

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY

P

SY/ T 4094—95

浅海钢质固定平台结构设计 与建造技术规范

Technical specification for structure designing and constructing for fixed steel-platforms in shallow-sea

1995-12-18 发布

1996-06-01 实施

中国石油天然气总公司 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

浅海钢质固定平台结构设计
与建造技术规范

Technical specification for structure designing and constructing for fixed steel-platforms in shallow-sea

SY/ T 4094—95

主编单位: 胜利石油管理局油建一公司
胜利石油管理局勘察设计研究院
批准部门: 中国石油天然气总公司

石油工业出版社

1997 北京

中国石油天然气总公司文件

(95) 中油技监字第 731 号

关于批准发布《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》等二十六项石油天然气行业标准的通知

各有关单位:

《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准》等二十六项石油天然气行业标准(草案),业经审查通过,现批准为石油天然气行业标准,予以发布。各项标准的编号、名称如下:

- | | | |
|---|------------------|-----------------------------------|
| 1 | SY / T 0087—95 | 钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准 |
| 2 | SY / T 0545—1995 | 原油析蜡热特性参数的测定 差示扫描量热法 |
| 3 | SY / T 4013—95 | 埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准(代替 SYJ 4013—87) |
| 4 | SY / T 4041—95 | 油田专用湿蒸汽发生器安装及验收规范(代替 SYJ 4041—89) |
| 5 | SY / T 4084—95 | 滩海环境条件与荷载技术规范 |
| 6 | SY / T 4085—95 | 滩海油田油气集输技术规范 |

7	SY / T 4086—95	滩海结构物上管网设计与施工技术规范
8	SY / T 4087—95	滩海石油工程通风空调技术规范
9	SY / T 4088—95	滩海石油工程给水排水技术规范
10	SY / T 4089—95	滩海石油工程电气技术规范
11	SY / T 4090—95	滩海石油工程发电设施技术规范
12	SY / T 4091—95	滩海石油工程防腐蚀技术规范
13	SY / T 4092—95	滩海石油工程保温技术规范
14	SY / T 4093—95	滩海石油设施上起重机选用与安装技术规范
15	SY / T 4094—95	浅海钢质固定平台结构与建造技术规范
16	SY / T 4095—95	浅海钢质移动平台结构与建造技术规范
17	SY / T 4096—95	滩海油田井口保护装置技术规范
18	SY / T 4097—95	滩海斜坡式砂石人工岛结构与施工技术规范
19	SY / T 4098—95	滩海环壁式钢模—混凝土人工岛结构与施工技术规范
20	SY / T 4099—95	滩海海堤设计与施工技术规范
21	SY / T 4100—95	滩海工程测量技术规范
22	SY / T 4101—95	滩海岩土工程勘察技术规范
23	SY / T 4102—95	阀门的检查与安装规范
24	SY / T 4103—1995	钢质管道焊接及验收
25	SY 4104—95	石油建设工程质量检验评定标准 管道穿跨越工程
26	SY / T 0088—95	钢制储罐罐底外壁阴极保护技术标准

以上标准自一九九六年六月一日起施行。

中国石油天然气总公司

1995 年 12 月 18 日

目 次

1	总则	(1)
2	设计条件	(2)
2.1	一般规定	(2)
2.2	环境条件与荷载	(3)
3	结构分析	(6)
3.1	一般规定	(6)
3.2	静力分析	(7)
3.3	动力分析	(8)
3.4	疲劳强度分析	(10)
3.5	上部结构分析	(10)
4	钢结构	(12)
4.1	一般规定	(12)
4.2	结构构件的分类	(12)
4.3	许用应力	(13)
4.4	构件的强度	(13)
4.5	构件的稳定性	(15)
4.6	变形和振动	(21)
4.7	连接	(22)
4.8	构造要求	(29)
4.9	腐蚀裕量	(30)
5	桩基	(31)
5.1	一般规定	(31)
5.2	场地调查	(31)
5.3	桩体设计	(33)

5.4	横向荷载作用下的桩基计算	(34)
5.5	桩的轴向承载力	(39)
6	材料	(44)
6.1	平台结构用钢材	(44)
6.2	平台结构用钢材的选择	(45)
7	防腐的一般规定	(48)
8	制造	(49)
8.1	装配	(49)
8.2	平台结构用焊接钢管	(55)
8.3	制造偏差	(58)
9	安装	(60)
9.1	一般规定	(60)
9.2	运输	(61)
9.3	导管架下水就位	(62)
9.4	打桩	(64)
9.5	上部结构安装	(68)
10	焊接	(69)
10.1	一般规定	(69)
10.2	焊接材料	(69)
10.3	焊接工艺认可	(70)
10.4	施焊	(82)
10.5	焊接设备的接地	(83)
11	检查	(85)
11.1	范围与检查人员	(85)
11.2	力学性能试验	(85)
11.3	制造检查	(88)
11.4	焊接检查	(89)
11.5	装船、固定和运输检查	(94)

11.6 安装检查	(95)
11.7 检查文件	(96)
附录 A 本规范用词说明	(97)
附加说明	(98)

1 总 则

1.0.1 为使浅海钢质固定平台结构（以下简称平台）设计与建造规范化，做到安全可靠、技术先进、经济实用、保护环境，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于浅海区域钢质固定平台，也可用于内河、湖泊的钢质固定平台。

1.0.3 平台设计与建造应考虑浅海的风、浪、流、冰等海洋环境条件及施工作业要求。

1.0.4 引用标准：

GB 232—88 金属弯曲试验方法

GB 985—88 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸

GB 986—88 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸

GB 2650—89 焊接接头冲击试验方法

GB 2651—89 焊接接头拉伸试验方法

GB 2653—89 焊接接头弯曲及压扁试验方法

GBJ 17—88 钢结构设计规范

CB 3136—83 船体建造精度标准

SY/T 4084—95 滩海环境条件与荷载技术规范

SY/T 4091—95 滩海石油工程防腐蚀技术规范

SY/T 4802—92 海上固定平台规划设计和建造的推荐作法

海上固定平台入级与建造规范 中国船级社 1992 年版

港口工程技术规范 交通部 1987 年版

1.0.5 浅海钢质固定平台设计、建造除执行本规范外，尚应符合国家现行有关标准（规范）和海洋管理、安全、环境保护等有关法规的要求。

2 设计条件

2.1 一般规定

2.1.1 用途及平面尺寸

2.1.1.1 平台的用途可分为钻井、采油、储油、居住或其组合等。

2.1.1.2 平台的平面尺寸应由甲板上设备的布置确定，设备之间应留有必要的净空和间距。

2.1.2 位置

平台位置的确定除应根据总体开发方案确定外，还应考虑平台的海洋环境条件、基础条件、建造条件、供应和集输方式等。

2.1.3 方位

平台方位的确定应考虑风、浪、流、冰的方向和操作要求等。

2.1.4 水深与底层甲板高程

2.1.4.1 水深应根据平台所在区域不少于 1a 的潮汐资料确定。

2.1.4.2 平台底层甲板高程应按下式确定：

$$T = H + 2H_b / 3 + \Delta \quad (2.1.4)$$

式中 T ——平台底层甲板或设备底面高程，m；

H ——校核高水位的水面高程，m；

H_b ——校核高水位的最大波高，m；

Δ ——富裕高度，取 0.2~1.0m。

当平台底层甲板下有设备时，应考虑其对底层甲板高程的影响。

2.1.5 对现有井的考虑

设计时应考虑现有井对平台设计、建造的影响。

2.1.6 总体布置

2.1.6.1 设计时应考虑钻井设备、采油设备、储油罐、生活设施等的布置、质量分布以及操作、安全防火、环境保护等。

2.1.6.2 设计平台应考虑以下因素：

(1) 人员上下和材料装卸，供应船的种类、尺度、停靠位置和系泊系统；

(2) 登船平台的数量、尺寸和位置；

(3) 甲板起重机的型式、能力、数量和位置；

(4) 使用直升飞机的必要性，并提供相应设施。

2.1.6.3 平台的登船梯子和通道口应满足人员的安全脱险要求。每层甲板及重要设备区应至少在两处设有梯子和通道口。

2.1.6.4 平台上所有系统和构件都应考虑防振和降低噪声。

2.1.6.5 当平台施工、船只吃水、吊装能力等受限制时，多种功能平台宜分开设置，如将采油平台划分为井口平台、生产平台、生活动力平台等。

2.2 环境条件与荷载

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 环境条件的选用及荷载计算应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》。

2.2.1.2 设计中应考虑可能影响结构或构件的各种荷载。除本节规定的荷载外，平台结构还可能受到由于不均匀沉陷、温度变化和蠕变等所引起的变形荷载及由于碰撞、爆炸、落物等引起的偶然荷载。

2.2.2 自然环境条件

平台在制造、施工和使用期间可能遇到的自然环境条件有：风、浪、潮、流、冰、地震、海啸、雨、雪、雾、霜、温度、湿度以及地基变形、海水腐蚀、海生物等。

2.2.3 设计环境条件分类

2.2.3.1 工作环境条件: 指平台在施工和使用期间经常出现的环境条件。工作环境条件的选用应能保证平台的正常施工和使用。

2.2.3.2 极端环境条件: 指平台在使用年限内, 极少出现的恶劣环境条件。极端环境条件的选用应以保证平台的安全为标准。重现期的选用应根据平台的使用年限及重要性确定。浅海区域平台设计环境条件的重现期一般可定为 50a, 临时性结构可适当降低。

2.2.4 环境荷载

2.2.4.1 作用在平台上的主要环境荷载应包括以下五种:

- (1) 风荷载;
- (2) 波浪荷载;
- (3) 海流荷载;
- (4) 冰荷载;
- (5) 地震荷载。

2.2.4.2 环境荷载参数应根据实测资料进行统计分析确定。环境荷载的计算应采用公认的方法, 必要时应作数学模拟计算或物理模型试验确定。

2.2.5 使用荷载

2.2.5.1 作用在平台上的使用荷载可分为固定荷载和活荷载。

2.2.5.2 固定荷载是指作用在平台上的不变荷载。固定荷载主要应包括以下两部分:

(1) 平台在空气中的质量, 如结构自身质量、阳极块质量、上部结构质量、附属结构质量及固定不变的设备、管道等的质量;

(2) 作用于平台水下部分的静水力。

2.2.5.3 活荷载是作用在平台上的可变荷载。活荷载主要应包括以下五部分:

- (1) 可移动的钻井、采油设备质量;
- (2) 可移动的生活住房、直升飞机和其他供应物品的质量;

(3) 消耗品和贮罐中的液体质量;

(4) 由钻井、器料装卸、船只停靠、飞机降落作用在结构上的力;

(5) 起重机作业加在结构上的力。

2.2.6 施工荷载

2.2.6.1 平台的施工荷载是指制造、装船、运输、下水、安装等阶段的暂时性荷载。设计时应考虑施工期间环境条件的影响。

2.2.6.2 施工荷载主要应包括: 吊装力、装船力、运输力、下水力和扶直力、土壤安装反力等。

2.2.7 动力荷载

动力荷载是由周期性作用而产生的荷载或由冲击作用在平台上的荷载。前者可由波浪、风、冰、地震或机械振动引起; 后者可因船舶停靠、钻井作业、吊机起重等引起。

2.2.8 动力荷载系数

在开敞无掩护的海上吊装的吊点和直接与吊点连接的结构构件设计, 应使用最小为 2 的动力荷载系数。对其他传递吊装力的结构构件, 应使用最小为 1.35 的动力荷载系数。当在近岸有掩护的海区吊装时, 前述最小动力荷载系数应为 1.5 和 1.15。对正常的海上条件, 吊装索具安全系数应不小于 4。

3 结 构 分 析

3.1 一 般 规 定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 结构总体分析应建立一个与实际结构等效的计算模型, 并应考虑结构与周围介质间的相互作用。

3.1.1.2 内力计算可采用三维计算模型。

3.1.1.3 进行结构总体分析时, 应以静力分析的结果为设计依据, 但应考虑下列荷载的影响:

- (1) 冰荷载的动力影响;
- (2) 地震荷载的动力影响。

3.1.2 荷载与荷载组合

3.1.2.1 荷载类型及作用力应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》的有关规定。

3.1.2.2 风、浪、流、冰等荷载, 其作用方向除确有可靠资料外, 均应考虑其来自各个方向的可能性。

3.1.2.3 静力分析时, 风、浪、流、冰等荷载应考虑在各潮位下可能同时出现的最不利组合。

3.1.2.4 静力分析时, 应考虑结构本身的自重和浮力。动力分析时, 除应考虑结构本身质量外, 水下部分还应考虑附加质量。

3.1.2.5 应考虑隔水套管及其他工艺管线受到外荷载作用传到整体结构上的力。

3.1.2.6 结构分析应考虑下列荷载组合:

- (1) 固定荷载和相应于平台正常操作时最大活荷载的组合;
- (2) 固定荷载和相应于平台正常操作时最小活荷载的组合;
- (3) 固定荷载和相应于极端条件下最大活荷载的组合;
- (4) 固定荷载和相应于极端条件下最小活荷载的组合。

3.2 静 力 分 析

3.2.1 一般要求

静力分析的目的是求得在静力作用下各节点的位移和构件内力,用以校核平台结构的强度和刚度。

3.2.2 结构计算模型

3.2.2.1 平台可被模拟为具有梁板单元的空间结构。

3.2.2.2 凡杆件交叉点、集中荷载作用点、杆件横剖面突变点、桩与设计泥面交接点一般应设节点。设计泥面以下如设若干弹簧支点也为节点。

3.2.2.3 对导管架结构的边界条件应注意:

(1) 分析桩与土之间的相互作用时,宜考虑土壤的非线性影响;

(2) 当桩的横向位移较小时,可近似按线性进行分析;

(3) 初步设计时,可简化计算,将桩的下部模拟为一刚性固定端。刚性固定端位于设计泥面垂直向下 $T(m)$ 处。设计泥面在自然泥面下的距离应按地质条件决定。

T 值可按下列经验公式确定:

对淤泥, $T = (7 \sim 8.5)D$;

对硬粘土, $T = (3.5 \sim 4.5)D$;

缺乏土壤资料时, $T = 6D$ 。

D 为桩外径,单位为米。

3.2.3 平台的结构刚度矩阵

3.2.3.1 结构刚度矩阵是否应考虑剪切影响,主要取决于构件的几何特性。

3.2.3.2 桩与导管间充有固结水泥浆时,其剖面面积和惯性矩可按双壁管计算,计算时应减去相应部分的腐蚀裕量。

3.2.3.3 局部连接处的加强和偏心度可忽略,但在总体分析中应考虑大直径加筋杆件汇交的偏心度。

3.3 动力分析

3.3.1 一般要求

动力分析的目的是确定平台的振动特性和结构的动力响应,以校核平台结构的强度、刚度和位移。当结构需要做动力分析时,应考虑本节规定的各项内容。

3.3.2 计算模型

3.3.2.1 对结构总体动力分析有重大影响的一切构件均应予以考虑。

3.3.2.2 确定构件的内力,需用与静力分析同样的计算模型。确定结构的运动,可建立反映结构整体动力特性的简化模型。

3.3.2.3 总体动力分析时,可忽略结构的局部振动。

3.3.2.4 计算动力荷载时,可忽略平台本身运动引起的阻力。

3.3.2.5 应考虑冰的积聚和海生物的影响。

3.3.3 动力方程式

时域分析方法的动力方程应满足下式:

$$M\ddot{X}(t) + C\dot{X}(t) + KX(t) = F(t) \quad (3.3.3)$$

式中 M ——质量矩阵;

C ——阻尼矩阵;

K ——刚度矩阵;

$X(t)$ ——随时间变化的节点位移矢量, m;

$\dot{X}(t)$ ——随时间变化的节点速度矢量, m/s;

$\ddot{X}(t)$ ——随时间变化的节点加速度矢量, m/s²;

$F(t)$ ——随时间变化的节点上的外荷载矢量, kN。

3.3.4 质量矩阵

3.3.4.1 质量矩阵表示计算模型的质量分布。质量矩阵可采用离散型表达式,即将各构件的自身质量、构件内部可能有的质量以及附加质量堆聚在各个节点或几个关键节点上。

3.3.4.2 甲板上荷载的质量分布可能在一定范围内变化,应考

考虑最不利的情况。

3.3.4.3 任意向的细长构件在 i 振动方向上的附加质量力 F_{ad} 可按下式计算:

$$F_{ad} = \rho(C_M - 1)V\ddot{X}_i \sin^2\varphi \quad (3.3.4)$$

式中 F_{ad} ——在 i 方向上的附加质量力, N;

C_M ——惯性力系数;

ρ ——液体密度, kg/m^3 ;

V ——浸水部分体积, m^3 ;

φ ——杆件与 i 方向间夹角, rad ;

\ddot{X}_i —— i 方向的相对加速度, m/s^2 。

3.3.5 刚度矩阵和阻尼矩阵

3.3.5.1 刚度矩阵可根据本规范第 3.2.3 条和第 3.3.2.1 款的规定确定。

3.3.5.2 采用统一的粘性阻尼并以阻尼比表示, 对平台的各个振型的阻尼比宜取 0.020~0.050。

3.3.6 自由振动

自由振动的阻尼项可略去不计, 则本规范第 3.3.3 条的动力方程式变为:

$$(K - \omega^2 M)X = 0 \quad (3.3.6)$$

式中 ω ——结构的固有振动圆频率。

求得的圆频率 ω 和相应的振型的个数应能保证振型分析中对精度的要求。

3.3.7 动力分析方法

当结构受确定性动力荷载作用, 求其在时域中的动力响应时, 可用时域分析法。

3.3.8 高耸结构动力分析的考虑

对甲板上的高耸结构(如通讯塔、火炬、起重机等)作动力分析时, 除应考虑阵风的动力作用外, 还应考虑平台甲板加速度

的影响。

3.3.9 地震响应分析

3.3.9.1 应使用地震反应谱进行地震响应分析。

3.3.9.2 相对于计算出的地震荷载，在平台结构最不利的主轴方向取荷载的 100%，与此主轴相垂直的水平方向取 70%，与水平面垂直的方向取 50%。用这三个方向的地震引起的惯性力与静荷载相组合，同时作用在结构上，采用静力分析方法对平台进行分析。

3.4 疲劳强度分析

3.4.1 一般要求

(1)浅海常规的导管架式平台,可不作详细疲劳强度分析;

(2)使用寿命较长的特殊平台，处于波浪循环荷载长期分布较严重海域时，应作详细疲劳分析；

(3)当平台处于较深的水域时,必要时应做疲劳分析;

(4)疲劳分析方法应符合有关规范的规定。

3.5 上部结构分析

3.5.1 上部结构设计

3.5.1.1 对平台导管架或下部做结构分析时，上部结构可用一个简化的形式模拟，但应判明系统竖向的、水平的刚度及其对下部结构的影响。

3.5.1.2 上部结构本身可根据其构造情况作为一个或多个独立结构进行分析，但模拟其边界支撑条件时应考虑下部结构变位的影响。位于下部结构顶部桁架上的重型甲板组块，其支撑点的变位差可导致支撑反力的明显的重新分布。在此情况下，分析模型应包括甲板组块和下部结构的顶部或两个层间，以获得准确的支撑条件的模拟。

3.5.1.3 具有标准型式上部结构的平台，根据其构造情况，应考虑与邻近甲板组块之间的连接，以抵抗环境荷载的横向作

用。在某一支撑甲板组块构件损坏时，这种连接也具有对平台提供附加余度的优点。在以地震力控制上部结构构件设计的区域，对上部结构可用准静力方法进行分析。这种分析应采用平台总体地震分析中得到的甲板峰值加速度。选择这种加速度的点的高度应根据平台结构构造和主要的上部结构质量的位置确定。

3.5.2 梁板设计

3.5.2.1 梁板设计应符合《钢结构设计规范》的规定。

3.5.2.2 在截面突然变化、贯穿孔、升降孔等处应考虑应力集中对疲劳和断裂带来的影响。梁板所用钢材还应满足切口韧性要求，以避免在低环境温度下发生脆性断裂。

3.5.3 吊机支撑结构

吊机支撑结构的设计应符合《海上固定平台规划设计和建造的推荐作法》中 7.3 的规定。

3.5.4 吊点设计

3.5.4.1 设计吊点及与其相连的其他内部构件，应采用最小为 2 的动力荷载系数。

3.5.4.2 吊装时，需根据平衡条件计算出静力荷载的水平 and 垂直分力。在设计吊点和支撑结构构件连接时，还应考虑与静吊索荷载同时作用的大小为其 5% 且垂直于吊点销孔中心的静吊索荷载的水平力。

4 钢 结 构

4.1 一 般 规 定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 本章对平台结构中钢质圆管构件的设计所作的规定，适用于钢材屈服强度 $\sigma_s < 420\text{MPa}$ 、构件径厚比 $D/t < 120$ 的平台圆管构件，局部屈曲公式的有效范围为 $D/t < 300$ ，但其厚度 $t \geq 6\text{mm}$ 。其他钢质构件的设计应符合《钢结构设计规范》的相应规定。

4.1.1.2 平台结构应安全可靠，防止在施工及使用的各个阶段（制造、运输、安装、作业、回收等）由于结构破坏而造成生命、财产的损失和环境污染。

4.1.1.3 结构设计应满足构件对强度和稳定的要求，必要时还应满足疲劳要求，并应避免构件产生过大的变形和振动。

4.1.1.4 钢结构可采用许用应力计算方法设计。

4.2 结构构件的分类

4.2.1 平台结构的构件根据其应力状况和破坏造成的后果可分为三大类：特殊构件、主要构件和次要构件。

4.2.2 特殊构件——对结构整体最为重要的构件。该类构件可能出现应力高度集中或易导致在厚度方向的层状撕裂，如导管架的节点管段、甲板构架和导管架腿柱的连接、甲板构架和立柱的连接、重要主梁的交叉连接、起重吊环等。

4.2.3 主要构件——对结构整体重要的构件以及对作业安全很重要的其他构件，如导管架的腿柱、桩柱、主要支撑、甲板主梁、甲板主桁架、立管的支撑结构、直升飞机甲板骨架、组块的支承结构等。

4.2.4 次要构件——除特殊构件和主要构件以外的其他构件。

4.3 许用应力

4.3.1 许用应力的规定

4.3.1.1 在工作环境条件和施工条件下, 构件材料的许用应力应符合表 4.3.1 的规定。

材料的许用应力值

表 4.3.1

应力种类	许用应力符号	许用应力值 (N/mm^2)
抗拉、抗压、抗弯	$[\sigma]$	$0.6\sigma_s$
抗剪	$[\tau]$	$0.4\sigma_s$
承压面 (磨平)	$[\sigma_d]$	$0.9\sigma_s$

注: σ_s 为钢材屈服强度, 单位为兆帕。

4.3.1.2 在工作环境条件下, 对接焊缝的许用应力应等于母材的许用应力。填角焊缝的抗拉、抗压、抗剪的许用应力均应取 $0.4\sigma_s$ 。

4.3.1.3 紧固件的许用应力可按有关规定执行。

4.3.2 许用应力值的提高

在极端环境条件下各种荷载组合后的构件许用应力可提高 $1/3$ 。当地震荷载按《滩海环境条件与荷载技术规范》计算时, 许用应力也可提高 $1/3$; 但计算所得截面, 不得小于按工作环境条件所得的截面。

