

容柏生建筑工程设计事务所结构设计程序要点

李盛勇

职务	广州容柏生建筑工程设计事务所总经理, 副总工程师
专业	土木工程系建筑学专业
学历	本科学士: 清华大学土木工程系(1981~1986 年) 工程硕士: 清华大学深圳研究生院
专业资格	教授级高级工程师 一级注册结构工程师 国家注册监理工程师 香港注册工程师学会会员 中国建筑学会高层结构专业委员会委员 中国建筑学会抗震防灾分会高层建筑抗震专业委员会委员 中国建筑学会混凝土结构基本理论工程应用委员会委员 中国建筑学会钢-砼组合结构协会建筑结构专业委员会副主任委员 广东省土木建筑学会建筑结构学术委员会委员 广州市科学技术委员会结构与抗震专业委员会委员

主要工作经验

1986 年毕业于清华大学土木工程系建筑学专业。清华大学深圳研究生院在读建筑结构工程硕士, 1986~2003 年间一直在广东省建筑设计研究院从事建筑结构设计工作, 曾任广东省院副总工程师兼深圳分院总工程师, 2000 年被评为省建院“十大优秀中青年科技带头人”。主持过十多项高层及超高层工程的结构设计, 在国内外发表多篇专著和论文, 多项工程获国家级一等奖、省级一等奖, 专长于高层及超高层结构设计、大跨度结构设计。具有创新的设计精神、丰富的工程实践经验及卓越的组织管理能力。

主要论文、专著或科研成果

一、著作:

1. 《钢筋混凝土结构配筋原位图示法》。(广东科技出版社 2000 年出版, 与张元坤合著。)
2. 《建筑结构设计实用指南》。(新世纪广东省首届建筑结构技术交流会 2001 年出版, 与张元坤合著。)

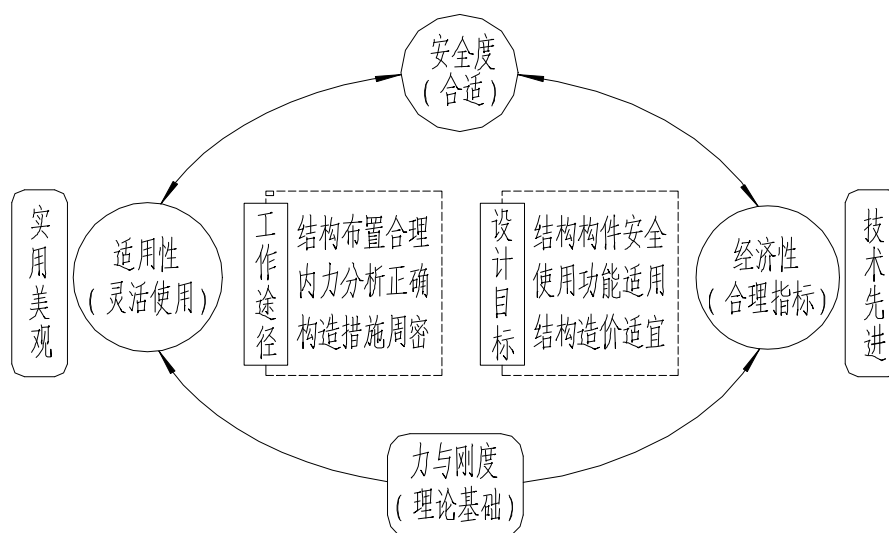
二、论文:

1. 潮汕大厦结构设计。(第十三届全国高层建筑结构论文交流会, 1994 年。)
2. 潮汕大厦结构时程分析。(第十三届全国高层建筑结构论文交流会, 1994 年。)
3. 浅谈柱—短肢剪力墙的结构设计。(第十六届全国高层建筑结构论文交流会, 2000 年。)
4. 深圳天安数码时代大厦结构设计。(第十七届全国高层建筑结构论文交流会, 2002 年。)
5. 剪力墙边缘构件的一种科学配筋形式介绍。(建筑结构, 2003 年第 8 期。)
6. 建筑结构设计中的刚度理论。(南方建筑, 1997 年第 4 期。)
7. 刚度理论在结构设计中的作用和体现。(建筑结构, 2003 年第 2 期。)

工程设计程序要点

人们一谈起结构设计，往往会产生第一个反应：“结构设计是否安全”，可见“安全”在结构设计中是处于何等重要地位。需要明确的是，保证结构安全确实是结构设计的首要任务，但并非是结构设计的唯一任务。必须强调的是，保证结构安全是对结构设计的最基本、最起码要求，对于一项工程的结构设计来说，除“保证安全”这一最低要求外，还有其他许多内涵丰富的要求，也即通常所说的，结构设计做到安全只是初级阶段的“行”，只有同时能满足其他方面的要求，才算达到较高境界的“好”。“行”与“好”是两个不同层次的概念。下图中最上及左右共三个圆圈内的标注即是对结构设计全面要求的概括。这是结构设计必须优化和优化目标的最精练图解示意。

为了使结构设计做到尽善尽美，满足结构设计的全面要求，结构设计优化途径的核心内容通常包括三方面：体系选型与结构布置要合理、结构计算与内力分析要正确、细部设计与构造措施要周密。三方面的工作互为呼应，缺一不可。图中的内圈简明扼要地列出结构设计的优化途径。



一、结构设计技术条件要点

1. 方案设计阶段(应用于超高层建筑、复杂结构)

1 目标——确定建筑物的整体结构可行性，柱、墙分布及楼面梁的支承条件的合理性，以便建筑专业在此基础上进一步深化，形成一个各专业都可行，且大体合理的建筑方案。

I 工作内容:

* 1)、结构选型: 体系及结构材料的确定。思考的范围除混凝土结构几大体系(框架、框一剪、剪力墙、筒体—框架、筒中筒)之外, 还有混合结构和钢结构以及个别构件采用组合形式。

