

DB37

山东省地方标准

DB37/T 3069—2017

球形储罐现场制造监督检验规则

2017-12-13 发布

2018-01-13 实施

山东省质量技术监督局 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 检验程序及双方职责 2

5 监检项目 4

6 监检要求 4

7 检验问题的处理 13

8 监检工作见证和监检记录 14

9 监检机构资料存档 14

附录 A（资料性附录） 球形储罐现场制造监督检验记录表..... 15

附录 B（资料性附录） 球形储罐现场制造施工工艺质量控制要素..... 20

附录 C（资料性附录） 球罐现场制造工艺条件..... 24

前 言

本规则按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本规则由山东省特种设备检验研究院有限公司提出。

本规则由山东省标准化技术委员会秘书处归口。

本规则起草单位：山东省特种设备检验研究院有限公司。

本规则主要起草人：衣粟、孙洪彬、张国庆、宋天圣、刘丹、吴畏、岳明。

引 言

本规则依据《特种设备安全法》、《特种设备安全监察条例》、《固定式压力容器安全技术监察规程》等法规和规章的规定，主要针对球形储罐现场制造监督检验规则提出了具体的检验项目和检验要求。

制定本规则的目的在于制定球形储罐现场制造监督检验规则、规范监检过程及监检行为。在球形储罐现场制造过程中，通过监督检验发现其制造过程中存在的安全性能问题，保证其安全性能。

球形储罐现场制造监督检验规则

1 范围

本规则规定了球形储罐现场制造监督检验的要求。

本规则适用于设计压力大于等于0.1 MPa且不大于6.4 MPa的桔瓣式或混合式以支柱支撑的球形储罐（以下简称球罐）现场制造安全性能的监督检验工作。

本规则不适用于下列球罐的监督检验工作：

- a) 核能装置中的球罐；
- b) 经受相对运动（如车载或船载）的球罐；
- c) 公称容积小于 50 m³的球罐；
- d) 双层结构的球罐。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 12337—2014 钢制球形储罐

GB 50094—2010 球形储罐施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压力

垂直作用在球罐单位表面积上的力。除注明者外，压力均指表压力。

3.2

工作压力

在正常工作情况下，球罐顶部可能达到的最高压力。

3.3

设计压力

指设定的球罐顶部的最高压力，与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，其值不低于工作压力。

3.4

试验压力

进行耐压试验或泄露试验时，球罐顶部的压力。

3.5

计算压力

在相应设计温度下，用以确定球壳板厚度或受压元件厚度的压力，包括液柱静压力等附加载荷。

3.6

最大允许工作压力

在指定的相应温度下，球罐顶部所允许承受的最大压力，该压力是根据球罐各受压元件的有效厚度，考虑了该元件承受的所有载荷而计算所得，且取最小值。

3.7

设计温度

球罐在正常工作情况下，设定的元件的金属温度（沿元件金属截面温度平均值）。

3.8

试验温度

进行耐压试验或泄露试验时，球壳的金属温度。

3.9

计算厚度

按公式计算得到的厚度。

3.10

设计厚度

计算厚度与腐蚀裕量之和。

3.11

名义厚度

设计厚度加上钢材厚度负偏差后向上圆整至钢材标准规格的厚度。即标注在图样上的厚度。

3.12

有效厚度

名义厚度减去腐蚀裕量和钢材厚度负偏差。

4 检验程序及双方职责**4.1 球罐现场制造监督检验的一般程序**

球罐现场制造监督检验的一般程序包括：

- a) 受检单位提出监检申请并且签署监检工作协议，明确双方的权利、责任和义务；
- b) 监检员审查相关技术工艺文件后，确定监检项目；
- c) 监检员对现场制造、施工过程进行监检，填写监检记录等工作见证；
- d) 现场制造监检合格后，在产品铭牌上打监检钢印；
- e) 监检机构出具监检证书。

4.2 受检单位在接受监督检验过程中应当承担的义务

受检单位在接受监督检验过程中应当承担的义务包括：

- a) 制造单位必须持有相应压力容器制造、安装改造维修许可证，或者其许可申请已被受理；
- b) 建立质量保证体系并且保持有效实施，对球罐的现场制造、施工质量负责；
- c) 监检应当在办理施工告知、向监检机构报检之后开始进行；
- d) 监检是在受检企业质量检验（以下简称自检）合格的基础上，对球罐安全性能进行的监督验证；
- e) 施工过程中如果涉及外协单位，审查外协单位相应资质，工作过程中必须保证在本单位质量保证体系的监督下完成工作，并将外协单位相关手续提供监检单位审查；
- f) 向监检机构提供必要的工作条件和与监检有关的真实、有效的质量保证体系文件、技术资料、检验记录和试验报告等；
- g) 对监检员发出的《特种设备监督检验联络单》（以下简称《监检联络单》）或监检机构发出的《特种设备监督检验意见通知书》（以下简称《监检意见书》），在规定的期限内处理并书面回复；
- h) 确定监检联络人员，按照质量计划、工作进度和监检员确定的现场检验点、抽查检验点，提前通知监检员到场；
- i) 应当监检而未经监检的球罐不得交付使用。

4.3 监检机构职责

4.3.1 监检应当在球罐制造现场，且在现场制造过程中进行。对实施监检的球罐，必须逐台进行产品安全性能监督检验。

4.3.2 监检机构应当有相应的压力容器监督检验资质。

4.3.3 建立质量保证体系并且保持有效实施，对球罐现场制造监督检验工作质量负责。

4.3.4 发现制造单位质量保证体系实施或者球罐安全性能存在严重问题（注 1）时，发出《监检意见书》，同时报告设备所在地的和颁发许可证的特种设备安全监管部门。

4.3.5 对监检员加强管理，定期对监检员进行培训、考核，防止和及时纠正监检失当行为。

4.3.6 按照信息化工作和统计年报的要求，及时汇总、统计有关监检的数据。

注：严重问题是指：监检项目不合格并且不能纠正；制造单位质量保证体系实施严重失控；对《监检联络单》提出的问题拒不整改；已不再具备制造或施工的许可条件；严重违反特种设备许可制度（如发生涂改、伪造、转让或出卖特种设备许可证的，向无特种设备许可证的单位出卖或非法提供产品质量证明书的）；发生重大质量事故等问题。

