

# 钻井和修井井架、底座规范

Specification for Drilling and Well Servicing Structures

API SPEC 4F

2008年1月，第3版

生效日期：2008年7月1日

（内部资料 注意保存）

宝鸡石油机械有限责任公司研究院

综合管理部标准室



## 编译小组

翻 译： 杨玉刚  
校 对： 王世军 杨玉刚  
初 审： 范亚民  
审 核： 黄悦华  
批 准： 王进全

## 目 次

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 特别说明.....                             | iii        |
| API 前言.....                           | iv         |
| 1 范围.....                             | 错误! 未定义书签。 |
| 2 规范性引用文件.....                        | 错误! 未定义书签。 |
| 3 术语和定义.....                          | 错误! 未定义书签。 |
| 4 产品规范级别.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 5 标志和信息.....                          | 1          |
| 5.1 铭牌.....                           | 错误! 未定义书签。 |
| 5.2 塔形井架和轻便井架铭牌信息.....                | 错误! 未定义书签。 |
| 5.3 底座铭牌信息.....                       | 错误! 未定义书签。 |
| 5.4 天车总成铭牌信息（仅当天车总成与塔形井架一起使用时要求）..... | 错误! 未定义书签。 |
| 6 结构安全级别.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 7 设计载荷.....                           | 错误! 未定义书签。 |
| 8 设计规范.....                           | 错误! 未定义书签。 |
| 8.1 许用应力.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.2 工作载荷.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.3 风载荷.....                          | 错误! 未定义书签。 |
| 8.4 动力载荷.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.5 地震载荷.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.6 起升载荷.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.7 运输载荷.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 8.8 倾覆和滑动.....                        | 错误! 未定义书签。 |
| 8.9 设计验证.....                         | 错误! 未定义书签。 |
| 9 材料.....                             | 16         |
| 9.1 总则.....                           | 16         |
| 9.2 书面规范.....                         | 16         |
| 9.3 力学性能.....                         | 16         |
| 9.4 材料质量鉴定.....                       | 16         |
| 9.5 材料制造.....                         | 16         |
| 9.6 螺栓.....                           | 16         |
| 9.7 钢丝绳.....                          | 16         |
| 10 焊接要求.....                          | 16         |
| 10.1 总则.....                          | 16         |
| 10.2 焊接评定.....                        | 16         |
| 10.3 书面文件.....                        | 16         |
| 10.4 焊接材料的控制.....                     | 17         |
| 10.5 焊缝性能.....                        | 17         |
| 10.6 焊后热处理.....                       | 17         |
| 10.7 质量控制要求.....                      | 17         |
| 10.8 特定要求——补焊.....                    | 17         |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 11 质量控制 .....             | 17 |
| 11.1 质量控制人员资格 .....       | 17 |
| 11.2 测试设备 .....           | 17 |
| 11.3 无损检测 .....           | 18 |
| 11.4 尺寸验证 .....           | 18 |
| 11.5 工艺质量和修整 .....        | 18 |
| 11.6 采购方的检验和拒收 .....      | 18 |
| 11.7 试验 .....             | 19 |
| 11.8 追溯性 .....            | 19 |
| 12 文件 .....               | 19 |
| 12.1 总则 .....             | 19 |
| 12.2 制造商保存的文件 .....       | 20 |
| 12.3 设备携带的随机文件 .....      | 20 |
| 附录 A (规范性附录) 附加要求 .....   | 21 |
| 附录 B (资料性附录) 注解 .....     | 22 |
| 附录 C (资料性附录) API 会标 ..... | 30 |
| 参考文献 .....                | 31 |

|   |            |
|---|------------|
| 表 7.1 设计载荷 .....                                  | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.1 陆上结构安全级别系数 $\alpha_{\text{陆上}}$ .....       | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.2 海洋结构安全级别系数 $\alpha_{\text{海洋}}$ .....       | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.3 最小设计风速 $V_{\text{des}}$ , m/s (节) .....     | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.4 <sup>1, 2</sup> 高度系数 $\beta$ , 位置: 所有 ..... | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.5 阵风作用系数 .....                                | 错误! 未定义书签。 |
| 表 8.6 形状系数 .....                                  | 错误! 未定义书签。 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 表 A.1 小尺寸冲击试样的调整系数 ..... | 21 |
|--------------------------|----|

## 特别说明

API 出版物只能针对一些共性问题。有关特殊问题，宜查阅地方、州和联邦的法律法规。

API 或 API 的任何雇员、分包商、顾问、委员会或其他受托人，均不担保也不承诺（无论明指还是暗示）本标准中所包含的信息的准确性、完整性和适用性，对于本标准中所披露的任何信息的使用及其后果，也不承担任何义务和责任。API 或 API 的任何雇员、分包商、顾问或其他受托人，也不承诺本标准的使用不会侵犯其他人的专有权利。

任何愿意使用 API 出版物的人都可以任意使用。API 已经尽了一切努力来保证这些出版物中所含数据的准确性与可靠性；然而，关于本标准 API 不做任何承诺、担保或保证，在此明确声明，由于使用本标准而造成的任何损失，或者因本标准与当地法规有冲突而造成违法，API 将不承担任何义务和责任。

出版 API 标准是为了使公众能够更方便地获取已经证实的、良好的工程与操作惯例。但至于何时何地应当使用这些出版物，仍需要用户依据自身的实践经验而做出明智的判断。API 标准的制定和出版，无意以任何方式限制任何人使用任何其他操作惯例。

任何按照 API 标准的会标使用要求标志其设备和材料的制造商，对于其产品符合相关 API 标准，负有全部责任。API 不承诺、担保或保证这些产品实际上确实符合该项 API 标准。

版权所有，违者必究。在没有得到出版商的书面批准之前，任何人都不允许在检索系统中复制和保存本文件中的任何内容或者采用电子、机械、复印、录像或者其他方式传播本文件中的任何内容。

请联系出版商美国石油学会出版业务部，地址：1220 L Street, NW, Washington, DC 20005。

版权 © 2008 美国石油学会

## API 前言

API 出版物中的任何内容，都不能解释为（以暗示或其他方式）赋予任何人制造、销售或使用专利权所涵盖的任何方法、仪器或产品的权力；也不能解释为担保任何人侵犯专利权而不承担责任。

本文件是按照 API 标准化工作程序制定的，该程序保证了制定过程的透明度和广泛参与；本文件被认定为 API 标准。关于本标准内容解释方面的有关问题，或者关于标准制定程序方面的看法和问题，应以书面形式提交给美国石油学会标准部主任，地址是：1220 L Street, N.W., Washington, D.C. 20005。如果需要复制或翻译本标准的全部或部分内容，也与标准部主任联系。

通常，API 标准最长每隔五年就要复审一次，复审的结果是修订、确认或撤销。该五年复审周期可以延期一次，但延期最长不超过两年。可以从 API 标准部查询某项出版物的状况，电话是(202) 682-8000。API 每年发布出版物目录，每季度更新。

欢迎用户提出修订建议，这类建议应提交给 API 标准和出版部，地址是：1220 L Street, N.W., Washington, D.C. 20005，或发送电子邮件：[standards@api.org](mailto:standards@api.org)。

# 钻井和修井井架、底座规范

## 1 范围

本规范规定了石油工业钻井和修井作业用钢结构的要求和推荐作法，提供了统一的钢结构检定方法以及两种产品规范级别（PSL<sub>s</sub>）。

本规范适用于所有新设计的钢制塔形井架、桅杆式井架、绷绳桅杆式井架、底座和天车。

附录A规定了标准附加要求（SR<sub>s</sub>）的编号，只有当买方指定时才适用。

## 2 规范性引用文件

下列引用文件是本标准应用必不可少的。凡是注日期的引用文件，只有引用的版本才适用。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

API RP 2A-WSD 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法 工作应力设计

API Bulletin 2INT-MET 墨西哥湾飓风条件临时指南

API RP 4G 钻井和修井井架、底座的检查、维护、修理与使用的推荐作法

API Spec 8A 钻井和采油提升设备

API RP 9B 油田用钢丝绳的应用、维护和使用推荐作法

AISC 335-89<sup>1)</sup> 结构钢建筑物规范 许用应力设计和塑性设计

ASCE/SEI 7-05<sup>2)</sup> 建筑物和其它结构的最低设计载荷

ASTM A370<sup>3)</sup> 钢产品力学性能标准试验方法及定义

ASTM A578/A 578M 特殊用途的轧制钢板直波束超声检验标准规范

AWS D1.1/D1.1M:2002<sup>4)</sup> 钢结构焊接规范

ISO 9712<sup>5)</sup>，无损检测 人员资格鉴定与认证

ISO 10425-2003 石油天然气工业用钢丝绳 最低要求和验收条件

ISO 13535 石油天然气工业 钻井和采油设备 提升设备

ISO 19901-1第1部分 Metocean设计和运行条件

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**横摇角** angle of roll

**纵摇角** angle of pitch

从垂线向一侧运动的角度。

### 3.2

**附件** appurtenances

连接的但不是裸钻井结构一部分的所有零部件。

### 3.3

**裸钻井结构** bare drilling structure

---

1) 美国钢结构学会，1 East Wacker Drive, Suite 3100, Chicago, Illinois 60601, www.aisc.org.

2) 美国土木工程师学会，1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia 20191, www.asce.org.

3) ASTM 国际，100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, www.astm.org.

4) 美国焊接学会，550 Northwest LeJeune Road, Box 351040, Miami, Florida 33135, www.aws.org.

5) 国际标准化组织，1, rue de Varembé, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland. www.iso.org.