2)、结构分缝。如为建筑群或体型复杂的单体建筑, 则需要考虑是否分缝, 确定防震缝的宽度。

3)、结构布置: 柱墙布置及楼面梁板布置。主要确定构件支承和传力关系的可行和合理性。

4)、结构试算: ①计算程序的选择; ②结构各部位的抗震等级; ③计算大参数选择(场地类别、砼强度等级、钢材类别、砼密度、周期折减系数、剪力调整系数、地震调整系数, 梁端弯矩调整系数、梁跨中弯矩放大系数、基本风压、梁刚度放大系数、梁扭矩折减系数、连梁刚度折减系数、地震作用方向、振型组合、偶然偏心等); ④砼强度等级和钢材类别; ⑤荷载取值(包括间隔墙的密度和厚度); ⑥振型数的取值(平扭耦连时取 ≥ 15 , 大底盘多塔楼时取 $\geq 9n$); ⑦结构嵌固端的选择, 此阶段一般以首层为嵌固端; ⑧连梁刚度折减系数取值(抗震控制时取 0.5, 抗风控制时取 0.7); ⑨梁铰支端的指定; ⑩梁柱(墙)节点的处理。

* 5)、结构计算结果的判断:

①地面以上结构的单位面积重度(kN/m^2)是否在正常数值范围内, 数值太小则可能是漏了荷载或荷载取值偏小, 数值太大则可能是荷载取值过大, 或活载该折减的没折减, 计算时建筑面积务必准确。

②竖向构件(柱、墙)轴压比是否满足规范要求。轴压比过大固然不行, 过小则无必要, 此阶段必须严加控制。

③楼层最大层间位移角是否满足规范要求。理想结果是层间位移角略小于规范值, 且两向侧向位移值相近。

④周期及周期比。第一周期应为平动周期且在正常范围内, 扭转周期应在第二周期之后, 且 $T_t/T_1 \leq 0.9$ (A 级一般结构), $T_t/T_1 \leq 0.85$ (A 级复杂结构)。

⑤扭转位移比必须控制在 1.5 之内, 愈接近 1.2 愈理想。

⑥有转换层时, 必须验算转换层上下刚度比及上下剪切承载力比。

* 6)、超限判别: 确定超限项目(高度超限、平面不规则、竖向不连续、扭转不规则、复杂结构等)和超限程度是否需要抗震超限审查。

2)初步设计阶段

- 目标——在方案设计阶段的基础上调整、细化，以确定结构布置和构件截面的合理性和经济性，以此作为施工图实施依据。

- 工作内容

- 1、结构详细计算。考虑柱、墙构件截面收级，结构嵌固端最后的选择，构件配筋超限或配筋率过高时的结构布置调整和构件截面调整。结构计算中是否需要考虑地震的斜向作用，多程序进行验证，弹塑性分析，转换结构的应力分析。
- 2、结构各部位抗震等级及加强部位的详细划分。
- 3、基础选型。如果是天然地基基础，需说明基础持力层名称、地基承载力特征值、基础型式、基础埋深；如果是桩基础，需确定桩型、桩径、桩长、竖向承载力特征值。
- 4、地下水设防水位的确定。
- * 5、基础平面布置图。
- * 6、绘制楼层结构布置图和竖向构件定位及截面尺寸（包括地下室侧壁厚度）。
- 7、结构特殊处理：超长结构、基础抗拔、塔楼与裙房的连接及施工要求等。
- 8、结构、构件或节点是否需要作试验。超高层或对风敏感的大跨度结构,应确定是否作风洞试验或专项的抗风分析计算。
- 9、如需超限审查，则需按超限审查规定准备文本，其重点是对超限项目的对应措施。

3)施工图设计阶段

- 目标——现场施工实施技术文件，要保证设计图纸的质量（完整性、科学性、深度要求）。

- 工作内容

- 1、结构计算。建筑及设备专业在初步设计基础上往往有些修改，结构专业在该修改的基础上再计算，最后确定各构件的截面尺寸。计算前的准备数据、计算中如何调整、计算结果的判断——计算过程与初步设计阶段相同。
- * 2、图纸目录编排。应按图纸内容的主次关系、结构部位施工先后关系，有系统有规律地排列，排在前面的应是结构设计（或施工）总说明及构件配筋构造通用图，继而是基础（平面及大样），竖向构件（定位及配筋图），楼层结构（模板、梁配筋、板配筋），最后才是楼梯、水池及其他。如有地下室，地下室以

下部分的图纸可独立编排，以应付分期施工或方便不同施工单位分别施工。因故无法同时出图，迟出图或后出图的，均应在图纸目录中列出并在备注栏中加以说明，以示一项工程结构设计图纸的完整性。

3、图幅控制及布图技巧。图纸目录的编排与图幅控制有关，图幅控制又与布图技巧有关，三者都必须具有逻辑性、科学性。施工图最理想、最方便使用的图幅为 1# (840×594) 和 2# (594×420)，应尽量避免使用 0#、3#图及加长图。如 1#图容纳不了，可通过缩小画图比例（由 1: 100 改为 1: 150 甚至 1: 200）或分块绘制（分块绘制时需在图纸右下角以小比例图示出分块在总平面上的位置），使图幅控制在理想图幅之内。整项工程的图纸图幅应控制在 3 种之内。

布图技巧，一张图的内容应布置得疏密有序，布图不能过于饱满，也不能太空旷。如建筑平面狭长，宜将同一楼层的“模板及梁配筋图”与“楼板配筋图”在同一图幅的上、下或左、右位置画出；如建筑平面较小（如别墅之类），则可将若干楼层平面同处一张图中。

4、文字说明。包括整项工程的结构设计总说明、构件配筋通用说明及每张图纸的特殊说明。结构设计总说明采用打勾及局部填写形式，打勾时要注意中肯，局部填写时要准确；具体图纸中的说明是特别说明，内容应简短，文字文法要简洁、准确、清晰，要特别注意其包容性。文字叙述的内容应是该图中极少数的特殊情况或者是具有代表性的大量情况。

