

UDC

团体标准

P

T/CMCA XXXX-2025

全密闭钢板仓施工技术标准

Standard for construction of full sealed steel silo structures

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国冶金建设协会 发布

团 体 标 准

全密闭钢板仓施工技术标准

Standard for construction of full sealed steel silo structures

T/CMCA XXXX-2023

主编单位：中冶天工集团有限公司

发布单位：中国冶金建设协会

施行日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

冶金工业出版社

XX 北京

前言

钢板仓主要用于储存水泥、粉煤灰、矿渣微粉、熟料、粮食等粉粒状固体粉末材料，是保护环境、节省土地占用、改变传统的场地散装堆放、储存工业粉料的重要设施。随着生产技术的发展，钢板仓规模近年来不断突破上限，大型钢板仓的概念已由之前的几千立方发展至几万至几十万立方；直径也由十几米发展至几十米；由于单体规模的扩大，建造技术也不断发展。目前此类存贮装置作为工业产品，尚未形成统一的施工标准，因此，编制符合当前要求的冶金施工控制标准，对于促进冶金行业存储类产品施工技术进步、质量控制与管理提升，具有十分积极的意义。本标准根据实际工程施工项目以及当前已有相似技术标准上编制而成。

本规程共分 11 章，包括总则、术语、基本规定、材料、基础施工、钢板仓制作、网壳制作、现场安装、施工验收以及规范用词说明、引用标准名录、条文说明等。

本规程由中冶天工集团有限公司负责管理和具体条文内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至天津市空港经济区西二道 88 号，邮编 300308，E-mail: zytgjzb@163.com，传真电话：022-84908527，以便今后修改。

本导则主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中冶天工集团有限公司

参编单位：中国三冶集团有限公司

中冶天工（天津）装备制造有限公司

天津大学

天津建筑设计院

主要起草人：成永旭 李显峰 李浩然 刘 鹏 关宏生 姜 坤 龙开勤

刘佳迪 刘 洋 王 龙 姜云龙 李伍换 张学栋 张睿伟

李 苗 靳生斌 王延忠 罗荣夫 贾海涛 穆 佳 朱 强

禹志宏 李宏亮

主要审查人：

目次

1 总则	- 1 -
2 术语	- 2 -
3 基本规定	- 3 -
4 材料	- 4 -
5 地基与基础工程	- 6 -
5.1 一般规定	- 6 -
5.2 地基基础	- 6 -
5.3 降、排水工程	- 9 -
5.4 基坑支护与开挖	- 13 -
5.5 基坑回填	- 16 -
6 钢板仓制作	- 17 -
6.1 一般规定	- 17 -
6.2 钢板仓壁板制作	- 18 -
6.3 钢板仓顶板与附件制作	- 18 -
7 钢板仓拼装和安装	- 22 -
7.1 一般规定	- 22 -
7.2 钢板仓拼装	- 22 -
7.3 钢板仓安装	- 23 -
8 焊接	- 26 -
8.1 一般规定	- 26 -
8.2 焊接施工	- 26 -
8.3 焊缝修补与返修	- 27 -
8.4 焊接矫正	- 27 -
9 涂装	- 28 -
9.1 一般规定	- 28 -
9.2 防腐涂装	- 28 -

9.3 防火涂料涂装	- 29 -
10 验收	- 30 -
本规范用词说明	- 31 -
引用标准名录	- 32 -
附：条文说明	- 33 -

Contents

1	General	- 1 -
2	Terms	- 2 -
3	Basic requirements	- 3 -
4	Material	- 4 -
5	Ground and foundation engineering	- 6 -
5.1	General requirements	- 6 -
5.2	Foundation	- 6 -
5.3	Dewatering and drainage engineering	- 9 -
5.4	Support and excavation of foundation pit	- 13 -
5.5	Backfill of foundation pit	- 16 -
6	Steel silo fabrication	- 17 -
6.1	General requirements	- 17 -
6.2	Shell plate fabrication	- 18 -
6.3	Roof and accessories fabrication	- 18 -
7	Steel silo assembly and installation	- 22 -
7.1	General requirements	- 22 -
7.2	Steel silo assembly	- 22 -
7.3	Steel silo installation	- 23 -
8	Welding	- 26 -
8.1	General requirements	- 26 -
8.2	Welding construction	- 26 -
8.3	Weld bead repair and rework	- 27 -
8.4	Correction	- 27 -
9	Painting	- 28 -
9.1	General requirements	- 28 -
9.2	Anticorrosive coating	- 28 -
9.3	Fireproof coating	- 29 -

10 Acceptance	- 30 -
Explanation of Wording in this standard	- 31 -
List of quoted standards	- 32 -
Addition: Explanation of Provisions	- 33 -

1 总则

- 1.0.1 为规范全密闭环类钢板仓施工过程管理，保证工程质量，制定本技术标准。
- 1.0.2 本规程适用于各类圆形网壳穹顶、立式圆顶形钢制焊接方式储罐粉状存储物钢板仓施工。
- 1.0.3 全密闭钢板仓应按照设计施工，当需要设计修改时，应取得原设计单位的书面同意。
- 1.0.4 全密闭钢板仓除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 全密闭钢板仓 full sealed steel silo

平面为圆形的储存粉煤灰等粉状散料的自立钢容器。

2.0.2 地基 subsoil

支撑基础的土体或岩体。

2.0.3 基础工程 foundation

将上部结构所承受的外来荷载及上部结构自重传递到地基上的结构组成部分。

2.0.4 筏形与箱形基础 raft and box foundation

筏形基础为柱下或墙下连续的平板式或梁式钢筋混凝土基础。箱形基础为钢筋混凝土底板、顶板及内外纵横墙体构成的整体浇筑的单层或多层钢筋混凝土基础。

2.0.5 仓壁 barrel

钢板仓与储料直接接触且承受储料侧压力的仓体竖壁。

2.0.7 网壳 latticed shell

按照一定规律布置的杆件通过节点连接而形成的曲面空间杆系或梁系结构。

2.0.8 焊接球节点 welded hollow spherical joint

由两个热冲压钢半球加肋或不加肋焊接成空心球的连接节点。

2.0.9 螺栓球节点 bolted spherical joint

由螺栓球、高强螺栓、销子（或螺钉）、套筒、锥头或封板等零部件组成的机械装配式节点。

2.0.10 高空散装 overhead assemblage method by individual members

将单根杆件或小拼单元吊装至网格设计位置进行高空拼装的施工方法。

2.0.11 提升施工 lifting construction

利用起重设备将结构提升至设计标高的一种垂直运输方法。

2.0.12 顶升施工 jack block construction

将结构在原位进行拼装，利用千斤顶等动力设备的轮番填塞，将结构顶升至设计标高的一种垂直运输方法。

3 基本规定

3.0.1 施工现场应具有必要的施工技术标准、健全的质量管理体系和工作质量检测制度，实现施工全过程质量控制。

3.0.2 工程所用的主要材料、成品、半成品、配件、器具和设备必须具有中文质量合格证明文件，规格、型号及性能检测报告应符合国家技术标准或设计要求，以及工程所在地特殊规定要求。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

3.0.3 施工单位必须建立安全技术交底制度，进行相关安全技术教育和培训，特种作业人员应持证上岗。作业前逐级进行安全技术交底，并形成书面记录。

3.0.4 施工过程中应做好文明施工，遵守有关环境保护法律、法规，采取有效措施控制现场各类粉尘、固体废弃物、废水、以及噪声对环境造成的污染和危害。

3.0.5 遇冬季、雨季、高温和大风等特殊气候施工时，应结合工程实际情况，制定专项施工方案，并经审批后实施。

3.0.6 施工中，严格工序管理，上道工序未通过验收严禁进行下道工序施工，并做好隐蔽工程质量检查和记录。

3.0.7 对新工艺、新技术、新材料的应用，应按照相关规定经过鉴定和评估后实施。

3.0.8 危险性较大的分部分项工程应按相关规定编制安全专项施工方案，并按规定审核、论证、审批后实施。

4 材料

4.1.1 所有进场的材料必须有合格证明文件，规格、型号及性能检测报告应符合国家技术标准或设计要求，以及工程所在地特殊规定要求。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

4.1.2 进场材料验收的检验批划分原则上宜与各分项工程检验批划分一致。

4.1.3 钢筋原材料：

1 钢筋进场时，应按照国家现行相关标准的规定抽取试件做屈服强度、拉伸强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合相应标准的规定。