钻井结构的结构件，如适用，包括天车、天车台、天车台人字架。

## 3.4

**关键零部件 critical component**

保持结构稳定性所必需的，当结构按第7章设计载荷加载时，位于结构主载荷路径内的零部件。

## 3.5

**关键焊缝 critical weld**

连接关键零部件的焊缝。

## 3.6

**天车总成 crown block assembly**

安装在塔形井架或桅杆式井架顶部的定滑轮组或其总成。

## 3.7

**制造日期 date of manufacture**

在开始制造和交付给采购方之间存在的制造商选择的日期。

## 3.8

**塔形井架 derrick**

四侧构件格构或桁构的横截面为正方形或矩形的结构塔架。

注：它可以用或不用绷绳加固。

## 3.9

**设计载荷 design load**

结构设计承受的不超过任何构件内许用应力的力或力的组合。

## 3.10

**设计参考风速 $V_{ref}$  design reference wind velocity ( $V_{ref}$ )**

在10 m (33 ft)参考高度，3秒阵风条件下的风速，单位节，用于对预期钻井位置合理周期的重现。

## 3.11

**动力载荷 dynamic loading**

因运动而在结构上施加的载荷。

## 3.12

**起升载荷 erection load**

起升和下放期间，在桅杆式井架及其支承结构或井架底座上产生的载荷。

## 3.13

**导轨和导向小车 guide track and dollies**

在各种操作期间，用来把游动设备相对于塔形井架保持在正确位置的设备。

注：可伸缩的导向小车用于将游动设备在钻井位置与返回位置之间水平移动。

## 3.14

**绷绳 guy line**

在设计载荷条件下，给桅杆式井架提供结构上和（或）横向支承，一端连接桅杆式井架总成，另一端连接在合适的锚具上的钢丝绳。

## 3.15

**绷绳图 guying pattern**

相对于井眼中心线，制造商推荐的绷绳位置及其在锚具外的距离的平面图。

## 3.16

**塔形井架和无绷绳桅杆式井架的高度 height of derrick and mast without guy lines**

从钻台顶面到天车支承梁底面的最小垂直距离。

## 3.17

**有绷绳桅杆式井架的高度 height of mast with guy line**

从地面到天车支承梁底面的最小垂直距离。

3.18

**冲击载荷 impact loading**

力几乎瞬时改变所产生的载荷。

3.19

**桅杆式井架 mast**

横截面为矩形的前开口式格构塔架。

3.20

**桅杆式井架安装距离 mast set-up distance**

为了帮助钻机安装而由制造商规定的从井眼中心线到桅杆式井架结构指定点的距离。

3.21

**最大额定设计风速  $V_{des}$  maximum rated design wind velocity ( $V_{des}$ )**

通过陆上或海洋系数对10 m (33 ft)参考高度3秒阵风进行SSL调整之后的风速，单位节，用来计算钻井结构设计所能承受的力。

3.22

**最大额定静钩载 maximum rated static hook load**

游动设备重量和游动设备上施加的静载荷组成的载荷。

注：在本标准规定的指南范围内，在规定的游车穿绳数和没有立根排放、抽油杆或风载荷的情况下，该载荷是结构可以施加的最大载荷。假定死绳锚和绞车在指定位置。

3.23

**钢丝绳总成公称强度 nominal wire rope assembly strength**

钢丝绳的公称强度乘以符合API RP 9B的端部附件的效率。

3.24

**周期( $\tau$ ) period ( $\tau$ )**

(横摇、纵摇或升沉的) 一个完整循环要求的时间。

3.25

**钻杆倾角 pipe lean**

排放的典型钻杆立根与铅垂线的夹角。

3.26

**产品规范级别(PSL) Product Specification Level (PSL)**

涵盖设备主承载件材料和过程控制的级别。

3.27

**二层台 racking platform**

位于钻台之上一定距离的平台，横向支承排放的立根的上端。

3.28

**转盘额定静载荷 rated static rotary load**

转盘支承梁所能支承的最大重量。

3.29

**额定立根载荷 rated setback load**

底座立根盒内所能支承的管材的最大重量。

3.30

**抽油杆平台 rod board**

**抽油杆悬挂器 rod hanger**

位于钻台之上一定距离的平台，用来支承抽油杆。

3.31

**结构安全级别(SSL) Structural Safety Level (SSL)**

采购方对钻井结构的应用进行分类，以反映各种不同程度的失效结果，考虑生命安全和其它问题，例如污染、经济损失和公众关注。

### 3.32

#### 底座 substructure

传递大钩载荷、转盘载荷和或立根载荷的任何结构。

### 3.33

#### 风环境 wind environment

在给定的风载下，所要考虑的钻机结构的组合和载荷的组合。

## 4 产品规范级别（PSL）

本标准确立了钻井和修井结构的两种PSL要求，这两种PSL规定了两种级别的技术和质量要求。这些要求反映了制造业目前普遍执行的作法。PSL 1包括制造业目前普遍执行的作法。PSL 2包括PSL 1的所有要求，以及附加要求。

## 5 标志和信息

### 5.1 铭牌

按照本标准制造的钻井和修井结构，应采用铭牌予以识别，铭牌上至少应有5.2~5.4中规定的信息，如适用，包括测量单位。标志应为凸或凹。铭牌应牢固地固定在结构的醒目位置。

### 5.2 塔形井架和桅杆式井架铭牌信息

应提供下列信息：

- a) 制造商名称；
- b) 制造商地址；
- c) 制造日期，包括年和月；
- d) 编号；
- e) 高度，m (ft)；
- f) 在规定的游车绳数下，带有绷绳时的最大额定静钩载（如适用时），kN（短吨）；
- g) 在平均海平面或地面之上 10 m (33 ft)的参考高度，3 秒阵风，带有绷绳时的最大额定设计风速  $V_{des}$ （如适用时），排放额定容量的管子，m/s（节）；
- h) 在平均海平面或地面之上 10 m (33 ft)参考高度，3 秒阵风，带有绷绳时的最大额定设计风速  $V_{des}$ （如适用时），不排放管子，m/s（节）；
- i) 按照平均海平面或地面之上风载设计的塔形井架或桅杆式井架的基本高度，m (ft)；
- j) API Spec 4F，第 3 版；
- k) 制造商的绷绳图，如适用；
- l) 下列字样：

注意：加速度或冲击、以及排放立根、抽油杆和风载均会降低最大额定静钩载能力。

- m) 制造商的载荷分布图（可放在桅杆式井架说明书中）；
- n) 在满额定立根排放和最大游车绳数下，许用静钩载与各种风速（零到最大额定设计风速  $V_{des}$ ）之间绘制的关系曲线；
- o) 有绷绳桅杆式井架的安装距离，m (ft)；
- p) PSL 2（如适用）；
- q) 特定 SR 内规定的附加信息，如适用（见附录 A）。

### 5.3 底座铭牌信息

应提供下列信息：

- a) 制造商名称；
- b) 制造商地址；
- c) 制造日期，包括年和月；

- d) 编号;
- e) 最大额定静钩载, kN (短吨);
- f) 最大额定转盘静载能力, kN (短吨);
- g) 最大额定管子排放能力;
- h) 额定静钩载和额定排放, kN (短吨);
- i) 转盘额定静载和额定排放组合下的最大能力, kN (短吨);
- j) 以下方面的内容适用于支承塔形井架或桅杆式井架的底座:
  - 最大额定设计风速  $V_{des}$ , m/s (节), 在平均海平面或地面之上 10 m (33 ft)参考高度, 3 秒阵风时间, 带有绷绳 (如适用时), 排放额定容量的管子;
  - 最大额定设计风速  $V_{des}$ , m/s (节), 在平均海平面或地面之上 10 m (33 ft)参考高度, 3 秒阵风时间, 带有绷绳 (如适用时), 不排放管子;
  - 按照平均海平面或地面之上风载设计的底座基本高度, m (ft)。
- k) API Spec 4F, 第 3 版;
- l) PSL 2 (如适用) 和;
- m) 特定 SR 内规定的附加信息, 如适用 (见附录 A)。

5.4 天车总成铭牌信息 (仅当天车总成与塔形井架一起使用时要求)

- a) 制造商名称;
- b) 制造商地址;
- c) 制造日期, 包括年和月;
- d) 编号;
- e) 最大额定静钩载, kN (短吨);
- f) API Spec 4F, 第 3 版;
- g) PSL 2 (如适用);
- h) 特定 SR 内规定的附加信息, 如适用 (见附录 A)。

6 结构安全级别 (SSL)

钻井结构按照其SSL进行限制。针对于每一个具体的位置, 制造商和采购方协商选择预期或非预期的SSL (例如SSL E2/U1)。对于给定的SSL和位置, 设计环境条件可以根据遵循的指南制定。

SSL反映各种不同程度的失效结果, 考虑生命安全和其它有关问题, 例如污染、经济损失和公众关注。它也反映期望 (预期或非预期) 的环境事件。下面的矩阵中给出了这些SSL<sub>s</sub>。每个结构有两个SSL, 第一个是预期环境事件, 第二个是非预期环境事件 (例如SSL E2/U1)。

| 结构安全级别 (SSL) |  |                         |       |       |
|--------------|--|-------------------------|-------|-------|
|              |  | 其它问题<br>(污染、经济损失和公众关注等) |       |       |
| 生命安全         |  | 高                       | 中     | 低     |
| 高            |  | E1或U1                   | E1或U1 | E1或U1 |
| 中            |  | E1或U1                   | E2或U2 | E2或U2 |
| 低            |  | E1或U1                   | E2或U2 | E3或U3 |

结构安全级别E1或U1——用于高失效结果的结构。

结构安全级别E2或U2——用于中失效结果的结构。

结构安全级别E3或U3——用于低失效结果的结构。

前缀E指预期环境事件, 例如大飓风或风暴, 事先可作准备。前缀U指非预期环境事件, 例如突然的风暴或地震, 不允许充分的准备。如果结构在预期的严重事件前撤离, 有人事件的SSL可能不同于所撤离的严重事件的SSL。

## 可运输的“不固定”钻井结构

通常，钻井结构在其寿命期间用于不同的位置，因此，评价其在给定位置使用的稳定性，必须考虑在该位置的环境条件、安装高度和新安装的SSL。

对于相同的SSL，塔形井架或桅杆式井架的设计风载是相同的，不管是固定设施还是移动设施（例如钻井平台、自升式平台、半潜式平台或钻井船）。

## 7 设计载荷

适用时，每个钻井结构应按照表7.1的组合载荷设计。按照第8章相应的设计规范进行的结构设计应满足或超过这些条件。

表 7.1 设计载荷

| 状况 | 设计载荷条件 | 自重 <sup>1</sup> (%) | 钩载 <sup>2</sup> (%) | 转盘载荷 (%) | 立根载荷 (%) | 环境载荷      |
|----|--------|---------------------|---------------------|----------|----------|-----------|
| 1a | 工作     | 100                 | 100                 | 0        | 100      | 100%工作环境  |
| 1b | 工作     | 100                 | TE                  | 100      | 100      | 100%工作环境  |
| 2  | 预期     | 100                 | TE                  | 100      | 0        | 100%预期风暴  |
| 3a | 非预期    | 100                 | TE                  | 100      | 100      | 100%非预期风暴 |
| 3b | 非预期    | 100                 | 适用时                 | 适用时      | 适用时      | 100%地震    |
| 4  | 起升     | 100                 | 适用时                 | 0        | 0        | 100%工作环境  |
| 5  | 运输     | 100                 | 适用时                 | 0        | 适用时      | 100%运输环境  |

<sup>1</sup> 对于稳定性计算，应按照 8.8 考虑自重的下限值。

<sup>2</sup> 对于非工作有风环境，如适用，在所有载荷中应考虑悬挂在天车（TE）上的所有游动设备和钻井钢丝绳的重量。

## 8 设计规范

### 8.1 许用应力

#### 8.1.1 总则

除非本标准另有规定，钢结构应按照AISC 335-89进行设计。AISC 335-89许用应力设计（通常称为弹性设计）部分，应用来确定许用单位应力。不允许使用第5部分第N章—塑形设计。AISC 335-89应用来确定许用单位应力和考虑次应力，但现行作法和经验并未规定需要遵循AISC 335-89的“承受疲劳载荷的构件及其连接件”（第K4章），除非采购方另有规定。

对于本标准而言，在格构或桁架结构的独立构件中，由于弹性变形和节点刚性而引起的应力规定为次应力。这些次应力可以取下列两个应力的差值：一个是假定节点完全刚性，而载荷只作用在节点上分析所得到的应力，另一个是按节点为铰接作类似分析得到的应力。因节点偏心连接、节点之间的构件横向载荷或外加力矩而引起的应力，应认为是主应力。

对于除地震外的所有载荷，当把计算的次应力增加到独立构件中的主应力时，许用单位应力可增加20%。但是，主应力不应超过许用单位应力。除8.1.2中允许的增加外，当考虑次应力时，还可以增加许用应力。

地震载荷和有关的许用应力，在8.5中专门予以描述。

#### 8.1.2 风和动应力

在工作和安装条件下，许用单位应力不应（应力修改系数=1.0）超过8.1.1中规定的基本许用应力。在运输条件下，如果买方规定，许用单位应力可比8.1.1中规定的基本许用应力增加三分之一（应力修改系数=1.0）。

对于预期和非预期的风暴设计条件，当由风载荷或动载荷单独作用或者与设计静载荷和动载荷载联合作用产生时，许用单位应力可比8.1.1中规定的基本许用应力增加三分之一（应力修改系数=1.33）。

为了规定5.2 n)要求的许用静钩载与风速之间的铭牌关系曲线,采用的应力修改系数可以从操作情况的1.0线性过渡到非预期风暴情况的1.33。

### 8.1.3 钢丝绳

钢丝绳的尺寸和型式应按照ISO 10425和API RP 9B的规定。

注: API Spec 9A等同于ISO 10425,适用于本规定。

当通过钢丝绳总成起升和下放时,钻井结构用钢丝绳总成的设计公称强度应不小于安装时该总成最大设计载荷的2.5倍。

绷绳所用钢丝绳总成的公称强度,应不小于载荷条件引起的最大绷绳载荷的2.5倍。

按照API RP 9B,由于端部连接效率和D/d之比小于18,因此应降低钢丝绳总成的强度值。

### 8.1.4 天车轴

天车轴,包括快绳和死绳滑轮支承轴,除弯曲屈服安全系数应大于1.67外,应按照AISC 335-89(见8.1.1)设计。钢丝绳滑轮和轴承的规定应按照ISO 13535或API Spec 8A。

