

教案总纲

一、课程目的的任务

使学生初步掌握运用海洋平台规范进行设计的方法，加深对规范的理解和认识。

二、教学基本要求

使学生了解学习本门课程的意义；了解规范制定的主要依据；规范中主要条款的运用方法；如何运用规范进行平台结构设计。

三、课程内容及学时安排

第一章 概述	2
第二章 设计载荷	2
第三章 设计通则	6
第四章 自升式平台	4
第五章 半潜式平台	2
第六章 坐底式平台	2
第七章 水密舱壁与深舱舱壁	2
第八章 课程设计	4

四、教学方法及手段

根据教室安排情况，尽可能使用多媒体教学。授课中以讲课与设计实例相结合。

五、教材及主要参考资料

中国船级社. 海上移动平台入级与建造规范. 人民交通出版社，1992.

中国船级社. 海上移动平台入级与建造规范. 人民交通出版社，2005.

孙丽萍，聂武编. 海洋工程概论. 哈尔滨工程大学出版社，1999.

李治彬编. 海洋工程结构. 哈尔滨工程大学出版社，1999.

中国船舶工业总公司. 船舶设计施用手册-结构分册. 国防工业出版社，2000.

第一章 概述

1.1 课程性质介绍

本课程主要授课对象；
学生未来分配方向-中石油等相关企业；
石油工业的开采与发展-开采技术、成本、海洋平台的用途；
授课的方式-每次课以几个重点问题进行讨论。

1.2 规范在专业中的地位和作用

1) 什么是结构规范？

结构规范—对船舶（海洋平台）结构及构件的形式、强度、刚度、稳定性以及建造工艺、焊接、材料等做出规定并强制执行的法规。

规范的特点：权威性（强制执行）、合理性、实用性（简单、易懂）。

2) 什么是结构规范设计？

结构规范设计—以结构规范为设计依据，确定船舶（海洋平台）结构形式、结构布置、构件规格以及结构使用的材料、焊接、建造工艺等，从而使船舶（海洋平台）具备足够的强度、刚度、稳定性的设计方法。

3) 规范在专业中的地位和作用

规范是专业理论的总结；
规范是理论与实践的产物。

4) 结构设计的一般步骤

确定结构形式（构件的布置）、载荷、简化力学模型、选取构件（带板、剖面模数计算）、计算应力、根据材料和经验确定许用应力、比较二者值得出结论。

5) 规范设计的一般步骤

平台规范设计的一般步骤：按规范规定确定载荷，选取构件，按照衡准公式计算最大应力值（正应力、剪应力、组合应力、折算应力等），与所用材料的许用应力比较确定安全性。

1.3 规范与船级社

最早的船舶设计规范应追溯到 18 世纪，俄国沙皇彼得大帝于 1723 年颁布了“关于按照新的船样建造河船”的条例。在此条例中规定了船体的基本构件。随着产业革命和贸易发展，船舶建造越来越多，船舶保险人感到各船舶吨位、建造材料等资料有搜集集中的必要，于是在 1760 年成立了世界上第一个船级机构——英国劳氏船级协会，以后各航运事业发达的国家相继成立了船级协会。起初，船级协会的主要工作是船舶的登记造册，直到 1835 年才出现第一本船级协会颁布的建造规范。以后，随着造船经验的积累、船舶理论的研究发展、造船技术的不断革新，建造规范也不断地发展和完善。

世界上主要的船级社有：中国船级社（ZC）、美国船检局（ABS）、英国劳氏船级社（LR）、德国劳氏船级社（GL）、日本海事协会（NK）、法国船级社（BV）、挪威船级社（NV）、意大利船级社（RI）、前苏联船舶登记局。

