

海底管线系统规范

(DNV2000 版)

原版前言

挪威船级社 (DNV) 是一个在海洋、陆地领域中以保护生命、财产和环境为目标的独立组织。船级社提供世界范围内的船舶、近海结构和装置、陆上工业的质量分级、认证以及其他一些鉴定和咨询服务。

挪威船级社出版了多种与海洋工程有关的文献，目的是为了提高近海结构和装置的质量和可靠性。

挪威船级社的海洋标准 (海洋标准系列) 是建立在挪威船级社长期积累的经验和研究工作上的中立技术标准，代表了挪威船级社在近海结构和系统的设计和施工上成功经验。挪威船级社海洋标准可以独立使用，也可作为挪威船级社海洋工程分类和认证服务的基本要求。

本标准分为 6 个部分：

- A. 质量和安全控制方法
- B. 材料技术
- C. 结构
- D. 系统
- E. 特殊设备
- F. 管线和安装

挪威船级社海洋标准和推荐方法代表了挪威船级社在海洋工程基本应用上的安全工程实践，也是挪威船级社鉴定服务的技术基础。

新的海洋标准由挪威船级社出版社在 1999 年出版

DNV 海底管线规范 2000 版

目 录

第一章 总则

A 总则

- A 100 简介
- A 200 目的
- A 300 范围及应用
- A 400 其他规范

B 标准参考

- B 100 海洋的服务说明
- B 200 海洋标准
- B 300 推荐方法
- B 400 规则
- B 500 证书注解和分类注解
- B 600 指南
- B 700 其他参考

C 定义

- C 100 动词形式
- C 200 定义

D 符号和缩写

- D 100 缩写
- D 200 符号
- D 300 希腊字母
- D 400 角标

第二章 设计原理

A 总则

- A 100 目的
- A 200 应用

B 安全原理

- B 100 总则
- B 200 安全目标
- B 300 系统审查
- B 400 安全等级方法
- B 500 质量保证
- B 600 健康、安全、环境

C 设计格式

DNV 海底管线规范 2000 版

C	100	总则
C	200	流体分类
C	300	位置分类
C	400	安全等级分类
C	500	分项安全系数法
C	600	可靠度分析

第三章 设计假定和文件

A		总则
A	100	目的
A	200	概念深化
A	300	执行计划
A	400	安装、运行和废弃
B		系统设计准则
B	100	系统完整性
B	200	运行期间的检查和监督
B	300	压力控制系统
C		管道路线
C	100	位置
C	200	路线勘察
C	300	海床特性
D		环境条件
D	100	总则
D	200	环境资料采集
D	300	风
D	400	潮
D	500	波浪
D	600	流
D	700	冰
D	800	空气和海水温度
D	900	海生物
E		管道内部和外部条件
E	100	外部运行条件
E	200	内部安装条件
E	300	内部运行条件
F		文件
F	100	总则

DNV 海底管线规范 2000 版

F	200	概念及工程细节
F	300	管线及管线部件制造
F	400	腐蚀控制系统和配重层制造
F	500	安装和试运行
F	600	DFI 摘要
F	700	运行
F	800	文件归档

第四章 荷载

A. 总则

A	100	目的
A	200	应用
A	300	荷载

B. 功能荷载

B	100	总则
B	200	特征荷载效应

C. 环境荷载

C	100	总则
C	200	风荷载
C	300	流体动力荷载
C	400	波浪和海流荷载
C	500	冰荷载
C	600	特征荷载效应

D. 施工荷载

D	100	总则
---	-----	----

E. 偶然荷载

E	100	总则
---	-----	----

F. 其他荷载

F	100	拖网荷载
F	200	地震

第五章 设计标准

A. 总则

A	100	目的
A	200	应用

DNV 海底管线规范 2000 版

B.	设计标准和材料
B 100	管道布置
B 200	工厂压力测试和系统压力测试
B 300	运行中检查
B 400	最小壁厚
B 500	材料选择
B 600	典型材料特性
B 700	容许侵蚀
C .	荷载和承载力计算
C 100	荷载条件
C 200	荷载效应计算
C 300	典型壁厚
C 400	应力和应变计算
D.	极限状态
D 100	总则
D 200	极限状态形式
D 300	荷载效应要素和荷载组合
D 400	压力控制（破裂）
D 500	局部屈曲
D 600	全部屈曲
D 700	疲劳
D 800	椭圆化
D 900	棘轮效应
D 1000	塑性积累应变
D 1100	断裂
D 1200	偶然极限状态
E.	特别考虑
E 100	总则
E 200	管道和土壤的相互作用
E 300	立管/管道悬跨
E 400	坐底稳定性
E 500	拖网影响
E 600	第三方荷载及落下的物体
E 700	绝缘
E 800	管中管及管道捆绑
F.	管道部件和附属物
F 100	总则
G.	支撑结构

DNV 海底管线规范 2000 版

G	100	总则
G	200	立管支撑
G	300	J型管
G	400	砂砾层稳定性
H.		安装和维修
H	100	总则
H	200	管道笔直度
H	300	涂层

第六章 管线管

A.		总则
A	100	范围
A	200	材料说明书
A	300	材料和制造商的预认证
A	400	制造工艺
B.		管线管标识
B	100	管线管无损检测 (NDT) 等级
B	200	补充要求
B	300	标识
C.		材料特性
C	100	总则
C	200	碳锰钢 (C-Mn) 管线管
C	300	铁素体—奥氏体 (双相) 钢管线管
C	400	其它不锈钢和镍基抗腐蚀合金(CRA)管线管
C	500	复合/加衬钢质管线管
C	600	可焊性
D.		补充要求
D	100	酸性工作条件下 (S) 的补充要求
D	200	止裂特性 (F) 方面的补充要求
D	300	塑性变形管 (P) 的补充要求
D	400	尺寸 (D) 方面的补充要求
D	500	高强使用 (U) 方面的补充要求
E.		制造
E	100	总则
E	200	质量保证
E	300	制造程序规格书及其认证
E	400	制钢

DNV 海底管线规范 2000 版

E	500	板和带的制造
E	600	管线管制造
E	700	化学分析
E	800	力学和腐蚀试验
E	900	无损检测
E	1000	外观检测、工艺和缺陷修补
E	1100	出厂压力试验
E	1200	尺寸、重量和长度
F .		标识和保护
F	100	总则
G .		文件、记录和证书
G	100	总则

第七章 部件及装配

A		总则
A	100	范围
A	200	质量保证
B		管线部件设计的基本要求
B	100	总则
B	200	材料选择
B	300	法兰和机械连接
B	400	螺栓
B	500	阀
B	600	压力导管
B	700	焊接部件
B	800	绝缘接头
B	900	管线调整
B	1000	锚杆法兰
B	1100	其他部件
B	1200	结构零部件
C		部件制造材料和制造规范
C	100	材料和制作规范
D		热成形和锻铸配件所用材料
D	100	总则
D	200	低合金 C-Mn 钢配件制造
D	300	铁酸盐奥氏体合成钢以及其他不锈钢和镍基抗腐蚀合金 (CRA)
D	400	运输条件

E	热成形、锻铸和热处理
E 100	热成形
E 200	锻造
E 300	浇铸
E 400	热处理
F	部件、设备和结构零部件的制造
F 100	总则
F 200	法兰的制造
F 300	阀的制造
F 400	承压设备和焊接部件的制造
F 500	其它设备和部件的制造
F 600	结构零部件制造
F 700	热成形、锻铸配件的机械测试
G	弯头的制造
G 100	总则
G 200	海底作业的母管
G 300	母管的辅助要求
G 400	除母管外其他管的要求
G 500	弯曲后热处理的要求
G 600	弯曲工艺评定
G 700	弯曲和弯曲后的热处理
G 800	无损试验和肉眼检测
G 900	弯头的产品试验
G 1000	尺寸、容许偏差和标注
G 1100	维修
H	用于回转和拖拽的立管、膨胀环、管道支线的制造
H 100	总则
H 200	质量保证
H 300	用于回转和拖拽的立管、膨胀环、管道支线制造的材料
H 400	制造计划和程序
H 500	材料报告,标识和记录
H 600	切割、成形、装配、焊接和热处理
H 700	静水压力试验
H 800	无损试验和肉眼检验
H 900	尺寸检查
H 1000	防腐
I	文件,记录,检验和标示

第八章 防腐涂层和配重层

- A . 总则**
 - A 100 范围
 - A 200 应用
 - A 300 定义
- B . 设计中防腐控制基本条例**
 - B 100 总则
 - B 200 对防腐方法选择的评价
- C . 管道外涂层**
 - C 100 总则
 - C 200 涂层材料、表面预处理及应用
- D . 特殊的立管涂层**
 - D 100 总则
 - D 200 涂层材料、表面预处理及应用
- E . 现场节点涂层**
 - E 100 总则
 - E 200 涂层材料和表面预处理及应用
- F . 混凝土配重层**
 - F 100 总则
 - F 200 混凝土材料和涂层制造
 - F 300 检验和试验
- G . 阴极保护设计**
 - G 100 总则
 - G 200 设计参数和计算
- H . 牺牲阳极的操作和安装**
 - H 100 阳极制造
 - H 200 阳极安装
- I . 内防腐保护的设计和制造**
 - I 100 总则
 - I 200 通过处理输送介质实现内防腐
 - I 300 使用耐腐蚀合金管材实现内防腐
 - I 400 使用涂层或内衬实现内防腐
 - I 500 使用化学处理方法保护内防腐

第九章 安装

A		总则
A	100	目的
A	200	应用
A	300	失效模式效应分析 (FMEA) 及危害和可操作性研究(HAZOP)
A	400	安装和测试规格书及图纸
A	500	安装手册
A	600	质量保证
A	700	焊接
A	800	无损检验和外观检验
A	900	生产检验
B		管道路由、勘察和处理
B	100	管道铺设前的路由勘察
B	200	海床处理
B	300	管道和电缆的交叉
B	400	近海岸段处理
C		海上作业
C	100	总则
C	200	船舶
C	300	锚泊系统、锚位布置和锚的定位
C	400	定位系统
C	500	动力定位
C	600	起重和提升设备
C	700	起、抛锚处理和拖轮管理
C	800	应急程序
D		管道安装
D	100	总则
D	200	安装手册
D	300	安装手册、基本变异及有效性的复验和评定
D	400	作业限制条件
D	500	安装程序
D	600	应急程序
D	700	铺管船布置、铺管设备和仪表
D	800	安装要求
E		对考虑塑性变形的管道安装方法的补充要求
E	100	总则
E	200	安装手册
E	300	安装手册的评定

DNV 海底管线规范 2000 版

E	400	安装程序
E	500	安装要求
F		拖拽法管道安装
F	100	总则
F	200	安装手册
F	300	安装手册的评定
F	400	作业限制条件
F	500	安装程序
F	600	应急程序
F	700	布置、设备和测试仪表
F	800	管道拖拽和安装
G		其他安装方法
G	100	总则
H		岸上拖拉
H	100	总则
H	200	安装手册
H	300	安装手册的评定
H	400	作业限制条件
H	500	安装程序
H	600	应急程序
H	700	布置、设备和测试仪表
H	800	安装要求
I		连接作业
I	100	总则
I	200	安装手册
I	300	安装手册的评定
I	400	作业限制条件
I	500	连接程序
I	600	应急程序
I	700	水上连接作业
I	800	水下连接作业
J		铺设后检查
J	100	总则
J	200	铺设后检查规格书
J	300	铺设后检查
J	400	防腐系统的铺设后检查
K		悬跨修正和管道防护

DNV 海底管线规范 2000 版

K	100	总则
K	200	悬跨修正和管道防护
K	300	悬跨修正
K	400	挖沟
K	500	安装后抛石处理
K	600	泥浆袋和混凝土垫
L		防护和锚固结构的安装
L	100	总则
M		立管安装
M	100	总则
M	200	安装手册
M	300	安装手册的评定
M	400	作业限制条件
M	500	应急程序
M	600	安装要求
N		完工勘察
N	100	总则
N	200	完工勘察规格书
N	300	完工勘察要求
N	400	外加电流阴极腐蚀防护系统检验
O		最终试验和运行准备
O	100	总则
O	200	最终试验规格书和运行前准备工作
O	300	最终试验程序与运行前准备
O	400	清管和测量
O	500	压力试验系统
O	600	清管、排水和干燥
O	700	系统试验
O	800	生产输送
O	900	运行验证（启动检验）
P		文件
P	100	总则

第十章 运行、检测和维修

A.		总则
A	100	目标
A	200	程序文件

DNV 海底管线规范 2000 版

A	300	在役档案
A	400	运行
A	500	检查和监测原理
A	600	特殊检查
B .		管道配置检查
B	100	总则
B	200	定期检查
C .		外防腐的检查与控制
C	100	总则
C	200	飞溅区和暴露在空气中的立管
C	300	淹没区的管道和立管
D .		内防腐的检测与控制
D	100	总则
D	200	腐蚀检查
D	300	腐蚀监测
E .		缺陷和维修
E	100	总则
E	200	整体屈曲
E	300	沟纹、凿槽、裂纹和切痕
E	400	金属磨损缺陷
E	500	凹陷
E	600	泄漏
E	700	焊接修理

第十一章 再认证

A		总则
A	100	目标
A	200	应用
B		设计标准
B	100	总则
B	200	系统压力检测
B	300	老化

第十二章 说明（文献）

A		总则
A	100	目标

B 参照**C 原理设计**

- C 100 安全等级讨论
- C 200 结构可靠性分析
- C 300 特征值

D 设计前提

- D 100 监测
- D 200 空气和海水温度

E 荷载

- E 100 局部压力
- E 200 压力转换
- E 300 柱形构件周围的流体速度

F 设计标准

- F 100 总则
- F 200 材料降低等级
- F 300 环境荷载效应因子
- F 400 承压——等效形式
- F 500 名义厚度的计算
- F 600 承压标准——偶然压力升高应小于设计压力的 10%
- F 700 局部屈曲——失效
- F 800 局部屈曲——力矩
- F 900 局部屈曲——围焊因子
- F 1000 局部屈曲——压力增加
- F 1100 局部屈曲——失稳
- F 1200 局部屈曲——允许压力的设计形式
- F 1300 局部屈曲——增加力矩
- F 1400 椭圆度

G 断裂机理

- G 100 工程关键评估 (ECA) ——以应力为基础的设计
- G 200 ECA——循环加载进入塑性变形
- G 300 裂缝强度试验

H API 材料等级**I 部件和装配**

- I 100 弯曲
- I 200 立管支撑

DNV 海底管线规范 2000 版

I	300	J型管
J		材料和设计的关系
J	100	总则
J	200	补充的要求
J	300	基于积累应变的关系
J	400	材料数据表
K		安装
K	100	安全等级定义
K	200	覆盖物
K	300	简化放置标准
K	400	螺旋
L		参考资料

附录 A 对于 ISO 的补充要求

A		总则
B		要求差异
B	100	化学成份和力学性能
B	200	可焊性
B	300	样品和试件
B	400	制造期间测试次数
B	500	无损检测
B	600	尺寸
B	700	文件
B	800	对酸性环境使用的特殊要求
B	900	对滞止裂纹的特殊要求

附录 B 力学试验与腐蚀试验

A		力学试验
A	100	总则
A	200	试样与试件的选择与制备
A	300	化学分析
A	400	拉伸试验
A	500	弯曲试验
A	600	夏比 V 型缺口冲击试验
A	700	落锤撕裂试验(DWTT)
A	800	裂纹韧性试验
A	900	剪切强度试验

DNV 海底管线规范 2000 版

A	1000	金相检验与硬度测试
A	1100	应变时效试验
B		腐蚀试验
B	100	总则
B	200	点蚀试验
B	300	氢压力引起的开裂试验
B	400	硫化物应力开裂试验

附录 C 焊接

A		应用
A	100	总则
A	200	焊接方法
A	300	质量保证
B		焊接设备、工具与人员
B	100	焊接设备与工具
B	200	人员
C		焊接材料
C	100	总则
C	200	化学组份
C	300	力学性能
C	400	批量试验
C	500	焊接材料的使用与储存
D		焊接程序
D	100	总则
D	200	初步焊接程序规格书
D	300	焊接程序评定记录
D	400	焊接程序规格书
D	500	修补焊接的程序规格书
D	600	焊接程序的重要变量
E		焊接程序评定
E	100	总则
E	200	修补焊接评定通则
E	300	管线管和管子部件的纵向焊接条件
E	400	立管、膨胀弯与用于拖管的管段的环向焊接条件
E	500	安装与连接的环向焊接条件
E	600	暴露累积环向焊接条件
E	700	水下连接焊接条件

DNV 海底管线规范 2000 版

E	800	覆盖层焊接条件
E	900	结构焊接程序条件
F		检验与试验
F	100	总则
F	200	外观检查与无损检测
F	300	对接接头的破坏性试验
F	400	硫化物应力腐蚀试验
F	500	防腐试验与微观结构检验
F	600	覆盖焊接试验
G		生产焊接的要求
G	100	总则
G	200	焊接产品
G	300	修补焊接
G	400	焊后热处理
G	500	管子与管子部件焊接
G	600	立管、膨胀弯、拖拉管段的制造
G	700	安装与连接焊接
H		材料与工艺的特殊要求
H	100	内部复合/加衬的碳钢管
H	200	双向不锈钢
H	300	马氏体（13%铬）不锈钢

附录 D 无损检验（NDT）

A.		总则
A	100	范围
A	200	规范和标准
A	300	质量保证
A	400	无损检验方法
A	500	无损检验程序
A	600	人员资格
A	700	报告
A	800	无损检验时机
B.		手动无损检验和焊接外观检查
B	100	总则
B	200	射线检验
B	300	手动超声波检验
B	400	手动磁粉检验
B	500	手动液体渗透检验

DNV 海底管线规范 2000 版

B	600	手动涡电流检验
B	700	外观检查
C .		母材和焊接覆盖层的手动无损检验
C	100	总则
C	200	钢板和钢管
C	300	锻件
C	400	铸件
C	500	焊接覆盖层
D .		自动无损检验
D	100	总则
D	200	自动超声波检验
E .		无损检验接受标准
E	100	总则
E	200	基于工程风险性评估 (ECA) 的接受标准
F .		制造中的钢板和带钢的无损检验
F	100	总则
F	200	碳—锰和双相钢板以及带钢的超声波检验
F	300	复合钢板和带钢的超声波检验
F	400	钢板和带钢的外观检查
G .		制管厂管子的无损检验
G	100	总则
G	200	未被检验的管端
G	300	可疑的管子
G	400	适用于所有管子的无损检验
G	500	无缝钢管的无损检验
G	600	HFW、LBW 以及 EBW 钢管的无损检验
G	700	SAW 钢管的无损检验
G	800	手动的无损检验
G	900	管子上的修补焊缝的无损检验
G	1000	管子的焊接外观检查
H .		安装焊缝、构件焊缝以及其他承压焊缝的检验
H	100	总则
H	200	无损检验和外观检查
H	300	接受标准
H	400	焊缝的修补
I .		管线构件、设备、结构部件以及母材、焊接覆盖层的接受标准

DNV 海底管线规范 2000 版

I	100	总则
I	200	钢板和钢管的手动无损检验接受标准
I	300	锻件接受标准
I	400	铸件接受标准
I	500	焊缝覆盖层接受标准

附录 E 自动超声波环焊缝检测

A 概要

A	100	总则
A	200	参考资料

B 基本要求

B	100	概要
B	200	文献资料
B	300	合格
B	400	超声波系统设备与组成
B	500	记录仪安装
B	600	环形扫描速度
B	700	阀门设置
B	800	门槛记录仪
B	900	供电
B	1000	软件
B	1100	系统逻辑手册
B	1200	备件
B	1300	监视器

C 步骤

C	100	概要
---	-----	----

D 校准

D	100	初始静力校准
D	200	动力校准

E 现场检验

E	100	检验要求
E	200	检验操作

F 再检验

F	100	概要
---	-----	----

G 评估与报告

G	100	评估指示
---	-----	------

DNV 海底管线规范 2000 版

G	200	检查报告
G	300	检查记录

H		合格
H	100	概要
H	200	总则
H	300	要求
H	400	合格方案
H	500	变量
H	600	检查焊缝
H	700	合格试验
H	800	证实试验
H	900	分析
H	1000	报告

I		合格性证实
I	100	证实
I	200	需要的变量

附件 A 转送器要求

附件 B 管钢剪波波速的确定

第一章 总 则

目录

A		总则
A	100	简介
A	200	目的
A	300	范围及应用
A	400	其他规范
B		标准参考
B	100	海洋的服务说明
B	200	海洋标准
B	300	推荐方法
B	400	规则
B	500	证书注解和分类注解
B	600	指南
B	700	其他参考
C		定义
C	100	动词形式
C	200	定义
D		符号和缩写
D	100	缩写
D	200	符号
D	300	希腊字母
D	400	角标

A 总 则

A100 简介

101 本规范为管道系统的设计、材料、预制、安装、测试、试投产、运行、维护、再认证和废弃提供标准和指南。

A200 目的

201 本规范的目的是：

- 通过定义海底管道系统的设计、材料、预制、安装、测试、试投产、运行、维护、再认证和废弃的最低要求，提供一个国际可接受的安全标准。
- 作为业主和承包商之间的合同事项中的技术参考文件。
- 作为设计者、业主、承包商的指南。

A300 适用范围及其应用

301 本规范适用于 C200 中规定的刚性金属海底管道系统。这种管道输送的流体类型在

DNV 海底管线规范 2000 版

第二章中定义，制造管道的材料在第六章中给出。

302 规范应用于石油和天然气工业中海底管道系统的设计、材料、预制、安装、测试、试投产、运行、维护、再认证和废弃。

303 规范可应用于单管道系统、绑扎管道束以及内部装有输送管的管道束。

304 规范不适用于柔性的管道和动力式的或屈从的立管。

指南注解：

上面的限制是因为荷载对用夹钳或相似的将立管连接在固定结构中的立管和流体中能移动立管之间的差异。这种立管不包括悬垂的或于 TLP 相连的立管。

305 计划用来控制海下安装的控制管线不包括在本规范中，在控制管线中使用满足本规范材料制造的单管可以根据本规范设计。

指南注解：

虽然本规范适用于控制管线，但对于那些与普通管道相比不是规则几何形状的管道在某些要求上超出适用范围，此类应用应特别注意。

306 规范适用于 S 型铺设、J 型铺设，托管以及产生塑性变形的铺设方法，也包括立管，保护和锚固结构的安装要求。

A400 其他规范

401 当本规范与某些参考文献发生冲突时，应以本规范为标准。

402 在参考 DNV 以外的其它标准时，其有效版本是指在本规范有效期内有效的版本，否则要另作说明。

403 本规范遵守 ISO163623 标准“石油和天然气工业的管道输送系统”。该标准对海洋管道和立管的功能性要求予以明确说明。

指南注解：

与 ISO 标准的几项重要差异：

——由于应用根据补充的要求 U，为充分利用管道，可以允许使用比 ISO 标准更高的压力。

——在 ISO 标准中的等效应力准则有时比本规范的更高。

——要求进行系统压力测试。

——由于管道的安全等级不一样，会出现细小的差异，而 ISO 标准中没有安全等级的概念。

规范要求管道的生产和制造都按照本规范。

404 规范的管道要求是基于 ISO 标准 3183 - 3“石油和天然气工业 - 钢管道 - 技术交付条件 - 第 3 部分(管子要求等级 C)”，在某些方面，有更严格的要求。

本海洋规范也有五个补充的要求和一个与设计标准及内容相关的 NDT 要求。

指南注解：

ISO 标准对管道的附加要求见附录 A。

B 标准参考

B100 海洋服务说明

下列文献的最新版本适用：

DNVOSS-301 “管道的认证和核实”

B200 海洋标准

(空缺)

DNV 海底管线规范 2000 版

B300 推荐方法

下列文献的最新版本适用：

- DNVRP-F101 受腐蚀的管道
- DNVRP-F104 管道的机械连接
- DNVRP-F106 用于腐蚀控制的工厂管道涂层
- DNVRP-B401 阴极保护设计
- DNVRP-E305 海底管道底端稳定设计
- DNVRP-O501 管道系统的腐蚀性磨损