注: API Spec 8C等同于ISO 13535,适用于本规定。

## 8.2 工作载荷

工作载荷应包括下列一项或表7.1的多项组合和买方的规定。

- a) 在每一个适用的穿绳条件下,最大额定静钩载与快绳和死绳载荷的联合作用;
- b) 转盘最大额定静载荷;
- c) 最大额定立根载荷;
- d) 钻井结构总成自重;
- e) 与钻井结构组成一体的所有管道系统和储罐内的流体载荷。应考虑满罐和空罐两种情况,以便按8.8进行稳定性计算;
- f) 买方和制造商协商确定的因辅助设备而同时附加的载荷或独立载荷。

对于所有钻井结构,制造商应将其零部件的清单包括在钻机手册中,这些零部件应包括设计时所用的自重和总成重量。此外,制造商应规定总的重量和在自重和总成重量条件下在钻井结构底座上产生的静力矩。

## 8.3 风载荷

### 8.3.1 设计用风

每个钻井结构应按照下列适用的设计用风的值进行设计。底座设计的风速应与支承结构的风速相同。

钻井结构按照其SSL和位置分为陆上或海上两类。钻井结构的SSL反映各种不同程度的失效结果,考虑生命安全和其它问题,例如污染、经济损失和公众关注。

在给定的风环境下应考虑钻井结构的外形。以下规定了风的环境。

- a) 工作时的风——在此之下,可以连续无限制地进行钻井作业;
- b) 安装时的风——在此之下,可以连续地进行正常的钻机安装作业;
- c) 运输时的风——在此之下,可以连续地进行买方规定的特殊运输作业;
- d) 非预期的风——突然到来的飓风或风暴,没有足够的时间进行所有准备,因此,在计算风载时,需考虑立根排放;
- e) 预期的风——已知到来的飓风或风暴,有足够的时间进行准备,例如放下立根。

#### 8.3.1.1 陆上风

工作、安装和运输环境下的设计参考风速 $V_{ref}$ 应按照买方的规定。

对于美国陆上非工作设计环境,预期风暴条件的 $V_{ref}$ 从ASCE/SEI 7-05风速图获得。对于其它陆地场所, $V_{ref}$ 应从原始资料获得,例如从公认的权威机构或政府气象部门。应在下列条件下选择风速:3秒阵风,单位节(1节=1.15 mph),在开阔地带10 m (33 ft)高度处测量,结合过去50年情况。

对于非预期风条件,立根也许排放在钻井井架上, $V_{ref}$ 应不小于预期风暴 $V_{ref}$ 的75%。

对于每一种风环境,各种SSL的最大额定设计风速 $V_{des}$ ,是通过设计参考风速 $V_{ref}$ 乘以表8.1中所列的陆上系数 $\alpha_{陆上}$ 来确定,但不小于表8.3中的规定。

$$V_{des} = V_{ref} \times \alpha_{陆上}$$

在所有情况下，风的方向可来自于任何方位。8.3.1.3中论述的方法可用于在设计中确定当地的风速。

### 8.3.1.2 海上风

工作、安装和运输环境下的设计参考风速 $V_{ref}$ 应按照买方的规定。

对于预期风的设计环境，海上钻井结构的 $V_{ref}$ 应从ISO 19901-1获得，但墨西哥湾所用结构的预期风速应从API Bull 2INT-MET获得。该值应为3秒阵风，单位节（1.15 mph=1节=0.514 m/s），在开阔水面10 m (33 ft)高度处测量，结合过去100年情况。对于这些规范没有明确涵盖的区域， $V_{ref}$ 应从原始资料获得，例如从公认的权威机构或政府气象部门，或者可以采用符合ISO指南的现场特定研究。

对于非预期风条件，立根也许排放在钻井井架中，除非在预期风暴情况之前，风暴警报系统和钻机操作程序允许足够的时间下放立根，非预期风 $V_{ref}$ 应为预期风暴 $V_{ref}$ 的100%。在墨西哥湾，非预期风条件的 $V_{ref}$ 应不小于9.3 m/s (78 节)。对于其它热带风暴地区，可以采用符合ISO指南的现场特定研究来确定非预期风条件的 $V_{ref}$ 。该值应为3秒阵风，单位m/s（节），在开阔水面10 m (33 ft) 高度处测量，结合过去100年情况，因为那些风暴形成和加强的速度所允许的报警足以满足全部立根安全下放所要求的操作时限。

对于每一种风环境，各种SSL的最大额定设计风速 $V_{des}$ ，是通过设计参考风速 $V_{ref}$ 乘以表8.2中所列的海上<sup>6)</sup>系数 $\alpha_{海上}$ 来确定，但不小于表8.3中的规定。

$$V_{des} = V_{ref} \times \alpha_{海上}$$

在所有情况下，风的方向可来自于任何方位。8.3.1.3中论述的方法可用于在设计中确定当地的风速。

### 8.3.1.3 当地的风速

采用表8.1和表8.2计算的最大额定设计风速 $V_{des}$ ，要乘以适当的高度系数 $\beta$ ，以获得按8.3.3估算风力所用的当地的风速。

$$V_z = V_{des} \times \beta$$

式中

$\beta$  高度不超过4.6 m (15 ft)时为 $\sqrt{0.85}$ ；

$\beta$  高度>4.6 m (15 ft)时为 $\sqrt{(2.01 \times (z/900))^{0.211}}$ ， $z$ =地平面或平均海平面之上的高度(ft)；

$\beta$  列于表8.4。

### 8.3.2 风载

除了正好在挡风墙前面或后面的结构可以不包括外，风的力应施加在全部结构上。风面积的计算应包括所有已知的或预期的结构和附件，例如设备、挡风墙以及安装或附属在钻井结构上的附件。结构上的总风力应按照8.3.3叙述的方法估计。

制造商在钻机手册中，应包括设计中被用于无遮蔽投影面积的所有零部件清单。该清单应包括至少两个相互垂直方向的面积。此外，制造商应说明面积总和，以及面积沿选择方向在所讨论的钻井结构底座附近的一阶矩。为计算风面积的一阶矩，游动设备的位置应假定在结构距底座净高的0.7倍处。

### 8.3.3 逐项方法

结构上的总风力应通过单个构件和附件上作用的风力的向量总和估计。必须考虑和确定对结构上的每个零部件会产生最大应力的风向。应根据下列公式和表计算各种设计风速的风力：

$$F_m = 0.00338 \times K_i \times V_z^2 \times C_s \times A$$

$$F_t = G_f \times K_{sh} \times \Sigma F_m$$

式中

$F_m$  垂直于单个构件纵轴、或挡风墙表面、或附件投影面积的风力，lb；

6) 原规范中为“onshore”，疑似有误。

$K_i$  考虑单个构件纵轴与风之间倾角  $\phi$  的系数;

1.0, 当风垂直于构件 ( $\phi = 90^\circ$ ), 或对于附件, 包括挡风墙;

$\sin^2 \phi$ , 按8.3.3.2, 当风与单个构件的纵轴成角度  $\phi$  (单位度);

$V_z$  按8.3.1.3在高度Z的当地风速, 单位节;

$C_s$  按8.3.3.4的形状系数;

A 按8.3.3.5的单个构件的投影面积, 等于构件长度乘其相对于风法向分量的投影宽度, 或挡风墙的垂直表面积, 或按8.3.3.6的附件而非挡风墙的投影面积,  $\text{ft}^2$ ;

$F_t$  作用在整个钻井结构的每个单独构件或附件上风力的向量和;

$G_f$  按8.3.3.3考虑空间相干性的阵风作用系数;

$K_{sh}$  按8.3.3.1考虑构件或附件全部遮蔽和构件或附件端部周围气流变化的换算系数;

$F_t$  不应小于裸钻井结构每个单独构件计算风力的向量和。

### 8.3.3.1 遮蔽和方位比例校正系数

校正系数  $K_{sh}$  用来计算全部遮蔽的影响和构件或附件端部周围气流的变化。仅当计算  $F_t$  时, 才应采用  $K_{sh}$ 。

对于塔形井架,  $K_{sh}$  的计算基于实积比  $\rho$ , 用于塔形井架框架内的所有构件。

$$K_{sh} = 1.11 \rho^2 - 1.64 \rho + 1.14 \quad 0.5 \leq K_{sh} \leq 1.0$$

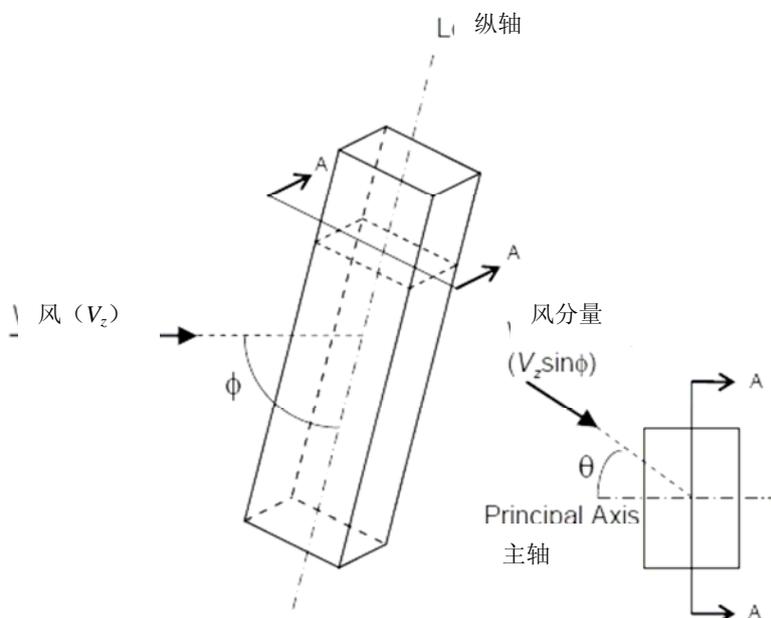
当计算构件的  $K_{sh}$  时, 实积比  $\rho$  规定为裸框架前面所有构件的投影面积除以由框架外部构件封闭的投影面积, 投影垂直于风向。

当计算塔形井架其它零部件的全部遮蔽影响时, 包括但并不局限于挡风墙、立根盒、导轨、天车、排放管、顶驱和人字架,  $K_{sh}$  应等于0.85。

对于桅杆式井架, 在所有风向下, 所有构件或附件的遮蔽和方位比例校正系数  $K_{sh}$  应为0.9。

### 8.3.3.2 构件倾角

倾角  $\phi$  规定为构件纵轴与风向之间的角度, 单位为度 (见下图)。



构件方位角  $\theta$  规定为垂直于纵轴作用的风的分量与构件主轴之间的角度 (单位度), 主轴垂直于纵轴。角度  $\theta$  所在的平面垂直于纵轴, 用来按8.3.3.4选择形状系数。对于挡风墙,  $K_i$  等于1.0。

### 8.3.3.3 阵风作用系数

应采用表8.5所列的阵风作用系数。应基于钻井桅杆式井架或塔形井架总投影面积选择  $G_f$ , 该面积规定为投影垂直于风向的框架外部构件包含的投影面积。仅当计算结构上作用的总风力时, 才采用  $G_f$ 。当计算单个构件或附件上作用的风力时, 不施加  $G_f$ 。



钻井和修井井架、底座规范

- a) 纵向动力，包括颠簸和纵摇，以及升沉；
- b) 横向动力，包括摇摆和横摇，以及升沉；
- c) 对角线动力与升沉组合。对角线动力应按纵向和横向力平方和的平方根确定，除非采购方另有规定。

只要钻井结构的刚性足以按照刚性体对待，则采用上面规定的支承结构的运动，可以对钻井结构进行静态分析。

表 8.1 陆上结构安全级别系数  $\alpha_{\text{陆上}}$

| 情况 | 设计载荷条件 | 结构安全级别 | SSL系数 $\alpha_{\text{陆上}}$ | 近似重现期 (年) |
|----|--------|--------|----------------------------|-----------|
| 1a | 工作     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 1b | 工作     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 2  | 预期     | E1     | 1.07                       | 100       |
| 2  | 预期     | E2     | 1.00                       | 50        |
| 2  | 预期     | E3     | 0.93                       | 25        |
| 3  | 非预期    | U1     | 1.07                       | 不适用       |
| 3  | 非预期    | U2     | 1.00                       | 不适用       |
| 3  | 非预期    | U3     | 0.93                       | 不适用       |
| 4  | 起升     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 5  | 运输     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |

表 8.2 海上结构安全级别系数  $\alpha_{\text{海洋}}$

| 情况 | 设计载荷条件 | 结构安全级别 | SSL系数 $\alpha_{\text{海洋}}$ | 近似重现期 (年) |
|----|--------|--------|----------------------------|-----------|
| 1a | 工作     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 1b | 工作     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 2  | 预期     | E1     | 1.09                       | 200       |
| 2  | 预期     | E2     | 1.00                       | 100       |
| 2  | 预期     | E3     | 0.91                       | 50        |
| 3  | 非预期    | U1     | 1.09                       | 不适用       |
| 3  | 非预期    | U2     | 1.00                       | 不适用       |
| 3  | 非预期    | U3     | 0.91                       | 不适用       |
| 4  | 起升     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |
| 5  | 运输     | 所有     | 1.00                       | 不适用       |

表 8.3 最小设计风速  $V_{\text{des}}$ , m/s (节)

|         | 陆上       |          |          | 海洋       |        |          |
|---------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|
|         | 工作和起升    | 非预期      | 预期       | 工作和起升    | 非预期    | 预期       |
| 有缆绳轻便井架 | 12.7(25) | 30.7(60) | 38.6(75) | 21.6(42) | 36(70) | 47.8(93) |
| 无缆绳轻便井架 | 16.5(32) | 30.7(60) | 38.6(75) | 21.6(42) | 36(70) | 47.8(93) |
| 塔形井架    | 16.5(32) | 30.7(60) | 38.6(75) | 24.7(48) | 36(70) | 47.8(93) |

表 8.4<sup>1, 2</sup> 高度系数  $\beta$ , 位置: 所有

| 在地面或MSL之上的高度<br>(m) | 在地面或MSL之上的高度<br>(ft) | 高度系数 |
|---------------------|----------------------|------|
| 0 - 4.6             | 0 - 15               | 0.92 |
| 6                   | 20                   | 0.95 |

API SPECIFICATION 4F

|  |     |      |
|--|-----|------|
| 7.6  | 25  | 0.97 |
| 9  | 30  | 0.99 |
| 12.2   | 40  | 1.02 |
| 15.2   | 50  | 1.05 |
| 18.3   | 60  | 1.07 |
| 21.3   | 70  | 1.08 |
| 24.4   | 80  | 1.10 |
| 27.4   | 90  | 1.11 |
| 30.5   | 100 | 1.12 |
| 36.6   | 120 | 1.15 |
| 42.7   | 140 | 1.17 |
| 48.8   | 160 | 1.18 |
| 54.9   | 180 | 1.20 |
| 61   | 200 | 1.21 |
| 76.2   | 250 | 1.24 |
| 91.4   | 300 | 1.26 |
| 106.7  | 350 | 1.28 |
| 121.9  | 400 | 1.30 |
| 137.2  | 450 | 1.32 |
| 152.4  | 500 | 1.33 |
| <sup>1</sup> 高度中间值的线性内插值是可以接受的。<br><sup>2</sup> 在 10 m (33 ft)数值等于 1.00。 |     |      |

表 8.5 阵风作用系数

| 总投影面积<br>(m <sup>2</sup> ) | 总投影面积<br>(ft <sup>2</sup> ) | 系数   |
|----------------------------|-----------------------------|------|
| > 65                       | > 700                       | 0.85 |
| 37.2 – 65                  | 400 – 700                   | 0.90 |
| 9.3 – 37.1                 | 100 – 399                   | 0.95 |
| < 9.3                      | < 100                       | 1.00 |

表 8.6 形状系数

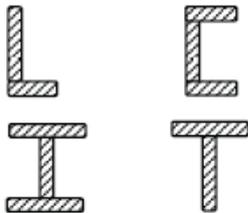
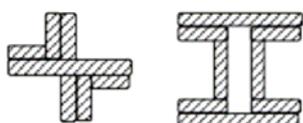
| 截面  |               | 风向 (θ) : 所有方向  |     |
|-----|---------------|--|-----|
| 型式  | 形状            |  |     |
| 结构件 | 角钢、槽钢、工字钢、T形钢 |  | 1.8 |
|     | 组合构件          |  | 2.0 |

表 8.6 续)

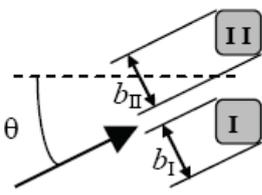
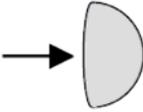
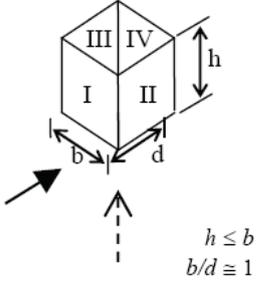
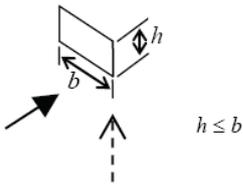
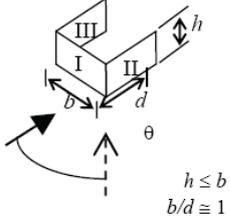
| 截面     |  | 形状   | 风向 ( $\theta$ ): 所有方向 |
|--------|--|--|-----------------------|
| 型式     |  |  |                       |
| 管材     | 正方形                                      |     | 1.5                   |
|        | 矩形                                       |     | 1.5                   |
|        | 圆形                                       |     | 0.8                   |
| 附件     | 棱边平直的非结构件的任何构件 (例如天车组、下拖式潜水工作舱、游车、大钩、顶驱) |   | 1.2                   |
|        | 表面连续的非管状构件的任何构件 (例如立管、软管、接箍、电缆)          |  | 0.8                   |
| 立根和抽油杆 | 正方形或矩形                                   |  | 1.2                   |
|        |  |  | I和II: 1.2             |
|        | 半圆形                                      |  | 1.2                   |

表 8.6 (续)

| 截面   |  | 风向 ( $\theta$ ): 所有方向  |  |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
|--|--|--|--|---|----|-----|-----------|-----|------|------|------------|-----|-----|------|------------|------|-----|------|-------------|------|-----|------|-------------|-----|------|
| 型式   | 形状   | 与法向<br>$0^\circ \pm 20^\circ$  | 与对角线<br>$45^\circ \pm 25^\circ$            |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| 挡风墙<br>注:<br>+迎着表面<br>-背离表面<br>注:<br>$\theta$ 值圆整为最接近的表<br>值 | 四边: 允许进入围墙的气<br>流<br>  | I: 0.8<br>II: -0.5<br>III: -0.5<br>IV: -0.3  | I: 0.5<br>II: 0.5<br>III: -0.5<br>IV: -0.5 |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
|  | 单边<br>                 | 1.1  | 0.6  |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
|  | 三边: 允许进入围墙的气<br>流<br> | <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\theta</math></th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>0^\circ</math></td> <td>0.8</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td><math>45^\circ</math></td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td><math>90^\circ</math></td> <td>-0.5</td> <td>0.8</td> <td>-0.3</td> </tr> <tr> <td><math>135^\circ</math></td> <td>-0.5</td> <td>0.5</td> <td>-0.9</td> </tr> <tr> <td><math>180^\circ</math></td> <td>1.2</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> </tbody> </table> | $\theta$                                   | I | II | III | $0^\circ$ | 0.8 | -0.5 | -0.5 | $45^\circ$ | 0.5 | 0.5 | -0.5 | $90^\circ$ | -0.5 | 0.8 | -0.3 | $135^\circ$ | -0.5 | 0.5 | -0.9 | $180^\circ$ | 1.2 | -0.2 |
| $\theta$   | I  | II   | III  |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| $0^\circ$  | 0.8  | -0.5   | -0.5                                       |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| $45^\circ$   | 0.5  | 0.5  | -0.5                                       |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| $90^\circ$   | -0.5   | 0.8  | -0.3                                       |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| $135^\circ$  | -0.5   | 0.5  | -0.9                                       |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |
| $180^\circ$  | 1.2  | -0.2   | -0.2                                       |   |    |     |           |     |      |      |            |     |     |      |            |      |     |      |             |      |     |      |             |     |      |

### 8.4.2 动力放大

对于因基础支承结构运动引起的动力放大可能经受附加载荷的钻井结构, 应进行动力分析程序。在其它出版的参考文献中, 可以找到各种结构动力分析的详细程序。采购方应负责提供支承结构必需的运动信息。

### 8.5 地震载荷

如用户规定, 地震可考虑为所要描述的一种特殊载荷条件。用户负责提供包括设计载荷、设计分析方法和许用响应在内的设计准则。

陆上装置的设计准则可以按照地方建筑规范, 采用等效的静态设计方法。

对于海洋平台上的装置, 地震载荷的设计方法应遵循API RP 2A-WSD内概述的强度水平分析指南。钻井和修井装置应设计成能抵抗其所在的甲板的运动, 即甲板对海洋平台设计规定的地面运动的响应。地震、重力和工作载荷联合作用时的许用应力, 可相对于8.1.1中规定的基本许用应力增加三分之一(应力修改系数=1.33)。计算的应力宜包括主应力分量和次应力分量。

### 8.6 安装载荷

按采购方的规定, 在设计每个钻井结构及其支承结构时, 应考虑自重与安装环境风组合的安装载荷, 或作为选择应考虑风载荷和惯性载荷。

在钻井结构铭牌上和钻井机操作说明书中, 应清楚地规定流体载荷或附加的静重, 例如在安装期间提供倾覆稳定性所专门要求的平衡重。

设计采用起重机安装的钻井结构, 其设计应按照API RP 2A-WSD中的提升指南, 包括其中规定的动载系数。

### 8.7 运输载荷

按采购方的规定，在设计每个钻井结构时，应考虑自重与运输环境风组合的运输载荷，或作为选择应考虑风载荷和惯性载荷。

## 8.8 倾覆和滑动

在土壤、混凝土或木席垫基础支承的钻井结构的钻机倾覆或无意滑动计算中，所采用的最大许用静态摩擦系数的极限应为0.15，对于钢基础支承的那些钻井结构，应为0.12，但如下例外：最大设计摩擦系数可以采用替代值，只要该值通过试验得到确认，并符合钻机操作程序（例如海洋滑橇式钻机设计，包含的摩擦系数对应的表面不润滑，要求业主/经营者维护和检验横梁，以确保其并未无意中润滑）。

对于所有稳定性和滑动计算，提供抵抗倾覆或滑动的自重的极限，最大应按其预期最小重量的90%。最小重量的计算应假定，除去所有可选择的结构和设备，流体箱应认为是空的，除非钻机说明书中对风暴准备或钻机安装另有规定。对于承受垂直升沉的钻井结构，负升沉加速度大小应进一步降低稳定重量。

陆上独立式结构的最低倾覆安全系数为1.25，计算是按倾覆线附近结构自重的最低稳定力矩除以同一倾覆线或轴线附近任何悬挂的垂直活载加包括风、地震或因船只运动而引起的动载荷在内的环境载荷总和的倾覆力矩的比率。设计人员应考虑合适的倾覆线，以便确定最低安全系数，并应考虑因任何可能的应用方向而引起的可能的倾覆载荷。倾覆线位置应这样确定，倾覆线应沿所考虑情况地面公称垂直支承反力的质心；地面支承反力的分布极限应符合所考虑结构设计许用的地面支承压力。制造商在钻机手册中应包括基础载荷图和安装升和操作条件下要求的许用地面安全支承压力。陆上独立式钻井结构的最低无意滑动安全系数为1.25，计算是按设计最大许用静摩擦系数下的最低滑动阻力除以因环境载荷而引起的施加的总剪切载荷的比率。

海洋独立式钻井结构的最低倾覆安全系数为1.50，计算是按倾覆线附近结构自重的最低稳定力矩除以同一倾覆线或轴线附近任何悬挂的垂直活载加环境载荷总和的倾覆力矩的比率。设计人员应考虑合适的倾覆线，以便确定最低安全系数，并应考虑因任何可能的应用方向而引起的可能的倾覆载荷。倾覆线位置应这样确定，倾覆线应沿所考虑情况基础公称支承反力的质心。基础支承反力的分布极限应符合支承结构基础许用设计载荷，如采购方那样规定。制造商在钻机说明书中应包括图表，规定基于计算的横向载荷的最大基础支承载荷。海洋独立式钻井结构的最低无意滑动安全系数为1.5，计算是按设计最大许用静摩擦系数下的最低滑动阻力除以因环境载荷而引起的施加的总剪切载荷的比率。

