

指导性文件
GD25-2020



中国船级社

钻井补偿系统指南

2020

生效日期：2020年12月1日

北京

目 录

第 1 章 通则	1
第 1 节 一般规定.....	1
第 2 节 定义和缩写.....	2
第 3 节 接受标准.....	3
第 2 章 审图和检验.....	7
第 1 节 一般规定.....	7
第 2 节 设计审查.....	7
第 3 节 产品检验.....	14
第 4 节 建造厂检验.....	22
第 3 章 钻井补偿系统和设备.....	24
第 1 节 一般规定.....	24
第 2 节 设计原则.....	24
第 3 节 设计载荷条件.....	26
第 4 节 张紧系统.....	28
第 5 节 钻柱补偿系统.....	29
第 6 节 结构.....	32
第 7 节 液压、气压及控制系统.....	32
第 8 节 承压设备.....	34
第 9 节 橇装设备.....	35

第 1 章 通则

第 1 节 一般规定

1.1.1 一般要求

本指南适用于安装在海上移动平台（包括钻井船）和海上浮动设施上的钻井补偿系统的设计、制造和检验。下文中将移动平台（包括钻井船）和海上浮动设施统称为平台。

1.1.2 范围

1.1.2.1 本指南涉及钻井补偿系统及设备的构造安全，不涉及钻井补偿系统的操作。

1.1.2.2 本指南涉及的系统和设备包括：

- (1) 天车式钻柱补偿系统；
- (2) 游车式钻柱补偿系统；
- (3) 绞车式钻柱补偿系统
- (4) 死绳/快绳式钻柱补偿系统；
- (5) 隔水管张紧系统；
- (6) 导向绳张紧系统；
- (7) 导管/防喷器张紧系统；
- (8) 上述系统的压缩空气系统、液压动力及控制系统。

1.1.3 系统的组成和分类

1.1.3.1 钻井补偿系统包括钻柱补偿系统和张紧系统。

1.1.3.2 按照安装位置，钻柱补偿系统类型分为天车式钻柱补偿系统、游车式钻柱补偿系统、绞车式钻柱补偿系统和死绳/快绳式补偿系统；按照补偿原理，钻柱补偿系统分为主动补偿系统、被动补偿系统和主被动复合式补偿系统（即半主动补偿系统）。

1.1.3.3 张紧系统（或称张力系统）一般包括隔水管张紧系统、导向绳张紧系统、和导管/防喷器张紧系统。

1.1.3.4 常用的隔水管张紧系统类型为钢丝绳滑轮式张紧系统和液压缸直接作用张紧系统。

第 2 节 定义和缩写

1.2.1 定义

1.2.1.1 除另有规定外，本指南采用定义如下：

- (1) 钻井补偿系统：系指钻柱补偿系统和张紧系统的统称。
- (2) 气-液式钻井补偿系统：系指通过气液系统的作用实现钻井补偿功能的系统，包括常规的天车式钻柱补偿系统、游车式钻柱补偿系统、死绳/快绳式升沉补偿系统、钢丝绳滑轮式隔水管张紧系统、液压缸直接作用隔水管张紧系统、导管/防喷器张紧系统、导向绳张紧系统和水下防喷器控制盒导向绳张紧系统等。
- (3) 钻柱补偿系统：系指用于减轻平台升沉运动对钻柱运动和受力状态影响的系统，主要包括气液式钻柱补偿系统和绞车式钻柱补偿系统。
- (4) 张紧系统：系指为其所服务的设备提供张紧力的系统，主要包括隔水管张紧系统、导向绳张紧系统、水下防喷器控制盒导向绳张紧系统和导管/防喷器张紧系统。
- (5) 关键载荷路径：系指钻井补偿系统及设备中承受、传递主要载荷的路径。

1.2.2 缩写

除另有规定外，本指南采用的缩写如下：

AHC	Active Heave Compensator	主动补偿器/装置
SAHC	Semi-Active Heave Compensator	半主动升沉补偿装置
AISC	American Institute of Steel Construction inc	美国钢结构协会
ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会
API	American Petroleum Institute	美国石油学会
ASME	American Society of Mechanical Engineers	美国机械工程师协会
BPVC	Boilers and Pressure Vessels Code	锅炉及压力容器规范
CCS	China Classification of Society	中国船级社
DAT	Direct Acting Tensioner	液压缸直接作用张紧器
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.	德国标准化学会
DSC	Drill String Compensator	钻柱补偿器/装置
DSF	Design Safety Factor	设计安全系数
HPU	Hydraulic Power Unit	液压动力单元

IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工技术委员会
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
MRU	Motion Reference Unit	运动参考单元
NAS	National Aerospace Standard	美国航天标准
PHC	Passive Heave Compensator	被动升沉补偿装置
SAE	Society of Automotive Engineers	美国汽车工程师协会

第 3 节 接受标准

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 本节 1.3.2 所列标准包括其条款为 CCS 所接受的标准。除经专门同意外，接受标准中所有适用要求均应加以采用。当接受标准与本指南要求存在不一致时，应以本指南要求为准。

1.3.1.2 本节所列接受标准以外的其他标准也可使用，条件是应具有与本指南要求相当或更高的安全水准，并事先经 CCS 同意。

1.3.1.3 任何与设计标准之间的不一致，以及对设计标准要求的免除及更改均应在设计文件中明文说明，并经业主和 CCS 同意。

1.3.1.4 应采用业主与制造厂/商签订制造合同之日已生效的最新版标准，否则应在合同中予以明确规定。

1.3.2 接受标准

本指南接受的国际标准、中国国家标准、行业标准和国外标准如下，如无特别说明，以最新版本为准：

ISO 1219	Fluid power systems and components - Graphical symbols and circuit diagrams
ISO 4406	Hydraulic fluid power – fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles
ISO 6162	Hydraulic fluid power— Flange connectors with split or one-piece flange clamps and metric or inch screws
ISO 8434	Metallic tube connections for fluid power and general use

ISO 11120	Gas cylinders - Refillable seamless steel tubes of water capacity between 150 l and 3000 l - Design, construction and testing
ISO 13534	Petroleum and natural gas industries - Drilling and production equipment - Inspection, maintenance, repair and remanufacture of hoisting equipment
ISO 13624-1	Petroleum and natural gas industries - Drilling and production equipment - Part 1: Design and operation of marine drilling riser equipment
ISO 13920	General tolerance for welded constructions
ISO 14693	Petroleum and natural gas industries - Drilling and well servicing equipment
ISO 17776	Guidelines on Tools and Techniques for Hazard Identification and Risk Assessment
ISO19879	Metallic tube connections for fluid power and general use — Test methods for hydraulic fluid power connections
IEC 617	Graphical symbols for diagrams
IEC 61508	Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems
IEC 60079	Explosive Atmospheres
GB 3836	爆炸性气体环境用电气设备通用要求
GB/T 14039	液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号
GB/T 14976	流体输送用不锈钢无缝钢管
GB/T 17744	石油天然气工业 钻井和修井设备
GB/T 19190	石油天然气工业 钻井和采油提升设备
GB/T 19832	石油天然气工业 钻井和采油提升设备的检验、维护、修理和修复
GB/T 25428	石油天然气工业 钻井和采油设备 钻井和修井井架、底座
GB/T 31065	钻井平台张紧器用耐火软管及软管组合件
GB/T 150	压力容器
SY/T 5170	石油天然气工业用钢丝绳
SY/T 5532	石油钻井和修井用绞车
SY/T 5676	石油钻采机械产品用高压锻件技术条件
SY/T 6327	石油钻采机械产品型号编制方法

