

福建省工程建设地方标准 **DB**

工程建设地方标准编号：DBJ/T **_****_****

住房和城乡建设部备案号：J *****_****

钢管混凝土结构施工技术标准

Construction Technical specification of concrete filled steel
tube structure

2022-*-*发布

2022-*-*实施

福建省住房和城乡建设厅 发布

福建省工程建设地方标准

钢管混凝土结构施工技术标准

Construction Technical specification of concrete filled steel
tube structure

工程建设地方标准编号：DBJ/T **_****_****

住房和城乡建设部备案号：J1 *****_****

主编单位：福建工程学院

福建省二建建设集团有限公司

厦门鹭恒达建筑工程有限公司

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

实施日期：2022年*月*日



福建省住房和城乡建设厅关于批准发布 省工程建设地方标准《钢管混凝土结构 施工技术标准》的通知

闽建科〔20**〕**号

各设区市建设局（建委），平潭综合实验区交通与建设局，各有关单位：

由福建工程学院、福建省二建建设集团有限公司和*****公司共同主编的《钢管混凝土结构施工技术标准》，经审查，批准为福建省工程建设地方标准，编号 DBJ/T**-***-****，自 2021 年*月**日起实施。在执行过程中，有何问题和意见请函告省厅建筑节能与科技处。

该标准由省厅工程建设管理处负责组织宣贯，省厅负责管理。

福建省住房和城乡建设厅

2022 年*月** 日

前 言

根据《关于公布全省住房和城乡建设行业2020年第二批科学技术计划项目的通知》（闽建办科〔2020〕9号），规程编制组通过广泛调查研究、开展钢管混凝土结构施工试验研究、认真总结工程实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共有8个章节和9个附录，主要内容包括：1总则；2术语和符号；3基本规定；4材料；5施工深化设计；6钢管构件施工；7钢管核心混凝土顶升法施工；8钢管核心混凝土高抛法；9冬期、雨期和高温施工；10检测方法及评定标准等。

本规程由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福建工程学院负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见和建议请随时反馈给省住房和城乡建设厅建筑节能与科学技术处（地址：福州市北大路242号，邮编：350001）和福建工程学院（地址：福州闽侯上街大学新区学园路3号土木工程学院，邮编：350118），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：福建工程学院

福建省二建建设集团有限公司

厦门鹭恒达建筑工程有限公司

本规程参编单位：福建省百川建设发展有限公司

福建永特建设有限公司

福建路港(集团)有限公司

中恒宏瑞建设集团有限公司

福大大学

本规程主要起草人:

本规程主要审查人:

目 次

1 总则	1
2 术语与符号	1
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 施工组织要求	5
4 材料	6
4.1 钢管材料	6
4.2 连接材料	6
4.3 混凝土	7
5 施工深化设计	11
5.1 一般规定	11
5.2 深化设计内容	11
5.3 深化设计要求和内容	13
6 钢管构件施工	16
6.1 一般规定	16
6.2 钢管构件预制	17
6.3 钢管构件拼接	22
6.4 钢管构件吊装	24
6.6 钢管构件防腐、防火	26
7 钢管核心混凝土顶升法施工	31
7.1 一般规定	31
7.2 混凝土泵及混凝土输送管的选型、布置与连接	31
7.3 施工准备	32

7.4 钢管混凝土构件内混凝土顶升施工.....	33
7.5 顶升后处理	35
8 钢管核心混凝土高抛法	36
8.1 一般规定	36
8.2 混凝土浇筑	36
8.3 养护	39
9 冬期、雨期和高温施工	40
10 检测验方法及评定标准	41
本规程用词说明	44
引用标准名录	45

1 总则

1.0.1 为使钢管混凝土结构在实际工程应用中有所依据，做到技术先进、安全适用、经济合理、绿色环保，确保工程质量，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于福建省建筑与市政工程中钢管混凝土结构的施工。

1.0.3 钢管混凝土结构施工时，除本规程有明确规定外，尚应符合国家现行标准和规范规程的要求。

2 术语与符号

2.0.1 钢管混凝土构件 Concrete filled steel tubular members

在钢管内浇筑混凝土并由钢管和管内混凝土共同承担荷载的构件。

2.0.2 钢管混凝土结构 Concrete filled steel tube structure

主要由钢管混凝土构件组成的结构。

2.0.3 施工深化设计 Design development of construction

施工单位在业主或设计顾问提供的原设计图的基础上，结合施工现场实际情况，对图纸进行细化、补充和完善，以指导加工制作和现场施工。

2.0.4 混凝土顶升法 concrete pumping-up casting method

混凝土在泵送压力下，通过设置于顶升单元下部的顶升口自下而上、连续地注入钢管构件内，充填浇筑至预定高度的施工方法，简称“顶升法”。

2.0.5 顶升口 steel tube inlet

在顶升单元钢管构件下部管壁上留设的、用于向钢管内输送混凝土的预留孔。

2.0.6 顶升单元 unit for pumping-up casting

钢管内混凝土采用顶升法一次连续顶升浇筑至预定高度的钢管

构件。

2.0.7 顶升截止阀 valve for pumping concrete

为防止拆除混凝土输送管时混凝土的回流，在连接短管上或顶升口处设置的混凝土止流装置，包括法兰盘、截止阀垫板、截止阀隔板及法兰盘之间的连接配件等。

2.0.8 泵送损失 workability loss during pumping

混凝土拌合物泵送前后工作性能的变化。

2.0.9 浇筑孔 concrete passing aperture

在钢管柱水平加劲板或竖向内隔板上设置的可让混凝土拌合物通过的预留孔。

2.0.10 排气孔 vent hole

在钢管柱内水平加劲板上预留，用于混凝土顶升过程中排出管内空腔空气的孔。

2.0.11 观察孔 observing hole

在钢管柱的柱身上开设的用于实时观察施工过程中混凝土顶升高度的孔。

2.0.12 导流管 connecting pipe

用于连接混凝土输送管和顶升口并能承受泵送压力的短管。

2.0.13 高位抛落免振捣法 Concrete pouring by high fall of non-vibrating method

采用具有很高流动性且不离析，不泌水、不经振捣或少振捣，同时利用浇筑过程中高处下抛时产生的动能来实现自流平并充满钢管柱的混凝土的浇筑方法。

2.0.14 增稠材料 plastic material

用于改善混凝土拌合物黏性，提高混凝土拌合物抗离析性能的材料。

2.0.15 水胶比 water-binder ratio

混凝土中用水量与胶凝材料用量的质量比。

2.0.16 浆体体积 volume of slurry

每立方米混凝土拌合物中浆体的体积

2.0.17 U 形箱高差 height difference of U-box

混凝土拌合物通过设有钢筋栅的 U 形箱后的高差

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢管混凝土结构施工单位应具备相应的工程施工资质，并建立安全、质量和环境的管理体系。