5、构件配筋要求。通过初步设计阶段及施工图进行前的结构计算，具体工程的各构件的截面尺寸都已确定，此阶段的构件配筋要求必须具体化，不能泛泛而谈，更不是设计规范某些条文的重述，而是针对特定工程已初步确定了有限种类构件具体配筋的框定，以供设计人具体掌握，并保证整项工程的设计处于同一标准中。对于混凝土结构，各构件的用钢类别、钢筋直径、间距或配筋率控制都必须明确列出，对于组合构件或钢结构，必须列出型钢规格及其含钢率。

楼板——优先采用冷轧带肋焊接网，手工绑扎时钢筋间距优先采用@200，其次是@150，@100，特别注意板面通长钢筋与支座短筋的合理搭配。

梁—— $d \geq 12$ 的应采用 HRB400 级钢筋，除大跨度梁及转换梁外，一般梁宜控制 $d \leq 25$ ，配筋率控制：底筋 $\rho \leq 1.0\%$ ，支座负筋 $\rho \leq 1.5\%$ ，箍筋肢数需明确规定。

柱——从控制成本出发，主筋及箍筋宜用 HRB335 级钢筋，钢筋直径控制在 $d \leq 25$ ，同一段柱的主筋直径不应超过两种，一般柱段的配筋率控制在 $\rho = 1.0\%$ 左右。

墙——按加强部位及非加强部位区分约束边缘构件及其截面尺寸范围。主筋和箍筋配筋率控制，墙段分布筋配筋率控制以及具体配筋规格，边缘构件主筋宜为同一直径钢筋且宜采用 HRB335 级钢筋，墙段分布筋的间距可取@200，@250。

二、结构与建筑的关系

房屋建筑，尤其是民用建筑中的结构与建筑的关系要比工业建筑中的两个工种之间的关系密切得多。工业建筑中的结构很大程度上要服从工艺、生产流程的需要，其中的柱网布置、层高等空间尺寸往往由生产上的需要决定，结构只是在此基础上有条件地选择合理的楼盖、屋盖及支承支撑构件的结构型式。而民用建筑由于使用用途各不相同、建筑体型及立面千变万化，尤其是高层建筑的出现或考虑建筑抗风、抗震，使得结构工种在其中处于举足轻重的位置，因而形成结构工种与建筑工种的互相渗透、互相关连的关系更密切，不仅体现在技术设计阶段（初步设计及施工图设计），而且反映在建筑方案设计阶段，在此阶段不仅需要结构工种介入，有时甚至要起先导作用。

一). 方案设计阶段，结构工种需要早日介入

方案设计阶段，建筑师构思出的建筑平面立面雏形首先必须控制好整体建筑的长宽比和高宽比，结构工程师介入其中需要解决的问题是：根据建筑使用功能、平面尺寸、总高度以及抗风抗震要求，确定合适的结构体系和结构类型、合理的柱网尺寸、抗侧力构件的合适位置和大约数量、恰当的层高以及建筑平面是否要设缝分成独立的结构单元。此阶段，结构工程师和建筑师所运用的基本理论是结构概念设计和抗震设计的基本要求，即从大方向保证所构思的方案在结构上是可行的、宏观上基本是合理的，当然不必拘泥于局部的细小尺寸或详细构造。结构工程师介入方案设计，不仅使结构方案可行而增强工程设计接标的竞争能力，而且更重要的是可以避免建筑方案被采纳而结构上是不可行或存在非常不合理的被动局面甚至处于骑虎难下的窘境，后一种情况在建筑功能较复杂、设防烈度高的高层或超高层建筑的方案设计中更突出。

方案设计阶段，结构工种的介入切忌结构对建筑提出太多太细的限制而堵塞建筑师的构思源泉。正确的介入方法是沿着建筑师的思路，将必要的合理的结构想法毫不张扬地隐含于海阔天空的建筑创作中。归纳一句话，结构工种千万不能喧宾夺主。

I 建筑方案阶段结构的介入与结构体系的确定

结构工程师在理解建筑师的设计意图的基础上提供专业意见，尽可能满足（创造条件）建筑师的构思，根据平面尺寸，立面要求使用功能等对建筑方案的可行性有合理的判断，特别是抗震方面的要求，《建筑抗震设计规范》强制性条文 3.4.1 条有：建筑设计应符合抗震概念设计的要求，不应采用严重不规则的设计方案。

什么叫规则与不规则呢？

建筑及其抗侧力结构的平面布置宜规则、对称，并应具有良好的整体性；

建筑的立面和竖向剖面宜规则，结构的侧面刚度宜均匀变化，竖向抗侧力构件的截面尺寸和材

料强度宜自下而上逐渐减少，避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。

a) 结构工程师参与建筑方案的设计，为方案的可行性、合理性和具体实施提供保证。

建筑师的结构概念欠缺导致方案的极不合理，当发展商被表面的透视效果图“蒙”过之后，被选中的方案将带来极大的问题，结构工程师只能被动地无可奈何地“迁就”，有时方案甚至是不可行的，这样带来的修改及设计和施工的难度更可想象，更谈不上经济性和合理性了。

b) 高层建筑方案设计，结构工程师应及早与建筑师协调，在结构造型、结构布置及抗震方面提供专业意见。

高层建筑结构不同于一般低层、多层建筑，它以水平荷载为主要控制荷载，结构截面尺寸还要满足刚度、延性的要求，故方案设计会受到一定的约束，结构工程师不应仅仅提出很多限制，而应为建筑排忧解难。结合方案的发展，创造性地协调和平衡建筑与结构的关系，既给建筑师以灵活性，结构自身也有创新，且经济、合理。

c) 建筑方案阶段，结构工程师应随时解决建筑师在结构方面的问题，主动配合提供与方案结合的结构选型及抗震的设计要求，相互理解和支持，共同完成，使建筑方案一开始就能体现技术先进，安全可靠，经济合理、美观实用。