不能够满足独立式结构要求的结构，应装有总称为固定卡箍的合适装置，以防止上述运动。在AISC许用应力级别，风载或动力载荷不增加三分之一的情况下，这些装置的额定值应能抵抗采用悬挂垂直活载、设计横向风力、地震力和因船只运动引起的动力乘以系数1.25计算的所有载荷组合中的倾覆和滑动载荷。

有些结构连接提供两种方法或路径来承载。该双载荷路径连接的一个示例就是采用法兰连接的塔形井架大腿连接板，一方面，一个法兰板承受压力，而受拉的螺栓承受张力。另一个示例是设计的桅杆式井架大腿，通过接触支承承受压缩载荷，而通过销连接承受张力载荷。

除满足8.1的要求之外，双载荷路径连接（固定卡箍除外）的设计，也应抵抗采用悬挂垂直活载、设计横向风力、地震力和因船只运动引起的动力（适当时）乘以系数1.25计算的主载荷：

- 在所有操作和安装载荷组合中，许用应力增加 1/3；
- 在预期和非预期风载组合中，许用应力增加 2/3；
- 在运输载荷组合中，许用应力增加 1/3，或如采购方规定，许用应力增加 2/3。

在任何情况下，双载荷路径连接的一个载荷路径的设计载荷绝对值不应小于另一载荷路径的设计载荷的20%。

制造商应在与装置一起提供的钻井结构文件中，提供固定用卡箍、销和螺栓适当安装有关合适说明书。安装预期张紧数倍的螺栓的紧固零部件，设计规定的螺栓预紧力应不大于螺栓材料最低极限强度乘以其公称横截面积的50%，以便允许重复使用螺栓。卡箍安装说明书应包括预张力值和公差。螺栓张力调整应采用校准张力调整方法获得。规定预张紧到较高数值的螺栓，仅应使用一次。

钻机业主/经营者应根据制造商的推荐作法，制定包括风暴准备信息（含适当的卡箍安装）在内的程序。

## 8.9 设计验证

见11.7.2的要求。

## 9 材料

### 9.1 总则

除非另有规定，否则，本章表述了关键件材料质量鉴定、性能和加工的各项要求。

制造按本标准提供的设备时所用的所有材料，应适用于预期作业。

### 9.2 书面规范

材料应按照书面的材料规范生产。规范要求至少应明确下列参数和极限：

- a) 力学性能要求；
- b) 化学成分和偏差；
- c) 材料质量鉴定。

### 9.3 力学性能

材料应满足制造商材料规范中规定的力学性能。

若采购方规定，应使用附录A A.1中的附加冲击韧性要求。

### 9.4 材料质量鉴定

本标准所要求的力学性能试验，应在质量鉴定试样上进行，该试样代表零部件制造中所用的炉及热处理批。试验应按照ASTM A370或等效标准的要求，在材料最终热处理状态下进行。

质量鉴定试样应与其代表的零部件是一整体或分体，或取自牺牲的产品件。在所有情况下，试样应与其鉴定的零部件出自同一炉，经过相同的工序，并且应与零部件一起进行热处理。

### 9.5 材料制造

所有锻造材料的制造过程，应在整个零件内产生同一种锻造组织。

对于PSL 2，应采用按制造商或加工商规定要求鉴定合格的设备，进行所有热处理操作。热处理炉内材料的装载，应使任何一个零件的存在不会反过来影响该热处理批。热处理周期的温度和时间要求，应按照制造商或加工商的书面规范确定。应记录实际热处理温度和时间，热处理记录应能溯源到相应的零部件。

### 9.6 螺栓

符合公认工业标准的螺栓，应按照该标准标志。可以采用其它螺栓，但化学、力学和物理性能应符合螺栓制造商保证的极限。

### 9.7 钢丝绳

用作捆绑或安装目的的钢丝绳，应符合ISO 10425。

注：API Spec 9A与ISO 10425等效，适用于本规定。

## 10 焊接要求

### 10.1 总则

本章规定了关键件的焊接要求。

### 10.2 焊接评定

零部件上进行的所有焊接，应采用符合AWS D1.1或类似的公认工业标准的焊接程序进行。

只有按照上述标准鉴定合格的焊工或焊机操作工，才应进行本焊接。工艺和技术应符合同一标准。

### 10.3 书面文件

焊接应按照根据合适标准制定的焊接程序规范（WPS）进行。WPS应规定相应标准所列的所有基本变量。

可以使用AWS D1.1中规定的预鉴合格的连接详图。制造商应具有预鉴合格连接的书面WPS。

不满足AWS D1.1预鉴要求的焊接连接和或过程，应按照相应标准进行评定。程序评定记录（PQR）应记录评定试验用焊接程序的所有基本和补充的基本（如要求）变量。WPS和PQR均应作为记录按本标准第12章的要求保存。

#### 10.4 焊接材料的控制

焊料应符合美国焊接协会（AWS）或焊料制造商的规范。

制造商应具有贮存和控制焊料的书面程序。低氢型材料应按焊料制造商的推荐作法贮存和使用，以保持其原有的低氢性能。

#### 10.5 焊缝性能

对于要求评定的所有程序，程序评定试验确定的焊缝力学性能，至少应满足设计要求的规定的最低力学性能。当母材要求做冲击试验时，冲击试验也应作为程序评定的要求。焊缝和母材热影响区（HAZ）的试验结果，应满足母材的要求。针对于联系焊缝，仅要求冲击试验的材料HAZ必须满足上述要求。

对于ASTM和API钢，AWS D1.1-2002的表C-4.1和表C-4.2中规定了相应的焊缝金属和HAZ的冲击。对基于最低工作温度选择的国际钢，ISO 19902的材料分类方法（若出版时；2005年九月MWIFQ草案稿内的附录F1）中规定了相应的焊缝金属和HAZ的冲击。

所有焊缝试验应在试验焊件相应的焊后热处理状态下进行。

#### 10.6 焊后热处理

零部件的焊后热处理应按照相应的评定合格的WPS。

#### 10.7 质量控制要求

允许的焊缝的质量控制要求应按照第11章。

#### 10.8 特定要求——补焊

##### 10.8.1 方法

应有适当的方法，评价、消除和检验引起补焊的不合格状态。

##### 10.8.2 熔合

选定的WPS和可以使用的补焊方法，应确保与母材完全熔合。

##### 10.8.3 热处理

评定补焊所用的WPS，应反映补焊的实际顺序和补焊后的热处理。

### 11 质量控制

本章规定了设备和材料的质量控制要求。所有质量控制工作应通过制造商形成文件的指导书加以控制，该指导书应包括相应的方法、定量和定性的验收准则。

制造商应有质量纲要，确保计划、实施和保持产品质量。质量手册中应表述质量纲要，质量手册的颁发和修订应是受控的，并应包括最新版手册的识别方法。

在设备、零部件和材料上或在其有关的记录中，应指明所有设备、零部件和材料的验收状态。

#### 11.1 质量控制人员资格

##### 11.1.1 NDE 人员应按 ISO 9712 进行资格鉴定和或发证。

注：ASNT TC-1A与ISO 9712等效，适用于本规定。

##### 11.1.2 对焊接操作和完工焊缝进行目检的人员，应按照下列方式进行资格鉴定和发证：

- a) AWS 发证的焊接检验员；
- b) AWS 发证的助理焊接检验员，或；
- c) 制造商形成文件的要求发证的焊接检验员。

##### 11.1.3 所有从事直接影响材料和产品质量的其它质量控制活动的人员，应按照制造商形成文件的程序进行资格鉴定。

#### 11.2 测试设备

检查、试验或检验材料或其它设备所用的设备，应按照制造商形成文件的程序，在特定的时间间隔内，进行识别、控制、校准和调整，并应符合公认的工业标准，以保持要求级别的准确度。

### 11.3 无损检测

#### 11.3.1 总则

NDE活动指导书应详述有关本标准的要求和所有适用的引用规范的要求。所有NDE指导书应由ISO 9712的3级合格检验员批准。

注：ASNT TC-1A III级与ISO 9712的3级等效，适用于本规定。

若要求检验，检验应在最终热处理后进行。

除非另有规定，11.3的要求应适用于制造商工程设计部门规定的所有关键件。

#### 11.3.2 目检

所有关键焊缝应进行100%的目检。

#### 11.3.3 表面 NDE

关键焊缝的20%应采用磁粉（MP）或液体渗透法（LP）按照AWS D1.1第6章进行检验。制造商的检验员应选择随机检验涵盖的区域。

#### 11.3.4 体积 NDE

设计确定的所有承受拉伸载荷不小于其许用应力70%的全焊透或部分焊透焊缝，应按照AWS D1.1第6章进行超声波或射线检验。制造商工程设计部门应将要求体积NDE的焊缝形成文件。

PSL 2的全壁厚NDE。若设计确定的关键件连接处的穿厚拉伸应力大于许用应力的70%，则应按照ASTM A578进行超声波检验，检验是否存在层状和内部缺陷，变化如下。

——受检区域应包括焊缝及其周围 76 mm 以内区域。该区域应 100%探伤。

——下列缺陷应予以记录，并应提交给制造商工程设计部门处置：

- 造成初始底波损失 50%的所有尺寸的缺陷；
- 振幅大于初始底波 50%，但不包含在直径 25 mm (1 in)圆圈内的所有缺陷；和
- 技术人员认为会影响完工焊件超声波检验的任何缺陷。

制造商工程设计部门应评审所有记录，并确定修理要求（如果有）。

所有记录和处置应形成文件，记录应按照第12章保存。

#### 11.3.5 验收准则

目检、表面和体积NDE检测，应采用AWS D1.1静载荷结构验收准则。

PSL 2—井架关键焊缝应采用AWS D1.1循环载荷结构验收准则。

### 11.4 尺寸验证

尺寸验证应按照制造商规定和形成文件的抽样方法进行。

### 11.5 工艺质量和修整

#### 11.5.1 结构钢

生产的结构和产品应符合AISC 335-89有关制造的相应章节。

#### 11.5.2 铸件

所有铸件应彻底清理干净，所有芯孔应吹净，以确保尺寸合适的螺栓自由通过。

#### 11.5.3 保护

所有锻造的、轧制的结构钢型材和板材以及铸件应清理干净，在发运之前，应采用优质商业油漆或其它规定的涂料涂底层及其它涂层。机加工表面应采用合适的滑润脂或复合油脂加以保护。

#### 11.5.4 浇灌绳帽

应按照API RP 9B概括的作法，浇灌桅杆式井架起升、安装或伸缩用钢丝绳绳帽。浇灌的连接应按照11.7.3进行验证试验。

### 11.6 采购方的检验和拒收

#### 11.6.1 检验通知

如果代表采购方的检验人员要求检验产品、运转产品或见证试验，则制造商应适时地通知检验人员可行的检验日期。

#### 11.6.2 检验

当正在加工采购方的产品时,采购方的检验人员应有权随时进入制造商工厂与制造所订购产品有关的所有部门。制造商应免费地给检验人员提供一切适当的便利条件,以便使检验人员满意地认为该产品正在按照本标准制造。除非采购单另有规定,否则,所有检验均宜于发运之前在制造地点进行,检验的进行不应不必要地影响工厂的作业。该影响应成为制造商拒绝检验的理由。

### 11.6.2 拒收

材料在制造商的工厂验收之后,在检验时发现有损伤性缺陷,或在作业时正常使用时证明有缺陷,则可以予以拒收,并书面通知制造商。如果要求作材料破坏性试验,则采购方应支付满足本规范的材料费用,但不应支付未满足本规范的材料费用。