2 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

3 成型钢筋的外观质量和尺寸偏差应符合国家现行有关标准的规定。

4 钢筋机械连接套筒、钢筋锚固板及预埋件等的外观质量应符合国家现行有关规定。

4.1.4 混凝土材料：

1 水泥进场时，应对其品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等进行检查，并对水泥的强度、安定性和凝结时间进行检验，检验结果应符合现行国家《通用硅酸盐水泥》GB 175 等的相关规定。

2 混凝土外加剂进场时，应对其品种、性能、出厂日期等进行检查，并对外加剂的相关性能指标进行检验，检验结果应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 等的规定。

3 混凝土用矿物掺和料进场时，应对其品种、技术指标、出厂日期等进行检验，并应对矿物掺和料的相关技术指标进行检验，检验结果应符合国家现行有关标准的规定。

4 混凝土粗骨料、细骨料质量应符合现行行业标准的相关规范的规定。

5 混凝土拌制及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的规定。

6 预拌混凝土进场时，其质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定

7 混凝土氯离子含量和碱总含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定和设计要求。

8 首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，其原材料、强度、凝结时间、稠度等应满足设计配合比的要求。

9 混凝土拌合物稠度应满足施工方案的要求。

10 混凝土耐久性和抗冻性要求满足国家相应规定的标准规范要求。

4.1.5 钢材：

1 仓体建造所选用的材料，必须具有质量合格证明书，其品种、规格、性能等均应符合设计文件和国家现行有关钢材标准的规定。

2 钢材进场验收时，应符合《钢结构工程施工规范》GB50755 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定，对于需要抽样复验的，应按照相关规范的规定进行复验。

3 钢材复验内容应包括力学性能试验和化学成分分析，其取样、制样及试验方法应按照国家相应的标准执行。

4 进口钢材复验的取样、制样及试验方法应按照设计文件和合同的规定执行，无特殊规定的应按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定进行抽样。

4.1.6 焊材材料

1 焊接材料的品种、规格、性能等应符合国家现行有关产品标准和设计要求。

2 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料应与设计选用的钢材相匹配，且应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB5066 的有关规定。

3 用于重要焊缝的焊接材料，或对质量合格证明文件有异议的焊接材料，应进行抽样复验，复验抽样标准应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

5 地基与基础工程

5.1 一般规定

- 5.1.1 地基与基础施工前应具备完整的水文、工程地质勘察资料、工程临近建（构）筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况。
- 5.1.2 基坑开挖应按设计要求及施工方案进行施工。分层开挖、严禁超挖。
- 5.1.3 土石方爆破应按照国家有关规定，选择专业单位进行施工，并报相关部门备案。
- 5.1.4 基础开挖过程中应采取减少基底土体扰动的措施，机械挖土时，基底以上200mm~300mm 厚土层应采用人工挖除。
- 5.1.5 基槽开挖完毕后，应由建设单位组织勘察、设计、施工、监理等人员进行现场验槽，并形成书面记录。
- 5.1.6 地基处理工程，应在正式施工前进行试验段施工，验证设定的施工参数和处理效果。
- 5.1.7 钢板仓地基与基础施工后验收除应符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定。

5.2 地基基础

5.2.1 天然地基施工应符合下列规定：

- 1 施工前应测量和复核天然地基平面位置、水平标高和边坡坡度。
- 2 应验证天然地基土质及地下水情况是否与地勘报告相符。
- 3 可通过钎探的方法检查地基承载力是否满足设计要求。
- 4 应检查天然地基是否存在积水，土层是否被人为扰动，如果存在上述情况，应根据设计要求进行处理。

5.2.2 换填施工应符合下列规定：

- 1 施工前应将槽内积水、垃圾等清除干净。
- 2 换填材料应符合设计要求，不应使用淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机土以及含生活垃圾的土做换填材料。
- 3 不同性质的土应分类、分层填筑，不得混填，换填施工分层填筑厚度、每层压实遍数等宜通过试验确定，施工时应根据不同的换填材料选择合适的施工机械。
- 4 换填处理深度一般宜控制在 3m 以内，且不宜小于 0.5m。

5 换填施工质量检验必须分层进行，应在每层压实度符合设计要求后再铺筑上层换填材料。

6 换填施工检测应符合下列规定：

1) 换填施工质量检验可采用灌砂法、灌水（水袋）法、环刀法、贯入仪、轻型动力触探等试验方法；

2) 用灌砂法、灌水（水袋）法检测压实度时，取样的底面位置为每一压实层底部；

3) 用环刀法试验时，环刀中部处于压实层厚度的 $2/3$ 深度处；

4) 采用贯入仪或动力触探检验压实度时，每分层检验点的间距应不大于 4m。

5.2.3 筏形和箱形基础的施工应符合以下规定：

1 基础混凝土可采用一次连续浇筑，也可留设施工缝分块连续浇筑，施工缝宜留设在结构受力较小且便于施工的位置；

2 采用分块浇筑的基础混凝土，应根据现场场地条件、基坑开挖流程、基坑施工监测数据等合理确定浇筑的先后顺序；

3 在浇筑基础混凝土前，应清除模板和钢筋上的杂物，表面干燥的垫层、木模板应浇水湿润；

4 基础混凝土养护宜采用浇水、蓄热、喷涂养护剂等方式；

5 筏形与箱形基础大体积混凝土浇筑应符合下列规定：

1) 混凝土宜采用低水化热水泥，合理选择外掺料、外加剂，优化混凝土配合比；

2) 混凝土浇筑应选择合适的布料方案，宜由远而近浇筑，各布料点浇筑速度应均衡；

3) 混凝土宜采用斜面分层浇筑法，分层厚度不应大于 500mm，层间间隔时间不应大于混凝土的初凝时间；

4) 混凝土裸露表面应采用覆盖养护方式，当混凝土表面以内 40mm~80mm 位置的温度与环境温度差值小于 20℃时，可结束覆盖养护，覆盖养护结束但尚未达到养护时间时，可采用洒水养护方式直至养护结束。

5.2.4 水泥粉煤灰碎石桩施工应符合下列规定：

1 水泥粉煤灰碎石桩的施工应根据现场条件选用合适的施工机具，局部有块石时应配置相应的引孔设备。

2 施工桩顶标高应高出设计桩顶标高不少于 0.5m。

3 施工质量检测应符合下列规定：

1) 成桩过程中应抽样做混合料试件，每台机械每台班应做一组（3 块）试件，标准养护，测定其立方体抗压强度；

2) 施工质量检验主要应检查施工记录、混合料坍落度、褥垫层厚度、夯实度和桩体试件抗压强度等。

5.2.5 混凝土预制桩施工应符合下列规定：

1 混凝土预制桩运至现场时应进行验收，检查其出厂合格证，严禁使用质量不合格及在吊运过程中产生裂缝的桩。

2 焊接接桩应符合下列规定：

1) 接桩就位纠偏时，不得采用大锤横向敲打，以免破坏桩体；

2) 焊接宜在桩四周对称进行，焊接层数不得少于 2 层，第一层焊完后必须将焊渣清理干净，方可进行第二层施焊，焊缝应连续、饱满；

3) 桩接头焊接完成后必须经自然冷却方可继续沉桩，严禁浇水冷却或不冷却就开始沉桩。

3 法兰接桩应符合下列规定：

1) 法兰有不密贴处，应用薄钢片塞紧；

2) 法兰螺栓应逐个拧紧，并加设弹簧垫圈或者加焊。

4 出现下列情况之一时，应暂停压桩作业，并分析原因，采取相应措施：

1) 压力表读数显示情况与试压桩压力标准明显不符；

2) 桩难以穿越具有软弱下卧层的硬夹层；

3) 实际桩长与设计桩长相差较大；

4) 出现异常响声，压桩机械工作状态出现异常；

5) 桩身出现纵向裂缝和桩头混凝土出现剥落等异常现象。

5.2.6 灌注桩施工应符合下列规定：

1 除能自行造浆的黏性土层外，泥浆制备应选用高塑性黏土或膨润土，泥浆比重 1.1～1.15，黏度 18s～25s，含砂率＜6%。

2 灌注桩在灌注混凝土前，应检查孔底沉渣厚度，端承桩≤50mm，摩擦桩≤150mm，抗拔桩≤200mm。

3 混凝土灌注时，混凝土坍落度宜为 180mm～220mm，导管距离孔底距离宜为 500mm，灌注混凝土过程中导管应始终埋入混凝土内，宜为 2m～6m，导管应勤提勤拆，