3.1.2 施工单位应对设计图纸进行深化设计，并应经过设计单位认可，并应符合第 5 章内容和要求。

3.1.3 施工单位应根据混凝土顶升施工工艺与构造要求进行钢管混凝土结构深化设计，且应在钢管柱加工前完成。

3.1.4 施工前应进行设计交底、图纸会审和编制施工组织设计等前期准备工作。

3.1.5 施工前应针对具体的环境因素，进行焊接的工艺评定试验。

3.1.6 混凝土施工前，应进行混凝土配合比设计，确定混凝土坍落度、扩展度等指标。

3.1.7 直径大于 2m 的圆形钢管混凝土及边长大于 1.5m 的矩形钢管混凝土构件，施工中应采取有效措施减少钢管内混凝土收缩对构件受力性能的影响。

3.1.8 钢管内加劲板构造复杂或其他特殊的结构，宜进行 1:1 足尺模拟工艺试验。

3.1.9 钢管构件安装、楼板混凝土浇筑与钢管内混凝土的顶升施工顺

序应满足结构强度和稳定性的要求。

3.1.10 采用顶升法施工的混凝土，应具备良好的可泵性，并达到自密实混凝土要求，其混凝土强度等级不应低于 C30。

3.1.11 采用高抛免振捣混凝土工艺前，应根据工程特点、施工条件，制定专项技术方案，并进行技术交底。

3.1.12 高抛免振捣混凝土宜用于抛落高度为 3m~12m。当抛落高度大于 12m 时，应进行混凝土高抛模拟试验确定混凝土配合比、浇筑速度和导管形式。

3.1.13 高抛免振捣混凝土生产和使用过程中，应采取措施，保证混凝土生产、运输、泵送、施工连续性。

3.2 施工组织要求

3.2.1 施工现场平面布置应根据钢结构工程与混凝土工程施工的交叉作业、堆场布置、作业环境等因素综合确定。

3.2.2 施工现场应具有相应的施工技术标准、施工质量检验制度和综合施工质量水平评定考核制度。

3.2.3 施工现场应对相关的技术管理人员和操作人员进行培训和技术交底，并做好记录。对大型工程或施工难度大的工程，可根据实际情况进行多次技术交底。

4 材料

4.1 钢管材料

4.1.1 钢管材料及用于钢管混凝土结构的连接材料的力学性能指标，应按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中的有关规定采用。

4.1.2 钢管混凝土构件的圆钢管可采用螺旋焊接管或直缝焊接管，也可采用无缝钢管。矩形钢管宜采用直缝焊接管或冷弯型钢钢管。连接必须采用全熔透焊缝，并达到与母材同等强度。对接焊缝及角对接焊缝至少应符合二级焊缝质量检验标准。

4.1.3 钢管混凝土构件的除锈、防腐和涂装应在制作质量验收合格后进行。构件表面的除锈方法和除锈等级应符合设计规定，其质量要求应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 的规定。

4.2 连接材料

4.2.1 焊接用的焊条，应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB-T5117 或《低合金焊条》GB/T 5118 的规定。选择的焊条型号与被焊钢材的力学性能相适应，并符合设计要求。焊条、焊丝实行专人保管，贮存在通风干燥的地方，禁止油污污染。若无法保证焊条干燥时必须

进行烘焙，烘焙按表 4.2.1 要求进行：

表 4.2.1 焊条烘焙规定

焊条类别	酸性焊条	碱性焊条	碱性不锈钢焊条
保温时间	1h	1h	1h
烘干温度	70~150℃	350~400℃	150~250℃

注：酸性焊条储存时间短且包装良好的，适用于一般结构件焊接，在使用前不再烘焙。

4.2.2 焊缝的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 执行。

4.2.3 普通螺栓连接和高强度螺栓连接的设计应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 执行。栓钉应符合相应的现行国家标准、电弧螺柱焊用圆柱头焊钉的规定。

4.3 混凝土

4.3.1 钢管内混凝土的强度等级不应低于 C30，混凝土的抗压强度和弹性模量应按现行国家混凝土标准执行；当采用 C60 以上高强度混凝土时，其配合比和原材料应符合相关要求。钢管内混凝土可根据设计要求采用混凝土、自密实混凝土、再生骨料混凝土和高性能混凝土等。

4.3.2 水泥的选用应符合下列规定：

1 采用硅酸挂水泥或普通硅酸盐水泥，应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

2 水泥的强度等级不应小于 42.5，水泥中氯离子含量不应大于 0.06%。

3 应优选标准稠度用水量小且与外加剂适应性能好的水泥。

4.3.3 矿物掺合料可采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉等，其选用应符合下列规定：

1 粉煤灰宜采用 F 类 I 级粉煤灰，并应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定。

2 粒化高炉矿渣粉宜采用 S95 级或 S105 级，并应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定。

3 硅灰中 SiO₂ 含量宜大于 90%，并应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 的规定。

4 石灰石粉的掺量应小于 20%，并应符合现行国家标准《石灰石粉混凝土》GB/T 30190 的规定。

4.3.4 骨料的选用应符合下列规定：

1 粗骨料最大公称粒径不宜大于 20mm，且应满足现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中连续级配的要求。对于钢管内配筋密集的构件，宜使用最大公称粒径不大于 16mm 的碎石或卵石。

2 粗骨料的针片状颗粒含量、含泥量和泥块含量限值应满足现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的要求。其他性能应满足现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中的有关规定。

3 细骨料可选用天然砂或人工砂。人工砂宜和天然砂配合使用。砂应为 II 区中砂，粒径小于 $315\mu\text{m}$ 的颗粒比例宜在 15%~30%（质量分数），小于 $160\mu\text{m}$ 的颗粒比例宜在 5%~10%（质量分数）。其性能及试验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 及《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 的规定。天然砂的含泥量、泥块含量，以及人工砂中的石粉含量限值应满足现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283 的有关规定。

4 粗骨料和细骨料的级配，宜通过二级配或三级配进一步优化颗粒的级配，并应满足现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 及《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 要求。

4.3.5 外加剂的选用应符合下列规定:

1 减水剂、早强剂、缓凝剂和引气剂的性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

2 膨胀剂的性能应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB 23439 的有关规定。

3 减缩剂的性能应符合现行行业标准《砂浆、混凝土减缩剂》JC/T 2361 的有关规定。

4 在使用增稠剂和内养护剂前，应对其性能进行试验验证。

4.3.6 拌合用水应满足现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.3.7 普通混凝土在浇筑之前要做坍落度和扩展度试验，其数值控制范围应符合相关要求。自密实混凝土在浇筑之前要做坍落度扩展度试验，坍落扩展度宜在 600mm~750mm，扩展时间性能等级宜选 VS2。

