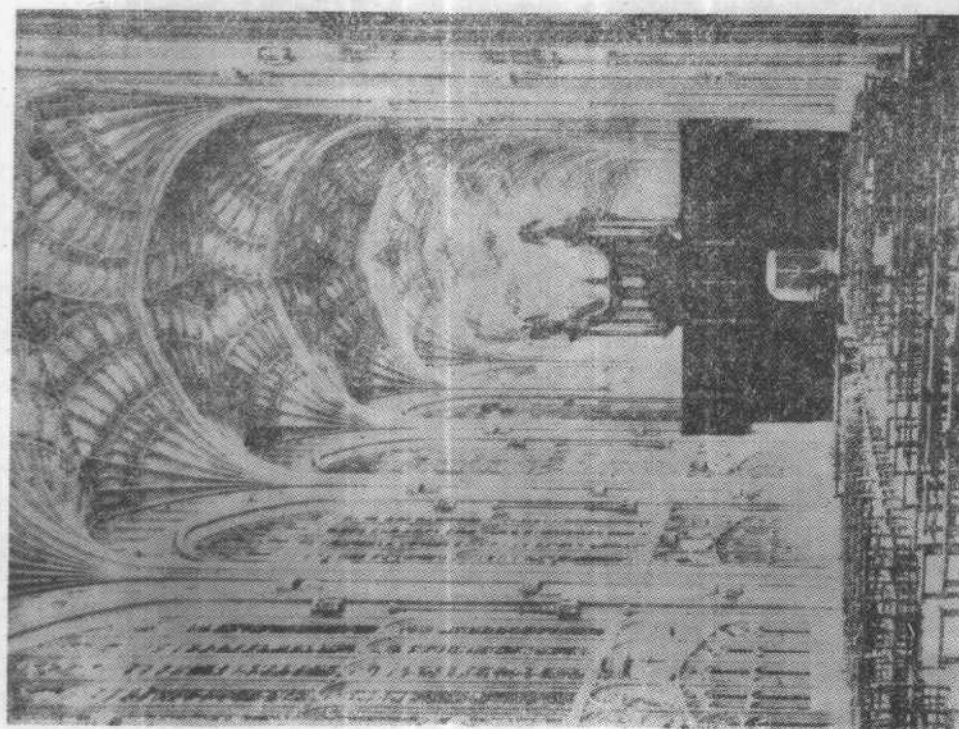


图 9 剑桥英王学院教堂 (King's College Chapel, Cambridge, 1441) 内景。人们已经从结构主义走向纯粹装饰, 但它是由精确的力学直观而受到启发的

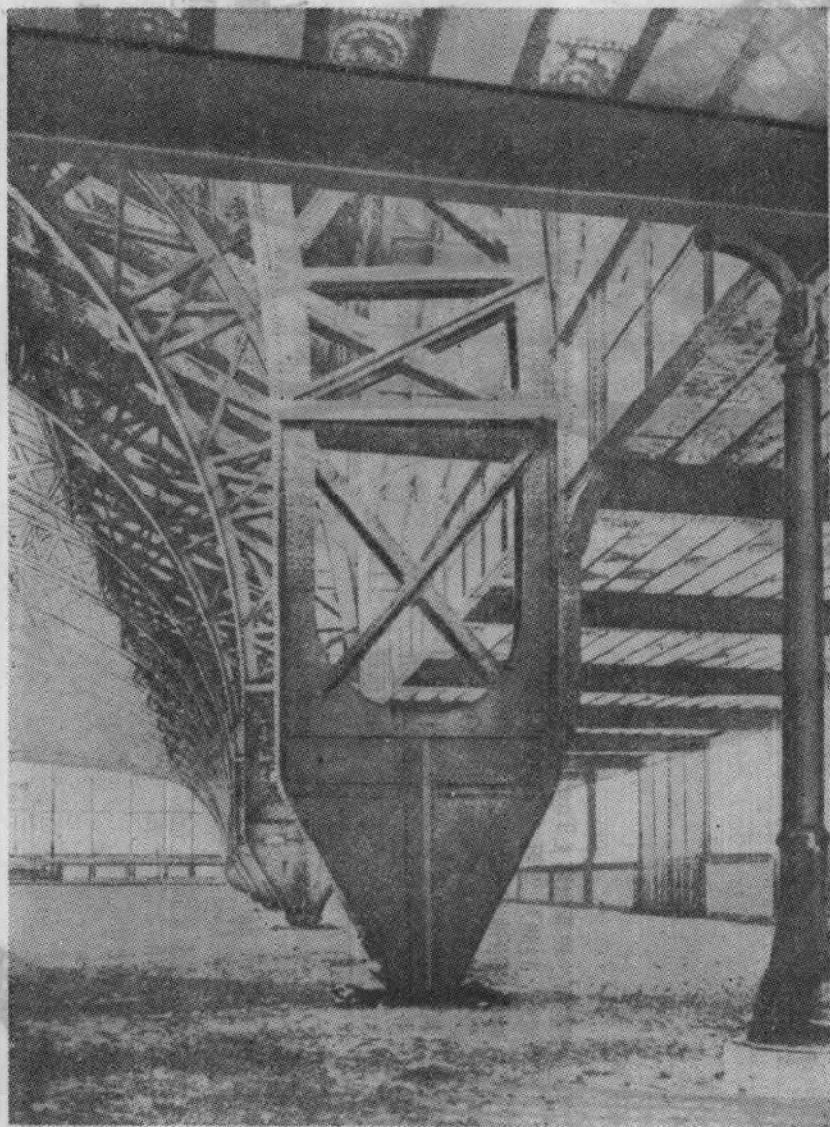


图 10 巴黎博览会机械馆 (Hall of Machines, Paris Exhibition, 1889)。大拱外形在铰结处的变化 (它完全变为点支承), 给建筑形式提供了技术起点。这种取得形式变化的方式, 其细部的处理以及比例的选择, 是比较不受限制的, 它决定于设计者的个人灵感。机械馆给人的强度和力量的感觉是很容易想象的