B400 规则

下列文献的最新版本适用：

- DNV 柔性立管和管道的认证规则
- DNV 海上施工的计划 and 执行规则
- DNV 固定安装海洋设备的分类规则

B500 证明注解和分类注解

下列文献的最新版本适用：

- DNV CN1.2 统一认证服务，类型许可
- DNV CN1.5 统一认证服务，制造者许可，金属材料许可
- DNV CN7 焊接处的超声波检测
- DNV CN30.2 移动海洋单元的疲劳强度分析
- DNV CN30.4 基础
- DNV CN30.5 外界条件和环境荷载
- DNV CN30.6 海上结构可靠度的分析

B600 指南

下列文献的最新版本适用：

- DNV 柔性管指南（1987.11.02 版本）
- DNV 指南 13 拖网工具和管道之间的相互作用
- DNV 指南 14 自由跨度管道

B700 其它参考

- BS7910 焊接结构裂缝可接受度评估方法指南 ”
- ISO/DIS13623 石油和天然气工业管道输送系统 ”
- ISO3183-3 石油和天然气工业 - 钢管线管 - 技术交付条件 - 第 3 部分(管子要求等级 C)

指南注解：

最新版本的 DNV 文献可以在网站（www.dnv.com）的出版目录中找到。

C 定 义

C100 动词形式

101 **将要** 表明应严格的遵守规范中的要求，不允许有任何差异。

102 **应该** 表明有几种可能性，其中一种是特别合适的，并不排除其他；或是优选的，但不是必须的。其他可用方法应根据协议应用。

DNV 海底管线规范 2000 版

103 **可以** 通常指在规范的限制内有一些允许的变化。

104 **协定, 通过协定** 除非有特殊的说明, 一般认为这是制造商/承包商和业主之间的书面协定。

C200 定义

201 **竣工勘察**: 已施工完成的管道系统的勘察。进行此项勘察是为了证实已完成的施工作业满足指定的要求并在文件上标注与原始设计不同之处(如果有)。

202 **铺设勘察**: 施工作业期间在连续的触地点监控或用专用船进行的勘察。

203 **大气区**: 在飞溅区以上的管道系统部分。

204 **整体屈曲**: 屈曲形式涉及到管道的连续长度, 通常是包含几根连续管子或节点, 而不是横截面的总变形。膨胀屈曲是一个这种屈曲的例子。

205 **局部屈曲**: 屈曲形式限制在一小段长度。由横截面的变形引起的。例如, 折叠、局部管壁的皱褶和扭转。

206 **特征荷载**: 用于确定荷载影响的荷载的参考值。特征荷载一般是根据荷载分布函数上端定义的一个分位点确定的。

207 **特征抗力**: 用于确定设计强度的结构强度参考值。特征抗力一般是根据抗力分布函数下端定义的一个分位点确定的。

208 **特征强度**: 用于确定设计强度的名义值。特征强度一般是根据强度分布函数下端定义的一个分位点而确定的。

209 **有涂层的管子(c)**: 内部有涂层的管子, 管基和涂层材料之间的连接是金属。

210 **试运行**: 对于管道来说, 是指压力测试后, 运行之前的测试, 包括排水, 清洗, 干燥和灌注产品。

211 **荷载条件影响系数**: 对特定荷载条件进行屈曲计算后的荷载影响系数。

212 **建设阶段**: 整个建设阶段包括制造, 安装, 测试, 试运行直到设备和系统运行能达到目的, 并且是安全的。对于管道来说, 这包括运输, 岸上和船上的焊接, 铺设, 再检验, 连接, 压力测试, 试运行和维修。

213 **承包商**: 与业主签订合同完成全部或部分与设计, 建设和运行相关工作的一方。

214 **腐蚀允许量**: 为补偿在操作过程中由于腐蚀而使管壁(内、外)变薄而增加的管壁厚度。

215 **设计寿命**: 最初计划中设备或系统从安装使用到永久性停产的时间, 经过再检验后, 设计寿命可以延长。

216 **设计前提**: 一系列工程设计资料和功能要求, 这些在规范中并没有具体指明和透露。

217 **设计**: 指包括结构, 材料和腐蚀的管道设计相关工作。

218 **最高设计温度**: 设备或系统在安装和运行期间所能承受的最高可能温度。要考虑外界和运行温度。

219 **最低设计温度**: 设备和系统在安装和运行期间(不管是否承压)所承受的最低可能温度。要考虑外界和运行温度。

220 **工程临界评估**: 缺陷的断裂力学评估。

221 **腐蚀**: 由于沙粒或液滴的重复冲击而使材料受损。

222 **预制**: 将材料组合成有符合预定要求物体的工作。对于管道而言, 指立管, 膨胀环, 管束, 卷管等。

223 **预制系数**: 为弥补在管子制作过程中冷成型造成的材料强度损失的材料强度系数。

DNV 海底管线规范 2000 版

224 预制者：进行预制的工作者。

225 失效：对部件或系统造成以下其中之一或者兼而有之的影响的事件。

——部件或系统功能的失效。

——性能降低到设备、人员或环境的安全性程度显著减少的程度。

226 疲劳：循环荷载引起的材料损伤。

227 流体分类：根据输送流体的危险程度（第二章）的分类。

228 分位点：P - 分位点（或百分位值）或相应的分位值 X_p 定义如下：

$$F(X_p)=P$$

F 是 X_p 的分布函数。

229 静水压力引起的裂缝：有微小孔中的静水压力造成的材料的内部裂缝（相关术语：静止裂缝，逐渐破裂）。

230 静水压力试验：见钢管厂进行的静水压强度试验。

231 检验：如测量、检验、试验、权衡产品或功能的一个或多个特征并将结果与规定的要求相比较以决定是否符合的活动。

232 安装（动词）：与安装设备、管道、结构相联系的操作。例如，铺设、连接、结构物的堆放包括最后的测试和运行准备。

233 安装（名词）：见海洋安装。

234 安装手册（IM）：由承包商准备的描述和说明其安装方法和设备的文件。该文件要满足规定的要求并且其结果是能够被验证的。

235J 型管：安装在平台上 J 型管。通过它可以将管子接入形成立管。J 型管的范围从平台甲板到海底的湾管处。J 型管支撑把 J 型管连接到支撑结构上。

236 极限状态：在这个状态之外结构物就不再满足要求。对管道系统按以下划分相关状态。

SLS=操作极限状态

ULS=极端极限状态

FLS=疲劳极限状态

ALS=偶然极限状态

237 线管（L）：有内涂层的管子，其管基和涂层之间为机械连接。

238 荷载：可以使设备或系统产生应力、应变、变形、位移、移动的任何效应。

239 荷载组合：由于受两个荷载 a、b 的组合作用，需要对组合荷载的局部屈曲极限状态进行检查。荷载组合 a 是一个系统检验、只有系统影响存在时才适用。

240 荷载效应：在设备或系统中引起应力、应变、变形、位移、移动等的任何作用的单一荷载或荷载组合产生的效应。

241 荷载效应系数：分项系数，特征荷载乘以该系数后得到设计荷载。

242 区域分类：根据人类活动划分的管道系统的地理区域。

243 批：出自同一炉、相同的热处理工艺、直径和壁厚相同的一批管子。

244 制造：商品或材料的生产，经常是大规模的。对于管道而言，指根据一个或多个承包商的合同规定生产管线、阳极和其他元件以及覆层的生产活动。

245 制造商：签订合同并对制造的计划、实施及资料负有责任的一方。

246 制造程序规格书（MPS）：由制造厂准备的文件，这些文件要说明通过建议的制造程序怎样达到和证实规定的性质。

247 材料抵抗系数：使特征抵抗减小到更低分位点的分项安全系数。

248 材料强度系数：用于确定材料特征强度的系数，反映屈曲强度的可靠度。

DNV 海底管线规范 2000 版

- 249 钢管厂压力试验：在钢管厂进行的静止强度试验。见第 5 章 B200。
- 250 NDT 等级：对于管线管，NDT 的范围和接受标准有两个等级，要求更高的等级一是对位移控制控制的设计要求。
- 251 名义外径：标定的外直径，对于一个实际直径为 12.75 的管子名义直径是 12(说明)。
- 252 管的名义管壁厚：规定的管子无腐蚀壁厚，它等于最小的壁厚加上制造误差。
- 253 海洋设备(名词)：移动的和固定的结构物，包括用来探查、钻凿、生产、加工以及炭氢化合物或其他相关流体的储藏的设备的术语。该术语包括为从事这些工作的人员提供食宿的设备。海洋设备还包括海底设备及管道。该术语不包括运送油船、供给船和其他不是直接参与上述工作的船只。
- 254 非正常运行：设备或系统正常运行以外的运行状态，对于管道系统来说，这种状态可产生非正常压力。例如，由于突然关闭闸门所产生的水击或者压力调节系统失灵以及压力安全系统启动的失效。
- 255 正常运行：按计划使用设备或系统的状态，包括相关状态和整体监控。对于管道而言，包括全部流动过程中的稳定流状态以及运行中所发生的可能的堵塞和关闭。
- 256 不圆度：管道与圆周的偏差，可用椭圆度(%)或局部不圆，例如压扁(mm)。
- 257 椭圆度：圆周的偏差，截面为椭圆的形式。
- 258 业主：对设计、建设和运行有最终责任的人。
- 259 分项安全系数：用该系数对变量的特征值加以修正给出设计值(即荷载、条件荷载系数、抗力系数或安全等级系数)。
- 260 高频焊管(HFW)：由钢带成型制造的并有一条纵向焊缝，该焊缝是由无充填焊接金属的焊接过程形成的。纵向焊缝由感应或传导产生的高频电流(最小 100KHZ)形成。焊接区或整根管要进行热处理。
- 261 无缝钢管(SML)：以热成型工艺制造的无缝钢管，在热成型后可以通过定径或冷加工获得所要求的尺寸。
- 262 纵向或螺旋埋弧焊管(SAWL 或 SAWH)：由钢带或钢板成型制造的钢管并有一条纵向(SAWL)或螺旋(SAWH)焊缝。该焊缝由埋弧焊工艺成，在管内、外至少各焊一条，允许用气体、金属弧焊进行连续或间断的单道定位焊。
- 263 管道：作为管道系统的一部分，它是管道系统在最高潮位的水面以下的部分，不包括管道立管。管道可全部或部分悬在海底以上，坐在海底或埋入海底。
- 264 管道部件：构成管道系统整体所必需的部件，如法兰、三通、弯管、变径接头和阀门。
- 265 管道系统：管道系统是指海底管道，它们的立管、支撑、切断阀、所有的管网部件以及相关的安全系统和防腐系统整套相关系统。如果没有特别说明，管道系统的界限如下：
- 到达并包括清管器发射/接收装置，如果没有清管设施，那么管道系统在设施上第一阀门处终止。
 - 在水下，管道系统一般在采油树的连接点或蝶阀处终止。采油树不作为管道系统的组成部分考虑。在水下，上述定义不适用，管道系统在与其它水下结构物的连接点处终止，连接系统是水下管道系统的一部分。
 - 在近岸段，管道系统在第一个法兰或阀门处终止。
- 266 压力控制系统：对于管道而言，这是控制管道压力的系统，它包括压力调节系统、压力安全系统以及相关的仪表和报警系统。见图 1 - 1

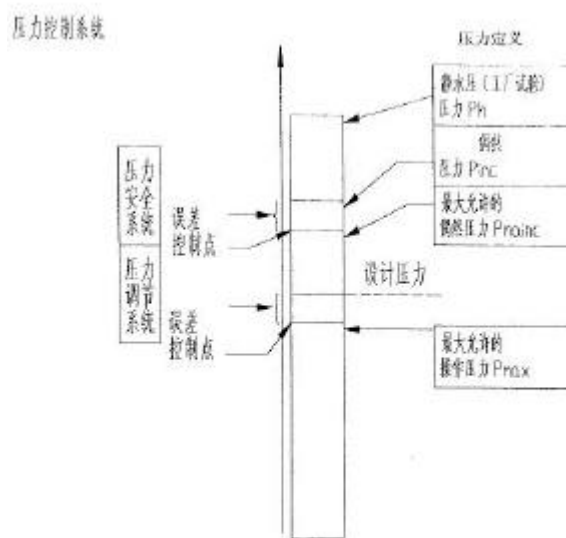


图 1-1 压力定义

267 压力调节系统：对于管道而言，该系统保证管道在上游的压力变化的情况下维持固定压力（在给定的参考点）。

268 压力安全系统：该系统独立于压力调节系统之外，保证不超过允许的偶然压力。

269 压力测试：见系统压力测试。

270 压溃压力 (P_c)：抵抗外部过压的特征能力。

271 设计压力：对于管道而言，这是正常运行期间最大的内压，该压力要指明在设计管道或管道段的那一高度上。设计压力必须考虑所有流量范围内的稳流状态以及在使用恒定设计压力的管道或管道全长度上可能的堵塞和关闭条件。

272 静水试验压力：见工厂试验压力。

273 偶然压力：对于管道而言，指在任何偶然运行的情况下，管道或管道段可以承受的最大内压。与设计压力是同一参考高度。

274 起始压力：使已有的局部屈曲或缺陷开始产生扩展屈曲所需的外部过压。

275 局部压力、局部设计压力、局部偶然压力、局部测试压力：对于管道而言，在管道系统或管道段任何与设计/偶然压力/测试压力相对应的内压。等于参考高度点的设计/偶然/测试压力加上参考点与所考虑管道段点的高度差引起的输送/测试介质的静压水头。

276 最大允许偶然压力 (MAIP)：对于管道而言，它是指管道系统在偶然运行期间的最大压力，最大允许偶然压力定义为最大的偶然误差减去压力安全系统的正误差。

277 最大允许操作压力 (MAOP)：对于管道而言，这是管道系统在正常运行时的最大压力。最大允许操作压力定义为设计压力减去压力调节系统的正误差。

278 钢管厂试验压力：在制造完成后，对管子结点和管子部件进行的试验压力。见第 5 章 B200。

279 屈曲扩展压力：屈曲扩展所需的最小压力。

280 系统测试压力：对于管道而言，在安装完成后，为试验管道系统的水密性而对管道或管道段进行试验所施加的内压。（一般与静水压试验一致）

281 试验压力：见系统测试压力。

DNV 海底管线规范 2000 版

282 业主：所有者或者代表其利益的另一方。他们对采购材料、部件以及对设备或管道的设计、制造或修理有责任。

283 质量保证 (QA)：对产品或服务的质量要求提供适当可信度的必要的计划和系统性工作。

284 质量计划 (QP)：该文献说明了具体质量实施、关于特定产品资源和作业顺序，计划和合同。一个质量计划通常可供具体事件的质量手册参考。

285 棘齿变形：在循环荷载下的累积变形，特别是直径增加。

286 可靠性：一个部件或系统在规定的时间内，在运行和维护的正常条件下没有故障的完成要求功能的概率。

287 再认证：对由于设计前提改变和/或管道损坏而进行的设计进行再评价。

288 抗力：结构或结构的一部分抵抗荷载影响的能力。

289 立管：立管被定义为海底管道与水上的结构物相连的钢管或柔性管。立管一直延伸到输入/输出线和安装设备（如立管与 ESD 阀）之间的海上紧急隔离点。

290 立管支撑/立管卡：保证立管位置的结构物。

291 立管系统：立管系统包括立管、支撑、所有构成管的部件和腐蚀防护系统。

292 风险：数量上或质量上的偶然的或非计划的事件发生的可能性，它与失效的潜在影响相关。在量上，风险是量化的失效模式概率乘以它的量化结果。

293 安全等级 (SC)：对于管道而言，根据失效的影响划分管道系统的重要性所采用的概念。

294：安全等级抵抗系数：把一个较低的分位点的抗力变到设计抗力，反映安全等级的分项系数。

295 波击力：来自上升水面诸如波浪通过时作用在大致水平杆件上的冲击力。其方向主要是垂直的。

296 波拍力：碎波作用在大致垂直杆件上的冲击力，其方向主要是水平的。

297 规定的最小拉伸强度 (SMTS)：由规格书或标准规定的并以此作为材料采购的最小拉伸强度。

298 规定的最小屈服强度 (SMYS)：由规格书或标准规定的并以此作为材料采购的最小屈服强度。

299 飞溅区：由于波浪或潮汐的作用，周期性的被水包围或在水外面的结构物或管道的外表面。

300 飞溅区高度：飞溅区上限和飞溅区下限之间的垂直距离。

301 飞溅区下限 (LSZ)：确定如下：

$$LSZ = |L1| - |L2| - |L3|$$

这里 L1=最低天文潮 (LAT)

L2=30%的在 303 中定义的飞溅区波浪相关高度

L3=立管的向上移动量（如果有的话）

302 飞溅区上限 (USZ)：确定如下：

$$USZ = |U1| + |U2| + |U3|$$

这里 U1=最高天文潮

U2=70%的在 303 中定义的飞溅区相关高度

U3=立管的下沉或朝下的移动量（如果有的话）

303 飞溅区波浪相关高度：被定义为超越概率等于 0.01 的波浪高度。此概率是由不同波浪的长期分布确定的。如果这个值不可得到，一个近似的飞溅区高度值可以取为

DNV 海底管线规范 2000 版

0.46H_s¹⁰⁰。这 H_s¹⁰⁰ = 100 年重现期的有效波高。

304 海底管道：见管道的定义。

305 水下区域：管道系统或结构物在飞溅区以下的部分，包括埋入部分。

306 补充要求：对管材的基本要求之外的附加物理特性要求，这些要求是为管材的特殊用途而制定的。

307 系统效应：系统效应与这些情况有关：当许多管子截面一同受到恒定的荷载条件作用，潜在结构失效会发生与结构抗力最低的管子截面处。

308 系统压力测试：完成的管道系统的最后测试。见第五章 B 200。

309 目标安全水平：结构失效的名义可接受概率，不包括过失误差。

310 最终拉伸强度 (UTS)：测量的最终强度。

311 核查：确定一项活动、产品或服务是否符合具体要求所进行的检查。

312 工作：所有根据由业主、操作者、承包商或制造商共同签订的相关合同执行的活动。

313 屈服应力 (YS)：测量的屈服拉伸应力。

D 符号和缩写

D100 缩写

ALS	——偶然极限状态
API	——美国石油协会
ASD	——许用应力设计
ASME	——美国工程力学协会
ASTM	——美国材料和试验协会
AUT	——自动超声波测试
BS	——英国标准
C	——有覆层的管
C-Mn	——碳锰钢
CRA	——抗腐铁合金
CTOD	——裂纹尖端开口位移
DFI	——设计、制造、安装
DNV	——挪威船级社
DP	——动力定位
EBW	——电力焊接梁
ECA	——工程风险评估
ESD	——紧急关闭
FLS	——疲劳极限状态
FMEA	——失效模式效应分析
HAT	——最高天文潮
HAZ	——热影响区
HAZOP	——危险和操作研究
HFW	——高频焊接
HPIC	——氢气压力引起的裂缝
IM	——安装手册
ISO	——国际标准化组织
J-R 曲线	——用于估计裂缝扩展的稳定裂缝发展阻力曲线

DNV 海底管线规范 2000 版

KV	夏比值
KVL	平行与管方向的夏比值
KVT	垂直与管方向的夏比值
L	线管
LAT	最低天文潮
LRFD	荷载和抗力系数设计
LSZ	飞溅区下限
LBW	激光焊接梁
MAIP	最大允许偶然压力
MAOP	最大允许操作压力
MDS	材料数据单
MIP	最大偶然压力
MPQT	制造程序质量测试
MPS	制造程序规格书
MSA	制造检查安排
NASE	国家腐蚀工程协会
NDT	非破坏性试验
P	产品
PRE	缺陷抗力方程
Q	合格
QA	质量保证
QC	质量控制
QP	质量计划
QRA	量化风险分析
ROV	遥控车
SAWH	螺旋埋弧焊
SAWL	纵向埋弧焊
SC	安全等级
SCF	应力集中系数
SLS	使用极限状态
SML	无缝管
SMTS	规定的最小拉伸强度
SMYS	规定的最小屈服强度
SNCF	应变集中系数
SRA	结构可靠度分析
SSC	硫化物应力开裂
TOFD	航程绕射时间
TRB	三卷轴弯曲
ULS	最终极限状态
UO	焊管的制造过程
UOE	焊管的制造过程并扩管
USE	飞溅区上限
UTS	最终拉伸强度

DNV 海底管线规范 2000 版

WPS——焊接程序规格书

YS——屈服应力

D200 符号

201 拉丁字母

A=横截面面积

 $A_i = \pi/4 * (D - 2t)^2$ $A_e = \pi/4 * D^2$ $A_s = (D - t) * t$ 钢管横截面积

D=实测的最大内径或外径名义外直径

 D_{max} =实测的最大内径或外径 D_{min} =实测的最小内径或外径 $D_i = D - 2t_{nom}$ =名义内径

E=杨氏模量

 f_o =椭圆度, $(D_{max} - D_{min}) / D$ f_y =设计屈服强度 f_u =设计拉伸强度

g=重力加速度

h=从参考海平面到管道设计压力参考点的高度

H=波高

 H_s =有效波高 H_p =永久塑性缺陷深度

ID=名义内直径

M=弯矩

 M_c =特征抵抗弯矩

N=管壁中的轴向力 (“真正”的力)(拉为正)

 N_i =应力区块的数目 N_i =以恒定幅值产生破坏的应力的循环数目O=不圆度, $D_{max} - D_{min}$

OD=名义外径

 p_c =特征压溃压力 p_d =设计压力 p_e =外部压力 p_{ec} =弹性压溃压力 p_h =试验压力 (钢管厂试验) p_i =特征内压 p_{inc} =偶然压力 p_{init} =起始压力 p_{cd} =局部设计压力 p_{li} =局部偶然压力 p_{lt} =局部实验压力 p_{mao} =最大允许操作压力 p_{mt} =钢管厂静水压试验压力

DNV 海底管线规范 2000 版

p_p =塑性压溃压力
 p_{pr} =扩展压力
 p_t =试验压力
 R =管子的整体弯曲半径
 R_m =拉伸强度
 R_{px} =永久伸长为 X%的等价强度（真正应力）
 R_{tx} =总伸长为 X%的等价强度（真正应力）
 S =有效轴应力（拉为正）
 T =操作温度
 T_{max} =最高设计温度
 T_{min} =最低设计温度
 T_0 =试验温度
 t_1, t_2 =管壁厚度，见第 5 章 C300
 t_{corr} =腐蚀允许量
 t_{fab} =预制壁厚容限
 t_{min} =最小壁厚
 m_{min} =测量的最小壁厚，见表 6 - 14，6 - 15
 t_{nom} =管子的名义壁厚（未腐蚀的）
 V =截面模数 = 从被考虑的管道部分到管道设计压力的参考点的高度

D300 希腊字母

301 希腊字母

=热胀系数
 A =各向异性系数
 c =流动应力系数，参考第 5 章 D300
 f_{ab} =预制系数，参考第 5 章 D300、第 5 章 B300
 f_{at} =允许的疲劳损伤率
 g_w =对接焊系数（变形抗力）
 $h=(YS/UTS)_{max}$ 最大的应变强化
 u =材料强度系数
 =应变
 M =特征弯曲应变抗力
 f =累积的塑性应变抗力
 p =塑性应变
 A =偶然荷载效应系数
 C =条件荷载效应系数
 E =环境荷载效应系数
 =抗力系数、应变抗力
 F =功能荷载效应系数
 i_{nc} =偶然压力与设计压力比率系数
 i_n =材料抗力效应系数
 p =压力荷载效应系数
 s_c =安全等级抗力系数

DNV 海底管线规范 2000 版

=曲率

=使用系数

μ =摩擦系数

=变量（如壁厚）的标准差

σ_e =等效应力 (Von Mises 屈服准则)