5 施工深化设计

5.1 一般规定

5.1.1 深化设计应以现有图纸及规范为依据进行设计。

5.1.2 深化设计图必须经原设计单位认可。

5.1.3 深化设计应包括钢管混凝土柱、梁、埋件以及相互之间的节点等连接详图。

5.1.4 深化设计图纸应包括各个节点的连接类型，钢管的尺寸、强度等级，焊缝的形式和尺寸等一系列施工所必须具备的信息和数据。

5.1.5 深化设计应与建筑师、顾问及设计单位、总包方、专业工程承包商无条件配合，完善深化设计图纸，完成含塔吊支撑梁、结构变形预设方案、构件吊耳验算等的深化设计工作。

5.2 深化设计内容

5.2.1 节点设计及优化

节点设计包括柱脚节点设计，梁柱节点设计、支撑节点设计、异形柱节点设计、钢管混凝土柱与混凝土梁节点设计。

设计文件无明确要求时，所有节点按等强连接设计，但必须提交原设计院认可。如需对原设计节点进行修改或优化，事先必须得到原设计院的认可方可进行；所有节点的设计，除满足强度要求外，尚应考虑结构简洁、传力清晰以及现场安装的可操作性，构件长度不够引起的对接焊缝，其拼接位置应满足《钢结构工程施工质量验

收标准》（GB50205-2020）的要求。

5.2.2 图纸设计

深化设计图纸包括图纸目录，设计说明、布置图、构件加工详图、安装节点详图、零件图、各类清单和其他需要表达的内容。

5.2.3 柱连接设计

根据构造运输和吊装要求，柱构件可按单个或多个楼层分段制作拼装，拼装接头宜设在楼面以上 1.0~1.3m 处。构件吊装宜在构件上设置专门的吊装耳板或吊装孔。

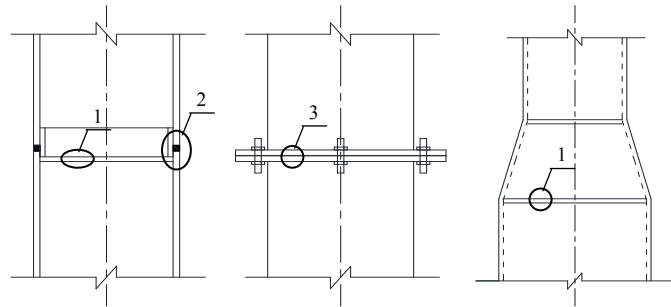
5.2.4 钢管构件的拼接焊缝应符合下列规定：

1 由钢板焊接成的矩形钢管柱，矩形钢管构件纵向的角部组装焊缝及横向拼接焊缝均应采用全熔透坡口焊缝，焊缝等级不宜低于一级。

2 圆形钢管柱纵向拼接直焊缝及横向拼接焊缝均应采用全熔透坡口焊缝，焊缝等级不宜低于一级。

5.2.5 钢管构件之间的拼接可以采用直接对接焊接（图 5.2.5a）、法兰盘螺栓连接（图 5.2.5b）。上下管径不变时，宜采用等强度的全熔透坡口焊缝连接；上下管径不同时，宜采用一段变径钢管连接（图 5.2.5c）。变径钢管的上下两端均宜设置环形隔板，变径钢管的壁厚不应小于所连接的钢管壁厚，变径段的斜度不宜大于 1: 6，变径段宜设置在楼屋盖结构高度范围内，也可采用法兰板焊接或法兰盘螺栓连接。法兰盘螺栓连接宜采用有加劲板连接方式，也可采用无加

劲板连接方式。连接法兰盘的钢管端部应采用内加强管或外加强管的方式加强。钢管拼接在现场焊接时，宜设置一些必要的定位部件，如加劲板和安装用的耳板等。



(a) 直接对接焊接 (b) 法兰盘螺栓连接 (c) 变径钢管连接

图 5.2.5 钢管拼接方式

1-环形隔板；2-全熔透坡口焊缝；3-法兰盘

5.2.6 钢管构件应根据不同的混凝土浇筑方案在适当位置预设排气孔，排气孔孔径不应小于 20mm。钢管构件内设置有环形隔板和水平加劲肋时，除在环形隔板和水平加劲肋下设置排气孔，还应当预设浇筑孔。

5.2.7 可采用 BIM 技术辅助复杂节点的深化设计。

5.3 深化设计要求和内容

5.3.1 节点设计及优化应综合考虑节点位置空间交叉矛盾。柱脚设计应满足钢管混凝土柱脚与基础底板钢筋连接。梁柱节点设计应确定

梁、柱钢筋避让，弯锚、梁筋穿孔、接驳器、设钢筋搭筋板等措施。

5.3.2 柱拼接设计需满足施工现场要求。

5.3.3 深化设计图纸应满足制作和现场安装的需要，确保图纸的准确性、完整性、适用性和可行性。

5.3.4 深化设计总说明应包含以下内容：深化设计依据，工程概况、材料说明（钢管、焊接材料、螺栓等）、下料加工要求、构件拼装要求、焊缝连接方式、板件坡口形式、制孔要求、焊接质量要求、除锈要求、涂装要求，构件编号说明、尺寸标注说明、安装顺序及安装要求，构件加工安装过程中应注意的事项，图例说明及其他需要说明的内容等。

5.3.5 构件详图应包括以下内容：

1 构件细部、重量表、材质、构件编号、焊接标记、连接细部、锁口和索引图等。

2 销钉、螺栓统计表，螺栓标记，螺栓直径。

3 轴线号及相对应的轴线位置。

4 加工、安装所必须具有的尺寸。

5 构件的对称和相同标记。

6 图纸标题、编号、版本号、出图日期。

7 加工所需要的信息。

5.3.6 安装布置图应包括以下内容：

1 安装布置图包括平面布置图、立面布置图、地脚螺栓布置图等，必要时应结合 BIM 提供三维视图，以便更好地指导现场安装。

2 安装布置图所包含的内容有构件编号、安装位置、方向、标高、安装说明、螺栓连接表等一系列安装所必须具有的信息。

5.3.7 施工详图需满足要求:

- 1 荷载数据与施工图设计资料一致,原始数据与设计图纸一致。
- 2 施工详图结果分析与原设计图的一致性和连接节点的符合性,结果分析以及措施。

5.3.8 施工详图需包含内容:

- 1 绘制安装平面图
- 2 确定构件编号系统,给定构件编号。
- 3 根据吊装(运输)分段情况(根据安装方案提供)。
- 4 材料表显示零件编号、规格(长×宽×高)和重量。
- 5 编制图纸清单。