混凝土灌注应连续进行，最后一次灌注量严格控制，保证混凝土超灌高度高于设计桩顶标高宜为 0.8m~1.0m。

5.2.7 水泥搅拌桩施工应符合下列规定：

1 施工时应匀速控制钻头钻进和喷浆提升速度，单轴、双轴水泥搅拌桩钻进速度不宜大于 1m/min，喷浆提升速度不宜大于 0.5m/min；三轴水泥搅拌桩钻进速度不宜大于 1m/min，喷浆提升速度宜控制在 1m/min~2m/min。

2 水泥搅拌桩施工时，停浆面应高于设计桩顶标高 300mm~500mm。

3 施工过程中因故停浆时，应将钻头钻进至停浆点以下 0.5m 处，待恢复供浆后再喷浆搅拌提升。

4 施工完毕后，应向集料斗内注入适量清水，开泵清洗输浆管道，防止管道中残留的水泥浆堵塞管道。

5.2.8 高压旋喷桩施工应符合下列规定：

1 施工前应检查水泥、外掺剂等的质量，并经复试合格后方可使用；压力表、流量计应经检定合格后使用。

2 高压旋喷桩施工时，邻近施工影响区域不得进行抽水作业。

3 每次注浆完毕后，应用清水冲洗管路，以便下次注浆时能顺利进行。

4 遇到块石等特殊地质情况，需要考虑引孔等技术措施。

5.2.9 注浆加固施工应符合下列规定：

1 注浆应采用自动压力流量记录仪记录注浆压力和浆液流量，流量记录仪应检定合格后方能使用。

2 注浆浆液宜采用普通硅酸盐水泥，浆液水灰比宜为 0.5~0.6，浆液应搅拌均匀，注浆过程中应连续搅拌，浆液压注前应经筛网过滤。

3 冬期施工时，应采取防冻措施。

5.2.10 地基基础施工除应符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 的规定。

5.3 降、排水工程

5.3.1 降、排水工程施工应符合以下规定

1 降水施工前，应编制降水施工方案，其主要内容包括工程概况、水文地质条件、周

边环境条件、降水施工设计、主要施工方法、施工质量控制、运行维护管理、降水对周边环境影响的控制、应急预案等。

2 降水施工作业前，应进行技术交底，内容包括施工方法、技术质量要求、运行期间的设备管理、安全与文明施工要求、季节性施工措施、应急措施等。

3 降水井点施工后，应进行试运行，出水量正常的可投入使用，出水量异常的应分析原因并采取处理措施。

4 基坑开挖时，疏干降水水位应降至开挖面 0.5m 以下，承压水头应降至设计安全动水位以下。

5 根据实际情况设置水位观测井，填写监测记录，并根据监测数据指导施工。

6 降水施工期间的常见问题处理及防治宜符合下列规定：

- 1) 基坑开挖面出现局部流砂时，可增设临时井点；
 - 2) 基坑边坡底部渗水较大时，可采用插木桩、码草袋、砌砖沟导水等办法治理；
 - 3) 流砂层范围较大且难以控制时，可沿开挖面流砂层设置水平井点；
 - 4) 遇上部为流砂层、下部为粘土层时，宜采用短滤头、小口径井点加密布置降水。
- 7 应做好施工记录，随时掌控降水井点施工及运行状况。

5.3.2 轻型井点降水施工应符合下列规定：

1 轻型井点成孔孔径不宜小于 300mm，成孔深度应大于井点管总长 500mm。

2 滤料应根据井点滤网孔径与降水施工区域土层颗粒级配进行选择；应填至距井孔上口 1m 处，滤料顶面距孔口部位用粘土密封。

3 降水设备连接及参数应符合下列规定：

1) 轻型井点与集水总管连接接口的规格应一致，宜选用透明的、能够承受 0.1MPa 负压的软管，连接后接口应密封；

2) 抽水机组应设置在集水总管的中间部位，其吸水口应接近集水总管与井点的排水口；

3) 轻型井点抽水机组运行期间真空度应不小于 60kPa；空载试验真空度应大于 90kPa；

4) 每套轻型井点抽水机组所连接的井点数量，不宜超过 30 根或 50 延长米。

4 每套井点沉设后应及时运行，降水设备运行期间应定期进行保养，不得随意停抽，冬期降水期间，应采取防冻措施。

5.3.3 疏干管井降水应符合下列规定：

1 管井成孔应符合下列规定：

1) 管井成孔直径应大于井管外径 200mm, 井管与孔壁之间的滤砂层厚度应不小于 50mm, 管井成孔深度应超过管底 0.50m;

2) 成孔后应进行泥浆置换, 填滤料前宜使井孔中泥浆密度控制在 $1.05 \text{ g/cm}^3 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$ 。

3) 滤料应根据井点滤网孔径与降水施工区域土层颗粒级配进行选择, 降水井点滤料选择可按照现行国家标准的规定执行;

4) 填入滤料前, 应在井管内注水, 利用孔壁返浆进一步稀释泥浆, 使滤料顺利填至预定位置;

5) 滤料填至设计高度, 滤料以上至地面使用粘土密封。

2 管井过滤段制作应符合下列规定:

1) 管井过滤段制作时应减少对管井刚度的破坏, 如管井较深时, 应采取措施保证管井过滤段的环刚度;

2) 管井滤管的开孔率宜不小于 15%, 并外包过滤网。

3 采用真空管井降水时, 除应符合本条第二款的规定外, 还应将管井真空管路、排水管路分开设置。

5.3.4 减压管井降水应符合下列规定:

1 管井成孔除应符合本标准第 5.3.3 条第 1 款规定外, 还应符合下列规定:

1) 成孔深度应超过管底 1.0m;

2) 孔径应大于井管外径 300mm, 保证井管与孔壁之间的滤砂层厚度不小于 100mm。

2 滤料除应符合本标准第 5.3.3 条第 2 项规定外, 还应使用粘土或粘土球将井管与井孔壁之间的隔水层部位密封。

3 降水设备及参数除应符合本标准第 5.3.3 条第 3 项规定外, 还应符合下列规定:

1) 成井后应及时洗井, 宜采用机械洗井;

2) 应设置集中排水设施, 保证抽出的水顺利排出。

4 管井运行及维护应符合下列规定:

1) 应测量观测井的水位, 及时反馈信息, 合理控制抽水量;

2) 运行、维护管理人员应全程监护。

5 降水井点系统的质量应符合下列规定:

1) 粗砂含水层管井排水含砂量应小于 $1/50000$;

2) 中砂、细砂含水层管井排水含砂量应小于 1/20000;

3) 粉细砂含水层管井排水含砂量应小于 1/10000。

6 减压降水结束后, 应按设计要求进行封井。

5.3.5 基坑明排水应符合下列规定:

1 基坑外侧应设置排水沟、集水井等地表排水系统, 排水系统的规模应满足基坑降水与最大降雨量的综合需求。

2 有隔水帷幕的基坑, 排水系统应布置在隔水帷幕外侧, 且距隔水帷幕的距离不宜小于 0.5m; 无隔水帷幕的基坑, 排水系统应布置在基坑边外侧, 且距基坑边的距离不宜小于 0.5m。

3 基坑外侧的排水沟、集水井应有可靠的防渗措施, 排水系统应保持畅通, 使用过程中应对排水系统进行日常检查与维护, 保证其正常运行。

4 土方开挖至基坑底部后, 宜在坑内设置排水明沟、盲沟、集水井, 并在集水井内设置满足基坑排水要求的抽水设备。

5 对深度较大的基坑可采用分级接力排水, 分级接力排水设施应进行容量与排量设计计算。

5.3.6 降、排水施工安全应符合下列规定:

1 降、排水工程应制定安全及文明施工技术措施。

2 应对降、排水施工现场危险源进行分析, 确定危险源的级别并对重大危险源制定相应的控制措施。

3 施工场地降、排水宜设置专用的排水设施, 有序排除基坑地下水。

4 降水工程用电应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46 的规定。

5 降水工程使用机械设备应符合下列规定:

1) 使用前应进行检查及维修, 保证完好率;

2) 机械传动装置应加设安全防护罩;

3) 机械设备工作场地应平整, 设备应加设底座;