4.4 监检员职责

4.4.1 对所进行的监检工作质量负责。

4.4.2 对受检单位提供的技术资料妥善保管，并且具有保密的义务。

4.4.3 发现受检单位质量保证体系实施或者球罐的安全性能存在一般问题时，及时向制造单位发出《监检联络单》。

4.4.4 发现制造单位质量保证体系实施或者球罐的安全性能出现不符合安全技术规范的严重问题时，及时停止监检并向监检机构报告。

4.4.5 及时在工作见证上签字（章）确认，填写监检记录。

4.4.6 对监检合格的压力容器，及时出具《特种设备监督检验证书》，负责打监检钢印。

5 监检项目

5.1 监检项目确定原则

监检员应当依据本规程、设计文件规定的产品标准和制造技术条件、工艺文件，综合考虑所监检的球罐制造、施工过程对安全性能的影响程度，结合受检单位的质量保证体系实施状况，基于制造质量计划确定监检项目。

监检员确定的监检项目不得低于本规则要求。

5.2 监检项目分类

5.2.1 A类监检项目（以下简称A类）

指对球罐有重大影响的关键项目，在制造、施工到达该项目时，监检员现场监督该项目的实施，其结果得到监检员的现场确认合格后，方可继续制造、施工。

5.2.2 B类监检项目（以下简称B类）

指对球罐有较大影响的重点项目，监检员一般在现场监督该项目的实施，如不能及时到达现场，制造单位在自检合格后可以继续制造、施工，监检员随后对该项目的结果进行现场检查，确认该项目是否符合要求。

5.2.3 C类监检项目（以下简称C类）

指对球罐有影响的检验项目，监检员通过审查制造单位相关的自检报告、记录，确认该项目是否符合要求。

6 监检要求

6.1 球罐制造现场质量保证体系审查

现场检查球罐制造单位现场的质量保证体系运转情况是否正常；审查受检单位制造现场的告知、质保手册、程序文件、管理制度、作业指导书、记录表格等是否符合要求，内容是否齐全、完整；检查是否有现场质保体系人员任命文件，审查施工组织设计内容是否完整；制造单位与热处理、无损检测分包单位的分包协议、分包方评价及分包管理规定。

6.2 球罐现场制造设计文件审查

制造单位在制造投料前将球罐的设计文件、质量计划、焊接工艺规程（WPS）和热处理工艺等相关工艺文件提交监检员审查。监检员逐台审查球罐的设计文件、质量计划和相关工艺文件。球罐设计文件审查。至少包括以下内容：

- a) 设计单位的资质、设计总图的批准手续是否符合要求；
- b) 外来图样是否按质量保证体系文件的规定进行工艺审图；
- c) 强度计算书或者应力分析报告、设计总图及其制造技术条件、必要的风险评估报告等设计文件是否齐全；
- d) 设计变更（含材料代用）手续是否符合要求；
- e) 设计采用的安全技术规范及产品标准、主要受压元件材料的标准是否为有效版本；
- f) 当设计方法采用规则设计方法或者分析设计方法之外的方法时，是否按照安全技术规范的要求进行了技术评审并且履行了相应的批准手续；采用试验方法设计时，监检员现场确认试验过程

（由制造单位以外的机构进行试验时，审查相关见证资料），并且在试验报告上签字（章）确认；

- g) 设计总图上注明的无损检测要求、热处理要求、耐压试验和泄漏试验要求是否符合安全技术规范及产品标准的规定。

监检员完成上述监检项目后，在监检记录中记录设计总图图号。

6.3 球罐现场制造工艺文件审查

审查相关工艺文件是否符合制造单位质量保证体系的批准程序，下列内容是否符合安全技术规范、产品标准和设计总图的规定：

- a) 审查相关工艺文件的批准程序；
- b) 是否依据相应的焊接工艺评定编制焊接工艺规程（WPS）或者焊接作业指导书（WWI）；
- c) 当球罐需要进行焊后热处理时，其要求是否与相应的焊接工艺评定或者焊接工艺规程（WPS）中的焊后热处理要求相符；
- d) 当采用安全技术规范及产品标准中没有规定的无损检测方法、消除焊接残余应力方法、改善材料性能方法、泄漏试验方法等新工艺时，新工艺是否进行了安全技术规范要求的技术评审及履行了相应的审批手续。

6.4 球罐现场制造质量计划审查

审查质量计划是否符合制造单位质量保证体系的批准程序，下列内容是否符合安全技术规范及产品标准、设计总图的规定：

- a) 主要受压元件材料验收；
- b) 产品焊接试件、热处理试件检验与试验；
- c) 对接焊接接头的无损检测；
- d) 焊后热处理；
- e) 外观与几何尺寸检验；
- f) 耐压试验和泄漏试验；
- g) 设计总图中规定的特殊技术要求；
- h) 采用新材料、新工艺的质量控制要求。

监检员完成质量计划审查后，在质量计划中明确监检项目并且签字（章）确认。

6.5 球壳板出厂资料审查

依据相关安全技术规范要求，单独出厂并且具有焊缝的球壳板需在制造厂进行监督检验，监检合格后方可出厂。

球壳板出厂资料审查包括：审查产品质量证明文件的批准手续，其内容与相关安全技术规范的符合性；球壳板出厂监检证书及产品质量证明文件是否齐全。

6.6 基础验收（C类）

审查“球罐基础验收记录或者报告”或现场检查球罐基础应符合设计图纸和有关规范安全技术规范及产品标准的要求。符合要求时，在“球罐基础验收记录或报告”上签字（章）确认。

