

T/HEBQIA

团 体 标 准

T/HEBQIA XXXX—2025

钢管杆生产工艺规程

Code of practice for production process of steel poles

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

河北省质量信息协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 产品分类 2

5 原材料检验 2

6 制造过程 3

7 成品质量 8

内部讨论资料 严禁非授权使用

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河北珠峰铁塔有限公司提出。

本文件由河北省质量信息协会归口。

本文件起草单位：河北珠峰铁塔有限公司、河北云海钢结构有限公司、长城鑫瑞鑫通讯设备集团有限公司、青岛睿轩钢结构工程有限公司、XXXXX。

本文件主要起草人：马同峰、冷兴、扈景国、曹宏亮、张雨、康磊、XXXXX。

内部讨论资料 严禁非授权使用

钢管杆生产工艺规程

1 范围

本文件规定了钢管杆的产品分类、原材料检验、制造过程、成品质量。
本文件适用于10 kV～500 kV输变电钢管结构产品的生产制造。其他类似钢结构制造可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 41 1型六角螺母 C级
GB/T 95 平垫圈 C级
GB/T 223（所有部分） 钢铁及合金
GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
GB/T 470 锌锭
GB/T 700 碳素结构钢
GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 805 扣紧螺母
GB/T 1591 低合金高强度结构钢
GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母
GB/T 4842 氩
GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 5313 厚度方向性能钢板
GB/T 5780 六角头螺栓 C级
GB/T 6052 工业液体二氧化碳
GB/T 6170 1型六角螺母
GB/T 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法
GB/T 30790.5 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第5部分：防护涂料体系
GB/T 36037 埋弧焊和电渣焊用焊剂
DL/T 284 输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母

DL/T 646—2021 输变电钢管结构制造技术条件
DL/T 899 架空线路杆塔结构荷载试验
HG/T 3728 焊接用混合气体 氩-二氧化碳

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢管杆 steel pole

由单根或多根钢管主杆、其他构件等组成的锥形或多边形塔杆结构。

4 产品分类

- 4.1 按结构型式分为单杆结构和多杆结构。
- 4.2 按截面积型式分为圆形和多边形。
- 4.3 按连接型式分为法兰螺栓连接、插接和焊接连接。

5 原材料检验

5.1 一般要求

5.1.1 检验人员应对原材料进行检验，检验内容包括：

- 根据采购订单，核对物料名称、规格、数量等信息；
- 检查物料包装应密封、完整，无破损、水渍等情况。

5.1.2 检验人员应核对原材料的出厂质量合格证明书，并经抽检合格后使用。原材料取样批次、数量应满足相关标准的要求。

5.1.3 完成检验后的原材料应经质量检验合格后放行生产成品，每批均应附有标记单，注明原材料名称、批号、产地、数量、生产日期、质检员等信息。

5.2 钢材材质

5.2.1 钢管杆制造用钢材宜选用符合 GB/T 700、GB/T 1591 规定的 Q235、Q355、Q420 或机械性能不小于 Q235、Q355、Q420 的其他型号材料。若采用正火轧制或热机械轧制钢材，应征得设计部门的确认。进口钢材的质量应符合设计和合同的规定。

5.2.2 当设计要求采用厚度方向性能钢板时，其质量指标应符合 GB/T 5313 的规定。

5.2.3 钢材应具有可追溯标记。在制造过程中，如原有可追溯标记被分割，应于材料分割前完成标记的移植。

5.2.4 当设计或合同无特殊要求时，单轧钢板厚度允许偏差应符合 GB/T 709 的规定。

5.2.5 检测人员采用目力检查钢材表面，应无裂缝、折叠、结疤、夹杂和重皮等缺陷；表面有锈蚀、麻点、划痕时，其深度应不大于钢材厚度负允许偏差值的 1/2，且累计误差在负允许偏差范围内。

5.2.6 型钢应无大于 5 mm 的毛刺。型钢的表面缺陷允许清除，但不应横向清除，清除处圆滑无棱角，清除宽度不小于清除深度的 5 倍，清除后的型钢尺寸偏差不超出合同约定的负允许偏差。