5.3.9 详图深化设计需满足以下要求:

- 1 与加工制作的配合:明确分段点及焊接图示,优化节点组装工序,指导生产。
- 2 与运输的配合:若最终图纸部分钢管混凝土节点超宽,设计人员应对节点构造进行改进,采用拆分、斜接口等方案,缩减节点宽度,满足运输要求。
- 3 与现场安装的配合:根据现场吊装方案,确定钢管混凝土柱的分段点,按照安装区域分区出图,保证施工进度。

6 钢管构件施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 钢管混凝土构件的制作与施工除符合本规程的规定外,尚应遵守现行相关国家标准的有关规定。
- 6.1.2 钢管构件制作加工厂和安装的施工单位应具有相应的资质。
- 6.1.3 钢管结构在制作前,应根据深化设计中的构件加工详图和施工详图的要求编制制作工艺,根据制作厂的生产条件和现场施工条件、运输要求、吊装能力和安装条件,确定钢管的分段或拼焊。复杂构件还应进行工艺试验评定,并制定相应的施工工艺或作业指导书。
- 6.1.4 钢管构件制作时,应根据深化设计方案,同步制作吊点和连接板。
- 6.1.5 钢管混凝土构件采用的钢材和连接材料应符合本规程“4 材料”的规定和设计的要求。在结构施工中,当需以屈服强度不同的钢材代替原设计中的主要钢材时,应按照钢材的实际强度进行验算。
- 6.1.6 钢管管内混凝土浇筑应在钢管构件安装并经有关单位验收合格后进行。
- 6.1.7 钢管构件的防腐、表面除锈及防锈底漆涂装应符合国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB50936 的规定。

6.1.8 钢管混凝土构件防火涂料的粘结强度、抗压强度等性能指标应符合国家标准《钢结构防火涂料》GB14907 和中国工程建设标准化协会标准《钢结构防火涂料应用技术规程》T/CECS24 的规定。检验方法应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 规定。

6.1.9 钢管混凝土结构的冬期施工应符合《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104 中对钢结构工程的规定。

6.2 钢管构件预制

6.2.1 钢管构件应根据施工详图进行放样，放样与号料应预留焊接收缩量、切割、端铣等加工余量。对于高层框架柱尚应预留弹性压缩量，弹性压缩量可由制作单位通过计算并据已有工程经验确定。

6.2.2 钢材切割可采用气割、机械剪切、等离子切割。选用的切割方法应满足工艺文件的要求。气割或机械剪切的零件，需要进行边缘加工时，其刨削量不应小于 2mm，切割后的毛边、毛刺应清理干净。钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱。检查方法可采用观察法或用焊缝量规和钢尺检查，有疲劳验算要求时作渗透、磁粉或超声波探伤检查，应保证全数检查。

6.2.3 等离子切割前，必须及时清除板材废料，以免在切割时发生变形使板材产生移位，导致构件切割精度产生偏差。切割完毕后，应

对钢材切割面进行外观检查，其切割面应无裂纹、夹渣和氧化铁等缺陷，断口上不得有裂纹和大于 1mm 的缺棱。

6.2.4 需边缘加工的零件，宜采用精密切割；焊接坡口加工宜采用自动切割、半自动切割、坡口机、刨边机等方法进行，并应用样板控制坡口角度和尺寸。

6.2.5 壁厚超过 40mm 的巨型钢管构件的焊接，宜选取 X 形和 K 形等双面坡口形式。巨型钢管内部腔体众多且空间狭小的情况下，V 焊接坡口宜选取单面形坡口反面衬垫的形式，坡口开设方向尽量朝向腔体外侧或空间较大的腔体内。

6.2.6 气割工作场地应符合安全要求，构件应垫平，且底面留有一定空隙。钢材表面的油污和铁锈应清理干净。切割时，应根据设备类型、钢材厚度、切割气体等因素选择合适的工艺参数。气割的允许偏差应符合表 6.2.6 的规定。偏差的检查方法可以采用观察检查或钢尺、塞尺检查，检查数量应按切割面数抽查 10%，且不应少于三个。

表 6.2.6 气割的允许偏差(mm)

项目	允许偏差
零件的宽度、长度	±3.0
切割面平面度	0.05t, 且不大于 2.0
割纹深度	0.3
局部缺口深度	1.0

6.2.7 机械剪切的零件厚度不宜大于 12mm，剪切面应平整，其端部剪切斜度不得大于 2mm。机械剪切的允许偏差应符合表 6.2.7 的规

定。偏差的检查方法可以采用观察检查或钢尺、塞尺检查，检查数量应按切割面数抽查 10%，且不应少于三个。

表 6.2.7 机械剪切的允许偏差(mm)

项目	允许偏差
零件的宽度、长度	±3.0
边缘缺棱	0.05t, 且不大于 2.0
型钢端部垂直度	2.0

6.2.8 螺旋焊接或直缝焊接圆钢管，以及采用板材焊接的矩形钢管，其焊缝宜采用坡口熔透焊缝。焊接管焊缝的坡口形式和尺寸，应符合国家标准《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T985 和《埋弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T986 的规定。焊接时，应严格保持焊后管肢的平直，宜采用分段反向顺序，分段施焊应保持对称，并采取有效措施避免或减少焊接残余变形。当管壁厚大于或等于 30mm 时，施焊前宜均匀加热焊缝附近位置，以减少焊接残余应力。

6.2.9 钢管构件的制作与施工现场焊接应进行焊接工艺评定，严格按焊接工艺专项方案施焊和检验，并明确焊接方法、工艺参数和施焊顺序，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 和《钢结构焊接规范》GB50661 的相关规定。

6.2.10 钢管的接长应采用对接熔透焊缝，焊缝质量等级加工厂制作应为一级；现场焊接不得低于二级。每个制作单元接头不宜超出一个，当钢管采用卷制方式加工成型时，可允许适当增加接头。钢管

的接长最短拼接长度应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定。

6.2.11 对于大直径钢管，当采用直缝焊接钢管时，等径钢管相邻纵缝间距不宜少于 300mm，纵向焊缝沿圆周方向的数量不宜超过 2 道。

6.2.12 对于多腔体钢管单元，应首先进行纵向焊缝的焊接，再焊接横向焊缝。

6.2.13 钢管构件焊接，同一截面的焊缝尽量同步同时焊接，同时焊接的焊缝位置与焊接方向尽量保证对称原则。分步骤焊接时，先焊长度较长、填充量较大的焊缝，后焊长度较短、填充量较短的焊缝。