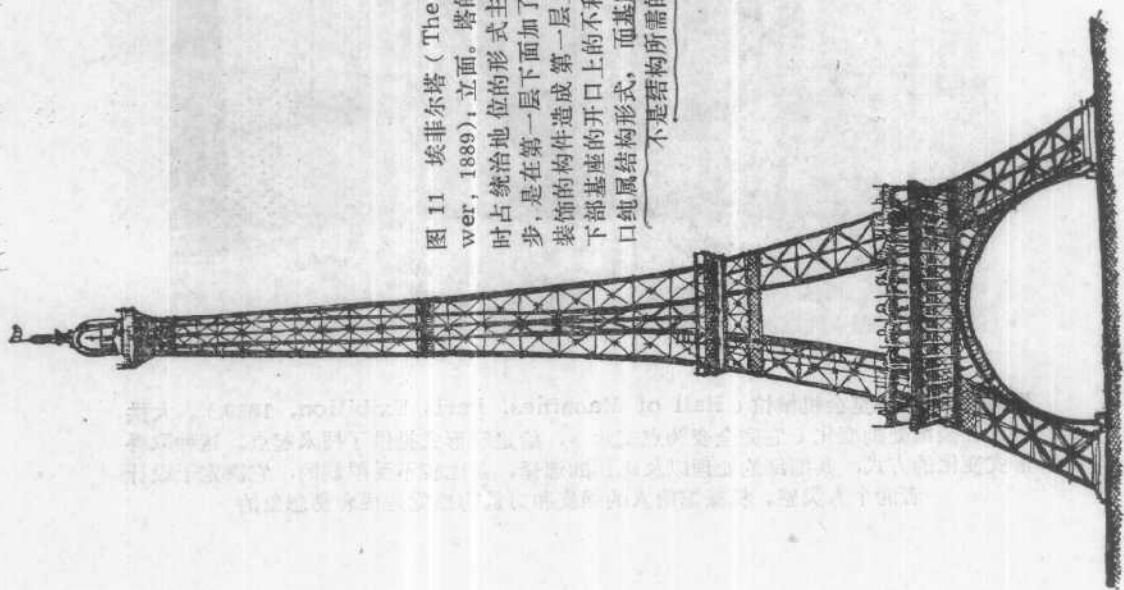


图 11 埃菲尔塔 (The Eiffel Tower, 1889), 立面。塔的设计者对当时占统治地位的形式主义的唯一让步, 是在第一层下面加了圆拱。这一纯装饰的构件造成第一层上部的开口和下部基座的开口上的不和谐。上部开口纯属结构形式, 而基座加用圆拱就不是结构所需的了

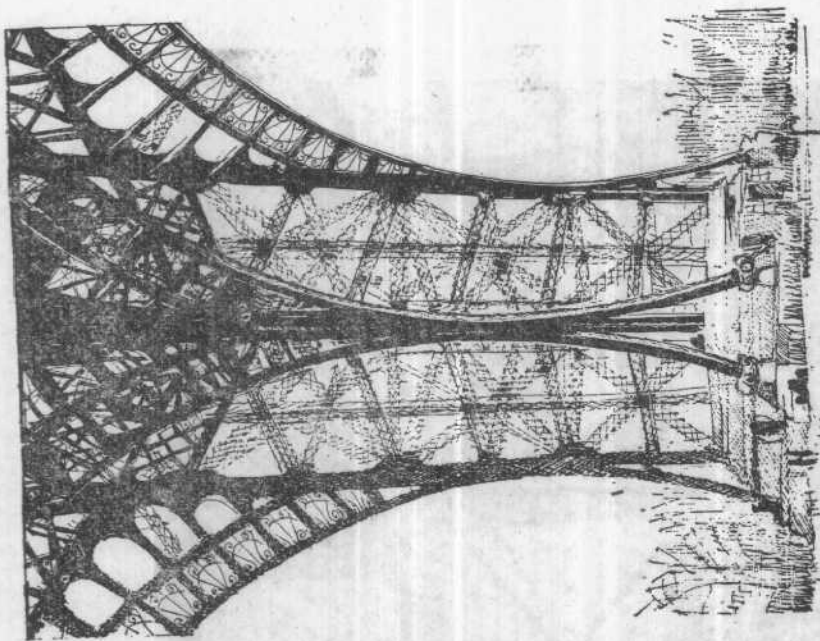


图 12 埃菲尔塔: 一个支柱的基座。为了给虚假的圆拱提供基座, 多处出现了隆起, 这是有损于基座的简洁有力的