σ_h =环向应力

σ_l =纵向/轴向应力

=切向剪应力

D400 角标

A=偶然荷载

c=特征抗力

d=设计值

E=环境荷载

e=外部

el=弹性

F=功能荷载

h=周向（环向）

i=内部

l=轴（纵）向

M=弯矩

P=塑性

s=钢

S=SLS

U=ULS

第二章 设计原理

目 录

A	总则
A 100	目的
A 200	应用
B	安全原理
B 100	总则
B 200	安全目标
B 300	系统审查
B 400	安全等级方法
B 500	质量保证
B 600	健康、安全、环境
C	设计格式
C 100	总则
C 200	流体分类
C 300	位置分类
C 400	安全等级分类
C 500	分项安全系数法
C 600	可靠度分析

A 总 则

A100 目的

101 本章的目的是说明在规范中应用的安全原理以及相应的设计方式。

A200 应用

201 本章适用于所有根据本规范建造的管道系统。

202 本章也可以为规范在新规则的扩展应用提供指导。

B 安全原理

B100 总则

101 按本规范建造的完整的管道系统是由综合如图 2 - 1 所示各部分的安全原理来保证的。

安全目标	
系统评价（QRA）	
安全等级方法论	质量目标

图 2 - 1 安全原理结构

B200 安全目标

DNV 海底管线规范 2000 版

201 在从概念设计到管道放弃的所有阶段，要建立、计划和执行整体安全目标。

指南注解：

所有公司对人才、环境和财政问题都有一些政策，它们通常在一个总体的水平。但在某些特定的领域它们可以有更详细的目标和要求。对于一个特定的管线系统，这些政策应作为安全目标的基础。一般要求如下：

- 对环境的影响应尽可能的降低
- 在管道系统的运行期间不准有泄漏
- 在建造期间不能有重大事故和人员伤亡
- 在任何情况下管道结构物不能对渔船产生威胁
- 安装和维修等无须潜水。

上述要求涉及所有或某阶段。他们通常对工作的执行（例如承包商如何执行他的工作）和具体的设计方法（埋或不埋）有意义。定义安全目标可作为工程是否按计划完成的评议要点，因此推荐安全目标要求有更多的集体量化要求。如果没有可参考的政策或难以定义安全目标，那么可以由风险评估开始。风险评估可以确定各种危害和相应的结果，然后据此反推可接受的安全标准和需要遵守的区域。

本规范中，结构失效概率反映在三个安全等级（见 B400）的选择中，安全等级的选择也包括对安全目标的考虑。

B300 系统审查

301 在实际操作中，所有与管道系统设计、建造、和运行有关的工作需要保证没有任何一个会对人构成生命危险或会对设备和环境构成不可接受的损害的失效发生。

302 要求所有的阶段进行系统化的审查或分析以确定和平价管道系统的单一失效和系列失效的后果，这样就可以采取必要的补救措施。这种审查要覆盖管道各个系统的关键点，计划操作的关键点以及以前相似系统或操作的经验。

指南注解：

这种系统性审查的方法是量化风险分析法（QRA），这种方法可以提供对人身、安全、环境和财产总风险的估计。

包括：

- 危害确定
- 破坏事件的概率估计
- 事故发展
- 后果和风险评估

应当注意到一些国家的法律要求进行风险分析，至少要在总体水平上确定可能影响管道系统安全性和可靠性的关键方案。其他确定潜在危害的方法还有破坏模式效应分析（FMEA）以及危险和可操作性研究（HAZOP）。

303 对人们经常活动的区域或近岸段要给予特别注意，这里对管道破坏的可能性更大和后果更要重。这也包括与现存的管道平行的管道以及管道衔接点的区域。

B400 安全等级方法

401 在规范中，用安全等级方法来确保管道系统的结构可靠度。管道系统根据失效后果被划分为一个或多个安全级别，对每个级别和极限状态使用一套分项安全系数。

B500 质量保证

501 本规范的安全方式要求严重的错误（人为错误）必须通过要求对所有相关阶段中工作的组织、工作人员资格、设计审查和质量保证来控制。

502 本规范的目的是，假定管道系统的业主以确立了质量目标。业主应在内部和外部质量的相关方面要追求实现在质量目标中预定的产品和服务质量水平，并将提供达到预定质量的保证。

DNV 海底管线规范 2000 版

503 应当采用质量系统来满足本规范的要求。

指南注解：

ISO9000 可以在质量系统的选择和使用方面提供参考。

B600 健康、安全和环境

601 本规范的目标是管道系统的设计、材料、预制、安装、试运行、运行、维修、再认证和废弃都是安全的，并且考虑到公共安全和环境保护。

C 设计方式

C100 总则

101 本规范中的设计方式是建立在极限状态和分项安全系数方法基础上觉得，也被称为荷载和抗力系数设计方式（LRFD）。

C200 流体的分类

201 管道系统输送的流体应根据它们潜在的危害性来进行分类。分类如表 2 - 1

202 对于在表 2 - 1 中没有具体指明的气体或液体，要按照具有相似的潜在危害的物质分类，如果分类不明确，将假定为最高危害性的。

表 2 - 1 流体分类	
类别	描述
A	典型的非可燃水基流体
B	易燃的和（或）有毒的物质，该物质在常温常压下是液体。典型的例子是石油产品。甲醇也是一种易燃的和有毒的液体。
C	非易燃物质，该物质在常温常压下是无毒气体，典型的例子是氮气、二氧化碳、氢气和空气。
D	无毒的，单相的天然气。
E	易燃的和/或有毒的液体，在常温常压下是气体，被作为气体或液体输送，典型的例子是氢气、天然气（不包括 D 类的）、乙烷、乙烯、液化石油气（如丙烯、丁稀）、天然气液体、氢和氯。

C300 位置分类

管道系统必须按照表 2 - 2 定义的位置分类分类

表 2 - 2 位置分类	
位置	定义
1	沿着管道预期没有经常性人类活动的区域
2	平台（人工的）附近区域的立管/管道或者经常有人类活动的区域。2 区的范围要根据适当的风险分析确定。如果没有进行这样的分析，要采用至少 500m 的距离

C400 安全等级

401 管道设计必须根据潜在的破坏后果进行设计。本规范中，这一点包含在安全等级的概念中，安全等级可以因为阶段和位置的不同而不同，安全等级定义如表 2 - 3

表 2 - 3 安全等级分类	
安全等级	定义
低	破坏对人类伤害风险低，对经济和环境后果小，通常是安装施工阶段的级别
一般	对于临时条件，破坏对人类有伤害风险，对环境污染显著，有非常大的经济和政治影响，通常这是平台外部操作的级别

DNV 海底管线规范 2000 版

高	对于操作条件，破坏对人类伤害风险高，对环境污染显著，有非常大的经济和政治影响，这通常是在区域 2 操作的级别
---	--

关于安全等级的安全分项系数在第五章的 D 200 部分中给出
402 对正常使用，所应用的安全级别在表 2 - 4 中给出

表 2 - 4 安全等级的一般划分*				
阶段	流体类别 A、C		流体类别 B、D 和 E	
	位置分类		位置分类	
	1	2	1	2
临时 ^{1/2}	低	低	低	低
操作	低	一般 ³	一般	高

注解：1、直到试投产前的施工阶段（临时阶段）一般为低安全级别。
2、对于试运行后的临时阶段的安全等级，应对破坏后果作具体考虑。如给比低安全级别更高的级别。
3 正常操作情况下的立管为高的安全等级。
*根据管道破坏的条件和严重性，存在其他分类。对于破坏后果比一般要严重的管道，上面的表不能使用，更高的安全等级的选择要考虑对总体安全不增加的影响。如果总体安全性增加是微小的，那么不需要调整为更高的安全等级。

C500 分项安全系数法

501 分项安全系数设计方法的基本原理是在任何考虑的破坏方式中证明系数化的设计荷载不超过系数化的设计抗力，系数化的设计荷载是通过荷载效应系数乘以特征效应系数获得。系数化的抗力是通过抗力系数除以特征抗力获得。
502 如果设计荷载效应（ L_d ）没有超过设计压力（ R_d ）就被认为满足安全水平。

$$L_d(L_F, L_E, L_A, g_F, g_A, g_C) \leq R_d(R_k(f_k), g_{sc}, g_m) \tag{2.1}$$

503 设计荷载效应基于，或是由适当的条件荷载系数（ c ）调整的系数化荷载效应的函数。对于特定的破坏方式，系数化荷载效应要根据极限状态组合。
504 在本规范中与极限状态有关的荷载效应系数、安全等级抵抗系数和材料抗力系数需要用可靠度的方法对不同的安全级别进行校准。
505 在本规范中荷载效应和抗力的特征值是以各自相对概率分布的百分值给出的。它们应根据可靠数据用公认的统计技术得到。

指南注解：
本规范中的特征抗力不一定反映名义值或某一特定的百分值。由于总体模式的不确定性和荷载偏差，这最终的设计公式只提供了一个准则。因此，在调整这些公式时要特别注意。

506 荷载组合和相应的荷载效应系数在第 5 章 D 300 给出，极限状态和相应的抗力系数在第 5 章 D 200 给出。

C600 可靠度分析

601 作为本规范规定和使用的 LRFD 法的一种可选择的方法，一个公认的结构可靠分析方法可以使用，为：
——用来校准本规范应用范围之外的明确极限状态
——此方法与 DNV 分类说明 NO.30.6 “海洋结构物结构可靠度分析”一致
——经证明，该方法能够对于本规范指定的类似情况提供足够的安全性

DNV 海底管线规范 2000 版

指南注解：

特别的，这表明基于极限状态设计的可靠度不能取代第 5 章的压力控制准则。

602 进行结构可靠度分析要由合适的并有资格人员完成，在新的领域扩展应用要技术证明来支持。

603 只要可能，目标可靠度水平要与相同或相似的并在本规范基础上设计具有足够安全性的管道设计进行校准。若这不可行，目标安全水平要根据在表 2 - 5 中给出的破坏类别和安全等级决定。

表 2 - 5 可接受的概率与安全等级				
极限状态	概率基础	安全等级		
		低	一般	高
SLS	每条管道每年 ¹	10^{-2}	10^{-3}	10^{-3}
ULS	每条管道每年 ¹	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
FLS	每条管道每年 ²			
ALS	每条管道每年 ³			

1 或者是临时阶段

2 根据操作的最后一年或检查之前依靠采用的检查原理，可以有效控制破坏概率

3 指严重后果中的整体允许概率

第三章 设计假定和文件

目 录

A	总则
A 100	目的
A 200	概念深化
A 300	执行计划
A 400	安装、运行和废弃
B	系统设计准则
B 100	系统完整性
B 200	运行期间的检查和监督
B 300	压力控制系统
C	管道路线
C 100	位置
C 200	路线勘察
C 300	海床特性
D	环境条件
D 100	总则
D 200	环境资料采集
D 300	风
D 400	潮
D 500	波浪
D 600	流
D 700	冰
D 800	空气和海水温度
D 900	海生物
E	管道内部和外部条件
E 100	外部运行条件
E 200	内部安装条件
E 300	内部运行条件
F	文件
F 100	总则
F 200	概念及工程细节
F 300	管线及管线部件制造
F 400	腐蚀控制系统和配重层制造
F 500	安装和试运行
F 600	DFI 摘要

F	700	运行
F	800	文件归档

A 总 则

A100 目 的

101 本章目的是确定和提供与油田开发有关的特征值定义的基础。此外，还要说明管道系统的设计、建设、运行、再认证的要点。

102 本章还规定设计、制造、运行文献的最低要求。

A200 概念确立

201 要确立油田开发的描述和资料以及管道系统的总体布置。

202 应用时，描述和资料要包括以下内容：

- 安全目标
- 位置、入口与出口条件
- 管道系统描述，包括总体布置和电绝缘界限
- 功能要求，包括油田开发的限制，诸如安全栏和海底阀
- 管道配件、阀门、启动装置和连接件的安装、维修和更换。
- 项目进度和计划，包括计划的年度安装周期。
- 设计寿命应包括设计寿命开始时间，诸如对最后的试运行、安装的详细说明。
- 输送产品的资料包括在管道系统设计寿命期内的可能变化。
- 输送能力和管道尺寸资料。
- 注意在管道系统中同规范可能的冲突。
- 几何上的限制，诸如等内径规格书，对配件、阀门、法兰及挠性管和立管的使用要求。
- 清管要求，如弯管直径、管子椭圆度以及影响清管作业的各种配件之间的距离。
- 含沙生产。
- 第二和第三方人员活动

A300 执行计划

301 要有执行计划，包括下面的内容：

- 一般资料，包括项目组织、工作范围、界面、项目开发阶段和生产阶段。
- 与业主、政府部门、第三方、工程部、公证处和建造承包商之间的合同。
- 法律方面，例如保险合同、区域计划。

A400 安装运行与废弃

401 管道系统的设计和计划需要包含所有阶段，包括建造，运行和废弃。

安装

402 对所有的安装，详细的计划、草图和程序都要准备好，至少包括以下几点：

- 管道路线勘察
- 海底操作
- 管道安装
- 配合性操作

- 布置调查
- 跨距纠正和管道保护
- 保护和锚固结构的安装
- 立管的安装
- 建成调查
- 最后测试和运行准备

运行

403 在运行前应准备管道运行、检查、维护、维修的计划。

404 当选择管道方案时，运行的各方面都得考虑。

405 管道系统运行计划至少包括以下几点：

- 组织和管理
- 启动和关闭
- 运行限制
- 维护
- 腐蚀控制、检查和监控
- 总体检查
- 特别的活动

废弃

406 管道的废弃应经过计划和准备。

407 管道方案的选择应该包括任何对管道废弃有显著影响的确认。

408 管道废弃评估应包括以下几个方面：

- 环境，特别是污染
- 海上交通的阻塞
- 渔业活动的阻塞
- 对其他结构物的腐蚀影响

B 系统设计原理

B100 系统的完整性

101 管道系统要以这样的一种方式设计、建立和运行

- 满足规定的输送能力
- 在计划的操作条件下，满足规定的安全目标并具有抵抗它所经受的荷载所需的抗力
- 具有足够抵抗偶然荷载或非计划操作条件的安全储备

102 管道系统在它的寿命期间输送产品的组份和类型的可能变化，要在设计阶段进行评价。

103 由于设计条件的变化而考虑必要的重新再认证要根据第十一章的规定进行。

B200 运行期间的监控/检查

201 影响管道系统完整性的参数要进行监控和评价，监控的频率要能够保证在系统受到损伤之前采取补救措施。

指南注解：

监控/检查的最低频率应该确保，发生在两次连续的监控/检查之间的退化/降低不会使管道系统发生危险。

202 当视觉检查或简单的测量不可实行或不可靠以及有效的设计方案和以前的经验不能充分预计系统的可靠性时，该管道系统可能需要检测仪表。

203 在正常稳定运行状态，管道系统压力不能超过设计压力。

DNV 海底管线规范 2000 版

B300 压力控制系统

301 可通过压力控制系统预防管道中的任何一点的内压升高过大。压力控制系统由压力调节系统、压力安全系统以及相应的仪表和报警系统组成。

302 压力调节系统的目的是在正常运行期间维持管道的运行压力在一个可接受的范围内，压力调节系统的设定压力是在管道系统的任何一点不超过局部设计压力，对压力调节系统及相关仪表误差的考虑，见图 1-1

303 压力安全系统的目的是在异常操作时即在压力调节系统失灵的情况下，保护下游系统。压力安全系统将自动运行，设定压力使管道系统任何一点的内压超过局部偶然压力具有较低的概率。

指南注解：

压力超过最大压力的年概率小于 10^{-4} 一般是合适的。

304 压力安全系统的设定压力，最大允许的偶然压力应该管道系统中任何一点不能超过局部偶然压力。由于考虑到压力安全的误差，因此最大允许的偶然压力等于偶然压力减去压力安全系统的误差。

305 偶然误差和设计压力的误差之比 g_{inc} 通常是 1.10，也是允许的最大比率。局部偶然压力可表示成：

$$P_{li} = P_{inc} + r_{count} * g * h = P * g_{inc} + r_{inc} * g * h$$

其中 h 是与参考点之间的高度差

r_{count} 是管道内物质的密度

假如压力安全系统的要求是满足的，偶然压力与设计压力之比 g_{inc} 可以低于 1.10，但最少应为 1.05。

306 如果管道中的压力源不能传递超过最大偶然压力的压力，则不需要压力安全系统。在表 3-1 中给出的条件，给出的压力应作为偶然压力用。

表 3-1 具体条件下的偶然压力选择	
条件	P_{li}
当设计压力等于关闭压力最高值	P_{ld}
系统压力测试	P_{lt}

307 如果压力控制系统对每个管道都能保证在正常运行中不超过运行压力以及在偶然运行中不超过最大偶然压力，那么管道系统可以划分成不同设计压力的管段。

308 当一个管道系统与另一个具有不同压力定义的系统连在一起，两个系统定义的转换应以最大偶然压力为基础。

C 管道路线

C100 位置

101 管道路线的选择应考虑到对公众和个人的安全，对环境的保护和管子和其他设备破坏的可能性。至少考虑以下因素：

- 船舶运输
- 渔业活动
- 海上建筑物
- 现有的管道和电缆

DNV 海底管线规范 2000 版

- 不稳定海床
- 沉积物
- 不平坦海床
- 不稳定流
- 地震活动
- 障碍物
- 废物，废军需品等堆放区
- 矿业活动
- 军事活动区
- 考古场地
- 暴露在环境危害中
- 牡蛎海床

102 选择管道路线时，要考虑到管道附近将来的和预期的海上作业。

C200 路线勘察

201 沿着计划管道路线进行勘察，为设计和相关安装活动提供足够资料。

202 勘察带要有足够的宽度，以便确定管道的分布带，保证管道的安全安装和运行。

203 要求勘察精度可以沿建议的路线变化，障碍物、海床地形变化很大的地方或有特殊层面条件的地方要进行更详细的调查。

204 为确定与现有和计划的设备，可能的沉船以及障碍物是否有可能发生冲突，这些地方要进行调查。这样的设备例子包括其他的海底管道、动力和通讯电缆。

205 勘察结果要在路线图上精确地表示出来，要表示出管道的位置和相关的设备以及海床特性和异常情况。

206 在登陆点处，要求特殊的路线勘察以确定

- 由附近的海岸特性引起的环境条件
- 便于安装的登陆点位置
- 环境影响最小的位置

207 所有可能影响管道稳定性和安装的地形特征都要包括在路线勘察中。包括但不限于：

- 岩石露头、巨石麻点等形成的障碍物，此类障碍物需要在管道安装前进行整平或移去
- 含有潜在不稳定滑坡、沙坡、深谷以及冲刷或材料沉积形成的侵蚀的地形特征。

C300 海床特性

301 要确定对评价相关荷载条件有影响的必要地质条件，或是海床沉积，包括管道附近可能的不稳定沉积。对管道的土壤调查指导，参见分类说明 NO.30.4 “基础”。

302 地质特性可以来自于地震调查、海底地质调查、现场和实验室试验的地质资料中得到，补充资料可以从现场勘查或者特别的试验例如管子试验中得到。

303 对管道受力效应重要的土壤参数：

- 剪强度参数（未触动的和重塑的粘土剪切强度以及沙子的摩擦角）
- 相关的变形模量

这些参数应该通过足够的实验室试验和现场演示后确定。另外也要考虑分类和指示性试验，如：

- 单位重量
- 水的含量
- 流动极限和塑性极限
- 微粒大小分布
- 碳酸盐含量
- 其他相关的试验

304 决定静止在海床上管道反应的上层几厘米的土壤的特性是最主要的。表层土的土壤参数比深层的相对来说更具有不确定性。试验位置顶层土的位置会增加不确定性，因此在设计中的土壤参数应用上下限定义。在设计中，土壤参数设计值取上限或下限取决于哪一个在极限状态时更危险。

305 在海床受侵蚀的区域，要对海底附近波浪和海流包括边界层影响进行专门的研究从而进行管道稳定性计算及管道悬跨估计。

306 评价特殊的问题，要对海床土壤进行专门的调查，例如：

- 有关开挖和埋设作业的问题
- 有关管道交叉问题
- 管道系统的固定点和/或阀/环位置的保护结构物的问题
- 淤泥滑移或重复荷载作用下的液化可能性
- 外部腐蚀的情况

307 管道的特殊部件（如阀、环）不能位于曲折的路线的管道截面。

D 环境条件

D100 总则

101 要考虑与特定位置和操作有关的各种环境现象的影响。参见分类说明 NO.30.5 “环境条件和环境荷载”中所描述的原理和方法可以作为确定环境条件的基础。

102 可能损害系统正常功能或引起系统可靠度和安全性降低的所有环境现象都需要考虑，包括：

- 风
- 潮
- 波浪
- 由于水密度不同引起的内部波浪和其他的影响
- 流
- 冰
- 地震
- 土壤条件
- 温度
- 海生物（附着）

D200 环境资料的采集

201 环境资料要能够代表铺设管道系统所在的地理区域，若对所定区域地理位置没有足够的资料，则可以根据其他相关位置的资料进行保守估计。

202 为了评价沿管道线路的环境条件。管道可以被分成几段，每段都由水深、海底地形和其他影响环境条件的因素等特征来描述。

203 环境参数应通过统计数据或长期观察用特征值来描述。

204 在描述一个随机性质（例如风、波）的环境参数时，要利用统计数据用公认的方法

DNV 海底管线规范 2000 版

以统计方式导出参数。

205 应估计由于数据的精确性和数量带来的统计不确定性的影响。若重要的话，还应包括特征荷载效应的估计。

D300 风

301 在立管设计中要考虑风的效应，包括风对暴露的自由悬跨引起震动的可能性、也要考虑在建造阶段发生的风的作用。

302 由于立管靠近其他构件，当确定风的作用时，要考虑风流场的干扰作用，这种影响可能引起风速的增加或减少，或通过附近结构物件的涡流引起动力振动。

D400 潮

401 潮的影响要予以考虑，当水深是一个重要参数时，如波浪作用估计，管道铺设作业计划（特别是在近海岸或登陆点），最大和最小水压的确定等。

402 假定的最大潮要包括天文潮和风暴增水，最小潮要根据天文潮和可能的风暴减水估计。

D500 波浪

501 在立管设计中使用的波浪数据，要同支撑立管的海洋结构物设计中使用的波浪数据一致。

502 对立管和管道都要考虑直接的和间接的波浪影响。

指南注解：

直接波浪影响的例子包括在立管上，安装期和放置在海底的管道上的波浪作用。间接波浪影响的例子包括由于波浪引起的平台位移经过立管支撑作用引起的立管上的变形，在铺设过程中由于铺管船运动引起的管道运动。

503 所用的波浪理论必须能够描述管道所在的特定水深的波浪运动。

504 要考虑波浪的折射、浅水化、遮蔽和反射效应。

505 如果立管和管道靠近其他的结构构件，当确定波浪作用时应考虑来自流场的干扰的可能的影响。这种影响可以引起流速的增加或减少，或通过附近结构物件的涡流引起动力扰动。