结构在配合建筑方案设计时需渗入以下结构概念：

- l 抗震的概念设计
- l 平面、立面的规则性（平面形状、尺寸、高宽比、高度）
- l 结构布置受力明确，传力途径直接简单
- l 合理的结构体系，合理的刚度要求
- l 温度缝、沉降缝、防震缝的合理设置
- l 技术创新及新技术、新材料的应用

e) 结构体系的确定

在选择结构体系时，首先要考虑建筑物的平面尺寸、高度和建筑物的用途及功能要求。

- l 抗侧力结构体系的选择

不同的结构体系具有的强度和刚度是不一样的，故它们的适用设计也不相同，目前广泛应用的四大类结构：

框架结构：结构布置灵活，适用高度低，层数少，侧面刚度低，设防烈度低，抗震性能差，最大高度 55m（7 度区）。

框架—剪力墙：既有框架结构布置灵活、方便使用的特点，又有较大的刚度和较强的抗震能力，

可以满足大多数建筑物的高度要求，最大高度：120m（7度区）。

剪力墙结构：由纵横方向的墙体组成抗侧力体系，刚度很大，空间整体性好，有较好的抗震性能，

但布置不灵活，在底层布置大空间时需通过转换，最大高度：120m（7度区）。

筒体结构：刚度大，整体性好，具有较好的抗震性能，可用于层数很多、高度大，设防烈度要求高的建筑，最大高度：150m（7度区）。

适宜采用的结构体系：

用途	50m 以下高度	50m 以上高度
住宅	剪力墙，框—剪	剪力墙（框—剪）
酒店、旅馆	剪力墙、框—剪、框架	剪力墙、框—剪、筒体
公用建筑	框剪、框架	框—剪、筒体

I 楼面体系的选择

1. 平板体系

常用于剪力墙结构或筒体结构，优点是板底平整，有较高的净空，非预应力平板不宜超过 6m，预应力平板不宜超过 9m，为施工方便，叠合板由 50~60mm 预制预应力芯板作为底板（模板）再在其上后浇 80~100mm 的现浇层。

2. 无梁楼盖：

合适跨度：普通 RC 楼面 6m 以内

预应力砼楼面 9m 以内

3. 密肋楼盖

跨度大而梁高又限制时采用，肋距 0.9~1.5m，可以采用加填轻质材料（如泡沫砼块）形成密肋或用塑料壳施工。

现浇砼密肋楼盖的跨度 $\leq 9m$ 。

预应力砼密肋楼盖的跨度 $\leq 12m$ 。

4. 肋形楼盖

高度受限制时，可以用宽扁梁

跨度大，高度亦受限制时，可采用钢与砼组合梁楼面，尚应注意：

- I 楼面梁有合理的刚度，它与竖向的结构形成结构的抗侧力体系。
- I 结合建筑的功能和使用要求及荷载情况进行选择，力求经济合理。

I 建筑结构的合理构成

结构的均匀对称

a) 结构的对称性

结构工程师结合建筑平面的功能和需要进行合理的结构布置,通过筒体、剪力墙的合理布置,可以设法调整结构的刚心和建筑物的质心、平面的形心尽量接近,从而实现结构的基本对称,如结构有较大的不对称,将引起结构在水平侧向力的作用下产生较大的扭转变形,不利于结构的安全。

b) 结构的均匀性

- (1) 两个主轴方向的抗侧力刚度接近、变形特性相近。
- (2) 竖向的抗侧力结构变化均匀,不要突变。
- (3) 同一方向的各片抗侧力结构刚度尽量均匀,水平荷载作用力应力分布均匀,有利于结构抗震延性的实现。
- (4) 中央核心与周边结构的刚度协调均匀,保证主体结构具有较好的抗扭刚度。

荷载的传力直接

a) 垂直重力荷载的传力直接

- (1) 楼盖的布置,应尽量使垂直重力荷载以最短的路径传递到竖向构件(墙、柱)上去。
- (2) 竖向构件的布置,使在垂直重力荷载下竖向构件的压应力水平接近。
- (3) 转换层的布置,应尽量做到使上部结构传来的重力荷载通过转换层一次或二次转换,即能传递到下部结构的竖向构件上去。

b) 水平荷载的传力直接

- (1) 整体抗侧力结构体系明确,传力直接。
- (2) 楼盖要具有一定的刚度和强度,有效地传递水平力,协同空间结构各部分抗侧力结构工作。
- (3) 填充墙用轻质材料,且与主体结构柔性连结。

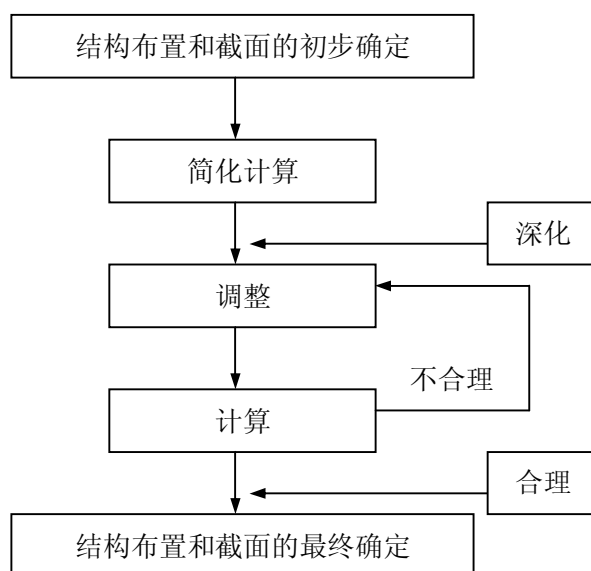
结构的合理刚度

d) 楼面结构的合理刚度(指梁板截面尺寸选择合理,布置适当)。

e) 主体抗侧力结构的合理刚度。

I 结构截面的确定

高层建筑结构的梁、柱、墙主体结构截面的确定，取决于结构在荷载作用下，其整体抗侧刚度、其截面的承载能力、延性、刚度能否满足规范的要求，其截面的实际配筋、节点构造的可行性等，按下框图进行：