各船级社的主要任务是制订各种船舶等的入级规范或技术标准；对船舶等产品的设计、建造、营运等进行检验，并签发证书；参与有关标准的实施等。

我国船舶方面的规范种类较多，如船舶入级与建造规范、船舶技术检验规则、各种特殊船型船舶的建造规范、船舶设备的检验规定等。其中涉及到船体强度方面的规范有：《钢质海船入级与建造规范》（以下简称《海规》）、《钢质内河船舶入级与建造规范》（以下简称《内规》）、《船体强度直接计算方法》以及各种特殊船型船舶的建造规范等。

最早的船舶规范是实船统计资料和各种经验的综合产物，随着科学技术的发展，结构强度理论的逐步完善，目前船舶结构方面的规范更注重以理论分析与传统经验相结合。在规范中我们可以发现，包括船体和许多构件都是被简化成某种结构力学模型，通过校核力学模型的强度和刚度来确定船体或构件的强度和刚度。而对于构件与理想力学模型之间的差异以及其他一些因素的处理上，规范大多采用调整许用应力数值的办法来修正。例如在《内规》对强力甲板中的载货甲板的计算中，将其简化成四边刚性固定的筒形板，承受均布载荷，并取

许用应力为 $[\sigma]=139\text{N/mm}^2$ （在该部位船用钢板的屈服极限取 $\sigma_s=235\text{N/mm}^2$ 时）。

总的来看，现有的规范仍以船舶建造、使用、模型实验等统计资料为基础，是基于许用应力的传统设计方法。这种设计方法能使船体强度有一定保证又比单凭经验或力学理论来设计船舶结构更可靠、简单、快捷、实用，对于船舶设计有很重要的意义。但是由于规范的制订是以现有的资料为基础，使得规范的使用受到使用范围、使用条件的限制，特别是由于现代船舶不断发展，出现了超大型船舶和各种特殊功能船舶，使得这一矛盾更加突出。为了满足现代造船发展的需要，中国船级社颁布了《船体结构强度直接计算指南》等指导性文件以及相应的计算机应用软件如 Compass 系统，使船舶结构设计规范更趋完善。

今后，船舶设计规范将在不断完善的同时向基于概率分析的风险评估和可靠性方法过渡，使规范使用范围更广，理论性更趋合理。

1.4 海上平台的发展

海洋平台产生至今不到百年，他发展快，变化大。以材料论，从木质平台到钢质平台；以类型论，先后出现固定式平台和移动式平台两大类；按功能论，可分为钻井平台、储油平台、生产平台、生活平台等。

为了到近海钻探石油，固定平台得到了不断发展，但是固定平台在拆移时不经济，同时随着近海大陆架的开发，为了适应较深的海底油田钻探，推动了移动式平台的产生。1949年，美国环球钻井公司建造了第一艘坐底式钻井船“环球40号”，它可在水深5米处工作，钻井深度可达4572米，平台的工作面积为 $48.8 \times 16.5\text{m}$ ，可容纳40人，其最大优点是可以方便的从一个井位移到另一个井位。

坐底式平台一般只能工作在较浅的水深区域，当水深超过30米时，由于结构复杂，既笨重又不经济，为了进一步增加平台的机动性，1950年一种新型的自升式平台应运而生。自升式平台具有驳船式船体，能够运输钻井设备和供应品，平台本身带有桩腿，为了减少插入深度，在桩腿的下端具有扩大的截面或具有特殊的底垫或下垫。工作时将其拖到井位，通过举升机构将桩腿插入海底，而后将平台升到海浪打不到的高度，作业完成后，现将平台降到海面，再收起桩腿。

自升式平台也有缺点，一般只能在100米以内的水深范围内工作，为了适应更深的水深，桩腿必须加长，而加长桩腿会使其在结构强度和稳定性上都存在问题，同时桩腿的插拔和拖航也不方便。

为了适应较深水深而又可克服移动式平台的缺点，50年代初产生了全浮式钻探船，其最大的特点是机动性高，能适应更深的水深，可以用旧船进行改造，费用较低。但是全浮式钻探船对锚泊定位系统要求较高。