4) 机械设备运行维护应制定相应的安全技术操作规程。

5.4 基坑支护与开挖

5.4.1 钢板桩支护应符合下列规定：

1 打桩前应甄别、剔除外观质量不符合要求的钢板桩，检查验收标准应符合表 5.4.1-1 的规定。

表 5.4.1-1 钢板桩入场验收标准

序号	检查项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	钢板外径 D 桩 端 或断面尺寸 桩身	$\pm 0.5\%$ 外径 或边长 $\pm 1\%$ 外径或边长	用钢尺量
2	桩长 (l)	+10	用钢尺量
3	桩垂直度	$< 1\%$	用钢尺量
4	桩身弯曲度	$< 2\%$	用钢尺量
5	齿槽平直光滑度	无电焊渣或毛刺	用 1m 长的桩段做通过试验
6	桩长度	不小于设计长度	用钢尺量

2 钢板桩插打过程中用两台经纬仪随时测量监控每根桩的垂直度。

3 钢板桩打设的允许偏差应符合表 5.4.1-2 的规定。

表 5.4.1-2 钢板桩打设的允许偏差

项目	允许偏差
钢板桩轴线偏差	$\pm 100\text{mm}$
钢桩顶标高	$\pm 100\text{mm}$
钢板桩垂直度	$\leq 1\%$

4 拔桩时的机械应远离钢板桩，拔桩的顺序应与打桩时相反。

5 应灌砂或注浆填充拔桩时产生的空隙。

5.4.2 土钉墙支护应符合下列规定：

-
- 1 土钉墙施工应与土方开挖紧密配合，满足设计或施工方案分段分层开挖的要求。
 - 2 土钉水平方向孔距误差不大于 50mm，垂直方向孔距误差不大于 100mm，钻孔底部偏斜尺寸不大于长度的 3%，孔深可比设计深度多 100~200mm。
 - 3 压力注浆时，应在钻孔口部设置止浆塞，注满浆后保持压力 3min~5min。重力注浆时，须在初凝前补浆 1~2 次。注浆的充盈系数应大于 1.0。
 - 4 喷浆护面的平整度允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ；土钉墙顶的地面应现浇混凝土防护，宽度不小于 1.0m，应能及时排除积水。

5.4.3 灌注桩支护应符合下列规定：

- 1 灌注桩施工应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 的规定。
- 2 支护桩平面位置允许偏差为沿基坑侧壁方向 100mm、垂直基坑侧壁方向 150mm，孔深允许偏差为 0~+300mm，垂直度偏差为 1%，桩径允许偏差为-50mm。
- 3 采用双排桩支护时，应确保连梁与灌注桩刚性连接，不应因节点质量降低围护效果。

5.4.4 SMW 工法桩支护应符合下列规定：

- 1 SMW 工法桩宜同步施工，以使桩体水泥土强度同步增长，缩短土方开挖的间隔时间。
- 2 场地遇有地下障碍物或不良土质时，应挖除换填。
- 3 桩机就位平面误差 $\pm 20\text{mm}$ ；机架垂直度不大于 1/250。
- 4 桩顶应设置钢筋混凝土冠梁；当采用双排 SMW 工法桩支护时，应确保连梁与型钢刚性连接，同时要便于型钢的拔除。
- 5 型钢拔出后留下的空隙应及时注浆填充。

5.4.5 复合支护应符合下列规定：

- 1 注浆钢花管、挂钢筋网结合喷射混凝土边坡防护施工宜按以下流程进行：
 - 1) 布置降水井，并对降水井进行监测；
 - 2) 降水达到设计要求的天数后，进行土方开挖，修整边坡；
 - 3) 插打钢花管，并进行注浆；
 - 4) 铺设、固定钢筋网；
 - 5) 喷射混凝土面层并养护。
- 2 复合土钉墙施工宜按以下流程进行：
 - 1) 开挖工作面，修整土壁；

- 2) 施工土钉、预应力锚杆并养护;
- 3) 铺设、固定钢筋网;
- 4) 喷射混凝土面层并养护;
- 5) 施工围檩, 张拉并锁定预应力锚杆;
- 6) 进入下一层施工, 重复 1)~5) 步骤直至完成。

3 截水帷幕的施工应符合下列规定:

1) 施工前, 应进行成桩试验, 工艺性试桩数量不应少于 3 根。应通过成桩试验确定注浆流量、搅拌头或喷浆头下沉和提升速度、注浆压力等技术参数, 必要时应根据试桩参数调整水泥浆的配合比;

2) 水泥土桩应采取搭接法施工, 相邻桩搭接宽度应符合设计要求;

3) 桩位偏差不应大于 50mm, 桩机的垂直度偏差不应超过 0.5%。

4 微型桩施工应符合下列规定:

1) 桩位偏差不应大于 50mm, 垂直度偏差不应超过 1.0%;

2) 成孔类微型桩孔内应填充密实, 灌注过程中应防止钢管或钢筋笼上浮;

3) 桩的接头承载力不应小于母材承载力。

5 预应力锚杆的施工应符合下列规定:

1) 锚固段注浆应采用二次高压注浆法, 第一次宜采用水泥砂浆低压注浆或重力注浆; 第二次宜采用水泥浆高压注浆;

2) 锚杆张拉应在锚固段注浆体及混凝土围檩强度达到设计强度的 75% 以上, 且大于 15MPa 后方可进行;

3) 锚杆宜采用间隔张拉, 正式张拉前, 应取 10%~20% 的设计张拉荷载预张拉 1~2 次。锚杆锁定时, 宜先张拉至锚杆承载力设计值的 1.1 倍, 卸荷后按设计锁定值进行锁定;

4) 对于变形控制要求严格的一级基坑, 锚杆锁定后 48h 内, 锚杆拉力值低于设计锁定值的 80% 时, 应进行预应力补偿。

5.4.6 土方开挖应符合下列规定:

1 基坑宜分区分段施工。

2 在放坡开挖时, 一级放坡开挖的基坑开挖深度不宜超过 4.0m; 多级放坡开挖的基坑开挖深度不宜超过 7.0m。

3 采用分段多级放坡挖土, 各级土方边坡坡度不宜大于 1:1.5, 斜面总坡度不宜大于

1:3。

4 土方工程施工前应进行挖、填方的平衡计算，做好土方平衡调配，减少重复挖运。

5.5 基坑回填

5.5.1 基坑回填材料应符合设计要求，一般回填材料有土方、石灰土、砂、砂砾、碎石等，不得采用淤泥、淤泥质土和有机质含量大于 5%的回填材料，碎石类土用作回填土料时，最大粒径不应大于每层填筑厚度的 2/3。

5.5.2 基坑回填应符合下列规定：

- 1 基坑内垃圾、木块等杂物清除干净。
- 2 基坑内不得有积水。
- 3 保持降排水系统正常运行，不得带水回填。

5.5.3 基坑回填前，应做试验段，根据回填材料、设计压实系数、施工条件等合理选用施工机具，并确定回填填筑厚度、压实遍数等施工参数。

5.5.4 回填应分层、分段、对称均衡进行，各段交界面应设置成阶梯状，下层回填验收合格后，方可进行上层填筑。

5.5.5 采用压路机压实时每层回填土虚铺厚度不应大于 0.3m，人工夯实时虚铺厚度不应大于 0.2m。

5.5.6 回填压实轮（夯）迹应相互搭接，机械压实应控制行驶速度，在空间狭小等机械压实不能作业的区域，可采用人工压实的方法。

5.5.7 回填的施工质量检验应符合下列规定：

- 1 回填质量检查应在每层、每段填筑完成后进行，在每层压实度符合设计要求后方可铺装上层土。
- 2 压实度试验方法可采用环刀法、灌砂法、灌水法或其他方法。
- 3 钢板仓基础回填压实度应符合设计要求，当设计无要求时，应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 的规定。

6 钢板仓制作

6.1 一般规定

6.1.1 储罐预制和安装检验用样板，应符合下列规定：

1 当曲率半径小于或等于 12.5m 时，弧形样板的弦长不应小于 1.5m；曲率半径大于 12.5m 时，弧形样板的弦长不应小于 2m。

2 直线样板的长度不应小于 1m。

3 测量焊缝棱角度的弧形样板，其弦长不应小于 1m。

6.1.2 储罐的预制方法不应损伤母材和降低母材性能。

6.1.3 储罐构件的切割及焊缝坡口加工，应符合下列规定：

1 碳素钢及低合金钢宜采用机械加工或自动、半自动火焰切割加工，不锈钢应采用机械或等离子切割加工；

2 当工作环境温度低于-16℃时，普通碳素钢不得采用剪切加工，当工作环境温度低于-12℃时，低碳合金钢不得采用剪切加工。

6.1.4 焊缝坡口的加工应平整，不得有夹渣、分层、裂纹等缺陷；应去除火焰及等离子切割坡口产生的表面硬化层。

6.1.5 焊接接头的坡口型式和尺寸，设计文件无要求时，应按现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 及《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2 的规定选用；罐壁纵缝气电立焊及环缝埋弧焊的对接接头型式，还应符合表 6.1.5 的规定：

