

结构工程师：钢结构稳定设计的探讨 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/271/2021_2022__E7_BB_93_E6_9E_84_E5_B7_A5_E7_c58_271997.htm 摘要：本文针对钢结构稳定设计提出了在设计过程中设计人员应须明确了解的一些基本概念，如强度与稳定的区别，失稳的分类，钢结构稳定设计原则，钢结构设计特点以便于帮助设计人员在设计中更好地完成稳定设计；随着新型结构不断地出现，在稳定设计中另一个导致构件和结构失稳的因素就是设计人员对这些结构性能认识甚少，因此本文提出了现有新型结构稳定性存在的一些问题，以便设计人员参考。

1、引言 稳定性是钢结构的一个突出问题。在各种类型的钢结构中，都会遇到稳定问题。对于这个问题处理不好，将会造成不应有的损失。现代工程史上不乏因失稳而造成的钢结构事故，其中影响最大的是1907年加拿大魁北克一座大桥在施工中破坏，9000吨钢结构全部坠入河中，桥上施工的人员75人遇难。破坏是由于悬臂的受压下弦失稳造成的。而美国哈特福特城的体育馆网架结构，平面92m × 110m,突然于1978年破坏而落地，破坏起因可能是压杆屈曲。以及1988年加拿大一停车场的屋盖结构塌落，1985年土耳其某体育场看台屋盖塌落，这两次事故都和没有设置适当的文撑有关 [1]。在我国1988年也曾发生13.2 × 17.99m网架因腹杆稳定位不足而在施工过程中塌落事故。从上可以看出，钢结构中的稳定问题是钢结构设计中以待解决的主要问题，一旦出现了钢结构的失稳事故，不但对经济造成严重的损失，而且会造成人员的伤亡，所以我们在钢结构设计中，一定要把握好这一关。目前，钢结构中出现过的

失稳事故都是由于设计者的经验不足，对结构及构件的稳定性能不够清楚，对如何保证结构稳定缺少明确概念，造成一般性结构设计中不应有的薄弱环节。另一方面是由于新型结构的出现，如空间网架，网壳结构等，设计者对其如何设计还没有完全的了解。本文针对这些问题提出了在设计中应该明确在钢结构稳定设计中的一些基本概念，以及对新型钢结构稳定性研究应该了解的一些问题并且应该懂得如何解决这些问题。只有这样我们在设计中才能更好处理钢结构稳定问题。

2、钢结构稳定设计的基本概念

2.1 强度与稳定的区别

[2] 强度问题是指结构或者单个构件在稳定平衡状态下由荷载所引起地最大应力（或内力）是否超过建筑材料的极限强度，因此是一个应力问题。极限强度的取值取决于材料的特性，对混凝土等脆性材料，可取它的最大强度，对钢材则常取它的屈服点。稳定问题则与强度问题不同，它主要是找出外荷载与结构内部抵抗力间的不稳定平衡状态，即变形开始急剧增长的状态，从而设法避免进入该状态，因此，它是一个变形问题。如轴压柱，由于失稳，侧向挠度使柱中增加数量很大的弯矩，因而柱子的破坏荷载可以远远低于它的轴压强度。显然，轴压强度不是柱子破坏的主要原因。

2.2 钢结构失稳的分类

[1] (1) 第一类稳定问题或者具有平衡分岔的稳定问题（也叫分支点失稳）。完善直杆轴心受压时的屈曲和完善平板中面受压时的屈曲都属于这一类。(2) 第二类稳定问题或无平衡分岔的稳定问题（也叫极值点失稳）。由建筑钢材做成的偏心受压构件，在塑性发展到一定程度时丧失稳定的能力，属于这一类。(3) 跃越失稳是一种不同于以上两种类型，它既无平衡分岔点，又无极值点，它是在丧失稳定平衡之后

跳跃到另一个稳定平衡状态。区分结构失稳类型的性质十分重要，这样才有可能正确估量结构的稳定承载力。随着稳定问题研究的逐步深入，上述分类看起来已经不够了。设计为轴心受压的构件，实际上总不免有一点初弯曲，荷载的作用点也难免有偏心。因此，我们要真正掌握这种构件的性能，就必须了解缺陷对它的影响，其他构件也都有个缺陷影响问题。另一方面就是深入对构件屈曲后性能的研究。

2.3 钢结构设计的原则

根据稳定问题在实际设计中的特点提出了以下三项原则并具体阐明了这些原则，以更好地保证钢结构稳定设计中构件不会丧失稳定。

(1) 结构整体布置必须考虑整个体系以及组成部分的稳定性要求 目前结构大多数是按照平面体系来设计的，如桁架和框架都是如此。保证这些平面结构不致出平面失稳，需要从结构整体布置来解决，亦即设计必要的支撑构件。这就是说，平面结构构件的出平面稳定计算必须和结构布置相一致。就如上述的1988年加拿大一停车场的屋盖结构塌落，1985年土耳其某体育场看台屋盖塌落，这两次事故都和没有设置适当的支撑而造成出平面失稳。由平面桁架组成的塔架，基于同样原因，需要注意杆件的稳定和横隔设置之间的关系。

(2) 结构计算简图和实用计算方法所依据的简图相一致，这对框架结构的稳定计算十分重要[3]。目前任设计单层和多层框架结构时，经常不作框架稳定分析而是代之以框架柱的稳定计算。在采用这种方法时，计算框架柱稳定时用到的柱计算长度系数，自应通过框架整体稳定分析得出，才能使柱稳定计算等效于框架稳定计算。然而，实际框架多种多样，而设计中为了简化计算工作，需要设定一些典型条件。GBJ1788规范对单层或多层框架给出的计算长度系数