506 在合适的地方，应考虑波浪方向和短波峰。

D600 流

601 立管和管道都要考虑流的影响。

602 流速要包括潮流、风引起的流、风增水流、密度流和其他可能的海流现象的分布。对于近岸区域，应考虑由于波浪破碎产生的沿岸流。

603 管道的安装和立管的在位期间，水深的函数、流速的大小和方向的变化应该考虑。对于立管，要用支撑立管的海洋结构物相同的流速分布。

D700 冰

701 在冰形成和流动区域，应当考虑以下几种可能的影响，包括：

——作用在管道系统上的冰力

——流冰的冲击力

——海床冲洗

——在预制和安装中冰的问题，由于直径的扩张引起的波浪荷载的增加

D800 空气和海水温度

801 要给出代表设计值的空气和海水温度的统计值，最低和最高的设计温度应根据几年

DNV 海底管线规范 2000 版

的观察得到。

802 如果温度的影响或温度的变化对管道系统的安全性有重要影响，则要求在建造、安装和试运行阶段对温度实行监控。

D900 海生物

901 要考虑管道系统上海生物的影响，并且要考虑区域有关的生物和其他环境现象。

902 由于管道的有效直径的增加和表面粗糙度的增加，应估计海生物附着后管道的水动力荷载

E 管子的内部和外部条件

E100 外部运行条件

101 对于外部腐蚀控制的选择和详细设计，除了 D 102 已涉及到的之外，下面与环境有关的条件要予以说明：

——暴露条件，例如埋设、抛石等

——海水和沉积层的电阻性

102 需要说明的影响外部腐蚀的其他条件是：

——沿管道和管壁厚度方向最大和平均的运行温度分布

——管道预制和安装程序

——操作期的机械保护、水下重量和热绝缘的要求

——设计寿命

E200 内部安装条件

201 在储存、建造、安装、压力试验和试运行中要准备管子内部条件的描述，要考虑暴露在海水中或潮湿的空气中的时间的长短以决定是否需要用缓蚀剂或其他措施控制腐蚀。

E300 内部运行条件

301 为了评价内部腐蚀控制需要性，包括腐蚀允许量以及提供检验和监控，需要说明以下条件：

——沿管道最大和平均运行温度/压力的分布，和在设计寿命期预计的变化

——流速和流态

——流体组份（初始的和在设计寿命期所预计变化的），特别是潜在的腐蚀组份（例如硫化氢，二氧化碳，水含量，产品中溶解盐的预计含量，残留氧和海水中活性氯）

——化学添加剂和定期清洗

——损伤检测和检测工具的预期能力（即相关腐蚀损伤的探查极限和尺寸能力）

——要考虑流体中微粒引起侵蚀的可能性，参见 RP0501 “管网系统中的侵蚀” 1996

F 文件

F100 总则

101 本节说明了管道设计、制造/预制、安装/试运行和运行文件的具体要求。

102 所有文件要求要反映在文件登记簿上。该文件应当包含设计、预制、制造、安装和试运行。登记簿至少应反映从设计开始到管道系统启动期间的活动。

103 文件要递交给有关人员，以得到承认或确认信息。

F200 概念和工程条款

DNV 海底管线规范 2000 版

201 应建立管道系统的设计基础，包括但不限于：

- A202 中的所有条目
- 沿着计划管线的地形和海深测量的条件
- 地质条件
- 环境条件
- 运行条件，例如压力、温度、流体成份、流体速度等
- 强度原理和在位分析
- 腐蚀控制原理

202 为了能够让第二和/或第三方核对，设计需要有足够的文件说明，至少有下面几项应注明的：

- 管道线路
- 流体的物理和化学特性
- 材料选择（管子和管道部件）
- 温度/压力分布和管道膨胀
- 立管和立管支撑物的强度分析
- 管道的强度和在位稳定性分析
- 危险性分析
- 腐蚀控制（内部和外部）
- 安装和试运行

203 管道系统的预制和安装时需要的图纸包括但不限于：

- 管线图纸，包括文字说明，例如海床特性、地势、现有和将来的平台、管道/电缆、海底井口、船道等
- 详细的管道交叉图纸
- 包含立管、立管保护系统、荷载区、靠船区、急救区等分布的平台布置图纸
- 卷轴预制图纸
- 管道保护图纸
- 立管和立管夹子预制图纸

管子和管道部件

204 以下的文件需要准备：

- 材料制造规格书
- 材料启用/资料单

腐蚀控制系统和配重层

205 以下的文件需要准备：

- 阳极保护设计报告
- 阳极制作和安装说明书
- 涂层制作说明书
- 连接处涂层说明书
- 腐蚀检测系统说明书
- 材料启用和资料单

安装

206 以下的文件需要准备：

- 失效模式效应分析（FMEA）以及 HAZOP 研究
- 安装和试验说明书及图纸

DNV 海底管线规范 2000 版

- 安装手册 (IM)
- 焊接程序说明及执照
- 记录
- 运行程序
- 应急程序

F300 管子和管道部件制作

301 在制作开始之前和制作期间, 递交审查的文件应包括但不限于:

- 制作程序说明书 (MPS)
- 制作程序, 包括测试要求和接收标准, 维修, 个人的资格纪录等
- 材料说明书
- 质量计划
- 焊接程序说明书 (WPS) / 焊接程序资格纪录 (WPQR)
- 无损检测程序
- 制作程序资格测试结果
- 制作/预制的质量系统手册

302 制作后应递交的文件包括但不限于:

- 制作程序, 包括测试要求和接收标准, 维修, 个人的资格纪录等
- 材料证书
- 产品测试纪录 (目测, 无损检测, 样品试验, 尺寸试验, 热处理试验)
- 静力试验报告
- 完整的统计资料, 包括化学组成、力学性能和尺寸大小
- 焊接纪录文件

F400 腐蚀控制和配重层的制作

401 制作前应递交审查的文件包括:

- 制作程序, 包括检测/试验要求和接收标准、维修文件等
- 材料和混凝土配合比设计的文件
- 制作程序资格试验结果
- 检测、试验和校准的参考程序的质量计划
- 阳极轮廓图纸

402 制作后应递交审查的文件包括但不限于:

- 制作程序包括试验要求和接收标准、维修、个人的资格记录等
- 材料证书
- 产品试验记录
- 每一个连接处涂层尺寸、配重和负浮力的完全状态
- 维修记录
- 电阻测试记录

F500 安装和试运行

501 安装开始之前需递交审查的文件应包括但不限于:

- 安装程序, 包括接收标准、设备的试运行证书、个人资格记录 (例如焊接、涂层) 等

- 开挖说明书
- 仲裁程序
- 试运行程序
- 调查程序
- 保护和锚固结构的安装

- 立管和短管的安装

502 安装和试运行后需递交审查的文件应包括但不仅限于：

- 记录
- 调查报告
- 仲裁报告
- 试运行报告

F600 DFI 摘要

601 为了给管道运行和定期检测计划准备提供资料，必须准备 DFI 摘要，DFI 摘要应该包括正常运行 ROV 调查和维护所要求的所有文件，并为管道系统的修理、修改和再认证所需文件提供参考。

602 在 DFI 摘要中，所参考文件要在管道系统的寿命期内保存，并随时容易找到。

603 DFI 摘要至少应包括：

- 管道系统的概述
- 设计基础，包括设计寿命、沿管道路线的条件、环境和地形条件、压力、流速、设计温度、设计压力、偶然压力、腐蚀允许量、流体组份等
- 相关的设计假定和条件，包括适用的限制
- 在设计、预制或安装期间分析发现的影响安全和可靠度的任何特殊要求
- 设计摘要，包括设计阶段的描述和参考文件，关键性或有问题的地方的评价，在以后阶段需要特别注意的重点和系统的关键区域以及特别重要的区域
- 证明符合临时的和永久阶段的主要技术要求的计算书以及其他的参考文件
- 预制摘要，要给出制造/预制过程的概述，对说明书和图纸等的参考，对有问题的地方，与说明书和图纸不同的地方以及运行阶段重要性的讨论
- 特殊部件的图或照片
- 安装摘要要给出安装过程的概述，对说明书和图纸等的参考，对有问题的地方，与说明书和图纸不同的地方以及运行阶段重要性的讨论
- 安装路线图纸
- 对于自动放弃和由于不符合主要技术要求而变更的区分说明
- 在管道系统正常运行或维护期间要求特别注意区域的说明

F700 运行

701 为了进行定期的调查，文件至少包括：

- 管道系统运行的个人责任
- 记录管道设计和安全有重要意义的事件的管道系统运行记录
- 理解管道系统的设计和结构所必需的安装情况的资料。如以前的调查报告、先铺设/正在建设的建筑物的图纸和实验报告
- 输送介质的物理和化学性质以及砂探测设备
- 检验和维护计划和记录

DNV 海底管线规范 2000 版

——按第十章描述的检验内容进行检验程序和结果，包括支持记录如潜水员检查报告和录像

702 在管道系统受到机械损伤或其他的对安全、可靠性、强度和稳定性有损害的非正常情况下，在管道开启之前，至少下列文件要具备的：

——对管道、系统或部件的损坏，在位置、型式、损坏程度和临时措施（如果有的话）方面的描述

——修理、修改和替换包括应急措施的计划和全部要点

——与特别的修理、修改和替换有关的进一步文件，这些文件应与建造施工阶段文件一致

F800 文件的归档

801 在管道系统的寿命期间，保存全部相关的文件是业主的责任。

802 工程文件由业主或工程承包商归档至少十年。管道系统的设计基础和关键资料在整个寿命期内都需归档，这包括从设计到启用的文件，也包括可能的主要维修或系统再认证的文件。

803 管道系统运行和维护期要保存的文件至少要包括运行开始、定期和特别检验的运行期最终检验报告，条件监控记录和维护、修理的最终报告。参见第十章。

第四章 荷 载

目 录

A .	总则
A 100	目的
A 200	应用
A 300	荷载
E.	功能荷载
B 100	总则
B 200	特征荷载效应
F.	环境荷载
C 100	总则
C 200	风荷载
C 300	流体动力荷载
C 400	波浪和海流荷载
C 500	冰荷载
C 600	特征荷载效应
G.	施工荷载
D 100	总则
E.	偶然荷载
E 100	总则
G.	其他荷载
F 100	拖网荷载
F 200	地震

A. 总则

A 100 目的

101 本章定义的荷载条件以及特征荷载效应是在管道系统建造和运行的设计中使用的。

102 荷载被分成不同的种类。荷载分类的目的是为了把荷载效应和不同的不确定性和偶然性联系起来。

指南注解：

荷载分类是和所采用 LRFD 方式紧密联系的。环境荷载的分类要比功能荷载分类保守得多，就是由于更高的荷载分项系数。这是与一般所得 ASD 方式相抵触的地方。

A 200 应用

201 这一章节将说明在 LRFD 标准中所使用的荷载

A 300 荷载

301 荷载可以分为以下几类

- 功能荷载
- 环境荷载
- 建造荷载，又分为功能荷载和环境荷载
- 偶然荷载

302 保守时可以使用简化方法和分析来估算荷载效应。模型试验可以与理论计算相结合，也可以代替理论计算。在理论方法不充分的情况下，则需要做模型试验和全尺寸试验。

B 功能荷载**B 100 总则**

101 由管道系统存在和预期使用所引起的荷载被划为功能荷载。

102 必须考虑建造和运行期间保证管道完整性的所有荷载效应。

103 当确定功能荷载时，至少要考虑以下因素所产生的荷载效应：

- 重量
- 外部静水压力
- 介质温度
- 来自于其他构件的反作用力（法兰，夹具等）
- 覆盖（例如：土壤、岩石、垫子）
- 正常运行期间的内部压力
- 海床的反作用（摩擦及扭转刚度）
- 预应力
- 支撑结构的永久变形
- 由于地面下沉所导致的竖向和横向永久变形
- 在埋设管道固定构件（在线阀/三通、固定设备等），四周由于内部气体/液体冷却造成冰壳生所引起的可能荷载
- 由频繁的清管工作所引起的荷载

104 重量包括管子的自重、浮力、介质、涂层、阳极、海生物和全部管子附件重量。

105 埋设管道的土壤压力若显著则必须考虑。

106 在正常运行期间，既要考虑由压力引起的管端盖帽力的影响又要考虑瞬时压力影响（如由于阀门的闭合）。

107 在检查疲劳强度时应考虑到温度波动的影响。

108 当预应力在一定程度上影响到管道系统承受其他荷载的能力时应考虑如永久性弯曲或永久性伸长等在安装期产生的预应力。由法兰螺栓、连接器和立管支撑构件以及其他永久性附属构件产生的与预张力被划为功能荷载。

B 200 特征荷载效应

201 特征功能荷载效应通常被定义为在所考虑的期限内最可能发生的荷载最大值。

202 当外压增加管道的承压能力时，采用的外压不能高于相应位置处低潮位时的水压。

203 与外压减少管道的承压能力时，采用的外压不能低于相应位置处高潮位时的水压。

204 除下列情况使用正常操作压力和正常操作温度计算外，其他运行条件下的所有计算将使

DNV 海底管线规范 2000 版

用设计压力和最大或最小设计温度（哪个更保守）

——疲劳分析

——环境条件起主要作用的情况

C 环境荷载

C 100 总则

101 为了计算特征环境荷载可以参考“环境条件与环境荷载”分类条款第 30.5 给出的准则。

102 环境荷载即为周围环境作用于管道系统上的荷载，不属于功能荷载或偶然荷载。

103 拖网渔具荷载可依据下面 F 的要求分类。

C 200 风载

201 风载应根据充分的试验数据用认可的理论方法得到，也可以直接使用由充分试验所取得的数据资料。

202 必须考虑由循环风载引起振动的可能性和不稳定性（如涡流激振）。

C 300 流体动力荷载

301 流体动力荷载的定义是管子和周围液流之间的相对运动产生的流动诱发荷载。在确定流体动力荷载时，要估计在计算中所采用流体质点相对速度和加速度，若认为必要还应计入波浪、海流的分布和管子运动的影响。

302 必须考虑以下流体动力荷载，但不仅限于此：

——与水质点的绝对速度或相对速度一致的阻力和升力

——与水质点的绝对速度或相对速度一致的惯性力

——由于涡流激振和其他不稳定现象产生的流动诱发循环荷载

——由于波浪撞击产生的冲击荷载

——由于波浪作用产生的浮力变化

C 400 波浪和海流荷载

401 必须按照公认的办法计算作用下水下管道上的波浪和流引起的荷载。

402 模型试验数据或者来自于工程实践中的数据可以用来确定相关流体动力系数。

403 要确定作用在立管和管道上的海流引起的阻力和升力，并按照公认的波流干扰理论将其与波浪引起的力相结合。可以采用流和波浪诱发的水质点运动速度的矢量相加的方法进行组合。如有可能，最好应根据更为精确的波浪—海流相互作用的原理计算质点总速度和总加速度。

404 如果立管由数根紧密排列的管子组成，则在确定每根管子或整个管束的质量系数和阻力系数时，必须考虑相互作用效应和整体作用效应。如果没有充分的数据资料，则可要求进行大比例尺的模型试验。

405 对位于固定边界或靠近固定边界（如管道悬跨）布置或位于自由流区（如主管）的管道，必须将垂直于管子轴线的升力和垂直于速度矢量的升力计算在内。

406 在确定波浪和海流的荷载时，要将邻近结构部件的可能影响考虑在内，流体流过圆柱体（导管架腿或杆件柱杆）时加速度和流速的增加会在立管和立管支撑构件上产生附加力。

407 要考虑由涡流激振诱发的横向振动所导致阻力系数的增加。

408 要考虑在空气区作用于立管系统的波浪和海流荷载影响。

指南注解：

波浪的最大荷载并不一定总是在设计波浪通过时出现，最大波浪荷载是由特定的波的波长、周期或坡陡产生的。

波浪冲击或拍击的最初响应通常发生在管道的暴露段被大部分浸没之前，因此，作用于管道系统的其他流体荷载通常不施加冲击荷载。然而，由于立管结构的连续性，除了波浪直接荷载之外，必须考虑作用于管道系统的其他部分的整体波浪荷载。

当波浪经过时，水面升高，相应的水平构件被淹没，发生波浪冲击，最大的波浪冲击力发生在构件的平均水平面上且与冲击力的方向接近垂直。

波浪拍击是与破碎波作用联系在一起的，除了垂直于波浪方向的平面外，能够对任何斜度的构件产生影响。最大的力发生在平均水平面以上的构件上。

拍击和冲击都是脉冲式作用的（在一个很短的时间内），要考虑管道系统的动力响应。

409 位于波浪一般影响区以上的部分管道系统，由于波浪的爬升会暴露于波浪荷载的冲击之下。如果发现是相关的，则需考虑该荷载的影响。

C 500 冰荷载

501 在一个可能结冰或有浮冰的地区需要考虑作用于管道上的各种冰荷载的可能性，这类作用力可能一部分是由冻结在管道系统上的冰本身造成的，一部分可能是由浮冰造成的。对于海岸附近和浅水地区，应该考虑浮冰的侵蚀作用和撞击作用的可能性。

502 管道系统的水面以上部分处于冰冻的情况下（如由于浪花作用）应考虑下述的力：

- 冰的重量
- 由于冰的融化产生的撞击力
- 由于冰的膨胀产生的力
- 由于暴露的面积加入而增加的风力和波浪力

503 由于浮冰产生的作用力，应根据通用的理论进行计算。应注意冰的力学特性、接触面积、结构形状和冰的运动方向等。在结构分析中需要考虑冰的作用力（由于水平作用力和浮冰断裂造成）的振动特性，当结构的尺寸主要取决于冰水平运动产生的作用力时，可要求进行冰和结构物相互作用的模型试验。

C 600 特征荷载效应

601 对于每一种荷载及设计条件，用同时作用的荷载最不利的位置、方向及相关的组合来证明管道的完整性。

602 在管道系统的安装过程中，环境特征荷载取所考虑的时间周期中给定海况下的最大值，该海况由（ H_E 、 T_p ）以及相应的海流和风条件确定。特征荷载影响即最大的荷载影响（即波

$$F(L_E) = 1 - \frac{1}{N}$$

浪、海流和风） L_E 由下式计算：

式中：

$F(L_E)$ 是 L_E 概率分布函数， N 是在持续时间不小于 3 小时的荷载效应循环次数。

指南注解：

所考虑的时间周期中给定海况，应解释为针对相应位置和安装周期的海况，为了包括可能的延迟，通常要求周期足够长，安装周期不能超过这个时间周期。

603 对于运行状态，特征环境荷载组合的影响取一年不超过 1% 的可能性的值，当不同的荷

DNV 海底管线规范 2000 版

载元素（例如风、浪、流、冰）之间的相互关系不确定时，用表 4—1 中的荷载组合（同时作用的荷载）

表 4—1 特征荷载组合（依据每年超过的概率）				
风	波浪	海流	冰	地震
10^{-2}	10^{-2}	10^{-1}		
10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}		
10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}	
				10^{-2}

604 对于临时条件下的海底管道，特征环境荷载组合影响如下：

- 如时间不超过三天，特征荷载影响可以依据可靠的大气预报来决定。
- 对于临时条件下的贴底管道，所考虑的时间周期可以取 10 年的重现期的值，相关的时间周期不应小于一季（即 3 个月），如果环境荷载的联合分布不明确，特征荷载的组合可以采用类似运行状态表中的值。

指南注解：

“类似运行状态”即是十年波浪加一年流或一年波浪加十年流

D．建造荷载

D. 100 总则

101 建造荷载即管道系统在建造时，包括安装、压力试验、试运行、维护和维修产生的荷载，建造荷载可分为功能荷载和环境荷载。

102 要考虑在运输、建造、安装、维护和维修时作用于管节点和管截面上的所有有效荷载。

103 在安装、维护和维修时要考虑由于张拉而引起的功能荷载。

104 要考虑由于船的移动引起倾斜荷载和动力荷载以及风，波浪，海流对管线所产生的环境荷载。

105 偶然荷载要考虑由于突然注水，过度弯曲产生的变形所引起的惯性力。以及由于机器操作失误或失败所产生的力，这些失误或失败将引起或者恶化危险条件，参见第 9 章 A300。

106 其他要考虑的荷载是：

- 管子的堆放
- 管段的搬运，例如管段、管段之间的连接处、膨胀弯的提升以及管段的卷绕
- 挖沟、登岸段拖拉、连接等
- 压力试验
- 试运行，如：由于真空干燥造成的压力增加

107 考虑到结构的活性，需建立操作限制条件，见第 9 章 D 400。

108 对于预安装的立管、在导管架上的立管支撑导向卡以及类似结构物所产生的建造典型荷载有：

——风诱导的力，尤其是承载结构上装后沉没于水中的那部分由风诱导的涡流激振产生的荷载

- 在承载结构装船期间引起的变形 / 力
- 运输期间由于船运动产生的力
- 结构下水时产生的变形及作用于结构上的水动力荷载（托曳、撞击、拍击）引起

的力

- 承载结构安装过程中产生的变形 / 力
- 由于打桩引起的作用在力管支撑导向卡上的惯性荷载
- 当临时的力管支撑被拿掉以及立管放到最终位置时支持力的重新分配
- 立管的冷弹性（弹性预变形）
- 立管与膨胀弯/管道连接时产生的连接力
- 运行前期带来的动力荷载，比如灌注，分离灌注

109 在建造期间荷载组合效应要考虑选择可能遇到的最恶劣的荷载组合。

E. 偶然简载

E 100 总则

101 偶然荷载即在异常和意外情况下施加于管道系统上的荷载。

102 把一个荷载归类为偶然荷载最主要的标准是看它发生的可能性，这与第 5 章 D 1200 是一致的。

103 偶然荷载可能由下列因素造成：

- 船舶或其他飘浮物的冲击（碰撞、下沉、搁浅）
- 坠落物的撞击
- 泥土滑移
- 爆炸
- 火灾和热流
- 操作失灵
- 锚的拖拉

104 对于具体的管道系统，要通过风险分析来确定偶然荷载的频率和大小。

F. 其他荷载

F 100 拖网荷载

101 “拖网渔具和管道的相互作用”中给出的准则可以作为计算典型的拖网荷载的参考。

102 设计管道时确定拖网荷载要以拖网频率研究及拖网时潜在破坏评估为基础以确保管道整体性不被破坏。

103 拖网荷载可能因拖网板或拖网梁的作用而产生，具体取决于该区域的推荐捕鱼工具。

104 渔具和由此产生的拖网荷载不仅对不同的管道系统作用显著不同，而且沿同一管道系统也可能有显著变化。拖网荷载由拖网板及梁的类型、质量、速度、拖网缆索的性质（刚度、长度和悬链影响）以及尺寸未确定。沿管道路由支撑条件的变化对拖网设备的响应也会有变化。

105 要确定以下有关拖网的数据：

- 通常用于本地区的最大拖网设备的尺寸
- 未来的趋势（新型设备、质量、拖网速度、形状）
- 本地区拖网作业的频率

106 拖网荷载的影响可以根据三个交替阶段来划分：

a) 撞击 即由拖网板或梁开始撞击管子时造成管子局部凹陷或涂层的破坏。这种荷载通常被划归为环境荷载。

b) 拖越 常指为在管上拉过，即第二种交替阶段荷载由拖网绳、拖网板或拖网架在

DNV 海底管线规范 2000 版

管道上滑动时引起。通常该荷载对管道整体有影响。这种荷载一般划归为环境荷载。

c) 勾住 即拖网极滞留在管子下面且呈极端情况，此时，作用在管道上的力与拖缆的抗断强度同样大。这种荷载通常被划归为偶然荷载。

107 冲击能量时至少要考虑以下因素：

- 拖网板或梁的质量和速度
- 有效附加质量和附加速度

F 200 地震

201 由地震产生的荷载效应，不管是直接的还是间接的，都被认为为了偶然荷载或者是环境荷载，这是取决于地震发生的可能性，这与第 5 章 D1200 中所介绍的偶然荷载相一致。

第五章 设计标准

目 录

A .	总则
A 100	目的
A 200	应用
B .	设计标准和材料
B 100	管道布置
B 200	工厂压力测试和系统压力测试
B 300	运行中检查
B 400	最小壁厚
B 500	材料选择
B 600	典型材料特性
B 700	容许侵蚀
C .	荷载和承载力计算
C 100	荷载条件
C 200	荷载效应计算
C 300	典型壁厚
C 400	应力和应变计算
D .	极限状态
D 100	总则
D 200	极限状态形式
D 300	荷载效应要素和荷载组合
D 400	压力控制（破裂）
D 500	局部屈曲
D 600	全部屈曲
D 700	疲劳
D 800	椭圆化
D 900	棘轮效应
D 1000	累计塑性应变
D 1100	断裂
D 1200	偶然极限状态
E .	特别考虑
E 100	总则
E 200	管道和土壤的相互作用
E 300	立管/管道悬跨
E 400	坐底稳定性
E 500	拖网影响
E 600	第三方荷载及落下的物体

DNV 海底管线规范 2000 版

E	700	绝缘
E	800	管中管及管道集束
F.		管道部件和附属物
F	100	总则
G.		支撑结构
G	100	总则
G	200	立管支撑
G	300	J 型管
G	400	砂砾层稳定性
H.		安装和维修
H	100	总则
H	200	管道笔直度
H	300	涂层