### 11.6.3 记录

制造商应保持所有计算和试验的全部记录。如果设备的实际采购方要求使用或设备的用户要求,则制造商应提供详细的计算、图样、试验或其它可以证明符合本标准所必需的支持性数据,以供审查。但应指出,这些信息仅仅是用户或预期采购方用来核查设备额定值是否符合本标准,并且应要求制造商保管该信息。

## 11.7 试验

### 11.7.1 验证载荷试验

按照本标准制造的产品,本标准不要求进行验证载荷试验。如果采购方规定,验证载荷试验应按照附录A A.2。

### 11.7.2 设计验证

每一结构设计标准额定值的准确性,应通过验证载荷或计算机模型例如有有限元分析(FEA)试验。该试验的目的应是验证结构是否满足第7章中规定的设计载荷值。

试验方法和假设应形成文件。计算机模拟文件应包括载荷、构件特性、模型几何连贯性、构件有效长度系数和非支承长度、支承情况、构件端部固定以及证明符合第8章的分析结果。文件应由试验或计算机模型设计人员以外的合格人员验证。

### 11.7.3 钢丝绳连接

用作起升目的的钢丝绳端部连接,应按照钢丝绳公称总公称强度的50%进行验证试验。

### 11.7.4 液缸和绞车

用于起升轻便井架或底座的液缸和绞车,应按照系统设计工作压力的1.5倍进行压力试验。试验压力应保持10 min。

## 11.8 追溯性

制造商应获得并保存收到的规定屈服强度大于下列数值的所有钢材的材料试验报告:

结构型材或板材 248 MPa (36 ksi);

管材 317 MPa (46 ksi);

实心圆钢 414 MPa (60 ksi)。

代用材料对工程图或说明书中注明的材料任何替代,宜予以形成文件,并宜通过编号或类似的特定标识能溯源到特定装置。

PSL 2 关键零部件应能通过炉和热处理批标识溯源。标识应在制造的各个阶段予以保持,并应通过编号能溯源到特定装置。

PSL 2 有色材料和轴承的鉴定报告应构成充分的符合性证据。

PSL 2 只要螺栓按照公认的工业标准制造和标志,则其应免除追溯性要求。

## 12 文件

### 12.1 总则

本标准中引用的任何文件的全部记录,应在设备制造和销售之后,由制造商保存5年。文件应清晰、易读、可复制、可检索,并应防止损坏、变质或丢失。

本标准要求的所有质量控制记录，应签字并注明日期。计算机存储的记录应包含原始人的个人代码。

当设备采购方、权威机构（管理机构）或鉴定机构要求时，制造商应提供审查用的所有记录和文件，以证明符合本标准。

## 12.2 制造商保存的文件

下列文件应由制造商保存：

- a) 设计文件（见 8.5）；
- b) 书面规范（见第 9 章、第 10 章和第 11 章）；
- c) 评定/鉴定记录，例如：
  - 1) 焊接程序评定（焊接工艺评定）记录；
  - 2) 焊工资格鉴定记录；
  - 3) NDE 人员资格鉴定记录；
  - 4) 测试设备校准记录。
- d) 检验和试验报告，包括下列试验（如适用）：
  - 1) 材料试验报告，包括下列试验（如适用）：
    - a) 化学分析；
    - b) 拉伸试验；
    - c) 冲击试验；
    - d) 硬度试验。
- e) NDE 记录，包括第 10 章的表面和或体积 NDE 要求；
- f) 性能试验记录（如适用），包括：
  - 1) 验证载荷试验记录；
  - 2) 静水压试验记录；
  - 3) 吊绳绳帽验证试验记录。
- g) 特殊过程记录（如适用）。

## 12.3 设备交付时的随机文件

### 12.3.1 说明书

制造商应向采购方提供一套说明书，涵盖每一个钻井或修井井架、底座的操作特点、滑轮穿绳图和润滑点、以及桅杆式井架和（或）底座的起升和下放的说明。说明书中应包含铭牌的复制图样。

应按照 8.2 包含表格，概括钻井结构和所有附件的干湿自重、以及其在设计中所用的在钻井结构底座附近的静力矩。

应按照 8.3.2 包含表格，概括风面积以及其在设计中所用的在钻井结构底座附近的静力矩。

### 12.3.2 数据手册

如采购方规定，应按照附录 A，A.3 提供综合数据手册。

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**附加要求**

**A.1 SR1—低温试验**

当采购方规定时，应采用本附加要求。在所有情况下，采购方和制造商应就最低设计温度和冲击试验结果要求达成一致。

关键零部件应由在要求的最低设计温度下具有规定缺口韧性的材料制造。冲击试验应按照 ASTM A370 的要求进行。

当必需使用小尺寸冲击试样时，则验收准则应乘以表 A.1 中所列的相应的调整系数。不允许采用宽度小于 5 mm 的小尺寸试样。

**表 A.1 小尺寸冲击试样的调整系数**

| 试样尺寸<br>mm × mm | 调整系数  |
|-----------------|-------|
| 10.0 × 7.5      | 0.833 |
| 10.0 × 5.0      | 0.667 |

冲击试验评定焊件应按照 AWS D1.1-2002 附录 III 进行。

满足本 SR 的产品应在其铭牌上标明 SR1 和最低设计温度 (°C)。钻井说明书中应规定各种基体金属的冲击值要求。

**A.2 SR2—验证载荷试验**

设备应按照采购方和制造商商定的某一载荷进行载荷试验。在载荷试验之后，设备应按照本标准 11.3.2 进行目检。

设备的铭牌上应标明 SR2 和试验载荷与设计载荷的比值 (试验载荷/设计载荷)，例如 SR2-1.0。

**A.3 SR3—数据手册**

若采购方规定，制造商应在资料手册中对记录加以编制、收集和进行适当地整理。每一产品的资料手册，至少应包括下列信息：

- a) 符合性声明；
- b) 设备标识和或编号；
- c) (总) 装配图和关键区域图；
- d) 公称能力和额定值；
- e) 零部件清单；
- f) 追溯代码和追溯系统 (标志在零部件上和或记录在文件中)；
- g) 钢的级别；
- h) 热处理记录；
- i) 材料试验报告；
- j) NDE 记录；
- k) 性能试验记录，包括功能、静水压和载荷试验证明书 (若适用)；
- l) SR 证明书 (若要求)；
- m) 焊接程序规范和程序评定记录；
- n) 证明书。

## 附录 B (资料性附录) 注解

注：段编号与本文件正文一致。并非所有章节都有注解。

### B.1 范围

按照API标准4A、4D、4E和API Spec 4F以前修订版制造的产品，可以不必符合本规范的所有要求。委员会的目的是本标准的制定应满足现在和未来操作条件的要求，例如更深的钻井、浮式装置海洋钻井、以及地震、风暴和其它不利操作条件的影响。

本标准的制定将指导制造商和用户共同理解钻井和修井作业各种结构的能力和额定值。

### B.6 结构安全级别

本规范以前的版本在塔形井架和轻便井架之间是有区别的，隐含的假定是轻便井架具有较低的失效结果或较低的失效概率（准备大风暴，可以规定轻便井架）。轻便井架相对于塔形井架规定较低的设计风速反映了该假设。现行规范消除了这一差别。

通常，给定的桅杆式井架或塔形井架的设计具有下列一组参数（为了简化该讨论，不考虑地震情况）：

- 额定钩载，HL；
- 额定立根排放，SB；
- 工作风， $W_o$ ；
- 设计预期风， $W_e$ ；
- 设计非预期风， $W_u$ 。

如果设计的轻桅杆式井架或塔形井架为苛刻环境条件区域SSL E3/U2，那么，它可以用于不太苛刻环境区域SSL E2/U1作业。换言之，只有当钻井装置在类似环境条件区域作业时，通过其SSL分类才有意义。如果操作策略未变，在给定的地理位置，例如墨西哥湾，SSL的鉴定预期不会发生变化。

通过规定SSL为双参数，经营者和（或）承租方可更广泛地评价预期或幸存条件的后果，通常钻机无人。下列6个SSL认为是可能的。

- SSL E1/U1；
- SSL E2/U1；
- SSL E3/U1；
- SSL E2/U2；
- SSL E3/U2；
- SSL E3/U3。

而

- SSL E1/U2；
- SSL E1/U3；
- SSL E2/U3；

认为是不现实的。即非预期情况相对于预期情况而言，通常，钻井装置超载相同或更大。

在有些区域，例如像墨西哥湾有风暴的热带区域，结构事先从极端环境事件撤出。在上述情况下，有人事件的SSL可以更高一级，此时直到严重事件期间人员不在场。在这些情况下，无人SSL可低于更高的极端事件。

当因平台或船只运动而规定动载荷条件时，用户可考虑运动与设计风载采用的重现期大致相同，因为这可能符合钻井结构选择的SSL。

### 现有陆上结构

现有钻井装置的鉴定需要反映诸如API RP 4G中要求的检验结果。

表8.1中陆上SSL系数的选择基于API Spec 4F第2版规定的预期风载和本规范中的风载之间相等这一目标。人们认为按照API Spec 4F第2版正确设计的绷绳桅杆式井架，很可能满足本规范的要求，在美国非沿海区域用于SSL E3/U3。同样地，人们认为按照API Spec 4F第2版正确设计的无绷绳桅杆式井架，很可能满足本规范的要求，在美国非沿海区域用于SSL E1/U1。

目标的满足程度因经验和判断而产生偏差。

### 现有海洋结构

现有钻井装置的鉴定需要反映诸如API RP 4G中要求的检验结果。

现有塔形井架和桅杆式井架海洋作业SSL的选择，基于API Spec 4F第2版<sup>7)</sup>规定的风载和本规范中的风载之间相等这一目标。人们认为按照API Spec 4F第2版正确设计的桅杆式井架，很可能满足本规范的要求，在墨西哥湾中部以外的所有区域用于SSL E3/U3。同样地，人们认为按照API Spec 4F第2版正确设计的塔形井架，很可能满足本规范的要求，在墨西哥湾中部以外的所有区域用于SSL E2/U2。

目标的满足程度因经验和判断而产生偏差。

### 可运输的“不固定”钻井结构

当考虑把钻井结构用于新位置时，钻井结构新的基本高度可以不同于铭牌基本高度。在评价新位置用结构的稳定性时，必须考虑这一差别。

通常，按本规范的钻井结构的设计风载，大于采用空间载荷和组合载荷的移动式或浮动式平台总响应分析中所用的风载。移动、浮动或固定平台相应的总风载不在本文件的范围之内。用户宜咨询针对于这些条件的相应设计文件。

## B.7 设计载荷

工作、起升和运输载荷情况包括采购方规定的风速，不小于规定的最小值，取决于结构的型式和应用（陆上或海洋）。

对于风或惯性力作用下的工作或起升情况，不允许增加许用应力。采用应力修改系数从操作情况的1.0线性过渡到非预期风暴情况的1.33，绘制钩载与风速之间的铭牌关系曲线。

工作情况下风速的选择并不认为是为了结构安全的缘故，因为通过转盘卡瓦内管柱的隔离降低钩载通常并不重要；相反，选择的级别表明了用户成本和利益之间的一种权衡——风速额定值越高成本越高，风速额定值越低工作时窗越少。通常，按照陆上钻机非预期（立根）风载情况UC有大约20%统一检查和海洋结构最大预期风载情况UC有大约20%统一检查的级别，规定工作风速下规范的最小值。因为铭牌也包含许用钩载与风载的关系曲线，所以，用户会有必要的信息制定合适的钻井装置作业程序，并规划钻井装置作业，以缓解在超过工作情况设计风速的风况下天气情况对作业的影响。

### B.8.2 工作载荷

规定工作载荷包括钻井载荷例如大钩、转盘和立根载荷和重力载荷（包括自重和流体载荷）。规范包括干重和湿重以及其在钻井结构底座附近静力矩的要求，允许用户监视在结构寿命期间因增加结构和附件而引起的重量的任何增加，和制定重量增加的限极，超过该极限，要求重新鉴定结构。

### B.8.3 风载荷

7) 原规范中为“1st Edition”，疑为有误。

本版与以前的API 4规范不同之处在于，本版不再规定仅基于结构型式（例如桅杆式井架与塔形井架）的最小额定设计风速值。而本规范要求使用公认的国家和国际规范的地区风速数据，确定额定设计风速值，这与结构的型式无关。