表 6.1.5 对接焊坡口规定

项次	仓壁厚度 t	坡口形式	接口尺寸 b	钝边尺寸 F	坡口宽度
纵缝	≤24mm	单面坡口	4mm~6mm	≤2mm	16mm~18mm
	>24mm	双面坡口	4mm~6mm	≤2mm	16mm~18mm
环缝	≤12mm	单面坡口	0~1mm	≤2mm	——

	>12mm	双面坡口	0~1mm	≤2mm	——
--	-------	------	-------	------	----

6.2 钢板仓壁板制作

6.2.1 钢板仓壁板预制前应绘制排板图，并应符合下列规定：

1 各圈壁板的纵焊缝宜向同一方向逐圈错开，相邻圈板纵缝间距宜为板长的 1/3，且不应小于 300mm。

2 钢板仓壁板上连接件的垫板周边焊缝与罐壁纵焊缝或接管、补强板的边缘角焊缝之间的距离，不应小于 150mm；与罐壁环焊缝之间的距离，不应小于 75mm；如不可避免与罐壁焊缝交叉时，被覆盖焊缝应磨平并经射线或超声波检测合格，垫板角焊缝在罐壁对接焊缝两侧边缘应至少留 20mm 不焊。

3 环向加劲肋与钢板仓壁板环焊缝之间的距离，不应小于 150mm。

4 竖向加紧肋对接接头与壁板纵向焊缝之间的距离，不应小于 300mm。

5 设计文件无要求时，直径小于 25m 的储罐的壁板宽度不宜小于 500mm，长度不宜小于 1000mm；直径大于或等于 25m 的储罐的壁板宽度不宜小于 1000mm，长度不宜小于 2000mm。

6.2.2 壁板尺寸偏差应符合表 6.2.1 的要求：

表 6.2.1 壁板尺寸允许误差（mm）

项目	板长≥10m	板长<10m
壁板宽度	±1.5	±1
壁板高度	±2	±1.5
对角线差	≤3	≤2

6.2.3 壁板滚制后，应立置在平台上用样板检查，垂直方向上用直线样板检查，其间隙不应大于 2mm；水平方向上用弧形样板检查，其间隙不应大于 4mm。

6.3 钢板仓顶板与附件制作

6.3.1 顶板预制前应绘制排板图。

- 6.3.2 每块壁板应在胎具上进行煨弯，焊接时应采取防变形措施。
- 6.3.3 檩条、加劲肋等弧形构件加工成型后，应用弧形板检查弧度，其间隙不应大于 2mm。
- 6.3.4 煨弯成型构件不应有过烧现象。
- 6.3.5 顶板拼接时应采用全熔透对接焊缝。
- 6.3.6 网壳结构构件的制作应符合设计文件的要求。设计无要求时，应符合以下规定：
- 1 杆件长度误差应控制在 $\pm 1.0\text{mm}$ 。
 - 2 切割允许偏差应符合以下规定：
 - 1) 割纹深度允许偏差 0.3mm。
 - 2) 局部缺口深度允许偏差 1.0mm。
 - 3 当采用管子车床或数控相贯线切割机下料，下料时应预防加工余量和焊接收缩量，焊接收缩量可由工艺试验确定，钢管杆件加工的允许偏差应符合表 6.3.6-1 的规定：

表 6.3.6-1 钢管杆件加工的允许误差 (mm)

项目	允许偏差
长度	± 1.0
端面对管轴的垂直度	$0.005r$ (r 为管半径)
管口曲线	1.0

- 4 焊接空心球宜采用钢板热压成半圆球，加热温度宜为 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，并应经机械加工坡口后焊成圆球，焊接后的成品表面应光滑平整，不应有局部凸起或褶皱。
- 5 焊接空心球加工的允许偏差应符合表 6.3.6-2 的规定：

表 6.3.6-2 焊接空心球加工的允许误差 (mm)

项目	允许偏差
直径	$d \leq 300$
	$300 < d \leq 500$
	$500 < d \leq 800$

	$d > 800$	± 4.0
圆度	$d \leq 300$	± 1.5
	$300 < d \leq 500$	± 2.5
	$500 < d \leq 800$	± 3.5
	$d > 800$	± 4.0
壁厚减薄量	$t \leq 10$	$\leq 0.18t$ 且不大于 1.5
	$10 < t \leq 16$	$\leq 0.15t$ 且不大于 2.0
	$16 < t \leq 22$	$\leq 0.12t$ 且不大于 2.5
	$22 < t \leq 45$	$\leq 0.11t$ 且不大于 3.5
	$t > 45$	$\leq 0.08t$ 且不大于 3.5
对口错变量	$t \leq 20$	$\leq 0.10t$ 且不大于 1.0
	$20 < t \leq 40$	2.0
	$t > 40$	3.0
焊缝余高		0~1.5

注：d 为焊接空心球的外径，t 为焊接空心球的壁厚。

6 螺栓球宜热锻成型，加热温度宜为 1150℃~1250℃，终锻温度不得低于 800℃，成型后螺栓球不应有裂缝、褶皱和过烧。

7 螺栓球加工的允许偏差应符合表 6.3.6-3 的规定：

表 6.3.6-3 螺栓球加工的允许误差（mm）

项目		允许偏差
直径	$d \leq 120$	+2.0
		-1.0

	$d > 120$	+3.0 -1.5
圆度	$d \leq 120$	1.5
	$120 < d \leq 250$	2.5
	$d > 250$	3.0
同一轴线上两铰 平面平行度	$d \leq 120$	0.2
	$d > 120$	0.3
铰平面距离球中心距离		± 0.2
相邻两螺栓球中心线夹角		$\pm 30'$
两铰平面与螺栓孔轴线垂直度		$0.005r$

注：r 为螺栓球半径，d 为螺栓球直径。

7 钢板仓拼装和安装

7.1 一般规定

- 7.1.1 钢板仓组装前，应将构件的坡口和搭接部位的铁锈、水分及污物清理干净。
- 7.1.2 钢板仓安装前应进行预拼装，预拼装要符合《钢结构工程施工规范》GB 50755 的要求
- 7.1.3 拆卸组装工卡具时，不得损伤母材。钢板表面的焊疤应打磨平滑；当母材有损伤时，应进行修补。
- 7.1.4 钢板仓组装过程中应采取安全措施，防止大风等恶劣条件对钢板仓的施工造成安全隐患。

7.2 钢板仓拼装

- 7.2.1 钢板仓拼装前，应对预拼成型的壁板的几何尺寸进行检查，合格后方可组装。
- 7.2.2 钢板仓板带的安装应符合以下规定：
- 1 相邻两钢板上口水平的允许误差不应大于 2mm，在整个圆周上任意两点水平的允许误差不应大于 6mm。
 - 2 各圈壁板的垂直度不应大于该圈壁板高度的 0.3%。
 - 3 钢板仓焊接后，壁板任意点的半径允许偏差应符合表 7.2.2-1 的要求

表 7.2.2-1 壁板任意点半径的允许偏差（mm）

钢板仓直径 D（m）	半径允许偏差
$D \leq 12.5$	± 13
$12.5 < d \leq 45$	± 19
$d > 45$	± 25

- 4 壁板组装时，应保证表面齐平，错边量应符合表 7.2.2-2 的要求

表 7.2.2-2 错边允许偏差（mm）

项次	板厚 t	错边允许偏差 δ
纵向焊缝	$t \leq 10$	$\delta \leq 1.0$
	$t > 10$	$\delta \leq 0.1t$, 且 $\delta \leq 1.5$
环向焊缝	$t \leq 8$	$\delta \leq 1.5$
	$t > 8$	$\delta \leq 0.2t$, 且 $\delta \leq 2.0$

5 组装焊接后, 钢板仓壁板的局部表面变形应平缓, 不应有突然起伏, 其变形允许值应符合表 7.2.2-3 的规定。

表 7.2.2-3 壁板的局部变形允许偏差 (mm)