5.2.7 钢材可采用下列方法进行检验：

- 化学成分检测：按 GB/T 223（所有部分）对钢材的碳、硅、锰、磷、硫等元素进行检验。

——力学性能检测：按 GB/T 228.1 对钢材拉伸性能进行检验；按 GB/T 232 对钢材冷弯性能进行检验；按 GB/T 229 对钢材韧性进行检验。

5.3 焊接材料

5.3.1 检查焊条、焊丝、焊剂等焊接材料的质量合格证书或随行文件，焊条质量应符合 GB/T 5117 的规定，埋弧焊焊丝、焊剂符合 GB/T 5293 的规定，气体保护焊焊丝符合 GB/T 8110、GB/T 10045 的规定。

5.3.2 采用目力检查焊条、焊丝表面，焊条表面药皮应无脱落、受潮现象；焊丝表面应光滑平整，无毛刺、划痕、锈蚀、氧化皮或其他对焊接性能及焊接设备操作性能有不良影响的杂质。

5.3.3 焊接气体使用的氩气应符合 GB/T 4842 的规定，纯度不低于 99.99%，二氧化碳符合 GB/T 6052 的规定，混合气体符合 HG/T 3728 的规定。

5.3.4 每种焊材第一次使用前应进行熔敷金属力学性能试验。

5.3.5 应按 GB/T 36037 对焊剂颗粒度、化学成分、焊接工艺性能等指标进行检验。

5.4 紧固件

5.4.1 钢管杆制造用紧固件规格、等级及防腐形式应按设计文件要求选用，检查其质量合格证书或随行文件，质量符合 GB/T 41、GB/T 95、GB/T 805、GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 5780、GB/T 6170、DL/T 284 的规定。

5.4.2 检查 8.8 级及以上的高强度螺栓应有强度和塑性试验的合格证明。

5.4.3 检查紧固件的镀锌层，厚度应符合 GB/T 13912 的规定。

5.5 防腐处理材料

5.5.1 检查锌锭或锌丝的质量合格证书或随行文件，质量应符合 GB/T 470 的规定。

5.5.2 检查防腐漆的质量合格证书或随行文件，质量应符合 GB/T 30790.5 的规定。

6 制造过程

6.1 下料

6.1.1 根据钢管杆钢材的设计尺寸，使用切割机等设备对钢材进行下料加工，可采用数控火焰切割机、等离子切割机等。对于精度要求高的零件可采用激光切割。

6.1.2 下料过程中应严格控制尺寸精度，确保零部件的规格符合图纸要求。采用游标卡尺、钢卷尺等测量工具，对钢材下料后的长度、宽度、厚度等尺寸进行测量。切割允许偏差应符合 DL/T 646—2021 的规定。

6.1.3 钢材切断后，断口上应无裂纹、分层和大于 1.0 mm 的边缘缺棱，切断处切割面平面度不大于 0.05t，且不大于 2.0 mm，割纹深度不大于 0.3 mm，局部缺口深度允许偏差为 1.0 mm。切割面上的熔瘤、挂渣、飞溅物等应清除干净。

6.2 制孔

6.2.1 根据钢管杆设计图纸，确认孔位、孔径、精度要求及工艺参数。采用放样或数控划线，标记孔中心及轮廓线，预留加工余量。

6.2.2 制孔前应清理待加工表面，去除锈蚀、油污及毛刺。

6.2.3 小孔 ($\leq \phi 50 \text{ mm}$) 宜采用钻床钻孔, 大孔 ($> \phi 50 \text{ mm}$) 先预钻引导孔, 再用镗床或数控切割成型。制孔的允许偏差应符合 DL/T 646—2021 的规定。

6.2.4 制孔后应进行去毛刺, 可采用锉刀、砂轮或专用设备清理孔口及内壁毛刺。制孔表面应无明显凹面缺陷和大于 0.3 mm 的毛刺。制孔后孔壁与零件表面的边界交接处, 应无大于 0.5 mm 的缺棱或塌角。