SY/T 6367	钻井设备的检验、维护、修理和修复程序
SY/T 6408	钻井和修井井架、底座的检查、维护、修理与使用
SY/T 6727	石油钻机液压盘式刹车
SY/T 6745	端部连接耐火试验规范
SY/T 6776	海上生产设施设计和危险性分析推荐作法
SY/T 6801	石油钻机液压盘式刹车安装、使用与维护
SY/T 6913	海洋钻井隔水管设备规范
SY/T 7460	石油天然气钻采设备 浮式钻井平台钻柱升沉补偿装置
API RP 2A-WSD	Planning , Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms - Working Stress Design
API Spec 4F	Drilling and Well Servicing Structures
API Spec 7K	Drilling and Well Servicing Equipment
API Spec 8C	Drilling and Production Hoisting Equipment
API Spec 9A	Wire Rope
API RP 9B	Application, Care, and Use of Wire Rope for Oil Field Service
API Spec 16F	Marine Drilling Riser Equipment
API RP 16Q	Design, Selection, Operation and Maintenance of Marine Drilling Riser Systems
ANSI/ASME 36.19M	Stainless Steel Pipe
ASME BPVC	Sec. VIII Div. 1 Rules for Construction of Pressure Vessels Div. 2 Alternative Rules for Construction of Pressure Vessels Div. 3 Rules for Construction of high Pressure Vessels
ASME B31.3	Process Piping
ASTM A143	Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement
ASTM A153	Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware

ASTM A384	Standard Practice for Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot-Dip Galvanizing of Steel Assemblies
ASTM A385	Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coating (Hot-Dip)
ASTM A388	Standard Practice for Ultrasonic Examination of Heavy Steel Forgings
AISC	Manual of Steel Construction
AWS D1.1	Structural Welding Code – Steel
NAS 1638	Cleanliness Requirements of Parts Used in Hydraulic Systems
DIN 2391	Standard applies seamless precision steel tubes

第 2 章 审图和检验

第 1 节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 本章规定了对钻井补偿系统进行审图和检验的要求。

2.1.1.2 按照本章要求对钻井补偿系统进行的检验，可作为钻井装置入级检验、发证检验和鉴证检验的一个组成部分。

第 2 节 设计审查

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 开工前，检验申请人应将本节规定的图纸资料提交 CCS 审查，必要时，CCS 可要求扩大送审图纸资料的范围。

2.2.1.2 各种工艺性文件及试验大纲均应提交 CCS 审查。

2.2.1.3 已批准的图纸资料如有原则性的修改或补充，申请人应将修改或补充部分重新提交审查。

2.2.1.4 提交审查的图纸资料应注明审查所必需的尺寸和有关数据。

2.2.1.5 凡经 CCS 认可的产品，其图纸资料可不必送审。

2.2.2 图纸资料

需要提交审查的图纸资料应符合表 2.2.2 的要求。

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.1	气-液式 钻井补 偿系统	①系统布置图	系统布置的位置、尺寸和相关处所标注。	
		②技术规格书和系统图	1) 钻井补偿系统和相关联设备的技术描述； 2) 承载能力指标或技术描述； 3) 包括额定压力（内/外压）、额定温度（最高/最低）的设计参数； 4) 设备技术规格书和数据表（如适用）； 5) 锁定装置的机械和/或液压详细设计图； 6) 钻井作业过程中测井、正常钻进、应急操作等不同工况下操作指南； 7) 液压系统和/或气压系统图； 8) 设计参考资料、规范、标准或指南。	
		③气-液系统计算书	1) 气瓶（包括工作、备用气瓶组）容积计算； 2) 补偿力计算； 3) 液压缸、气液缸结构尺寸计算； 4) 补偿液压缸驱动功率计算； 5) 液压元件选型计算（包括主泵系统、补油系统、插销系统、储油箱、液压循环系统等）； 6) 液压仿真分析报告（如适用）。	
		③型式试验报告	设计规范要求的型式试验数据。	如适用
		④FMEA/FMECA 等风险分析报告及验证程序	1) 辨识出的失效模式及其影响、安全防护措施； 2) FMEA 表、CA 表或 FMECA 表、验证确认程序。	如适用
		⑤机械承载件	见本节 2.2.2.3。	
		⑥电气系统和设备	见本节 2.2.2.4。	
		⑦控制系统	见本节 2.2.2.5。	

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.1	气-液式 钻井补 偿系统	⑧压力容器、蓄能器和液/气压缸	见本节 2.2.2.6。	
		⑨管路和柔性管/软管	见本节 2.2.2.7 和 2.2.2.8。	
		⑩制造说明书	见本节表 2.2.2 注 3。	
2.2.2.2	绞车式 钻柱补 偿系统	①技术规格书	1) 最大快绳拉力; 2) 额定输入功率; 3) 钢丝绳公称直径; 4) 名义钻深范围; 5) 主滚筒尺寸; 6) 缠绳层数; 7) 容绳量。	
		②设计计算书	1) 绞车补偿能力计算; 2) 绞车刹车系统计算; 3) 钢丝绳校核; 4) 滚筒轴强度计算; 5) 滚筒体筒壁强度计算; 6) 绞车关键焊缝强度计算; 7) 减速器强度计算; 8) 轴承座支座的稳定性分析; 9) 底座主梁的强度计算; 10) 设计参考资料和依据标准。	
		③ 设计图纸	1) 绞车总装配图 2) 主要承载零部件（如绞车滚筒、绞车轴等）图	
		④型式试验报告	设计规范要求的型式试验数据。	
		⑤机械承载件	见本节 2.2.2.3。	

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.2	绞车式 钻柱补 偿系统	⑥电气系统和设备	见本节 2.2.2.4。	
		⑦控制系统	见本节 2.2.2.5。	
		⑧制造说明书	见本节表 2.2.2 注 3。	
2.2.2.3	机械承 载设备/ 部件	①设计规格书/计算书	1) 设备的规格及相关参数; 2) 设计参数, 包括载荷、温度、环境条件等; 3) 设计分析和/或计算 (如适用); 4) 设计规范、标准和参考资料。	
		②设计图纸	装配图、承载件零部件图和制造详细说明。	
		③材料规格书	材料性能和化学成分 (如适用)。	
		④型式试验报告	设计规范要求的型式试验数据。	
2.2.2.4	电气系 统和设 备	①电气系统单线图;		
		②电气系统主供电回路短路电流 计算书		
		③电气规格书	包括电气装置的规格和技术原理。	
2.2.2.5	控制系 统	①控制系统布置图	包括受控单元、仪表和控制装置的位置。	
		②设计基础	1) 包含主要性能指标的控制仪表和设备的规格书; 2) 控制系统元器件的设定值; 3) 控制系统操作和维护手册。	
		③控制系统详细设计文件	1) 控制的详细层级: 主控制、第二控制、应急控制等 (如适用); 2) 控制系统联锁详细设计和说明; 3) 应急断路及报警说明、功能描述和所有特殊阀门、执行机构、 传感器和延时装置的说明; 4) 关断逻辑和/或关断因果关系表;	