本规范中设计风力的确定，部分基于题为“钻井结构风载抗力测量”的2001工业合作项目（JIP）。JIP中提出的方法是以塔形井架正方形结构为准，而在本规范内，已经修改了该方法，谨慎地用于其它型式的钻井结构，特别是对于前开口式桅杆式井架的遮蔽。

风规范预期用于钻井结构的设计，并为该目的而制定。这一基本技术有效地预测钻井结构上的风力。本规范内使用的风速是3秒阵风。可是，其它规范中引用的风速平均时间可不同。因此，宜注意确保在特定的设计规范中引用合适的平均时间。

### B. 8. 3. 1 设计风

结构安全级别——塔形井架和桅杆式井架SSL的选择要充分地考虑失效后果。通常，陆上绷绳桅杆式井架比无绷绳轻便井架失效后果低。通常，塔形井架失效后果最高。海洋失效后果通常由钻井装置系统支承结构支配。

风环境——工作风与重现期无关，但与正常作业继续进行的预期情况有关，工作风由采购方规定。

预期风环境有时称为安全风，非预期风有时称为暴风。

安装和运输的风环境由采购方规定。

#### B. 8. 3. 1. 1 陆上风

对于陆风，在选择风速时，已经考虑了标准ASCE/SEI 7-05 建筑物和其它结构的最低设计载荷7- 05。在美国，ASCE 7-05基本风速图提供3秒阵风风速，参考高度10 m，年概率0.02，或50年重现期。表2的SSL系数用来根据参考风速确定最大额定设计风速；对于E1、E2或E3结构，规定的SSL系数分别近似对应于100年、50年和25年重现期。

在美国以外工作的轻便井架和塔形井架的设计风准则，宜适当地考虑和实施与ASCE/SEI 7-05等效的当地标准（如可能）或其它公认的文件资料。

#### B. 8. 3. 1. 2 海上风

对于海风，ISO 19901用来提供参考风速数据，或者在墨西哥湾用文件API Bull 2INT-MET。表3的SSL系数用来根据参考风速确定最大额定设计风速；对于E1、E2或E3结构，有关重现期分别近似对应于200年、100年和50年重现期。

#### B. 8. 3. 1. 3 当地风速

陆上轻便井架和塔形井架的高度系数，与ASCE/SEI 7-05暴露类别C中推荐的压力系数 $K_z$ 相一致：“暴露C：分散着障碍物的开阔地带，高度通常小于30 ft。”。

海洋轻便井架和塔形井架的高度系数，与API RP 2A-WSD 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法 工作应力设计 2000年12月第21版中海洋平台提出的数值相一致。

### B. 8. 3. 2 风载

附件明显地影响着钻井结构上的总风载。这一事实在JIP风洞试验结果中很好地形成文件，许多国际风规范（包括ASCE 7、澳大利亚和英国规范）要求，在力的计算中应包括附件引起的风载；可是，这些规范通常并未提供精确的计算方法来估算这些附件上的风。

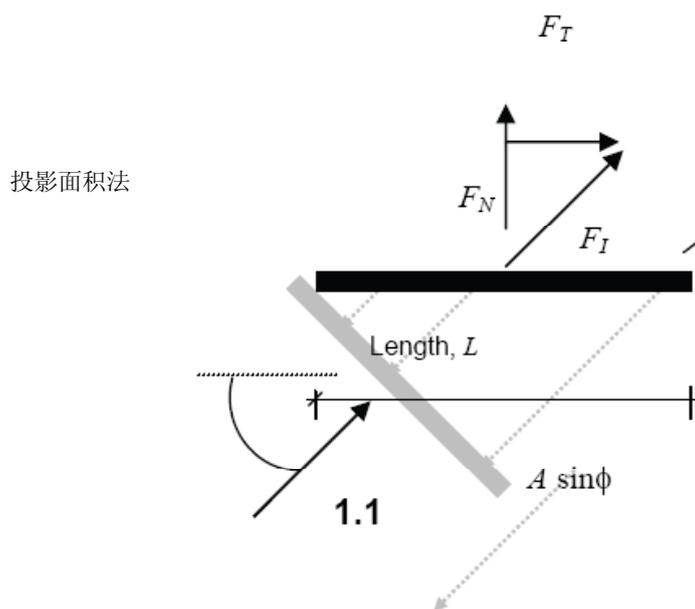
规范包括风面积以及其在钻井结构底座附近静力矩的要求，允许用户监视在结构寿命期间因增加结构和附件而引起的受风面积的任何增加，和制定受风面积增加的极限，超过该极限，要求重新鉴定结构。

### B. 8. 3. 3 逐项方法

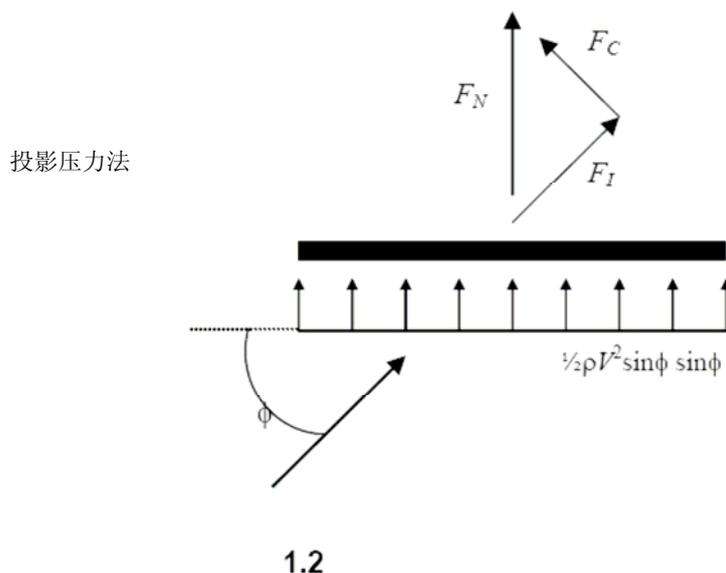
通过计算作用在钻井桅杆式井架或塔形井架单个构件和毗邻零部件上风力总和估计总风力的方法，类似于估计敞开桁架上总风力的出版的其它风标准方法。当确定关键风向时，通常，对角线风的总风力大于正面风力，因为对角面相对于正面投影面积更大。这一规则在其它风规范例如 ASCE/SEI 7-05 和澳大利亚规范 AS 1170.2 中得到普遍承认。

通常，采用三种方法之一确定承受倾斜风 ( $\phi < 90^\circ$ ) 的构件上合成风力的方向。为了讨论起见，假设  $F_I$  等于同向风力， $F_C$  等于横向风力（垂直于  $F_I$ ）， $F_N$  等于构件纵轴法向风力， $F_T$  等于与纵轴平行的切向力（垂直于  $F_N$ ）。采用伯努利方程式，形状系数等于 1，构件面积等于  $A$ （宽度乘长度），作用在该构件上的风力将作为风速  $V$  和倾角  $\phi$  的函数而变化。

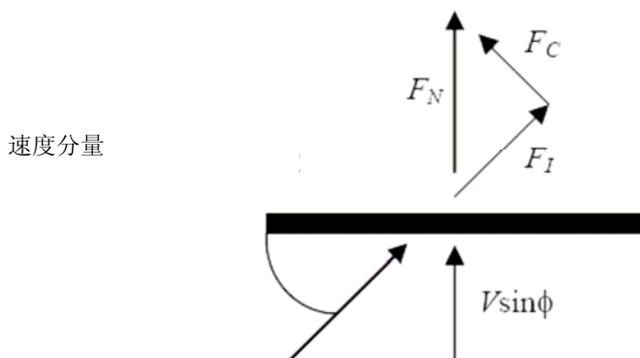
正如下图所示，第一种方法是通过把构件面积投影在与风垂直的平面上，计算同向风力。对于这个“投影面积法”， $F_I$  将是  $V^2 A \sin \phi$  的函数， $F_C = 0$ 。因此， $F_N = f(V^2 A \sin^2 \phi)$  和  $F_T = f(V^2 A \sin \phi \cos \phi)$ 。



第二种方法是采用沿构件长度投影的风压法向分量  $1/2 \rho V^2$ ，计算垂直于构件的风力  $F_N$ 。对于这个“投影压力法”， $F_N$  将是  $V^2 A \sin \phi$  的函数， $F_T \cong 0$ 。因此， $F_I = f(V^2 A \sin^2 \phi)$  和  $F_C = f(V^2 A \sin \phi \cos \phi)$ 。



第三种方法是通过采用风速的法向分量 $V\sin\phi$ ，计算垂直于构件纵轴的风力 $F_N$ 。对于这个“速度分量法”， $F_N$ 将是 $V^2A\sin^2\phi$ 的函数（注： $\sin^2\phi$ 是通过伯努利方程式从 $V\sin\phi$ 平方导出）， $F_T \cong 0$ 。因此， $F_I = f(V^2A\sin^3\phi)$ 和 $F_C = f(V^2A\sin^2\phi \cos\phi)$ 。



1.3

下表概括了三种方法的每一种的变项（省略 $V^2A$ ）。

|      | 风力分量          |                    |               |                      |
|------|---------------|--------------------|---------------|----------------------|
|      | 相对于构件         |                    | 相对于风向         |                      |
|      | $F_N$<br>(法向) | $F_T$<br>(切向)      | $F_I$<br>(同向) | $F_C$<br>(横向风)       |
| 投影面积 | $\sin^2\phi$  | $\sin\phi\cos\phi$ | $\sin\phi$    | 0                    |
| 投影压力 | $\sin\phi$    | 0                  | $\sin^2\phi$  | $\sin\phi\cos\phi$   |
| 速度分量 | $\sin^2\phi$  | 0                  | $\sin^3\phi$  | $\sin^2\phi\cos\phi$ |

测量与流动成一定角度的构件和管件上风力和洋流力表明，大致上，法向力起支配作用，而切向力可忽略不计。“投影面积法”意指同向风力起支配作用，同时存在着明显的切向力。相反，“投影压力法”和“速度分量法”意指法向力起支配作用，而切向力可忽略不计。此外，这两种方法也采用形状系数，方式与其来源相一致。可是，“投影压力法”采用压力分量，与作为标量的压力定义不一致。相反，“速度分量法”采用速度向量分量计算流体（即风）力。该方法符合流体力学引用文件中给出的信息。

当按8.3.3估算裸结构和挡风墙的风力时，采用“速度分量法”。因此，假设与构件或挡风墙纵轴平行作用的风的切向分量，名义上影响总风力。当按8.3.3估算裸结构构件上的总风力时，仅考虑与纵轴（ $V_z\sin\phi$ ）垂直作用的法向风分量。对于挡风墙，表8.6的形状系数大致包含了 $\sin^2\phi$ 项，所以 $K_f = 1.0$ 。

“投影面积法”用于附件而不是挡风墙。根据定义，“投影面积法”指构件宽度和长度投影在垂直于风的平面上。该计算不同于对裸结构构件投影面积 $A$ 所作的计算。

当采用法向速度分量（即“速度分量法”）估算风力时，采用系数 $\sin^2\phi$ （因 $V_z^2$ 平方，所以 $\sin\phi$ 平方）计算风相对于纵轴的倾角。合成风力将沿构件或零部件长度作用，垂直于纵轴。采用本方法意味着，同向风分量（根据合成法向力计算）随 $\sin^3\phi$ 而变。该变化符合按API RP 2A-WSD估算海洋固定平台上洋流力所采取的方法。

设计人员宜验证设计中所用的任何结构软件程序的风载方法基于本规范。

采用构架实积比 $\rho$ ，可以初步估算钻井轻便井架或塔形井架上的总风力。然而，该方法仅宜用于初步分析。不宜用来代替在最终设计或分析期间规定的程序。这里，实积比 $\rho$ 规定为裸结构框架前面的投影面积（ $A_{face}$ ）除以裸结构框架边缘包封的总面积（ $A_{gross}$ ）。几个引用文件提供了作为实