采用了五条基本假定，其中包括：“框架中所有柱子是同时丧失稳定的，即各柱同时达到其临界荷载”。按照这条假定，框架各柱的稳定参数杆件稳定计算的常用方法，往往是依据一定的简化假设或者典型情况得出的，设计者必须确知所设计的结构符合这些假设时才能正确应用。在实际工程中，框架计算简图和实用方法所依据的简图不一致的情况还可举出以下两种，即附有摇摆柱的框架和横梁受有较大压力的框架。这两种情况若按规范的系数计算，都会导致不安全的后果。所以所用的计算方法与前提假设和具体计算对象应该相一致。

(3)设计结构的细部构造和构件的稳定计算必须相互配合，使二者有一致性。结构计算和构造设计相符合，一直是结构设计中大家都注意的问题。对要求传递弯矩和不传递弯矩的节点连接，应分别赋予它足够的刚度和柔度，对桁架节点应尽量减少杆件偏心这些都是设计者处理构造细部时经常考虑到的。但是，当涉及稳定性能时，构造上时常有不同于强度的要求或特殊考虑。例如，简支梁就抗弯强度来说，对不动铰支座的要求仅仅是阻止位移，同时允许在平面内转动。然而在处理梁整体稳定时上述要求就不够了。支座还需能够阻止梁绕纵轴扭转，同时允许梁在水平平面内转动和梁端截面自由翘曲，以符合稳定分析所采取的边界条件。

2.4 钢结构稳定设计特点

(1) 失稳和整体刚度:现行规范通用的轴心压杆的稳定算法是临界压力求解法和折减系数法。

(2) 稳定性整体分析:杆件能否保持稳定牵涉到结构的整体。稳定分析必须从整体着眼。

(3) 稳定计算的其它特点:在弹性稳定计算中，除了需要考虑结构的整体性外，还有一些其他特点需要引起重视，首先要做的就是二阶分析，这种分析

对柔性构件尤为重要，这是因为柔性构件的大变形量对结构内力产生了不能忽视的影响，其次，普遍用于应力问题的迭加原理[4]，在弹性稳定计算中不能应用。这是因为迭加原理的应用应以满足以下条件为前提：1) 材料服从虎克定律变成正比；2) 结构的变形很小。而弹性稳定计算一般均不能满足第2) 个条件，非弹性稳定计算则两个前提都不符合。

了解了一些在钢结构设计中应该明确的一些基本概念，有助于我们在设计中更好地处理稳定方面的问题，随着新型钢结构体系地不断发展，我们对稳定问题的研究要求也不断地提高，之所以在设计中出现结构失稳问题，另一个重要原因就是我们对新型结构稳定知之甚少，也就是目前钢结构稳定研究中存在的问题。

3、钢结构稳定性研究中存在的问题

钢结构体系稳定性研究虽然取得了一定的进展，但也存在一些不容忽视的问题[5]：

- (1) 目前在网壳结构稳定性的研究中，梁-柱单元理论已成为主要的研究工具。但梁-柱单元是否能真实反映网壳结构的受力状态还很难说，虽然有学者对梁-柱单元进行过修正[3]。主要问题在于如何反映轴力和弯矩的耦合效应。
- (2) 在大跨度结构设计中整体稳定与局部稳定的相互关系也是一个值得探讨的问题，目前大跨度结构设计中取一个统一的稳定安全系数，未反映整体稳定与局部稳定的关联性。
- (3) 预张拉结构体系的稳定设计理论还很不完善，目前还没有一个完整合理的理论体系来分析预张拉结构体系的稳定性。
- (4) 钢结构体系的稳定性研究中存在许多随机因素的影响，目前结构随机影响分析所处理的问题大部分局限于确定的结构参数、随机荷载输入这样一个格局范围，而在实际工程中，由于结构参数的不确定性，会引起结构响应的显著差异。所

以应着眼于考虑随机参数的结构极值失稳、干扰型屈曲、跳跃型失稳问题的研究。从上面可以看出，我们的钢结构稳定理论还是不够完善，我们在设计中一般都是把钢结构看成是完善的结构体系，针对上述问题（4），我们可以看出在设计中我们没有考虑一些随机因素的影响。但是我们在考虑这些因素之前，应该弄清楚这些随机因素的来源，一般情况下把影响钢结构稳定性随机因素分为三类：（1）物理、几何不确定性：如材料（弹性模量，屈服应力，泊松比等）、杆件尺寸、截面积、残余应力、初始变形等。（2）统计的不确定性：在统计与稳定性有关的物理量和几何量时，总是根据有限样本来选择概率密度分布函数，因此带来一定的经验性。这种不确定性称为统计的不确定性，是由于缺乏信息造成的。（3）模型的不确定性：为了对结构进行分析，所提的假设、数学模型、边界条件以及目前技术水平难以在计算中反映的种种因素，所导致的理论值与实际承载力的差异，都归结为模型的不确定性。以上都是钢结构稳定设计中存在的问题，只有我们进一步地深入研究这些稳定，钢结构稳定理论将会进一步完善，如对于钢结构稳定设计中涉及到随机因素的影响，国外已经引入了钢结构稳定的可靠度设计，这也表明了钢结构稳定设计理论也在不断的完善。

4、结束语 钢结构稳定问题区别于强度问题。

在实际设计中，设计人员应该明确知道结构构件的稳定性能，以免在设计过程中发生不必要的失稳损失。针对上述问题，本文提出了在设计过程中设计人员应该明确的一些基本概念；其次，随着新型结构的出现，设计人员对其性能认识的不足，从而导致构件的失稳，本文就这个问题阐述了新型结构现存的一些问题，并且针对一些问题论述了

产生的原因。总之，只有深入了解这些问题，才会使得钢结构稳定理论设计不断地完善。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com