A. 总则

A100 目的

101 本章的目的是提供对管道系统结构失效可能模式的设计和验收的准则。

A200 应用

201 这个标准没有规定对水深度的限制。但是，当此标准用于深水下经验有限的地方时，必须特别考虑以下因素：

- 其他机械故障
- 参数范围的合理性
- 其他特征荷载和荷载组合，以及
- 动力效应

202 假如在受力分析时都是考虑了由于包括振动引起的疲劳效应和操作的局限性和棘齿效应所产生的较大的位移和动力响应。此标准没有明确规定关于弹性变形和振动的限制。

203 当部分管道系统延伸到海岸上时，需要进行特别考虑。典型的问题包括：

- 人口密度
- 人员
- 交通
- 腐蚀
- 断裂阻延

这就需要用比规定的安全等级更高的安全等级。

204 对于螺纹焊接的管道，需要满足下列要求：

——若有补充要求 F(断裂阻延性质)，则要评估对一个管结合处到下一个管结合处的焊接的延展断裂可能性

- 应纪录外压力阻力

——设计应该以荷载控制条件为基础，除非位移控制条件的可行性有文献资料可以确定。

指南注解：

断裂阻延和荷载控制条件的限制是根据罗纹焊接管道运行裂缝和最大应变的的极限经验来决定的。

DNV 海底管线规范 2000 版

B 设计规范和材料

B100 管道分布

101 管道系统不应靠近无关的构筑物、其他管道系统、沉船、漂砾等。确定其最小距离要根据预期的位移、水动力影响和风险评估。当管道系统靠近其他的构筑物、管道系统、沉船、漂砾的时候，就必须考虑路线的细节问题。要保证管道可能产生的偏离，移动和其他危险有足够的距离。

102 交叉的管道，通常必须是分离的，且要永久保持至少 0.3m 的垂直距离。

103 应采取措施以防管道受到不能承受的机械损伤（如落物、渔具、抛锚等），应避免使管道位于平台的装载区内。可通过下列一种或联合措施实现保护：

- 混凝土涂层
- 掩埋
- 覆盖（如砂，石砾，垫子等）和
- 其他机械保护

104 防护结构和管道系统有相对的沉降，设计受保护的结构时就应该恰当考虑这个问题，而且应该按照管道系统整个设计期限来考虑。必须彻底清理在管道组成部分和防护结构之间部分，以免受污染。

105 对于有可能传输 B、D 或 E 类腐蚀性流体的 C-Mn 钢管应对其清管器的清理检查进行设计。如果管线的设计不允许进行清管器清理检查，则应根据公认的程序进行分析以确保渗漏的失效可能性（即失效概率乘以失效后果）是可以接受的。对于其他种类的腐蚀性流体，应评估清管器清理检查的操作可靠性。

106 一条管线在不同的截面上有不同的设计压力。在这种情况下管道系统需装备可靠的压力控制系统，用来确保那些按照较低的压力设计的截面不会受到高于设计压力值的压力。

107 立管和 J 型管应该放置在结构的内部以免受到船的碰撞和由于船和其他机械的相互作用而产生的冲击荷载。立管不应放置在平台的装载区内。

108 立管和 J 型管间的支撑的设计要确保力从立管到支撑间的平稳过渡。

109 J 型管的行程路线要考虑以下几点：

- 平台的构造和最上层的布局
- 空间要求
- J 型管的移动
- 缆索/管线的连接
- J 型管的保护
- 非维护性的检查和保养，以及
- 安装条件

B200 工厂压力测验和系统压力测验

201 进行工厂压力测验的目的

- 继续进行压力安全壳的复核试验，以及
- 确保管道的每个截面至少达到了最小屈服强度

因此，工厂压力测验的压力是用使用压力来定义的，而与无设计压力无关。

202 除了 203 所规定的情况，管线系统在安装完成后要进行系统压力测试。在整个系统压力测试过程中，局部压力要满足下面的要求：

在正常操作情况下一般和最高安全等级：

$$p_{lt} = 1.05p_{li}$$

(5.1)

DNV 海底管线规范 2000 版

在正常操作情况下最低的安全等级

$$p_{lt} = 1.03p_{li} \quad (5.2)$$

指南注解：

一般的，当偶然压力超过设计压力的 10% 时，假设设计压力是参考管线系统上的最高点来考虑的，那么上面所给的系统测试压力大约是设计压力的 1.15 倍。

203 系统压力测试在整个结构完成后要进行泄漏测试。压力测试也是局部偶然压力的作用。在下列情况下，同意放弃系统压力测试：

- 以 SAW 方法焊接的管线
- 当管厚设计是由外部压力控制并且使用小于 75% 的设计压力抵抗值
- 有一直都是从加工，制作，安装过程中获得的详细要求的记录
- 工厂压力测验满目第 6 章 E1100 要求
- 所有的组件和立管在加工期间都做过静水压力测试
- 在完成安装以及所有的组件和立管都被组合好后做过局部渗漏测验
- 整个管线已经确立了一套检验和测试体系。并且已经证明在可监测缺陷尺寸等方面

可以提供与系统压力测验相同的安全等级。

——在焊接完成后会进行超声波自动检测 (AUT) (参见第 9 章 9A904)

——安装和调整工作看起来不会对管线产生破坏。但当掘渠，开沟，以及由于锚索等第三方破坏时要引起专门的注意。

——管线在进行 AUT 检测后，其累积塑性应变不能超过 2%。

104 在整个系统压力测试期间，所有安全等级的极限状态都要被满足 (见 D)。

B300 作业期间检查

301 在整个管道系统的运行阶段，要通过检查来保证安全性和可靠性，这在设计阶段就要被满足，还要在 DFI 备有证明。

B400 最小管壁厚度

401 除非采用其他的办法提供同样保护来保证不受偶然荷载，落物和外部荷载的破坏，对以下情况的所有管道而言，最小名义管壁厚度是 2mm，

- 名义直径不小于 8 英寸
- 高安全等级，和
- 位于 2 类场地。

402 在考虑最小管壁厚度时，应对偶然荷载，落物和外部荷载进行专门的评估，这类管道包括：

- 名义直径小于 8 英寸
- 高安全等级，和
- 位于 2 类场地。

指南注解：

最小管壁厚度的要求是从破坏统计数据中得到的。数据清楚的表明冲击荷载最有可能导致破坏，而且对管道的厚度设计有决定性的影响。(而不是 D/t)

B500 材料选择

501 管道材料选择时要考虑所传送的流体，所受的荷载，温度，和在安装和运行过程中可能的破坏模型。还要确保整个管道系统部件材料的协调性，要考虑材料的以下性质：

- 材料机械性质

DNV 海底管线规范 2000 版

- 硬度
- 破裂韧性
- 疲劳强度
- 可焊性
- 抗腐蚀性。

502 材料选择要包括鉴定下面的附属要求：

- 附属要求 S，酸性要求
- 附属要求 F，断裂阻延特性
- 附属要求 P，管道的塑性变形超过 2%
- 附属要求 U，增值利用
- 附属要求 D，更严格的空间要求

附属要求见第 6 章 D

503 材料的选择包括选择管线的无损检测水平，见 B 600 章节。管线无损检测水平 I 是为了满足使用（基于应变的设计）中位移控制的失稳准则的条件。

504 当存在于流体中，如氧气和氯化物以及水的侵入，不锈钢可能对局部腐蚀和环境因素促成的裂缝敏感。因此要考虑在每个特殊使用情况下提高耐(腐)蚀性。对于有特殊使用要求的管道，需要通过腐蚀性测验来确定材料的可用性。

505 要特别小心稳态流体穿过双联不锈钢或者马氏体不锈钢管道。

506 当用海水进行系统压力测验的时候要小心谨慎以避免由于腐蚀而引起的对 CRA 管线的破坏。

507 马氏体不锈钢管道和双联不锈钢管道以及碳锰合金管道在 SMYS>450Mpa 时需要对于容易受到环境因素而引起的破裂（包括涉及到阴极保护的由于 SSC 和氢而导致的开裂）做特殊的考虑。在制作、安装、运行期间，这类材料在显著的塑性变形下有着特别的用处。

指南注解：

管线无损检测水平 I 给出了在比无损检测水平上更为严格的要求而不是 NDT 水平 II。

强度因子要比附属要求 U 高 4%，通常按材料低大约 4%。

不同的材料要求和设计之间的关系在下表给出：

NDT 水平和辅助要求 U 对设计抗力的利用				
管线 NDT 水平	I		II	
辅助要求 U	是	否	是	否
压力负荷	高	低	高	低
荷载控制屈曲	高	低	好	低
位移控制屈曲	高	低	N/A	

表格注释：

- 1 上面表格中的高和低指的是允许范围。
- 2 荷载控制条件和位移控制条件在 C100 章节中定义。

B600 特征材料特性

601 特征材料特性在将在承载力计算中应用。屈服强度和抗拉强度都在建立在工程应力—应变曲线上。

602 附属要求 U 确保屈服强度可靠性的提高。这反映在表 5—1 中给出的高强度材料系数。设计强度是这些值的函数，在 604 小节给出。

DNV 海底管线规范 2000 版

表 5—1 材料强度系数 U		
系数	正常情况	附属要求 U
U	0.96	1.00

注释：对于系统压力测验，U 系数取 1.00。这给出了对于所有无论是否满足附助要求 U 的材料所容许的环向应力，其值为 SMYS 的 96%。

603 根据在室温下不同的机械特性材料有着不同的材料等级。对于碳锰合金，当温度高于 50 时要考虑温度对材料特性的影响。对于 22Cr 和 25Cr，在温度高于 20 时就要考虑这种影响。由于考虑到材料类型和潜在的温度时效影响，对这些材料特性就要有所选择，包括：

- 屈服强度
- 抗拉强度
- 杨氏模量
- 温度膨胀系数

指南注解：

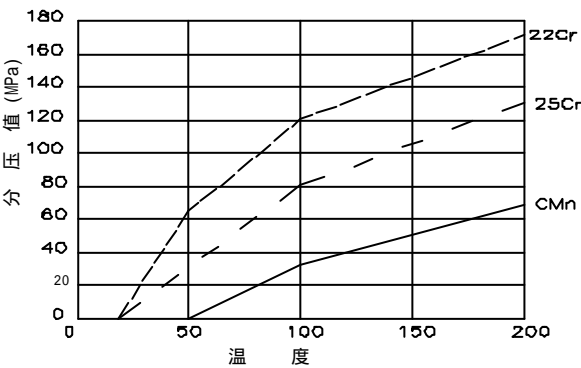
在安装期间，安装接头的涂层要比上述情况要补充考虑温度的影响。

604 表 5—2 给出了在极限状态标准设计中所用的特征材料强度值。

表 5—2 特征材料强度 f_y, f_u	
特性	值
典型屈服强度	$f_y = (SMYS - f_{y-temp}) U$
典型抗拉强度	$f_u = (SMYS - f_{u-temp}) U A$
式中：	
f_{y-temp} 和 f_{u-temp}	分别为由于温度影响而使屈服强度和抗拉强度的减小值
U	材料强度系数 见表 5—1
A	各向异性系数
	对于在管线说明（表 6—3，注释 4）中无约束测试的轴向构件取 0.95 （ c 由方程 5.23 定）
	其它情况 取 1.0

指南注解：

如果没有其他关于碳锰合金和 22Cr 和 25Cr 双向不锈钢屈服强度降低定额值的资料，则可参考图表 5—1：



图表 5—1 屈服强度降低定额建议值

605 要考虑由于温度而使压力和拉力产生不同程度的减少所产生的影响。

指南注解：

DNV 海底管线规范 2000 版

经验表明，由于温度而使压力和拉力的减小，在 Cr 钢材中有 13% 的差别。

606 在制作过程中，冷变形产生不同的拉力和压力强度。所以定义一个制作系数 f_{ab} ，如果没有其他资料，则表 5—3 给出了对于人造管道 UOE 或者 UO 过程中的最大制作系数。这些系数也可以在其他制作过程中使用。比如与冷变形过程相似的 TRB。

如果有文献，制作系数可以通过热处理来提高。

表 5—3 最大制作系数 f_{ab}			
管线	无缝合线	UO&TRB	UOE
f_{ab}	1.00	0.93	0.85

B700 腐蚀允许度

701 对于碳锰合金管线，如果没有阴极保护，且存在传输的腐蚀液的可能性和/或容易受到外部环境的腐蚀，则在管道运行期间，要适时的考虑通过附加管壁来补偿腐蚀所带来的损失（腐蚀允许度）。（也看参见第 8 章）

指南注解：

腐蚀允许度主要是用来补偿由于腐蚀而造成的管道抗压强度的损失，即平均腐蚀程度并把对沟槽，纹路的腐蚀减小到一定的程度。而且，如果腐蚀是在一个孤立的凹坑出现的，则腐蚀余度可以提高操作的可靠性，增加使用寿命。尽管这些损坏不会影响管线的抵抗力，但是当整个管壁被穿透后，会引起针孔渗漏。所以，附加的壁厚与增加壁厚相比，仅仅只是延迟了渗漏的出现。

702 为了估计腐蚀允许度，至少需要考虑下面因素：

- 设计周期和所传输的腐蚀液和/或外部环境
- 预期的腐蚀破坏形式（见上面的指南注解）
- 已有的方法和腐蚀缓解过程的预期可靠性（如对腐蚀液的化学处理，附加的覆盖物等）
- 为整体监控、首次检查时间和预订检查频率所使用的相关工具的期望灵敏度和破损大小检测能力
- 突发渗漏的后果，安全性和可靠性的要求，以及
- 工作压力潜在的提高或者降低

703 除非液体突发的渗漏可以接受（也许可以用在较低的安全等级）。腐蚀余度的大小要足够充分，以适应在先后两次检查之间完整的时间段内实际可能发生的腐蚀退化。（见第 10 章）

704 安全等级为中，高等的碳锰合金管线在运行期间运送碳氢化合物的液体，可能含有液态水。这就要求内部有至少 3mm 的腐蚀余度。

705 若证明腐蚀控制设计或者进程中把所有危险的腐蚀破坏排除在外，则可以根据协议放弃最小 3mm 的腐蚀余度要求。

706 对于位于浪溅带内的安全等级为中，高等的碳锰合金立管，其外部腐蚀余度为 3mm。对于相同安全等级的运输热流体（比周围正常的海水温度高出 10℃）的立管，要有超过 3mm 的腐蚀余度。任何容许的内部的腐蚀都要有相应的增加腐蚀余度。

C．荷载和承载力计算

B100 荷载条件

101 区别：

- 荷载控制条件（LC 条件）

DNV 海底管线规范 2000 版

——位移控制条件 (DC 条件)

不同的设计校核就要运用这两个条件。

102 荷载控制条件是指结构响应主要由所加载的荷载控制。

103 位移控制条件是指结构响应主要由几何位移控制。

104 荷载控制设计规范总可以被用来代替位移控制设计规范。

指南注解：

一个纯粹由位移控制的例子是管线受弯而成一条连续的曲线，比如 J 型管和卷轴。在这种情况下，管轴曲率加大。但可导致成椭圆形的圆周曲率是由轴向曲率和由曲率引起的内部力之间的相互作用来决定的。

一个稍微不明显的例子是与一根与驳船滚轴连接的的管线。在大尺寸上，管线的构造要符合滚轴，在这种情况下，是由位移来控制的。但是在局部尺寸上，在两个滚轴之间的管子的弯曲是有重量和压力的相互作用以及荷载来决定的。然而，stinger tip 总是由荷载来控制的。

另一个比较中间性的例子是一根触到海床的膨胀线管。管子的膨胀是由于温度和在管子末端位移所产生的压力而引起的。管子自身的结构响应对由膨胀而产生的位移影响很小，而且响应主要是由位移控制的。然而，阻止横跨海床的管子移动的横向抗力却有很大的影响，并要求一定程度的荷载控制。

这些例子说明在很多情况下，荷载控制和位移控制的区别是看不出的。要根据信息来判断哪种荷载组合更重要从而进行选择。

106 在位移控制的局部弯曲规范中，要求管线 NDT 水平 I。

C200 荷载效应计算

201 设计分析要以静力学，动力学，材料力学和土力学为依据。

202 简化的计算和分析方法可以用来计算荷载效应，但前提是简化以后的计算结果要更保守。模型测试可以和理论计算相联系，也可以代替理论计算。如果理论方法是不够的，则需要进行模型实验和大比例实验。

203 所有影响整个管线的荷载和强制位移都要被考虑。每个横截面和系统的每个部分，以及每个可能的破坏模型都要考虑。所有可能同时发生的荷载组合也都要考虑。

204 当决定动力荷载的响应时，则要考虑被认为有显著影响的动力效应。

205 荷载效应计算通常用名义截面面积值。

206 荷载效应计算要采用特征值。参考章节 4B200 和 C600。

207 在设计中不考虑钢管上配重层可能带来的加强作用，除非这种加固效应被确证。使管子增加有效抗弯刚度的涂层在其不连续处可能会增大管子的应力 / 应变（例如现场节点），如果合适，应对这种影响予以考虑。

208 在设计中通常不考虑包层以及衬套对钢管可能的加强作用，除非这种加强的作用被确证。

$$S = N - P_i A_i + p_e A_e = N - \frac{P}{4} (p_i (D - 2t)^2 - p_e D^2)$$

209 有效轴力决定了管线的综合响应，用 S 表示。认为受拉为正。

210 管子铺设时，当管子温度和内部压力和管子铺设完成后一样时，

$$S=H$$

这里 H 是有效（残余）铺设张力。

211 被完全约束的管子在线弹性应力范围内的有效轴向力为（假设为理想的薄壁）：

$$S = H - \Delta p_i \cdot A_i \cdot (1 - 2n) - A_s \cdot E \cdot a \cdot \Delta T$$

这里：

H=有效（残余）铺设张力

p_i =相对于铺设时的内压差

T=相对于铺设时的温度差

C300 特征壁厚

301 抗压力的计算是以如下的管壁厚度为根据的：

模型压力测试和系统压力测试条件下

$$t_t = t - t_{ab}$$

运行时

—说明结束—

$$t_t = t - t_{ab} - t_{corr}$$

302 在开始运行前就已经产生的腐蚀在上述壁厚的计算中要考虑在内。

304 章节 B400 给出了最小管壁厚度的要求。

305 静力计算中的管壁厚度在章节 E404 中给出。

C400 应力和应变计算

401 如果与应力集中有关，要考虑应力集中系数（SCF）。

指南注解：

必须区分全局应力集中和局部应力集中。

局部应力集中（可能是由焊接附着物，焊接本身，或显著的局部间断性所引起的）只会产生局部影响。并可有代表性的评价疲劳和裂缝。全局应力集中（比如由于混凝土覆盖而在节点处产生应力扩大，一般可以延伸到一倍直径）会产生全面影响。在疲劳，裂缝和弯曲曲率计算中，都要考虑。

402 如果有塑性应变，则要考虑和测定应力集中系数（SNCF）。对于非线性应力—应变的关系，针对相应的荷载水平，需要调整 SNCF。

403 当考虑以下情况时，要考虑应力集中：

——由变化的材料实际屈服强度引起的不规则的变形。这种变形也可能是由管线节点和焊接金属之间由于材料特性的扩散所产生的应变硬化性引起的。

——管道节点间横截面（实际直径或者壁厚）的变化。

——涂层的刚度影响，以及涂层厚度的变化

——安装期间节点涂层的敷用而产生的高温导致节点区域内屈服强度的降低

——实际焊接材料的屈服强度相对管道材料的屈服强度有高有低

404 塑性应变的积累定义为塑性应变增量的总和，不管符号和方向。应力增量要从管子制作完成以后开始计算。

405 塑性应变增量的计算要从材料应力应变曲线上偏离线形关系的那一点开始。如图 5—2

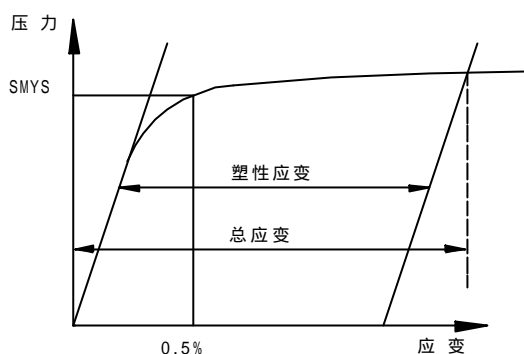


图 5—2 塑性应变计算参考

指南注解：

屈服强度的定义是在应变达到总应变的 0.5% 时的应力值。以 415 等级的碳锰合金为例，单向 0.5% 的应变，相当大约 0.2% 的弹性应变和 0.3% 的塑性应变。

$$e_p = \sqrt{(2/3)(e_{pL}^2 + e_{pH}^2 + e_{pR}^2)}$$

406 等效塑性应变定义为：

其中

- e_p 是等效塑性应变
- e_{pL} 纵向主应变中的塑性部分
- e_{pH} 环向主应变中的塑性部分
- e_{pR} 径向主应变中的塑性部分

D. 极限状态

D100 总则

101 依据极限状态描述的所有相关破坏模式在设计时必须考虑。极限状态分为以下四种类型：

- 操作极限状态 (SLS)：如果超过这种状态，表示管道不再适于正常运行。
- 临界极限状态 (ULS)：如果超过这种状态，管道的完整性将遭到破坏。
- 疲劳极限状态 (FLS)：考虑累积循环荷载效应的临界极限状态。
- 偶然极限状态 (ALS)：由偶然荷载导致的临界极限状态

102 作为最低要求，所设计的立管和管道要能防止以下几种可能的破坏模式：

操作极限状态：

- 椭圆度/棘齿极限状态
- 累积塑性应变极限状态
- 由于配重层的破坏或者配重层损失

极端极限状态：

- 破裂极限状态
- 椭圆度/棘齿极限状态（如果导致整体破坏）
- 局部屈曲极限状态（管壁屈曲极限状态）
- 总体屈曲极限状态（通常对于荷载控制条件）
- 不稳定断裂和塑性压溃极限状态

DNV 海底管线规范 2000 版

——冲击

疲劳极限状态

——交变荷载导致的疲劳

偶然极限状态

103 所有极限状态必须满足于全部规定的荷载组合。对于荷载控制条件和位移控制条件下的极限状态可能不同。

104 图 5—3 给出了要求的设计校核的概要。

105 在全部相应的阶段和条件所有的极限状态必须满足。在设计中典型的条件是：

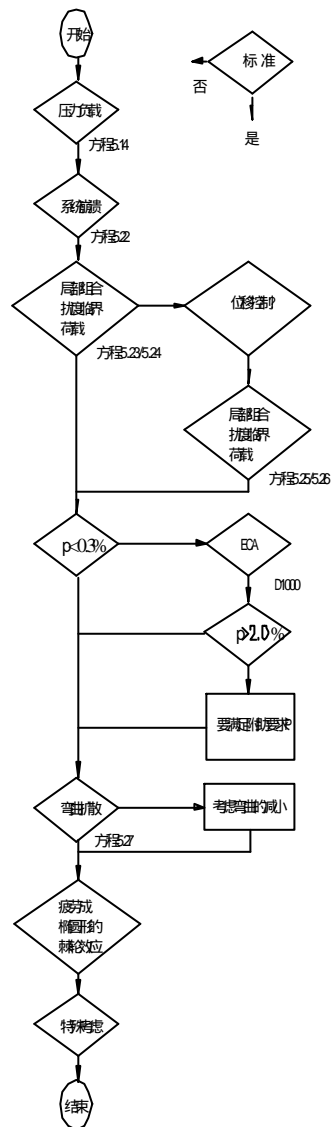
——安装

——铺设

——系统压力测试

——运行，和

——关闭



图表 5—3 结构设计流程图。对于每个相应的阶段都要重复该设计循环

D200 极限状态形式

201 此标准的设计模式是以 LRFD 模式为基础。

202 以潜在的破坏结果为根据，管道被划分为一定的安全等级，见第 2 章 C 400。在不同的阶段和不同的位置，安全等级有所不同。

203 如果设计荷载效应 (L_d) 不超过设计抗力 (R_d)，则安全标准认为被满足。

$$L_d = R_d \quad (5.10)$$

$$L_d = L_F \cdot g_F \cdot g_C + L_E \cdot g_E + L_A \cdot g_A \cdot g_C$$

204 设计荷载可以以下面的形式表示：

在具体形式时，可相应的表示为：

$$M_d = M_F \cdot g_F \cdot g_C + M_E \cdot g_E + M_A \cdot g_A \cdot g_C$$

$$S_d = S_F \cdot g_F \cdot g_C + S_E \cdot g_E + S_A \cdot g_A \cdot g_C$$

$$e_d = e_F \cdot g_F \cdot g_C + e_E \cdot g_E + e_A \cdot g_A \cdot g_C$$

$$\Delta P_d = g_p \cdot (p_{ld} - p_e)$$

荷载效应系数 γ_F ， γ_E ， γ_A ， γ_P 和 γ_C 在表 5—5 和表 5—6 中给出。这些系数在所有的安全等级下都适用。特征功能和环境荷载效应值的定义见章节 4B200 和 C600。