为了使海洋平台提高抗海洋中狂风恶浪等猛力袭击的能力，半潜式平台于1962年登上了海洋钻井的舞台。半潜式平台由上部的工作平台和下部的浮体组成，中间用柱体稳定连接，工作时利用压载将浮体沉入水中，这样既解决了工作中平台的稳定性问题，又可使水线面积尽量减小，在遭到波浪冲击时平台引起的运动减小。

1.5 海上平台的种类

1) 种类划分

移动式平台-坐底式平台(Submersible type)、自升式平台(Self-elevating type)、钻井船(Drill ships)、半潜式平台(Semi Submersible type)、牵索塔式平台(Guyed Tower)、张力腿式平台

固定式平台-重力式平台(Gravity platforms)、桩基式(导管架)平台

2) 定义

海上移动平台：是指根据需从一个作业地点转移到另一个地点作业的海上平台。

自升式平台：具有活动桩推，并可将平台主体升到海面以上一定高度进行作业的平台。

柱稳式平台：由立柱把上壳体连接到下壳体或柱靴上的平台。包括：坐底式平台、半潜式平台。

水面式平台：是指由单个或多个船形或驳船形排水船体结构，并在漂浮状态下工作的平台。可分为船式平台和驳船式平台。

3) 平台主要尺度

平台长度 L (m)

(1) 自升式平台 L 为在 0.85D 处, 沿平台中纵剖面上首尾壳板内缘之间的水平距离, 但不考虑井口槽的影响;

(2) 柱稳式平台和坐底式平台 L 为平台在中纵剖面的上最大投影水平尺度;

(3) 水面式平台 L 为在 0.85D 处水线总长的 96%, 或沿该水线由首柱前缘量到舵杆中心线的长度中的较大者, 有倾斜龙骨的平台, 其计量长度的水线应和设计水线平行。

平台宽度 B (m)

(1) 自升式平台, 柱稳式平台和坐底式平台 B 为垂直于纵剖面量得的两舷壳板内侧之间的最大水平距离;

(2) 水面式平台 B 为在平台的最宽处, 由一舷肋骨外缘量至另一舷肋骨外缘之间的水平距离。

型深 D (m)

(1) 自升式平台和水面式平台 D 为平台长度中点处沿舷侧从基线量到干舷甲板梁上缘的垂直距离;

(2) 柱稳式平台和坐底式平台 D 为平台长度中点处沿舷侧从基线量至下壳体最上层连续甲板梁上缘的垂直距离。

吃水 d (m)

为从基线量至勘划的载重线的垂直距离。平台结构和机械设备的某些构件或部件可以伸展到基线以下。

水深 h (m)

为从海底到平均低水位海平面的垂直距离加上天文潮和风暴潮的潮高。

4) 平台结构名词

平台主体: 自升式平台主体结构系指自升式平台的上部平台结构, 其上放置的各种设备和设施在作业时均处在海平面以上。

桩腿: 是一种在自升式平台上借助电动机械、液压机械或电动与液压相结合的机械与平台主体结构作预定相对运动的柱形或桁架式结构, 桩腿可插入海床并将平台主体结构抬出海面到一定高度。

沉垫: 指为降低自升式平台桩腿对地基的压力而把各桩腿底部连接起来的整体式水密箱形结构。

桩靴: 指与自升式平台单个桩腿底部相连的独立水密结构。

上壳体: 指柱稳式或坐底式平台的上部平台结构。

下壳体: 指柱稳式或坐底式平台下部与若干个立柱相连接的连续浮体。

立柱: 指柱稳式平台或坐底式平台连接上壳体和下壳体或桩靴的柱形结构。

柱靴: 指与柱稳式平台单个立柱相连接的独立浮体。

撑杆: 指在柱稳式或坐底式平台中, 将平台各主结构 (即上壳体、立柱和下壳体) 连接成一个结构整体的圆管状或其他形状的连接构件。

5) 作业模式

作业模式指平台在作业点或迁移时操作或活动的条件或状态, 规范将平台的作业模式分为以下 4 种:

(1) 正常作业工况系指平台在作业点上作业或进行其他操作时承受与作业相适的设计限度内的组合环境载荷和作业载荷的状态;

(2) 自存工况系指平台承受最严重设计环境载荷时停止作业或其他操作, 从而把抗环境能力提高到最大的状态;

(3) 迁移工况系指平台从一个地区迁移到另一个地区时的状态;

(4) 升降工况系指自升式平台在下放桩腿和升起主体结构或下降主体结构和拔起桩腿时的状态。

1.6 平台入级

1) 入级符号: ★ZCA 或★ZCA

★ZCA 表示该平台在中国船级社检验下建造, 符合入级条件, 保持良好有效技术状态, 适宜海上作业。

★ZCA 表示该平台系在中国船级社承认的驳船机构检验下建造, 经本社审查和检验, 认

为符合该平台入级要求，适宜海上作业。

2) 附加标志

按平台类型：

按平台类型	附加标志
自升式	Self-elevating type
半潜式	SemiSubmersible type
坐底式	Submersible type
船式	Ship type
驳船式	Barge type

平台用途

按平台用途	附加标志
钻井平台	Drilling unit
采油平台	Production platform
储油平台	Storage unit
生活平台	Accommodation unit

其它

其它	附加标志
冰区加强	Ice Strengthened
腐蚀控制	Corrosion Control
限制作业区	Service Area Restricted

3) 举例

在中国船级社检验下建造的自升式平台，作了冰区加强和有效的防腐蚀措施，作业区域有限制，其入级符号和附加标志表示为：

★ZCA Self-elevating Drilling unit, Ice Strengthened, Corrosion Control, Service Area Restricted.

本章的知识点和习题

1 名词：

结构规范、结构规范设计、海上移动平台、自升式平台、柱稳式平台、水面式平台、桩腿、沉垫、桩靴、上壳体、下壳体、立柱、柱靴、撑杆、★ZCA、★ZCA、平台长度、平台宽度、型深、吃水、水深。

2 简答题：

简述海上移动式平台的发展过程。

海上平台的作业方式。

简述结构规范及其特点、作用。

简述结构规范设计的一般步骤。

第二章 设计载荷

2.1 一般要求

平台的设计载荷主要有环境载荷和重力载荷，此外还可根据需要考虑地震、海床承载能力、温度、污底等对载荷的影响。

环境载荷包括：风载荷、波浪载荷、海流载荷、冰载荷。

重力载荷包括：平台重量、作业重力载荷、甲板载荷。

2.2 风和风载荷

1) 风速

最小设计风速：自存状态-51.5m/s(100kn)；

作业状态-36m/s(70kn)，对于仅在遮蔽海域作业的平台 26m/s(50kn)。

2) 风压

风压 p 计算公式： $p = 0.613v^2$ Pa 其中： v -设计风速，m/s。

3) 风载荷

作用在构件上的风力 F 应按下式计算，并应确定合力作用点的垂直高度：

$$F = C_h C_s S p \quad N$$

式中： p -风压，Pa； S -平台在正浮或倾斜状态时，受风构件的正投影面积， m^2 ；

C_h -暴露在风中构件的高度系数，其值可根据构件高度（即构件中心到设计水面的垂直距离） h ，由表选取；

C_s -暴露在风中构件的形状系数，其值可根据构件形状由表选取，也可根据风洞试验确定。

C_h		C_s	
构件的高度 h (m)	高度系数 C_h	构件的形状	形状系数 C_s
0-15.3	1.00	球形	0.4
15.3-30.5	1.10	圆柱形	0.5
30.5-46.0	1.20	大的平面（平滑表面）	1.0
46.0-61.0	1.30	甲板室群或类似结构	1.1
61.0-76.0	1.37	钢索	1.2
76.0-91.5	1.43	井架	1.25
91.5-106.5	1.48	甲板下裸露的梁和桁架	1.30
106.5-122.0	1.52	独立的结构形状（起重机、梁等）	1.50
122.0-137.0	1.56		
137.0-152.5	1.60		
152.5-167.5	1.63		
167.5-183.0	1.67		
183.0-198.0	1.70		
198.0-213.5	1.72		
213.5-228.5	1.75		
228.5-244.0	1.77		
244.0-256.0	1.79		
256.0 以上	1.80		