板厚 t	变形允许值
$t \leq 12$	≤ 15
$12 < t \leq 25$	≤ 13
$t > 25$	≤ 10

7.2.3 焊接 H 型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不宜小于 200mm。翼缘板拼接长度不应小于 600mm；腹板拼接宽度不应小于 300mm，长度不宜应小于 600mm

7.2.4 网壳在拼装前应精确放线，放线的允许误差应为直径的 1/10000，总拼时应选择合理的焊接工艺顺序，以减少焊接变形和焊接应力。拼装和焊接顺序应从中间向两端或四周发展。网壳曲面局部凹陷的允许值应为跨度的 1/1500，且不应大于 40mm。

7.2.5 分块的空间网格结构单元最大长度不大于 20m 时，拼接变长允许偏差值为 $\pm 10\text{mm}$ ；当分块单元最大长度大于 20m 时，拼接变长允许偏差值为 $\pm 20\text{mm}$ ；高空总拼应有精度控制措施。

7.3 钢板仓安装

7.3.1 钢板仓的安装宜采用塔式起重机、履带吊等定型产品。选用非定型起重设备时，应编制专项方案，并经过评审论证后再组织实施。

7.3.2 吊装施工时，用于吊装施工的钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具应经检查合格，并应在其额定许用荷载范围内使用。

7.3.3 采用整体顶升施工时，应符合以下规定：

- 1 顶升用千斤顶和其液压系统必须经过现场检验合格后方可使用。
- 2 顶升千斤顶使用负荷能力时，丝杠千斤顶、液压千斤顶取 0.6~0.8，各千斤顶的行程和升起速度必须一致。
- 3 千斤顶应保持垂直，千斤顶和千斤顶合力中心线偏移值不应大于 5mm。
- 4 两个相邻顶升点的允许高差不应大于相邻支座间距 1/1000，且不应大于 15mm。
- 5 顶升用的支撑结构应进行稳定性验收，验收时除应考虑自重和施工荷载外，尚应考虑荷载偏心和风荷载的影响。

7.3.4 采用整体提升施工时，应符合以下规定：

- 1 提升设备的使用负荷能力，应将额定负荷能力乘以折减系数，穿心式液压千斤顶可取 0.5~0.6；电动提升设备可取 0.7~0.8；其他设备应通过实验确定。
- 2 提升施工时应保证同步。相邻两提升点允许高差，当采用牵动升降设备时，应为相邻点间距的 1/400，且不应大于 15mm；当采用液压千斤顶时，应为相邻点间距的 1/250，且不应大于 25mm。
- 3 提升设备的合力点与吊点的偏差值不应大于 10mm
- 4 提升用的支撑柱应进行稳定性验算。

7.3.5 钢板仓顶网壳采用高空散装法时，应符合以下规定：

- 1 采用小拼单元或杆件直接在高空拼装时，其顺序应能保证拼装精度，减少累计误差。在高空拼装时，先拼装可承受自重的几何不变结构体系，然后逐步外扩。拼装过程中应对控制点空间坐标随时跟踪测量，并及时调整，不应拼装偏差逐步累积。
- 2 当采用扣件式钢管搭设拼装平台是，应在立杆柱网中纵横向每隔 15~20m 设置格构柱或框架柱作为核心支撑结构。
- 3 格构柱和框架柱应验算强度、整体稳定性和单根立杆稳定性。对于高宽比较大的拼装支架还应进行抗倾覆验算。

7.3.6 钢板仓顶网壳采用分块安装时，应符合以下规定：

- 1 分块单元在高空连成整体时，分块单元应具有足够的刚度和几何不变性，否则应采取临时加固措施。

2 分块之间合拢前，设置独立支撑点或拼装支架，独立支撑点和拼装支架应符合 7.3.5 的规定。合拢时可用千斤顶或其他方法将网壳单元顶至设计标高，然后连接。

8 焊接

8.1 一般规定

- 8.1.1 选用的焊接设备应符合焊接工艺的要求。
- 8.1.2 焊接作业施工人员应具备相应的资格。
- 8.1.3 焊接作业前应做焊接工艺评定，焊接工艺评定应符合《钢结构焊接规范》GB50661的规定，焊接作业应按照工艺评定的焊接工艺参数进行。
- 8.1.4 施工单位必须有合格的焊接工艺评定报告，对于免于工艺评定的，应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。
- 8.1.5 施工单位应以焊接工艺评定结果为依据，编制焊接工艺文件，焊接工艺文件的内容应符合《钢结构工程施工规范》GB 507552 的规定。
- 8.1.6 焊接施工作业环境条件应符合以下规定：
- 1 作业环境温度不应低于-10℃；
 - 2 焊接作业区相对湿度不应大于 90%；
 - 3 当手工电弧焊和自保护药芯焊丝电焊时，焊接作业区最大风速不应超过 8m/s；当启动保护焊接时，焊接作业区最大风速不应超过 2m/s。
 - 4 当焊接作业环境低于 0℃且不低于-10℃时，应采取加热或保护措施，加热范围为母材焊接表面各方向 2 倍的钢板厚度且不小于 100mm 范围内，加热温度不低于规定预热温度且不低于 20℃。
- 8.1.7 钢板仓焊接施工选用的焊接材料应符合设计文件及焊接工艺工程的要求。
- 8.1.8 焊接材料的现场管理应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的有关规定。

8.2 焊接施工

- 8.2.1 焊接施工前，应将焊接面的油脂、锈迹等污物处理干净，并充分干燥。
- 8.2.2 焊接施工应按照批准的施工工艺流程进行。预热应均匀，预热范围不应小于焊缝中心线两侧各 3 倍板厚，且不应小于 100mm；预热温度应采用测温仪在距焊接中心线 50mm 处对称测量。焊前预热的焊缝，其焊接层间温度不应低于预热温度。
- 8.2.3 定位焊及工卡具的焊接，其焊接工艺应与真实焊接相同，并符合以下规定：

1 需要预热时,应以焊缝为中心,在焊缝两侧各不小于焊件厚度 3 倍且不应小于 10mm 范围内预热。

2 定位焊的质量要求应与真实焊缝相同。

3 工卡具等临时焊缝焊接时,不应在非焊接位置引弧和熄弧。

8.2.4 焊接施工应采用收缩变形量最小的焊接工艺和焊接顺序。

8.2.5 钢板仓壁板的焊接宜先纵向焊缝,后环向焊缝的顺序。采用不对称坡口时,应先焊大坡口侧,后焊小坡口侧。纵向焊缝采用气体保护焊时,宜由上向下焊接。环向焊缝采用埋弧自动焊时,焊缝宜均匀分布,并沿同一方向施焊;采用焊条电弧焊时,宜沿同一方向施焊。

8.3 焊缝修补与返修

8.3.1 焊接修复前,应清洁修复区域表面。

8.3.2 施工过程中产生的各种表面缺陷的修补应符合以下规定:

- 1 焊瘤余量过大应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属;
- 2 焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊;
- 3 焊缝未熔合、气孔和夹渣等,在完全清除缺陷后应进行补焊;
- 4 焊缝缺陷返修的预热温度应高于相同条件下正常焊接预热温度 30℃~50℃。
- 5 焊缝返修部位应连续焊成,中断焊接时应采取后热、保温措施;
- 6 焊缝统一部分缺陷返修不宜超过两次,当超过两次时,返修前应做焊接工艺评定。

8.3.3 返修焊的焊缝应按原检测方法和质量标准进行检测验收,返修记录作为工程验收的存档资料。

8.4 焊接矫正

8.4.1 焊接变形超标的构件应采用机械方法或局部加热的方法进行矫正。

8.4.2 采用加热矫正时,矫正温度严禁超过最高回火温度,其他供货状态的钢材的矫正温度不应超过 800℃和供货方推荐温度中的较低值。

8.4.3 加热矫正后宜采用自然冷却。

9 涂装

9.1 一般规定

9.1.1 本章可用于钢结构的油漆类防腐、金属热喷涂防腐、热浸镀锌防腐和防火涂料涂装等工程的施工质量验收。

9.1.2 钢结构涂装工程可按钢结构制作或钢结构安装分项工程检验批的划分原则划分成一个或若干个检验批。

9.1.3 钢结构涉及防火、防腐涂装验收的应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的相关要求。

9.2 防腐涂料涂装

9.2.1 涂装前应对钢材表面除锈，且满足设计及国家现行标准的要求，具体见表 9.2.1。

表 9.2.1 各类底漆或防锈漆要求最低除锈等级

涂料品种	除锈等级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St3
高氯化聚乙烯氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂聚氨酯等底漆或防锈漆	Sa2½
无机富锌、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2½