指南注解：

上面的所提及的荷载组合已在设计规范中明确提到，比如方程 (5.23)。但是不可以其他地方运用，比如方程 (5.14) 和方程 (5.22)。

205 设计抗力 R_d ，一般可以表示为如下形式：

$$R_d = \frac{R_k(f_k)}{g_{SC} \cdot g_m}$$

特征材料强度 f_k ，在章节 B600 中给出。

206 材料抗力系数 γ_m 是由极限状态的种类决定的，在表 5—4 中给出。

表 5—4 材料抗力系数 γ_m		
极限状态种类	SLS/ULS/ALS	FLS
γ_m	1.15	1.00

207 安全等级抗力系数 γ_{SC} 与安全等级有关，见表 5—5。

表 5—5 安全等级抗力系数 γ_m			
	γ_{SC}		
安全等级	低	一般	高
<u>压力容量</u>	1.046 ^{3,4}	1.138	1.138 ¹
其他	1.04	1.14	1.26

第一等级的管道的部分位置，一般取 1.138。

给出重要的数据，是为了符合 ISO 使用因素。

DNV 海底管线规范 2000 版

低安全等级要由要求比偶然压力高 3% 的压力测试来控制。因此，对于低安全等级的运行，抗力系数会有效的提高 3%。

对于系统压力测试， α_u 等于 1.00。它给出了对于不论是否满足材料附加要求 U 的所有材料，允许 96%SMYS 为环向应力。

D300 荷载效应系数和荷载组合

301 管道系统的每个部分都要进行设计来满足表 5—6 给出的最不利荷载组合。除非有明确的说明，否则荷载效应系数在所有的设计形式中都要采用。荷载组合 a 和 b 可以参考章节 D500，它是由方程 (5.12) 来定义的。

表 5—6 荷载效应系数和荷载组合					
极限状态/ 荷载组合		功能荷载	环境荷载	偶然荷载	压力荷载
		γ_F	γ_E	γ_A	γ_P
SLS&	a	1.2	0.7	-	1.05
ULS	b	1.1	1.3	-	1.05
FLS		1.0	1.0	-	1.0
ALS		1.0	1.0	1.0	1.0

如果功能荷载效应降低了荷载组合效应，则 γ_F 可以取 1/1.1。

302 当系统效应出现时需要表 5—6 中的荷载组合 a。因此，它对于局部设计检查是不需要的，这通常意味着在与其他荷载的组合中 $s_h > 0$ 。

303 第 4 章列出的荷载在所有的与管道系统有关的设计阶段中都要考虑。

304 表 5—7 给出了条件荷载效应系数。除了荷载效应系数，条件荷载效应系数可以参见方程 (5.12)。

表 5—7 条件荷载效应系数， γ_c	
条件	γ_c
管道被搁在不平坦的海床或处于迂回曲折的状况	1.07
连续刚度支撑	0.82
系统压力测试	0.93
另外	1.00

指南注解：

不平坦的海床条件是相对于自由跨度管道而言。当管道在不平坦的海床上迂回铺设时要用到同样的参数。

连续的刚度支撑表示荷载的主要部分还是由位移条件控制的。比如鼓状物的卷着拉起和 J 型管的拖拉。

几个条件系数可能会同时要求的。比如在不平坦的海床上进行的压力测试，则条件系数可以取 $1.07 \sim 0.93 = 1.00$

D400 压力控制（破裂）

401 如果在遇到章节 6E1100 中所说的工厂压力测试，则下面的规则是有效的。如果没有，则要相应的降低。

402 压力控制要满足下面的标准：

(5.14)

$$P_{li} - P_e \leq \frac{p_b(t_l)}{g_{sc} \cdot g_m}$$

指南注解：

章节 3B300 给出了偶然压力的规范。局部压力的概念见章节 12E 100。

403 压力控制抗力 $p_b(x)$ 由下式给出：

$$p_b(x) = \text{Min}(p_{b,s}(x); p_{b,u}(x)) \quad (5.15)$$

$$p_{b,s}(x) = \frac{2 \cdot x}{D - x} \cdot f_y \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

屈服极限状态

(5.16)

开裂极限状态

$$p_{b,u}(x) = \frac{2 \cdot x}{D - x} \cdot \frac{f_u}{1.15} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

(5.17)

指南注解：

在上面公式中，需要的时候可以用 t_1 或者 t_2 代替 x 。

404 压力控制抗力的减小取决于真实压力（由荷载控制）， N ，这种压力是要考虑的。

D500 局部屈曲

501 局部屈曲（管壁屈曲）导致的横截面的总变形。要满足以下标准：

- 系统崩溃（仅外部压力）
- 组合荷载规范，比如内部压力和外部压力，轴力和弯矩之间的相互作用
- 曲率的增加

502 要考虑由于塑性应变的大量积累而可能使局部弯曲的系统崩溃标准增加。

503 抵抗外部压力（ p_c ）（崩溃）的特征抗力可按式计算：

$$(p_c - p_{el}) \cdot (p_c^2 - p_p^2) = p_c p_{el} p_p f_0 \frac{D}{t_2}$$

这里：

$$p_{el} = \frac{2E(\frac{t_2}{D})^2}{1 - \nu^2} \quad (5.19)$$

$$p_p = 2 \cdot f_y \cdot a_{fab} \cdot \frac{t_2}{D} \quad (5.20)$$

$$f_0 = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D}$$

$$\text{且不} < 0.005 \text{ (0.5\%)} \quad (5.21)$$

指南注解：

设计时要把在建设阶段产生的椭圆度包括在总的椭圆度内。但是不包括由外部水压力或者弯矩所产生的椭圆度。

$$p_e \leq \frac{p_c}{1.1 \cdot g_m \cdot g_{SC}}$$

504 沿管道方向上任一点的外部压力要满足以下规范（系统崩溃检查）：

(5.22)

指南注解：

如果管道的位置全部或者部分充满水，或者在其他形式的内部压力下，并假设内压可以连续维持，则要考虑内部压力。

荷载组合规范—荷载控制条件

505 受弯矩，有效轴力和内部超压力的管道在所有的横截面上都要按以下要求设计来满足：

$D/t \leq 45, p_i \leq p_e$ (5.23)

$$g_{SC} g_m \left(\frac{S_d}{a_c S_p} \right)^2 + g_{SC} g_m \left[\frac{M_d}{a_c M_p} \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta p_d}{a_c p_b(t_2)} \right)^2} \right] + \left(\frac{\Delta p_d}{a_c p_b(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

这里：

M_d = 设计弯矩（见方程（5.12））

S_d = 有效设计轴力

Δp_d = 设计微分超压力

M_p = 塑性弯矩抗力由下式给出

$$M_p = f_y \cdot (D - t_2)^2 \cdot t_2$$

S_p = 特征塑性轴力抗力由下式给出

$$S_p = f_y \cdot p \cdot (D - t_2)^2 \cdot t_2$$

$p_b(t_2)$ = 爆炸压力，见方程（5.16）

a_c = 考虑机械加工硬化的流速应力参数由下式给出

$$a_c = (1 - b) + b \frac{f_u}{f_y}$$

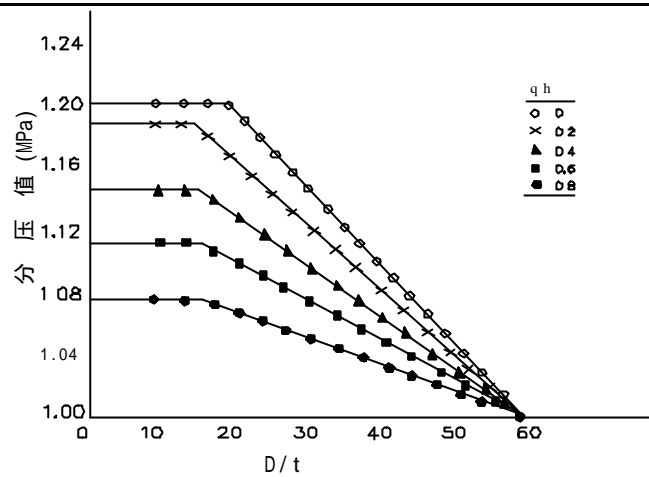
$$b = \begin{cases} (0.4 + q_h) & D/t_2 < 15 \\ (0.4 + q_h)(60 - D/t_2)/45 & 15 < D/t_2 < 60 \\ 0 & D/t_2 > 60 \end{cases}$$

$$q_h = \begin{cases} \frac{(p_{ld} - p_c)}{p_p} \frac{2}{\sqrt{3}} & p_{ld} > p_e \\ 0 & p_{ld} \leq p_e \end{cases}$$

a_c 不大于 1.20。

指南注解：

DNV 海底管线规范 2000 版



c对D/t的比率和当fu/fy=1.15时的压力比q h

506 受弯矩，有效轴力和外部超压力的管道都要满足以下等式：

$$D/t \leq 45, p_i \leq p_e \quad (5.24)$$

$$\left[g_{sc} g_m \left(\frac{M_d}{a_c M_p} \right) + g_{sc} g_m \left(\frac{S_d}{a_c S_p} \right)^2 \right]^2 + \left(g_{sc} g_m \left(\frac{p_e}{p_c} \right) \right)^2 \leq 1$$

荷载组合规范—位移控制条件

507 受径向压应变（弯矩，有效轴力）和内部超压力的管道在所有的横截面上的设计都要来满足下列条件：

$$e_d \leq \frac{e_c}{g_e}$$

$$D/t \leq 45, p_i \leq p_e \quad (5.25)$$

这里：

e_d = 设计压应变，方程（5.12）

$$e_c = 0.78 \left(\frac{t_2}{D} - 0.01 \right) \left(1 + 5 \frac{s_h}{f_y} \right) a_h^{-1.5} a_{gw}$$

a_h = 最大允许屈服伸长率

a_{gw} = 围焊接系数

g_e = 应变抗力系数，见表 5—8

$$s_h = \Delta p_d \cdot \left(\frac{D - t_2}{2t_2} \right)$$

508 受径向压应变（弯矩，有效轴力）和外部超压力的管道在所有的横截面上的设计都要，满足下列条件：

$$\left[\frac{e_d}{e_c} \right]^{0.8} + \frac{p_e}{\frac{p_c}{g_{SC} \cdot g_M}} \leq 1$$

$$D/t \leq 45, p_i \leq p_e \quad (5.26)$$

这里： e_d = 设计压应变，方程 (5.12)

$$e_c = 0.78 \left(\frac{t_2}{D} - 0.01 \right) a_h^{-1.5} a_{gw}$$

指南注解：

对于 $d/t < 20$ 的情况，如果有足尺试验、发现或者与本规范相容的具有足够的安全性的以往经验，则可以改进该方法。但是任何改进方法都要有分析设计方法支持

表 5—8 应变抗力系数 γ_e				
NDT 水平	附属要求	安全等级		
		低	一般	高
	U	2.0	2.5	3.3
	-	2.1	2.6	3.5
	N/A			

509 在安装阶段，相应于使用极限状态可以允许存在更高破坏可能性，前提是假设：

- 有检查弯曲的辅助设备
 - 修复潜在时效是可行的并且可以在铺设时解决
 - 如果外部压力超过初始扩散压力，则要安装弯曲制动装置
- 相应的抗力系数要根据章节 2 中的 SLS 要求进行校准。

传递弯矩

510 除非产生了局部弯曲，否则不会产生扩散弯矩。在外部压力超过开始时的扩散压力的情况下，则要设计弯曲制动装置，其间距由破坏后果决定。扩散弯矩以下式计算：

$$p_{pr} = 35 \cdot \frac{f_y \cdot a_{fab}}{g_{SC} \cdot g_m} \cdot \left(\frac{t_2}{D} \right)^{2.5} \quad (5.27)$$

指南注解：

压溃压力 p_c 是弯曲管道所必须的。

初压力 p_{init} 是给定弯曲开始传递弯曲扩散所必须的。这个压力与最初开始的弯矩大小有关。

扩散压力 p_{pr} 是持续弯曲阶段所必须的。只有当压力比扩散压力要小时，弯曲扩散才回消失。

三种压力之间的关系是：

$$p_c > p_{init} > p_{pr}$$

D600 整体弯曲

601 整体弯曲意味着管道象受压杆一样弯曲。管道发生整体屈曲可能是下陷（在悬跨处）水平方向屈曲（在海底成蛇行）或者是垂直方向屈曲（隆起状屈曲或者是在侧翼悬臂处）。

602 内外压力的效应可以通过采用一个有效轴力的概念来解决，见章节 C.209，其方法如同空气中的“普通”受压构件。

DNV 海底管线规范 2000 版

603 负的有效轴力可能会导致管道或立管像受压杆一样屈曲。要区别荷载控制和位移控制屈曲。

荷载控制屈曲导致整体失效是不可接受的。

604 应考虑以下引发屈曲的因素

- 拖网板的撞击，拖越和勾住
- 不直度

605 对满足荷载控制条件的整体弯曲抗力，其标准由 DNV 近海岸标准 OSC101，“钢结构设计”（尚未发行，在发行以前，可参考有关近海岸固定物分类安装的 DNV 规则，见 Pt.3，Ch.1，结构设计，总则）制定的。

606 如果没有发生 102 条款中所列之外的其他失效模式，则位移控制屈曲可被接受，若具备以下情况，整体屈曲也可以接受：

- 在整体弯曲发生后满足局部屈曲准则
- 管道位移可以接受
- 循环效应可以接受

指南注解

当完全被约束管道中的一短段，由于约束不足或没被约束时可能发生过度应变。被埋设管道的隆起屈曲就是一个典型的例子。

D700 疲劳

701 参考下列标准，分类说明和方针

- 固定式海洋装置安装分类规范
- CN30.2 移动式海洋装置的疲劳强度分析
- CN30.5 环境条件和环境荷载
- 规范 14—自由悬臂管线

702 管道系统在系统设计周期内要有足够的安全度来防止疲劳破坏。

703 当确定应力范围的长期分布时，在包括管道系统建造阶段在内的整个设计寿命年限内所施加的所有应力波动，凡其大小和数量足以导致疲劳效应的，均应予以考虑。疲劳校核包括低周疲劳和高周疲劳。有关累积塑性应变的要求（下面 D1000）也要予以满足。

指南注解：

导致管道系统应力波动的典型原因有：

- 直接的波浪件作用
- 管道系统的振动例如：由于海流、波浪、风和拖拉或者介质流动导致的涡激引起
- 支撑结构的移动
- 操作压力和温度的波动

704 对可能引起应力集中的结构细部的疲劳评价和存在低周高应变疲劳的可能性，应给予专门考虑。采用的具体的设计准则取决于分析的方法，其方法可以划分为：

- 基于断裂力学的方法（见 705）
- 基于疲劳试验的方法（见 706）

705 在合适的情况可使用以基于断裂力学的计算方法。所使用的判据根据具体情况而定，并能反映第 2 节 C 600 中要达到的安全水平。

706 当使用基于疲劳试验的计算方法时，必须考虑以下几点：

- 应力范围长期分布的确定，见 707

DNV 海底管线规范 2000 版

- 选择合适的 S—N 曲线（特征抗力），见 708
- 不包括在 S—N 曲线中应力集中系数（SCF）的确定。
- 累积损伤的确定，见 709

707 导致疲劳的大多数荷载是随机的，为确定疲劳荷载效应的长期分布，通常用统计学分析。在适当的情况，也可以采用光谱分析和定量分析。

708 特征抗力通常以 S—N 曲线或 e—N 曲线表示。即应力幅值或者低周疲劳引起的应变幅值，对应疲劳破坏周期数 N 之间的关系曲线。S—N 曲线应能适用 YU2 所研究的材料、结构构件、应力状态和周围的环境。该 S—N 曲线应根据平均的 $\log(N)$ 曲线减去两个标准差。

709 一般在应力增减出现无规则变化幅度的情况下，可以利用线性损伤的假定（米勒法则）。米勒法则的应用意味着应力范围的长期分布被应力频率曲线所代替，它由恒定变幅应力数 $(\sigma_r)_i$ 或应变范围块 $(\epsilon_r)_i$ 、以及重复数 n_i 所组成。则疲劳判据为：

$$D_{fat} = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \leq a_{fat}$$

式中：

- D_{fat} ——米勒数
- K ——应力块的数日
- n_i ——在应力块 i 的应力循环次数
- N_i ——在恒定应力值 $(\sigma_r)_i$ 或应变值 $(\epsilon_r)_i$ 作用下的损坏周期数
- a_{fat} ——允许破坏率，见表 5-9

710 对于有关疲劳计算/分析的细节说明可参考 DNV 指导方针中的第 14 条“自由悬跨管线”。在不适用的情况下，表 5—9 给出了疲劳允许破坏率。

表 5—9 疲劳允许破坏率			
安全等级	低	一般	高
a_{fat}	1/3	1/5	1/10

D800 椭圆化

801 必须用文件证明立管和管道不发生过度椭圆化，由弯曲产生的扁平率加上制管时产生的不圆度不能超过 3%，定义如下：

$$f_0 = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} \leq 0.03 \quad (5.29)$$

如果存在以下情况，可以放宽条件：

- 已经包括了抗弯矩能力的相应析减
- 已经服从几何约束，例如清管要求
- 已经考虑了椭圆化而产生的附加循环应力
- 满足相应修复系统的容差要求

803 椭圆度必须按沿管道任意点上的点荷载来检验。这些作用的点荷载可以发生在自由悬跨，人工支撑部件和其他支持部件上。

DNV 海底管线规范 2000 版

D900 棘齿效应

901 要考虑由循环荷载所引起的累积塑性变形（棘齿效应）。如果棘齿效应产生了累积椭圆度，则要考虑其对弯曲抗力的影响。

902 在最大操作温度和压力下，管线的等效塑性应变不能超过 0.001（0.1%）。（计算以弹性—完全塑性材料为基础。在计算等效塑性应变时，以管线建造中后（在压力测试以后）的应变状态为参考零应变状态）。

903 管道的塑性应变仅仅只发生在管道第一次暴露于最大温度和压力下。

904 要考虑有局部和全局弯曲应力所产生的棘齿效应。这甚至可以导致失稳破坏。

D1000 累积塑性应变

1001 在 C.405 和 C.406 中的等效塑性应变条件本身不是一种极限状态，只是对塑性变形的一种度量。通常用于断裂力学和材料性能的削弱评估。关于断裂力学的有关要求，在 D1100 中给出。

1002 对所有管道都必须考虑在安装和运行期间的累积塑性应变。

要考虑由累积塑性应变产生的应变老化的影响。

必须考虑焊接区和母材材料性能削弱的效应和对无损检测可接受标准的影响。

1003 考虑从建造到废弃的所有阶段，对每一个应变循环要确定累积的和最大的两个控制应变的变形量。

1004 当累积塑性应变是由安装和操作荷载效应（包括荷载因素和所有应变集中因素）引起

$$e_p \leq 0.3\%$$

的，且

则本规范对于材料，焊接程序，工艺以及在附录 D 中表 D—4 和表 D—5 给出的无损检测接受标准的要求应予以充分考虑。

1005 当累积塑性应变是由安装和操作荷载效应，包括所有应变集中因素引起的，且：

$$e_p > 0.3\%$$

则要对安装期环焊缝进行工程风险评估（ECA），见 D1100。ECA 用以确定按附录 D 中表 D—4 和表 D—5 给出的 NDT 可接受的材料裂缝所容许的断裂刚度，或者用以确定给顶断裂刚度给出的容许缺陷尺寸。

1006 当累积塑性应变是由安装和操作荷载效应，包括所有应变集中因素引起的，且：

$$e_p > 2.0\%$$

那么除了 1005 的要求外，特征抗应变能力值。要根据第 9 章 E 来确定，材料也要满足附录要求 P。

D1100 断裂

1101 管道系统必须有足够的抗力来防止不稳定脆裂。为此要选择管道材料，当这种材料由脆性到塑性的转变时，转变温度要比最低设计温度足够低，见表 6—4，且要有较高的抗力来稳定裂缝的增长。

1102 若材料、焊接、工艺和试验都能符合本规范的要求，且累积塑性应变不超过 0.3%，那么认为足以安全抵抗不稳定断裂。

1103 在高压下输送气体或气体混合物以及液体的管道，必须具有足够的抗断裂扩展的能力。这可以通过以下方法：

DNV 海底管线规范 2000 版

- 只有低转变温度和足够的夏比 V 缺口韧性的钢材
- 足够的 DWTT 剪切断口区域
- 降低应力水平
- 使用机械式止裂器，或
- 联合采用这些方法。

设计方案必须由基于相应经验和或适当的计算来支持。

1104 对于要求有抗断裂扩展的能力的管道，管道系统的海底部分要满足章节 6D200 中的额外要求并修正管道基础材料。对于 10 米以下以及向着海岸的管道，要考虑却贝 V 缺口的冲击力。由于外部压力，深水管线的张拉应力会变小。当管道的设计张拉环向应力低于 f_y 的 40%，可以不用止裂性能补充要求。

1105 满足止裂性能 (F) 补充要求 (章节 6D200) 的材料被认为有足够的抗力来控制塑性破坏的扩展。此破坏是相应于 15Mpa 的外部压力，30mm 的壁厚和超过 80% 的使用因素。

1106 对受到累积塑性应变超过 0.3% 的管道要进行工程风险评估 (ECA)。这是为了确保不稳定的断裂不在管道铺设时，或在管道运行时发生。

1107 在评估时要考虑所有可能发生的稳定裂缝的增长 (塑性开裂) 和高—低应力循环产生的疲劳裂缝的增长。评估要确定最大焊接缺陷以期望在铺设期间裂缝发展到一定程度，使不稳定的裂缝和疲劳破坏在管道运行时发生，且在 NDT 后裂缝不再增长。

1108 在测试人工应变老化材料时要考虑裂缝韧性的应变老化效应。

1109 在进行工程风险评估 ECA 时，要与等级 3 的 BS7910 一致，且对塑性设计和多重应变循环进行修正。在 12 章节中给出在塑性设计和多重应变循环时使用 BS7910 的一些说明。

1110 在 ECA 中产生或使用的最大破坏尺寸，应依据用 NDT 探测的概率、精度和用于确定缺陷的长、高位置和方位设备的精确性来调节。

1111 所用的不确定数据要适合于所用的试验设备和检测过程，也要适合于对材料和焊缝裂纹的评估。用于超声波试验的定量评估的不确定数据，性能和可靠性最好属于“测量数值相对真实裂纹尺寸”的形式，所使用设备和程序的探测概率必须具有 95% 以上的可信度。

1112 如果得不到充足的数据，必须用下列近似值：

- 若 ECA 的目的是为了确定给定材料的性能和应力的容许缺陷尺寸，当确定无损检验可接受标准时，要从计算的缺陷的长度和高度尺寸中减掉 2mm。
- 若 ECA 的目的是为了确定对给定容许的缺陷尺寸所要求的材料性能和应力时，作为今 ECA 输入中所用的缺陷尺寸，必须在其高度、宽度尺寸中增加 2mm。