积比和风向函数的桁架、板梁、起重机和塔形井架的形状系数。对于实积比0.1~0.3的钻井轻便井架和塔形井架，采用下面公式可以合理地估算总风力。

对于由构件（例如角钢、槽钢、丁字钢）组合的承受法向风的方构架：

$$F_{norm,1} = 0.00338 \times V_z^2 \times G_f \times C_f \times A_{face}$$

$$\text{式中 } C_f = (4.0 \rho^2 - 5.9 \rho + 4.0)$$

对于由构件（例如角钢、槽钢、丁字钢）组合的承受对角风的方构架：

$$F_{diag,1} = F_{norm,1} \times (1.0 + 0.75 \rho)$$

$$F_{diag,1} \text{ 不大于 } 1.2 \times F_{norm,1}$$

对于由圆管件组合的承受法向风的方构架：

$$F_{norm,2} = F_{norm,1} \times (0.51 \rho^2 + 5.7)$$

$$F_{norm,2} \text{ 不大于 } F_{norm,1}$$

对于由圆管件组合的承受对角风的方构架：

$$F_{diag,2} = F_{norm,2} \times (1.0 + 0.75 \rho)$$

$$F_{diag,2} \text{ 不大于 } 1.2 \times F_{norm,2}$$

这些公式仅适用于开式构架。必须单独地进行计算，按7.2.1估算挡风墙、立根盒、其它附件和设备上的风力。

### B. 8. 3. 3. 1 遮蔽和方位比例校正系数

其它构件或零部件对轻便井架或塔形井架构件或零部件的遮蔽，将取决于构件的排列和形状、结构的充实度，和轻便井架的定向或塔形井架与平均风向的定向。对于塔形井架，规范规定基于正面面积充实度的裸结构的遮蔽系数变化范围0.5~1.0。该公式根据ASCE 7-05中的方桁塔遮蔽公式修改，允许其与规范方法一起使用，考虑塔形井架所有面上的所有构件（而不仅仅是ASCE 7-05中与风垂直的塔形井架面）。附件规定的遮蔽系数统一为0.85。这些系数可适当地按JIP试验结果调整。

因为轻便井架结构没有试验数据或形成文件的规范方法，轻便井架裸结构和附件的遮蔽系数局限于0.9。

对于天车组、游车、软管、接箍、立根盒或挡风墙，在表7内所示的这些截面选择的形状系数当中，考虑了这些形状周围气流的变化。表7内立根和抽油杆的形状系数也包括方位比例的校正。

总遮蔽系数的应用指遮蔽引起的载荷的降低为构架内所有构件的平均值。（虽然总校正只是一小部分，但当计算构件端部周围的气流时，同样如此。）事实上，只有背风构件将遮蔽，而迎风构件将完全暴露于风。在大多数情况下，迎风构件和背风构件（即遮蔽）上实际载荷和平均载荷之差大约为±10%~15%。尽管除风之外的载荷很可能支配设计，但要求单个构件满足在考虑遮蔽的桁架总载荷上附加的非遮蔽构件风载的许用应力要求。

计算双立根遮蔽影响时，风向与两个立根共有垂面之间的夹角不大于20°（见表7）。

### B. 8. 3. 3. 2 构件或附件倾角

当采用8.3.3中等式估算风力时，垂直、水平和对角线构件纵轴的定向方式为，对于暴露于侧向（即法向）风的钻井轻便井架或塔形井架  $\phi = 90^\circ$ ，且仅适用于侧向构件。相反，对于暴露于对角线风的钻井轻便井架或塔形井架，仅垂直构件纵轴的定向  $\phi = 90^\circ$ ，而水平和对角线构件  $\phi < 90^\circ$ 。

### B. 8. 3. 3. 3 阵风作用系数

阵风在空间上与其持续时间相关。3秒阵风与较小的距离相关，因此，影响钻井轻便井架或塔形井架结构较小的构件。假定钻井结构总尺寸，于是通过施加阵风作用系数，以说明更大范围内风速的空间变化。表6内所示的数值基于澳大利亚标准AS 1170.2-1989，并符合ASCE/SEI 7-05标准现行和过去版本给出使用的阵风作用系数。

#### B. 8. 3. 3. 4 构件或附件形状系数

表7内的形状系数（也称为阻力或力系数）有几个来源，这些来源把系数作为构件形状和风向角的函数。这些来源包括澳大利亚标准AS 1170.2-1989、格构塔架和桅杆式井架（英国标准学会）、ASCE/SEI 7-05建筑物和其它结构的最低设计载荷、风对结构的影响（Simiu和Scanlan）和输电塔力系数（Mehta和Lou）。为了简化钻井桅杆式井架和塔形井架共有构件和毗邻零部件系数的选择，各种截面型式和形状的典型值源自这些来源。为了提供构件横截面平面内所有风向的典型值，对风向的敏感性进行了评估（ $q$ ）。

当与构件投影面积结合一起使用时，角钢、槽钢、工字钢、T形钢之类的结构型钢的典型形状系数1.8认为是合理值。当比较角钢或工字钢之类的单个构件的系数时，就导致了与这个1.8数值的公称偏差，不过，对于槽钢和管材之类的矩形断面，产生的偏差更大。构件值1.8与石化设备构件风产生的力（独立于API Spec 4F）ASCE工作委员会选择的数值相同。

由于粘滞流动效应，棱边平直构件的系数较大，但圆形构件的系数较小。因雷诺数的影响，管状型材与几何形状类似的结构型材相比形状系数较小。

对于像天车组、游车、软管和接箍之类的附件，形状系数代表值类似于结构（即棱边平直）型材或管状（即表面连续）型材之值，调整采用的方位比例校正系数0.6。

对于立根和抽油杆，横截面形状类似于典型形状系数为1.5的正方形或矩形管材。因此，立根选择数值为1.2，反映方位比例调整。对于双立根，因风向对着两个立根，遮蔽影响变得很明显。因此，当风向在两个立根公有的垂面 $20^\circ$ 之内时，提供两个形状系数，一个迎风立根值（1.2）和另一个背风立根值（0.3）。对于半圆立根，因角是圆形的并非平直的，所以，选择的形状系数值是1.2。

风墙典型形状系数的推导，基于实体标牌或墙上风载估算的不同标准提供的信息。合成风力可以作用向着或离开墙面，取决于风向和墙结构。估算完全覆盖的钻井轻便井架或塔形井架上风力的过程比本规范内提供的过程更为复杂。因此，宜采用像ASCE标准7-95之类的其它标准估算上述情况的风载。

#### B. 8. 3. 3. 5 构件或附件投影面积

形状系数的计算基于构件的特有面积，可以表示为常量（例如不等肢角钢长肢的表面积）或表示为变量，通常等于垂直于给定风向的构件的投影面积。通常，投影面积认为对设计人员更为直观，用来计算构件和毗邻零部件上的静风力。

在风洞试验期间，通常，流动垂直于纵轴，即在构件横断面平面内，构件端部周围无气流。因此，大多数形状系数和有关的特有面积仅适用于这些试验条件。因而，构件或毗邻零部件投影面积的计算，是相对于垂直作用于纵轴的风分量的垂直平面。投影面积将等于构件长度乘以构件垂直于风的宽度。

对于挡风墙，给定墙范围的投影面积等于其表面积（宽乘高）。

#### B. 8. 3. 5 风动力学

当预测因风和结构之间动力相互作用而产生的附加载荷时，一些标准可用来估算结构上的风力。上述分析的基础取决于引用的标准。例如如果（1）高度或长度与宽度之比大于5，和（2）振动的第一谐调频率小于1 Hz，则澳大利亚标准AS 1170.2-1989要求对任何结构的主结构零部件设计进行动力分析。而且，ASCE/SEI标准7-05不适用于动力扭转载荷或固有频率在1 Hz以下的挠性结构或高宽比超过4的细高建筑物。

#### B. 8. 4. 1 惯性载荷

本标准把惯性力的计算扩大到包括颠簸和摇摆力；以前版本所列公式仅确定结构上正弦变化的旋转运动例如横摇、纵摇和升沉的惯性力。

#### B. 8. 4. 2 动力放大

本规范中包括总要求，确保设计人员充分考虑动力放大，响应钻井结构在“固定式”平台上发生危险振荡时的事故；实际上，平台安装在1000 ft多水深，在波浪周期大约5秒的工作海况下具有明显的运动。

#### B. 8. 5 地震载荷

因为本规范未表述地震的设计方法，如果可能的话，用户应负责规定SSL级别如何用来分析。

题为海洋平台上钻井结构地震评估程序——IADC/SPE 74454 (J. W. Turner, M. Effenberger和J. Irick著)的文件，给海洋平台和自升式平台上钻井结构评估和设计提供指南。其中给出的许多信息也适用于陆上结构地震设计的考虑。

#### B. 8. 8 倾覆和滑动

除非更高的值通过试验予以确认，并且操作程序符合该值，否则，本规范规定了倾覆和滑动计算用摩擦系数的最大许用值。

稳定自重的极限为其预期值的90%，不允许因流体载荷或临时安装的设备而增加倾覆和滑动的稳定性，除非制造商在钻机说明书中形成文件，并当起升要求时在结构铭牌上也有。

规范规定了独立式结构倾覆和滑动安全系数，要求根据下面基础的许用支承载荷计算安全系数，防止基础坍塌。

固定卡箍设计载荷与递增的倾覆和滑动载荷的关系曲线，可能显示载荷高度非线性或双线性；在达到某一载荷级别，克服了重力载荷稳定作用之后，卡箍才有载荷。固定卡箍载荷的计算，采用倾覆垂直活载和滑动载荷施加的载荷系数1.25，以及“空载船”自重；不得增加固定卡箍的许用应力。这一要求确保若风暴事件大于设计情况时所引起的过载情况下的稳定性。

双载荷路径零部件（固定卡箍除外），不仅必须满足8.1的要求（极端事件下许用应力放大系数1.33），而且必须满足采用倾覆垂直活载和滑动载荷施加的载荷系数1.25计算的情况的要求，以及“空载船”自重，许用应力放大系数1.67。如果AISC中的公称安全系数为1.67（即拉杆或弯曲梁），未乘系数情况的公称最小安全系数为该值除以许用应力放大系数即 $1.67/1.33 = 1.25$ 。同样，附加要求提供乘系数载荷情况公称最小安全系数 $1.67/1.67 \times 1.25 = 1.25$ 。因而，附加要求确保安全系数一致，即使在倾覆和滑动载荷级别下，这些构件显示的载荷高度非线性或双线性。

**附 录 C**  
**(资料性附录)**  
**API 会标**

### C.1 引言

API会标纲要允许API持证者在产品上使用API会标。持证者在产品上使用API会标,表明并保证,该产品在标明的日期按照验证过的质量管理体系和API产品规范进行了生产。API会标纲要将组织的质量管理体系验证和满足特定产品规范要求的已经证实的能力联系起来,从而给国际石油和天然气工业带来重要价值。

API规范Q1,包括附录A,和API许可证协议要求,共同给希望按照API产品规范提供API会标产品的自愿获得API许可证的那些组织规定了要求。

只有在现场审核,验证了持证者符合API规范Q1中所表述的所有要求和API产品规范的要求之后,才予以颁发API会标纲要许可证。

要成为API会标持证者,有关信息,请联系API质量纲要,地址1220 L Street, N.W., Washington, D.C. 20005,或电话202-682-8000,或电子邮件quality@api.org。

### C.2 API会标标志要求

这些标志要求仅适用于希望用API会标标志其产品的那些API许可证持有者。

API会标的使用应按照API规范Q1要求的制造商API会标标志程序。

## 参考文献

- [1] API Specification 8C, Specification for Drilling and Production Hoisting Equipment (PSL 1 and PSL 2)
- [2] API Specification 9A, Specification for Wire Rope
- [3] ABS<sup>8)</sup> Rules for Building and Classing Offshore Drilling Units, 1991
- [4] ASNT<sup>9)</sup> TC-1A, Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification in Non-Destructive Testing (also known as ASNT 2055)

---

8) 美国船级社, ABS Plaza, 16855 Northchase Drive, Houston, Texas 77060, [www.eagle.org](http://www.eagle.org).

9) 美国无损检测学会, PO Box 28518, 1711 Arlingate Lane, Columbus, Ohio 43228-0518, [www.asnt.org](http://www.asnt.org).