6.7 零部件的检查和验收（C类）

6.7.1 球壳板和试板的检查

- 6.7.1.1 球壳的结构型式应符合设计图样要求。每块球壳板本身不得拼接。
- 6.7.1.2 制造单位提供的球壳板表面不应有裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、分层等缺陷，当存在裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、分层等缺陷时，应按有关规范标准的要求进行修补。
- 6.7.1.3 球壳板的曲率、几何尺寸，球壳板和坡口表面质量，球壳板测厚，超声检测，磁粉检测，化学成分等应符合附录 B 要求，应力分析设计球形储罐曲率最大间隙不得大于 3 mm。
- 6.7.1.4 当相邻板的厚度差大于或等于 3 mm 或大于其中的薄板厚度的 1/4 时，厚板边缘应削成斜边，削边后的端部厚度应等于薄板厚度。

6.7.2 支柱的检查

- 6.7.2.1 支柱全长长度允许偏差为 3 mm。
- 6.7.2.2 支柱与底板焊接后应保持垂直，其允许偏差为 2 mm。
- 6.7.2.3 支柱全长的直线度偏差应小于或等于全长的 1/1000，且不大于 10 mm。
- 6.7.2.4 现场组焊的上、下段支柱接口处最大与最小直径差，不应大于支柱内直径的 1%，且不应大于 4 mm。

6.8 现场焊材、焊材库、焊工的审查（C 类）

- 6.8.1 检查制造现场焊材库的设置是否满足要求；焊接材料应有专人负责保管、烘干和发放，检查焊材烘干记录、发放回收记录等是否完整，查看是否配备有足够的保温桶。
- 6.8.2 审查焊材的选用是否符合图纸及焊接工艺评定的要求，审查焊材的质量证明文件、焊材的扩散氢试验报告，监检员可现场抽查一批焊材检查其批次等内容是否与质量证明文件相对应。
- 6.8.3 焊条应按产品说明书要求烘干，无要求时，低氢型焊条应按 350℃～400℃恒温 1 小时以上的要求烘干，烘干后的焊条应保存在 100℃～150℃的恒温箱中随取随用，焊条表面药皮应无脱落和明显裂纹；焊条电弧焊时，焊条应存放在合格的保温筒内，且保存时间不超过 4 h，当超过时，应按原烘干温度重新烘干，重复次数不得超过 2 次；
- 6.8.4 焊丝在使用前应清除铁锈和油污等。
- 6.8.5 从事球形储罐焊接的焊工，必须按有关安全技术规范的规定考核合格，并应取得相应项目的资格后，方可在有效期内担任合格项目范围内的焊接工作。监检员现场抽查施焊焊工的资质，检查其焊工证的相应资质、有效期以及聘用单位是否为现场制造单位。

6.9 球罐现场组对质量监检（B 类）

- 6.9.1 制造单位在球罐组对后施焊前将组对质量检验记录或者报告提交监检员。
- 6.9.2 监检员审查组对质量的检验项目是否满足安全技术规范、产品标准和设计总图的规定；组对精度、坡口表面质量、坡口间隙、坡口错边量等均应满足附录 B 的要求，并进行现场抽查。抽查数量根据压力容器的组对难度确定且不少于一条。
- 6.9.3 监检员完成组对质量的监检后，在监检记录上记录现场抽查的焊接接头编号。

6.10 产品焊接试件监检

每台球罐应做立焊和平焊加仰焊 2 块或横焊、立焊和平焊加仰焊 3 块（注 1）产品焊接试件，设计有特殊要求时按设计要求。

- a) 产品焊接试件制备的审查（C 类）。审查焊接试件制备的方法是否符合安全技术规范、产品标准、设计的总图规定，当球罐需要进行焊后热处理时，还应当检查产品焊接试件的热处理工艺与实际热处理工艺的一致性；

- b) 产品焊接试件检查（A类）。在制取拉伸、弯曲、冲击试样前，现场检查焊接产品焊接试件，并且标注监检标记；
- c) 产品焊接试件的试样和试验结果的确认（C类）。审查产品焊接试件的试验报告，查看试验结果是否符合相关标准的要求；当监检员认为有必要时，现场检查试验后的试样。

监检员完成产品焊接试件的监检后，在产品焊接试件试验报告上签字（章）确认。

注：当设计、制造标准为GB 50094—2010时制作3块焊接试板，当设计、制造标准为GB 12337—2014时制作2块焊接试板，两个标准都有则制作3块焊接试板。

6.11 焊接过程的监检

6.11.1 焊接过程的监检

焊接过程的监检包括：

- a) 制造单位在热处理或者耐压试验前，将焊接记录与施焊记录提交监检员审查，监检员抽查焊工资格是否符合安全技术规范的规定，抽查实际施焊的工艺参数是否符合焊接作业指导书（WWI）的要求（C类）；
- b) 当主要受压元件用材料是标准抗拉强度下限值大于或者等于 540 MPa 的低合金钢钢板、奥氏体-铁素体不锈钢钢板、用于设计温度低于-40℃的低合金钢钢板以及制造单位首次施焊的材料时，监检员还应当对焊接过程进行现场抽查，抽查焊工资格、焊接材料、焊接工艺参数是否符合焊接作业指导书（WWI）的要求（B类）；
- c) 审查超次返修是否经过制造单位技术负责人批准，审查返修工艺是否有经过评定合格的焊接工艺规程（WPS）支持（C类）。

焊缝焊接前的预热以及焊后的后热处理需满足表1及附录B的要求。

6.11.2 焊缝的修磨和焊补

6.11.2.1 修磨

球壳板局部表面和焊缝表面的缺陷及工卡具焊迹必须用砂轮修磨。修磨范围内的倾斜度至少为1:3。修磨后的球壳实际厚度不得小于设计厚度，同时磨除深度应小于球壳名义厚度的5%，且不大于2 mm。超过时，应进行焊补。