6.2.14 钢管构件的长度，可根据运输条件和吊装条件确定，一般以不长于 14m 为宜。

6.2.15 钢管制作的允许偏差应符合表 6.2.15。

表 6.2.15 钢管制作容许偏差

项目	容许偏差 (mm)	
	空心钢管	实心钢管
端头直径 D 的偏差	±1.5D/1000 且±5	±1.2D/1000 且±3
弯曲矢高(L 为构件长度)	L/1500 且≤5	L/1200 且≤8
长度偏差	-5,2	±3
端面倾斜	≤2 (D<φ600)	D/1000 且
钢管扭曲	3°	1°
椭圆度	3D/1000	

6.2.16 钢管构件焊前预热及层间温度的保持宜采用电加热器、火焰加热器等进行加热，并采用专用的测温仪器测量，预热的加热区域应在焊接坡口两侧，宽度应各为焊件施焊处厚度的 1.5 倍以上，且不小于 100mm，预热温度宜在焊件反面测量，测温点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于 75mm 当用火焰加热器预热时正面测温应在加热停止后进行。

6.2.17 焊接时应根据工作地点的环境温度、钢材材质和厚度，选择相应的预热温度对焊件进行预热。无特殊要求时，可按表 6.2.17 取预热温度。凡需预热的构件，焊前应在焊道两侧各 100mm 范围内均匀进行预热。预热温度的测量应在距焊道 50mm 处进行。当工作地点的环境温度为 0℃ 以下时，焊接件的预热温度应通过试验确定。

表 6.2.17 常用的预热温度

钢材分类	环境温度	板厚 (mm)	预热及层间宜控温度
碳素结构钢	0℃ 及以上	≥50	80
低合金高强度结构钢	0℃ 及以上	≥36	100

6.2.18 厚板多层焊时应连续施焊，每一道焊缝焊接完成后应及时清理焊渣及表面飞溅物。连续施焊过程中应控制焊接区母材温度，使层间温度控制在 120℃-190℃ 之间。遇有中断施焊的情况，应采取后热、保温措施，再次焊接时重新预热温度应高于初始预热温度。

6.2.19 钢管构件制作完成后，应按照深化设计文件和现行国家标准

《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定进行验收。

6.2.20 钢管构件制作完毕后应仔细清除钢管内的杂物，钢管内表面必须保持干净，不得有油渍等污物，应采取适当措施保持管内清洁，防止钢管内表面锈蚀。

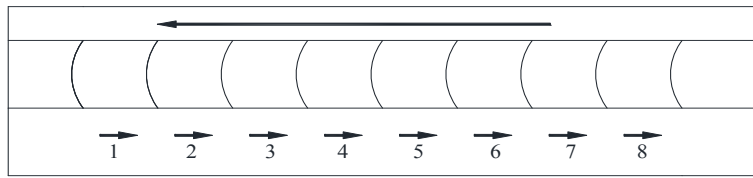
6.3 钢管构件拼接

6.3.1 现场拼接时可加焊必要的定位零件，减小安装误差。小直径钢管可采用点焊定位，大直径钢管定位应用附加钢筋焊于钢管外壁作临时固定，固定点的间距可取 300mm 左右，且不得少于 3 点。钢管对接焊接过程中如发现定位焊处的焊缝出现微裂纹，则该微裂纹部位须全部铲除重焊。

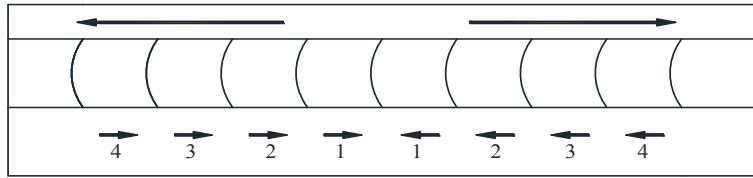
6.3.2 钢管构件组装前，各零部件应经检查合格，组装的允许偏差应符合国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定。

6.3.3 钢管拼接时，相邻管节或管段的纵向焊缝应错开，错开的最小距离（沿弧长方向）不应小于钢管壁厚的 5 倍。

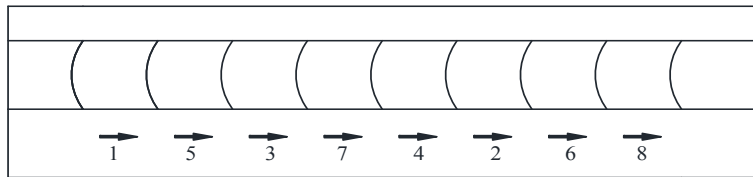
6.3.4 钢管拼接时应保持焊后管肢的设计几何尺寸，焊接时除控制几何尺寸外，为了防止焊接变形对钢管的影响，当焊缝在 1m 以上时，可采用分段退焊法（图 6.3.4a）、分中分段退焊法（图 6.3.4b）、跳焊法（图 6.3.4c）、交替焊法（图 6.3.4d），对中等长度(0.5-1m)的焊缝，可采用分中对称焊法（图 6.3.4e）。



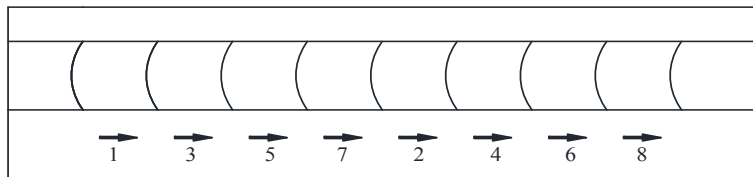
(a) 分段退焊法



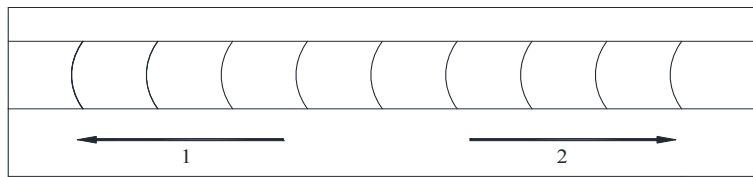
(b) 分中段退焊法



(c) 跳焊法



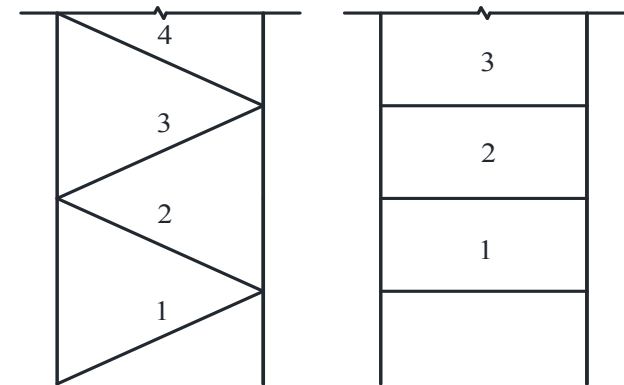
(d) 交替焊法



(e) 分中对称焊法

图 6.3.4 焊接方法

6.3.5 构式钢管柱连接杆焊接时，宜先焊大管径杆件再焊小管径杆件、先焊受力大的杆件再焊受力小的杆件、先焊受拉杆件再焊受压杆件。无截面尺寸变化及受力形式基本相同的斜腹杆、平腹杆格构式钢管柱连接杆焊接顺序可按图 6.3.5 施焊。