6.2.5 钢材材质为 Q235 且厚度大于 16 mm 、钢材材质为 Q355 且厚度大于 14 mm 、钢材材质为 Q420 且厚度大于 12 mm 的所有厚度, 均不应采用冲孔工艺。

6.2.6 挂线孔应采用钻孔工艺。

6.2.7 当采用激光切割工艺制孔时, 钢材厚度应不大于 30 mm 。钢材材质为 Q420 钢材厚度应不大于 25 mm 。孔壁表面应无大于 0.6 mm 的凹线或凸线, 粗糙度 R_a 不大于 $25 \mu\text{m}$ 。

6.2.8 运行在 -20°C 及以下的输变电钢管结构产品不应采用激光切割工艺制孔。

6.3 制弯

6.3.1 制弯前准备

6.3.1.1 工艺方案制定: 根据钢管杆设计图纸, 明确制弯部位的尺寸 (弯曲半径、弯曲角度、弯曲长度等)、精度要求及材料特性 (如钢材牌号、壁厚)。结合产品特点和设备能力, 制定制弯工艺方案, 确定制弯方法 (如冷弯、热弯)、设备选型 (如弯管机、压力机) 及工装夹具设计。若为热弯, 应明确加热温度、保温时间等参数。

6.3.1.2 原材料检查: 核对待制弯钢管的材质证明、规格尺寸, 应与设计要求一致。检查钢管表面质量, 应无裂纹、凹陷、锈蚀等影响制弯质量的缺陷。

6.3.1.3 工装夹具准备: 根据制弯工艺要求, 准备合适的工装夹具 (如弯管模具、支撑装置等)。工装夹具的尺寸精度、表面粗糙度应符合要求。对工装夹具进行清理和检查, 应无变形、磨损等问题。

6.3.1.4 设备调试: 检查制弯设备的运行状态, 包括动力系统、传动系统、控制系统等, 设备应运行稳定。根据制弯参数, 调整设备的压力、速度、行程等参数, 进行试运转, 设备性能应满足工艺要求。

6.3.2 操作

6.3.2.1 根据设计要求, 选择合适的制弯操作, 常见的有冷弯工艺、热弯工艺等。

6.3.2.2 冷弯工艺符合下列要求:

——钢管定位: 将待制弯钢管放置在弯管机的工作台上, 通过工装夹具将其固定牢固, 钢管的轴线应与弯管模具的轴线重合, 制弯部位准确对准模具的弯曲中心;

——制弯过程: 启动弯管机, 按照设定的工艺参数 (如弯曲速度、压力) 进行制弯。在制弯过程中, 操作人员应密切观察钢管的变形情况, 弯曲角度、弯曲半径符合设计要求。对于有多个弯曲部位的钢管, 应按照顺序依次进行制弯, 每次制弯后重新定位。

6.3.2.3 热弯工艺符合下列要求:

——加热处理: 将钢管的制弯部位置于加热设备中进行加热, 加热温度应根据钢材材质确定。采用测温仪实时监测加热温度, 温度应均匀且不超过材料的过热温度。加热过程中, 应对钢管进行保温, 使钢管内部温度一致;

——热态制弯: 当钢管加热至规定温度后, 迅速将其转移至弯管设备或压力机上, 利用工装夹具固定, 按照设定的工艺参数进行制弯。热弯过程中, 应避免钢管温度过快下降, 必要时可对制弯区域进行补热;

——冷却处理: 制弯完成后, 根据钢材特性选择合适的冷却方式。对于普通碳素钢, 可采用自然冷却; 对于低合金钢, 若有要求, 可进行缓冷或热处理, 以消除内应力。

6.3.3 质量控制及检测

6.3.3.1 尺寸检测：采用角度仪检测制弯角度，允许偏差应控制在 $\pm 0.5^\circ$ 以内，制弯初圆度应为 $2D/100$ （ D 为钢管直径），且不大于 10.0 mm 。采用游标卡尺、卷尺等专业量具检测弯曲半径，最小弯曲半径宜不小于 $1.5D$ 。

6.3.3.2 外观检查：采用目力检查制弯部位的表面质量，应无裂纹、明显的折皱、凹面和损伤，划痕深度不大于 0.5 mm ，钢管最薄处不小于原厚度的 90% 。制弯处应进行无损检测，无裂纹或分层。