例：计算在自存状态下如图所示的海洋平台上索柱的风载大小。

风压 p : $p = 0.613v^2$

$$= 0.613 \times 51.5^2 = 1625.8 \text{ Pa}$$

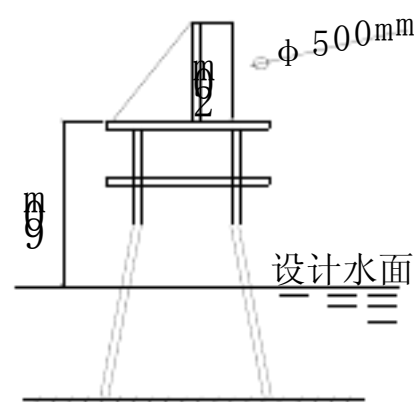
面积 S : $S = 20 \times 0.5 = 10 \text{ m}^2$

构件的高度 h : $h = 90 + 10 = 100 \text{ m}$

高度系数 C_h : $C_h = 1.48$

形状系数 C_s : $C_s = 0.5$

$$\begin{aligned} \text{风载荷 } F &= C_h C_s S p \\ &= 1.48 \times 0.5 \times 10 \times 1625.8 \\ &= 12030.92 \text{ N} \end{aligned}$$



2.3 波浪和波浪载荷

1) 波浪的成因和特征值

海浪是静水表面受到外力作用后，水质点离开平衡位置做往复运动，并向一定方向传播的自然现象。引起海浪的外力有风、地震、太阳月亮等的引力等。

海洋中的波浪是由多种不同波高、周期、相位的波浪组合而成的，一般很难精确的描述，在海洋平台结构的设计中一般采用特征值来表述波浪特征。

特征波高采用最大波高 H_{\max} ：中国沿海深水区 $H_{\max} = 3.2 \bar{H}$ m（东海、南海）； $H_{\max} = 2.45 \bar{H} - 3.2 \bar{H}$ m（黄海、渤海），其中： \bar{H} —波高的平均值。

波浪周期 T ：在 $\sqrt{6.5H_{\max}}$ T 20s 范围内，用几个不同值对平台结构应力进行估算，最终确定使平台结构产生最大应力的值。特别强调的是有些周期的波浪，虽然波高小于 H_{\max} ，但可能对结构构件有更大影响，也必须予以考虑。

2) 波形

规范中建议波浪理论的选取依据是：在深水区采用五阶斯托克斯波（Stokes）；中等水深条件下采用微幅波；在浅水区域采用一阶椭圆余弦波。

3) 波浪载荷

按照构件截面特征长度 D 与波长 λ 的比值分为小尺寸、大尺寸构件。

当 $D/\lambda \leq 0.2$ —小尺寸孤立桩柱，采用莫里逊（Morison）公式计算波浪载荷。

莫里逊公式的一般形式：

$$f = \frac{1}{2} C_D A \overline{v_n} \left| \overline{v_n} \right| + C_M V_0 \overline{a_n} \quad \text{kN}$$

式中： f —单位长度桩柱受到的波浪载荷，kN/m； C_D —曳力系数（阻力系数）；

C_M —惯性系数（质量系数）； ρ —流体密度， $\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$ ；