根据结构结构布置、荷载情况，跨度及建筑的要求可以初步确定结构构件的合理截面（基本尺度）。

1. 楼板的厚度：一般取 $h=100\sim120$ ，加强层取 $h=150\sim180$ ，特殊情况除外。

2. 梁的适宜截面：梁高 h 一般取 $\frac{l}{8} \sim \frac{l}{12}$ （非应力）， $\frac{l}{12} \sim \frac{l}{20}$ （预应力），梁宽取 $\frac{h}{3} \sim h$ ，平面中分别为 KL，L，截面类型不宜太多。

3. 柱截面的确定：每十层柱截面约为 $0.3\sim0.4m^2$ 计，结合砼强度等级确定截面型式应结合建筑的要求及受力性能要求。柱轴压比按 $0.6\sim0.8$ 控制，角柱、框支柱严格按规范要求。

4. 剪力墙的厚度：以 30 层建筑作为参考，墙厚取 $400\sim250$ 。剪力墙轴压比按 ≤ 0.5 控制，短肢剪力墙轴压比 ≤ 0.6 。

5. 砼的强度等级：以 30 层建筑作为参考，由 C40~C25（竖向每隔 7 层变一次），水平构件的砼强度等级应与竖向有合理的匹配。

二). 技术设计阶段，结构设计必须不断优化

技术设计阶段中的初步设计，结构工种主要工作是进行结构布置（确定结构构件的截面尺寸和砼强度等级），然后挑选能反映结构实际受力状态的结构计算程序上机试算。试算输入的参数、数据要正确、准确，选择的楼层结构要具代表性，**计算结果的判别主要看结构自振周期及位移（对高层建筑而言）、结构单位面积重度、整体结构的剪重比、扭转以及各构件（骨架结构的梁、柱、剪力墙）的内力及配筋等是否属于正常情况**。如某个或某些计算结果超出正常数据范围，则首先要检查输入数据是否正确，其次考虑是否必须修改构件截面以至于结构布置再重新计算；即使各种计算结果都在允许范围内，还可以进行结构优化设计，目的是使整体结构的主轴两方向的刚度接近、产生的位移接近、同类构件的受力均衡、配筋控制在经济合理配筋率范围内等。

除上述上部结构的试算外，还必须根据上部结构型式及场地工程地质水文条件选择合适合理的基础型式；如建筑物设置地下室，则必须根据场地周围环境、基坑深度、地下水水位高低及水量多寡等条件初步确定切实可行且经济合理的基坑开挖边坡支护及隔水、降水方案。

初步设计经审批后，如各主管部门无甚意见，则可顺利地进入施工图设计。此时原先的结构初步设计基本上可以保留继续沿用；而更多的情况是，由于规划、交通、消防、人防、绿化或卫生防疫等原因，在进入施工图设计阶段，建筑设计均或多或少要进行修改完善，此时，结构工种必须与之紧密配合，如属大修改，则几乎必须重复新一轮的初步设计；如属局部小修改，则原先结构初步设计大构架可以不变，仅作局部相应的修改就可以转入施工图设计阶段。

施工图设计阶段的结构设计，因系工程真正实施、结构工种必然要求建筑工种提供其工种汇总给排水、电气、暖通、消防等专业实际需要的详尽且准确的设计条件，才能进行结构施工图设计。这些条件归纳之如下所列：

1、±0.000 相对海拔高程、室内外高差、室外是否要填土（涉及到基坑开挖深度，地下室露天顶板的标高及荷重计算）。

2、楼层结构标高与建筑标高的相互关系（决定建筑面层荷重和支承梁截面高度），大面积楼面 $H_t = H - 0.030$ ，阳台 $H_t = H - 0.080 \sim 0.100$ 。