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.5	控制系统	③控制系统详细设计文件	5) 主蓄能器和第二控制蓄能器系统的供液量计算； 6) 液压动力单元(HPU)的详细设计与布置,包括泵系统的详细设计与布置、原动机的详细设计、液压介质储罐的容量和布置； 7) 液压和气动控制系统的原理图逻辑描述,以及所有的联锁、管路尺寸和材料,包括工作压力和泄压阀设定值； 8) 压力泄放系统的布置、尺寸、材料、背压和泄放量计算； 9) 控制系统响应速度的说明。例如机械锁销、系统增压、系统减压等操作,从控制系统发出指令到执行机构动作时间； 10) 符合本节表 2.2.2 注 3 的制造说明书。	
		④设计阶段的风险分析报告	1) 对系统、子系统和设备的控制系统的 FMEA、FMECA 或其他方法的风险分析报告； 2) 用以证明控制系统具有足够的能力来应对预料发生的非正常事件(包括突发事件)的技术文件。	如适用
		⑤安全仪表完整性水平(SIL)评估报告	见 CCS《海上钻井装置检验指南》5.2.4.2。	如适用
		⑥控制台/盘/面板详细设计文件	1) 控制台/盘/面板布置图 2) 控制和监控系统原理图、逻辑描述和功能说明。	
		⑦控制系统相关的电缆选型依据和配线方案	包括额定电压、供电电压和电流等技术指标,以及过载和短路保护措施。	
2.2.2.6	承压设备	①设备规格书/设计报告	1) 设计规格书,包括设计规范、标准和参考资料； 2) 包括额定压力(内/外压)、额定温度(最低/最高)、载荷等在内的设计参数； 3) 设计分析和/或计算。	

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.6	承压设备	②设备图纸	包括设备总图和零部件图，表达出设备的形状视图、尺寸、接管位置、管口规格、零部件组成、零部件执行标准、必要的制造说明和材料信息。	
		③材料规格书	材料性能、成分（如适用）指标。	
		④制造说明书	见本节表 2.2.2 注 3。	
2.2.2.7	管路系统	①P&ID 图	管路及仪表流程图（P&ID）。	
		②管路系统规格书	1) 管路设计参数，如额定压力、温度（最低/最高）； 2) 管路、管路支撑和管路设备的规格和材料信息。	
		③管路分析设计报告	1) 管路壁厚计算； 2) 冲蚀余量的设计验证； 3) 管路系统清洁度要求。	如适用
		④管路元件设计规格书	1) 技术说明； 2) 设计参数，包括设计压力（内/外压）和/或额定压力、设计温度（最低/最高）； 3) 流体介质（特别是酸性介质）性质； 4) 设计规范和标准； 5) 腐蚀/冲蚀余量； 6) 每一管路型号的壁厚； 7) 包括材料性能的材料规格书； 8) 管路接口形式及焊接工艺； 9) 制造说明。	管路元件包括但不限于管子、阀门、软管、管件、法兰等。
2.2.2.8	柔性管/软管	①柔性管/软管规格书	1) 规格和设计参数，包括额定压力（内/外压）、额定温度（最低/最高）、管径等； 2) 构造材料详细说明书； 3) 执行的设计标准和规范。	

钻井补偿系统送审设计文件汇总表

表 2.2.2

编号	系统名称	设计文件名称 ¹	设计文件应包含的内容和信息 ²	备注
2.2.2.8	柔性管/ 软管	②型式试验报告	设计规范要求的型式试验程序和数据	如适用
		③端部连接的设计文件	包含应力分析（如适用）、材料规范、型式试验程序和数据以及制造说明。	

- 注：1. 设计方可以确定设计文件的名称和型式，但送审的设计文件应包含表 2.2.2 中所要求的内容和信息。
2. “设计文件应包含的内容和信息”系指 CCS 设计审查所必需内容和信息，而非对设计文件所应包含全部内容和信息的规定。必要时，CCS 审图工程师可依据本节 2.2.1.1 的规定要求设计方补充提交设计文件。
3. 制造说明书应包括但不限于：（1）质量方案和说明；（2）焊接工艺规程、工艺评定记录和焊接图；（3）无损检测程序和图纸；（4）检验和试验方案（ITP），包括系统、子系统、设备或部件在制造、安装、试运行和在役阶段的试验程序；（5）表面涂装和电镀程序，如适用；（6）维护和操作手册。

第 3 节 产品检验

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 钻井补偿系统及设备应接受检验以确认其符合入级、发证和/或委托方的要求。

2.3.1.2 本指南涉及的产品，如未规定具体的技术要求时，可按本社接受的标准进行设计、制造、检验和试验。

2.3.1.3 钻井补偿系统产品检验和证书的分类应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 2 章第 3 节 2.3.2 中对钻井升沉补偿系统和张紧系统的适用要求。

2.3.1.4 钻井补偿系统产品检验程序和工作要求应分别符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 2 章第 3 节 2.3.4、2.3.5 的要求。

2.3.1.5 钻井补偿系统的型式认可应符合 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章对产品型式认可的要求。

2.3.1.6 钻井补偿系统中禁止使用含有石棉的材料。

2.3.2 制造过程中检验

2.3.2.1 在钻井补偿系统设备的制造过程中，按照部件在系统中的重要程度，应进行下列检验：

(1) 材料

① 按照批准的图纸和材料证书，确认材料的炉号、批号、类型、规格、钢板等级，对于不能提供 CCS 产品证书的个别材料需进行理化性能检验（机械性能、化学成分）并提供 CCS 认可。

② 对于主要的材料在切割前进行材料跟踪，确认炉号，钢印转移。

③ 液压缸中与工作介质（如液压油等）接触的所有部件，应采用不受侵蚀、与工作介质不起化学作用的材料制造。

④ 除非经 CCS 特别批准，活塞杆、销轴不允许采用铸造材料，如配用铰轴，其铰轴应采用整体锻造。

(2) 铸、锻件

① 锻件应按照本指南及接受标准、和批准的设计文件和/或工艺文件的要求进行制造，其性能应满足预期所使用的要求。

- ② 依据接受标准和图纸要求，审查无损检测的结果。
- ③ 依据技术文件和图纸要求，审查热处理后的材料性能。
- ④ 铸件应进行热处理以改善其金相组织结构。

(4) 设备审查

审查试验设备包括但不限于无损检测设备、焊接设备、量具、试验设备的校定情况。

(5) 焊接

- ① 审查焊接工艺评定记录（PQR）和焊接工艺规程（WPS）；
- ② 审查焊工资格证书；
- ③ 审查无损检测人员资格证书；
- ④ 审查焊材、焊剂的存储和发放情况，核查焊材、焊剂证书和储存发放控制程序；
- ⑤ 审查现场操作对焊接工艺规程的执行情况，以及预热、层间温度和层间清理的情况；
- ⑥ 对关键焊缝进行外观检查；
- ⑦ 审查最终尺寸和加工过程的关键尺寸的控制状况；
- ⑧ 审查无损检测报告。

(6) 组装

- ① 审查外购件的合格证，尤其是主电机、蓄能器、空气瓶、电缆、液压缸、液压管线等主要部件是否取得 CCS 证书；
- ② 检查主要装配尺寸和装配过程中的关键尺寸及清洁度控制状况；
- ③ 装配完工后，审查设备的整体装配质量。

2.3.2.2 撬块结构的试验

如果设备/部件安装在撬结构上，则应验证此撬块符合经审查过的结构设计，并应至少进行以下工作：

- (1) 审查撬块的材料试验报告；
- (2) 对最终的撬块结构焊缝进行近观检验。
- (3) 撬块结构起重附件/吊耳或眼板的载荷试验。撬块的试验载荷应不小于 1.25 倍的安全起重负荷。
- (4) 在完成撬块结构的载荷试验之后，应进行连接撬块结构与起重附件/吊耳或眼板的焊缝的表面无损检测。