A —单位长度桩柱在垂直于矢量 $\overline{v_n}$ 方向上的投影面积；

$\overline{v_n}$ —与柱正交的相对速度矢量，m/s； V_0 —单位长度桩柱的体积， m^3 ；

$\overline{a_n}$ —与柱正交的相对加速度矢量， m/s^2 。

莫里逊（Morison）公式是带有经验性的计算公式，应用时一般遵循以下条件：

1 $D/\lambda \leq 0.2$ ；2 构件表面光滑；3 构件是刚性，且应垂直固定在海底。

大尺寸物体一般用绕射理论进行分析，采用由入射波的速度势和反射波的速度势叠加求得总速度势，求出物体表面上的波浪力和力矩。

2.4 海流和海流力

海流是海洋工程物理环境的重要因素之一，设计海洋工程的水下部分必须考虑海流引起

的载荷，对于拖航时的拖曳力和停泊时的系泊力也要分析海流的大小和方向。

海流一大范围的海水以相对稳定的速度在水平或垂直方向连续的周期及非周期性的流动。

海流产生的原因—潮汐；风；海水温度、盐分等不均匀。

设计流速应取为平台作业海区范围内可能出现的最大流速值，即最大可能出现的潮流流速及余流流速之和，必要时尚应考虑流速的垂直分布。

作用在平台水下部分构件的海流力 F 按下式计算：

$$F = C_D \frac{\rho}{2} v^2 A \quad \text{kN}$$

式中： C_D —曳力系数（阻力系数）； ρ —流体密度， $\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$ ；

v —设计流速， m/s ； A —构件在与流向垂直的平面上的投影面积； m^2 。

2.5 冰载荷

1) 海冰分类

按运动状态：浮冰、固定冰；

按生长与发展过程：初生冰（品状、针状）、饼冰（圆盘状）、皮冰（5cm左右）、板冰（5-15cm）、灰日冰（15-30cm）、原冰（>30cm）。

按外形：平整冰、重叠冰、堆积冰、冰丘、冰山。

2) 冰载荷

规范规定根据冰的特性和其与平台的相互作用，主要考虑两种冰载荷：在海流和风作用下，大面积冰原呈整体移动挤压平台；自由漂流的流冰冲击平台。

其中大面积冰原呈整体移动挤压垂直孤立柱所产生的冰载荷 P 按下式计算：

$$P = m K_1 K_2 R_c b h \quad \text{kN}$$

式中： m —桩柱的形状系数，对圆截面柱采用 0.9； K_1 —局部挤压系数；

K_2 —柱桩与冰层的接触系数； R_c —冰块试样的极限抗压强度， kN / m^2 ；

b —柱桩宽度（或直径）， m ； h —冰层的计算厚度， m 。

该公式中所有参数应尽量通过长期观测分析确定。

2.6 甲板载荷

每艘平台的甲板载荷分布图或说明应表明在各种工作状态和迁航状态状态时，所有区域的设计均布载荷和集中载荷。

各区域的载荷值不小于以下规定：船员舱室和走道， $4500 \text{ kN} / \text{m}^2$ ；作业区域（包括甲板）， $9000 \text{ kN} / \text{m}^2$ ；杂物贮藏区， $13000 \text{ kN} / \text{m}^2$ ；干泥浆粉贮藏区， $21200h \text{ kN} / \text{m}^2$ ；湿泥浆粉贮藏区， $17200h \text{ kN} / \text{m}^2$ ，（ h 货物堆积高度）；直升机甲板， $2000 \text{ kN} / \text{m}^2$ 。