4.4 构件的强度

4.4.1 平台结构各种构件, 在设计荷载作用下, 应具有足够的强度。圆管构件的强度要求和计算公式应符合表 4.4.1 的规定。

圆管构件强度要求和计算公式

表 4.4.1

计算应力 种类	构件受力情况	计 算 公 式
轴向应力 σ (MPa)	轴向受拉或受压	$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$ (1)
	在一个平面内受弯	$\sigma = \frac{M}{W} \leq 1.1[\sigma]$ (2)
	轴向受拉或受压, 并在 一个平面内受弯	$\sigma = \frac{N}{A} \pm 0.9 \frac{M}{W} \leq [\sigma]$ (3)
	在两个平面内受弯	$\sigma = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{W} \leq 1.1[\sigma]$ (4)
	轴向受拉或受压, 并在 两个平面内受弯	$\sigma = \frac{N}{A} \pm 0.9 \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{W} \leq [\sigma]$ (5)
环向应力 σ (MPa)	周围静水压力	$\sigma = \frac{pD}{2t} \leq \frac{5}{6}[\sigma]$ (6)
剪应力 τ (MPa)	受弯	$\tau = \frac{2Q}{\pi D t} \leq [\tau]$ (7)
	受扭	$\tau = \frac{2T}{\pi D^2 t} \leq [\tau]$ (8)
	受弯和受扭	$\tau = \frac{2}{\pi D t} (\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + \frac{T}{D}) \leq [\tau]$ (9)
折算应力 σ (MPa)	轴向应力和剪应力	$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$ (10)
	轴向应力、环向应力和 剪应力	$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \leq [\sigma]$ (11)

注: N ——计算截面的轴向力, N;

M ——计算截面的弯矩, N·mm;

M_x 、 M_y ——计算截面分别绕 x 轴和 y 轴的弯矩, N·mm;

Q ——计算截面的剪力, N;

Q_x 、 Q_y ——计算截面沿 x 轴和 y 轴的剪力, N;

T ——计算截面的扭矩, N·mm;

p ——设计静水压力, MPa;

D ——圆管平均直径, mm;

t ——圆管壁厚, mm;
 A ——圆管截面积, mm²;
 W ——圆管截面的剖面模数, mm³;
 σ_x ——计算截面最大轴向应力, MPa;
 σ_y ——计算截面环向应力, MPa;
 τ ——计算截面剪应力, MPa;
 I ——计算截面惯性矩, mm⁴。

4.5 构件的稳定性

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 平台结构的每个构件在工作及极端环境条件的荷载作用下, 都应具有整体和局部稳定性。

4.5.1.2 无加筋圆管构件应按本节规定计算稳定性。加筋圆管构件和其他结构型式的构件, 如板、圆锥壳等, 应按公认的理论与方法计算稳定性。非圆管构件的稳定性计算应符合《钢结构设计规范》的规定。

4.5.1.3 本规范第 4.5.6.1 款中所指的无加筋圆管, 其几何参数应符合下式规定:

$$L/D \geq 1.13\sqrt{D/t} \quad (4.5.1-1)$$

式中 L ——节点或加强环之间的圆管长度, mm;

D ——圆管直径, mm;

t ——圆管壁厚, mm。

起加强环作用的环筋, 其剖面惯性矩 I_r 应满足下式要求:

$$I_r \geq \frac{tLD^2}{8E} \sigma_{hc} \quad (4.5.1-2)$$

式中 I_r ——剖面惯性矩, mm⁴;

σ_{hc} ——环向屈曲临界应力(见本规范第 4.5.6.1 款), MPa;

E ——弹性模量, MPa。

加强环的剖面可计及圆管的有效宽度 $1.1\sqrt{Dt}$; 环的宽厚比

应防止环的局部屈曲。对于扁钢加强环，其最小尺寸应为 10mm × 76mm(内环)、13mm × 102mm(外环)；对于外加强环，上式中的 D 应取在剖面的形心上。

4.5.2 圆管构件的许用长细比

4.5.2.1 长细比应由下式确定：

$$\lambda = \frac{KL}{r} \quad (4.5.2)$$

式中 K ——计算长度系数，按表 4.5.2 确定；

L ——构件长度、构件无支撑长度，mm；

r ——构件的回转半径（对于圆管取 $0.35D$ ），mm。

构件计算长度系数

表 4.5.2

构 件	计算长度系数 K
导管架腿柱与桩	
灌注水泥浆的组合截面	1
不灌注水泥浆的导管架腿柱	1
垫片间不灌浆的桩	1
导管架撑杆	
主斜杆	0.8
K 型撑杆	0.8
X 型撑杆	0.9
次要水平撑杆	0.7

注：对于 K 型和 X 型撑杆，如平面无支撑，在节点上至少应有一对构件受拉，否则取 $K=1$ 。

4.5.2.2 导管架受压构件长细比应不超过 200。

4.5.3 无加筋圆管构件的轴向屈曲

4.5.3.1 局部屈曲临界应力应按下列规定确定：

当无加筋圆管径厚比 $D/t > 60$ 时, 在轴向压力或弯矩作用下, 应考虑管壁的局部屈曲而引起的失稳。

当圆管的径厚比 $D/t < 300$, 且 $t \geq 6\text{mm}$ 时, 通常为非弹性局部屈曲, 而在残余应力及初始缺陷影响较大时, 特别是对于高强度钢, 也可能在弹性范围内产生局部屈曲。

(1) 弹性屈曲时, 其弹性局部屈曲临界应力 σ_{xc} 应按下式计算:

$$\sigma_{xc} = 0.6E(t/D) \quad (4.5.3-1)$$

式中 σ_{xc} ——弹性局部屈曲临界应力, MPa;

E ——弹性模量, MPa。

(2) 非弹性屈曲时, 其非弹性局部屈曲临界应力 σ_{xc} 应按下式计算:

$$\sigma_{xc} = K\sigma_s \leq \sigma_{xc} \quad (4.5.3-2)$$

$$K = 1.64 - 0.23\sqrt[4]{D/t}$$

式中 σ_{xc} ——非弹性局部屈曲临界应力, MPa;

K ——局部稳定系数;

D ——圆管直径, mm;

t ——圆管壁厚, mm。

4.5.3.2 无加筋圆管构件在轴向压力作用下, 其稳定性由整体屈曲临界应力 σ 控制, 可按下式验算整体稳定性:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma_c] \quad (4.5.3-3)$$

$$[\sigma_c] = \phi\sigma_s$$

式中 N ——轴向压力, N;

A ——圆管截面积, mm^2 ;

σ_s ——钢材屈服强度, 在本式中当圆管 $D/t > 60$ 时, 应以局部屈曲临界应力 (σ_{xc} 或 σ_{xc} , 取小者) 替代 σ_s ,

MPa;

ϕ ——整体稳定系数，由式(4.5.3-4)或式(4.5.3-5)确定。

当 $\lambda_0 \leq \sqrt{2}$ 时:

$$\phi = \frac{1 - 0.25\lambda_0^2}{1.67 + 0.265\lambda_0 - 0.044\lambda_0^2} \quad (4.5.3-4)$$

当 $\lambda_0 > \sqrt{2}$ 时:

$$\phi = \frac{1}{1.92\lambda_0^2} \quad (4.5.3-5)$$

其中:

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{\lambda_s}$$

式中: λ ——构件的长细比;

λ_s ——构件整体屈曲的临界应力，等于钢材屈服强度时的长细比，可按下列式计算:

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_s}}$$

对于圆管，可取:

$$\lambda_0 = \frac{0.9KL}{D} \sqrt{\frac{\sigma_s}{E}}$$

式中 K, L ——见本规范第4.5.2.1款。

4.5.4 无加筋圆管构件在弯矩作用下的局部屈曲

无加筋圆管构件在弯矩作用下，当 $D/t > 60$ 时，可能产生局部屈曲，应按下式验算其弯曲应力 σ ;

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq 1.1K[\sigma] \quad (4.5.4-1)$$

式中 M ——构件的最大弯矩， $N \cdot mm$;

K ——局部稳定系数，见本规范式(4.5.3-2);

W ——截面的剖面模数， mm^3 。

对于圆管可取:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} t \quad (4.5.4-2)$$

4.5.5 轴向压力和弯矩联合作用的稳定性

4.5.5.1 无加筋圆管承受轴向压力和弯矩的联合作用时，应满足下式要求：

$$\sigma = \frac{N}{A} + 1.5\phi \sqrt{\frac{M_x^2 + M_y^2}{W}} \leq [\sigma_c] \quad (4.5.5-1)$$

式中 N ——轴向压力，N；

M_x 、 M_y ——计算截面绕 X 轴和 Y 轴的弯矩，N·mm；

A ——圆管截面积，mm²；

W ——圆管截面的剖面模数，mm³；

ϕ ——整体稳定系数，见本规范式 (4.5.3-4) 和式 (4.5.3-5)；

$[\sigma_c]$ ——许用应力，见本规范式 (4.5.3-3)，MPa。

4.5.5.2 钢管桩一般可不进行整体稳定性计算，但承受横向荷载作用的桩，同时又有很大轴向力作用时，在计算中应考虑荷载位移 ($p-\Delta$) 效应。可将桩模拟为非线性弹性基础上的梁柱进行内力分析，并按表 4.4.1 中的第 (5) 式验算强度。

当 $D/t > 60$ 时，应按下式验算局部稳定性：

$$\sigma = \frac{N}{A} + 0.9 \sqrt{\frac{M_x^2 + M_y^2}{W}} \leq K[\sigma] \quad (4.5.5-2)$$

式中 K ——局部稳定系数。

4.5.6 静水中无加筋圆管构件的稳定性计算

4.5.6.1 圆管在外水压力作用下产生的环向压应力 σ_h 应不超过环向的许用应力 $[\sigma_h]$ ：

$$\sigma_h = \frac{pD}{2t} \leq [\sigma_h] = \frac{\sigma_{hc}}{K_h} \quad (4.5.6-1)$$

式中 σ_h ——环向压应力, MPa;

$[\sigma_h]$ ——环向的许用应力, MPa;

p ——设计静水压力, MPa;

K_h ——环向屈曲安全系数: 处于工作环境条件时,

$K_h = 2.0$; 处于极端环境条件时, $K_h = 1.5$;

σ_{hc} ——环向屈曲临界应力, MPa。

无加筋圆管构件如满足本规范第 8 章规定的圆度公差, 环向屈曲临界力 σ_{hc} 可由下列步骤确定。

(1) 按下式计算弹性环向屈曲应力 σ_{hc} :

$$\sigma_{hc} = 0.9E\left(\frac{t}{D}\right)^2 \quad (4.5.6-2)$$

(2) 确定环向屈曲临界应力 σ_{hc} :

当 $\sigma_{hc} < 0.5\sigma_s$ 时:

$$\sigma_{hc} = \sigma_{hc} \quad (4.5.6-3)$$

当 $0.5\sigma_s < \sigma_{hc} < 2\sigma_s$ 时:

$$\sigma_{hc} = 0.4\sigma_s + 0.2\sigma_{hc} \quad (4.5.6-4)$$

4.5.6.2 当轴向拉力和外水压力共同作用时, 圆管构件应满足下列公式:

$$\left(\frac{\sigma_x}{[\sigma]}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{[\sigma_h]}\right)^2 + 0.6\frac{\sigma_x}{[\sigma]} \cdot \frac{\sigma_h}{[\sigma_h]} \leq 1.0 \quad (4.5.6-5)$$

$$\sigma_x = \sigma_a + \sigma_b - 0.5\sigma_h$$

式中 σ_a ——轴向应力的绝对值, MPa;

σ_b ——弯曲应力的绝对值, MPa;

σ_h ——环向应力的绝对值, MPa;

$[\sigma]$ ——见本规范第 4.3.1.1 款;

$[\sigma_h]$ ——见本规范第 4.5.6.1 款。

4.5.6.3 承受轴向压力和外水压力共同作用的无加筋圆管构

件，在下述两个环境条件下，应同时满足所列公式要求。

(1) 工作环境条件:

$$\frac{4\sigma_x - \sigma_{hc}}{2\sigma_{xc} - \sigma_{hc}} + \left(\frac{2\sigma_h}{\sigma_{hc}}\right)^2 \leq 1.0 \quad (4.5.6-6)$$

$$\frac{2\sigma_x}{\sigma_{xc}} \leq 1.0, \frac{2\sigma_h}{\sigma_{hc}} \leq 1.0 \quad (4.5.6-7)$$

$$\sigma_x = \sigma_a + \sigma_b + 0.5\sigma_h$$

(2) 极端环境条件:

$$\frac{3\sigma_x - \sigma_{hc}}{2\sigma_{xc} - \sigma_{hc}} + \left(\frac{1.5\sigma_h}{\sigma_{hc}}\right)^2 \leq 1.0 \quad (4.5.6-8)$$

$$1.5\sigma_x / \sigma_{xc} \leq 1.0, 1.5\sigma_h / \sigma_{hc} \leq 1.0 \quad (4.5.6-9)$$

式中 σ_{hc} ——见本规范第 4.5.1.3 款;

σ_{xc} ——见本规范第 4.5.3.1 款;

σ_{hc} ——见本规范第 4.5.6.1 款;

σ_{xc} ——见本规范第 4.5.3.1 款。

4.6 变形和振动

4.6.1 变形

4.6.1.1 平台结构构件应有足够刚度，防止构件在工作状态下过度变形，影响平台正常作业。

4.6.1.2 对于在荷载作用下有较大变形的构件，在应力分析中应考虑其由于变形而产生的次应力。

4.6.1.3 当重的刚性设备组块固定在平台上时，应考虑平台变形对平台与设备组块间荷载分布的影响。

4.6.2 振动

4.6.2.1 应对结构振动进行校核计算，必要时采取适当的减振措施，避免结构由于振动而产生破坏，或过度振动影响平台工作

人员的操作和生活。

4.6.2.2 计算杆、梁、板等构件局部振动的固有频率时，应考虑质量分布、边界条件，以及构件和附连水质量的相互作用影响。

4.6.2.3 某些形式的结构不能由计算确定是否会出现过大振动时，应在结构安装后进行振动测量。必要时应采取切实可行的减振措施。

4.7 连 接

4.7.1 一般要求

4.7.1.1 管节点处的焊接应符合本规范第 10 章的有关规定，不得任意加大焊缝厚度，避免焊缝立体交叉和焊缝过度集中，焊缝的布置应尽可能对称于构件中心轴线。

4.7.1.2 设计中应尽量减少由于焊缝和邻近焊缝的母材冷却收缩而产生的应力，特别应防止在高拘束的节点中，由于厚度方向的收缩变形而可能引起的层状撕裂。

4.7.1.3 应尽量不采用加筋板加强管节点，若用内部加强环，应避免应力集中。

4.7.2 受拉或受压构件的连接

4.7.2.1 受拉和受压构件的端部连接应按设计内力确定，但应不低于构件的屈服和屈曲荷载承载力的 50%。

简单管节点连接应满足下式要求：

$$\frac{\sigma_{sc}}{\sigma_{sb}} \geq \frac{\arcsin \theta}{11 + 1.5 / \beta} \quad (4.7.2)$$

式中 σ_{sc} ——弦杆材料的屈服强度或 2/3 的抗拉强度，取两者中小者；

σ_{sb} ——撑杆材料的屈服强度或 2/3 的抗拉强度，取两者中小者；

θ 、 β ——见图 4.7.4。

4.7.2.2 圆管构件端部的连接焊缝应符合本规范第 10 章的规定，或应不低于按撑杆屈服强度或弦杆冲剪强度（或名义荷载）中的较小值确定的承载力。

4.7.3 简单管节点及其分类

4.7.3.1 简单管节点是指主要的撑杆间不搭接、不用节点板、隔板或加筋板的节点。

4.7.3.2 根据撑杆受力情况，管节点的类型可分为 K、T 和 Y 型、交叉型。K 型节点是一撑杆中的冲剪荷载实质上为位于节点同一边的同一平面内的其他撑杆所平衡。T 型和 Y 型节点中撑杆的冲剪荷载在弦杆中产生梁的剪切。交叉型节点一侧撑杆的冲剪力是通过弦杆传给另一侧撑杆的。对于部分象 K 型、象 T 型、象 Y 型或交叉节点那样承受荷载的撑杆，应根据各自所承担的份额进行内插。

4.7.4 简单管节点的静力强度计算

4.7.4.1 撑杆对弦杆的作用力应根据结构总体分析得出的轴向力和弯矩计算。

4.7.4.2 管节点的符号和几何参数如图 4.7.4 所示。

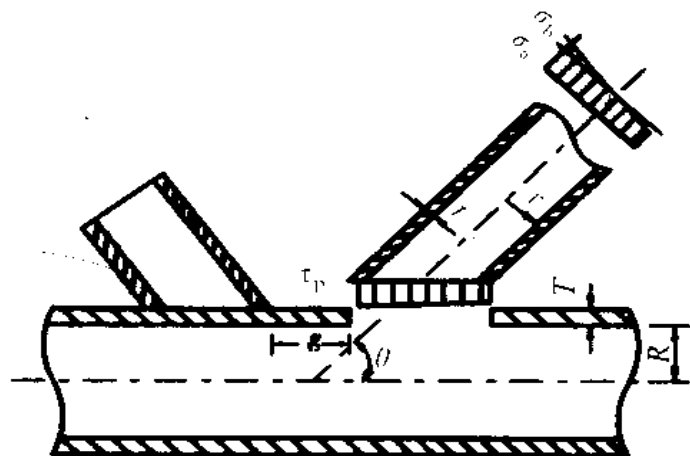


图 4.7.4 管节点符号及几何参数

g —间隙； t —撑杆壁厚； r —撑杆平均半径； R —弦杆平均半径； T —弦杆壁厚； θ —弦杆与撑杆的夹角； $\alpha = \frac{t}{T}$ ； $\beta = \frac{r}{R}$ ； $\tau = \frac{R}{T} \sigma_a$ —撑杆的轴向名义应力； σ_b —撑杆的弯曲名义应力； τ_p —作用在弦杆上的冲剪应力

4.7.4.3 简单管节点的静力强度按冲剪或撑杆上的名义荷载方法验算，应符合下列规定。

(1) 按冲剪方法验算应符合下列规定。

①弦杆上作用的冲剪应力 τ_p 应按下式计算。

$$\tau_p = \alpha \sigma \sin \theta \quad (4.7.4-1)$$

式中 σ ——撑杆中轴向、平面内弯曲或平面外弯曲的名义应力。

②弦杆管壁中的许用应力应按本规范第 4.3.1.1 款的许用剪应力或下式计算，取两者中较小值。在极端环境条件下，可提高 1/3。

$$[\tau_p] = Q_q Q_r \frac{\sigma_s}{0.6r} \quad (4.7.4-2)$$

式中 σ_s ——节点处弦杆构件的屈服强度，或 2/3 抗拉强度，取两者中较小值；

Q_q ——计入荷载形式和几何影响的系数，由表 4.7.4-1 确定；

Q_r ——计入弦杆中存在纵向名义应力的系数。

弦杆最外纤维都为拉应力时， $Q_r = 1.0$ ；其他情况时：

$$Q_r = 1.0 - \lambda r A^2 \quad (4.7.4-3)$$

式中 λ ——用于撑杆轴向应力、撑杆面内弯曲应力、撑杆面外弯曲应力时，分别取 0.030、0.045、0.021。

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IP}^2 + \sigma_{OP}^2}}{0.6\sigma_s} \quad (4.7.4-4)$$

式中 σ_{AX} 、 σ_{IP} 和 σ_{OP} ——分别为弦杆中轴向、面内弯曲和面外弯曲的名义应力。

· 极端环境条件下 A 值可减少 1/3。

Q_q 计算值

表 4.7.4-1

节点荷载 类型和几何 形状		撑杆构件中的荷载形式			
		轴向拉伸		轴向压缩	
K 型	搭接	1.8 并见本规范 4.7.6、4.7.7		$3.72 + \frac{0.67}{\beta}$	$(1.37 + \frac{0.67}{\beta})Q_\beta$
	有间隙	$(1.10 + \frac{0.20}{\beta})Q_s$			
T 和 Y 型		$1.10 + \frac{0.20}{\beta}$			
交叉 型	不设隔板	$1.10 + \frac{0.20}{\beta}$	$(0.75 + \frac{0.20}{\beta})Q_\beta$		
	设隔板见 本规范 第 4.7.8 条	$1.10 + \frac{0.20}{\beta}$			

注: 当 $\beta > 0.6$ 时, $Q_\beta = \frac{0.3}{\beta(1 - 0.833\beta)}$;

当 $\beta < 0.6$ 时, $Q_\beta = 1.0$;

当 γ ($\gamma = \frac{R}{T}$, 见图 4.7.4) < 20 时, $Q_g = 1.8 - 0.1g/T$ (g 为重力加速度);

当 $\gamma > 20$ 时, $Q_g = 1.8 - 4g/D$;

但任何情况下 Q_g 应不小于 1.0。

③ 撑杆中轴向与弯曲应力的组合应满足下列方程式:

$$\left(\frac{\tau_P}{[\tau_P]}\right)_{IP}^2 + \left(\frac{\tau_P}{[\tau_P]}\right)_{OP}^2 \leq 1.0 \quad (4.7.4-5)$$

$$\frac{\tau_P}{[\tau_P]_{AX}} + \frac{2}{\pi} \arcsin \sqrt{\left(\frac{\tau_P}{[\tau_P]}\right)_{IP}^2 + \left(\frac{\tau_P}{[\tau_P]}\right)_{OP}^2} \leq 1.0 \quad (4.7.4-6)$$

其中 \arcsin 项为弧度。

(2) 按名义荷载验算应符合下列规定。

① 以撑杆名义荷载计算的节点轴向和弯矩许用承载能力 $[P]$ 和 $[M]$ 按下式计算, 在极端环境条件下, 可增大 $1/3$ 。

$$[P] = Q_u Q_r \frac{\sigma_s T^2}{1.1 \sin \theta} \quad (4.7.4-7)$$

$$[M] = Q_u Q_r \frac{\sigma_s d T^2}{2.125 \sin \theta} \quad (4.7.4-8)$$

式中 Q_u ——极限强度系数，它与节点型式和荷载类型有关，按表 4.7.4-2 确定。

极限强度系数 Q_u 计算值

表 4.7.4-2

节点荷载形式 与几何外形		撑杆构件的荷载形式			
		轴向拉伸	轴向压缩	面内弯曲	面外弯曲
K 型节点		$(3.4+19\beta)Q_g$		3.4+19\beta	$(3.4+7\beta)Q_g$
T 和 Y 型节点		3.4+19\beta			
交叉 节点	不设隔板	3.4+19\beta	$(3.4+19\beta)Q_\beta$		
	设隔板见 本规范 第 4.7.8 条	3.4+19\beta			

② 撑杆中轴向和弯曲荷载的组合应满足下列方程式：

$$\left(\frac{M}{[M]}\right)_{lr}^2 + \left(\frac{M}{[M]}\right)_{or}^2 \leq 1.0 \quad (4.7.4-9)$$

$$\left|\frac{P}{[P]}\right| + \frac{2}{\pi} \arcsin \sqrt{\left(\frac{M}{[M]}\right)_{lr}^2 + \left(\frac{M}{[M]}\right)_{or}^2} \leq 1.0 \quad (4.7.4-10)$$