(5) 检查集油盘的布置。

2.3.2.3 液压缸的检验和试验

(1) 材料检验：按照 2.3.2.1 的要求对材料进行检验。

(2) 焊接检验：液压缸焊接部分焊缝是否平整均匀，是否有焊渣和漏焊，是否有超过标准要求的焊接缺陷。

(3) 外露连接的保护：液压缸外露部分油口是否有充分的保护措施，在活塞杆外露的螺纹与其他的连接部分是否加保护套等保护装置。

(4) 尺寸检验

① 对活塞杆上密封槽和外径尺寸进行检验，确保尺寸公差都在图纸要求范围内，检查镀层厚度是否符合设计要求。

② 采用适当的方法测量活塞杆的弯曲度，确认活塞杆的弯曲度在设计要求的范围之内。

③ 对缸体的长度和内径、外径尺寸进行检验，确认尺寸公差符合图纸要求，检查镀层厚度是否符合设计要求。

(5) 外观检验

① 油漆喷涂检验：核查液压缸及零部件的外观是否符合图纸要求，检查油漆表面喷涂是否均匀，是否有掉漆，是否有色差，是否有流挂，在油漆表面是否有明显的灰尘及起泡等。

② 对未喷漆的外观检验：没有喷漆的表面是否生锈，外观是否光滑平整，是否有压痕、夹痕碰伤、划痕等痕迹。在活塞杆表面是否有光滑的镀层，是否有起皮、起泡和脱落等缺陷。

③ 在法兰缸的螺栓连接部分，螺栓伸出与安装长度是否一致，螺母和垫片有无缺失，连接法兰与缸筒是否齐整。

(6) 试验

对于液压缸产品组件，应进行下列试验，并由验船师见证：

① 试运转试验：调整系统压力，在无负载的情况下起动被试液压缸，并全程往复运动数次，排尽缸体内的空气，并在限位端需停留 10s，液压缸应能平稳运行、无异常振动及爬行等现象。

② 最低起动压力试验：试运转后，在无负载的情况下，调整溢流阀，使工作压力腔

压力逐渐升高，至液压缸启动时。记录下启动压力，并验证其是否高于设计启动压力。

③ 耐压试验：在被试液压缸最大和最小行程两种情况下，分别向工作腔输入 1.5 倍公称压力的液压油，保压至少 5min，所有零件不应有破坏或永久变形现象，密封垫及焊缝不应有渗漏。

④ 耐久性试验¹：在额定压力下，将被试液压缸以设计要求最高速度连续运行，一次连续运行 8h 以上。在试验期间，被试油缸的零件不应进行调整。

⑤ 内泄漏试验：在被试液压缸工作腔输入公称压力的液压油，测定经活塞泄漏至未加压腔的泄漏量。

⑥ 外泄漏试验：测量活塞杆密封处的泄漏量，其他配合面处不得有渗漏现象。

⑦ 气密试验：对于气-液缸，应对气介质侧在进行气密试验，确认在设计的工况条件下无可见外漏产生，并验证气侧的介质对液侧的介质泄漏保持在设计允许的范围之内。

⑧ 缓冲试验：调节被试液压缸的试验压力小于公称压力，以设计最高速度运行，考量缓冲装置的缓冲效果。

2.3.3 气-液式钻井补偿系统试验

对于气-液式钻井补偿系统，试验项目应至少包括试验前的准备工作、密性试验、载荷试验和补偿性能试验。

2.3.3.1 试验前的准备工作

试验前应进行下列准备工作：

(1) 在系统组装完毕后，应对系统部件的完好性、连接的可靠性进行检查，并应对系统进行清洗，液压油达到本指南 3.7.1.11 规定的清洁度指标。

(2) 试验仪表应经过校准。

(3) 对于可能造成高压流体伤害的试验，应采取适当的防护措施。

(4) 对系统附属电气、软件及其他控制系统进行调试，以确认其符合进行试验的要求。

(5) 高压气体的压力、容积应达到气-液钻井补偿器系统试验需要的压力。

(6) 对液动力单元（HPU）进行单机试运转。

2.3.3.2 压力试验和密性试验

(1) 应对液压管线按照 1.5 倍的额定工作压力进行压力试验，不出现可见泄漏为合格。

¹耐久性试验适用于首制液压缸的试验。

(2) 系统的密性试验应符合下列要求:

① 对于含有气体介质的液压缸应按照 2.3.2.3 (6) ⑦的要求进行气密试验,以验证其气密性。

② 应对压缩空气系统进行气密试验,试验压力应不小于系统设计压力。

③ 应对整个液压系统进行油液充填试验,以验证系统密性。

④ 在试验过程中,系统不出现可见泄漏为合格。

2.3.3.3 载荷试验

应对主要载荷路径上的液压缸进行载荷试验,以保证其能够承受其设计载荷,具体要求如下:

(1) 对于钻柱补偿系统,应分别进行额定静载试验和最大补偿载荷试验。

(2) 载荷试验后应对各承载部件进行外观检验,必要时进行表面无损检测,以确认载荷试验是否对系统构成永久性损伤。

2.3.3.4 补偿性能试验

应对系统进行补偿性能试验,以验证其能够实现其预定的设计功能和性能,并符合下列要求:

(1) 验证液压缸位置监视装置测量误差不大于设计值。

(2) 验证包括主气阀在内的压缩空气系统功能正常运转,且各个阀门响应速度是否达到钻井作业各个工况下使用要求。

(3) 对于张紧系统,应验证在设计的压缩空气压力下,整个行程中隔水管张力的变化幅度,确定其与性能曲线的符合性满足设计要求;针对设计的保护工况(保护工况应至少包括钢丝绳断裂、隔水管故障、隔水管应急解脱),对防反冲装置的性能进行试验或分析,确认防反冲系统的触发条件、阀门关闭程序及性能符合设计要求。

(4) 对于钻柱补偿系统,应在设计允许的最大升沉位移、最大补偿载荷及最大补偿速度下测试其补偿精度。对于主动和被动复合的补偿系统,应先行对被动部分进行试验,然后在主动和被动系统同时投用时进行试验,以分别测试两种模式下的补偿精度。此外,还应试验钻柱断裂、管线破裂等故障状态下的保护功能。

2.3.4 绞车式钻柱补偿系统试验

对于绞车式钻柱补偿系统,试验项目至少应包括试验前准备、空载运转试验、刹车试验、最大快绳拉力试验和补偿性能试验。

2.3.4.1 试验前的准备

试验前应进行下列准备工作：

(1) 应检查绞车式钻柱补偿系统安装的完整性、基础连接的可靠性和相关软件支持系统的可用性；

(2) 应确认液压介质、润滑介质符合试验要求，相关输送、储存和处理系统处于良好状态；

(3) 应确认电源、环境照明、压缩空气系统及其他相关支持系统处于良好状态；

(4) 所有仪表应经校验；

(5) 应确认安全系统和保护功能的有效性，例如针对失去冷却、润滑时的停机保护功能等。

2.3.4.2 空载运转试验

绞车式钻柱补偿系统的空载运转试验应符合下列要求：

(1) 应对气控系统进行密性试验，并进行动作试验，确认气动控制元件功能正常。

(2) 应启动强制润滑系统，检查系统部件是否有渗漏现象，确认润滑系统是否正常运转。

(3) 应在工作钳、安全钳处于释放状态下，及 100% 的额定滚筒/马达速度下，在正、反两个方向上各至少旋转 5 分钟。重复此试验步骤至少 3 次。并检查马达/电机、齿轮箱和滚筒的轴承温度是否符合设计要求。