9.2.2 采用涂料防腐时，表面除锈处理后宜在 4h 内进行涂装采用金属热喷涂防腐时，钢结构表面处理与热喷涂施工的间隔时间，晴天或湿度不大的气候条件下不应超过 12h，雨天、潮湿有盐雾的气候条件下不应超过 2h。

9.2.3 防腐涂料、涂装遍数、涂装间隔、涂层厚度均应满足设计文件、涂料产品标准的要求。当设计对涂装层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度室外不应小于 150μm，室内不应小于 125μm。

9.2.4 防腐涂料施工质量验收的主控项目和一般项目应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 中关于涂装工程的要求。

9.2.4 针对连接部位涂装层被损坏的，应编制专项涂装修补工艺方案，且应满足设计和涂装

工艺评定的要求。

9.2.5 钢板仓连接焊缝、临时焊缝和补焊部位在涂装前应对焊渣、焊疤等进行清理，钢材表面处理应满足设计要求，当无设计要求时，宜采用人工打磨处理，除锈等级不低于 St3。

9.2.6 高强螺栓连接部位在涂装前应按设计要求进行除锈、清理，当无设计要求时，宜采用人工打磨处理，除锈等级不低于 St3。

9.2.7 涂层受损伤部位，修补前应清楚已失效或损伤的涂层材料，根据损伤程度按照专项修补工艺进行涂层缺陷修补，修补后涂层质量应满足设计要求。

9.3 防火涂料涂装

9.3.1 防火涂料涂装前，钢材表面防腐涂装质量应满足设计要求和《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的要求。

9.3.2 防火涂料粘结强度、抗压强度应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的规定。

9.3.3 防火涂料的涂层厚度及隔热性能应满足国家现行标准有关耐火极限的要求，且不应小于 $20\mu\text{m}$ 。当采用厚涂型防火涂料涂装时，80%及以上涂层面积应满足国家现行标准有关耐火极限的要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。

9.3.4 超薄型防火涂料涂层表面不应出现裂缝；薄涂型防火涂料涂层表面裂缝宽度不应大于 0.5mm；厚涂型防火涂料涂层表面裂缝宽度不应大于 1.0mm。

9.3.5 采用防火防腐一体化体系（含防火防腐双功能涂料）时，防腐涂装和防火涂装可以合并验收。

10 验收

10.1.1 地基与基础的验收应符合《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定。

10.1.2 地基基础工程施工质量验收应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行，验收应进行分部、分项工程验收。

10.1.3 地基基础验收的主控项目的质量检验结果必须全部符合检验标准，一般项目的验收合格率不得低于 80%。

10.1.4 检查数量应按检验批抽样。

10.1.5 钢板仓施工质量验收应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定；

10.1.6 钢结构工程施工质量的验收，必须采用经计量检定、校准合格的计量器具。钢结构工程见证取样送样应由检测机构完成。

10.1.7 钢结构工程施工质量验收在施工单位自检合格的基础上按照检验批、分项工程、分部(子分部)工程分别进行验收。

10.1.8 钢结构检验批验收主控项目必须满足本标准质量要求，一般项目的检验结果应有 80%及以上的检查点(值)满足要求，且最大值（或最小值）不应超过其允许偏差值的 1.2 倍。

10.1.9 经返修或者更换构(配)件的检验批，应重新进行验收；不满足《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定，但经法定的检测单位检测鉴定能够达到设计要求、或经原设计单位核算后人认可的，可以进行验收。

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文中区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：。
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍微有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土外加剂》 GB8076
- 2 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB50119
- 3 《通过硅酸盐水泥》 GB 175
- 4 《混凝土用水标准》 JGJ63
- 5 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 6 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 7 《建筑地基基础工程施工规范》 GB51004
- 8 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB50202
- 9 《建筑桩基技术规范》 JGJ94
- 10 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 11 《钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
- 12 《钢制储罐地基处理技术规范》 GB/T50756
- 13 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB50205
- 14 《钢结构工程施工规范》 GB50755
- 15 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工技术规范》 GB50128
- 16 《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T709
- 17 《不锈钢焊条》 GB/T 983
- 18 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》 GB/T985.1
- 19 《埋弧焊的推荐坡口》 GB/T985.2
- 20 《焊接材料质量管理规程》 JB/T 3223
- 21 《空间网格结构技术规程》 J 1072
- 22 《钢网架螺栓球节点用高强度螺杆》 GB/T16939
- 23 《钢网架螺栓球节点》 JG/T10

团 体 标 准

全密闭钢板仓施工技术标准

T/CMCA xxxx-2023

条文说明

目次

1 总则	- 35 -
3 基本规定	- 36 -
4 材料	- 37 -
5 地基与基础	- 38 -
5.2 地基基础	- 38 -
5.3 降、排水工程	- 39 -
5.4 基坑支护与开挖	- 39 -
6 钢板仓制作	- 40 -
7 钢板仓拼装和安装	- 41 -
8 焊接	- 43 -

1 总则

1.0.1 本条阐明了制定本标准的目的。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。

3 基本规定

3.0.5 本条对钢板仓施工过程中除施工荷载外的极端环境条件下所产生的荷载,以及影响施工安全的因素进行规定,特别是采用提升、倒装逆做施工时,钢板仓对风荷载较为敏感,需充分考虑环境因素。

3.0.7 本条款针对采用提升、倒装逆做等非常规方法施工时,以及采用新材料时,应经过充分的论证后进行实施。

4 材料

4.1.3 钢筋对混凝土结构的承重能力至关重要，对其质量应严格要求，钢筋进场必须要相应的合格证和出厂检验报告，并按照规定对钢筋的各类力学性能进行抽样试验，本条为强制性条文，应严格执行。

4.1.4 水泥进场时，应根据产品合格证，检查其品种、代号、强度等级等，并有序存放，以免造成混料错批。强度、安定性和凝结时间是水泥的重要性能指标，进场应抽样检验，其质量应符合现行国家《普通硅酸盐水泥》GB175 等的要求。外加剂种类较多，使用时不仅要符合国家相关规定，也要符合行业标准的规定。矿物掺和料主要包括粉煤灰、粒化高炉矿渣、石灰石粉、硅灰、磷渣粉、钢铁渣粉和符合矿物掺和料等，对各种矿物掺和料，均应符合相关的标准要求。混凝土用砂、石的质量要求和检验方法等应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的要求。混凝土用水除采用饮用水外，也可采用其他水源，使用前应对其成分进行检验，并符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的要求。

4.1.5 钢材进场时，应对其合格证、检测报告进行检查。钢材的力学性能检验包括抗拉性能，冷弯性能，冲击韧性，硬度和疲劳破坏。化学性能检测包括碳、铬、锰、钼、镍、硅、钨、钒。

4.1.6 常用的焊接材料产品标准如下：

表 4.1.6 常用焊接材料产品标准

标准编号	标准名称
GB/T 5117	《低碳焊条》
GB/T 5118	《低合金钢焊条》
GB/T 14957	《熔化焊用钢丝》
GB/T 8110	《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》
GB/T 10045	《碳钢药芯焊丝》
GB/T 17493	《低合金钢药芯焊丝》
GB/T 5293	《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》
GB/T 12470	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》
GB/T 10432.1	《电弧螺柱焊用无头焊钉》
GB/T 10433	《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》

5 地基与基础

5.1 一般规定

5.1.4 地基施工时，应避免基底土层被机械扰动，且不应受冻或受水浸泡

5.1.5 基槽开挖完毕后，应由施工单位进行自检，自检符合要求后，由建设单位组织勘察、设计、施工、监理等人员进行现场验槽，并形成书面记录。若发现现场地质情况与勘察报告有较大出入，应请勘察设计单位对此进行复测，必要时进行补勘。

5.2 地基基础

5.2.2 换填为获得最佳夯压效果，宜采用换填土料最优含水量作为施工控制水量，最优含水量可按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 总轻型试验的要求求得。

5.2.3 应根据基础规模、现场条件、供应能力、技术能力等合理确定基础混凝土浇筑方案。对于基础长度较短、厚度较小的基础，可采用一次连续浇筑的方法。对于长度较长、厚度较大的基础，可采用留设施工缝或后浇带分块浇筑的方法，每块混凝土应连续浇筑。采用分块浇筑的基础混凝土、每块混凝土通过短期的应力释放后，再将各块混凝土连成整体，依靠混凝土抗拉强度抵抗下一段的温度收缩应力，从而达到控制混凝土裂缝的目的，分块浇筑的间隔施工时间不宜小于 7d。