(a) 斜腹杆格构式柱焊接 (b) 平腹杆格构式柱焊接

图 6.3.5 格构式钢管柱连接杆焊接

6.3.6 钢管构件吊点位置应有明显标记。

6.4 钢管构件吊装

6.4.1 钢管构件在吊装前，应结合施工现场实际情况，并根据施工图设计文件和施工详图的要求编制吊装施工方案。

6.4.2 钢管构件在吊装时应控制吊装荷载作用下的变形，吊点的设置应根据钢管构件本身的承载力和稳定性经验算后确定。

6.4.3 构件的堆放场地应平整、坚实和排水良好。构件应按种类、型号、安装顺序划分区域堆放，并竖标志牌。构件堆放宜用垫木垫高200mm，并确保支垫平稳和位置准确，堆放不宜超过四层，且堆放高度不超过2m。

6.4.4 用于吊装的缆风绳、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。

6.4.5 起重设备需附着或支承在结构上时应得到设计单位的同意，并进行结构安全计算。

6.4.6 严禁吊车在移动时吊装物构件，当风速超过六级（15m/s）风时应停止吊装作业。

6.4.7 构件吊装前应清除表面上的油污、泥沙、灰尘等杂物，并做好轴线和标高标记。吊装钢管构件时，应将其管口包封，防止异物落入管内。

6.4.8 当采用预制钢管混凝土构件时，应待管内混凝土强度达到设计值的50%以后，方可进行吊装。

6.4.9 构件吊装作业时，全过程应平稳进行，不得碰撞、歪扭、快起和急停。钢管构件吊装就位后，应立即进行校正，采取可靠固定措施以保证构件的稳定性。

6.4.10 吊装耳板和吊装孔可留在构件上，当需切割耳板时，宜从距构件表面20mm处切割。

6.4.11 钢管柱安装允许偏差应符合表6.4.11的规定。

表 6.4.11 钢管柱安装允许偏差

项次	项目	容许偏差
1	立柱中心线与基础中心线	±5mm
2	立柱顶面标高和设计标高	±10mm，中间层±20mm
3	立柱顶面平整度	5mm
4	立柱垂直度	长度的1/1000，最大不大于15mm
5	各柱之间的距离	间距的±1/1000
6	各立柱上下两平面相应的对角线差	长度的1/1000，最大不大于20mm

6.6 钢管构件防腐、防火

6.6.1 钢管构件应根据设计文件要求选择除锈、防腐涂装工艺。当设计未提出具体内外表面处理方法时，内表面处理应无可见油污、无附着不牢的氧化皮、铁锈或污染物；外表面可根据涂料的除锈匹配要求，采用适当处理方法，涂装材料附着力应达到相关规定。

6.6.2 必须在所有焊缝检查合格后方能按设计要求进行防腐处理。

6.6.3 防腐涂装施工前，必须对钢构件表面进行除锈，构件表面的除锈方法和除锈等级应符合设计规定，其质量要求应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923的规定。

6.6.4 经处理的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污和毛刺等，对于镀锌构件，酸洗除锈后，钢材表面应露出金属色泽，无污渍、

锈迹和残留任何酸液。

6.6.5 表面处理与涂装之间的间隔宜在 4h 之内。涂层与涂层之间的间隔，应以先涂装的涂层达到表干后再进行上一层的涂装，一般涂层的间隔时间不小于 4h。

6.6.6 沿海地区除锈完毕至喷涂防腐涂料前，应用塑料布将构件遮盖好。喷涂工作应选择天气晴朗、无风、干燥的时机进行。采用高压喷涂时，要求喷涂均匀、无漏喷；漆膜平整，不起泡、不裂纹、不流淌，边角要喷严。

6.6.7 设计要求或施工工艺要求禁止涂装的部位，为防止误涂，在涂装前必须进行遮蔽保护。

6.6.8 钢管构件防腐涂装可采用热镀锌、喷涂锌、喷刷涂料等方式。热镀锌、喷涂锌工艺顺序应安排在管内浇筑混凝土之前。

6.6.9 热镀锌涂装工艺应符合现行国家标准《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 13912 的规定。

6.6.10 喷涂锌防腐涂装可采用电弧喷锌或热喷锌等方式，应符合现行国家标准《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T9793、《热喷涂热喷涂结构的质量要求》GB/T19352 等有关规定进行验收。

6.6.11 涂料防腐涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定。当设计文件无涂层厚度具体要求时，涂层干漆膜

总厚度室外构件不应小于 150um，室内构件不应小于 125um。

6.6.12 钢管构件的耐火等级和耐火极限，以及进行防火保护时所采用的防火涂料应符合设计及《建筑设计防火规范》GB50016 和《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 的有关规定。

6.6.13 防火构造按类型可分为，采用金属网抹水泥砂浆的钢管混凝土柱防火保护构造（图 6.6.13-1）、外包混凝土钢管混凝土柱防火保护构造（图 6.6.13-2）和防火涂料防火保护构造（图 6.6.13-3）。

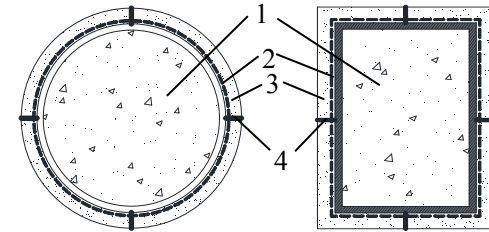


图 6.6.13-1 金属网抹水泥砂浆的钢管混凝土柱防火保护构造

1-钢管混凝土柱；2-金属网；3-砂浆保护层；4-定位钢筋

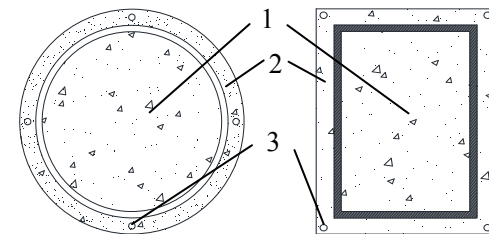


图 6.6.13-2 外包混凝土钢管混凝土柱防火保护构造

1-钢管混凝土柱；2-混凝土保护层；3-构造钢筋

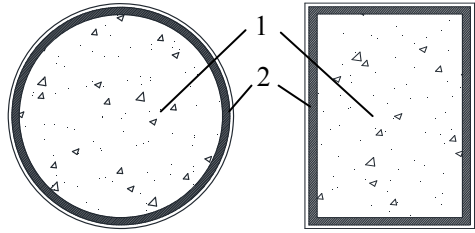


图 6.6.13-3 钢管混凝土防水涂料防火保护构造

1-钢管混凝土柱；2-防水涂料

6.6.14 防火涂装施工前，构件基层表面应无油污、灰尘和泥砂等污垢，防锈层完整、底漆无漏刷。钢构件连接处的缝隙应采用防水涂料填平。

6.6.15 防火涂装施工时，环境温度宜为 5~38℃ 之间，相对湿度不应大于 90%，空气应流通。温度过低，或湿度太大，或风速在 5m/s（四级）以上，或构件表面有结露时都不宜施工。