其中 \arcsin 项为弧度。

4.7.5 简单管节点的构造

4.7.5.1 撑杆不应穿过弦杆管壁。撑杆和弦杆轴线间的夹角不宜小于 30° 。

4.7.5.2 如果在节点处弦杆管壁加厚，则节点加厚管段的长度应超过撑杆外边缘（包括焊脚）以外至少 $D/4$ 或 305mm，取其大者，如图 4.7.5 所示。

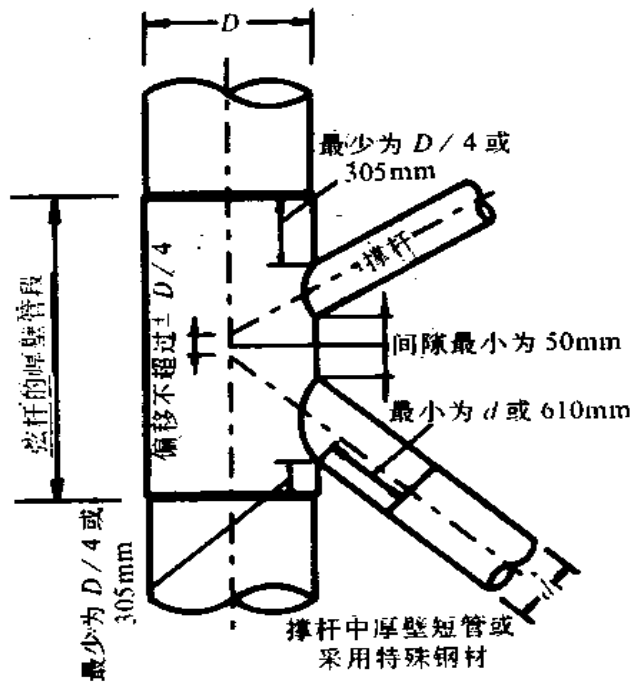


图 4.7.5 简单管节点

4.7.5.3 如果撑杆在节点处增大壁厚或采用特殊钢材，其长度应从连接端部延伸出最少等于撑杆直径 d 或 610mm，取其大者，如图 4.7.5 所示。

4.7.5.4 理论上的同心节点可用撑杆和弦杆轴线交点作为工作点。工程上不搭接撑杆之间至少应有 50mm 的间隙。为了使弦杆节点管段不至过长，沿弦杆轴线上偏心量应不超过 $D/4$ ，如图 4.7.5 所示。

4.7.5.5 在简单管节点中，如撑杆的间隙少于 50mm 时，则应设计成搭接节点，并应专门绘出详图。

4.7.6 搭接管节点的构造

4.7.6.1 搭接管节点是指部分荷载通过焊缝从一撑杆直接传递到另一撑杆的节点。

4.7.6.2 两撑杆搭接部分的高度 L_2 (如图 4.7.6 所示)，必须保

证搭接部分至少能承担垂直弦杆的撑杆分力 p_v 的一半。

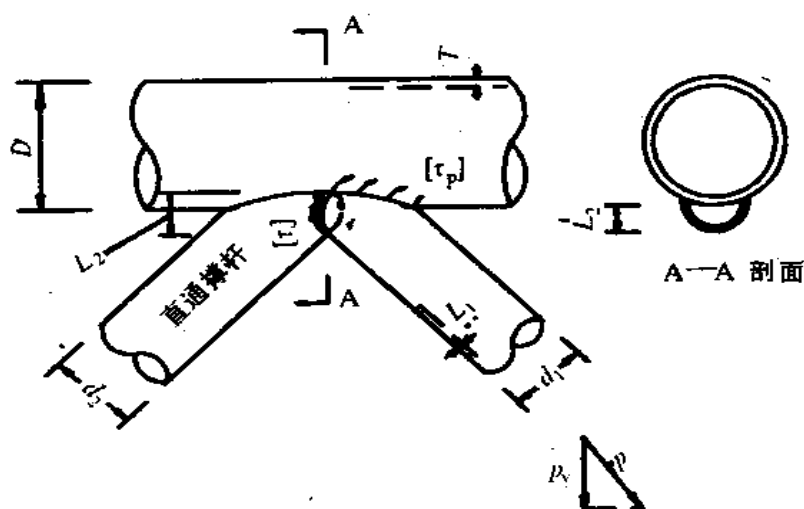


图 4.7.6 搭接管节点

4.7.6.3 撑杆的壁厚应不超过弦杆的壁厚。

4.7.6.4 当各撑杆承受显著不同的荷载或者一撑杆比另一撑杆壁厚时，应将受载较大的或壁厚较厚的撑杆做成直通的，将其全部周长满焊于弦杆管壁上。

4.7.7 搭接管节点的强度设计

4.7.7.1 搭接撑杆垂直于弦杆分力 p_v （如图 4.7.6 所示）应不超过 $[p_v]$ ， $[p_v]$ 应由下列公式确定。

(1) 适用于冲剪力的：

$$[p_v] = [\tau_p] T L_1 + 2[\tau] T L_2 \quad (4.7.7-1)$$

式中 $[p_v]$ ——搭接撑杆垂直于弦杆分力, N;

L_1 ——搭接撑杆与弦杆相交部分的实际周长, mm;

$[\tau]$ ——撑杆间搭接焊缝的许用剪应力, MPa;

T ——焊喉厚度或较薄撑杆的壁厚, 取两者中较小者, mm;

L_2 ——垂直于弦杆方向的一侧搭接焊缝的投影长度, mm。

(2) 适用于名义荷载的：

$$[p_v] = [p] \sin \theta \frac{L_1}{L} + 2[\tau] T L_2 \quad (4.7.7-2)$$

式中 L ——如无搭接部分，撑杆与弦杆应有的相交周长，
mm。

4.7.7.2 设计时应考虑因撑杆工作点的偏心而引起的附加弯矩。

4.7.8 通过弦杆传递荷载的节点

通过弦杆传递荷载的交叉等节点，可近似地采用封闭环分析。考虑取直通构件（弦杆）的有效长度为弦管直径的三倍，长度中点位于节点上，在弦杆有效长度内的各种加强可以在分析中考虑进去，它的有效性随着节点距离的增大而减小，但下述节点仅需校核冲剪力：

(1) 在有效长度内布置两个或两个以上横隔板，且其厚度应至少等于撑杆构件的壁厚；

(2) 尺寸相同、共同承载的 X 型撑杆，它们担负着大致相等而又方向相反的荷载，且其 $D/t < \frac{8960}{\sigma_s}$ 者（ σ_s 取值以 MPa 为单位），可选取合适的 Q_r 和 Q_g 进行冲剪校核。

4.8 构造要求

4.8.1 一般要求

4.8.1.1 平台钢结构的构造应简单、受力合理、平滑过渡、减少应力集中。

4.8.1.2 平台结构的主要受力构件及其连接，不宜采用厚度小于 6mm 的钢板或型钢。

4.8.1.3 为了提高结构的整体刚度，承担和传递水平力，根据结构及其荷载的不同情况应设置可靠的支撑系统，防止构件产生过大振动，避免压杆侧向失稳，保证结构安装时的稳定。

4.8.1.4 平台上部结构除应采用涂料防锈的保护措施外，尚应在构造中避免造成难于检查、清刷、油漆以及积留水、灰等死角和凹槽。

4.8.1.5 甲板上各种机械设备的基座、上下部结构的连续部

位，以及桩和导管架的连接等构造的处理应慎重考虑。

4.8.1.6 对平台导管架应采取防冰抗冰措施，避免遭受流冰冲击或挤压；否则，抗冰部位应按冰况的不同采取破冰、加强等抗冰措施。

4.8.1.7 直升机甲板结构的甲板梁、桥梁架及其他支撑构件的强度应按其荷载分布及许用应力法进行计算确定。

直升机甲板厚度 t 应不小于按下式计算所得值：

$$t = 0.72 \sqrt{F(1 - \frac{a}{2s}) + 1} \quad (4.8.1)$$

式中 t ——直升机甲板厚度，mm；

F ——直升机最大起飞重力的三倍，kN；

a ——直升机着降装置与甲板的接触宽度，mm；

S ——甲板梁间距，mm。

4.8.2 运输和安装中对构件的要求

4.8.2.1 划分结构的运送单元时，除应考虑结构在运输和安装过程中的受力条件外，还应注意经济合理、便于运输，使海上安装工作量减至最少。

4.8.2.2 结构的安装连接应采用传力可靠、制作方便、插接简单、易于固定和便于调整的构造型式。

4.8.2.3 吊装点及导管架下水受力部分等需要临时加强的部位，除应进行应力验算外，还应考虑构造合理，防止焊缝突然破坏。

4.9 腐蚀裕量

4.9.1 按本章计算的构件尺寸未考虑腐蚀裕量，因此在设计时，应结合各构件所处的环境和部位，以及防腐蚀措施的效果，适当考虑腐蚀裕量。

5 桩 基

5.1 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 应对桩体结构的强度和稳定性及桩基承载力进行分析验算, 确保平台在工作环境条件下能正常工作, 在极端环境条件下具有一定的安全度。

5.1.1.2 应调查海底相对于基础构件产生位移的可能性, 预估此位移引起的作用力, 并在基础设计中加以考虑。

5.1.1.3 应对平台所在海域的海床冲刷情况进行调查, 如有冲刷现象, 设计时应考虑海床冲刷对桩基轴向和横向支承能力的影响。

5.1.1.4 在基础施工过程中, 由于达不到设计要求需要采取可能的补救措施时, 应在施工前进行研究并做出决定。

5.3 场地调查

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 场地调查的实际范围、深度和精确性应根据拟建平台的尺寸、类型和使用要求、地基土壤的连续性和均匀性以及基础发生破坏的后果确定。

5.2.1.2 调查区域的范围应分下列情况并留有足够的裕度:

- (1) 场地调查时的定位误差;
- (2) 作业船及设备的误差;
- (3) 平台安放时的裕度。

5.2.1.3 平台建造场地的调查可分为以下三个部分:

- (1) 海床调查: 获取有关海床的地球物理资料;
- (2) 地质调查: 获取该场地的区域特性资料;

(3) 土质勘察和试验: 获取必要的土工资料。

5.2.2 海床调查

5.2.2.1 应对平台建造场地的海床进行详细调查, 获取海床的测深、表面的不规则性、场地的平均坡度等资料。

5.2.2.2 应对可能受冲刷影响的底坡位置、浅断层以及人为障碍的存在情况进行调查。

5.2.3 地质调查

5.2.3.1 地质调查应获取评定基础地基和对场地有影响的邻近区域的地质资料。

5.2.3.2 现场地质调查应能揭示平台建造区域内可能影响基础设计和安装的有关塌陷、滑动层、断层、泥浆块、沙坡等地质情况。

5.2.3.3 通过地质调查所获得的区域特性资料可作为规划土质勘察和试验时的依据。

5.2.3.4 应对平台建造场地地震活动性进行评估。应验证区域内是否存在断层、断层的范围及尺寸。

5.2.4 土质勘察和试验

5.2.4.1 土质勘察和试验应获取地基各土层可靠的工程性质, 以评价所要求的平台结构安全度和性能是否满足要求, 拟采用的安装方法是否合适。

5.2.4.2 土质勘察和试验应具有足够的广泛性, 揭示对基础结构有重要影响的所有土层和岩石沉积。

5.2.4.3 土质勘察和试验可综合采用下列主要方法:

- (1) 地球物理方法;
- (2) 现场试验;
- (3) 钻孔取样实验室试验。

仅靠地球物理方法获得的资料不应作为设计依据。

5.2.4.4 土质勘察和试验应包括足够数量的现场试验、钻孔取样。试验计划应能提供土壤必需的强度、分类和变形特性。如有必要, 可进一步试验, 以确定土壤的动力特性、静荷载和循环荷

载下的土壤结构相互作用特性。

5.2.4.5 现场试验应包括无侧限抗压强度试验、静力触探、小型十字板试验、旁压仪测试和标准贯入试验。

5.2.4.6 钻孔的数量和深度应由现场附近地区的土质变化状况、平台尺寸及设计要求确定。

5.2.4.7 应在海底以下 12m 范围内连续取样；12m 至桩尖下 10m，每 3m 取一次样；桩尖下 10m 往下，每 8m 取一次样，但每层土取样应不少于一次。

5.2.4.8 实验室试验至少应包括下列内容：

(1) 土样强度试验；

(2) 粘性土样的含水量和塑性指数；

(3) 所有土样的容重；

(4) 建立不固结—不排水三轴压缩试验，或固结—不排水三轴压缩试验的应力—应变关系；

(5) 对每一重要砂层或粉砂层进行土颗粒分析。

5.2.4.9 实验室试验土样应有足够数量。试验时施加的应力应与土壤在现场所受应力条件相同，应可靠地反映固结比、初始应力以及结构和环境条件下引起的应力。

5.3 桩体设计

5.3.1 一般要求

平台钢管桩的桩体设计，除应符合本节规定外，还应符合本规范有关强度、稳定、材料、防腐、焊接等规定。

5.3.2 桩体壁厚的确定

钢管桩壁厚应由桩体强度和稳定性要求与腐蚀裕量（包括冰撞区间的磨蚀量）确定，还应考虑施工需要，并不得小于按下式计算的最小厚度：

$$t = 6.35 + D / 100 \quad (5.3.2)$$

式中 t ——钢管桩壁厚，mm；

D ——桩径, mm。

5.3.3 桩体分段的确定

5.3.3.1 确定桩体的分段长度时, 应考虑起吊能力、打桩工艺、打桩时桩体强度、刚度和稳定性、现场焊接条件及土质情况等因素。

5.3.3.2 受力最大的部位不应接桩。

5.3.3.3 校核桩体的强度和稳定性时, 应将伸出导管顶的桩体模拟为悬臂梁, 并计及桩体倾斜影响。

5.3.4 桩体的构造要求

5.3.4.1 桩顶和桩尖处一个桩径长度范围内的桩壁厚度, 必要时可加厚至最小壁厚 t 的 1.5 倍。

5.3.4.2 钢管桩在泥面处厚壁段的上下均应留有适当富裕长度, 以适应桩体实际入土深度的变化及海底冲刷的影响。

每一桩段的切除余量应为 0.5~1.5m, 最后一段的余量可稍大, 除考虑锤击损伤外, 还可用来调整最终的标高。

5.3.4.3 根据打桩设备及土质情况, 桩尖可做成开口式或半封闭式。

5.3.4.4 桩体和导管之间的环形空间, 净宽度应不小于 38mm, 宜用水泥浆充填。

5.4 横向荷载作用下的桩基计算

5.4.1 一般要求

桩基应设计成能承受静荷载或循环荷载产生的横向荷载, 并计及超载情况。应考虑冲刷和沉桩引起的土壤扰动对土抗力的影响。

横向荷载作用下桩的内力及变形, 可通过求解桩轴挠曲的微分方程或用有限元方法确定。

5.4.2 桩侧土抗力

桩侧土抗力 p 应按下式计算:

$$p = -E_s Y \quad (5.4.2)$$

式中 p ——桩侧土抗力, KPa;

E_s ——计算点的土抗力模量 (见本规范第 5.4.3 条),
MN/m³;

Y ——计算点的桩侧位移, mm。

5.4.3 土抗力模量

5.4.3.1 桩在横向荷载作用下, 其侧向位移较小时, 可不考虑土的非线性特性, 按公认的线性假定确定土抗力模量。

5.4.3.2 横向荷载下桩的计算, 考虑土的非线性时, 宜以计算点的 p — Y 曲线为依据, 取其割线斜率作为土抗力模量。

5.4.4 p — Y 曲线

p — Y 曲线的线型应根据现场或室内试验资料的分析结果绘制。缺乏资料时, 可按本节规定绘制。

5.4.5 砂性土的 p — Y 曲线

5.4.5.1 浅层土和深层土应分别按下式计算给定深度的极限土抗力。

浅层土:

$$p_{us} = (C_1 X + C_2 D) \gamma X \quad (5.4.5-1)$$

深层土:

$$p_{ud} = C_3 D \gamma \bar{X} \quad (5.4.5-2)$$

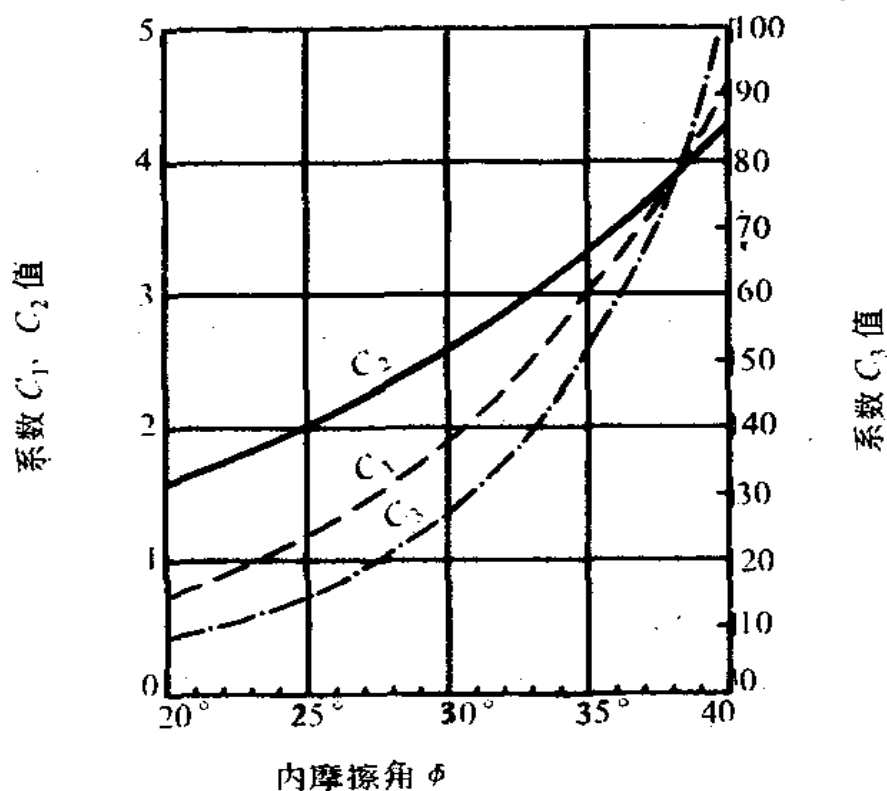
式中 p_{us} 、 p_{ud} ——浅层土和深层土在 X 深度处的极限土抗力,
N/m;

γ ——土体有效容重, MN/m³;

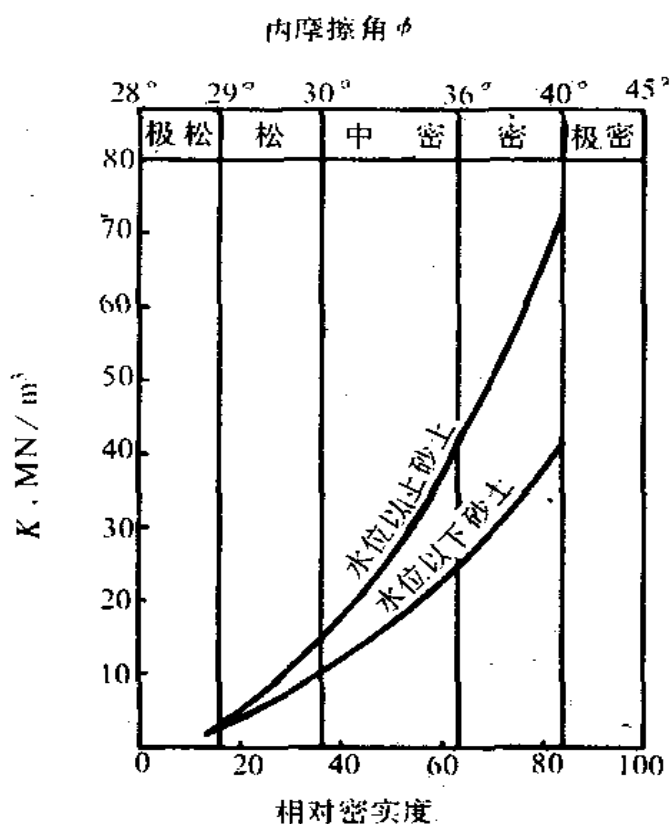
X ——土表面下计算点深度, mm;

D ——桩径, mm;

C_1 、 C_2 、 C_3 ——系数, 查图 5.4.5-1 确定。



内摩擦角 ϕ
图 5.4.5-1 C_1 , C_2 , C_3 系数



相对密实度
图 5.4.5-2 ϕ 值

5.4.5.2 深度为 X 的砂性土 p — Y 曲线可用下式表示:

$$p = A \cdot p_u \operatorname{tgh} \left[\frac{KX}{Ap_u} Y \right] \quad (5.4.5-3)$$

式中 p_u ——深度 X 处的极限抗力, N/m ;

K ——初始模量 (以内摩擦角 ϕ 为参数, 查图 5.4.5-2 确定), MN/m^3 ;

Y ——桩侧位移, mm ;

X ——土表面下计算点的深度, mm ;

D ——桩径, mm ;

A ——考虑循环荷载或短期静载状态的系数, 按下式选取。

循环荷载:

$$A = 0.9$$

短期荷载:

$$A = (3.0 - 0.8 \frac{X}{D}) \geq 0.9 \quad (5.4.5-4)$$

5.4.6 软粘土的 p — Y 曲线

软粘土的 p — Y 曲线如图 5.4.6 所示。 p — Y 曲线的 OCDE 段为曲线, 其方程式为 $p/p_u = 0.5(Y/Y_c)^{1/3}$, 其余部分为直线。其中 OCDEF 曲线用于短期静载, OCDG 曲线用于循环荷载 ($X > X_R$), OCDHI 曲线用于循环荷载 ($X < X_R$)。各特征坐标如图 5.4.6 所示。

图中公式的物理意义解释如下:

p_u ——桩侧极限土抗力, kPa ;

p ——实际桩侧土抗力, kPa ;