3、楼层使用功能详细分布、楼层孔洞位置及尺寸（决定楼层结构布置）。

4、设备用房位置、设备外型尺寸及重量（确定楼面荷载及设备吊装井尺寸）。

5、楼梯编号及其定位尺寸（梯板长宽度以确定楼梯的结构型式和支承条件）。

6、电梯地坑深度、消防梯集水坑位置及深度（涉及基础或承台型式及其顶标高）。

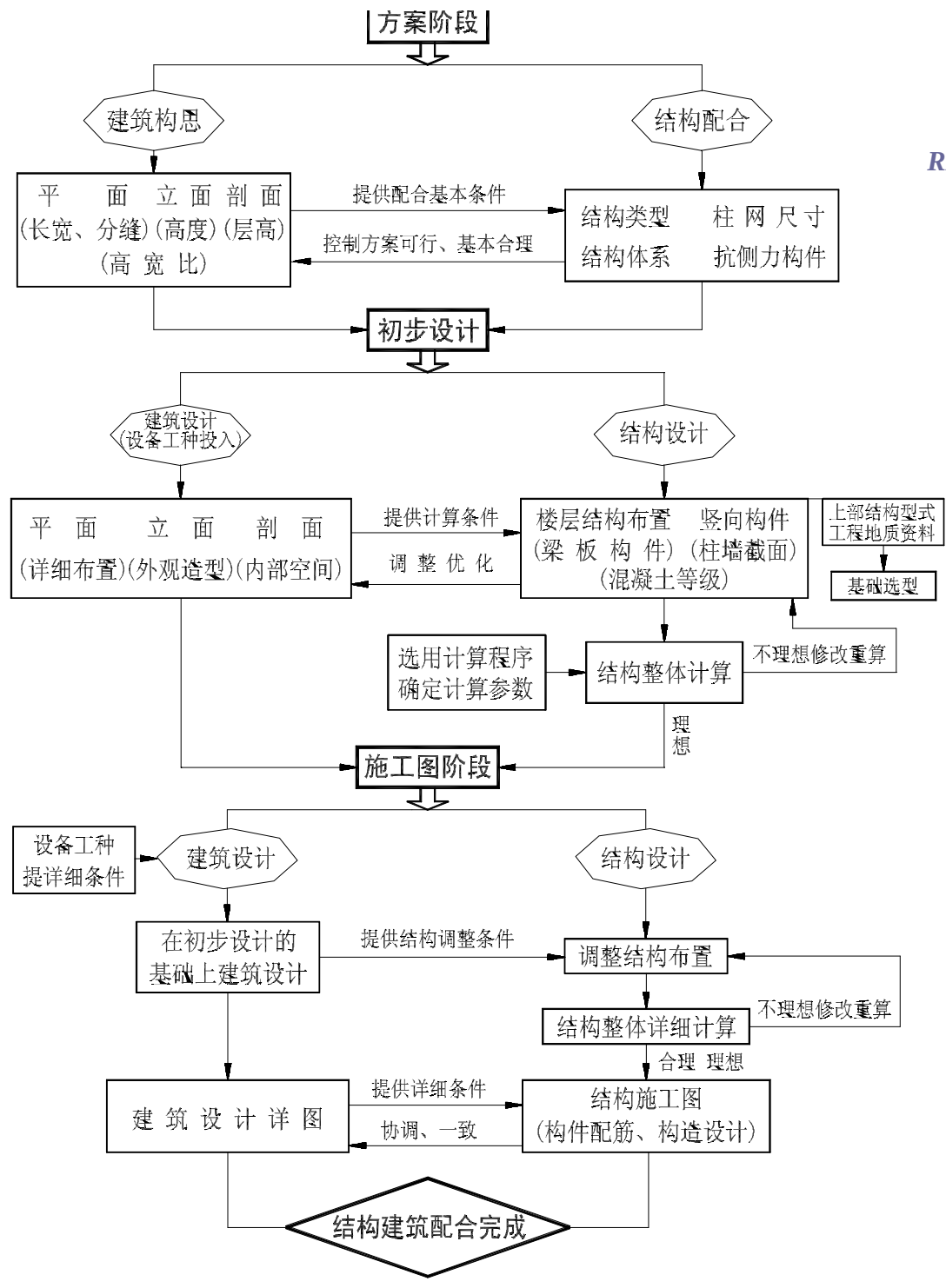
-
- 7、自动扶梯平面位置、长度、宽度、起始梯坑平面尺寸及深度（决定其支承条件和衡量楼层净高尺寸）。
 - 8、地下室斜车道坡长，车道出入口部高度（决定坡道的支承条件，出入口处是否需要做反梁）。
 - 9、楼层厕所型式（决定下凹深度以及填充料的荷重）。
 - 10、大厨房地面做法（决定结构层降低或采用建筑找平垫高）。
 - 11、屋面坡度做法（采用结构找坡或是建筑找坡）。
 - 12、地下室或屋面水池平面位置及尺寸（确定合理的支承条件）。
 - 13、天棚吊顶做法（全部吊顶或局部吊顶或不吊顶需做平板结构）。
 - 14、外墙门窗尺寸及立面做法（确定外围梁高及窗框做法）。
 - 15、外墙饰面材料（确定围护结构材料品种）。
 - 16、室内间隔墙布置情况（固定的或是灵活隔断以决定楼面等效荷载）。
 - 17、设备管道穿行形式（是否需要横穿楼层梁或剪力墙）。
 - 18、地下室防水做法（防水层材料类别），地下室底板集水坑位置及尺寸。
 - 19、电梯门旁或门顶指示灯设置位置及尺寸（决定剪力墙预留孔洞）。

建筑工种要提供以上设计条件，一方面需对本工种所负责的建筑物使用空间、外部立面造型、各部位的建筑构造等有明确的想法和做法，另一方面需对设备工种所提供的设计条件进行统筹兼顾、合理调配，然后综合之以统一的设计条件提供给结构工种。

结构工种在接受这些条件时，不可采取被动态度，而是应该以积极、主动、配合的态度对待之，一般做法是，如果所提供的设计条件对结构布置无大碍则应积极采纳之，假若对结构受力极不利或造成结构布置极不合理，则可反提条件，请建筑工种在征询设备工种的意见之后作修改调整，以达到全面性和整体性的合理，这属于结构优化设计的一部分。“全面性和整体性合理”的含义是：最后完成的建筑物设计，对所有各个工种来说，也许不能做到十全十美，但都是可以接受的。最忌讳的设计是对某个工种来说，它是“完美无缺的”，而对于结构工种来说却是最糟的情况。

如建筑图中未全面反映上述条件，为了工作主动和慎重起见，结构负责人宜以书面列清单形式由建筑（有时包括甲方）确认。

结构与建筑之间在各个阶段的关系可以用下面框图表示之：



三、施工图的绘制原则

衡量施工图绘制质量的优劣，不仅指具体各张图纸的表达，而且还包括整个工程图纸的目录编排、图幅控制、比例选择、文字说明、构件索引等，前者是微观的，后者则是宏观的。

- 1、目录编排——应按图纸内容的主次关系，有系统有规律地排列。排在前面的应是结构设计（或施工）总说明及构件构造通用说明，继而是基础、竖向构件、楼层结构，最后才是水池、楼梯及其他。如

三、施工图的绘制原则

衡量施工图绘制质量的优劣，不仅指具体各张图纸的表达，而且还包括整个工程图纸的目录编排、图幅控制、比例选择、文字说明、构件索引等，前者是微观的，后者则是宏观的。

1、目录编排——应按图纸内容的主次关系，有系统有规律地排列。排在前面的应是结构设计（或施工）总说明及构件构造通用说明，继而是基础、竖向构件、楼层结构，最后才是水池、楼梯及其他。如有地下室，该部分图纸可独立编排，以应付分期施工或方便不同施工单位施工。因故无法同批出图、迟出图或后出图的，均应在图纸目录中列出并在备注栏中加以说明，以示一项工程结构设计图纸的完整性。