2.3.4.3 刹车试验

绞车式钻柱补偿系统的刹车试验包括刹车磨合试验、刹车试验、刹车制动试验和紧急刹车试验。

(1) 刹车磨合试验。应对主刹车进行磨合试验，并考虑刹车夹紧力、滚筒速度、每分钟转数或马达速度。并完成下列工作项目：

① 应监测并记录刹车钳和马达的温度；

② 应监测并记录磨合试验的结果，例如接触面所占磨合面的百分比、表面光亮度等；

③ 验证并记录刹车毂和刹车盘之间的间隙。

(2) 刹车试验。在刹车磨合完成之后，应单个验证每个刹车钳在适用的滚筒和马达载荷下能否正常工作。

① 应记录电流和电压、液压和载荷以及刹车钳的滑动量；

② 应证明每一个刹车钳均具有预定的刹车能力。

(3) 刹车制动试验。对于主刹车，动态/功能刹车制动试验应能将 100%的额定载荷刹住，并至少保持 5 分钟。此项试验包括但不限于下列项目：

① 绞车式钻柱补偿系统在设计规定的电压、电流条件下，和在设计规定时间内停止旋转；

② 检查并且确认刹车的刹持能力（包括刹车钳压力），是否与经批准的设计文件表述一致；

③ 检车并记录刹车钳压力、温度和流量；

④ 应对刹车和液压泄漏进行目视检查。

(4) 紧急刹车试验：

① 在 100%的额定载荷下实施；

② 模拟失去液压供给和主刹车失效；

③ 验证液压或空气释放后弹簧装置工作有效。

2.3.4.4 最大快绳拉力试验

(1) 检查绞车刹车机构是否灵敏可靠，钢丝绳是否完好并安装正确，快端是否紧固可靠。

(2) 逐级加载至设计的最大快绳拉力，并保持检查所需的必要时间。

(3) 载荷卸除后进行目检，并进行空载运转试验，以确认绞车的完好性。

2.3.4.5 排绳试验

在与绞车功率匹配的钻机起下钻作业时空钩悬重的情况下，在绞车设计的不同档位、不同滚筒转速下进行排绳试验，检查钢丝绳排列是否整齐。

2.3.4.6 补偿性能试验

(1) 应在设计的升沉周期、补偿行程和补偿速度下试验绞车的补偿能力，记录补偿位移差值和钩载变化值，验证补偿精度是否达到设计要求。

(2) 在补偿性能试验进行期间应监测并记录绞车功率、电流，及用电负荷情况。

2.3.5 型式试验和出厂试验

2.3.5.1 气-液式钻柱补偿系统的型式试验应包括 2.3.3 中所有的试验项目，成熟产品出厂试验可不包括 2.3.3.3 规定的载荷试验和 2.3.3.4 规定的补偿性能试验。

2.3.5.2 绞车式钻柱补偿系统的型式试验应包括 2.3.4 中所有的试验项目，成熟产品出厂试验可不包括 2.3.4.3 规定的刹车试验、2.3.4.4 规定的最大快绳拉力试验、2.3.4.5 规定的排绳试验和 2.3.4.6 规定的补偿性能试验。

2.3.6 发证

产品检验合格后 CCS 将向申请人签发相关证书和/或其他检验证明文件。证书和/或其他证明文件的类型应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 2 章第 3 节表 2.3.2 注 1 至注 5 的相关要求。

第 4 节 建造厂检验

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 在工程技术条件允许时，经船东、建造厂、设备制造方和 CCS 同意，本章第 2 节规定的部分试验项目可在建造厂中完成。

2.4.1.2 对于由计算机系统控制的钻井补偿系统，在功能试验中应验证其计算机控制功能。

2.4.1.3 检验和试验中应针对可能的危险源采取措施，避免造成人员伤害。

2.4.1.4 如果已通过了本指南 2.3.3.3 和 2.3.4.4 所要求的试验，钻井补偿系统安装到平台后可不再进行载荷试验。如果应船东的要求，在平台上进行载荷试验，验船师应到场见证。

2.4.1.5 钻井补偿系统除应按照本节 2.4.2 和 2.4.3 的规定进行检验外，还应按照 CCS《海上钻井装置检验指南》第 2 章第 4 节 2.4.3 的要求与其他相关系统共同完成钻井系统的联合调试检验。

2.4.2 对气-液式钻井补偿系统检验要求

2.4.2.1 系统安装完毕后，应对管系进行压力试验，液压试验的压力应为 1.5 倍的额定工作压力，气压试验的压力应不小于系统的额定工作压力。管系连接设备后，对整个系统进行整体压力试验，试验压力应不小于系统额定工作压力。

2.4.2.2 在对系统进行功能试验前，应核查下列项目：

- (1) 工厂接受试验的完成情况；
- (2) FMEA 或 FMECA 的完成情况（如适用）；
- (3) 机械完工情况；
- (4) 2.4.2.1 规定的压力试验的完成情况；
- (5) 包括系统润滑、动力支持、控制系统支持、介质预充、灯光照明、安全隐患排除等在内的试验前准备工作完成情况。

2.4.2.3 应对系统进行功能试验，以确定系统的可用性，包括但不限于下列试验项目：

- (1) 液压动力单元运转试验（如适用）；
- (2) 系统遥控阀门和其他重要阀门的动作试验；
- (3) 液压缸行程试验；
- (4) 紧急停止试验；

(5) 主动补偿系统的控制系统相关试验；

2.4.3 绞车式钻柱补偿系统的检验要求

2.4.3.1 应对绞车式钻柱补偿系统与相关供电、液压、压缩空气（如适用）、钻井控制系统等支持系统以及支撑结构的连接和/或配合情况进行检查。

2.4.3.2 应对绞车式钻柱补偿系统进行功能试验，以确定绞车的可用性，包括但不限于下列试验项目：

(1) 旋转检查：应验证钻井绞车正、反两个方向的旋转动作。

(2) 旋转试验：应在 100%的额定滚筒/马达速度下，在正、反两个方向上，各至少旋转 5 分钟。重复这个步骤 3 遍或者根据批准的试验程序进行重复测试。对于每一次试验，应当检查和记录马达/电机、齿轮箱和滚筒的轴承温度。

第 3 章 钻井补偿系统和设备

第 1 节 一般规定

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章的规定适用于钻井补偿系统及设备和支持系统。

3.1.1.2 钻井补偿系统的范围和分类见本指南第 1 章 1.1.2 和 1.1.3 的规定。

3.1.1.3 钻井补偿系统的主要设备、部件类型包括：钻井补偿绞车、压力容器、液压缸、蓄能器、管路和软管等。

3.1.1.4 钻井补偿系统的支持系统包括：液压动力系统、压缩空气系统、电气系统以及平台运动监测系统等。

3.1.2 一般要求

3.1.2.1 钻井补偿系统及设备的设计、制造和试验应符合本章的规定和本指南第 1 章第 3 节所列接受标准的相关要求。当本指南的规定与接受标准的技术要求存在差异时，以本指南要求为准。

3.1.2.2 钻井补偿系统及设备的制造厂应向 CCS 提供一份陈述书，言明由 CCS 检验发证的设备及部件符合适用的标准。如果陈述书言明的标准不包括在本指南第 1 章第 3 节所列的接受标准之中，CCS 将对这些标准进行分析，以确定该标准是否适用。

3.1.2.3 如果钻井补偿系统及设备的设计的某一或某些方面不符合本指南和/或接受标准的要求，CCS 将对此具体的差异进行分析，辨别这些设计是否带来附加的风险，并逐一评价这些风险是否可以接受，给出控制风险的意见或判定该设计是否可以接受。