6.11.2.2 焊补

球罐的焊补应满足相关产品标准及以下要求：

- a) 对球壳表面缺陷进行焊补时，每处的焊补面积应在 5000 mm² 以内。如有两处以上焊补时，任何两处的净距应大于 50 mm。每块球壳板上焊补面积总和必须小于该块球壳板面积的 5%。补焊后的表面应修磨平滑，修磨范围内的倾斜度至少为 1:3，且高度不大于 1.5 mm。当球壳板表面焊补深度超过 3 mm 时，还应进行超声检测；
- b) 焊缝表面缺陷进行焊补时，焊补长度应大于 50 mm。材料标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540$ MPa 的低合金钢材焊缝焊补后，应在焊补焊道上加焊一道凸起的回火焊道。回火焊道焊完后，应磨去回火焊道多余的焊缝金属，使其与主体焊缝平缓过渡；
- c) 焊缝的内部缺陷焊补时，清除的缺陷深度不得超过球壳板厚度的 2/3。若清除到球壳板厚度的 2/3 处还有残留缺陷时，应在该状态下焊补，然后在其背面再次清除缺陷，进行焊补。焊补长度应大于 50 mm；
- d) 焊接接头同一部位的焊补次数不宜超过 2 次。如超过 2 次，焊补前应经制造单位技术总负责人批准。焊补次数、部位和焊补情况应记入球罐质量证明书。

球形储罐修磨和焊补后应按下列规定进行无损检测：

- a) 各种缺陷清除和焊接修补后均应进行磁粉或渗透检测；
- b) 当表面缺陷焊接修补深度超过 3 mm 时（从球壳板表面算起）应进行射线检测或 TOFD 检测；
- c) 焊缝内部缺陷修补后，应进行射线检测或超声检测，选用的方法与修补前发现缺陷的方法相同。

监检员完成焊接过程的监检后，在抽查的焊接记录上签字(章)确认，需要对焊接过程进行现场抽查时，还应当记录现场抽查的焊接接头的编号、焊工资格、焊接材料等相关信息。

表1 常用钢的预热温度

板厚/mm	钢号				
	Q24R	Q345R 16MnDR 15MnNiDR	Q370R 15MnNiNbDR	07MnMoVR 07MnNiVDR 07MnNiMoDR	09MnNiDR
	预热温度/℃				
20	—	—	—	—	—
25	—	—	75~125	50~75	50~75
32	—	75~125	100~150		
38	75~125	100~150	125~175	75~100	75~100
50	100~150	125~175	150~200	100~125	100~125
注1：拘束度高的部位（如接管、人孔）或环境气温低于5℃时，应采用较高的预热温度，扩大预热范围。 注2：不同强度的钢相互焊接时，应采用强度较高的钢所适用的预热温度。 注3：“—”表示不需要预热。					

6.12 无损检测的监检

6.12.1 产品无损检测记录与报告审查（C类）

产品无损检测记录与报告审查内容包括：

- a) 无损检测分包单位的无损检测资质；
- b) 从事无损检测工作的人员的资格证书是否有效；
- c) 无损检测报告和无损检测工艺的批准程序是否符合制造单位质量保证体系的规定；
- d) 无损检测实施的时机、比例、部位、执行的标准和合格级别是否符合安全技术规范、产品标准和设计总图的规定。

监检员完成焊接接头无损检测记录与报告的审查后，在无损检测报告上签字(章)确认。

6.12.2 射线底片审查（C类）

监检员根据制造单位质量保证体系的实施状况，确定射线底片审查的数量和部位。审查射线底片质量及评定是否符合安全技术规范、产品标准和设计总图的规定。射线底片审查的数量和部位至少满足以下要求：

- a) 审查交叉焊缝、返修部位及其扩探部位、采用不可记录的脉冲反射法超声检测而附加的局部射线检测的底片；
- b) 对于制造单位首次施焊的材料、标准抗拉强度下限值大于或者等于 540 MPa 的低合金钢、铬钼钢、用于设计温度低于-40℃的低合金钢制的球罐，审查抽查的数量不低于表 2 的要求。

表2 射线底片审查数量要求

每台压力容器射线底片总数 (N)	压力容器射线检测比例	
	全部 (100 %)	局部 ≥20 %
$N \leq 10$	N	N
$10 < N \leq 100$	30 % N 并且不小于 10	50 % N 并且不小于 10
$100 < N \leq 500$	20 % N 并且不小于 30	25 % N 并且不小于 50
$N > 500$	15 % N 并且不小于 100	20 % N 并且不小于 125

6.13 热处理的监检

6.13.1 热处理记录和报告的审查 (C 类)

制造单位在耐压试验前，将热处理的记录、报告及相关的检验和试验报告提交给监检员。监检至少包括以下内容：

- a) 审查热处理报告的批准程序是否符合制造单位质量保证体系的规定；
- b) 审查热处理作业指导书、热处理记录曲线、热处理报告是否符合热处理工艺的要求；
- c) 当热处理后需要进行相关检验和试验时，审查相应的检验试验报告。

6.13.2 热处理后的返修 (C 类)

对有焊后热处理要求的球罐，审查是否在热处理后进行了焊接返修，若有焊接返修，审查是否按安全技术规范、产品标准、设计总图的规定重新进行了焊后热处理。

6.13.3 热处理试件的监检

热处理试件的监检至少包括以下内容：

- a) 热处理试件制备的审查 (C 类)。审查热处理试件制备的方法和数量是否符合安全技术规范及其产品标准、设计总图规定的制造技术条件；
- b) 热处理试件检查 (A 类)。在制取试样前，现场检查热处理试件，并且标注监检标记；
- c) 热处理试件的试样和试验结果的确认 (C 类)。审查热处理试件的试样和试验结果；当监检员认为有必要时，现场检查试验后的试样。

表3 测温点数

球罐容积 (m ³)	测温点数 (个)
50	8
120	10
200	10
400	14
650	22
1000	25
1500	30
2000	32
2500	36
3000	40
4000	45
≥5000	50