2、图幅控制——结构施工图最理想、最方便使用的图幅为 1#（840×595）和 2#（595×420），应尽量避免使用 0#、3#图及加长图。如果建筑平面过大过长，用 1#图纸画不下，可采用下述两种方法之一以 1#图纸容纳之：第一种方法是缩小比例，不一定按常规的 1: 100，而可以考虑采用 1: 150 甚至 1: 200；第二种方法是分块绘制，此时必须在该图纸的左下角或右下角处将所表示的分块在总体平面上的位置用示意图表示出。一项总体工程的图幅宜控制在三种之内。选择图幅应与图纸内容、比例、所估尺寸相呼应，应疏密有序，布图不能过于饱满，也不能太空旷（使用电脑制图更应注意避免后者）。同一楼层的模板图及梁板配筋图如能在同一张图中的上、下或左右排列布图绘制，则是一种较理想的布置方案，不仅方便设计内部的校审，而且也方便现场施工的操作。

3、比例选择——结构施工图常用比例有：1: 150、1: 100、1: 50、1: 30。前两种比例多用于楼层结构平面，后两种比例多用于大样图、结构详图等。楼层结构平面的比例大小取决于楼层结构布置的复杂简单、稀疏密集，当结构布置较复杂、较密集时用 1: 100 比例，否则可考虑用 1: 150 甚至 1: 200 比例。

4、文字说明——包括整项工程的结构总说明、构件构造通用说明以及每张图纸的特殊说明。结构设计总说明的内容包括结构类型、等级、基础型式、主体结构用料等级、非承重墙体材料及构造、楼板配筋构造、施工缝或后浇带构造、施工要求等；构件通用说明则包括构件编号代号、截面型式、配筋构造等；每张图纸上的说明则是具体特别说明。前两种说明要注意全面完整、不遗漏；后者则应尽量简短，文字文法要简洁、准确、清楚，文字叙述的内容应是该图中极小数的特殊情况或者是具有代表性的大量情况。

5、构件索引——必须按图纸目录或施工次序先后有别，有先才可有后，即后面的可索引前面的，而不能将要施工的去索引未施工的。楼层梁板只限索引一次，且应具有代表性。

6、轴线编号——轴线编号及其定位尺寸应提早与建筑工种商定做到规范化和科学性。轴线编号应正确区分主、付轴线的用法，不可也不必将砌体结构中的定位轴线方法套用到钢筋砼骨架结构中。主轴线一般为竖向构件的定位轴线，上面楼层的主轴线号应出现在基础平面或首层结构平面中，否则只可编为付轴

线。骨架结构中的填充墙定位轴线应编为付轴线。一般地，边柱宜以其外边缘定位，中柱宜以底层柱中心定位，剪力墙宜以墙中或不收级一侧定位；变形缝应以缝两侧的双柱或墙柱的净距定位，且必须采用主轴线。

7、尺寸标注——平面图中应清楚明确地表示梁、柱、墙等构件与邻近轴线的关系尺寸。一般结构的尺寸线为三道尺寸（总尺寸、轴线尺寸、构件定位尺寸）较为复杂的则可增加一道构件偏位尺寸。所标注的尺寸应尽量靠近要表示的构件，位于平面中部及远端的构件定位尺寸应就近另加标注。悬臂构件的定位尺寸应标注其支承端轴线（或梁中、梁边）至构件端部的距离，孔洞除标注其与轴线或柱、梁、墙的关系尺寸外，还需注其孔洞净尺寸。

8、构件编号顺序——结构平面图中所有受力构件（包括梁板、柱墙）均应予编号并注上截面尺寸。各类构件的编号顺序都应从平面的①×Ⓐ轴（即左下方）开始，以右上方结束。中间需加插某一构件时，其编号均以其邻近同类构件的编号加下标表示；连续编号中有删除造成缺号的要在该图文字说明中加以注明，以避免校审及施工为寻找该缺号构件而浪费时间。

9、线宽设定——为了满足结构施工图制图标准的要求，严格区分轴线、尺寸线、梁（柱、墙）线、钢筋线以及字符等的粗细大小，绘图时通常用图层、颜色和线型加以控制，而不同颜色的线条在喷印图时用不同的线宽绘出。为了统一起见，可按下表の設定绘图：

颜色 color	红 red	黄 yellow	绿 green	灰 cyan	蓝 blue	粉红 magenta	白 white
线型号码	1	2	3	4	5	6	7
线宽 (mm)	0.1	0.25	0.25	0.4	0.4	0.5	0.25

10、字符大小——同类的文字、数字之字符高度必须一致，不仅同一张图是如此，就是整项工程所有图纸都必须如此。适宜的字符高度为 3mm，最小高度为 2mm。文字叙述中夹杂有数字或字母的，为了满足视觉上的习惯，其中的数字或字母的字符高度应比汉字小，取其 0.85 较合适。

四、工程技术交底及施工会审

技术交底——工作对象为建设单位、施工单位和质监单位，采取的形式为结构设计负责人主动介绍结构设计概况及有关要求，让工作对象单位对工程结构设计有一个初步的了解。以便进行材料选购、制订施工方法、安排施工计划等。

施工会审——工作对象主要为施工单位，进行的形式是设计一方解答或解释施工单位就设计图纸及施工操作方面所提出的问题。

当前较为流行的做法是将技术交底与施工会审一并进行，尤其是规模不太大的工程项目。会审前，应

要求施工单位（有时也包括监理单位）仔细阅读图纸，将有疑问的或不明确的问题写成书面清单预先交付设计单位，设计一方逐条作出书面答复后再举行各方会议作现场解答。严格按此程序操作可以缩短会审时间，从而达到提高效率之目的。