第 2 节 设计原则

3.2.1 安全原则

3.2.1.1 钻井补偿系统及设备应设计成能最大程度保障人命和财产安全及对环境的影响降至最低。为此在设计中应遵循 3.2.1.2 至 3.2.1.12 规定的原则。

3.2.1.2 系统应按单个误操作或单个故障不至于危及人命安全、导致重大财产损失或环

境污染的原则进行设计。

3.2.1.3 所有设备都应设置安全作业和应急操作所必需的指示仪表。

3.2.1.4 系统和设备应加以保护，防止过载或超压。

3.2.1.5 应尽可能通过安全设计避免或防止危险的发生。

3.2.1.6 针对预计可能发生的安全风险，应有降低风险发生概率和减轻事故后果的措施。

3.2.1.7 安全系统应包括两套独立的保护系统，以防止设备、管路系统及正常过程控制中单个故障或失效所产生的影响或使这种影响降至最小。两级保护一般应由不同功能类型的安全装置构成，以减少因同样原因发生故障的可能性。

3.2.1.8 安全系统、控制系统及报警系统应设计成故障安全型。

3.2.1.9 当由于发展过程太快而不能由人工干预消除的故障状态出现时，安全系统应能即刻做出保护动作，使钻井补偿系统及时恢复至安全状态。

3.2.1.10 应对液压缸直接作用张紧系统（DAT）的大型液压缸进行可靠的固定。固定措施的设计应考虑作业、迁航、风暴自存和事故倾斜等工况。

3.2.1.11 钻井补偿系统应采取有效措施，满足在潮湿、盐雾环境下的防腐要求。

3.2.1.12 钻井补偿系统中所有的联接件和紧固件应有可靠的防松措施。

3.2.2 布置

3.2.2.1 钻井补偿系统设备及部件的布置应使高压气瓶、蓄能器、控制和关断系统以及安全系统在钻井作业期间得到有效保护。

3.2.2.2 危险区内机电设备的布置应满足海洋平台适用规范的相关要求。

3.2.2.3 钻井补偿系统的布置应使所有钻井设备具有足够的操作、维修空间和通道或者设有等效措施。

3.2.2.4 钻井补偿系统动力设备的本地操作台、司钻远程操控台均应设置紧急停止装置。

3.2.3 超压保护

3.2.3.1 可能存在超压的系统和设备和/或部件应由适当的保护装置（安全阀等）进行保护。

3.2.3.2 在超压保护装置的设计和选择中，应考虑最恶劣的工况组合。

3.2.4 材料、焊接和无损检测

3.2.4.1 应根据 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章和接受标准的要求选择设备和部件的材料，并考虑材料与功能、环境的适应性。

3.2.4.2 如果使用的材料不符合 CCS《海上钻井装置检验指南》的接受标准和第 6 章的要求，检验委托方应将能够证明制造商、设计者的经验的书面材料及其相关的实施记录提交 CCS，以便于 CCS 做出是否接受该材料的决定。

3.2.4.3 焊接和无损检测（NDE）一般要求应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章的规定。

3.2.5 电气系统

钻井补偿系统的电气系统和设备应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 5 章的适用要求。

第 3 节 设计载荷条件

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 钻井补偿系统的每个部件都应按预定的不利载荷工况进行设计。对钻井补偿系统功能、强度和安全可靠有不利影响的所有内外载荷均应加以考虑。对实际有可能同时作用的各种载荷，应按其可能不利的情况进行组合。

3.3.1.2 钻井补偿系统的载荷条件主要包括设备和/或系统的设计压力、设计温度、环境载荷、作业载荷和部件自重。

3.3.1.3 设备和/或系统设计压力和设计温度应符合下列要求：

(1) 设计压力和设计温度应包含足够的余量以覆盖预期的内、外压力和温度条件的不确定性；

(2) 设计压力应高于最高操作压力，并且包含一个合适的安全余量；

(3) 设计压力和设计温度的确定，应全面考虑设备和/或系统的启动、关断、运行和可以预计的非正常工况；

(4) 在必要的情况下，如果没有现成的工程经验作参考，可以通过工程分析配合试验的方式，建立设备和/或系统的操作限制条件，用以确定设计压力和设计温度。

3.3.2 环境载荷

3.3.2.1 应采用海洋平台设计所采用的环境条件和运动性能。

3.3.2.2 如适用，在确定环境载荷时应考虑下列因素：

- (1) 海洋平台运动引起的载荷；
- (2) 风载荷；
- (3) 空气温度和湿度；
- (4) 冰雪堆积载荷（适用时）。

3.3.2.3 海洋平台的运动

钻井补偿系统中所有部件/设备的设计载荷应包括由于风、波浪和海流造成的海洋平台运动而引起的载荷。

在设计承压设备（例如，空气瓶等）的固定方式时应考虑海洋平台的运动。

除另有规定外，由钻井补偿系统所在海洋平台的运动引起的动载荷应考虑由横摇、纵摇和垂荡下述联合作用产生的载荷，并取其大值：

- (1) 最大垂荡和最大纵摇；
- (2) 最大垂荡和最大横摇；
- (3) 最大垂荡和同时发生纵、横摇的组合。

3.3.2.4 风载荷应按照接受标准进行计算，设计重现期一般不少于 100 年。

3.3.3 作业载荷

3.3.3.1 作业载荷系指在作业期间所受到的除环境及部件自重以外的其他载荷。

3.3.3.2 作业载荷主要包括大钩载荷和隔水管/隔水导管顶部张力载荷等。

3.3.3.3 由于作业运动引起的纵向载荷一般通过动载荷系数计算。动载荷系数应根据接受标准确定。

3.3.4 载荷的组合

除另有规定外，在钻井补偿系统的设计中，应对下列适用工况评估其有关载荷的组合值：

- (1) 作业工况；
- (2) 自存工况；
- (3) 迁航工况；
- (4) 天气待工工况（如适用）；
- (5) 安装工况。

第 4 节 张紧系统

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 张紧系统中的压缩空气控制装置、空气瓶和蓄能器等承压设备应设置安全阀，安全阀的空气释放管路应是自排式的。

3.4.1.2 压缩空气不应与可燃的液压流体一起使用。

3.4.1.3 宜为张紧系统设置独立的液压动力源。在作业过程中，动力源失效不应导致系统关键性的失效。

3.4.1.4 单一部件的失效不应导致整个系统的失效。

3.4.1.5 系统的设计应使张力得到精确的测量和控制。

3.4.2 隔水管张紧系统

3.4.2.1 隔水管张紧系统一般包括液压缸、滑轮组、张紧钢丝绳、蓄能器组、控制系统/台/面板、空气/氮气压缩机、空气/氮气干燥器、液压动力单元、压力容器、管路、控制线缆等。

3.4.2.2 常用的隔水管张紧系统类型为钢丝绳滑轮式张紧系统和液压缸直接作用张紧系统。对于其他类型的隔水管张紧系统，CCS 将作为新颖设计进行特别考虑。

3.4.2.3 隔水管张紧系统的功能是为隔水管顶部提供垂向拉力，以控制隔水管的应力和位移，并能在平台垂直和水平运动的情况下使隔水管柱的张力基本保持恒定。

3.4.2.4 隔水管张紧系统的设计应能保证在 1 组张紧器失效或维修的情况下，其余张紧器能为隔水管提供所需要的最小张力。

3.4.2.5 隔水管张紧系统中惰滑轮的布置，应使钢丝绳与隔水管伸缩管轴线夹角保持尽可能的小，以使钢丝绳的垂直分力最大化。

3.4.2.6 单个或单组张紧器（如钢丝绳、液压缸组成的单组张紧器）失效时不应使整个张紧系统失效。

3.4.2.7 隔水管张紧系统中应设有防反冲系统，以防止张力器绳索断裂、隔水管破断和应急解脱时，钢丝绳无规则甩动和液缸活塞杆冲破缸套飞出造成事故。该系统应对防反冲阀的启闭具有在线监测的功能，并具备以上三种工况的判断和处理能力，以保障系统的安全。