6.13.4 现场热处理监检（A类）

现场制造球罐进行焊后热处理时，审查现场热处理方案，检查热电偶的布置及个数（表3）和热处理温度数据采集情况。

监检员完成热处理的监检后，在热处理报告上签字（章）确认。

6.14 外观几何尺寸的监检

6.14.1 外观几何尺寸资料审查

监检员审查管口位置图、焊缝布置图、外观与几何尺寸检验报告的批准程序是否符合制造单位质量保证体系的规定；审查外观与几何尺寸检验报告中的检验项目是否符合安全技术规范、产品标准、设计总图的规定。（C类）

6.14.2 焊后尺寸检查（C类）

焊接后，棱角，两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径之间相互之差，两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径与设计直径之差均应符合附录B的要求。

支柱应在球形储罐径向和周向两个方向检查支柱的垂直度。当支柱高度小于8 m时，垂直度允许偏差为12 mm；当支柱高度大于8 m时，垂直度允许偏差为支柱高度的1.5 ‰，且不应大于15 mm。

6.14.3 宏观检查（B类）

宏观检查至少包括以下内容：

- a) 检查焊缝布置情况；
- b) 抽查母材表面机械接触损伤情况和焊缝外观，并在监检记录上记录抽查的焊缝编号；
- c) 对于按分析设计的球罐，还应当重点检查焊缝的余高，是否按规定予以去除，焊缝表面是否与母材表面平齐或者圆滑过渡。
- d) 凡进行疲劳分析设计的球罐，球壳对接焊缝表面应与母材表面齐平，公差要求为^{+1.5}mm。

表4 对接焊缝余高 e₁，e₂

标准抗拉强度下限值R _m ≥540 MPa的低合金钢钢材				其他钢材			
单面坡口		双面坡口		单面坡口		双面坡口	
e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂
0%~10% δ _s 且≤3	0~1.5	0%~10% δ ₁ 且≤3	0%~10% δ ₂ 且≤3	0%~15% δ _s 且≤3	0~1.5	0%~15% δ ₁ 且≤3	0%~15% δ ₂ 且≤3

表5 应力分析设计球形储罐对接焊缝余高 e₁，e₂

标准抗拉强度下限值R _m ≥540 MPa的低合金钢钢材				其他钢材			
单面坡口		双面坡口		单面坡口		双面坡口	
e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂
0%~10% δ _s 且≤2.4	0~1.5	0%~10% δ ₁ 且≤2.43	0%~10% δ ₂ 且≤2.4	0%~15% δ _s 且≤3	0~1.5	0%~15% δ ₁ 且≤3	0%~15% δ ₂ 且≤3

6.15 耐压试验的监检（A类）

6.15.1 液压试验

试验介质、试验温度需符合附录B的要求。

试验程序和步骤：

- a) 试验球罐内的气体应当排干净并充满液体，试验过程中，应保持球罐外表面的干燥；
- b) 当试验球罐罐壁金属温度与液体温度接近时，方可缓慢升压；
- c) 试验时，压力应缓慢上升，升至试验压力的 50 % 时，保压 10 min，然后对球罐的所有焊接接头和连接部位进行渗漏检查，确认无渗漏后继续升压；
- d) 压力升至设计压力时，保压 10 min，然后再次进行渗漏检查，确认无渗漏后再升压；
- e) 压力升至试验压力时，保压不少于 30 min，然后将压力降至设计压力进行检查，检查期间压力应保持不变，以无渗漏为合格；
- f) 液压试验完毕后，应将液体排尽，用压缩空气将球罐内吹干。排液时，严禁就地排放。
- g) 液压试验的合格标准：试验过程中，球罐无渗漏，无可见的变形和异常声响。

6.15.2 气压试验和气液组合压力试验

6.15.2.1 试验所用气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体；试验液体与液压试验的规定相同。

6.15.2.2 气压试验和气液组合压力试验应有安全措施，试验单位的安全管理部门应当派人进行现场监督。

6.15.2.3 试验温度应符合附录 B 中液压试验的要求。

6.15.2.4 试验时应先缓慢升至规定试验压力的 10 %，保压 5 min，然后对所有焊接接头和连接部位进行初次检查；确认无泄漏后，再继续升压至规定试验压力的 50 %；如无异常，其后按规定试验压力的 10 % 逐级升压，直到试验压力，保压 10 min；然后降至设计压力进行检查，检查期间压力应保持不变。试验后应缓慢卸压。

6.15.2.5 气压试验过程中，球罐无异常声响，经肥皂液或其他检漏液检查无漏气，无可见的变形；气液组合压力试验过程中，应保持球罐外表面干燥，无液体渗漏，经肥皂液或其他检漏液检查无漏气，无异常声响，无可见的变形。

6.15.2.6 监检员现场见证耐压试验后，审查耐压试验报告的审批手续是否符合制造单位质量保证体系的规定，并且签字(章)确认。当需要耐压试验后进行无损检测时，监检员需审查无损检测记录与报告。

6.16 基础沉降的监检 (C 类)

球形储罐在充水、防水过程中(注1)，应对基础的沉降进行观测，并应作实测记录；沉降观测及沉降量应符合附录B的要求，监检员需审查基础沉降报告的批准程序及结果是否符合制造单位质量保证体系及设计文件的要求，并审查报告结果是否符合相关要求。

注：包括液压试验和气液组合压力试验。

6.17 泄漏试验的监检 (C 类)

6.17.1 气密性试验

6.17.1.1 气密性试验所用气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体。

6.17.1.2 气密性试验压力为球罐的设计压力。

6.17.1.3 试验时，压力应缓慢上升，升至规定试验压力的 50 % 时，保压 5 min，然后对球罐的所有焊缝和连接部位进行检漏检查，确认无泄漏后继续升压。压力升至试验压力时，保压 10 min，然后进行泄露检查，以无泄漏为合格。试验后应缓慢卸压。