Y_c ——达到极限土抗力之半时的位移值, mm ,

$$Y_c = 2.5 \varepsilon_c D$$

ε_c ——原状土不排水试验, 在 $1/2$ 最大应力时出现的应

变；

Y ——实际桩侧位移，mm；

X ——土表面下计算点深度，mm。

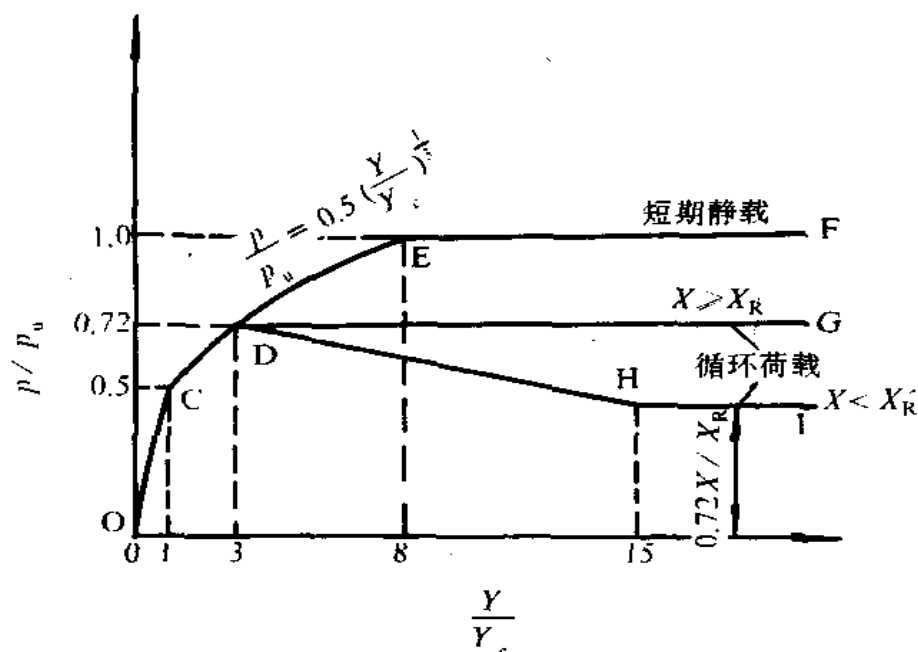


图 5.4.6 软粘土的 p — Y 曲线

当 $X < X_R$ 时， $p_u = 3C + \gamma X + \frac{JXC}{D}$ ；

当 $X > X_R$ 时， $p_u = 9C$ 。

极限土抗力的转折点深度 X_R 可由下式确定：

$$X_R = \frac{6D}{\frac{\gamma D}{C} + J}$$

式中 X_R ——极限土抗力的转折点深度，mm

C ——原状土不排水抗剪强度，kPa；

D ——桩径，mm；

γ ——土体有效容重， MN/m^3 ；

J ——无因次常数，取 0.25~0.5，土较硬取低值。

5.4.7 硬粘土 p — Y 曲线

硬粘土 ($C > 96\text{kPa}$) 在工程中应以实际试验资料绘制 p — Y 曲线, 并应对大变形情况下承载能力的迅速退化作出判断。

5.4.8 群桩效应

当桩距小于 8 倍的桩径时, 应考虑群桩效应。

5.5 桩的轴向承载力

5.5.1 一般要求

确定桩的轴向承载力可采用下列方法:

- (1) 现场试桩;
- (2) 静力公式;
- (3) 打桩动力公式, 但不能单独使用;
- (4) 地区性的半经验公式。

5.5.2 受压桩的极限承载力

5.5.2.1 受压桩的极限承载力 Q_d 应用下式计算:

$$Q_d = Q_r + Q_p = \sum f_i A_{si} + q A_p \quad (5.5.2-1)$$

式中 Q_d ——受压桩的极限承载力, kN;

Q_r ——桩侧摩阻力, kN;

Q_p ——桩尖阻力, kN;

f_i ——第 i 层土的单位面积侧摩阻力, kPa;

A_{si} ——第 i 层土的桩侧面积, m^2 ;

q ——单位面积桩尖阻力, kPa;

A_p ——桩尖总面积, m^2 。

5.5.2.2 粘性土中的单位面积侧摩阻力 f 和单位面积桩尖阻力 q 应按下列规定选取:

(1) 打入粘土中的桩, 单位面积侧摩阻力 f 应小于或等于粘土的不排水抗剪强度 C 。

缺乏资料时, 可按下列条件取值:

当 $C < 24\text{kPa}$ 时, 取 $f = C$;

当 $C > 72 \text{ kPa}$ 时, 取 $f = 0.5C$;

当 $24 \text{ kPa} < C < 72 \text{ kPa}$ 时, f 值内插确定。取值时应考虑土体扰动的影响。

(2) 打入粘性土中的桩, 单位面积桩尖阻力 q 取桩尖处土的不排水抗剪强度 C 的 9 倍。

5.5.2.3 砂性土中单位面积侧摩阻力 f 和单位面积桩尖阻力 q 应按下列规定选取:

(1) 砂性土中的单位面积侧摩阻力 f 应按下式计算:

$$f = K_0 p_0 \tan \delta \quad (5.5.2-2)$$

式中 f ——单位面积侧摩阻力, kPa ;

K_0 ——土层侧压力系数, 取 $0.5 \sim 1.0$;

p_0 ——有效上覆压力, kPa ;

δ ——桩土间摩擦角, 按表 5.5.2 选用, $(^\circ)$ 。

桩土间摩擦角 δ 值

表 5.5.2

砂土类型	内摩擦角 ϕ	桩土摩擦角 δ	N_q
砂	35°	30°	40
粉质砂土	30°	25°	20
砂质粉土	25°	20°	12
粉土	20°	15°	8

注: 此表值用于中密——密实的砂性土。

(2) 砂性土中单位面积桩尖阻力 q 应按下式计算:

$$q = p_0 N_q \quad (5.5.2-3)$$

式中 q ——单位面积桩尖阻力; kPa ;

N_q ——阻力系数, 按表 5.5.2 选用。

(3) 计算砂性土中的单位面积侧摩阻力 f 和单位面积桩尖阻力 q 时, 应考虑土质及埋深等情况, 并应符合下式条件:

$$f \leq 100 \text{ kPa} \text{ 及 } q \leq 100 \text{ MPa} \quad (5.5.2-4)$$

5.5.2.4 用静力公式确定桩的极限承载力时，还应考虑桩和土塞的质量及浮力的影响。

5.5.3 受拉桩的极限抗拔力计算

5.5.3.1 计算受拉桩的极限抗拔力时，可假定桩尖阻力为零，且考虑桩体有效质量的影响。

5.5.3.2 粘性土中抗拔桩的单位面积侧摩阻力应按本规范 5.5.2.2 的规定计算。

5.5.3.3 若砂性土抗拔桩的单位面积侧摩阻力小于受压桩的值，单位面积侧摩阻力应按本规范第 5.5.2.3 款的规定进行计算，但 $K_0 = 0.5$ 。

5.5.4 群桩效应

5.5.4.1 在粘性土中的群桩，当桩距小于 8 倍桩径时，应考虑群桩效应对承载力及变形特性的影响。在砂性土中，可不考虑群桩效应对承载力的影响。

5.5.4.2 粘性土中群桩的极限承载力 Q 可按下列规定确定：

(1) 当桩距小于 3 倍桩径时；可按公认的整体深基础法进行计算；

(2) 当桩距在 3~8 倍桩径时，可按下式进行计算：

$$Q = Q_d n e \quad (5.5.4)$$

式中 Q ——群桩的极限承载力，kN；

Q_d ——单桩的极限承载力，kN；

n ——群桩中的桩数；

e ——群桩效应系数。

e 按下式确定：

$$e = \frac{1}{1 + \eta}$$

式中 η ——应力折减率，按表 5.5.4 确定。

5.5.5 安全系数

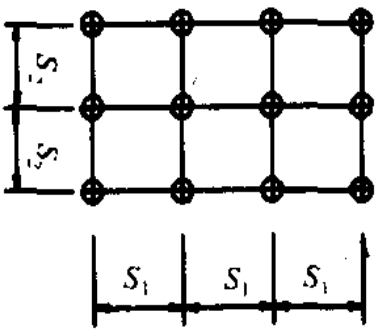
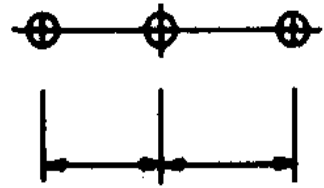
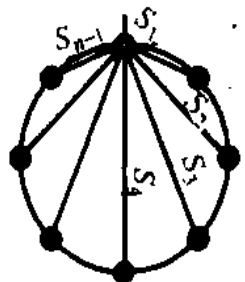
5.5.5.1 桩基的容许承载力应为极限承载力除以安全系数，所用安全系数应符合表 5.5.5 的规定。

5.5.5.2 地震荷载作用下，当土质为一般砂性土或粘土时，安全系数可为正常情况下的 0.8 倍。

安全系数

表 5.5.5

设计环境条件	荷载情况	安全系数 K
工作环境条件	平台上固定荷载加相应的最大活荷载	2.0
	平台上固定荷载加相应的最小活荷载	
极端环境条件	平台上固定荷载加相应的最大活荷载	1.5
	平台上固定荷载加相应的最小活荷载	

类型	桩位简图 (桩尖平面)	应力折减率 η	符号说明
A	 <p>本图中 $M=4$, $N=3$</p>	$\eta = 2B_{s1} \frac{M-1}{M} + 2B_{s2} \frac{N-1}{N} + 4B_{s3} \frac{(M-1)(N-1)}{MN} \quad (1)$ $B_{s1} = \left(\frac{1}{3S_1} - \frac{1}{2L \tan \phi} \right) D \quad (2)$ $B_{s2} = \left(\frac{1}{4S_2} - \frac{1}{2L \tan \phi} \right) D \quad (3)$ $B_s = \left(\frac{1}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} - \frac{1}{2L \tan \phi} \right) D \quad (4)$	<p>M, N—S_1 及 S_2 方向的桩数 (如图 所示);</p> <p>S_1, S_2—桩距 (如图所示), m;</p> <p>L—桩的入土深度, m;</p> <p>ϕ—土的内摩擦角, 分层土加权平均值, ($^\circ$);</p> <p>D—桩径, m.</p>
B		$\eta = 2B_s \frac{N-1}{N} \quad (5)$ $B_s = \left(\frac{1}{3S} - \frac{1}{2L \tan \phi} \right) D \quad (6)$	<p>S—桩距, m;</p> <p>N—桩数;</p> <p>ϕ—土的内摩擦角, ($^\circ$);</p> <p>L—桩入土深, m.</p>
C		$\eta = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{1}{3S_i} - \frac{1}{2L \tan \phi} \right) D \quad (7)$ <p>如式中的某项为负值, 则取其为零。</p>	<p>S_i—桩距 (如图所示), m.</p>

6 材 料

6.1 平台结构用钢材

6.1.1 一般规定

平台结构用钢宜采用船体用结构钢。在满足设计要求的情况下,也可采用船体用结构钢以外的其他钢材。

6.1.2 试验和检验

6.1.2.1 用于制造平台结构中特殊构件和主要构件以及管节点等所用的钢材,均应进行纵向和横向的夏比 V 型缺口冲击试验。

6.1.2.2 用于水下部分节点管段的 E_1 、 E_{32} 或 E_{36} 级船体用结构钢,当最小设计温度等于或小于 0°C 时,还应进行落锤试验(纵向试样)和纵横向的 V 型缺口冲击试验,落锤试验的无延性转变温度 (NDT) 和 V 型缺口冲击试验的试验温度应符合表 6.1.2 的规定。冲击试验结果应满足 E_1 、 E_{32} 或 E_{36} 级钢的冲击能量的要求。

落锤试验和 V 型缺口冲击试验温度表

表 6.1.2

D/t	落锤试验 NDT 或 V 缺口冲击的试验温度	取样条件
>30	设计温度以下 20°C	从平板取样
$20\sim30$	设计温度以下 30°C	从平板取样
20 以下	设计温度以下 10°C	从加工成型后的板中取样

注:① D 为圆管名义直径, t 为板厚 (mm)。

② 设计温度的定义见本规范 6.2.2。

6.1.2.3 平台结构用钢材的屈强比（屈服强度 σ_s / 抗拉强度 σ_b ）应符合下列规定：

- (1) 一般强度船体用结构钢材，其屈强比应不大于 0.7；
- (2) 高强度船体用结构钢材，其屈强比应不大于 0.85。

6.1.2.4 管节点用的钢材，如果没用大量使用资料证明其抗断裂性能时，应进行 COD（裂纹张开位移）试验。

6.1.2.5 平台结构中的特殊构件和重要构件如需防止疲劳破坏，应通过疲劳试验。

6.1.2.6 当平台结构所用的钢板要经受恶劣的冷作加工成型且未经热处理消除加工硬化时，应进行应变时效试验。

6.1.2.7 对板厚超过 15mm 用于制造特殊构件和主要构件的钢管、圆管或方管（如腿柱、导管、支撑等）的钢板，应逐张进行超声波检查，范围为钢板四周边 100mm 宽度的区域。

6.2 平台结构用钢材的选择

6.2.1 一般要求

确定平台结构所采用的钢材时，除应考虑钢材的化学成分和力学性能外，还应考虑各部位结构所处的应力状态、各构件的厚度、工作环境温度及钢材的冲击韧性、疲劳性能和抗层状撕裂能力。

6.2.2 设计温度

6.2.2.1 设计温度是考虑平台结构处于最低工作环境温度时不发生脆性破坏而用来选择钢材等级的温度。

6.2.2.2 结构露出水面部分（大气区和飞溅区）的设计温度应取作业区域近 10a 内最冷一天的平均气温。

6.2.2.3 水下结构部分（浸没部分的结构）的设计温度应取 0℃。

6.2.2.4 设计温度应根据国家主管部门关于作业海区气温和海水温度的实际测量记录进行统计确定。

6.2.3 结构用钢材等级的选择

平台结构用钢材的等级，可根据构件类别、构件厚度和设计温度按表 6.2.3 选用。

钢材等级选用表

表 6.2.3

构件类别	设计温度 (°C)	钢材等级						
		A	B	D	E	A _H	D _H	E _H
特殊构件	0	—	15	25	50	15	30	50
	-10	—	—	15	45	—	20	45
	-20	—	—	10	35	—	10	35
	-30	—	—	—	25	—	—	25
主要构件	0	20	25	40	50	25	50	50
	-10	10	20	35	50	20	40	50
	-20	—	15	25	50	10	30	50
	-30	—	—	15	45	—	20	45
次要构件	0	35	45	50	50	45	50	50
	-10	25	35	45	50	35	50	50
	-20	15	25	35	50	25	50	50
	-30	—	15	25	50	15	40	50

注：①表中所列数字为允许的构件最大厚度 (mm)。

②可采用插值法确定各种设计温度时的允许构件最大厚度。

③表中A_H、D_H、E_H分别表示A₃₂、A₃₆、D₃₂、D₃₆、E₃₂、E₃₆。

④构件厚度大于50mm或设计温度小于-30℃时，选用钢材种类应特殊考虑。

6.2.4 平台节点管段采用的钢材

(1) 水下节点：对超静定的导管架型平台水下部分，节点段的钢材（如导管架腿柱节点管段、重要的 X 型和 K 型节点的弦管，以及设计成搭接点的直通构件等），可选用符合本章要求的 E₁、E₃₂ 或 E₃₆ 船体用结构钢；

(2) 水上节点：对暴露于低温并可能受船舶撞击的水上管节点或可能产生断裂的任何位置的要害节点，其钢材应采用表 6.2.3 中特殊构件所规定的钢材；

(3) 要害节点：对承受高拘束、板厚方向收缩变形和板厚方向连续拉力荷载的要害节点，宜采用具有抗层状撕裂性能的钢

材，如 Z 向钢板等；

(4) 撑杆端部：与管节点连接的撑杆端部应采用与节点管段同一级或低一级的钢材。

7 防腐的一般规定

7.0.1 大气区、飞溅区和全浸区应采取不同的防腐措施。在设计强度以外，飞溅区和全浸区还应考虑一定的腐蚀裕量。

7.0.2 结构的腐蚀裕量应根据平台的使用年限、钢材种类、钢材年腐蚀量、防腐措施的有效率等确定。当需要的参数无法确定时，对于使用年限为 15a 的平台，其腐蚀裕量在飞溅区应不少于 3mm，在全浸区应不少于 1mm。

7.0.3 对涂层无效的冰撞区，可采用包复护套等方式进行保护，或考虑一定的磨蚀量。

7.0.4 与新鲜空气和流动海水隔绝的构件内表面，可不采取防腐措施。

7.0.5 防腐方式、方法、要求、检查应符合《滩海石油工程防腐蚀技术规范》的规定。

8 制 造

8.1 装 配

8.1.1 一般要求

浅海钢质固定平台的装配除执行本章规定外，尚可参照《船体建造精度标准》的有关规定。

8.1.2 对接

8.1.2.1 等厚度钢板对接时，板缝两侧的钢板应调整到同一平面，局部接缝可有少许错边（如图 8.1.2-1 所示），错边 a 应符合下列规定：

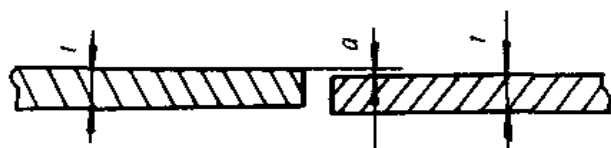


图 8.1.2-1 等厚度钢板对接

(1) 特殊构件和主要构件， a 值应小于 $0.15t$ ，且不大于 2mm；如接缝为 X 型坡口， a 值应不大于 3mm；

(2) 次要构件， a 值应小于 $0.2t$ ，且不大于 3mm；如接缝为 X 型坡口， a 值应不大于 4mm。

8.1.2.2 不同厚度钢板对接，若板厚差为下列数值时，则应将较厚钢板的边缘削斜，削斜的宽度应大于板厚差的 4 倍（如图 8.1.2-2 所示）：

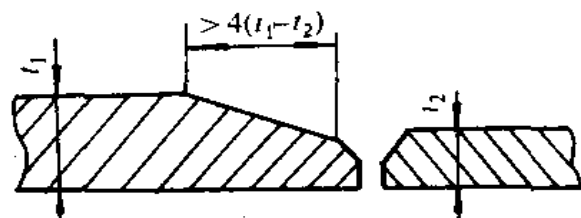


图 8.1.2-2 不同厚度钢板对接

(1)当较薄钢板的厚度 $t_2 \leq 10\text{mm}$, 板厚差超过 3mm 时;

(2) 当较薄钢板的厚度 $t_2 > 10\text{mm}$, 板厚差超过 4mm 时。

8.1.2.3 对接钢板的坡口形式可根据焊接方法采用《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》、《埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸》的有关规定。

8.1.2.4 对接钢板的装配间隙应符合焊接工艺要求, 当钢板厚度大于 50mm 时, 应充分焊透。

8.1.3 T 型连接和角接

8.1.3.1 全焊透的角焊缝, 必须开坡口, 坡口形式可根据焊接方法, 采用《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》、《埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸》的相应规定。

8.1.3.2 全焊透的角焊构件的装配间隙应符合焊接工艺要求。当构件厚度大于 50mm 时, 坡口角度和根部应有间隙, 且应充分焊透。

8.1.3.3 不焊透的角焊构件可不开坡口, 但装配时, 构件间应相互贴紧, 局部未能贴紧的部位, 其间隙 (如图 8.1.3 所示) 应不超过下列规定:

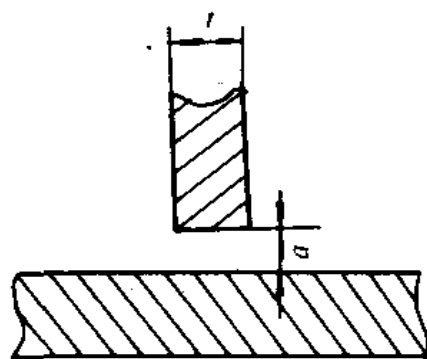


图 8.1.3 不焊透 T 型连接

(1)当焊件厚度 $t \leq 10\text{mm}$ 时, 为 2mm;

(2) 当焊件厚度 $t > 10\text{mm}$ 时, 为 3mm;

(3) 处于仰焊位置时, 为 2mm。

8.1.4 圆管构件

8.1.4.1 用于弦杆和撑杆的圆管，其每节最小长度应为900mm或管内径，取两者中较小值，圆管长度的偏差在每3m内应不超过 $\pm 38\text{mm}$ 。

8.1.4.2 圆管不圆度 ΔD （圆管构件在同一截面上最大外径和最小外径之差）的允许偏差可根据圆管外径 D 和壁厚 t 按下列规定确定：

(1) 当管子壁厚 t 小于或等于 50mm 时， ΔD 应不超过名义直径的 1%，且不超过 6.5mm；

(2) 当管子壁厚 t 大于 50mm 时， ΔD 应不超过壁厚的 $1/8$ ；

(3) 大直径的圆管（外径超过 1200mm），当其外圆周长度偏差在 6.5mm 以内时， ΔD 最大偏差可放宽到 12.5mm。

8.1.4.3 外圆周长偏差应为名义圆周长的 1% 或 12.5mm，取两者中较小值。

8.1.4.4 圆管直线度的允许偏差可根据圆管长度 L 按下列规定确定：

(1) 当 $L < 3\text{m}$ 时，直线度偏差应不超过 $1\text{mm}/\text{m}$ ；

(2) 当 $L \geq 3\text{m}$ 时，圆管全长的直线度偏差应不超过总长的 $1/1000$ ；在长度的任意 3m 内直线度偏差应不超过 3mm；

(3) 当 $L > 12\text{m}$ 时，在长度的任意 12m 内直线度偏差应不超过 10mm。

8.1.4.5 用于制桩的管段最小长度应为一个管径或 1m，取两者中较小值。桩每 3m 长度段的直线度最大允许偏差应为 3mm，每 12m 长度段的最大允许偏差应为 10mm。当桩长度超过 12m 时，其直线度最大允许偏差应为 13mm，两相邻桩段的纵向焊缝至少应错开 90° 。

8.1.4.6 为防止累计偏差的增加，应采用校正措施。检查直线度时，应采取在至少三个径向的点上沿管子长度拉一钢丝线的方法作重复检查。

8.1.5 梁材

8.1.5.1 具有相同横截面的梁段可以拼接，悬臂梁不应在靠近支点一半悬臂长的范围内拼接。对于任意跨度的梁不应在其中部四分之一跨距内、靠近支点的八分之一跨距内以及支点上进行拼接。相邻拼接缝之间的距离应不小于两倍梁高或 1m 中的较小值。

8.1.5.2 梁的腹板和面板的连接可采用连续的双向填角焊缝。焊缝应具有凹陷的外形，并应平滑过渡到腹板和面板上。

8.1.5.3 梁的拼接处、相交处以及重要的连接处应采用全焊透焊缝。面板和面板扶强板之间的连接应采取双面全焊透焊缝。扶强板和腹板的连接可采用双面连续填角焊缝。

8.1.5.4 相邻拼接缝之间的距离应不小于两倍的梁高或 1m 中的较小者，在对结构的整体性是关键区域内，拼接位置应由设计者指定。

8.1.6 管节点

8.1.6.1 当两个或两个以上管件连接成一个管节点时，直径最大的管件在节点处应连续，其他较小的管件作为支管装配在这根连续的管件上。当两个或两个以上的支管在节点处相交时，应按壁厚或管径大小决定其与节点的装配顺序，壁厚最大的管件应为连续；如果支管壁厚相同，则直径大的为连续。

8.1.6.2 管节点的管件端部应开不带钝边的坡口，整个节点的焊缝应完全焊透，焊缝表面应向两侧母材平滑过渡。

8.1.6.3 当管节点只能从外边焊接时，管件的坡口应采用如图 8.1.6-1 所示的形式，坡口应为无钝边的倾斜薄边，坡口角度的公差应不超过 $+5^\circ$ 。装配后若 C 区域的坡口间隙太小，可用电弧气刨按图 8.1.6-1 修改后的区域所示的形状加以扩大。焊根间隙 a 应符合表 8.1.6 的要求。