3.4.2.8 隔水管张紧系统中的张紧钢丝绳，应符合 API SPEC 9A 或其等效标准对隔水管张紧钢丝绳的有关规定。安全系数应按照 API RP 9B 规定的方法来确定，并应不小于 3.0。

3.4.2.9 隔水管张紧系统的滑轮直径确定和滑轮绳槽应符合 API RP 9B 或其等效标准的规定，滑轮直径系数应按照条件 A 或条件 B 来确定，推荐采用条件 A 来确定。滑轮还应符合 API SPEC 8C 或其等效标准的规定。

3.4.3 导管/防喷器张紧系统

3.4.3.1 导管/防喷器张紧系统一般包括导管张紧系统(CTU)和防喷器张紧系统(STU)。导管张紧系统用于张紧并扶正隔水导管，防喷器张紧系统用于张紧防喷器组。导管/防喷器张紧系统可根据作业需要，仅设导管张紧系统。

3.4.3.2 导管张紧系统一般由张紧液压缸、垂直支撑总成、侧向支撑总成、张紧平台/张紧支架、滑移系统、蓄能器组、液压动力系统、压缩空气系统、管路和阀门等组成。

3.4.3.3 防喷器张紧系统一般由张紧液压缸、防喷器卡环、蓄能器以及管路和阀门组成，可与第一级张紧系统共用液压动力系统。

3.4.3.4 导管张紧系统的设计应能保证在单组张紧器失效或维修的情况下，其余张紧器能为隔水导管提供所需要的最小张力。

3.4.3.5 导管/防喷器张紧系统的液压系统设计，应避免在故障状态下快速失去张紧液压缸中的压力。

3.4.3.6 张紧平台/张紧支架应能承受张紧系统传递的载荷，并具有足够的安全裕度。

3.4.3.7 导管/防喷器张紧系统的钢丝绳应符合本节 3.4.2.8 的要求。

3.4.4 其他类型的张紧系统

3.4.4.1 服务于水下井口基盘导向绳和水下防喷器控制盒导向绳的张紧系统，应满足本节 3.4.1、3.4.2.3 和 3.4.2.9 的要求，所用钢丝绳应符合 API Spec 9A 或其等效标准对导向钢丝绳的有关规定。

第 5 节 钻柱补偿系统

3.5.1 一般规定

3.5.1.1 钻柱补偿系统用以消除由平台升沉引起的钻柱上下运动，以便稳定钻压、平稳下放水下防喷器组等水下设备、平稳下套管。

3.5.1.2 本节的规定适用于 1.1.3.2 规定的钻井补偿系统，对于其他类型的钻井补偿系统，

CCS 将作为新颖设计进行特别考虑。

3.5.1.3 钻柱补偿系统中的压缩空气控制装置、气瓶和蓄能器等承压设备应设置安全阀，安全阀的空气释放管路应是自排式的。

3.5.1.4 压缩空气不应与可燃的液压流体一起使用。

3.5.1.5 主动式升沉补偿装置的液压动力单元（HPU）的驱动泵应冗余配置，单台驱动泵失效不应导致整个液压动力单元（HPU）失效。

3.5.1.6 单一部件的失效不应导致整个系统的失效。

3.5.1.7 钻柱补偿系统中的钢丝绳应符合 API Spec 9A 或其等效标准对旋转钻井钢丝绳的有关规定。

3.5.1.8 钻柱补偿系统中提升载荷关键路径上的设备，如滑轮、游动设备及附件等，应符合 API Spec 8C 第 9 章或其等效标准的要求。

3.5.2 气-液式钻柱补偿系统

3.5.2.1 钻柱补偿系统中的设备主要包括液压缸、控制台/盘、钢索、滑轮、链条（如适用）、链轮（如适用）、气液蓄能器、液压动力单元、安全阀、空压机、空气干燥器、空气瓶等。

3.5.2.2 系统的设计应使得操作人员在司钻控制室，能够对系统的运行状况（如系统工作压力、补偿载荷、锁销状态、天车/活塞的位置、漏泄柜的液位及漏泄的水平）进行监控有效的监控。当不正常状况出现时，系统应能向操作人员发出报警。

3.5.2.3 液压缸的设计既要考虑到内压载荷，又要考虑到作为结构件所承受的外部载荷。

3.5.2.4 应在补偿器上设置双向限流措施，以防止由于钻具断裂、绳索/链条断裂、软管破裂等情况下压力冲击和流体迅速流失。

3.5.2.5 钻柱补偿系统的设计应考虑到在作业期间，在有某些流体损失的情况下，仍能保证系统正常工作。

3.5.2.6 对于主动补偿系统，单一部件失效不应导致整个系统失效，在正常和应急作业的情况下都应能保证系统的动力供应。

3.5.2.7 对于主被动复合补偿系统，主动部分失效不应导致整个系统失效。

3.5.3 绞车式钻柱补偿系统

3.5.3.1 绞车式钻柱补偿系统的主要功能是起下钻和下套管，在钻进过程中控制钻压；此

外还应根据探测到平台运动信息，减轻平台运动对钻柱运动和受力状态的影响。其设计除满足本指南的要求外，还应满足接受标准的要求。

3.5.3.2 绞车应设有主刹车系统和独立的应急刹车系统。其中应急刹车应为失效安全设计，其刹车能力应为静刹车力矩的 200%。

3.5.3.3 绞车应具有足够的刹车能力，具体要求如下：

(1) 刹车能力的计算（如摩擦系数的选取）应考虑到机械部件最不利状况。

(2) 机械磨擦式刹车应有防止异物进入的适当措施以免影响刹车性能。

(3) 机械磨擦式刹车的能力应符合下列最低要求：

① 对于不使用动力下降负荷的系统：200%静刹车力矩；

② 对于使用动力下降负荷的系统：静刹车力矩和马达所获得的最大静力矩在作用方向相同情况下之和的 110%。（静刹车力矩指绳索在滚筒最外层时提升 SWL 所得到的力矩）。