6.17.1.4 试验过程中，无泄漏合格；如有泄露，应在修补后重新进行试验。

6.17.1.5 其他泄露试验方法和要求还应符合相关标准规定。

泄漏试验监检员审查泄漏试验报告的审批手续是否符合制造单位质量保证体系的规定,试验方法和试验报告是否符合安全技术规范、产品标准和设计总图的规定,并且在泄漏试验报告上签字(章)确认。

6.18 安全附件(C类)

6.18.1 超压泄放装置

6.18.1.1 超压泄放装置的计算与安装应符合相关标准的要求。

6.18.1.2 盛装易爆液化气体的球罐,至少应设置2个安全阀,任意一个安全阀的泄放量应满足事故状态下球罐的最大泄放量的要求。

6.18.1.3 两个或两个以上的安全阀装设在一个连接口时,该连接口的截面积应不小于安全阀的进口截面积之和。

6.18.1.4 对液态烃或者毒性程度为极度、高度或者中度危害介质的球罐,必须在泄放装置的排出口装设导管,导管将泄放介质引至安全地点,并进行妥善处理。

6.18.2 紧急切断装置

6.18.2.1 紧急切断装置是指紧急切断阀及其操作机构。

6.18.2.2 盛装毒性为极度、高度危害或者液态烃球罐的进出口应安装紧急切断装置。

6.18.2.3 紧急切断装置的安装位置宜尽量靠近球罐第一道密封面。

6.18.2.4 盛装液态烃的球罐,其液相进口管线上,应安装止回阀。

6.19 竣工资料的监检(C类)

竣工资料的审查至少包括以下内容:

- a) 竣工图样、压力容器产品合格证(含压力容器产品数据表)的批准程序是否符合制造单位质量保证体系的规定;
- b) 压力容器产品合格证(含压力容器产品数据表)、产品质量证明文件是否齐全并且符合安全技术规范的要求;
- c) 设计修改、变更是否按规定办理手续并且在竣工图上清晰标注;
- d) 超压泄放装置质量证明书及其校验报告,检查其制造单位是否持有特种设备制造许可证,其校验报告是否有效,动作压力是否符合安全技术规范的要求。

其余资料需符合附录B的要求。

监检员完成竣工资料的审查后,在竣工图和压力容器产品数据表上签字(章)确认。

6.20 产品铭牌的监检(B类)

经监检合格的产品,监检员逐台汇总监检记录及见证资料,监检机构在监检工作完成后及时按台出具《监检证书》并在铭牌上打上监检钢印。

7 检验问题的处理

7.1 发现制造单位质量保证体系实施或者球罐安全性能存在一般问题时,监检员应当及时向制造单位发出《特种设备监督检验联络单》(以下简称《监检联络单》),制造单位应在规定的期限内处理并且书面回复,如未在规定期限内处理并且书面回复,应当暂停对其监检。

7.2 发现制造单位质量保证体系实施或者球罐安全性能出现不符合安全技术规范的严重问题时，监检员应当及时向监检机构报告并停止监检，监检机构发出《特种设备监督检验意见通知书》（以下简称《监检意见书》），同时报告所在地的质量技术监督部门或省级质量技术监督部门。

7.3 《监检联络单》和《监检意见书》由监检机构质量管理部门存档。受检企业对提出的监检意见拒不接受的，监检单位应当及时向当地特种设备安全监察机构反映。受检企业整改不合格不予出具监督检验证书。

7.4 监检员在监检过程中，发现受检企业存在影响安全性能的行为或影响受检设备安全性能的技术问题，又无法现场解决时，应当及时报告监检机构技术管理部门。

8 监检工作见证和监检记录

监检机构根据监检工作的需要，制定有关监检工作见证和监检记录的要求。

- a) 监检工作见证包括监检完成后的质量计划以及监检员签字（章）确认的受检单位提供的相应检验、试验报告和监检记录；
- b) 监检记录应当能够表明监检过程的实施情况，并且具有可追溯性；除本规程明确要求的监检记录外，监检员还应当记录监检工作中的抽查情况以及发现问题的项目、内容。

9 监检机构资料存档

监检机构存档资料应包括：

- a) 监检证书；
- b) 签字（章）确认的质量计划复印件；
- c) 压力容器监督检验记录；
- d) 压力容器产品数据表复印件；
- e) 《监检联络单》和《监检意见书》；
- f) 签字（章）确认的热处理报告及曲线图复印件；
- g) 签字（章）确认的耐压试验报告复印件。
- h) 监检机构质量管理体系文件中规定存档的其他资料。

AA

附 录 A
(资料性附录)
球形储罐现场制造监督检验记录表

编号：

现场制造单位						
制造许可证级别			制造许可证编号			
产品编号			产品名称			
设备类别			设备代码			
球壳板制造单位						
制造许可证级别			制造许可证编号			
设计单位						
设计许可证编号			设计日期			
序号	监 检 项 目		类别	监检记录及工作见证	监检员	确认日期
1	设计文件	设计单位的资质、设计图样的批准手续是否齐全有效	/			
		设计文件是否齐全	/			
		设计总图上注明的无损检测要求、热处理要求、耐压试验和泄漏试验要求是否符合安全技术规范及产品标准的规定	/			
		设计标准是否有效	/			
		外来图样是否按质量体系文件的规定进行工艺审图	/			
		设计方法采用规则设计方法或者分析设计方法之外的方法时，是否通过了安全技术规范要求的技術评审	/			
		设计变更(含材料代用)手续是否符合要求	/			

2	工 艺 文 件	是否依据相应的焊接工艺评定编制焊接工艺规程(WPS)或者焊接作业指导书(WWI)	/			
		当采用安全技术规范及产品标准中没有规定的新工艺时,是否进行了安全技术规范要求的技术评审及批准	/			
		需要进行焊后热处理时,其要求是否与相应的焊接工艺评定或者焊接工艺规程(WPS)中的焊后热处理要求相符	/			
		热处理方案内容及批准程序是否符合要求	/			
3	质量 计划	是否符合制造单位质量保证体系的批准程序	/			
		是否符合安全技术规范及产品标准、设计总图的规定	/			
4	现场 复 验	球壳板出厂资料审查	C			
		球壳板厚度抽查复验	C			
		球壳板周边 100mm 范围内超声抽查复验	C			
		球壳板曲率、几何尺寸、球壳板和坡口表面质量复验	C			
		坡口表面磁粉抽查复验	C			
		基础复验	C			
		焊材材质单	/			
5	分包 协议	需要分包的项目是否有分包协议	/			
6	组对	现场组焊、现场制造的组对质量	B			