本章的知识点和习题

1 名词：

环境载荷包括：风载荷、波浪载荷、海流载荷、冰载荷。

重力载荷包括：平台重量、作业重力载荷、甲板载荷。

2 简答题：

海洋平台的设计载荷有哪些？

简述波浪的成因。

莫里逊（Morison）公式应用时应遵循的条件是什么？

什么是海流，其成因是什么？

第三章 钢结构设计通则

3.1 一般要求

1) 平台构件的分类

根据构件所承受的载荷、应力水平及模式、关键载荷传递和应力集中以及失效后果，所有平台结构构件可分为：

(1) 次要构件：其失效不可能影响平台结构整体完整性的不重要的构件，如平台主体内部舱壁和骨架。

(2) 主要构件：对平台结构整体完整性有重要作用的构件，如柱形桩腿的外板。

(3) 特殊构件：在关键载荷传递点和应力集中处的主要构件，如与沉垫或桩靴相连接部分的桩腿垂直结构。

2) 腐蚀余度

海上钢结构受海水、潮气等侵蚀作用，会产生腐蚀现象，从而影响的强度，因此在一般情况下设计构件应依据其所在部位、环境条件以及所采用的防腐措施等因素对构件厚度留出余度。

平台规范中除少数几个公式外均未考虑腐蚀余度。

3) 设计理论依据

平台规范一般以线弹性理论为基础对结构强度、刚度、稳定性进行分析。如按塑性理论分析时需作为特殊情况处理。

4) 构件的尺寸

平台规范中有关确定构件尺寸的公式系按普通碳钢制定，如采用高强度钢可采用系数换算，并应考虑稳定性、变形方面的要求。

如板厚： t_g $t \sqrt{\frac{[]}{[]}}$ 剖面模数： W_g $W \sqrt{\frac{[]}{[]}}$

构件尺寸应有总体上的一致性，构件之间的尺寸应合理、和谐。

5) 构件剖面模数设计

例：6x200/8x80，6x800。

L100x63x6，面积 $A=9.617\text{cm}^2$ ，自身惯性矩 $I=99.06\text{cm}^4$ ， $y=6.76\text{cm}$ ，6x500。

6) 计及应力

对于所考虑的载荷工况，应计算确定下列应力类型，且应不大于本章第3节所要求的许用应力值：

(1) 静载应力——仅由静载荷引起的应力，其载荷包括平台作业重力载荷和处于漂浮或坐底状态时的自身重量以及相对应的浮力或底部反力，所对应的工况称为静载工况；

(2) 组合应力——由组合载荷引起的应力，其载荷包括(1)中的适用静载与相应的设计环境载荷的组合，并包括由加速度和倾斜引起的载荷，所对应的工况称为组合工况。

构件的局部应力应与构件的总体应力相组合。构件的总应力为构件的总体应力与局部应力之和。

在计算弯曲应力时，构件的有效带板面积应符合本社《钢质海船入级与建造规范》的规定，并以偏心梁的方式计入有限元模型中。

在确定轴向载荷的偏心效应时，弹性挠曲应加以考虑，且其所引起的弯矩应与其他载荷引起的弯矩相迭加。

在计算构件的剪应力时，可仅考虑其腹板面积作为构件的有效剪切面积。

应对承载构件的切口、应力增高和局部应力集中效应加以考虑

3.2 强度校核

1) 一般要求

应按最不利的应力组合值确定构件的设计应力。

平台主要结构在所有载荷组合工况下的屈服强度和屈曲强度应按规定进行校核。若采用其他方法，应经本社同意。

2) 屈服失效准则

参与结构分析的平台主体框架的结构构件应按以下规定确定其许用应力值 $[\sigma]$ ：

$$[\sigma] = \sigma_s / S \quad \text{N/mm}^2$$

式中： σ_s ——材料的屈服强度，N/mm²；

S——安全系数，按表取用，对于板材取相当安全系数。

安全系数

应力种类	静载工况	组合工况
轴向或弯曲应力	1.67	1.25
剪切应力	2.50	1.88

相当安全系数

静载工况	组合工况
1.43	1.11

3) 屈曲失效准则

结构构件应按以下规定确定其许用临界屈曲应力 $[\sigma_{cr}]$ ：

$$[\sigma_{cr}] = \sigma_{cr} / S_{bu} \quad \text{N/mm}^2$$

式中： σ_{cr} ——构件的临界屈曲强度，N/mm²；

S_{bu} ——构件的屈曲强度安全系数，按表取用，不包括压杆。

构件的屈曲强度安全系数

静载工况	组合工况
1.67	1.25

4) 承受轴向拉伸和弯曲组合作用的构件

同时承受轴向拉伸和弯曲组合作用的构件，其计算应力应满足以下要求：

$$\frac{\sigma_a}{[\sigma_s]} + \sqrt{\frac{\sigma_{by}^2}{[\sigma_s]^2} + \frac{\sigma_{bz}^2}{[\sigma_s]^2}} \leq 1.0$$