技术交底和施工会审应作书面记录，书面记录材料将成为设计文件的一部分，作为工程验收和结算的依据之一。

1、技术交底一般内容：

- (1). 上部结构的结构型式、楼层的结构布置形式及其对施工的要求；
- (2). 基础型式、地下室基坑土方开挖的支护结构型式及挡水（降水）措施，地下室的施工顺序，桩基的质量控制（沉渣、虚土、贯入度、桩长、水下灌砼等的要求）；
- (3). 建筑物的定位轴线、±0.000 的绝对高程，结构标高与建筑标高的相互关系；
- (4). 如系高层或超高层建筑，则需强调垂直度的控制，砼强度的掌握，节点区砼的浇灌方法等；
- (5). 柱、墙竖向主筋的连接要求，梁面贯通筋及其他连接筋的接长方法及位置；
- (6). 柱插筋、主次梁或井字梁钢筋的相互放置位置，悬臂梁梁端钢筋的构造要求；
- (7). 采取切实措施保证各类构件主筋保护层厚度的准确性尤其是板的面筋。
- (8). 大跨度梁、板的起拱；
- (9). 结构分缝处的施工要求，主要构件（柱、墙、梁板）施工缝位置的设置原则，止水带的放置；
- (10). 要求对大体积砼降低水化热采取有效措施；
- (11). 特殊结构（型钢结构、钢管砼结构、钢管芯柱）的节点要求，与钢筋砼构件的连接要求；
- (12). 特殊楼面结构（压型钢板、预应力梁板、空心楼板等）的施工要求；
- (13). 地下室四周回填土要求；
- (14). 沉降观测要求。

2、施工会审原则：

(1). 施工会审所要解答的是设计图纸中错、碰、漏之类的问题，至于施工操作中的常规做法应以施工规范为准则，设计一方一般不作另外解释；

(2). 为了施工方便，施工单位如要求对某些构件的截面尺寸或配筋规格进行修改，在能够保证结构安全并满足使用要求的前提下，设计一方一般应予配合；

(3). 抗震设防结构有其特殊要求，设计规范规定的一定要严格执行，不能因“操作困难”而迁就施工单位；

(4). 设计图纸内容的正确性、完善性和一致性应在设计阶段给予足够保证，设计阶段在思想上不能存在企望通过施工会审来补救这几方面工作的想法。

附：建筑结构设计中的专业配合

1. 对结构的整体了解

- (1). 上部结构的结构型式、楼层的结构布置形式、受力机理及其对施工的要求；
- (2). 基础型式、地下室基坑土方开挖的支护结构型式及挡水（降水）措施，地下室的施工顺序，桩基的质量控制（沉渣、虚土、贯入度、桩长、水下灌砼等的要求）；
- (3). 建筑物的定位轴线、 ± 0.000 的绝对高程，结构标高与建筑标高的相互关系；
- (4). 如系高层或超高层建筑，则需强调垂直度的控制，砼强度的掌握，节点区砼的浇灌方法等；
- (5). 柱、墙竖向主筋的连接要求，梁面贯通筋及其他连接筋的接长方法及位置；
- (6). 柱插筋、主次梁或井字梁钢筋的相互放置位置，悬臂梁梁端钢筋的构造要求；
- (7). 大跨度梁、板的起拱；
- (8). 结构分缝处的施工要求，主要构件（柱、墙、梁板）施工缝位置的设置原则，止水带的放置；
- (9). 要求对大体积砼降低水化热采取有效措施；
- (10). 特殊结构（型钢结构、钢管砼结构、钢管芯柱）的节点要求，与钢筋砼构件的连接要求；
- (11). 特殊楼面结构（压型钢板、预应力梁板、加填充块的密肋楼板等）的施工要求；
- (12). 特殊构件（底板/侧板，悬臂梁/板，大跨度梁/板，转换层/转换梁，首层/屋面的荷载等）的施工要求；
- (13). 沉降观测要求。
- (14). 地下室四周回填土要求；

2. 建筑专业与结构专业的配合

这些条件归纳之如下所列：

- (1). ± 0.000 相对海拔高程、室内外高差、室外是否要填土（涉及到基坑开挖深度，地下室露天顶板的标高及荷重计算）。
- (2). 楼层结构标高与建筑标高的相互关系（建筑面层荷重）。
- (3). 楼层使用功能详细分布、楼层孔洞位置及尺寸（决定楼层结构布置）。

-
- (4). 地下室防水做法（防水层材料类别），地下室底板集水坑位置及尺寸。
 - (5). 楼梯编号及其定位尺寸（梯板长宽度以确定楼梯的结构型式）。
 - (6). 电梯地坑深度、消防梯集水坑位置及深度（涉及基础或承台型式）。
 - (7). 自动扶梯平面位置、长度、宽度、起始梯坑平面尺寸及深度（决定其支承条件和衡量楼层净高尺寸）。
 - (8). 地下室斜车道坡长，车道出入口部高度（决定坡道的支承条件，出入口处是否需要做反梁）。
 - (9). 电梯门旁或门顶指示灯设置位置及尺寸（决定剪力墙预留孔洞）。
 - (10). 大厨房地面做法（决定结构层降低或采用建筑找平垫高）。
 - (11). 屋面坡度做法（采用结构找坡或是建筑找坡）。
 - (12). 屋面水池平面位置及尺寸（确定合理的支承条件）。
 - (13). 天棚吊顶做法（全部吊顶或局部吊顶或不吊顶需做平板结构）。
 - (14). 外墙门窗口尺寸及立面做法（确定外围梁高及窗框做法）。
 - (15). 外墙饰面材料（确定围护结构材料品种）。
 - (16). 室内间隔墙布置情况（固定的或是灵活隔断以决定楼面等效荷载）。

3. 设备专业与结构专业的配合

- (1). 设备用房位置、设备外型尺寸及重量（确定楼面荷载及设备吊装井尺寸）。
- (2). 楼层厕所型式（决定下凹深度或是否要设双层楼板）。
- (3). 大厨房地面做法（决定结构层降低或采用建筑找平垫高）。
- (4). 设备管道穿行形式（是否需要横穿楼层梁或剪力墙）。