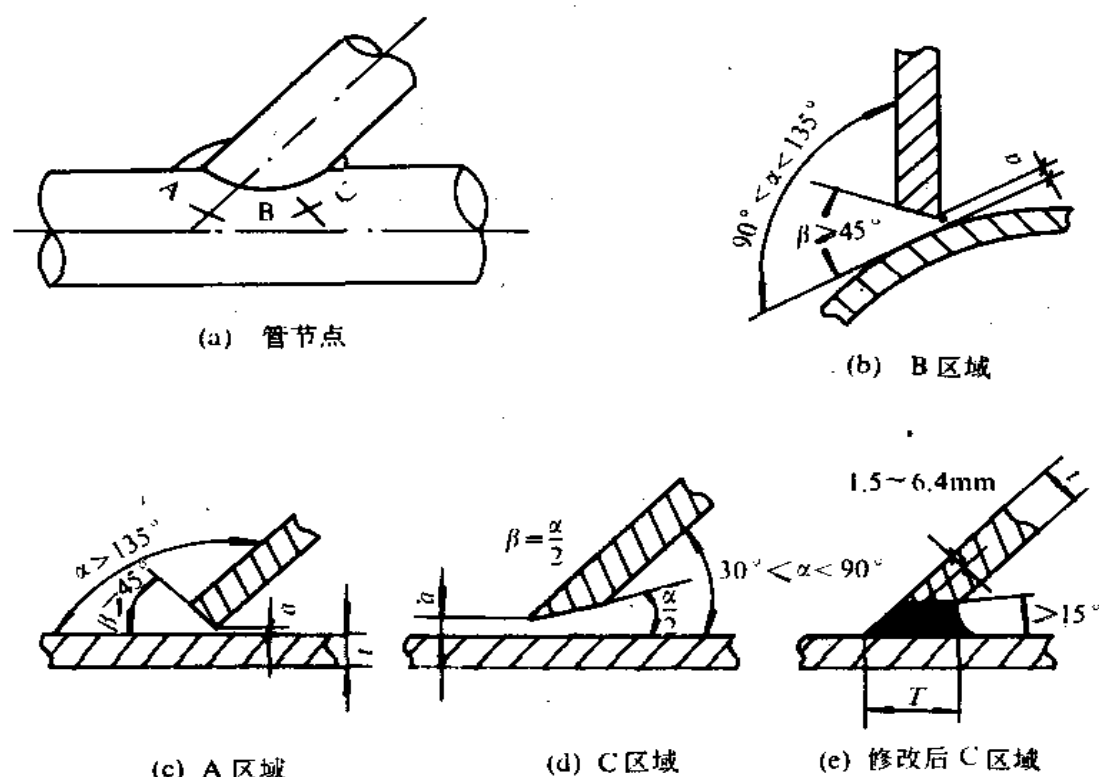


图 8.1.6-1 从外边焊接管节点时的坡口形式

从外边焊接管节点时焊根间隙

表 8.1.6

坡口角度 β	焊根间隙 $a(\text{mm})$
$> 90^\circ$	0~5.0
$45^\circ \sim 90^\circ$	1.5~5.0
$< 45^\circ$	3.0~6.5

8.1.6.4 当管节点可以从内、外两面进行焊接时，管件的坡口应采用如图 8.1.6-2 所示的形式，坡口角度的公差应不超过 $+5^\circ$ ，焊根间隙 a 应为 2mm，最大应不超过 6.5mm。

8.1.6.5 在焊缝外形需要控制的地方，应将焊缝按图 8.1.6-3 所示加工成光滑的凹型，凹型半径 r 的最小值根据管件间的夹角 α 和支管壁厚 t 规定如下：

- (1) 当 $\alpha > 130^\circ$ 时， $r > t$ ；
- (2) 当 $\alpha < 130^\circ$ 时， $r > t/2$ 。

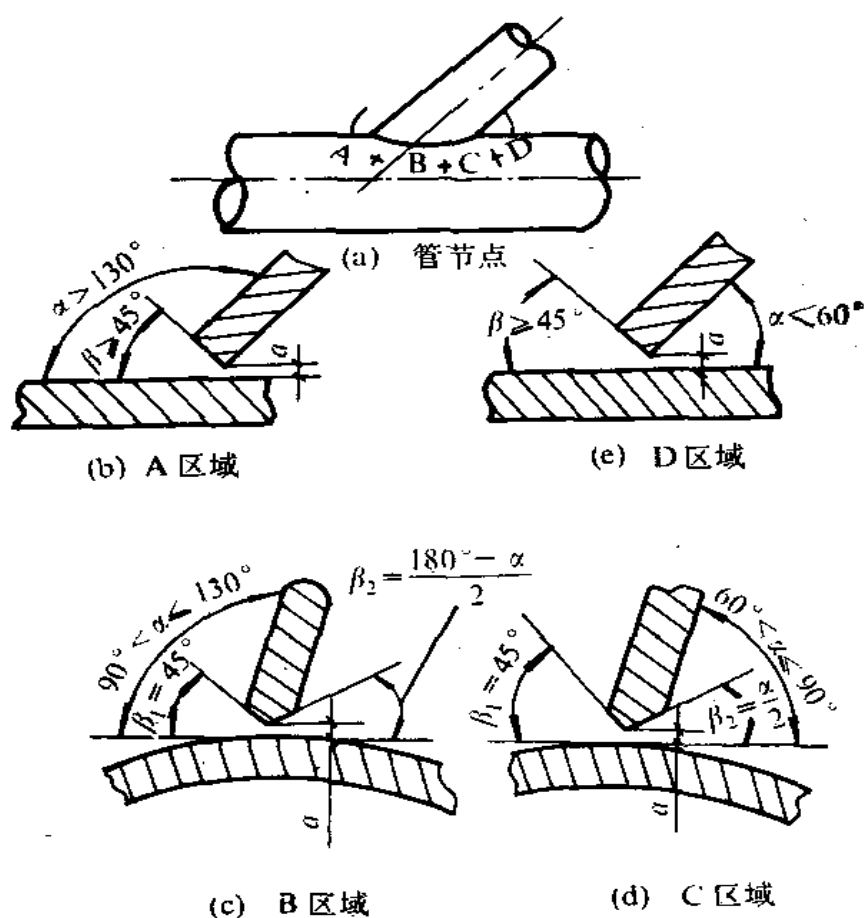


图 8.1.6-2 从内、外两面焊接管节点时的坡口形式

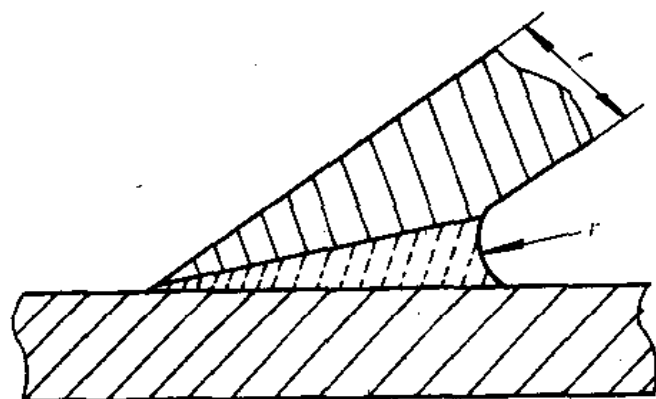


图 8.1.6-3 焊缝外形需控制时的焊缝要求

对于焊缝外形有控制要求的管节点，应对其焊缝介于撑杆和

弦杆两边的焊趾部位做 100% 磁粉探伤，或着色探伤检查近趾焊缝和热影响区的表面缺陷。

8.1.6.6 节点板的槽口与一环向焊缝的距离 L （如图 8.1.6-4 所示）应不小于管壁厚度的 12 倍，且应大于 300mm。管件割槽应先在此槽末端钻孔，孔径 d 应比槽口宽度 b 大 3mm（如图 8.1.6-4 所示），节点板与槽口末端相交处的边缘应加工成半圆形。

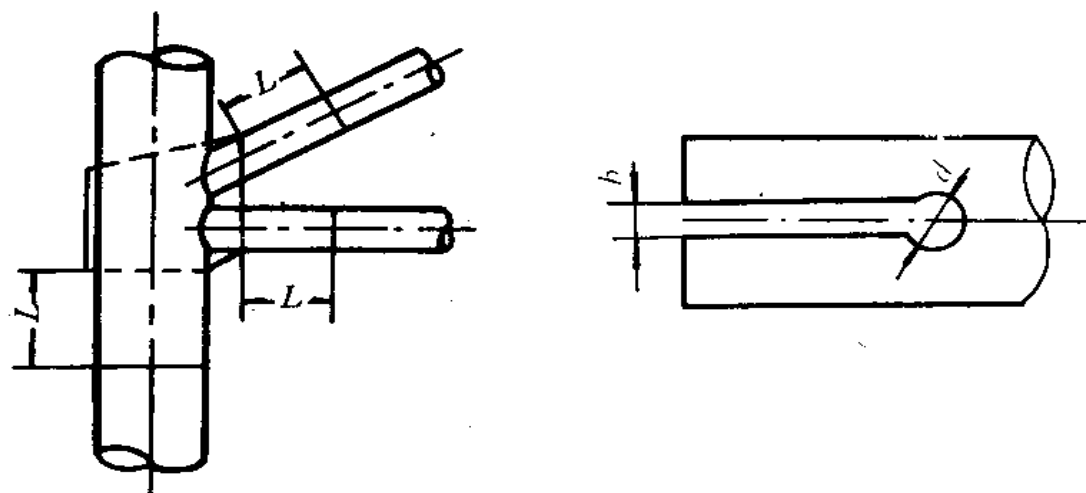


图 8.1.6-4 节点板与环向焊缝的关系

8.2 平台结构用焊接钢管

8.2.1 制造

8.2.1.1 制造焊接钢管的钢板等级应根据钢管用于平台结构部件的构件类别、壁厚和设计温度，按本规范第 6 章有关规定选用。

8.2.1.2 钢管的加工、装配以及尺寸公差和表面质量等应符合本章的有关规定。

8.2.1.3 钢管的焊接技术要求，除应符合本节规定外，尚应符合本规范第 10 章的有关规定。

8.2.2 力学性能试验

8.2.2.1 焊接钢管的焊接接头的力学性能试验项目和试样数量

应符合表 8.2.2-1 的规定。

焊接钢管的焊接接头的力学性能试验项目和试样数量 表 8.2.2-1

试验项目	构件类别	
	特殊构件	主要构件
焊接接头拉力	每批抽作一组 二个试样	每批抽作一组 二个试样
焊接接头正弯		
焊接接头反弯		
夏比 V 型缺口冲击试验 (焊缝中心)	每批抽作一组 三个试样	每批抽作一组 三个试样
夏比 V 型缺口冲击试验 (熔合线 2mm)		
维氏硬度试验	每批抽作一组	—

注: ①表中所有试验项目的试样应取自同一根钢管。

②每一批钢管应用同一炉罐钢水浇铸轧制的钢板, 并且具有相同的直径和壁厚。每一批最大质量应不超过 50t。

8.2.2.2 焊接接头的拉力试验应符合下列规定:

(1) 试样应垂直于焊缝纵向轴线, 试样形状、尺寸和加工要求应符合《焊接接头拉伸试验方法》的规定; 试样应是全厚度, 焊缝余高应机加工至与钢板表面齐平; 当管壁厚度超过 30mm 时, 允许从一面刨薄至 30mm;

(2) 试验应在常温下进行, 焊接接头的抗拉强度应不低于母材抗拉强度的最小规定值。

8.2.2.3 焊接接头的弯曲试验应符合下列规定:

(1) 试样形状、尺寸、加工要求应符合《焊接接头弯曲及压扁试验方法》的规定; 试样应是全厚度, 焊缝余高应机加工至与钢板表面齐平, 当板厚超过 30mm 时, 允许从试样受压一面刨薄至 30mm。

(2) 压头直径应符合表 8.2.2-2 的规定。

焊接接头压头直径

表 8.2.2-2

钢管强度等级 (MPa)	压 头 直 径	
	特殊构件	主要构件
一般强度钢 $\sigma_s < 235$	$2t$	$2.5t$
高强度钢 $\sigma_s < 360$	$(2.5 \sim 3.5)t$	$(3 \sim 4)t$
高强度钢 $360 < \sigma_s < 420$	$(3.5 \sim 4)t$	$(4 \sim 4.5)t$

注: ① t 为钢管壁厚 (mm)。

② σ_s 为材料的屈服强度。

(3) 弯曲试验应在常温下进行, 弯曲角度应为 180° 。试样弯曲后, 受拉表面出现的裂纹或其他缺陷的长度应不大于 3mm。

8.2.2.4 焊接接头冲击试验的试样形状、尺寸、加工以及试验温度、试验结果等均应符合《焊接接头冲击试验方法》的规定。

8.2.2.5 焊接接头的硬度试验应在焊缝的宏观组织截面上进行维氏硬度 HV5 测定, 测量点如图 8.2.2 所示。当钢材的屈服强度 $\sigma_s < 420\text{MPa}$ 时, HV5 的最大值应为 280。

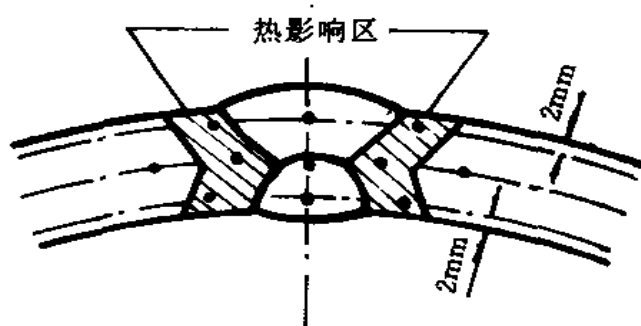


图 8.2.2 焊接接头硬度试验测量点

8.2.3 无损探伤检验

焊接钢管的焊缝质量应符合本规范第 11 章的规定。

8.3 制造偏差

8.3.1 导管架和甲板部位的立柱

8.3.1.1 任一立柱中心线到任一方向上的相邻立柱中心线之间的水平距离偏差应不超过 13mm。

8.3.1.2 角柱与其两边相邻的角柱所形成的两直线间的夹角与设计角度的偏差，应不大于 $1/60$ 。

8.3.1.3 由立柱构成的矩形平面的对角线应相等，其偏差应不大于 20mm。

8.3.1.4 导管架的总装应在同一水平面上，其立柱安装位置的偏差应不超过 13mm。立柱的标高应经常检查与调整，它与基准面的偏差应小于 13mm。

8.3.2 导管架和甲板部位的横撑

在同一水平面上的所有撑杆在垂直方向与图样尺寸的偏差应不超过 13mm。撑杆端点安装位置的偏差应不超过 13mm。

8.3.3 甲板横梁

8.3.3.1 甲板横梁安装应使其面板成水平或成规定的斜度，腹板成垂直。焊接所造成的甲板横梁的变形应予以校正。

8.3.3.2 甲板横梁中心线在端点处的安装偏差应不大于 13mm。横梁中心线上任一点的偏差在水平方向应不大于 19mm，在垂直方向应不大于 13mm。

8.3.4 帽横梁

8.3.4.1 导管架帽的横梁安装应使其面板成水平，并且使其腹板垂直。焊接所造成的帽横梁的变形应予以校正。

8.3.4.2 导管架帽的横梁中心线在端点处的安装偏差应不大于 13mm。帽横梁的中心线上任一点的偏差在水平方向应不大于 10mm，在垂直方向应不大于 6mm。

8.3.5 格栅

格栅中的节点必须在支撑点上。

8.3.6 栅栏与扶手

制造之后的栅栏与扶手应能达到栅栏顶部在外观上保持笔直和水平。

8.3.7 踏脚板与扶梯

踏脚板的高程以及踏脚板与扶梯的水平位置的安装偏差应不大于 10mm。

8.3.8 桩

钢管桩制造时坡口的钝边最大不规则度应不超过每米直径 5mm，且最大允许不规则度应不超过 6mm。除另有规定外，成品桩与图样长度之差应不大于 300mm。

9 安 装

9.1 一 般 规 定

9.1.1 工艺程序与计划

平台的安装应按照设计图样的要求,将平台各部分装船并送到安装现场就位,并将各部分组装成一个稳定的结构。

平台安装应编制工艺程序,该程序应包括:所有部件装船、海运固定、运输和完成导管架、桩、隔水套管、上部结构和设备安装的方法和程序;编制说明;各种工艺方案图表;关键工序及重要环节,如灌浆、潜水、焊接、检验等应详细说明;环境条件、驳船、稳性或结构强度(如吊装)均应在工艺方案中通过文字、计算、图样加以表述。

工艺程序应有分成若干阶段的进度计划,如装船、海运固定、运输、安装等阶段。各有关部门,如器材供应、施工机具、后勤保障等均应作出相应的计划,并进行综合协调运行。

9.1.2 记录和文件

在装船、运输和安装期间,应有齐全的基础资料,包括值班记录、沉桩记录、报表、无损探伤记录等。这些记录应包括设计变更、施工变更及在安装期间所发生的特殊环境条件。交工时应将上述记录和文件移交甲方。

9.1.3 安装力

每个安装阶段的受力状况应按本规范第 2.2.6 条的规定计算,通过结构分析计算保证施工中平台强度、刚度。结构构件计算应符合本规范第 4 章的规定。

9.1.4 临时撑杆和索具

在结构安装中使用的吊绳、卡环、销钉,其力的计算、荷载系数、容许应力、安全系数及临时支杆或撑杆的焊接与拆除均应

参照《海上固定平台规划设计和建造的推荐作法》的规定执行。

9.2 运 输

9.2.1 一般要求

9.2.1.1 应根据所运输的平台类型作出周密的计划。

9.2.1.2 运输可采用起重船吊运、驳船载运、浮力装置（或结构自身浮力）浮运等方法。

9.2.1.3 导管架型平台需运输的部件应包括：导管架、桩、上部结构和其他部件。

9.2.2 吊运

9.2.2.1 吊运仅允许用于小型导管架在近距离范围内的运输，并应在良好的天气和海况的条件下进行。

9.2.2.2 在吊运作业过程中，应对可能遇到的较不利的环境及动力荷载对吊机和被吊结构的影响采取以下安全措施：

（1）作业和起重船应具有足够的稳性和适当的起吊能力裕度；

（2）被吊结构与起重船之间应进行适当的连接和固定；

（3）吊索及索具应根据本规范第 9.5.1.3 款的规定加大安全系数。

9.2.3 驳运

9.2.3.1 载运平台结构的驳船应适合于海上运输，并应有足够的装载能力和适当尺度。如果导管架直接从驳船滑移下水，驳船应具有进行这种作业的能力。

9.2.3.2 平台滑移上驳时，应使上驳压载变化与作业时所在海区的潮位变化相适应。

9.2.3.3 平台应根据合理的装载程序装上驳船，必须保证驳船的稳定与平衡，必要时驳船应进行压载。

9.2.3.4 驳船上应合理地设置支撑平台的垫墩、支座和下水滑道。

9.2.3.5 在运输中，应根据可能遇到的恶劣环境条件，对平台

结构做可靠地绑扎和固定。设置和拆除这些绑扎和固定时，均不得损害结构强度。

9.2.4 浮运

9.2.4.1 浮运系统（包括导管架结构和浮力装置）应具有足够的稳性和储备浮力，并应设置必要的系泊、拖船装置。

9.2.4.2 浮运系统在拖航之前应进行水密性、浮力和灌水系统的操作与控制性能等试验和检查，经有关方面同意后，方可拖航。

9.2.4.3 浮运的平台结构与浮力装置间的支撑与连接，应保证浮运作业中不致发生损坏和失稳。

9.2.5 拖航

9.2.5.1 拖轮应具有足够的功率和吨位，在规定的海洋环境条件下，能正确地控制被拖结构，并保持适当的航速。

9.2.5.2 所选择的拖航航线，应有足够的海上机动区和适当的船底（或结构底部）净空。

9.2.5.3 拖航之前，应掌握可靠的天气预报；在拖航中应及时掌握气候和海洋环境条件。

9.2.6 静水力稳性

9.2.6.1 在各种有关荷载作用下的海上作业阶段，结构或驳船应具有足够的稳性和储备浮力，且应满足下列要求：

（1）经自由液面修正后的初稳性高度 GM 应不小于 $1m$ ；

（2）因有关荷载引起的横倾角应不超过 5° ，确定风压倾侧力矩用的风荷载应符合《滩海环境条件与荷载技术规范》的规定。

9.2.6.2 必要时，应进行倾斜试验，以便确定拖航及安装作业中的稳性。

9.3 导管架下水就位

9.3.1 一般要求

9.3.1.1 平台部件运送到海上安装位置，在其后进行的各种作

业期间均应遵守平台所在水域和地区的有关安全条例，应按国家有关部门的规定设置各种明显的标志。

9.3.1.2 为安全作业和海上救援所必需的各种物资器材及其他设备，应按国家有关部门的规定配备。

9.3.2 锚泊

在下水扶正定位、调整等架设阶段，应为从事施工的起重船、供应船提供满足下列要求的锚泊条件：

(1) 缆索的长度应与安装地点的水深相适应；

(2) 锚的大小和形状，应使锚能嵌入并固定在安置地点的海底，足以经受作业期间可能出现的潮汐、海流、波浪和风的作用；

(3) 作业中一旦发生走锚时，起重船和供应船应能从平台导管架离开，而不致碰撞导管架。

9.3.3 下水与扶正

9.3.3.1 采用起重船将导管架起吊下水与扶正时，应按导管架在驳船上放置状态设计吊具与索具，使导管架能安全地吊离驳船和下到水中。吊索应拴在导管架重心的稍上部位。

9.3.3.2 采用滑移下水时，需对导管架的质量、重心位置、浮力、浮心位置、下水角度、入水速度和下水现场的水深进行综合分析。

9.3.3.3 导管架从驳船上滑移下水时，应满足下列要求：

(1) 驳船上应设置下水滑道、摇臂、可控的压载系统、绞车以及其他动力装置；

(2) 下水的导管架的设计和制造，应考虑能承受因下水而引起的应力；对在下水中可能发生超载的部位，应进行加强或设计专用下水桁架，必要时两种措施可同时使用；

(3) 下水的导管架应是可浮的；

(4) 扶正或竖立导管架的起重船，应有足够的能力和尺度改变和控制导管架的运动状态。

9.3.3.4 拖运至现场，或从驳船上卸下的导管架的扶正（或竖

立)作业,可采用起重船和可控制或可调节的灌水系统。竖立作业应有严密的操作程序,其中应包括导管架扶正时所必须的提升和控制灌水步骤的协调。必要时应提供封闭装置和起吊连接件。灌水系统应能承受扶正过程中产生的水压力。