6.6.16 防水涂料可按产品说明在现场进行搅拌或调配，使其均匀一致，稠度适宜，喷涂后不发生流淌和下坠现象，方可用于喷涂。当天配置的涂料应在产品说明书规定的时间内用完。

6.6.17 防水涂料施工可采用喷涂、抹涂或滚涂。局部修补或小面积施工，不具备喷涂条件时可用抹灰刀等工具进行手工抹涂或滚涂。

6.6.18 厚涂型防水涂料施工一般采用喷涂法。第一次喷涂基本盖住钢材表面即可，以后每次喷涂厚度为 5-10mm，且必须在前一次基本干燥后再喷。施工中应随时监测涂层厚度，直至符合设计厚度方可

停止。

6.6.19 薄涂型防水涂料施工时，底层一般喷 2-3 遍，待前一遍干燥后再喷后一遍，头遍盖住 70% 即可，二、三遍每遍不超过 2.5mm 为宜；面层一般涂饰 1-2 遍，第一遍从左至右，二遍从右至左，以保证全部覆盖底层；底层喷涂过程中随时检测厚度，待总厚度达到要求并基本干燥后，方可面层涂饰。

6.6.20 防腐涂装验收应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB50212 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的相关规定。

7 钢管核心混凝土顶升法施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土顶升浇筑前，应对顶升作业人员进行技术交底。

7.1.2 混凝土顶升浇筑施工过程中应进行过程监控。

7.2 混凝土泵及混凝土输送管的选型、布置与连接

7.2.1 输送泵的选型应根据现场条件、输送高度和顶升高度、输送距离、输送管路布置方案以及混凝土拌合物性能等因素确定。

7.2.2 混凝土施工前，宜按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 计算混凝土最大泵送阻力、选择额定工作压力相适宜的混凝土泵。

7.2.3 混凝土输送管的选型应根据粗骨料最大粒径、拌合物性能、混凝土泵的型号、混凝土输出效率、输送距离、最大泵送压力以及钢管柱的截面尺寸等进行选择。

7.2.4 混凝土输送管的安装连接应紧密，其布置应符合下列规定：

- 1 同一管路宜采用相同管径的输送管；
- 2 垂直向上输送混凝土时，地面水平混凝土输送管的折算长度不宜小于垂直泵管长度的 1/5，且不宜小于 15m；
- 3 当泵送高度大于 100m 时，混凝土泵出料口处的混凝土输送管

应设置截止阀；

4 混凝土输送管转向宜平缓，应减少弯管、锥形管的数量；

5 混凝土输送管布设宜一次性布置到位。

7.2.5 混凝土输送管应与结构牢固连接。混凝土输送管宜采用支架与结构主体固定，转向处支架应加密。支架设置应经计算确定。

7.2.6 混凝土输送管及其支架应经常进行检查和维护。

7.2.7 顶升口与混凝土输送管连接应紧密可靠。

7.3 施工准备

7.3.1 钢管混凝土顶升施工前应进行下列检查：

- 1 钢管柱应通过分项工程验收。
- 2 钢管柱内应无杂物。
- 3 顶升口所在楼层楼板混凝土应浇筑完成，并应具备上人施工操作条件。
- 4 应经顶升口将上次浇筑混凝土面上的积水排除干净。
- 5 顶升用混凝土输送管应已按要求布置完毕，顶升截止阀应已安装就位。
- 6 混凝土输送管接口应紧密可靠。混凝土输送管与结构主体的固定应牢固。

7.3.2 钢管内混凝土顶升浇筑前，宜依次采用水、混凝土同配比砂浆等材料湿润混凝土泵和混凝土输送管，不得将润泵水、砂浆等润浆

材料打入钢管柱内，应妥善排除。

7.4 钢管混凝土构件内混凝土顶升施工

7.4.1 混凝土进场时应进行坍落扩展度、V漏斗试验、坍落扩展度泵送损失等指标检测，检测结果应符合表 7.4.1 的规定。混凝土进场时，应对混凝土运输单信息进行核对。混凝土搅拌运输车到达现场后，对混凝土扩展度应每 2h 测一次，每台班不应少于两次。

表 7.4.1 混凝土拌合物性能指标

控制项目		泵送高度 (m)			
		100	100~200	200~300	
必控指 标	含气量 (%)	2.0~4.0			
	入泵坍落扩展度 (mm)	600~650	650~750		
	坍落扩展度	经时损失 (mm)	≤20 (3h)		≤20 (4h)
		泵送损失 (mm)	≤50		≤100
	任选其一 必控指标	扩展时间 T_{500} (s)	4~10		
		V 漏斗试验 (s)	12~25		
		倒置坍落度筒排空时间 (s)	3~10		
可选指 标	U 型箱高度差试验 (mm)	≤40			
	L 型流动仪 (R_h)	$R_h \geq 0.80$			
	压力泌水率 (%)	≤20			

	J 环扩展度 (mm)	≤50
--	-------------	-----

7.4.2 钢管内混凝土顶升浇筑时应符合下列规定：

1 应安排专职人员监测、指挥、协调，应配备通信工具，并采取可有效控制混凝土顶升开始或停止的措施；

2 应控制混凝土顶升速度，并应均衡顶升至预定高度。

7.4.3 钢管内混凝土顶升过程中，应对混凝土的充填过程进行实时视频监控，必要应采取保证混凝土密实度的措施。

7.4.4 钢管内混凝土泵送顶升过程中，严禁反泵，在更换混凝土搅拌运输车时应保证泵送连续。泵送时，料斗内混凝土不得少于其容量的 2/3。

7.4.5 顶升混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，且应满足表 7.4.1 中经时损失的规定。同一顶升单元的钢管内混凝土应连续浇筑。