式中： σ_a ——计算轴向拉伸应力，N/mm²；

$[\sigma_s]$ ——许用拉伸/弯曲应力，N/mm²，安全系数按屈服失效准则中安全系数取用；

σ_{by} 、 σ_{bz} ——构件关于横截面 y 和 z 轴的计算弯曲应力，N/mm²。

5) 压杆屈曲应力

受压杆件的整体屈曲临界应力 σ_{cr} 按下式计算所得：

$$\sigma_{cr} = \frac{E}{S} \left(\frac{1}{4} \right) \left(\frac{E}{S} \right)^{1/2} \left(\frac{E}{S} \right)^{1/2}$$

式中： σ_E ——欧拉应力， $\frac{2E}{(Kl/r)^2}$ N/mm²；

受压杆件的整体屈曲安全系数 S_μ 按下式计算所得：

对于静载工况 S	1.667	0.265	0.044	$\sqrt{2}$
	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$
对于组合工况 S	1.250	0.199	0.033	$\sqrt{2}$
	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$

式中： λ_0 ——相对长细比 $\sqrt{\frac{S}{E}}$ ；

3.3 结构节点设计

1) 一般要求

对于某些构件的结点连接形式,除非特别注明设计成铰结点,否则在结构分析中对其结点的约束程度应加以适当考虑。结点连接的细部设计应确保所连接的构件之间的应力能合理传递,并尽量减少应力集中。合适时,还应考虑以下细部构造:

- (1) 剪切腹板,在结点处连续,通过腹板中的剪力在构件间传递拉、压载荷;
- (2) 结点应扩大和过渡,以降低应力水平或最大限度减少应力集中;
- (3) 增厚结点、采用高强度钢或两者并用,且具有良好的可焊性,以减少高应力水平的影响;
- (4) 肘板或其他辅助的过渡构件,其上的扇形孔及其端部连接应尽量减少高应力集中;此外为防止板材可能产生的层状撕裂,在关键结点处应尽量避免在板厚方向传递较大拉应力。如无法避免,应采用符合本社《材料与焊接规范》中规定的 Z 向钢材。

2) 弦杆、撑杆和管结点

弦杆和撑杆:节点中连续的杆件称为弦杆,其他的杆件称为撑杆。

撑杆的壁厚应不超过弦杆,且通常应使弦杆受到较大的内力。弦杆在结点处应有足够加强。

焊缝接头应尽量布置在应力集中区域之外,且应符合焊接要求。

节点设计要求:

L1—不小于 $D/4$ 或 300mm,取较大者 (D 弦杆直径 mm);

L2—不小于 d 或 600mm,取较大者 (d 撑杆直径 mm);

S1—不大于 $D/4$;

S2—不小于 50mm;

δ —不小于 30 度;

撑杆的壁厚应不超过弦杆的壁厚。

3.4 加工、焊接的一般要求

1 各种结构、特别是特殊结构应避免将焊缝布置在应力集中处,尽量避免和减少焊缝的交叉;

2 主要焊缝的平行焊缝应保持一定的距离,一般不小于 100mm,对接焊缝与角接焊缝的平行距离应 50mm;

3 采用合理的装配步骤和焊接次序,以控制变形,防止裂纹;

4 不同厚度的板对接,其厚度差不应超过规定值,否则应有过渡。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/82502124001012011>