6.4 焊接

6.4.1 焊接前准备

6.4.1.1 技术文件确认：根据钢管杆设计图纸、焊接工艺规程及相关标准，明确焊接接头形式（如对接、角接）、焊缝等级、焊接材料型号、焊接参数（电流、电压、焊接速度等）及检验要求。

6.4.1.2 焊接材料准备：根据钢材材质和焊接工艺要求，选择匹配的焊接材料。焊条使用前应按说明书要求进行烘干，烘干后存入保温筒内，随用随取；焊丝应去除表面油污、锈蚀；焊剂应经烘干去除水分。

6.4.1.3 工件清理：焊接区域（坡口及两侧各 $20\text{ mm}\sim 30\text{ mm}$ 范围内）应进行清理，去除铁锈、油污、氧化皮、水分等杂质，可用角磨机、钢丝刷等工具打磨至露出金属光泽。焊接坡口应优先采用机械方法加工。采用火焰切割时，焊缝坡口处应平整、无毛刺、无裂纹、无气割熔瘤、无氧化层和夹层等缺陷。

6.4.1.4 设备与工装准备：检查焊接设备（如手工电弧焊机、埋弧焊机、气体保护焊机等）的性能，电流、电压调节应正常，冷却系统、送丝机构工作稳定，仪表经校验合格。根据焊接需求准备合适的工装夹具（如卡具、支撑装置）。

6.4.1.5 焊工资格确认：施焊焊工应经过专门的基本理论和操作技能培训并考试合格取得合格证书，且证书在有效期内，严禁无证或超范围焊接。

6.4.2 操作

6.4.2.1 对接焊缝：采用多层多道焊，第一层焊道应保证良好的熔透，焊道宽度不宜过大。后续各层焊道应逐层清理焊渣，避免夹渣。焊接时焊条或焊丝应保持合适的角度，匀速移动，确保焊缝成形良好。

6.4.2.2 角焊缝：焊脚尺寸应符合设计要求，可采用对称焊接或分段焊接。焊接时应保证熔透，无咬边、未焊满等缺陷。

6.4.2.3 气体保护焊：应保证保护气体（如二氧化碳、氩气）纯度和流量，防止空气侵入熔池产生气孔。风速较大时应采取防风措施。

6.4.2.4 埋弧焊：应保证焊丝与工件对准，焊剂覆盖均匀，及时清理焊渣，检查焊道成型。

6.4.3 质量控制及检测

6.4.3.1 焊缝外观质量：采用目力检查焊缝表面，焊缝感观应外形均匀、成型较好，焊道与焊道、焊缝与基体金属间圆滑过渡，焊渣和飞溅物清除干净。焊缝质量等级应不低于DL/T 646—2021中的二级。

6.4.3.2 焊缝内部质量符合下列要求：

——焊缝内部质量检验应在焊接完成 24 h 后并经外观检测合格再进行。焊后热处理时，焊缝内部质量检验应在热处理后进行；

——可采用超声波探伤、射线探伤等无损检测方法进行内部质量检测。探伤检测比例的计算方法应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度不小于 200 mm ，当焊缝长度不足 200 mm 时，对整条焊缝探伤；

——焊缝内部局部无损检测发现疑似裂纹、未熔合或未焊透等危害性缺陷时，应对该条焊缝进行全

部检测。如发现其他不准许缺陷,应在其延伸方向或可疑部位做补充检测,补充检测的长度不小于原焊缝长度的 10%,且不小于 200 mm。经补充检测仍不合格,应对该焊工在该条焊缝的全部焊接部位进行检测;

——经射线或超声波检测的焊缝,如有超标的缺陷,应在缺陷清除后补焊,并对该部分焊缝采用原检测方法重新检测。

6.5 附件装配

6.5.1 根据设计图纸要求,将法兰、横担、爬梯、脚钉等附件装配到钢管杆上。附件的材质、规格应符合设计要求,且具有质量证明文件。

6.5.2 附件装配前,应对其进行检查,无变形、损伤等缺陷。装配时,应保证附件的位置准确,连接牢固。采用焊接连接的附件,焊接质量应符合相关要求;采用螺栓连接的附件,螺栓应拧紧,扭矩应符合设计要求。