7	焊接工艺评定	焊接工艺评定程序审查	C			
		焊接工艺评定试件检查	A			
		焊接工艺评定试验报告确认	C			
		焊接工艺评定报告审查	C			
8	焊接过程	焊工资格	C			
		实际施焊的工艺参数	C			
		焊接过程现场抽查	B			
		焊接返修	C			
9	产品焊接试件	产品焊接试件的制备	C			
		产品焊接试件检查	A			
		产品焊接试件的试样、试验结果	C			
10	无损检测	无损检测人员资格	C			
		无损检测报告和无损检测工艺的批准程序	C			
		无损检测实施的时机、比例、部位、执行的标准和合格级别	C			
		射线底片抽查	C			
11	热处理	热电偶布置是否符合相关标准要求	A			
		热处理温度数据采集情况				
		热处理试件摆放的区域是否符合热处理方案、安全技术规范、产品标准和设计总图的规定				

附 录 B
(资料性附录)
球形储罐现场制造施工工艺质量控制要素

表B.1 球形储罐现场制造施工工艺质量控制要素

序号	工艺名称	质量控制要素
1	球壳板复验	1、球壳板的曲率、几何尺寸、球壳板和坡口表面质量符合相关标准要求 2、对球壳板周边 100mm 范围内应进行超声检测抽查，抽查数量不少于球壳板总数的 20%，且每带不少于 2 块，上下极各不少于 1 块，其结果符合相关规定。若发现超标缺陷，应加倍抽查，若仍有超标缺陷，则应 100%检验。 3、低温球形储罐厚度大于 20mm 的球壳板，应按要求对球壳板进行球壳板周边 100mm 范围内应进行超声检测抽查，抽查数量不应少于球壳板总数的 40%，抽查应包括全部上下极板和与支柱连接的赤道板，每带的抽查数量不应少于 2 块。 4、球壳板应进行超声测厚抽查，且每带不少于 2 块，上下极各不少于 1 块，每张球壳板检测不少于 5 点，其中 4 个点分布在距离边缘 100mm 左右的位置并包括各顶角附近，1 个点位于球壳板的中心附近。实测厚度应不小于设计厚度，若有不合格，则应加倍抽查，若仍有不合格，应对球壳板进行 100%测厚检查。 5、对球壳板材质有怀疑的应进行复验。 6、对标准抗拉强度下限值$\geq 540\text{MPa}$的低合金钢制造的球壳板，坡口表面应进行磁粉检测，I 级合格，抽查数量为不少于球壳板总数的 20%，若发现有不允许缺陷，应对球壳板坡口表面进行 100%检测。
2	组对	1、球壳不得采用机械方法强力组装。 2、对口间隙应按图样要求，间隙宜为 $2\pm 2\text{mm}$，采用其他焊接方法时，对口间隙应由焊接工艺确定。 3、对口错边量不大于四分之一壁厚且不得大于 3mm。 4、组装后用弦长不小于 1000mm 的样板，沿对接接头每 500mm 测量一点，棱角度（包括错边量）不应大于 7mm，应力分析设计球形储罐棱角度（包括错变量）不应大于 6mm。
3	焊接	当施焊环境出现下列任一情况，且无有效防护措施时，禁止施焊： 1、焊条电弧焊时风速大于 10m/s； 2、气体保护焊时风速大于 2m/s； 3、相对湿度大于 90%； 4、雨、雪环境； 5、焊件温度低于-20°C时。 当焊件温度低于 0°C 但不低于-20°C时，应在施焊处 100mm 范围内预热到 15°C 以上。 焊件的预热应符合下列规定： 1、预热温度可参照表 1，并经焊接工艺评定进行验证。

		2、预热必须均匀，预热宽度英文给焊缝中心线两侧各取 3 倍板厚，且不少于 100mm。预热温度应距焊缝中心线 50mm 处对称测量，每条焊缝测点不少于 3 对。 3、预热的焊道，层间温度不应低于预热温度的下限。 符合下列条件之一的焊缝，焊后须立即进行后热消氢处理，后热温度宜为 200℃~250℃，后热时间应为 0.5h~1h。 1、焊接接头厚度大于 32mm，且材料标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540\text{MPa}$ 的球壳板对接焊缝； 2、焊接接头厚度大于 38mm 的低合金钢球壳对接焊缝； 3、嵌入式接管与球壳的对接焊缝； 4、焊接工艺规程或焊接作业指导书确定需消氢处理的焊缝； 5、对冷裂纹敏感性较大的低合金钢和拘束度较大的焊缝。
4	焊后检查	1、对接焊缝形成的棱角不得大于 10mm，应力分析设计球罐棱角角度不得大于 8mm； 2、焊后球壳两极间的净距与球壳设计内直径之差和赤道截面的最大内直径与最小内直径之差均应小于球壳设计内直径的 7%，且不大于 80mm； 3、焊缝表面不得有表面裂纹、未焊透、未熔合、表面气孔、弧坑、未填满、夹渣和飞溅物，焊缝与母材应圆滑过渡；角焊缝外形应凹形圆滑过渡； 4、应力分析设计球罐焊后球壳两极间的净距与球壳设计内直径之差和赤道截面的最大内直径与最小内直径之差均应小于球壳设计内直径的 0.5%，且不大于 80mm。 5、对接焊缝余高应符合表 4 的要求。 6、应力分析设计球罐的对接焊缝余高应符合表 5 的要求。
5	无损检测	1、焊接接头应在形状尺寸检查和外观目视检查合格后再进行无损检测。 2、有延迟裂纹倾向的材料制造的球罐，应在焊接结束至少 36 小时后方可进行焊接接头的无损检测。 3、有再热裂纹倾向的材料制造的球罐的焊接接头，应在热处理后或耐压试验后增加一次 100%的表面检测 4、对标准抗拉强度下限值 $\geq 540\text{MPa}$ 的球罐焊接接头，应在耐压试验后增加一次 100%表面检测。 5、低温球罐应对所有焊接接头表面、工卡具焊迹及缺陷修磨、焊补处进行磁粉或渗透检测。非受压元件与球壳的连接焊缝亦要进行磁粉或渗透检测。
6	热处理	符合下列情况之一的低温球形储罐应在耐压试验前进行焊后整体热处理 1、焊接接头厚度大于 32mm(若焊前预热 100℃以上时，焊接接头厚度大于 38mm)的 07MnNiVDR、07MnNiMoDR 球罐； 2、焊接接头厚度大于 25mm 的 16MnDR 球罐； 3、焊接接头厚度大于 20mm(设计温度不低于 -45℃)，任意厚度(设计温度低于 -45℃)的 15MnNiDR、15MnNiNbDR、09MnNiDR 球罐。 1、按图样要求进行焊后热处理的球罐； 2、焊接接头厚度大于 32mm(若焊前预热 100℃以上时，焊接接头厚度大于 38mm)的 Q245R、Q345R、Q370R 和 07MnMoVR 钢制球罐； 3、有应力腐蚀倾向的球罐，如盛装液化石油气、液氨等的球罐；