D1200 偶然极限状态

1201 抗偶然荷载的设计可以通过直接计算结构所受的荷载效应或者间接的设计可容忍结构。

1202 ALS 规范可接受的标准涉及到后果允许的发生概率。

1203 关于偶然荷载的设计要确保整个破坏的可能性符合第二章中的目标值。这个可能性可以表示成所有可能发生的事情中，第 i 个破坏事件发生的概率 P_{Di} ，在这个事件中，结构破坏可能性的次数为 P_{fDi} ，则要求可表示为：

$$\sum P_{f/Di} \cdot P_{Di} \leq P_{fT} \quad (5.30)$$

这里， P_{fT} 是根据章节 2 相应的目标概率。离散化水平的数目要足够大以确保结果概率的精确性。

DNV 海底管线规范 2000 版

- 1204 偶然荷载固有的频率和大小的不确定性，以及以近似自然方法确定偶然荷载效应要被认可。因此需要合理的工程判断以及注重实效的评估。
- 1205 如果运用非线性形和动力有限元方法分析，则要用模型和所用的程序来确保充分考虑了的系统性能和局部破坏模型（应变率，局部弯曲，节点超载和节点破裂等）。
- 1206 可按表 5—10 进行偶然荷载的简化设计和校核，此方法用到了恰当的分项安全系数。简化设计校核必须在上述总和的基础上进行评估，以证明全面破坏概率与第二章中的目标值一致。

表 5—10 与偶然荷载相对的简化设计校核			
发生的概率	安全等级低	安全等级普通	安全等级高
$>10^{-2}$	偶然荷载可认为和环境荷载相似，与 ULS 设计校核类似的评价		
10^{-3}	$c=1.0$	$c=1.0$	$c=1.0$
10^{-4}	偶然荷载或者事件不相关	$c=0.9$	$c=0.9$
10^{-5}			$c=0.8$
$<10^{-6}$			

表格注释：

标准行业实践假定对于一个发生概率为 10^{-4} 偶然事件其分项安全系数为 1.0，管道的生存仅仅涉及特征抗力的保守定义。在这个标准中，引进了偶然荷载和事件，使其更加普遍的联系着发生的可能性和实际的破坏结果。对于荷载组合，简化设计校核建议一个总的范围 1.1~1.2，这与标准行业实践的解释以及安全等级一般且偶然荷载发生的概率为 10^{-4} 时的范围相一致。

E．特殊考虑

E100 总则

101 本节分别给出必须作评估条件的指南。将影响到荷载效应和可接受标准。

E200 管道和土壤的相互作用

- 201 对于受管道和土壤的相互作用影响的极限状态，确定这种相互作用要考虑到所有相关的参数和不确定性。
- 一般来说，管道和土壤的相互作用取决于土壤、管道以及荷载的性质。所有这些在模拟管道和土壤的相互作用时都要适当考虑。
- 202 控制这种相互作用的土壤的主要性质是剪力和变形特性。要考虑应力——应变的非线性特性。如果用线形弹簧来说明这种相互作用，则要检测弹簧的反映来检验荷载水平符合弹簧的刚度要求。
- 203 管道的重要特性包括淹没重量，横截面的刚度，以及管道表面的粗糙程度。这些在涉及讨论极限状态的问题中都要被考虑。
- 204 所有有关荷载特性的影响都要考虑，包括一些长期荷载历史效应。比如由于安装层压力产生的不断变化的垂直反作用力，以及变化的单位管长的重量。同时也要考虑循环荷载效应。一些土壤对于长期荷载和短期荷载有着不同的抗力值，这涉及排水和不排水以及在排水和不排水条件下的蠕变效应。这些都是要考虑的。
- 205 对于必然导致或者允许有大位移的极限状态（如横向牵引，管道的环向膨胀或在海底允许的位移等），土壤所受的荷载将远远超过其破坏荷载，并必然导致较大的非线性特性，如土壤的固结等。有关这些因素的非线性和不确定性都要被考虑。
- 206 由于土壤控制参数和荷载效应的不确定性，所以很难定义普遍有效的方法来模拟管道和土壤的相互作用。无论是以理论还是以经验为基础的方法，都有局限性。对于这种局限性，

DNV 海底管线规范 2000 版

在解决具体的问题时，要予以充分的考虑。要谨慎地使用一种未经文献证明的方法推论。当存在较大的不确定性时，则要考虑使用多种计算方法。

E300 立管 / 管道悬空

301 要确保悬跨立管/管道具有足够的安全性能抵抗过度的屈服、疲劳和椭圆度。

302 对于自由悬跨管道的设计，要参考 DNV 指南中 NO.14：“自由悬跨管道”。

E400 海床上的稳定性。

401 管道在极端功能荷载和环境荷载的条件下，应予以支承，在开挖的沟中应予锚固，或在某些地方予以填埋。管道不得从安装位置上移动，因容许的横向或垂向移动、热膨胀以及安装后有限的沉陷量造成的移动除外。

指南注解：

对容许移动的可接受的标准会沿管道线路变化，可能要限制管道移动的例子有：

- 管子的屈服、屈曲和疲劳
- 防护层的磨损或损坏
- 支撑的几何限制
- 与其它管道、结构或降落物的距离

402 液体管道以及气体管道，在充满空气或气体的情况下，应具有高于海水的比重（负浮力）。

403 当管道按路线布置时可能受到不稳定斜坡的影响，这将导致倾斜破坏，而流动的土壤也将对管道产生冲击，所以要估算这种倾斜破坏的概率。任何有关倾斜破坏引起的效应，比如波浪荷载，地震荷载和人为的活动（如管道铺设）都要考虑。为了管道的稳定性，要估算管道中可能的流动速度和密度。如果通过增加足够的管道质量，填埋管道或者其它方法仍无法保证其稳定，则需要重新选择铺设路线。

404 管道重量的计算时，名义壁厚要减小以补偿由于金属损失而引起的平均重量的减小。对于受到轻微腐蚀的管道，可以省略这种减小而使用名义壁厚。

405 被埋设的管道要具有足够的抗沉浮安全性，对液体或气体两类管道，其下沉要按管子充满水考虑，而上浮则按管子充满气体或空气考虑。

406 假如充满水的管子的比重小于土壤的饱和比重，则无需进一步分析论证抗沉陷的安全措施，若管道放置在低剪切强度的土壤中，则要确认土壤承载能力，如果土壤是液化的或可能被液化，则证明沉陷深度满足上述管子在 D 要求（液化深度或沉陷时产生的垂直向上的阻力）。

407 假如充满气体或空气的管子的比重小于土壤的饱和比重，要确证土壤剪切强度足以防止漂浮，因此在液化或可能被液化的土壤中，埋设的充满气体或空气的管子比重不应小于土壤的比重。

408 除了配重层外，无任何特殊的支承构件或锚固装置而直接放置在海底的裸露管道，应按照上面 405 的要求设计以防止沉陷。在这里要考虑特殊的机械组成，比如三通管和阀门。

409 确保放置在海床的管道具有足够的安全性以防止管道上浮或发生水平移动，对于只接受波和流荷载作用的管道的水平（横向的）的稳定性应按 RPE305“海床上的稳定性”进行评估。

410 要考虑同时作用在管道上的垂直和水平力的最不利的组合，当确定该最不利的组合时，应该考虑作用力沿路由的变化以及波浪、海流的方向分布等。

指南注解：

管道的横向稳定可以用三维动态或二维静态分析方法来评估，动态分析方法允许管道存在有限的位移，但要求做

$$g(F_D - F_I) \leq m(W_{sub} - F_L)$$

DNV 海底管线规范 2000 版

精确的三维模拟，静态分析方法可以用下面的式子表达：

式中：

- 安全系数，通常不小于 1.1
- FD ——单位管长受到的流体阻力（矢量）
- FI ——单位管长受到的流体惯性力（矢量）
- μ ——横向土壤摩擦系数
- W sub ——单位长度管子水中重量（矢量）
- FL ——单位管长流体升力（矢量）

411 等效摩擦系数 μ 在一定的范围内变化，这与海底的土壤，管道表面的粗糙程度，重量和管道的直径有关。当管道有部分渗入土壤中时，侧面抵抗力包括了摩擦抗力和由于外部土壤接触管道表面产生的摩擦力。在这种情况下，等效摩擦系数会因垂直荷载水平的变化而变化。

412 要校核轴向（纵向）稳定性。阳极结构的连接（当受到摩擦，如没有配重层的管道）要能抵抗预计的摩擦力。

413 在邻近平台结构物（例如立管连接点）和管道改变方向处（如偏移管线轴处）应允许管道由轴向热膨胀产生的位移。热膨胀的计算应以管道和土壤之间的轴向摩擦的保守数值为依据。

414 在浅水区，由于波浪作用引起的重复荷载效应可使土壤的剪切强度降低，这种情况在分析时应给予考虑，尤其是用可能对液化敏感的松软的沙回填的地方。

415 如果管道的稳定性要依靠海床的稳定性，则要检验后者的稳定。

E500 拖网干扰

501 对于由拖网渔具作用产生的如第 4 章 F 所描述的三种荷载状态的管道要进行校核，更详细的描述，参见“拖网渔具和管道的相互作用”指南。

502 接受标准，以第 2 章 C 400 给出的安全等级（过度拖拉和钩起）和拖拉频率（撞击）为依据。

503 拖网渔具撞击的可接受标准要参考一个可接受的凹陷尺寸。永久凹陷深度相对于管径的最大可接受比率是：

$$\frac{H_p}{D} \leq 0.05h \quad (5.32)$$

式中

H_p ——永久的塑性凹陷深度

——在表 5—11 中给出的利用系数，荷载效应系数等于 1

表 5—11 拖网渔具撞击的利用系数	
撞击频率（每年每千米）	利用系数（ ）
>100	0
1—100	0.3
10^{-4} —1	0.7

504 当允许永久凹陷时，要考虑如疲劳及压扁的附加破坏模式。任何内部过压的有益影响，例如“冒泡”通常不予考虑。防护涂层的有益影响可以考虑。要确认涂层对防撞击有效。

505 拖拉荷载要和其他相关荷载效应组合起来校核，所有与横向屈曲相关的破坏形式都要校

DNV 海底管线规范 2000 版

核，通常不允许因拖拉而引起的累积破坏。

506 钩起荷载要和其它相关荷载效应组合起来校核，所有相关的破坏形式都要校核。

E600 第三方荷载，落物

601 要对管道进行设计来防止由落物，渔具或者碰撞所产生的冲击力。要达到这个目的，可以设计管道保护或者其他避免碰撞的方法。

602 设计规范以冲击力的频率/可能性为依据，并以相应的偶然性，环境，或者功能加以分类，见章节 D1200。

E700 保温

701 如果海底管道要求保温，则要确保保温材料可以抵抗水，温度和静水压力的共同作用。

702 此外，保温材料应具有防止油及油基产品的侵入能力。同时要具有所要求的机械强度来抗外部荷载。

703 关于腐蚀，见第 8 章。

E800 管中管和管束

801 对于管中管和管束的构造，其有益处在于去掉了其他负荷条件，比如管道的压力容积。在确定安全等级时，与那些普通管道相比，管中管和管束可以减轻管道破坏后的后果。

802 管中管和管束组合有效力可按照 C 200 中每个管道和所有管道总合的表达式来计算。每个管道的外部压力可以按照作用于其外表面的压力来考虑，比如内部真空管。由端部膨胀，横向或者垂直方向的变形，或弯曲所释放的有效轴力是根据每个管子之间的相互滑动来决定的。因此，对那些有效轴力很重要的部位，如膨胀，弯曲和动力响应的分析，需要精确的轴向约束模型，如隔离片，隔板等。

F. 管道部件和附件**F100 总则**

101 管道部件和附件的准则在第七章中给出。

G. 支撑结构**G100 总则**

101 所有支撑结构的设计应依据海上标准 OS-C101，“钢结构设计”（仍未发布，在发布前，参考固定式海上设施入级规范 DNV 规则第三部分第一篇，结构设计，总则”）。

G200 立管支撑

201 通常立管支撑应设计成能防止可能发生的各种损坏形式，并且至少具有与支撑的立管相同的安全等级。但是如果全面的安全分析表明，通过降低某些支撑的破坏荷载可增加整体的安全性，则这些考虑可能控制支撑设计（弱连接原理）。

202 对于螺栓连接，认为必须考虑摩擦系数、板或壳应力、松弛、管子压扁、应力腐蚀开裂、螺栓疲劳、脆性破坏以及其它相关因素。

203 对于采用双层板成结点板形式的支撑物，认为必须考虑层状撕裂、拉出、单元应力、有效的焊接长度、应力集中以及过度旋转。

204 对使用弹性衬管立管卡，要确保其材料具有抵抗变形以及海水、空气和太阳光长期侵蚀的性能。

G300 J 形管

301 为了定义以下要求，在整体上的概念估算：

- 安全等级
- 碰撞设计
- 抗压力

302 J 型管要进行设计来防止出现章节 D100 中给出的破坏形式

指南注解：

上述 301 中包括估算 J 型管是否按全设计压力设计，以及何种安全等级（如环向应力使用因素）。J 型管的概念可建立在“爆破隔膜”的基础上。这意味着可控制较低的抗压力。

303 J 型管管节应采用焊接方式连接。

F 400 抛石的稳定性

401 用于管道机械保护的抛石，和在作为自由悬跨处支持管道的支墩时要具有足够的稳定性以抵抗该处的水动力荷载。应考虑一定范围内水质点速度引起冲刷的可能性。

403 抛石的斜坡应具有足够的安全性以防造成滑坡破坏，要必须考虑底层土壤的剪切强度。

H. 安装和维修**H100 总则**

101 管道强度以及稳定性必须根据上面 D 和 E 来确定。

指南注解：

根据这个标准，在所有的阶段中都要使用等效极限状态。因此，这一章节的设计规范同样适用与安装阶段。安装一般归类为比运行低的安全等级（低安全等级），相应于较低部分项安全系数（较高的破坏概率）。

102 在按长期和维修期，管道和立管的强度和稳定性分析是为了决定怎样安装才能不致遭受任何损伤，这种损伤可能给安装和维修工作带来危险。

103 在全部相关的安装阶段对全部所用的技术，包括但不限于以下所列，其设计都要保证管子有足够的强度：

- 铺管作业开始
- 正常连续铺设
- 弃管及回收作业
- 铺管作业结束
- 拖拉作业（底拖、近底拖、固定深度拖及水面拖）
- 管线卷绕和释放
- 挖沟及回填
- 立管及膨胀弯安装
- 联接作业
- 登陆。

104 在安装期间必须确定从铺管船至放置到海底最终位置的管道段的结构。该结构是在考虑了所有相关的效应的基础上，保证管道应力 / 应变水平在允许范围内。要考虑由于配重层，管线屈曲变形，和管线的装配产生的不连续性。

105 铺管中参数的变化对管道形状的影响必须予以考虑。在安装运行期内要建立允许参数变化范围。

106 临界值由操作极限条件来确定，见第 9 章 D400。

DNV 海底管线规范 2000 版

107 立管和管道结构的确定还要考虑其它的安装和维修操作活动 ,要建立允许的参数变化范围和操做极限条件

108 假如对拟建管道系统的安装和维修分析表明 ,将要使用的安装设备无法获得要求的参数时 , 则该管道系统必须作相应的修改。

109 永久弯曲的扁率与管子制造时产生的不圆度之和应满足 D800 中的要求。

H200 管线的笔直度

201 对在建造 , 安装和维修期间内产生的永久变形要求主要是来自于管道的笔直度要求。这就要确定和估算以下影响 :

- 不稳定性
- 管道组成部分的位置 , 如阀门 , T 型节点
- 操作。

202 要确定在安装期间由不直度产生不稳定的可能性以及所带来的相应后果。

203 如果 T 型节点和其他设备在装管驳船是当作管道的整个部分被安装的 , 则不允许出现由于软化效应而使管道产生旋转。在这种情况下 , 由过度弯曲产生的剩余应变 , 在安装期间要满足下面要求 :

$$g_{rot} e_r \leq e_{r,rot}$$

式中 :

- e_r = 由过度弯曲产生的残余应变
- g_{rot} = 1.3 残余应变的安全系数
- $e_{r,rot}$ = 由过度弯曲产生的极限残余应变

204 上述方程仅仅认为旋转是由沿直线路径安装的残余应变引起的。其他效应也能产生旋转 (弯曲的铺设路线 , 离心力 , 水力荷载 , 在拖拉时由于横向运动/节点的弹性/垫子/轨迹所引起的旋转抗力的减小) , 因此要考虑其影响。

205 要确定由于安装方法而使管道偏离直线 , 从而引起管道在运行时产生不稳定 , 及其来的后果。同时要考虑残余应力的出现 , 以及未来管道的运行和修整。

206 在安装和维修期间 , 管线的笔直度要求适用于假定最不利的功能 and 环境荷载条件下。这个要求同样适用于应变完全由刚性斜面控制 (如安装船的船尾托管架) 的管道截面 , 而不管环境荷载对管道是否有作用。

指南注解 :

由于橡胶的弹性和松弛而使管道在张紧轮夹子里产生的旋转要包括在旋转计算之内。

H300 涂层

301 在过度弯曲时 , 不允许混凝土在静态条件下由于过大的压力而被压碎。

第6章 管线管

目录

A .	总则
A 100	范围
A 200	材料说明书
A 300	材料和制造商的预认证
A 400	制造工艺
B .	管线管标识
B 100	管线管无损检测 (NDT) 等级
B 200	补充要求
B 300	标识
C .	材料特性
C 100	总则
C 200	碳锰钢 (C-Mn) 管线管
C 300	铁素体—奥氏体 (双相) 钢管线管
C 400	其它不锈钢和镍基抗腐蚀合金 (CRA) 管线管
C 500	复合/加衬钢质管线管
C 600	可焊性
D .	补充要求
D 100	酸性工作条件下 (S) 的补充要求
D 200	止裂特性 (F) 方面的补充要求
D 300	塑性变形管 (P) 的补充要求
D 400	尺寸 (D) 方面的补充要求
D 500	高强使用 (U) 方面的补充要求
E .	制造
E 100	总则
E 200	质量保证
E 300	制造程序规格书及其认证
E 400	制钢
E 500	板和带的制造
E 600	管线管制造
E 700	化学分析
E 800	力学和腐蚀试验
E 900	无损检测
E 1000	外观检测、工艺和缺陷修补
E 1100	出厂压力试验
E 1200	尺寸、重量和长度

F .	标识和保护
F 100	总则
G .	文件、记录和证书
G 100	总则

A 总则

A 100 范围

101 本章规定了对管线管材料、制造、试验以及证明文件的要求，并涉及材料经热处理、扩径和最终成型而得到的特性。

102 本要求适用于以下管线管：

碳锰（C-Mn）钢

复合/加衬（双相）钢

抗腐蚀合金（CRA），包括奥氏体（双联）钢、奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢（13% 铬）、其它不锈钢以及镍基合金。

103 符合公认的实践或专用技术要求材料、制造方法和程序一般是可以接受的，只要这些标准与本章的要求一致。

A 200 材料说明书

201 接近海规范，本章（第六章）所指的材料说明书应给出管线管的材料、生产、预制以及检测等方面的补充要求和偏差。

202 材料说明书应反映材料选择的结果（见第 5 章 B500 节）和对管线管特性的专门的、详细的要求。材料和焊接件特性应符合管线管系统特定的应用和操作要求，还要考虑一定的裕量以满足由于制造和安装引起的力学性能的可能降低。

203 材料说明书可以说是关于规范的材料数据表（MDS），包括规范在某些方面的特定要求，如：化学组分、补充要求、协定的要求等。

204 制造过程的特定要求应在制造程序规格书（MPS）（见 E300 节）中阐明。制造程序规格书还应给出实验的类型和范围，检验材料特性的合格的接收标准以及文件、记录、证书的范围和类型。

A 300 材料和制造商的预认证

301 根据输送介质、荷载、温度及工作条件，对材料进行预认证，以检验材料能否满足功

能要求。

302 在任何情况下，均应考虑对制造商进行预认证，包括提供产品的复杂性和临界性，以及本规范的要求。

A 400 制造工艺

401 管线管应按以下工艺的一种来制造：

埋弧焊 (SAWL 或 SAWH) 管线管

402 由带钢或钢板加工成型，用埋弧焊法制成的管线管。管上有纵向 (SAWL) 或螺旋 (SAWH) 焊缝，焊缝在管内、外至少个一条。允许使用气体保护金属极电弧焊进行间断或连续的单道定位焊。成型之后，可通过冷扩径得到所需尺寸。

无缝 (SML) 管线管

403 采用热成型方法制成的无焊接管线管。热成型后，可通过定尺或冷加工处理得到所需尺寸。

高频焊 (HFW) 管线管

404 由带钢加工成型，不使用填充金属焊接制成的管线管。管上有一条由诱导或传导方式提供的高频电流形成的纵向焊缝，对焊区 (热影响区) 或整根管子应进行热处理，成型之后，可通过冷扩径得到所需尺寸。

电子束 (EBW) 和激光束 (LBW) 焊接管线管

405 由带钢 (制管钢板) 加工成型，或用或不用填充金属焊接制成的管线管。管上有一条纵向焊缝，成型之后，可通过冷扩径得到所需尺寸。

复合钢 (C) 管线管

406 复合钢管线管可采用任何一种能保证在母材和复合材之间形成金相联结的方法来制造。

加衬钢 (L) 管线管

407 加衬钢管线管可采用任何一种能保证在母材和衬材之间形成机械联结的方法来制造。

408 焊接程序、耗材、人员、耗材的处理以及焊接的实施应符合附录 C 的要求。

DNV 海底管线规范 2000 版

B 管线管标识

B 100 管线管无损检测 (NDT) 等级

101 接近海规范, 碳锰钢和有纵向或螺旋焊缝的复合 / 加衬钢管线管的碳锰钢部分可划分为两个无损检测等级, 即 NDT 等级 和 NDT 等级 。在无损检测方面, 相对于有纵向或螺旋焊缝的管线管, NDT 等级 管线管有更加严格的要求。

102 NDT 等级 管线管允许使用位移控制标准 (以设计为基础的应变), 而 NDT 等级 管线管只能限定在荷载控制情况 (见第 5 章 B500 节和 C100 节)。

B 200 补充要求

201 遵循本规范要求的管线管, 供货时可满足以下方面的补充要求:

- 酸性工作条件, 添后缀 S (见 D100 节),
- 止裂特性, 添后缀 F (见 D200 节),
- 塑性变形管, 添后缀 P (见 D300 节),
- 增强的尺寸要求, 添后缀 D (见 D400 节),
- 高强使用, 添后缀 U (见 D500 节)。

202 补充要求应在制造程序规格书中说明, 在对制造程序规格书资格认证时要包括补充要求所需的试验。

B 300 标识

301 符合本规范要求的碳锰管线管和复合 / 加衬钢管线管的标识应包括以下内容:

- 制造工艺 (见 A400 节),
- 规定的最小屈服强度 (SMYS),
- 无损检测 (NDT) 等级,
- 补充要求的后缀。

例如: “SML 450 S” 是指规定最小屈服强度为 450 MPa, 无损检测等级为 级, 并满足酸性工作条件的无缝管线管。

再如: “SAWL 415 L-UNSXXXXX” 是指规定的最小屈服强度为 415 MPa, 无损检测等级为 级, 以 UNS 标识材料为衬材的埋弧焊管线管。

302 符合本规范要求的双联不锈钢管线管的标识包括以下内容:

- 制造工艺 (见 A400 节),
- 级别 (见 B100 节),
- 补充要求后缀 (见 B200 节)。

例如: “SML 22 Cr D” 是指级别为 22 铬, 满足增强的尺寸要求的无缝管线管。

C 材料特性

C 100 总则

101 对钢的制造、化学分析、钢管生产、力学试验和无损检测的类型和范围等方面的要求将在下面的 E 节中给出。

102 对于外径 (OD) 大于 300 mm 的管子, 应在管子横截面方向和纵轴方向进行拉伸特性试验, 而夏比 V 型缺口试验仅需在横截面方向进行。所有的力学和抗腐蚀试验应按附录 B 的要求操作。

103 对于外径 (OD) 小于或等于 300 mm 的管子, 所有的力学试验都沿纵轴方向进行。所有的力学和抗腐蚀试验应按附录 B 的要求操作。

104 如果材料应用在设计温度高于 50 的工况中, 则在最高设计温度 (T_{\max}) 时的屈服强度应在制造程序规格书合格认证中测定, 也可通过第 5 章 600 节中的曲线或试验方法得到。