9.3.3.5 下水与扶正(或竖立)过程中,应保证有足够的船底(或结构底部)作业净空。

9.3.4 定位

9.3.4.1 导管架安装位置与方向的偏差,应在设计允许的范围

内。
9.3.4.2 应根据定位的精度要求,选择导管架定位的测量方法和仪器设备。

9.3.4.3 在导管架安装位置处,应预先设置定位测量的标志。定位作业开始前,还应进行测验与校正。

9.3.4.4 在已完工的油井上安装导管架时,井口应采取有效的保护措施。

9.3.5 下沉

9.3.5.1 导管架应以能控制的方式下沉,并有扶正措施。

9.3.5.2 导管架下沉的压载系统应有一定的压载速度和可逆的压载程序。导管架着地时,应避免突然的碰撞和过大的冲击,以免损坏底部结构。

9.3.6 调平

9.3.6.1 为达到设计的人土深度和允许的偏差,导管架应有足够的压载容量。

9.3.6.2 在打桩前应对导管架进行调正,其水平误差应在设计允许范围之内。

9.4 打 桩

9.4.1 一般要求

9.4.1.1 每根桩都应完好无损地打至接近设计贯入深度,所有现场施工的结构连接均应符合设计要求。

9.4.1.2 应用适当的方法进行桩的可打入性分析，并以此为依据制定打桩作业程序和配备必要的打桩设备。

9.4.1.3 应避免在打桩作业开始后，再对导管架进行调平。

9.4.2 打桩设备

9.4.2.1 应根据打桩分析和工程实践，合理地选择打桩锤、替打、锤垫材料及其他辅助设备。

9.4.2.2 如缺乏经验和资料，应通过现场试桩选择打桩锤。试验的数据应作详细记录并存档。

9.4.3 打桩作业

9.4.3.1 为使导管架保持稳性，应按程序进行打桩，桩的各个分段应编好标记，并标明贯入深度线，以便作业和记录。

9.4.3.2 打桩作业中，若用起吊环或焊接吊耳起吊桩段时，应符合下列规定：

(1) 桩的吊环或吊耳以及吊索、吊具的设计，应考虑桩在起吊和插入时的应力和冲击力，并应考虑整个桩段的全部重量只有一个吊环或吊耳承受的情况；

(2) 桩在起吊和插入时，应注意保持桩尖不受损坏；

(3) 应在距桩表面约 6mm 处割除吊环和吊耳及其他焊接在桩上的附件，切割时应不损伤桩表面，切割处应打磨平滑，不应有任何妨碍打桩的剩余凸出物。

9.4.3.3 打桩时应使打桩锤与桩的中心线保持在同一直线上，应减少打桩中的停顿次数和间歇时间。

9.4.3.4 停锤贯入度（见本规范第 9.4.4.2 款）不应作为最后终止打桩的标准。当打桩达到规定的停锤贯入度时，可改用其他的打桩方法（如使用更大的打桩锤、冲桩或钻孔取出桩内土塞等等）继续把桩打入到规定的人土深度。

采用其他方法打桩或改变桩的人土深度时，应经设计及业主的同意。

9.4.4 贯入深度与贯入度

9.4.4.1 所有的桩均应按设计要求贯入到规定的人土深度。人

土深度的误差应控制在允许的范围內。

9.4.4.2 打桩时停锤贯入度应根据所用桩锤的大小、制造厂推荐的工作压力和速度，以及实践经验或试打桩数据确定。

停锤贯入度，可用连续贯入某段深度的每一锤击最小平均贯入度或单位贯入深度的最大平均锤击数来表示。

9.4.5 接桩与焊接

9.4.5.1 接桩时，应用导向装置进行上下桩段的穿入和对中，导向装置的安装应紧凑而均匀，导向装置在接口焊接前应能承受上桩段的全部重量。

9.4.5.2 接桩前，下桩段应按设计规定切割余量，将切口打磨平整并符合下列要求：

- (1) 割口端面的不平整度应不大于 2mm；
- (2) 割口端面的倾斜应小于桩径的 0.5% 或 4mm，取两者中较小值。

9.4.5.3 上、下桩段的装配与焊接应符合下列规定：

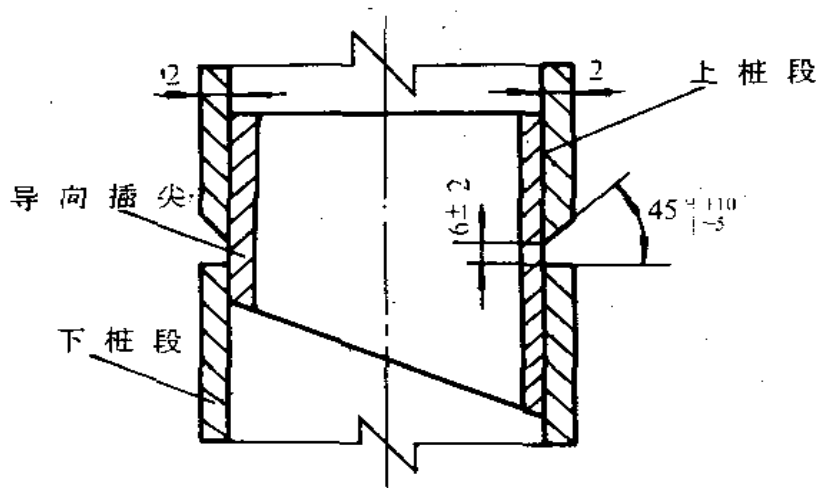


图 9.4.5 接桩坡口形式

(1) 上桩段与下桩段的装配应控制直度偏差，并防止直度偏差的累积过分增大；

(2) 接口的错位偏差应不大于桩壁厚的 0.15 倍或 4mm，取两者中较小值；接口上、下桩段的纵焊缝至少应错开 90°；

(3) 接桩的坡口形式, 应符合图 9.4.5 的规定;

(4) 接口的焊接及检验应符合本规范第 10 章及第 11 章的有关规定。

9.4.6 固定连接与灌浆

9.4.6.1 桩全部打完后, 应按设计要求进行固定连接。连接前, 应对桩与导管架腿柱之间的间隙, 用间隙板进行调整固定。

9.4.6.2 桩与导管架腿柱之间的环形空间需要灌注水泥浆时, 应符合下列要求:

(1) 在环形空间内, 与水泥浆接触的桩和结构的钢材表面应去除油漆、油脂或其他任何会降低连接强度的物质;

(2) 导管架腿柱的底部应采取防止水泥浆漏失和隔绝外部海水与泥土进入的措施或使用密封装置;

(3) 灌浆设备应具有连续配制与灌注水泥浆的能力;

(4) 水泥浆的相对密度应在配制时和返出时予以测定和控制, 水泥浆应用不低于 425 号的水泥拌制, 相对密度不宜小于 1.8, 在灌浆时应保持灌浆压力和速度;

(5) 应在不要求水泥浆返出水面的情况下, 测量并检查灌浆的质量。

9.4.7 打桩记录

在整个打桩过程中, 应详尽记录有关打桩的数据和情况, 主要包括以下内容:

(1) 工程名称、作业日期、施工单位;

(2) 桩的规格尺寸及桩位布置;

(3) 桩在自重下的人土深度;

(4) 桩在桩锤质量下的人土深度;

(5) 在整个打桩过程中, 桩锤的能量, 总锤击数以及单位深度的锤击数与累积击数;

(6) 在打桩过程中, 桩或桩锤出现的异常情况;

(7) 打桩的间歇次数和时间 (包括接桩);

(8) 打每一段桩经历的时间;

- (9) 打桩结束后, 桩内土塞与水面的标高;
- (10) 整个桩和每个桩段的实际长度与切割后的长度;
- (11) 有关打桩、冲桩或钻孔等作业的数据与资料。

9.5 上部结构安装

9.5.1 安装准备

9.5.1.1 上部结构安装前, 应测量桩顶标高和切割余量。应保证上部结构准确定位。甲板的安装标高与设计标高的误差应不大于 75mm, 甲板平面的水平误差应小于 13mm。

9.5.1.2 上部结构的主要构件, 应预先在陆地制造时进行试吊或试组装。

9.5.1.3 起吊用的吊索与吊具应符合下列要求:

(1) 吊索长度的误差应不大于规定长度的 $\pm 0.5\%$ 或 75mm, 取两者中较小者;

(2) 吊索的安全系数应不小于 4; 若作业条件恶劣, 吊索的安全系数应增大;

(3) 卸扣和索具应按吊索的最大荷载选择;

(4) 吊索和索具应合理地布置, 必要时可采取撑杆与其他辅助装置, 防止被吊结构发生变形或损坏。

9.5.2 附属装置与涂漆

9.5.2.1 上部结构安装完成后, 所有梯道、扶手和其他类似附属装置应按规定安装。

9.5.2.2 现场安装中的连接部位及所有的涂层损坏部位, 均应按设计要求除锈和补漆, 有关涂漆的要求应符合《滩海石油工程防腐蚀技术规范》的规定。

10 焊 接

10.1 一 般 规 定

10.1.1 焊接设备

焊接所使用的设备应参数稳定、调节灵敏，且能保证焊接工艺、焊接质量和安全可靠的要求。

10.1.2 焊工

焊工应持发证检验机构认可的合格证书，并从事与证书相应的焊接工作。

10.2 焊 接 材 料

10.2.1 焊材的选用

10.2.1.1 焊接平台用的焊条、焊丝、焊剂、气体保护焊用的钨极连同保护气体应符合发证检验机构认可的标准。

10.2.1.2 焊接材料应由发证检验机构认可的制造厂生产，制造厂应出具完整的试验合格证件及使用说明书。

10.2.2 复验要求

10.2.2.1 施工单位应从每一批新到厂的焊接材料中抽样进行焊接试验，复验焊材的熔敷金属的力学性能及冲击韧性、扩散氢或焊条的含水量，应符合产品标准的规定。

10.2.2.2 复验报告应存档，复验不合格的焊材不得用于平台的焊接。

10.2.3 焊材的贮藏、保管和使用

10.2.3.1 焊材应密封包装并贮藏于相对湿度不大于 45%，温度不低于 15℃ 的干燥处。

10.2.3.2 焊条应根据说明书进行烘干，然后放于焊条保温筒中，随用随取，但不应超过 4h，烘焙次数不得超过两次，超过

两次的只能用于平台一般构件的焊接。

10.2.3.3 埋弧焊剂焊前应进行烘干，一般应加热到 120~150℃，保温 1h，焊剂中不应混有其他杂物。

10.2.3.4 焊丝宜选用镀铜焊丝，焊丝使用之前应去锈、去油，缠好的焊丝不应放置时间过长，以防生锈。

10.3 焊接工艺认可

10.3.1 一般要求

10.3.1.1 建造平台前,应根据平台结构制订焊接工艺规程，并进行焊接工艺认可试验。焊接工艺规程及认可试验的审批手续应齐全。

10.3.1.2 已认可的焊接工艺，若有修改，应重新进行焊接工艺认可试验。

10.3.1.3 焊接工艺认可试验用的钢材应采用合格的且与平台结构所用钢材级别相同的钢材。

10.3.1.4 焊接工艺认可、焊接工艺认可试验及各种检验和试验方法应符合发证机构认可的标准。

10.3.1.5 焊接工艺认可试验的类型和数量应符合表 10.3.1 的规定。

10.3.1.6 制定的焊接工艺规程应经试验合格后方能有效。

10.3.1.7 焊接工艺规程应包括下列内容：

- (1) 母材的材质和厚度；
- (2) 焊接材料的牌号及规格；
- (3) 接头类型、坡口形式、尺寸及加工要求；
- (4) 焊道布置与焊接次序；
- (5) 焊接位置；
- (6) 焊接参数（焊接电流、电压、焊接速度、线能量等）、焊前预热、层间温度、焊后缓冷和焊后热处理等；
- (7) 焊缝的碳弧刨削的工艺参数（碳棒直径、电流、电压、气压等）；

(8) 焊接设备及其他要求。

焊接工艺认可试验的类型和数量

表 10.3.1

接头型式	板（或壁）厚度 (mm)	无损检验 100%	机械性能试验				
			拉伸	弯曲	冲击试样	宏观及硬度	
					组数	板	管子
板对接和管	< 50	RT	2	2	4	1	2
对接	> 50	UT+MT(PT)	2	2	6	1	2
角接	各种厚度	MT 或 PT	—	—	—	3	3
T 型接头	< 50	UT+MT(PT)	—	—	4	1	—
(板材)	> 50	UT+MT(PT)	—	—	6	1	—
管节点	< 50	UT+MT(PT)	—	—	4	—	2
	> 50	UT+MT(PT)	—	—	6	—	2

注：①表中RT表示射线探伤，UT表示超声波探伤，MT表示磁粉探伤，PT表示渗透探伤。

②板厚大于或等于20mm的对接焊试件，取一个焊接接头拉力试样和一个熔敷金属拉力试样分别进行拉伸试验。厚度小于20mm的试件只取一个焊接接头拉力试样进行试验。管子对接焊试样，取两个接头拉力试样进行试验。

③厚度小于20mm的试件，取一个正弯和一个反弯试样进行弯曲试验；厚度大于或等于20mm的试件，取两个侧弯试样进行试验。

④冲击试验的取样位置和数量应符合本规范10.3.3.2的规定。

10.3.2 认可试验的有效范围

10.3.2.1 工艺认可试验结果适用于与试验材料相同级别的钢材和焊接材料（钢材的级别和焊材的级别是以强度及冲击试验温度划分的），且厚度的有效范围不得超过试板的 $\pm 25\%$ ，但冲击试验温度低的可适于温度高的。

10.3.2.2 无论是手工焊还是自动埋弧焊，焊接坡口形式不得任意变动，无论是清根还是不清根，坡口形式虽然不变，但其坡口角度变化应不超过 $+10^\circ$ 和 -5° 。

10.3.2.3 手工电弧焊的规范参数改变或变化超出下列规定应重新评定：

(1) 焊接电流或电弧电压值的变动范围超出 $\pm 15\%$ ，焊接

速度变动范围超过 $\pm 10\%$;

(2) 焊条直径变化超过 1mm;

(3) 预热或层间温度变化范围超过 $\pm 25^{\circ}\text{C}$;

(4) 焊接位置的变化超出认可试验位置的 $\pm 15^{\circ}$;

(5) 在立焊中, 认可试验由下而上焊变为由上而下焊或相反;

(6) 增加或取消焊后热处理。

10.3.2.4 埋弧焊规范参数改变或变化超出下列规定应重新评定:

(1) 焊丝、焊剂的变化(包括牌号、规格);

(2) 焊丝数的改变;

(3) 焊接电流变化超过 $\pm 10\%$, 电弧电压变化超出 $\pm 7\%$, 焊接极性的改变, 焊接速度超出 $\pm 15\%$;

(4) 焊丝与工件的倾角变化超出 $\pm 5^{\circ}$;

(5) 改变焊接位置;

(6) 增加或取消焊后热处理;

(7) 预热或层间温度变化超出规定的 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

10.3.2.5 气体保护焊的规范参数改变或变化超出下列规定的应重新评定:

(1) 焊丝牌号、直径的变化、焊接位置的变化;

(2) 保护气体的变化、保护气体流速超出规定值的 25% 或低于规定值的 10%;

(3) 电流超出规定值的 $\pm 10\%$, 电压超出规定值的 $\pm 7\%$, 焊接速度超出规定值的 10%;

(4) 坡口间隙、钝边超出规定值的范围;

(5) 层间或预热温度超出规定值的 $\pm 25^{\circ}\text{C}$;

(6) 电流种类、极性及过渡形式的变化;

(7) 增加或取消焊后热处理。

10.3.3 对接焊工艺认可试验

10.3.3.1 试件准备及一般要求应符合下列要求:

(1) 板对接焊试板尺寸应符合表 10.3.3-1 的规定。厚度及坡口应根据平台的实际情况确定，试件应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别焊接。若实际的结构焊接为同一条焊缝用两种以上的焊接方法进行焊接，可以两块或两块以上试件分别以不同的焊接方法进行试验，也可以一块试件用多种方法组合焊接进行评定。

钢板对接焊试板尺寸

表 10.3.3-1

焊接方法	试件尺寸	
	长度 (mm)	宽度 (mm)
手工焊、半自动焊	>500	>300
自动焊	>650	>500

(2) 管子对接焊试件的直径应根据平台结构确定，每一个试件应由两段长度为 150mm 的管子组成，试验焊缝长度应为整个圆周长。当整个圆周长大于 800mm 时，试验焊缝可为半个圆周长；当管子直径大于或等于 600mm 时，可用板试件代替。焊接位置为管子垂直固定、管子水平固定及管子轴线成 45° 倾斜固定。

(3) 若焊件焊后需热处理，则试件焊后也应进行相同的热处理。

(4) 试件焊后应作外观检查，厚度小于 50mm 的应进行射线探伤，厚度大于或等于 50mm 的应进行超声波探伤和磁粉（或着色）探伤，然后再按要求进行力学性能试验。

10.3.3.2 对接焊取样及试验应符合下列要求：

(1) 板对接焊缝及管子对接焊缝的试样截取位置及数量应符合图 10.3.3-1 的规定。

(2) 拉力试验：试件厚度小于 20mm 的焊接接头拉力试样，其厚度应包括整个板厚；试件厚度大于或等于 20mm 时，可分

为数个厚度为 20~25mm 的试样，这些试样应能分别代表整个试件的各个部位。熔敷金属拉力试样应取自熔敷金属的三分之一厚度处，试样的尺寸及形状应分别符合表 10.3.3-2 和图 10.3.3-2 的规定。

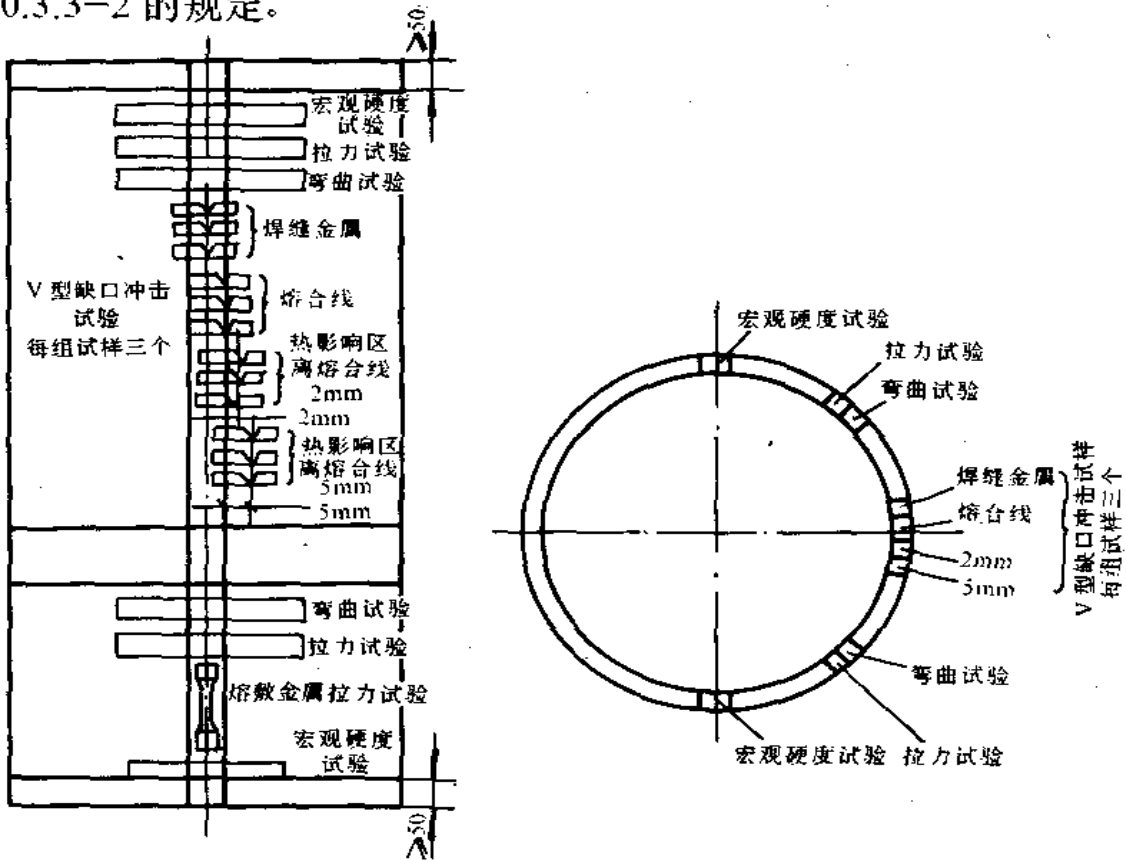


图 10.3.3-1 板、管对接焊试样截取位置及数量

弯曲试样加工要求 表 10.3.3-2

试样直径 ϕ (mm)	10 ± 0.1	8 ± 0.1	6 ± 0.1
标距尺寸 L (mm)	50 ± 0.25	40 ± 0.25	30 ± 0.25
平行长度 H (mm)	70	50	40