5.2.5 混凝土沉桩顺序是沉桩施工的一项重要内容，不合理的工序会造成较大的工程事故，如桩位偏移、桩体上涌、地面隆起等。由于实际情况比较复杂，施工单位在编制施工组织设计时，应考虑施工工序安排是否合理。

5.2.6 泥浆的作用为利用其与地下水的压力，使泥浆在孔壁上形成泥皮而加固孔壁，防止坍塌，同时稳定孔内水位。另外泥浆还能起到带出孔内岩土碎屑的作用，因此，无论在成孔阶段还是灌注阶段，泥浆对成桩质量有较大影响。

5.2.7 根据实际施工经验，水泥土搅拌桩在施工至顶端 300mm~500mm 范围内，因上覆土压力较小，搅拌质量较差，因此要求停浆面要高于桩顶设计标高 300mm~500mm，待基槽开挖时，再将施工质量较差的桩基挖去。

5.2.8 水泥在使用前需要做质量鉴定，搅拌水泥浆所用水应符合混凝土拌合用水标准，使用的水泥都应过筛。

5.3 降、排水工程

5.3.2 降水井点沉设后，由于井点孔成孔时孔内会产生一定数量的泥浆，泥浆会逐步沉淀至井点底部与井孔底部的滤料层中，如果沉淀时间过长泥浆会出现固化板结现象，严重影响降水井点的出水量和成活率，所以在沉淀泥浆固化板结前及时运转轻型井点降水系统，将井点及井孔内的泥浆及时排除并运转排除清水，才会保证降水井点的出水量和运转周期。

5.3.3 管井降水成孔及清孔的施工质量，成孔时直径大于井管外 200mm，填入滤砂后，可以使井管与井孔之间形成一个完整的过滤层，使地下水顺利的流入管井内。在回填土、杂填土、软弱土层或砂层其区域施工时，由于土体稳定性比较差，容易坍塌，钻孔时要在井孔安装护筒，防止井孔上口坍塌。

5.4 基坑支护与开挖

5.4.6 本条款对基坑土方开挖进行了具体规定，在开挖过程中，采用机械开挖或不能连续施工时，基坑底应预留 200mm~300mm 的土由人工开挖、清槽。

6 钢板仓制作

6.1 一般规定

6.1.3 钢板仓的施工一般都在现场，环境条件和气候条件对钢材加工的影响较大，考虑到钢材在较低温度下加工容易出现裂纹，对预制工作环境最低温度提出了要求。

6.1.4 坡口的加工质量将直接影响焊接接头的质量和性能，本条对坡口表面质量要求进行了规定。

6.2 钢板仓壁板制作

6.2.1 螺栓球是网架杆件相互连接的受力部件，采用热锻成型质量容易得到保证，一般采用现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699 规定的 45 号圆钢热锻成型，若用钢锭在采取恰当的工艺并能确保螺栓球锻制质量时，也可用钢锭热锻而成。

7 钢板仓拼装和安装

7.1 一般规定

7.1.2 预拼装是钢结构安装施工过程中的一个重要步骤,其目的是验证制作构件是否满足安装的要求,钢板仓的拼装应执行《钢结构工程施工规范》GB 50755 第 10 章的规定。

7.2 钢板仓拼装

7.2.1 钢板仓壁板在运输与搬运过程中可能会发生变形,因此,规定在组装前要进行复验和必要的矫正,以保证安装质量。

7.2.4 总拼时应选择合理的焊接工艺顺序,以减少焊接变形和焊接应力。拼装和焊接顺序应从中间向两端或四周发展。这样,网格结构在拼接时就可以有一段自由收缩,焊工可随时调节尺寸,既保证网格结构尺寸的准确又使焊接应力较小。基于排水、美观等因素,网壳结构安装允许偏差值定位随跨度变化,即跨度的 $1/1500$,并给予 40mm 最大值的限定,进行双控。

7.3 钢板仓安装

7.3.1 钢板仓的拼装过程可以采用塔吊、履带吊等定型起重设备高空拼装,也可以采用顶升施工和提升施工等非定型起重设备施工,采用非定型起重设备施工时,应编制专项施工方案,并经过专家评审后实施。

7.3.2 钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具是吊装结构的重要组件,其安全性能将直接影响整个工程的安全施工过程,因此应对其受力能力和安全储备系数进行详细的核算。

7.3.3 为保证顶升施工过程的安全性,顶升动力设备必须有一定的安全储备。提升施工时,各项升点应该保持同步,通过千斤顶与合力中心线的偏移值控制顶升的同步性,确保施工安全。

7.3.4 在提升过程中,由于设备本身的因素,施工荷载的不均匀性及操作等方面的原因,会出现不同步,当不同步超过一定限制时,不但会造成钢板仓壁板局部变形,而且会出现提升东西装置发生超载破坏和倾覆的危险,因此,需要严格控制升点高差。

7.3.6 分块单元本身应具有一定稳定性和几何不变性,否则需要采用加固措施。根据施工经验,网壳结构高空合拢前,合拢位置处的挠度一般均超过形成整体后该处的自重挠度,因此,

在总拼前，应采用千斤顶等设备调整其挠度值，使之与空间网格结构形成整体后的挠度值相同，然后进行总拼。

8 焊接

8.1 一般规定

8.1.3 焊接工艺评定是保证焊接质量的前提之一，通过焊接工艺评定选择最佳的焊接材料、焊接方法、焊接工艺参数、焊后热处理等，以保证焊接接头的力学性能达到设计要求。凡从事钢结构制作或安装的施工单位要求分别对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法和焊后热处理等，进行焊接工艺评定试验，现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 对焊接工艺评定试验方法和内容做了详细的规定和说明。焊接工艺文件应包括以下内容：

- 1 焊接方法或焊接方法的组合；
- 2 母材的规格、牌号、厚度及覆盖范围；
- 3 填充金属的规格、类别和型号；
- 4 焊接接头形式、坡口形式、尺寸及其允许偏差；
- 5 焊接位置；
- 6 焊接电源的种类和极性；
- 7 清根处理；
- 8 焊接工艺参数（焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊层和焊道分布）；
- 9 预热温度及道间温度；
- 10 焊后消除应力处理工艺；
- 11 其他必要的规定。

8.1.7 本条规定了焊接材料选用的依据。

8.1.8 本条规定了焊接材料管理执行标准和依据。

8.2 焊接施工

8.2.1 本条规定了施焊前应具备的条件。焊接前清除坡口及两侧 20mm 范围内的污物很重要，否则直接影响焊缝质量，甚至诱发裂缝而存在严重缺陷。根据施工现场情况，可采用火焰加热的方式对坡口进行干燥。

8.2.2 本条规定了焊接施工应遵循的依据，及批准的焊接工艺规程。

8.2.3 本条规定了定位焊及卡具的焊接要求及焊工要求，本条款中焊工及持证人员。

8.2.4、8.2.5 施工中，施工单位应采取合理的焊接工艺和防止变形的措施，以保证钢板仓壁

板焊接的收缩量和变形量最小。

8.3 焊接修补与返修

8.3.1、8.3.2 焊缝金属或母材的缺欠超过相应的质量验收标准时，施工单位可以选择局部修补或者全部重焊。焊接或母材的缺陷修补前应分析缺陷的性质和种类及产生原因。如不是因焊工操作或执行工艺参数不严格而造成的缺陷，应从工艺方面进行改进，编制新的工艺并经焊接试验评定后进行修补，以确保返修成功。多次对同一部位进行返修，会造成母材的热影响区的热应变脆化，对结构的安全有不利影响。

8.4 焊接矫正

8.4.1、8.4.2 允许局部加热矫正焊接变形，但所采用的加热温度应避免引起钢性能发生变化。本条规定的最高温度是为了防止材质发生变化。在一定温度上避免急冷，是防止淬硬组织的产生。

9 涂装

9.2 防腐涂装

9.2.1、9.2.5 钢结构除锈应采用喷砂除锈作为首选方法，而手工和动力工具除锈作为喷射除锈的补充手段。

9.3 防火涂装

9.3.1 防火涂料涂装前先检查结构主体施工是否满足设计和相关标准的要求，隐蔽验收资料是否齐全。

9.3.3 防火涂料隔热性能和涂层厚度对钢结构的防火效果影响较大，故本条为强制性条文，必须严格执行。