105 应用时, 符合本规范的管线管还应满足相应的补充要求。

106 制造碳锰钢、复合 / 加衬钢管线管时, 如果冷成型应变超过 5%, 则需在没有任何拉直和附加变形的管子上做应变时效实验, 试验按表 6 - 11 的要求进行。时效管线管吸收能应不小于未时效情况吸收能的 50%, 且要满足表 6-3 中要求的夏比 V 型缺口冲击性能。该试验按附录 B 进行。

107 夏比 V 型缺口冲击性能试验一般采用尺寸为 10 × 10mm 的试样。若用厚度小于 10mm 的试件做试验, 应对测定的冲击能 (KV_m) 和试件缺口的横截面积 (A) (mm^2) 进行报告, 为了与表 6-3 中的值作比较, 测定的冲击能按公式 (6.1) 转化为以焦耳为单位的冲击能 (KV):

$$KV = \frac{8 \times 10 \times KV_m}{A} \quad (6.1)$$

C 200 碳锰钢(C-Mn)管线管

201 下列要求适用于规定的最小屈服强度(SMYS)低于 555Mpa 的焊接或无缝的碳锰碳锰钢管线管, 对更高强度的管线管的要求可协议解决。

化学组分

202 碳锰钢母材的化学组分应限定在表 6-1 和表 6-2 给定的相应屈服强度等级的范围内, 母管中弯管的化学组分应限定在第 7 章给定的范围内。

DNV 海底管线规范 2000 版

表 6-1 焊接碳锰钢管线管，化学组分¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

	产品分析，最大重量%						
SMYS	245	290	360	415	450	485	555
C ⁵⁾	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.14
Mn ⁵⁾	1.35	1.65	1.65	1.65	1.65	1.75	1.85
Si	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
P	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
S	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Cu	0.35	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ni	0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Mo	0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cr ⁶⁾	0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Al(total) ⁷⁾	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Nb ⁸⁾⁹⁾	-	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
V ⁸⁾	-	0.04	0.05	0.08	0.10	0.10	0.10
Ti ⁸⁾	-	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06
N ⁷⁾	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
B ¹⁰⁾	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
CE ¹¹⁾	0.36	0.34	0.37	0.38	0.39	0.41	0.44
P _{cm} ¹²⁾	0.19	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25

备注：

- 1) 该化学组分适用于壁厚小于 35mm 的管线管，若大于该壁厚，可协议解决；
- 2) 当废料用于制钢时，下列残留元素的含量应测定并报告，且含量水平不能超过：0.03%As，0.01%Sb，0.02%Sn，0.01%Bi 和 0.006%Ca；
- 3) 如果添加 Ca 元素，且 S 含量大于 0.0015 时，Ca/S 比率应不小于 1.5；
- 4) 除了脱氧元素，非表中规定的元素如果没有特殊的规定不应随意添加；
- 5) 最大允许 C 含量每减少 0.01%，可允许 Mn 含量在原标准上提高 0.05%，但不能超过 0.1%；
- 6) 若达成协议，Cr 含量可以达到 0.5~1%；
- 7) Al:N 2:1 (不适用于 Ti 脱氧钢)；
- 8) (Nb+V+Ti) %_{maxi uin}:0.12%，若达成协议，该值最大为 0.15%；
- 9) 对于 SMYS 485MPa 的管线管材料或衬材，Nb 含量可根据协定达到 0.10%；
- 10) 硼 (max 30 ppm) 含量可根据协议增大；
- 11) $CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$ ；
- 12) $P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$ 。

DNV 海底管线规范 2000 版

表 6-2 无缝碳锰钢管线管，化学组分^{1) 2) 3)}

		产品分析，最大重量%						
SMYS		245	290	360	415	450	485	555
C ⁴⁾		0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16
Mn ⁴⁾		1.35	1.65	1.65	1.65	1.65	1.75	1.85
Si		0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
P		0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
S		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Cu		0.35	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ni		0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Mo		0.10	0.10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cr ⁵⁾		0.30	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Al (total) ⁶⁾		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Nb ⁷⁾		-	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
V ⁷⁾		-	0.04	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10
Ti ⁷⁾		-	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06
N ⁶⁾		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
B ⁸⁾		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
CE ⁹⁾	t ≤ 15	0.34	0.34	0.37	0.39	0.40	0.41	0.43
	15 < t ≤ 26	0.35	0.35	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44
P _{cm} ¹⁰⁾	t ≤ 15	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26
	15 < t ≤ 26	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27

DNV 海底管线规范 2000 版

备注：

- 1) 该化学组分适用于壁厚小于 26mm 的管线管，若大于该壁厚，可协议解决；
- 2) 当废料用于制钢时，下列残留元素的含量应测定并报告，且含量水平不能超过：0.03%As，0.01%Sb，0.02%Sn，0.01%Bi 和 0.006%Ca；
- 3) 除了脱氧元素，非表中规定的元素如果没有特殊的规定不应随意添加；
- 4) 最大允许 C 含量每减少 0.01%，可允许 Mn 含量在原标准上提高 0.05%，但不能超过 0.1%；
- 5) 若达成协议，Cr 含量可以达到 0.5~1%；
- 6) Al:N 2:1 (不适用于 Ti 脱氧钢)；
- 7) (Nb+V+Ti) %_{max i u i n}:0.12%，若达成协议，该值最大为 0.15%；
- 8) 硼 (max 30 ppm) 含量可根据协议增大；
- 9) $CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$ ；
- 10) $P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$ 。

力学性能

203 力学试验应在热处理、扩径和最终定型之后，按附录 B 要求进行。

204 表 6-3 和表 6-4 给出了对拉伸性能和夏比 V 型缺口冲击性能的要求，焊缝应满足表 6-3 给出的 KVT 冲击性能要求。

205 除非指定在酸性工作条件下（见 D100），否则母材（BM）和焊区（焊缝金属和热影响区）的硬度应符合表 6-3 的要求。

206 母材（BM）和焊缝金属（WM）（焊接管线管）的断裂韧性试验应作为合格认证书（见表 6-11 和表 6-12）的一部分。当在最小设计温度下试验时，测定的断裂韧性的 CTOD 值至少为 0.20mm，试验应按附录 B A800 节的要求进行，对于名义厚度（ t_{nom} ）小于 13mm 的管线管无需试验。

表 6-3 碳锰钢管线管，力学性能^{1) 2)}

SMYS (MPa) ³⁾ (T+L)	SMTS (MPa) ⁴⁾ (T)	$\frac{YS(Rt0.5)}{UTS(Rm)}$ max ⁵⁾ (a_h)(T)	最大硬度 (HV10) BM, WM, HAZ	伸长率 A ₅ Min. % (T+L)	夏比 V 性缺口 吸收能 (KVT) (最小 · J)	
					平均	单个

DNV 海底管线规范 2000 版

245	370	0.90	270	22	27	22
290	415	0.90	270	21	30	24
360	460	0.90	270	20	36	30
415	520	0.92	270	18	42	35
450	535	0.92	270	18	45	38
485	570	0.92	300	18	50	40
555	625	0.92	300	18	56	45

备注：

1) 本要求适用于沿横截 (T) 或纵轴方向 (L) 的试验，标于各列括号中；

2) 参考见 C201 节；

3) 沿纵轴方向实际的屈服强度不应超过 SMYS 值 120MPa；

4) SMTS 值在纵轴方向可以比在横截方向的要求值低 5%；

5) YS / UTS 值在纵轴方向不能超过在横截方向最大给定值，对于标准材料不超过 0.020，对于酸性工作条件下的材料不超过 0.030；

6) KVL 值 (试验时) 应比要求的 KVT 值高 50%。

表 6-4 碳锰钢管线管， 夏比 V 性缺口试验温度 T_0 () 与 T_{min} () (最小设计温度)的函数关系				
名义壁厚 (mm)	立管	平管		备注： 1) 气液混输看作输气； 2) 壁厚增加 ,则试验温度 应降低，而相同温度下，吸收 能增加。
		气管 ¹⁾	油管	
t ≤ 20	$T_0=T_{min}-10$	$T_0=T_{min}-10$	$T_0=T_{min}$	
20 < t ≤ 40	$T_0=T_{min}-20$	$T_0=T_{min}-20$	$T_0=T_{min}-10$	
t > 40	根据实际情况而定			

C 300 铁素体-奥氏体 (双相) 钢管线管

301 以下要求适用于 22 铬和 25 铬双相不锈钢焊接或无缝管线管，而这种管线管符合 ASTM A 790 (无缝或焊接的铁素体 / 奥氏体不锈钢管的标准规范) 或其它合格的等效标准。

化学组分

302 双向不锈钢母材的化学组成应限定在表 6-5 给定的范围内，亦可根据协议进行调整。

表 6-5 铁素体 - 奥氏体双相钢管线管，化学组分			
元素 ¹⁾	产品分析，重量%		备注： 1) 如果使用非表中规定的其它合金
	级别 22 铬	级别 25 铬	

DNV 海底管线规范 2000 版

C	0.030 max	0.030 max	元素，所加的元素及其最大含量应根据具体情况而定； 2) 当管线管输送未净化的海水（例如，未脱氧）或任何相似介质时，PRE 最小值建议为 40。
Mn	2.00 max	1.20 max	
Si	1.00 max	1.00 max	
P	0.03 max	0.035 max	
S	0.020 max	0.020 max	
Ni	4.50~6.50	6.0~8.0	
Cr	21.00~23.00	24.0~26.0	
Mo	2.50~3.50	3.0~4.0	
N	0.14~0.20	0.20~0.34	
PRE	2)	40 min ²⁾	

金相检验

303 应对焊接管线管母材和焊缝金属的根部、顶部和热影响区进行金相检验并遵循下面 304 节的要求。

304 金相检验应在最终固溶液处理之后进行。放大 400 倍后，试验材料应完全避免出现晶粒边界碳化物、氮化物和金属间化合物相。铁素体的含量应根据 ASTM E 562（系统的手工数点确定体积含量标准作法）的要求测算，母材的铁素体的含量应在 35%-55% 之间，焊缝金属根部、顶部和热影响区的铁素体含量在 35%-65% 之间。

力学试验

305 力学试验应在热处理、扩径和最终成型之后进行。表 6-6 给出了对拉伸性能和夏比 V 型缺口冲击性能的要求，焊件应满足 KVT 冲击性能要求。

306 除非使用在酸性工作条件下，要求（见 D100），否则母材（BM）和焊区（焊缝金属和热影响区）的硬度应满足表 6-6 的要求。

表 6-6 铁素体 - 奥氏体双相钢管线管，力学性能¹⁾

级别	SMYS ²⁾⁴⁾ MPa	SMTS MPa	$\frac{YS(Rt0.5)}{UTS(Rm)}$ max (s_h) ³⁾	最大硬度 (HV10)		伸长率 A_5 Min. %	夏比 V 性缺口 吸收能 (KVT) (最小 · J) 在 $T_0 = T_{min} - 20$ ⁵⁾	
				BM	WM, HAZ		平均	单个
22 铬	450	620	0.90	290	350	25	45	35
25 铬	550	750	0.90	330	350	15	45	35

DNV 海底管线规范 2000 版

备注：

- 1) 参考见 C301 节；
- 2) 沿纵轴方向实际的屈服强度不应超过 SMYS 值 120MPa；
- 3) YS / UTS 值在纵轴方向不能超过在横截方向得到值 0.020；
- 4) 当设计温度高于 50 时，在最大设计温度 (T_{max}) 下的屈服强度应符合第五章 B600 节中给出的要求；
- 5) 要求的 KVL 值应比要求的 KVT 值高 50%。

307 母材 (BM) 和焊缝金属 (WM) (焊接管线管) 的断裂韧性试验应作为合格认证书 (见表 6-11 和表 6-12) 的一部分。当在最小设计温度下试验时，测定的断裂韧性的 CTOD 值至少为 0.20mm，试验应按附录 B A800 节的要求进行，对于名义厚度 (t_{nom}) 小于 13mm 的管线管无需试验。

腐蚀试验

308 根据 ASTM G 48 的要求，为了证明充足的生产过程能够影响 25 铬双相不锈钢的微观结构，应对钢材做腐蚀试验。对于最小 PRE 值为 40 的 25 铬双相不锈钢，应按附录 B 进行 ASTM G 48 规定的试验。在 50 时，试验材料经溶液退火 24 小时后，允许的最大重量损失为 $4.0g / m^2$ 。

309 若要对 PRE 值小于 40 的双相不锈钢进行 ASTM G 48 的规定试验，则试验温度和接收标准应根据协议而定。

C 400 其它不锈钢和镍基抗腐蚀合金 (CRA) 管线管

401 下列要求适用于奥氏体不锈钢、马氏体 (13% 铬) 和镍基抗腐蚀合金钢。

402 应根据公认的规范提供管线管，规范中规定了材料的化学组分、力学特性和第 5 章 B500 节中列出的各项要求以及下面规定的内容，如果没有可用的公认标准，应给出技术规格书规定的这些要求。

403 对碳锰钢的断裂韧性要求 (见 206) 同样适用于马氏体 (13% 铬) 不锈钢。

腐蚀试验

404 308 节中阐述的对双相不锈钢的腐蚀试验要求也适用于最小 PRE 值为 40 的其它不锈钢和镍基抗腐蚀合金钢。

焊缝的金相检验

405 应对焊接金属和热影响区在 400 倍放大下进行金相检验，固溶热处理后，试验材料应完全避免晶粒边界出现碳化物、氮化物或金属间化合物相。

C 500 复合 / 加衬钢管线管

501 下列要求适用于母材为碳锰钢，内部加一薄金属层的复合钢管线管。

502 母材与复合材之间以冶金方式结合在一起的管线管成为复合管线管，而以机械方式结合一起的，则称为加衬管线管。

503 复合材和衬材应符合使用要求，并在每一工况下进行确认，其厚度不能小于 2.5mm。

供货状态

504 复合 / 加衬管线管应在对两种材料均适合的热处理条件下进行加工。

母材的化学组分和力学特性

505 母材的化学组分应符合表 6-1 和表 6-2 中给出的对碳锰钢的要求。

506 母材的力学特性应复合表 6-3 和表 6-4 的要求，力学试验在热处理、扩径和最终成型之后进行。

507 母材 (BM) 和焊缝金属 (WM) 的断裂韧性试验应作为合格认证书 (见表 6-11 和表 6-12) 的一部分。当在最小设计温度下试验时，测定的断裂韧性的 CTOD 值至少为 0.20mm，试验应按附录 B A800 节的要求进行，对于名义厚度 (t_{nom}) 小于 13mm 的管线管无需试验。

508 试验前应去掉试件的复合材 / 衬材。

复合材 / 衬材的化学组分

509 复合材 / 衬材的选择首先应根据防腐要求 (包括硫化物应力裂纹要求即 SSC)，其化学组分应按公认标准确定，如果没有可用的公认标准，应制定相应的说明书，指定其化学成分。但要符合 C300 节和 C400 节的要求。

焊接金属的化学组分

510 选择焊接耗材时，应考虑由于母材中铁元素稀释作用引起的合金元素的减少这一情况。

焊缝的金相检验

511 焊缝金属和复合材根部热影响区的金相检验应在 400 倍的放大倍数下进行，其微观结构应完全避免晶粒的边界出现碳化物、氮化物和金属间化合物相。

复合材和管线管的特性

512 从每块带钢或钢板上取下两个弯曲试件，绕以三倍板厚为直径的成型器做 180° 的弯曲试验，其中一个试件使复合材受拉，另一个使复合材受压，弯曲试验结束后，试件边缘上不能出现裂纹或分离。此试验应按附录 B 的要求进行。

513 根据附录 B 要求，剪切试验可按表 6-11 和表 6-12 的要求进行，最小剪切强度应为 140Mpa。

514 焊接管线管的硬度试验应在有焊缝的完整截面上进行，还要按照附录 B 中的细节在母材、复合材和金相联结区做硬度试验。

515 母材、复合材、热影响区、焊接金属和金相联结区的硬度应符合本规范（见表 6-4）的相关要求。

C 600 可焊性

601 管线管在生产、预制和安装包括现场安装和偶然状态、高压焊接和阳极块安装各个阶段，钢材都应有足够的可焊性。

602 焊接、修补焊程序和焊接人员、材料的处理以及焊接的实施应符合附录 C 的要求。

指南注解：

在碳锰微合金钢的热影响区易形成局部脆性区（LBZs），这些区域呈现较低的抗裂性能，从而形成较低的 CTOD 值。局部脆性区与焊接时热影响区横截面晶粒粗糙化有关，其微观结构主要为含大量马氏体 / 奥氏体组分（M / A）的双重结构（B1 型微结构）。不同于珠光体这样的铁素体 / 碳化物集合体，奥氏体 / 马氏体组分可能对材料的韧性有不利影响，这一点在为规定的最小屈服强度大于等于 450Mpa 的钢材选择化学组分时应格外注意。

为了提高热影响区的韧性，精炼热影响区的晶粒尺寸以抑制马氏体 / 奥氏体双重结构的形成是实质性的。

603 管线管供应商应提供关于不同材料焊后热处理的适宜温度控制信息。

生产前材料的可焊性试验

604 对管线管材料和焊接耗材进行合格认证，要按下面给出的程序进行可焊性试验，在任何情况下试验的类型、范围和接受标准都应得到认可。

605 若达成协议，可用相关的文件证明代替可焊性试验。

碳锰钢和马氏体（13% 铬）不锈钢

606 对规定的最小屈服强度大于等于 415MPa 的钢材，可焊性试验 / 文件证明至

DNV 海底管线规范 2000 版

少应包括以下内容：钢板上的气泡、Y 形沟槽、母材和热影响区的断裂韧性试验。对于规定的最小屈服强度大于 450Mpa 的钢材，还要对其进行金相检验，以确定局部脆性区的存在，实验程序应符合表 6-11、表 6-12 和附录 C 的要求。应确定在预制和安装焊接时的最大和最小热量输入，以保证达到相应的预热温度和工作温度，使管线管焊缝区域获得可接受的性能。

607 对于仅有有限实践经验的材料，试验内容还可包括：热影响区的热循环试验、连续的冷弯试验、延迟裂纹试验以及控制热强度试验。

双相不锈钢

608 对于双相不锈钢，可焊性试验 / 文件证明应确定热循环对其力学性能、硬度和微观结构的影响，还要确定在预制和安装焊接期间最大和最小的热量输入，以确保可接受的铁素体 / 奥氏体比例，并且确保材料不存在金属间化合物相，补焊的容限也应包括在内。

其它不锈钢和镍基合金

609 对于奥氏体不锈钢和镍基抗腐蚀合金钢，可焊性 / 文件证明应确定热循环对其力学性能、硬度和微观结构的影响，并确定预制和安装焊接时的热量输入范围，包括补焊的容限。

复合 / 加衬钢管线管

610 对于复合 / 加衬钢管线管，母材可焊性试验 / 文件证明应按 604 节和 605 节的要求进行。对于复合材 / 衬材，可焊性试验 / 文件证明应确定其稀释效应和热循环对其力学性能、硬度和微观结构的影响，还应确定预制和安装焊接时的热量输入范围，包括补焊的容限。

D 补充要求

D 100 酸性工作条件下 (S) 的补充要求

101 以及根据 NACE 标准 MR 0175 (油田设备的抗硫化物应力裂纹金属材料) 规定的酸性工作条件中，用于输送含硫化氢液体的管线管，其中包括名义上为干燥 (即正常操作时不用来输送液体的管线管) 的管道，如果其他的酸性工作条件符合上述标准，应符合最新版本上述规范中对材料选择、最大硬度、制造和预制工艺的所有要求。而且下面的附加要求、要求的相应修改和更正对其也应适用。

102 在酸性工作条件下，若使用未在 NACE 原则 MR 0175 (最新版本) 中列出，本章也未涉及的管线管材料，应按上述文件的规定进行合格认证，或者可用 EFC 丛书第 16、17 期中的规定分别对碳锰钢和抗腐蚀合金钢管线管进行合格认证。

DNV 海底管线规范 2000 版

合格认证还应包括对母材和焊缝（条形焊和围焊）的抗硫化物应力裂纹（SSC）试验。

指南注解：

NACE 和 EFC 文献中所指的 SSC 试验应持续 720 小时，因此不适宜在购买期间进行该试验。

103 NACE MR 0175 中列出的对酸性工作条件下管线管材料的合格认证是可用的，即使生产和预制相关的硬度或其它要求与本文献中的要求不一致。

指南注解：

确定满足本规范中的酸性工作条件下所有要求的管线管的 SSC 试验等级，应被视为对管线管制造或安装程序预认证的内容的一部分。

104 所有的焊接程序（包括修补焊）都应进行合格认证，包括按附录 C 中 E 段给出的要求做硬度试验。

碳锰钢管线管

105 NACE MR 0175 中（如 1998 期）未涉及的，对于规定的最小屈服强度（SMYS）超过 450MPa 的碳锰钢管线管，除非该文献以后的版本中对其做出规定，否则应按 102 节中阐述的方法对其在酸性工作条件下进行合格认证。

106 化学组分的调整在表 6-7 和表 6-8 中给出。此表中未列出的元素应分别与表 6-1 和表 6-2 相一致，且当中的备注也同样适用。

107 E403 节中给出的关于钢的制造的附加要求同样适用。

108 焊接管线管抗氢致裂纹（HIPC）的能力应通过试验来确定（参见附录 B），试验应在对制造程序规格书进行合格认证和管线管制造时进行（如 E800 节中所述）。

指南注解：

本文中提到的氢致裂纹（HIPC）主要是指氢气导致的裂纹（HIC）或逐步形成的裂纹（SWC）。

表 6-7 在酸性工作条件下对焊接碳锰钢管线管的化学组分的补充要求

	产品分析，最大重量 %		
SMYS (MPa)	360 以下	415	450
C max	0.10	0.10	0.10
Mn max	1.35	1.45	1.55
P max	0.015	0.015	0.015
S max	0.003	0.003	0.003
Cu max	0.35	0.35	0.35

DNV 海底管线规范 2000 版

Ni max	0.30	0.30	0.30
Mo max	0.10	0.10	0.10
Cr max	0.30	0.30	0.30
P _{cm} max	0.19	0.20	0.21

表 6-8 在酸性工作条件下对碳锰钢无缝管线管的化学组分的补充要求

	产品分析，最大重量 %		
SMYS (MPa)	360 以下	415	450
C max	0.12	0.13	0.14
Mn max	1.35	1.45	1.55
P max	0.015	0.015	0.015
S max	0.003	0.003	0.003
Cu max	0.35	0.35	0.35
Ni max	0.30	0.30	0.30
Mo max	0.10	0.10	0.10
Cr max	0.30	0.30	0.30
P _{cm} max	0.20	0.21	0.22

109 在对焊接程序和生产进行合格认证时要按附录做硬度测验，母材、焊缝和热影响区的硬度在根部不应超过 250HV10，顶部不应超过 275HV10。

指南注解

特别推荐母材最大硬度为 220HV10 的考虑围焊期间的硬度增长。

双相钢管线管

110 管线管级别、相关的硬度标准以及制造 / 预制要求应与 NACE MR 0175 (最新版本) 的要求一致。在对焊接程序进行合格认证和生产时，应按附录 B 进行硬度测定。对于 22 铬和 25 铬双相钢，焊缝硬度分别不应超过 310HV10 和 330HV10。

复合 / 加衬钢管线管

111 复合材 / 衬材的选择、相关的硬度标准和制造及预制要求应符合 NACE MR 0175 (最新版本) 的要求。该要求同样适用于与内部输送液体相接触的焊件的焊缝耗材，碳锰钢母材的选择不受限于任何特殊的酸性工作条件要求。

112 在对焊接程序和生产进行合格认证时，要按附录 B 进行硬度测定，内部热影响区和复合材 / 衬材融合区的硬度应与 NACE MR 0175 (最新版本) 的相关要求一致。

D 200 止裂特性 (F) 方面的补充要求