		4、盛装毒性为极度或高度危害介质的碳素钢、低合金钢球罐。 5、除设计图纸另有规定，奥氏体不锈钢球罐可不进行焊后热处理。
7	耐压试验	1、试验液体一般采用水，试验合格后应立即将水排净吹干。当无法完全排净吹干时，对奥氏体不锈钢制球罐，应控制水的氯离子含量不超过 25mg/L。 2、需要时，也可采用不会导致发生危险的其他液体，但试验时液体的温度应低于其闪点或沸点，并有可靠的而安全措施。 1、耐压试验前，球罐各连接部位的紧固件应装配齐全，并紧固妥当；为进行耐压试验而装配的临时受压元件应采取适当的措施，保证其安全性。 2、耐压试验保压期间不得采用连续加压以维持试验压力不变，试验过程中不得带压拧紧紧固件或对受压元件施加外力； 3、耐压试验后所进行的返修，对返修深度大于壁厚一半的球罐应重新进行耐压试验； 4、Q345R, Q370R, 07MnMoVR 制球形储罐进行液压试验时，液体温度不得低于 5℃，Q245R 和其他低合金钢制球罐进行液压试验时，液体温度不得低于 15℃，如果由于板厚等因素造成材料无塑性转变温度升高，则需相应提高试验温度； 5、当有试验数据支持时，可使用较低温度液体进行试验，但试验时应保证试验温度（球罐罐壁金属温度）比球罐罐壁无塑性转变温度至少高 30℃。
8	基础沉降	球罐在充、放液过程中应在下列过程对基础的沉降进行观察 1、充液前； 2、充液高度到三分之一球壳内直径时； 3、充液高度到三分之二球壳内直径时； 4、充满液 24 小时后； 5、放液后。 每个支柱基础都应测定沉降量，各支柱基础应均匀沉降。放液后，基础沉降差不得大于 $D_0/1000$ (D_0 基础中心圆直径，mm)，相邻支柱基础沉降差不大于 2mm。超过时，应采取处理措施。
9	泄露试验	试验时压力缓慢上升，升至规定试验压力的 50%时，保压 5min，然后对球罐所有焊接接头和连接部位进行泄露检查，确认无泄露后继续升压，压力升至试验压力时，保压 10min，然后进行泄露检查，以无泄露为合格，如有泄露，应在修补后重新进行试验。
10	资料	还应对以下资料进行审查： 1、制造竣工图 2、压力容器产品合格证 3、产品质量证明文件，产品质量证明文件应包括下列内容： • 质量计划或检验计划 • 球壳板、支柱到货检验报告 • 球形储罐基础检验记录 • 球形储罐组对检查记录 • 焊缝及焊工布置图 • 球形储罐焊接记录 • 焊接材料质量证明书及复验报告

		• 球形储罐焊后几何尺寸检查报告 • 球形储罐支柱检查记录 • 无损检测报告 • 焊缝返修记录 • 焊后整体热处理报告、测温点布置图以及自动记录温度曲线 • 产品焊接试件检验报告 • 耐压试验报告 • 基础沉降记录 • 泄漏试验报告 • 设计变更文件 • 产品铭牌的拓印件或复印件。
--	--	---

附 录 C
(资料性附录)
球罐现场制造工艺条件

表C.1 球罐现场制造工艺条件

序号	名称	要求
1	设计单位资质要求	具备相应设计资质
2	制造单位资质要求	具备相应制造资质
3	质量体系	1、 球罐制造单位应当建立并有效实施球罐现场制造质量保证体系，编制球罐组对、焊接、检测、试验、理化等关键过程的程序文件和工艺指导性文件； 2、 除无损检测、热处理外其他项目不得分包，分包时，应当有对分包方评价和对分包项目质量控制等分包管理规定
4	制造现场条件	现场一级、二级焊材库需符合相关规定要求
5	专业作业人员	从事球罐焊接的焊工，必须按有关安全技术规范的规定考核合格，并取得相应项目的资格后，方可在有效期内担任合格项目范围内的焊接工作，并与用人单位签订劳动合同。
6	焊接、检测、计量及试验设备	1、 具有满足球罐现场制造的测厚仪、长度尺、样板、铅垂、焊机、压力表、温度计、烘干箱、保温桶等； 2、 具有耐压试验所需的压力试验泵，气密试验所需的气密试验机。