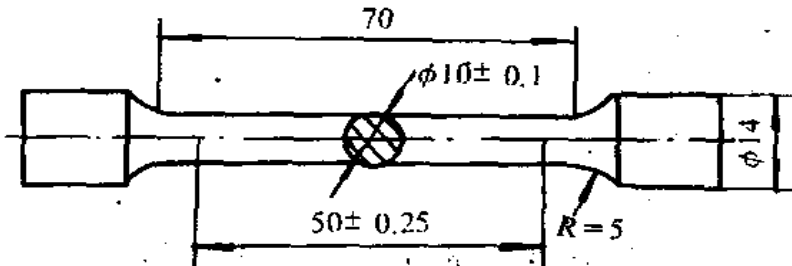


图 10.3.3-2 拉力试验试件形状和尺寸

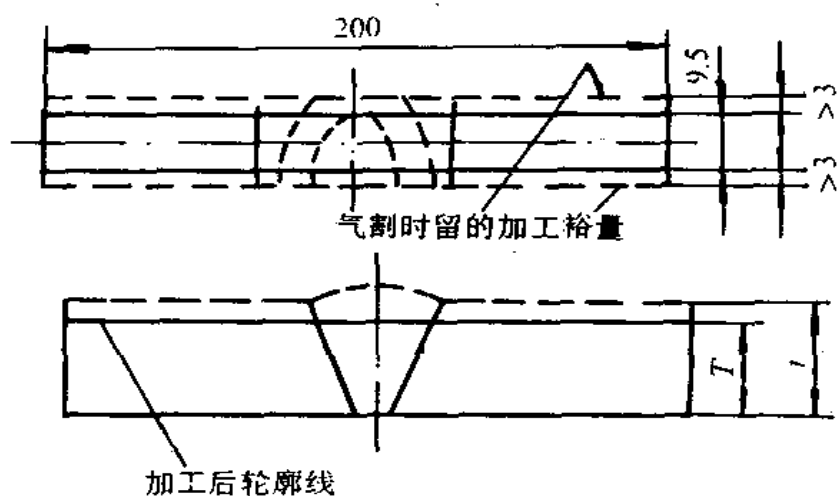


图 10.3.3-3 侧弯试验试件尺寸

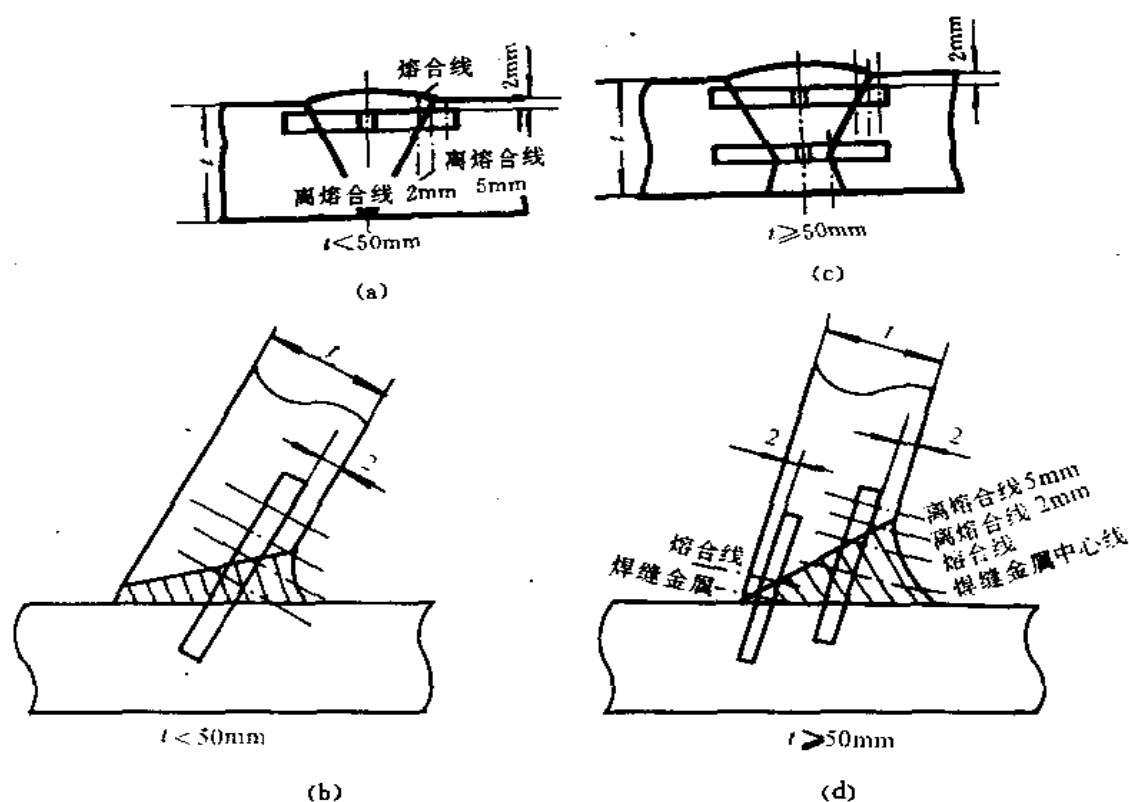


图 10.3.3-4 V 型缺口冲击试验试样截取位置

(3) 弯曲试验: 试样加工要求应符合图 10.3.3-3 的规定, 试验方法应符合《金属弯曲试验方法》的规定。

(4) V 型缺口冲击试验: 试件厚度小于 50mm 时, 冲击试样应取自焊缝的最后焊层且距上表面 2mm, 试样的 V 型缺口位置应分别在焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm 及 5mm 的热影响区; 试件厚度大于或等于 50mm 时, 除上述四组冲击外, 另加焊缝根部试样二组, 其缺口位置应分别在焊缝中心及熔合线, 所有缺口均应垂直于钢板表面, 如图 10.3.3-4 所示。

(5) 宏观组织检查: 试样应取自焊缝开始及终端部位, 焊缝断面应无裂纹、完全焊透, 气孔、夹渣应限制在标准允许范围内。

(6) 硬度试验: 可在做过宏观组织检验的试样上测量硬度。V 型坡口试件的硬度测试部位应符合图 10.3.3-5 的规定, X 型坡口试件的硬度测试部位应符合图 10.3.3-6 的规定。测试点间距应为 0.5~2mm, 或根据测试区宽度确定。

选用碳当量大于 0.43% 的钢材时, 为了防止焊缝区硬化, 应进行第一道焊缝区域的硬度试验, 如图 10.3.3-7 所示。沿“1”箭头方向, 每隔 0.5mm 分别测试焊缝、热影响区及母材的硬度。再根据测出的最高硬度区域, 沿“2”箭头方向测试硬度。若符合要求, 则允许焊后继焊道。

10.3.4 角接焊工艺认可试验

角接焊试件准备及一般要求应符合下列规定:

(1) 角接焊试件应由两块长 300mm、宽 150mm、厚度与构件厚度相近的钢板组成, 如图 10.3.4 所示。

试件应按不同的方法和不同的焊接位置分别焊制。

(2) 角接焊试件分单道焊和多道焊。试验的焊脚高度应按下述方法确定:

① 单焊道: 以构件生产时所选用的最大焊脚高度作为试验的焊脚;

② 多焊道: 以构件生产时所选用的最小焊脚高度作为试验的

每道焊道的焊脚高度。

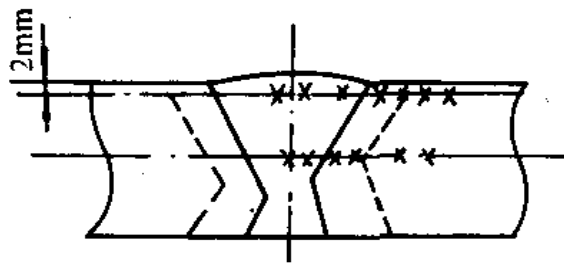


图 10.3.3-5 V 型坡口试件硬度测试部位

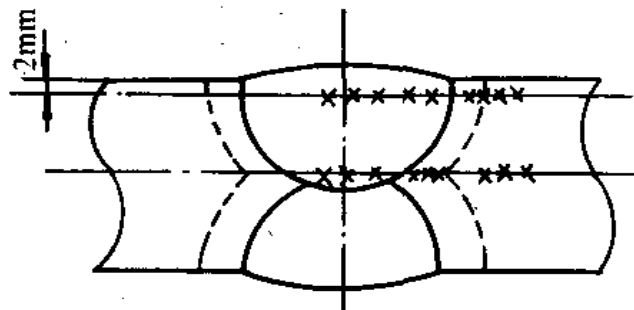


图 10.3.3-6 X 型坡口试件硬度测试部位

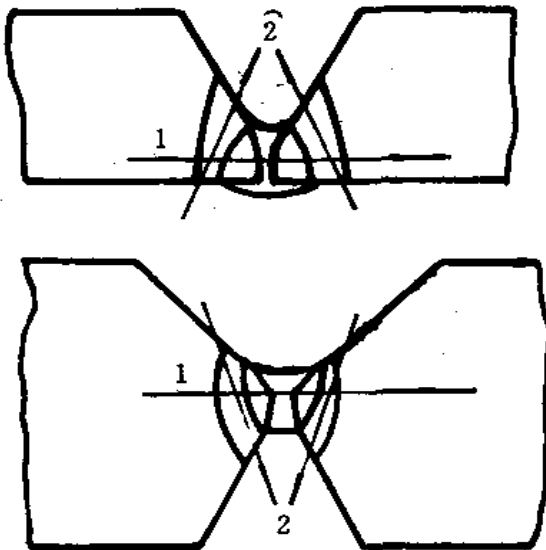


图 10.3.3-7 第一道焊缝区域的硬度试验部位

10.3.4.2 角接焊的取样及试验应符合下列要求:

- (1) 检查焊缝外形尺寸;
- (2) 宏观及硬度试验应按图 10.3.4 取三个试样, 检查三个剖面。

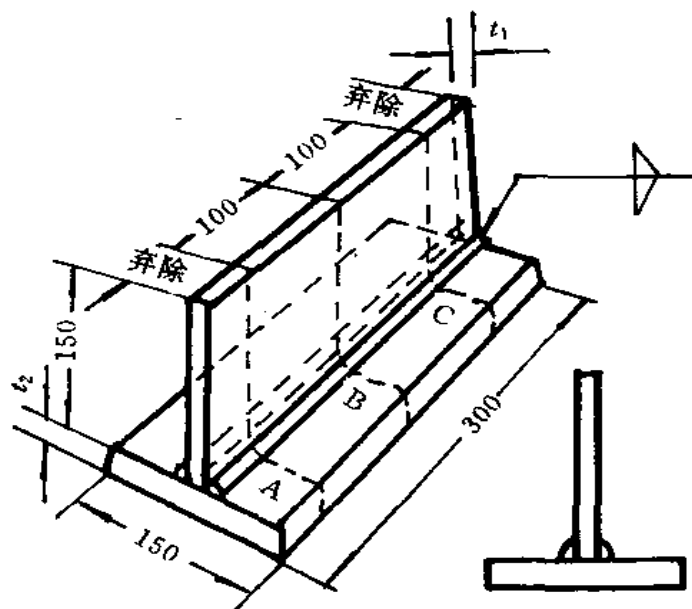


图 10.3.4 角接焊试件要求

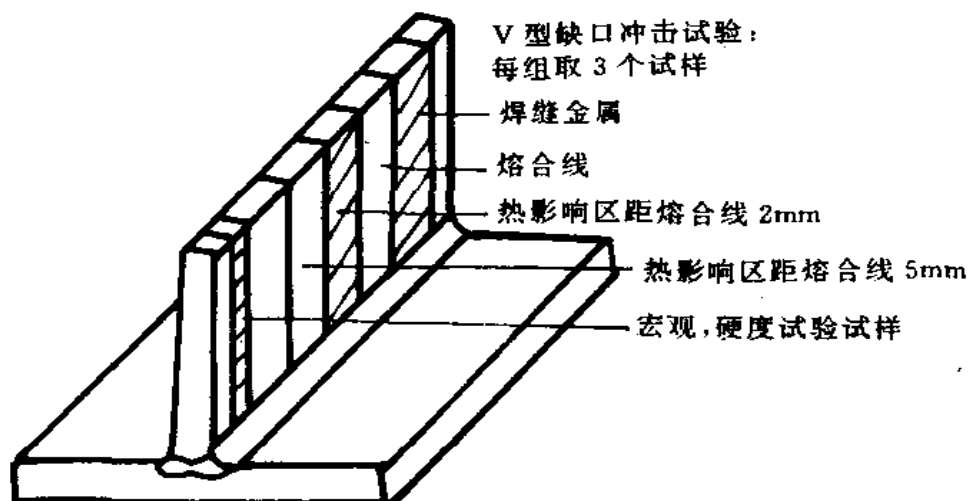


图 10.3.5-1 T 形板构件试件要求

10.3.5 T 形、K 形和 Y 形板构件全焊透工艺认可试验

10.3.5.1 试件准备及一般要求应符合下列规定:

(1) T 形板构件焊缝试验可代替 K 形及 Y 形板构件的试验;

(2) T 形板构件的试件应符合图 10.3.5—1 的规定, 试板厚度应根据构件尺寸确定, 焊缝长度应为 400mm, 试件应按不同方法和不同焊接位置分别焊制;

(3) 试件除舍去部分外应作外观检查、着色或磁粉及超声波探伤。

10.3.5.2 T 形板构件全焊透焊缝的取样及试验: 试样截取位置及数量应符合下列规定:

(1) 宏观检查如图 10.3.5—1 所示;

(2) 硬度检查如图 10.3.5—2 所示。

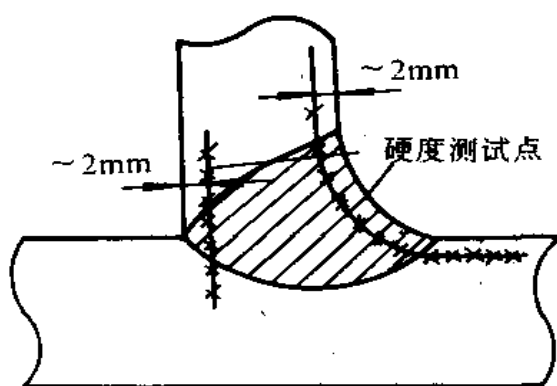


图 10.3.5—2 硬度测试部位

10.3.6 倾斜或 T 形管节点全焊透工艺认可试验

10.3.6.1 管节点全焊透试件准备及一般要求应符合下列规定:

(1) 倾斜或 T 形管节点焊接试件应符合图 10.3.6 的规定;

(2) 管节点弦管、倾斜撑杆直径、壁厚和倾角等有关参数应根据结构相应确定, 一般倾角应为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$, 或选用结构可能出现的最小倾角。倾斜撑杆的最小长度应取撑杆的直径或

300mm 中的较小值。坡口设计、加工、装配及焊接工艺应符合本规范第 8.1.6 条的有关规定；

(3) 若管节点弦管直径大于 600mm，可用厚度与管壁相同、材质相同的钢板代替；

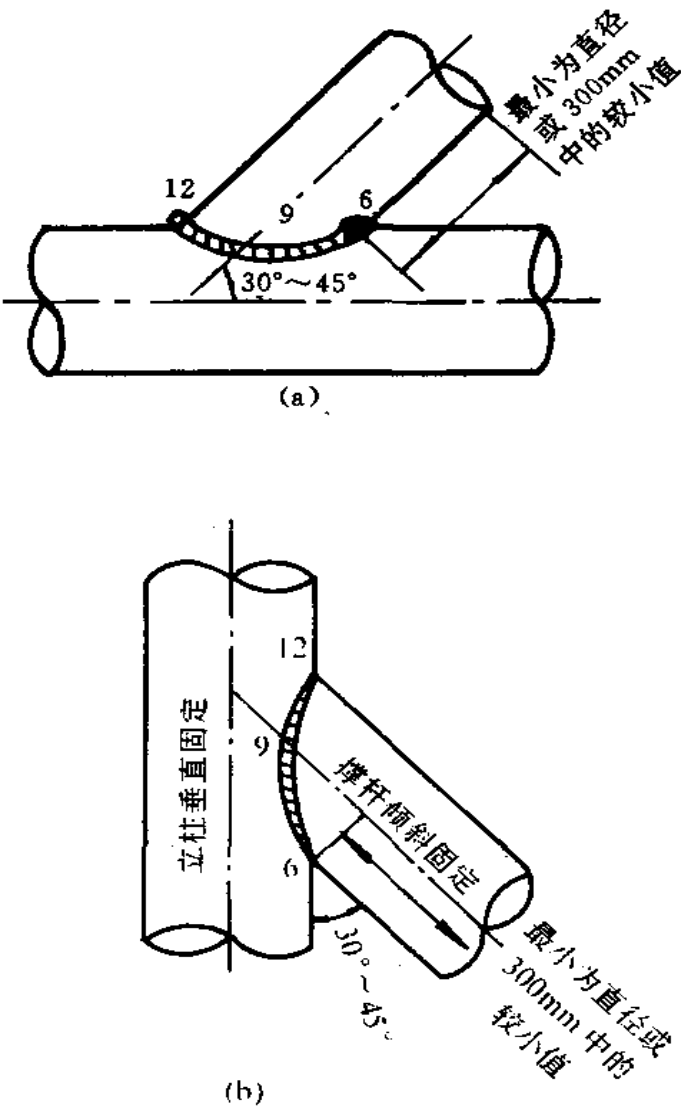


图 10.3.6 倾斜或 T 形管节点试件要求

(4) 管节点分车间焊接（转动）和现场焊接（固定）两种情况，应各焊一试件，试验焊缝长度应为整个节点焊缝长。当整个

节点焊缝长大于 800mm 时，试验焊缝可为节点焊缝长的一半。

10.3.6.2 管节点全焊缝的取样及试验应符合下列规定：

(1) 焊缝应作磁粉或着色及超声波探伤；

(2) 冲击试验：按图 10.3.6 的“9”点所示邻近部位截取，试样共 4 组（每组取 3 个），其缺口位置应分别为焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm 及 5mm 的热影响区，V 型缺口应垂直于倾斜管管壁；

(3) 宏观组织检查：试样应在管节点（见图 10.3.6 中“6”及“12”点）部位截取，按规定进行宏观检查。

10.3.7 试验结果的评定

10.3.7.1 外观检查与无损探伤应符合规定。

10.3.7.2 焊接接头的抗拉强度应等于母材的规定值或计算时所考虑的最小值。试样的断裂位置及有关数据应予以测定和记录。

10.3.7.3 熔敷金属的抗拉强度应不低于母材的规定值。焊接低碳钢或低合金钢时，熔敷金属的伸长率应不低于母材的 80%。

10.3.7.4 弯曲试样经不大于试样厚度 4 倍的弯芯弯曲 180° 后，检查试样受拉表面，不应存在超过 3.0mm 长的裂纹或其他缺陷。

10.3.7.5 每组冲击试样的平均值应不低于母材的规定值。

10.3.7.6 焊缝的宏观断面上应显示焊缝完全熔合，焊透并无裂纹。

10.3.7.7 所测得的焊缝区域的最高硬度值应不超过 HV325。

10.3.8 复验

10.3.8.1 冲击试验的复验应符合母材的规定值。

10.3.8.2 拉力、弯曲试验中，若有任何一项试验不合格，则应以同一试板中取两倍试样进行不合格项目的复验。

10.3.8.3 试件厚度超过 38mm 时，试验中若有一项试验不合格，则对冲击、拉力、弯曲试验都应进行复验。

10.3.8.4 复验合格, 则该试验被认可。

10.4 施 焊

10.4.1 一般要求

10.4.1.1 应严格按已认可的焊接工艺规程进行焊接。

10.4.1.2 需要探伤的焊缝应以图表说明每条焊缝的位置及尺寸、焊接预制件和现场组装件的划分及接缝位置, 且统一编号。

10.4.2 焊前准备

10.4.2.1 焊接前坡口及两侧应除去锈、水分、氧化物、油脂和油漆等。

10.4.2.2 组装间隙应符合工艺技术要求, 定位焊应由合格的焊工担任。定位焊的数量在满足要求的情况下, 应尽可能减少。长度应不小于较厚焊件厚度的 4 倍或 50mm, 取两者中较小者。

10.4.2.3 用拉杆、支撑和其他合适的机件进行组装的临时固定焊缝, 也应由合格的焊工担任。

10.4.2.4 背面清根用碳弧气刨时, 应避免产生渗碳和过热现象, 否则应用磨光机进行打磨。

10.4.2.5 焊接应在防风、雨、雪的条件下进行, 环境相对湿度应不大于 90%。

10.4.2.6 焊前预热及层间温度应由工艺认可试验确定, 必要时可进行抗裂试验以确定温度值。

10.4.3 施焊控制

10.4.3.1 平台结构对接焊缝应全焊透, 焊缝余高部分与母材应均匀过渡, 焊缝高应不超过 3mm。

10.4.3.2 对于角接焊缝, 若焊件间存在允许的间隙, 则焊角高应增加 0.5 倍间隙值。为减少变形, 焊角高不宜超过 6mm, 为防止裂纹, 焊角高不宜小于 4mm。

对于间断焊缝, 下列情况应采用双面连续角焊缝:

(1) 肘板趾端的包角焊缝, 其长度应不小于连接骨材的高度且不小于 75mm;

(2) 型钢端部, 其包角焊缝的长应为型钢高度;

(3) 当各种构件的切口、切角和开孔的端部和所有相互垂直连接构件的垂直交叉处的板厚大于或等于 12mm 时, 包角焊缝的长应不小于 75mm; 板厚小于 12mm 时, 长度应不小于 50mm。

10.4.3.3 对重要的角焊缝, 施焊时应采用交替对称焊。

10.4.3.4 应采用合理的装配步骤和焊接顺序控制焊接变形。

10.4.4 特厚构件及管节点的焊接

10.4.4.1 预热、层间的温度和低氢焊条的质量应符合工艺要求。

10.4.4.2 管节点, 特别是大直径的管节点应注意焊接顺序, 尽可能采用对称焊。打底焊缝可采用小直径焊条, 层间应清理干净, 焊后应将焊缝打磨, 使曲率半径符合要求。

10.4.5 缺陷返修及焊缝修整

10.4.5.1 在缺陷返修前应编制详细的返修工艺说明书, 返修的预热温度应比正常焊接的温度高 25℃, 且不低于 100℃。

10.4.5.2 返修的最小焊缝长度应不小于 100mm, 对较长的返修焊缝, 可分段进行返修。

10.4.5.3 特殊构件焊缝同一部位返修次数不宜超过 2 次, 否则应经检验认证部门同意。

10.4.5.4 对于超高、超宽的重要焊缝, 可用磨光机修整至满足要求。

10.5 焊接设备的接地

10.5.1 一般焊接方法用反极性, 应敷设可靠和合适的接地线防止杂散电流。

10.5.2 如有可能, 电焊机均应放在平台上, 在平台上接地; 若不方便, 则电焊机可放在其他船上。电焊机的两根输出线与平台和接地线相连, 接地线应与平台扎紧, 并尽可能地靠近焊接区, 任何情况下均不得将船的壳体作为电流的通路, 电焊机的箱体应

通过船体接地。焊接用电缆应绝缘，不得把电缆悬在水中。与平台的接点电阻应小于 $125\mu\Omega$ 。最小的接地电缆的截面积应为 $507\text{mm}^2 / 1000\text{A} / 31\text{m}$ 。

10.5.3 如果焊接用电源来自远离平台的发电机，则接地效应可通过同时测量平台的电位和装有发电机的船的电位来控制，无论哪一侧的电位读数有变化均表示接地不良。

11 检 查

11.1 范围与检查人员

11.1.1 范围

应在平台建造的各个阶段进行质量控制、检查和试验。

质量控制应由施工单位在制造、装载、海运固定、运输和安装各项工作进行之前、之中和之后进行。业主为确认平台的质量，可提出检查和试验的要求。

应经业主和施工单位协商并取得一致意见后，进行检查。检查结果应及时提出。

11.1.2 检查人员

检查人员应具有焊接技术及检查和试验方法的知识，具有平台制造、装载、海运固定、运输和安装施工方法等有关知识，了解建造程序、容易发生问题的部位、环节及处理原则。应对检查员的教育程度、工作经历和实践经验进行考核。

11.2 力学性能试验

11.2.1 一般要求

本节适用于平台用材料的一般力学性能试验。试验材料应由检验员选定，材料的质量应具有代表性。热处理后的原材料取样应经受与原材料相同的处理。制备试样的方式应不影响原材料的性能。轧材的试样应保留原轧制面或接近原轧制面。如果用剪切或火焰切割方法截取试样，必须留有足够的加工余量。试样加工时，不能经受过分的加热或冷变形。不合格试样，应由在原试样相邻部位的原材料上制备的新试样代替。

11.2.2 夏比 V 型缺口冲击试验

11.2.2.1 平台结构钢材的夏比 V 型缺口冲击试验，其试样的

截取位置和数量应符合下列规定:

(1) 当板厚 t 小于或等于 30mm 时, 取一组三个夏比 V 型缺口冲击试样, 其截取位置应符合图 11.2.2-1 的规定;

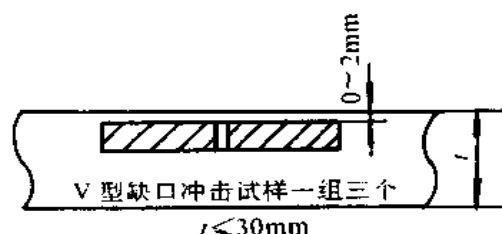


图 11.2.2-1 板厚小于 30mm 时试样截取位置

(2) 当板厚 t 大于 30mm 且小于或等于 50mm 时, 取两组各三个夏比 V 型缺口冲击试样, 其截取位置应符合图 11.2.2-2 的规定;