6.5.3 法兰连接时,法兰面应平整,无毛刺、划痕、裂纹、夹层、折叠、夹渣和其他降低法兰强度及连接可靠性的缺陷,圆角过渡处应光滑,不得减小其有效承载面积。法兰与钢管的连接焊缝应符合设计要求,且进行无损探伤检测。

6.5.4 横担、爬梯等附件的安装应符合设计图纸的位置和角度要求。

6.5.5 附件装配允许偏差应符合 DL/T 646—2021 的规定。

6.6 防腐处理

6.6.1 表面预处理

6.6.1.1 在进行防腐处理前,应对钢管杆各部件表面进行预处理,去除表面的油污、铁锈、氧化皮等杂质。

6.6.1.2 表面预处理宜采用角磨机、砂纸或喷砂抛丸设备对钢管杆各部件表面进行打磨。对于焊接部位、边角等易积污的区域重点处理,表面应无明显凸起或凹陷。钢管杆各部件表面应无可见油污、锈迹及颗粒杂质,手触表面无明显毛刺。

6.6.2 防腐涂装

6.6.2.1 根据设计要求和环境,选择合适的防腐涂料和涂装工艺,常见的有热浸镀锌、热喷锌、喷涂防腐漆等。

6.6.2.2 热浸镀锌符合下列要求:

——除油:将钢管杆放入含碱性除油剂的槽体中,通过浸泡、喷淋或超声波清洗等方式处理。处理后钢管杆表面应无油膜、挂珠,用清水冲洗后表面能均匀湿润,无局部疏水区域;

——酸洗除锈:将钢管杆浸入酸洗槽(可添加缓蚀剂防止钢材过腐蚀)。酸洗过程中应定期翻动钢管杆,各表面均与酸液充分接触。处理后钢管杆表面应无可见锈迹、氧化皮,露出金属本色,用清水冲洗后无残留酸液;

——助镀:将钢管杆浸入助镀剂溶液,均匀浸泡。钢管杆表面应形成均匀的灰白色薄膜,无露底、无结块,自然干燥后无粉化现象;

——热镀锌:将钢管杆沥干水分,缓慢浸入熔融锌液中,完全浸没,且与锌锅底部、侧壁保持一定距离。取出时缓慢提升,使多余锌液回流,减少锌瘤、锌渣产生。镀层表面应光滑、均匀,无漏镀、起皮、鼓泡等缺陷,镀锌层厚度符合设计标准;

——冷却:将钢管杆放入冷却水槽中或采用强制风冷方式降温。冷却至室温后,镀层应无裂纹、剥落,尺寸变形量在允许范围内;

——钝化：将钢管杆浸入钝化剂溶液，浸泡后取出沥干。自然晾干或低温烘干。钝化膜应均匀、无漏涂，表面呈淡黄色或无色透明，用手指轻擦无明显掉色。

6.6.2.3 热喷锌符合下列要求：

- 热喷锌：采用电弧喷涂或火焰喷涂设备，将锌丝加热至熔融或半熔融状态，通过压缩空气将其雾化成细小颗粒，高速喷射到钢管杆表面，形成锌涂层。锌层厚度应不小于 100 μm；
- 封闭处理：热喷锌结束后的 6 h 内应采取封闭处理。常用封闭剂有丙烯酸树脂、环氧树脂等，采用刷涂或喷涂方式均匀涂覆在锌涂层表面，形成封闭层。

6.6.2.4 喷涂防腐漆符合下列要求：

- 涂料准备：按照涂料说明书要求，将底漆、面漆分别搅拌均匀，混合后的涂料需静置熟化，并在规定活化期内使用；
- 底漆喷涂：使用高压无气喷涂机进行喷涂，对于螺栓孔、边角等部位，采用小口径喷枪补涂。底漆表面应光滑、无气泡、漏涂，干燥后用指甲划刻无起皮现象；
- 面漆喷涂：底漆完全干燥后进行面漆喷涂，操作方式与底漆一致。面漆表面应色泽均匀、无流挂、针孔，与底漆结合紧密，无剥离现象。