(4) 电磁刹车、水冷式气动盘式刹车所用的冷却水应设有流量和温度控制，当数值超限时应发出报警。

(5) 电磁刹车与绞车滚筒之间的机械连接器上应装设一个防止意外脱开的装置。

3.5.3.4 滚筒是钻井绞车的核心部件，对于简单的圆筒式滚筒，其设计应保证圆筒上的环向应力不大于材料屈服应力的 85%，环向应力按下式计算：

式中： S ——卷扬时绳索的张力，N；

P ——在同一层中绳索间从中心至中心的距离，mm；

t_{av} ——滚筒的平均壁厚，mm；

C ——增力系数，一层卷绳取0.85，二层卷绳取1，三层卷绳取1.3，四层及以上卷绳取1.75。

对于其他型式（比如内部带有加强筋）的滚筒，可采用其他经 CCS 接受的计算方法。

3.5.3.5 在滚筒的两端应设凸缘，凸缘所承受的侧向压力假定在顶层绳索处为 0，并按线性增加至由下列公式计算的最大值：

$$p_f = \frac{2t_{av}\sigma_h}{3D}$$

式中： D ——滚筒的外径，mm；

σ_h ——绳索在最上一层数时的环向应力，MPa；

如经试验证明，可取经证实的更小的压力值。

3.5.3.6 绞车辅助刹车和其他所有电气和控制装置应适用于其所在的区域。

第 6 节 结构

3.6.1 一般规定

3.6.1.1 本节要求适用于钻井补偿系统的主承载结构。

3.6.1.2 结构设计应符合适用的接受标准和本节的规定，应考虑适用其预定的用途、临近或直接作用的其他构件的影响，并保证在所有规定的设计工况下使用安全。

3.6.1.3 结构的材料应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章第 2 节的有关规定。

3.6.1.4 作用在结构上的载荷及载荷组合应符合本章第 2 节的有关规定。

3.6.1.5 除另有规定外，许用应力应符合适用的接受标准，如 AISC Manual of Steel Construction, API Spec 4F 的有关规定。

第 7 节 液压、气压及控制系统

3.7.1 液压系统

3.7.1.1 液压介质的性能应能满足作业环境温度的要求，并对系统部件不产生化学腐蚀，液体介质闪点应不低于 150°C。

3.7.1.2 液压系统中应设有防止压力脉冲的措施，液体的流动应保持层流。

3.7.1.3 可拆卸的接头应有保护以免液体漏泄伤人或喷到热表面上。

3.7.1.4 液压系统中应设有过滤装置。如必要，液压系统中宜设有放气措施。

3.7.1.5 需要连续操作的系统或不洁流体会导致严重操作失误的系统，应设两套平行的滤器系统，当滤器污堵时应发出报警。

3.7.1.6 对于就地安装的作为关键系统备用动力源的蓄能器或气瓶，应有措施避免被误操作隔断和机械损坏。

3.7.1.7 在失火情况下，要继续使用的管路和设备应是耐火型的。应有必要的措施防止软管的错误连接。

3.7.1.8 为应对恶劣工况的出现，液压返回管路应有最大的设计回流量，要特别注意避

免在过滤器或泄放管处发生的堵塞和由于机械损坏或阀门误操作所引发的堵塞。

3.7.1.9 液压介质循环柜和膨胀柜上的空气管应引向安全地点。

3.7.1.10 在投入使用之前，应对管路进行冲洗和清洁。

3.7.1.11 液压介质应具有足够的清洁度，系统液压介质清洁度宜符合下列规定：

(1) 对于气-液式钻柱补偿系统、钢丝绳滑轮式隔水管张紧系统和液压缸直接作用隔水管张紧系统，液压介质清洁度等级达到 ISO 4406 所规定的 16/13 级，或 NAS 1638 所规定的 7 级水平；

(2) 对于导管/防喷器张紧系统，液压介质清洁度等级达到 ISO 4406 所规定的 19/16 级，或 NAS 1638 所规定的 10 级水平。

3.7.1.12 液压系统应设有超压保护装置。

3.7.2 气压系统

3.7.2.1 为防止在管路内积存液体，干管应成倾斜布置，并设低点放空装置。

3.7.2.2 仪表空气应无油、无湿气、无污染，并应在各种设计工况下无凝结发生，仪表空气应配有单独的空气储气罐（或净化风罐），储气罐入口前配有单向阀（止回阀）。

3.7.2.3 当系统服务于一个以上功能（如两个控制回路）时，其减压阀和过滤器应设两套。

3.7.2.4 投入使用之前，应对管路进行清洁和干燥。

3.7.2.5 气压系统应设有超压保护装置，压力过低时应具有报警功能。

3.7.3 控制系统

3.7.3.1 钻井补偿系统的控制系统是用于连接、协调传输作业指令或命令的总成。控制方式可以为液压型、气压型、气-液型、电-液型等，或者上述类型的组合。

3.7.3.2 下列要求应适用于钻井补偿控制系统的设计：

(1) 单一控制系统部件失效不会导致整个控制系统失效或失去控制。并应对钻井补偿控制系统进行 FMEA、FMECA 或类似的分析，以证明设计原则对系统的符合性。

(2) 当可能从多于一个控制位置控制系统或设备时，每次控制只能从一个控制位置实施。

3.7.3.3 对于钻井补偿系统的各子系统和设备的控制系统，除应满足本节规定外，还应满足该子系统、设备在本指南对应章节要求的规定。

3.7.4 电控系统和基于计算机的控制系统

3.7.4.1 电控系统和基于计算机的控制系统应符合 CCS《海上钻井装置检验指南》第 5 章的要求。

3.7.4.2 电控系统应符合其所在区域的防爆要求。

3.7.4.3 人机交互界面设计应符合人体工程学的要求，软件界面设计宜简洁美观、色彩搭配和谐。

第 8 节 承压设备

3.8.1 压力容器

3.8.1.1 本条所规定的压力容器是指钻井补偿系统中的蓄能器、气瓶和储气罐等容纳压力介质的容器。

3.8.1.2 压力容器应按照接受标准进行设计、建造和试验。替代的设计规范和标准应由 CCS 按照本指南第 1 章 1.3.1.2 原则进行特殊考虑。

3.8.1.3 压力容器的设计应使得由于平台运动加速度、管口载荷和弯矩和其他外力（如风力）引起的应力在设计规范允许的范围之内。

3.8.1.4 压力容器的设计压力不得低于最高工作压力，安全阀的开启压力不得大于设计压力。

3.8.1.5 应对所有的压力容器进行可靠支撑和固定。

3.8.1.6 用于制造压力容器的材料应符合专门的设计规范和 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章的规定，并应根据预定的用途适当选择。

3.8.1.7 压力容器的焊接、无损检测和防腐保护应符合专门的设计规范和 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章的规定。

3.8.2 液压缸

3.8.2.1 钻井补偿系统的液压缸应符合本章第 1 节、第 4 节、第 5 节和第 7 节的适用要求和接受标准的规定。钻柱补偿系统、张紧系统的液压缸关键载荷路径上的液压缸的设计文件应提交 CCS 审查。

3.8.2.2 用于制造液压缸的材料应符合设计规范和 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章的规定，并应根据预定的用途适当选取。

3.8.2.3 液压缸的焊接和无损检测应符合专业的技术规范和 CCS《海上钻井装置检验指南》第 6 章的适用规定。

第 9 节 撬装设备

3.9.1 撬结构

3.9.1.1 钻井补偿系统设备撬装结构应有足够的强度和刚度，以便支撑安装的设备 and 管路，允许在船和海洋平台上起重而不损伤设备和管路。

3.9.1.2 对于撬装结构计算应提交 CCS 审查。

3.9.1.3 撬装结构的起重附件的设计应符合 API RP 2A WSD 和/或 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》。

3.9.1.4 撬装结构的起重附件的载荷试验应按照 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》进行。

3.9.2 集油盘

3.9.2.1 集油盘用于收纳从撬装设备和管路中溢出和泄漏的介质，并且将液体以足够的斜度引入排放收集系统。

3.9.2.2 在撬的整个外周设置不低于 150mm 溢流围堰。溢流围堰低于 150mm 时，应向 CCS 提交溢油围堰以证明其具有足够的收集溢漏能力。

3.9.2.3 如果集油盘与包边梁之间采用密封焊，且向上延伸的高度满足 3.9.2.2 的要求，则从集油盘向上延伸的包边梁可以考虑作为溢油围堰来使用。