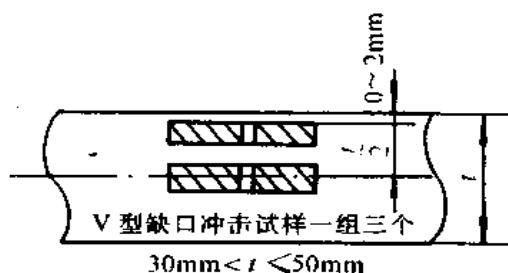


图 11.2.2-2 板厚大于 30mm 且小于或等于 50mm 时试样截取位置

(3) 当板厚 t 大于 50mm 且小于或等于 80mm 时, 取两组各三个夏比 V 型缺口试样, 其截取位置应符合图 11.2.2-3 的规定;

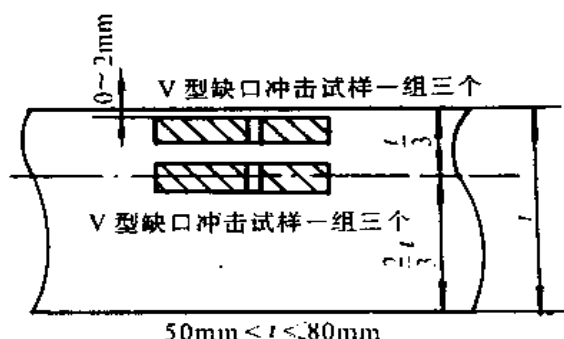


图 11.2.2-3 板厚大于 50mm 且小于或等于 80mm 时试样截取位置

(4) 当板厚 t 大于 80mm 时, 取两组各三个夏比 V 型缺口

冲击试样，其截取位置应符合图 11.2.2-4 的规定。

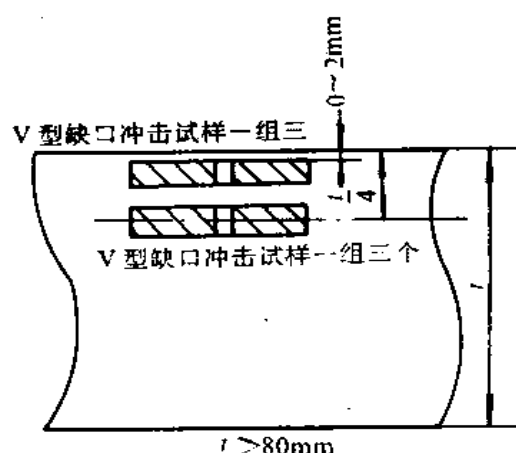


图 11.2.2-4 板厚大于 80mm 时试样截取位置

11.2.2.2 本规范 11.2.2.1 中 (1)、(2)、(3)、(4) 的每一组三个冲击试样的平均冲击能量应不小于该级钢规定的最小平均值。三个冲击试样中仅允许有一个试样的冲击能量小于规定的最小平均值，但应不小于该平均值的 70%。当任一组三个冲击试样所得的结果不符合上述要求时，只要低于规定平均值的试样不超过两个，且最多只有一个试样的冲击能量低于规定平均值的 70%，便可在邻近于原始试样取样位置，再取一组三个冲击试样进行附加试验。附加试验所得的结果，应与原来的结果相加，得到一个新的平均值，该平均值应满足规定平均值的要求。在这 6 个参与平均的试样中，低于规定平均值的试样应不超过 2 个，且其中低于规定平均值 70% 的试样应不超过一个，否则仍不可验收。

如果附加试验仍不合格，则试验规定的单件材料不得使用，但可在同一批材料中另外任选两个单件材料，各取一整套（拉力、两组冲击）试样，进行全部项目的复试。复试合格，该批材料可以使用；如复试结果有一个项目不合格，则该批材料不能使用。

11.2.3 其他试验

如设计与业主对试验另有要求，可参照有关标准进行试验。

11.3 制造检查

11.3.1 材料

作材料检查时,应证实用于制造各部分的所有材料都具有良好的质量,并符合本规范第6.2节规定的要求。用于平台的特殊构件及主要构件的材料应进行复验加以认可。对非结构用材料和非钢质的结构材料应按其他适用文件的规定进行。

11.3.2 制造

结构的检查应在下料、轧制、成型、焊接、暂存放、装配、总装等制造期间进行,确认其在节点的详细构造、焊接剖面、尺度、直线度、偏差和方向符合规定要求,并能按规定要求对结构进行组装、调直和永久的固定。应对现场连接点(诸如导管架顶点等)仔细校核以保证所有尺寸都在偏差范围内。应对所有影响组装的结构(即临时基础,如挡板)设备等进行检查。

11.3.3 防腐蚀系统

11.3.3.1 在涂装前应检查证实涂层母材表面处理、气候条件(即风、温度、湿度)、涂层工序和涂料均符合规定要求。在涂层实施中,应检查涂层物表面处理情况及每一涂层的厚度和涂层与母材的附着情况。

11.3.3.2 检查飞溅区,证实其满足规定要求。

11.3.3.3 检查阴极保护系统,证实其满足规定要求。电缆、接线盒接线应正确。

11.3.4 辅助件和附属件安装的检查应符合下列要求:

11.3.4.1 应检查的辅助件包括:下水系统、灌水系统、灌浆系统、防沉板、注水系统、拖耳和导向、监视系统、预安装的桩和隔水套管。

11.3.4.2 应检查的附属件包括:登船平台、立管护管、立管和卡箍、J形管、污油管和泵管护管。

11.3.4.3 应对辅助件和附属件的位置、尺寸和方向加以校核,焊接附件应进行100%无损探伤检查。

检查应包括全部机械、电气设备和系统, 包括仪器仪表的性能试验。所有管线都应按要求进行强度试压。

应检查导管架腿和斜桩套管内部, 并消除一切杂物。

11.4 焊 接 检 查

11.4.1 一般要求

平台的焊接应有自检与互检, 平台建造厂应有专职人员在焊接施工之前、施焊期间及焊后检查焊接质量。

11.4.2 外观检查

11.4.2.1 所有焊缝表面均应进行外观检查, 焊波应均匀, 焊缝边缘应平顺地过渡到母材, 焊缝外形尺寸应符合设计图样和下列要求:

(1) 对接焊缝余高应符合有关标准, 且应不超过 3mm;

(2) 角焊缝的两焊脚高度差应不大于 2mm, 凸起小部分应不超过按下式计算之值:

$$R = 0.1K + 0.76 \quad (11.4.2)$$

式中 R ——凸起小部分高度, mm;

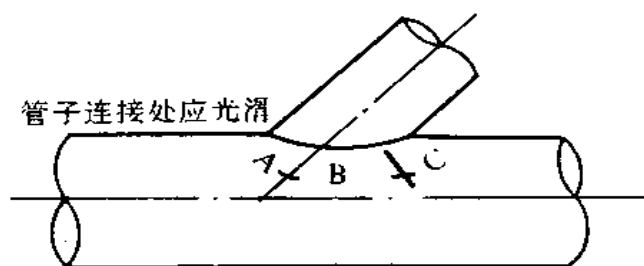
K ——焊角高度, mm。

(3) 管节点的焊缝尺寸应符合图 11.4.2-1、图 11.4.2-2 及表 11.4.2 的规定, 打磨后焊缝的外形尺寸应符合本规范第 8 章、第 9 章的有关规定;

管节点焊缝尺寸

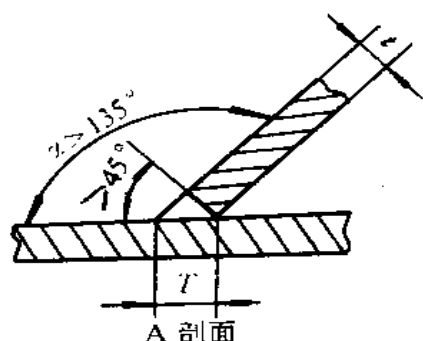
表 11.4.2

α	T
$50^{\circ} \sim 135^{\circ}$	$1.25t$
$35^{\circ} \sim 50^{\circ}$	$1.50t$
$< 35^{\circ}$	$1.75t$
$< 135^{\circ}$	见剖面 A

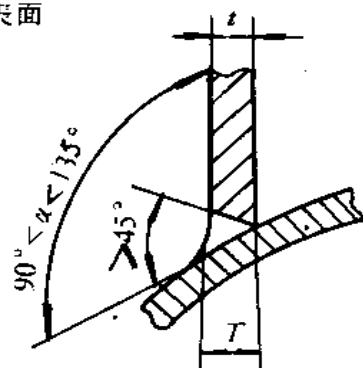


典型的连接

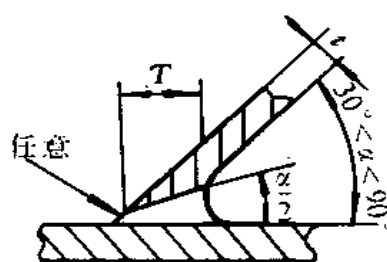
角度 α 是撑杆和弦杆在连接处的外表面交线上任一点所形成的角度



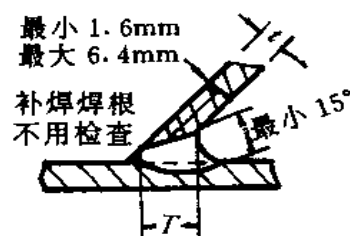
T 不应超过 $1.75t$ 并应保证焊满



B 剖面



C 剖面



C 剖面

图 11.4.2-1 外边焊接时管节点的焊缝尺寸

注:图中尺寸“T”不包括为了使焊缝表面平滑过渡到基本金属所形成的凹形。

(4) 密封焊缝的所有搭接表面均应为连续的角焊缝, 其焊脚高度除规定外, 应不超过 5mm。

11.4.2.2 焊缝表面不得有裂纹、夹渣、未熔合、气孔、焊瘤及弧坑。特殊构件不允许存在咬边, 主要构件的咬边深度应不超过 0.25mm, 次要构件的咬边深度应不超过 0.6mm。

11.4.2.3 表面缺陷在焊缝内部质量检验和密性试验前应予以修补。

11.4.3 焊缝无损探伤

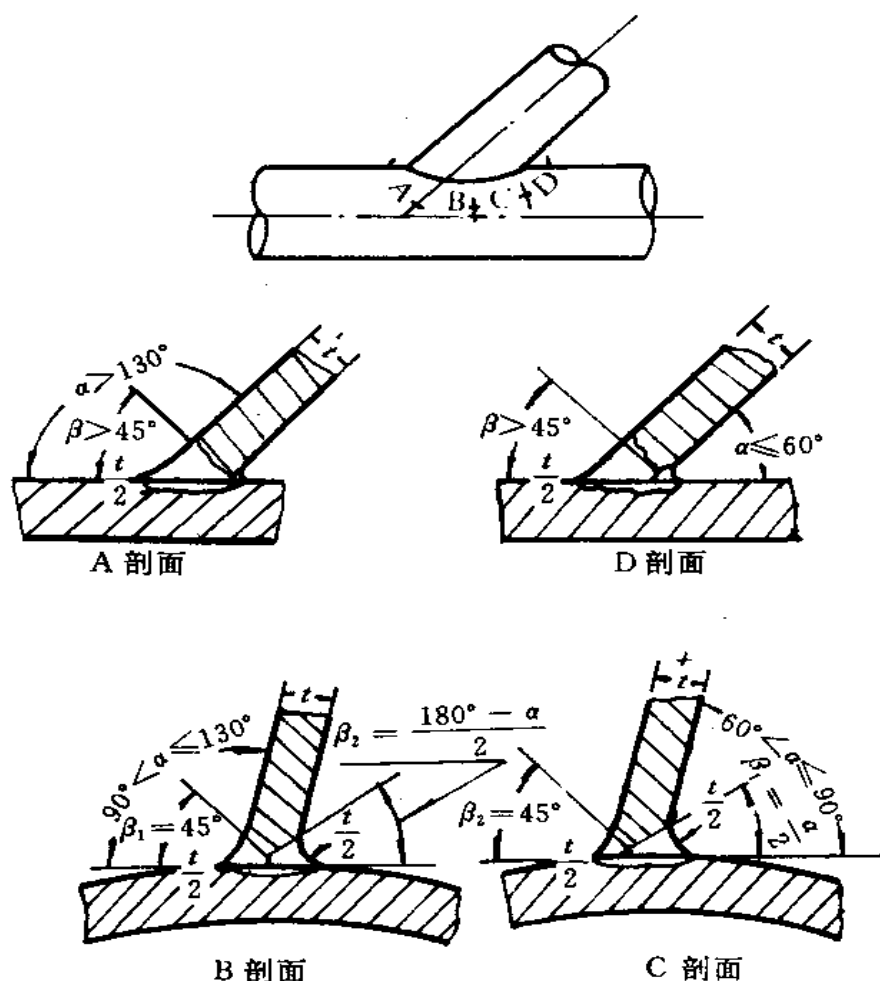


图 11.4.2-2 内、外两面焊接时管节点的焊缝尺寸

11.4.3.1 平台结构的无损检验应根据不同部位，采用射线、超声波、磁粉或渗透等探伤方法。

11.4.3.2 对接焊构件的无损检验应符合下列规定：

(1) 特殊构件的焊缝或由特殊构件和主要构件连接的焊缝，应进行 100% 超声波探伤、10%~20% 射线探伤和 20%~100% 磁粉探伤；

(2) 主要构件的焊缝或由主要构件和一般构件连接的焊缝，应进行 10%~20% 超声波探伤和 10%~20% 磁粉探伤；如超声波探伤检查有疑问时，应用射线探伤进行复查；

(3) 次要构件的焊缝应进行 0~5% 超声波探伤和磁粉探伤；

(4) 主要的对接焊缝交叉点（T 字形或十字形）应进行射线

探伤。

11.4.3.3 全焊透的角接焊构件的无损检验应符合下列规定:

(1) 特殊构件的焊缝或由特殊构件和主要构件连接的焊缝, 应进行 100% 超声波探伤和 100% 磁粉探伤, 同时可根据实际情况进行一定数量的射线探伤;

(2) 主要构件的焊缝或由主要构件和次要构件连接的焊缝, 应进行 20% 超声波探伤和 20%~100% 磁粉探伤;

(3) 次要构件的焊缝应进行 0~5% 超声波探伤和 0~5% 的磁粉探伤。

11.4.3.4 管节点的焊缝应进行 100% 超声波探伤和 100% 磁粉探伤。

11.4.4 射线探伤

11.4.4.1 拍片的部位和张数可由施工单位根据构件类别、结构形式、工作条件及本规范第 11.4.3 条的要求提出。

11.4.4.2 射线灵敏度的测定应符合下列要求:

(1) 射线拍片时, 应将金属线型的象质计放在光源一侧; 当光源一侧不能放置时, 在确定对透照灵敏度的影响程度后, 也可放置在底片一侧;

(2) 放置在光源一侧的像质计的透照灵敏度应按下式计算:

$$S = \frac{d \times 100}{t} \% \quad (11.4.4)$$

式中 S ——像质计灵敏度;

d ——能看到的最细金属线直径, mm;

t ——焊缝厚度, mm。

上式所得的灵敏度应符合图 11.4.4 的要求。

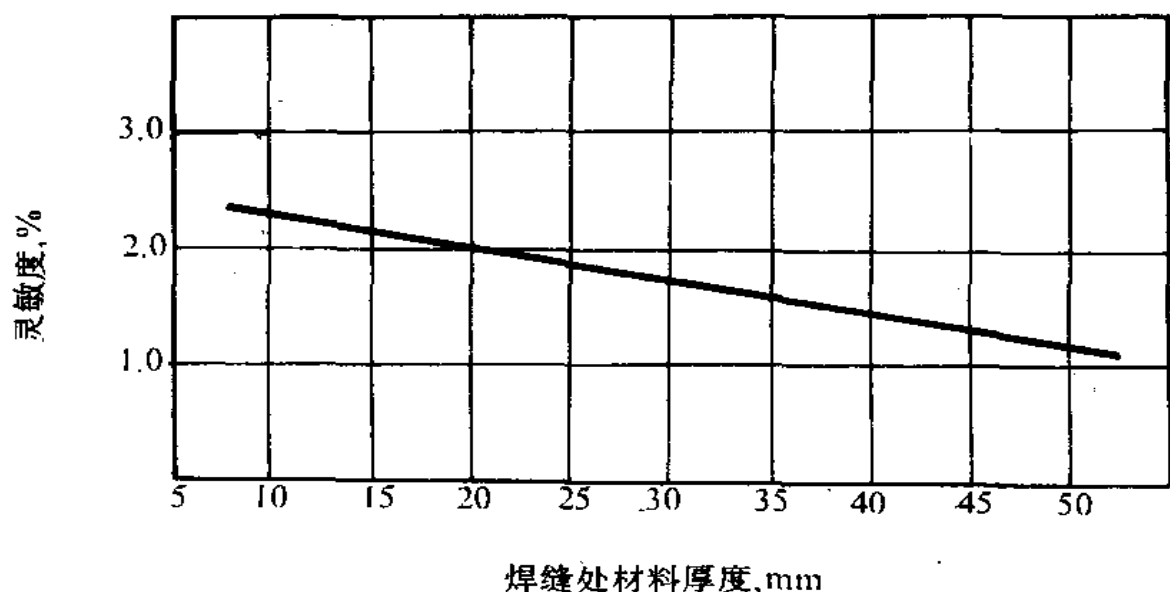


图 11.4.4 射线灵敏度

11.4.4.3 探伤报告中应写明探伤人员姓名、焊缝编号、拍片日期、透照灵敏度和透照焊缝长度、缺陷的形状、尺寸及性质, 并应根据本规范第 11.4.6 条的要求评定焊缝质量并提出返修部位。

全部探伤底片应随检查报告存档备查。

11.4.5 超声波探伤

11.4.5.1 凡因焊接而使构件在厚度方向承受拉应力的完全焊透角焊缝和管节点, 应在焊缝处宽为 100mm 的区域内采用超声波探伤, 检查有无层状撕裂。

11.4.5.2 施工单位应事先编定探伤程序, 并做好超声波探伤仪的校正和确定初始灵敏度。

在探伤过程中, 若仪器工作不正常或受到损坏, 应重新校正仪器后再进行探伤。

11.4.5.3 超声波探伤仪的校正, 应在模拟缺陷的试块或带有小孔的对比试块上进行。模拟试块的材料应与构件材料相同。

如采用标定振幅来估计缺陷大小时, 应考虑声束的衰减、表面粗糙度和曲率等的影响。

11.4.5.4 在探伤中, 若不能准确判断缺陷时, 应采用其他无

损检验方法进行综合判断。

11.4.5.5 超声波探伤的检验报告中应对不合格的焊缝和接近不合格的焊缝列出下列数值，并附示意图说明：

- (1) 缺陷沿焊缝轴线的位置和长度；
- (2) 缺陷在焊缝横截面上的位置和大小（宽度）；
- (3) 估计的缺陷类型。

根据本规范第 11.4.6 条的要求评定焊缝质量并提出返修部位。

11.4.6 焊缝的内部质量验收标准

11.4.6.1 固定平台的焊缝内部质量应符合 ANSI/AWSD1.1《钢结构焊接规程》中第 6 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章的有关规定。

11.4.6.2 当焊缝中存在超过验收标准允许范围的缺陷时，在所有断裂韧性试验或有关的大量资料证明此缺陷对物件安全使用无害的条件下，经设计、业主同意可免于修补。

11.5 装船、固定和运输检查

11.5.1 装船检查

在装船之前，应对结构进行最后检查，确认所有焊缝均按要求完成并作了检查，所有临时的运输、安装辅助件都是齐全和安全可靠的，全部水力和气管线均被妥善地安装、试验、冲洗和保护，临时制造辅助件和多余物被清除，临时焊接附属件都被拆除。

装船滑道、码头、运输船和码头前一站的海底情况都应检查。

对滑移装船的检查应确认滑道和下水滑面的清洁；必要时，在装船之前应适当涂油，对绞车、千斤顶和拖缆应检查是否具有合适的能力。

当需要装载和卸载来补偿潮位的变化时，应检查压载系统，以确认其适应程度和设备条件。

11.5.2 固定检查

对结构和所有甲板装载物的固定(包括为运输所需要的临时固定和支撑)应进行检查。材料、制造和焊接检查应按上节规定进行。对导管架下水项目的检查应在海上运输之前实施。

11.5.3 运输检查

对拖船、拖航附属件和运输船的海上性能应加以确认。对于自浮运输到现场的准备,也应进行检查,以确认海上性能和所有拖航、固定缆是否连接合适。

11.6 安 装 检 查

11.6.1 导管架下水和安装

在下水之前,应确认所有固定和临时支撑都被割去,拖航缆和其他器件都从下水驳船上移去或被妥善的保护起来,确认导管架灌水系统完好。对于起吊的导管架,应确认所有约束已被去除,起重设备正确地与结构相连,灌水系统处于可操作状态。对于自浮运输的导管架,应确认拖航线缆已被拆除,灌水系统、操作系统完好。

11.6.2 桩和隔水套管安装

在制造期间桩和隔水套管的焊缝在装船之前应对吊装装置、吊耳和附属件予以检查。在安装期间,应检查桩位和排列及桩锤对中。

在打桩时,结构如产生严重的水平振动,应暂停打桩作业,检查在结构中可能发生的疲劳损伤。在桩的安装期间,应根据规定的要求对接桩、桩甲板支撑杆件之间、桩和导管架腿之间以及其他地方的连接进行无损探伤检验。除了垫块和桩之间的焊接之外,对所有的关键焊缝都应按照规定进行 100% 超声波无损探伤检查。

11.6.3 上部结构安装

在吊装上部结构之前,应检查所有的固定件和其他吊装,设计没有考虑的部件都应从上部结构上移走,并确认所有的起吊部

件都已妥善地装配和连接。在吊装之后，应立即检查所有的脚手架和其他临时支撑系统，以保证焊接作业。应对导管架与甲板的连接进行检查，确认标高、相对尺寸、轴线，施焊后，按规定要求检查焊接。

对于分块多次吊装的上部结构，在每一块吊装期间都应检查其对中情况。

11.6.4 水下检查

在需要进行水下安装操作的情况下，应进行水下检查以证实安装操作已按规定要求进行。

11.7 检查文件

11.7.1 一般要求

在制造、组装、装船和安装各个阶段，应记录有关平台检查的资料，作为存档记录。

11.7.2 制造检查文件

11.7.2.1 在制造期间，材料检查文件（包括材料出厂合格证书和材料试验鉴定记录）均应清理和集中。

11.7.2.2 应绘制标有每条焊缝位置的结构图，所有焊缝都应是唯一标识的，即可追踪到具体的焊工或焊接操作者，对于不连续性焊接也应在图样上加以标识。

11.7.3 装船、固定和运输检查文件

凡是与装船、固定和运输有关的试验和焊接检验等文件，都应加以记录和保存。

11.7.4 安装检查文件

在安装期间材料、试验和焊接检验文件，应加以保存。打桩的锤击数和深度的关系以及最后入土深度应形成文件。工程的连续日记包括气候条件（如温度、风、气压、湿度），海况等资料都应加以保存。

附录 A 本规范用词说明

A.0.1 执行本规范条文时，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

A.0.1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

A.0.1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

A.0.1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

附 加 说 明

本规范主编单位和主要起草人名单

主编单位：胜利石油管理局油建一公司、胜利石油管理局勘察设计院

主要起草人：刘桦祥 胡洪勤 孟庆贵