6.6.3 质量控制及检测

6.6.3.1 热镀锌层

外观：采用目力检查镀锌层表面，镀锌层表面应连续完整，具有实用性光滑，无过酸洗、起皮、漏镀、结瘤、积锌和锐点等使用上有害的缺陷。镀锌颜色一般呈灰色或暗灰色。镀锌层应分布均匀。

厚度：采用磁性测厚仪检测镀锌层厚度。钢管杆镀锌层厚度和镀锌层附着量应符合表1的规定。

表 1 镀锌层厚度和镀锌层附着量

镀件厚度/（mm）	厚度最小值/（μm）	最小平均值	
		附着量/（g/m ² ）	厚度/（mm）
≥5	70	610	86
<5	55	460	65

注：在镀锌层的厚度大于规定值的条件下，被镀制件表面可存在发暗或浅灰色的色彩不均匀。

附着力：采用锤击法或剥离试验检测镀锌层的附着力。锤击法：通过重锤敲击镀锌层表面，观察镀锌层是否出现起皮、剥落现象；剥离试验：通过特定工具剥离镀锌层，判断镀锌层与钢材基体的结合强度。

6.6.3.2 防腐漆涂层

厚度：采用涂层测厚仪检测防腐漆涂层的干膜厚度。钢管杆主材的防腐漆涂层总厚度应不小于150 μm，且涂层厚度均匀。

附着力：按GB/T 9286规定的试验方法检测防腐漆涂层的附着力。观察防腐漆涂层的剥落情况。钢管杆主材的防腐漆涂层附着力等级应不低于1级。

6.7 成品组装

- 6.7.1 在组装场地，应按设计图纸和组装工艺要求，将经过防腐处理的钢管杆零部件进行组装。
- 6.7.2 对于螺栓连接的部位，应按照规定的扭矩拧紧螺栓。检查螺栓的型号、规格和数量，应符合设计要求，采用扭矩扳手检测拧紧力矩。

6.7.3 对于焊接连接的部位，应进行现场焊接。

6.7.4 组装完成后，应对钢管杆进行整体试拼装。检查各部件尺寸、连接精度，应符合设计要求。

6.8 成品检测

6.8.1 外观

6.8.1.1 钢管杆表面质量：采用目力检查钢管杆表面和镀层情况。表面应平整、光滑，无明显的凹凸不平、划伤、碰伤等缺陷。涂层应均匀、完整，色泽一致，无漏涂、流挂、起泡等现象。

6.8.1.2 焊缝外观质量：采用放大镜和焊接检验尺检测。焊缝应符合 6.4.3.1 的规定。

6.8.1.3 附件装配质量：对照图纸目测检查。附件应安装牢固，位置准确，无松动、变形等现象。

6.8.2 整体尺寸

6.8.2.1 钢管杆尺寸及偏差：采用卡尺、钢卷尺、超声波测厚仪等测量工具，检测钢管杆外形尺寸、孔径等。

6.8.2.2 附件安装尺寸：采用经纬仪或水准仪、塞尺、钢卷尺等测量工具，检测钢管杆各部件尺寸参数。

6.8.3 连接质量

6.8.3.1 螺栓连接：检查螺栓型号、规格、数量。采用扭矩扳手检测螺栓拧紧力矩。

6.8.3.2 焊接连接：对现场焊接的部位进行外观检查 and 无损检测。

6.8.4 力学性能

6.8.4.1 承载能力：按 DL/899 规定的试验方法检测钢管杆的荷载、位移、应变等参数。

6.8.4.2 疲劳试验：对于特殊环境或频繁承受动载荷的钢管杆，应进行疲劳试验。通过反复施加一定幅值的荷载，模拟钢管杆在长期运行过程中的受力状态，检查在疲劳荷载作用下的性能变化，评估钢管杆的疲劳寿命。

7 成品质量

钢管杆质量要求应符合 DL/T 646—2021 的规定。