7.4.6 钢管内混凝土的强度等级应符合设计要求。用于检查结构构件混凝土强度的试件，应在混凝土浇筑地点随机抽取制作。混凝土取样与试件留置应符合下列规定：

1 每一顶升单元的混凝土，取样不得少于一次；

2 每拌制 100 盘且不超过 100m^3 的同配合比混凝土，取样不得少于一次；

3 每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘时，取样不得

少于一次；

4 当一次连续浇筑超过 1000m^3 时，同一配合比的混凝土，超过 1000m^3 的部分，每 200m^3 取样不得少于一次；

5 每次取样应至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

7.4.7 钢管内混凝土顶升浇筑施工过程宜留存影像资料。

7.4.8 每一顶升单元钢管内混凝土顶升浇筑施工完成后，宜对钢管柱顶部管口采取遮盖等临时封闭措施。

7.5 顶升后处理

7.5.1 钢管内混凝土顶升施工完成后，应及时进行顶升口处混凝土止回处理。混凝土强度达到拆模要求后，当顶升口与导流管为焊接连接时应直接切除导流管；当顶升口与导流管为螺栓连接时应松开螺母，拆卸导流管并应重复利用。

7.5.2 混凝土顶升完成并进行止回处理后，应将混凝土输送管内剩余混凝土清除干净，拆除水平输送管，及时清洗。

8 钢管混凝土核心混凝土高抛法

8.1 一般规定

8.1.1 浇筑高抛免振捣混凝土前，应根据工程的浇筑区域、构件类别、钢筋配置状况、高抛高度等选择机具与浇筑方法。

8.1.2 混凝土泵的种类、台数、输送管径、配管距离等应根据施工的实际条件进行确定。

8.1.3 浇筑时，高抛免振捣混凝土拌合物性能应符合表 8.1.3 的规定。

表 8.1.3 高抛免振捣混凝土拌合物性能指标

性能指标		技术要求
扩展时间 T_{500} (s)		$3 \leq T_{500} \leq 5$
坍落扩展度 (mm)	I 级	$600 \leq I \leq 650$
	II 级	$550 \leq II \leq 600$
	III 级	$500 \leq III \leq 550$
离析率 f_m (%)		≤ 10
U 型箱高度差试验 (mm)		≤ 40

8.2 混凝土浇筑

8.2.1 施工准备

1 考虑各钢管柱自密实混凝土的浇筑顺序，减少浇筑过程对钢结

构整体结构的影响。

2 做好钢管柱外侧高度、浇筑导管外侧长度标识，结合浇筑过程检查，以方便快速判断自密实砼的浇筑位置。

3 配置两套及以上浇筑导管，以保证一根钢管柱浇筑后可以继续浇筑另一根钢管柱，减少混凝土运料车在现场的等待时间，同时配备相应的浇筑专职人员。

4 配置浇筑自密实砼过程中所需的其它工具，如试模、木锤、坍落度扩展度检测装置等。

8.2.2 高抛免振捣混凝土浇筑布料点的间距应根据拌合物性能和工程特点选择，且不宜大于 4m；相邻布料点应均匀卸料；当构件钢筋最小净距小于 35mm 时，宜缩小布料点的间距，且布料点间距宜通过试验确定。

8.2.3 浇筑高抛免振捣混凝土的过程中，应保持泵送和浇筑的连续性。

8.2.4 钢管混凝土柱采用高抛免振捣混凝土施工时，混凝土施工缝位置宜错开钢管连接位置。

8.2.5 试验柱和钢管柱在安装完成后，柱顶部应做好防护，防止垃圾或雨水进入。混凝土浇筑前要进一步确认是否有积水，如有积水应抽取积水。

8.2.6 根据横隔板中间的孔径大小，选择导管直径，保证导管外边缘

距横隔板孔壁至少有 100mm 以上的间距，但管径一般也不小于 100mm。

8.2.7 在若干节导管处开孔，穿过直径 12mm 的钢筋，形成“十字形”的缓冲网。安装好隔节导管和漏斗，形成每隔 10~15m 左右有一缓冲带的浇筑导管。

8.2.8 自密实混凝土的运输

1 运输车辆在接料前应将车内残留的混凝土清洗干净，并将车内积水排尽。

2 自密实砼运输过程中，搅拌车的滚筒应保持匀速转动，速度控制在 3~5r/min，严禁向车内加水。

3 运输时间要加以控制，要保证高抛免振自密实混凝土从开始接料至卸料的时间控制在 120min 以内。

8.2.9 自密实混凝土超高缓冲导管浇筑

1 自密实砼运至施工现场，开始卸料前，搅拌运输车罐体宜高速旋转 20s 以上。

2 自密实砼正式浇筑前做好试件留置、坍落度扩展度的测试等工作。

3 浇筑自密实砼前，浇筑同配合比砂浆厚 100~200mm。

4 钢管内密实砼浇灌，宜连续进行，若须间歇，不应超过自密实混凝土的终凝时间。

5 混凝土浇筑过程中,严格控制浇筑速度,尤其对钢管直径相对较小的钢管柱,以减少混凝土内部气泡。浇筑至横隔板下 200mm 处,放慢下料速度(在节点区及水平隔板位置,浇筑速度控制在 1m/min),以达到混凝土内部气泡全部逸出。

6 自密实混凝土在浇筑过程中,要防止混凝土落到横隔板上导致分散、离析现象产生,应减少导管的大幅晃动。

7 根据混凝土的方量,算好已浇筑的位置,逐节拔管拆管,以确保导管末端距混凝土面在 4m 左右。

8 浇筑到距柱顶 4 米左右,仅保留漏斗进行下料,并轻微振捣,浇筑至柱顶应对浮浆进行处理,振捣完毕后将混凝土表面 5~10cm 混凝土或浮浆清除。

8.2.10 浇筑后及时对导管、漏斗进行清理,避免混凝土结硬。

8.3 养护

8.3.1 高抛免振捣混凝土浇筑完毕后,应及时养护,且养护时间不得少于 14d。

8.3.2 浇筑后的高抛免振捣混凝土可采用覆盖、洒水、喷雾、喷养护剂或用薄膜保湿等养护措施。

9 冬期、雨期和高温施工

9.0.1 冬期施工及抗冻试件留置应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104 的有关规定,并应对钢管柱采取保温加热措施,钢管壁温度不应低于 0℃,混凝土的入模温度不应低于 5℃。

9.0.2 高温季节施工时,混凝土入模温度不应超过 35℃,混凝土输送管宜进行包裹覆盖,并应喷洒冷水降温,混凝土泵送温升宜控制在 2℃~4℃。

9.0.3 大截面钢管混凝土柱内混凝土施工前,宜按现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的相关规定对混凝土温度应力及收缩应力进行试算,应根据计算结果采取相应温控措施。

9.0.4 当出现降雨、降雪情况时,混凝土浇筑完成后应立即采取措施进行防水或保温养护。

10 检测验方法及评定标准

10.0.1 试验柱完成后进行混凝土试件强度检测、混凝土完整性超声波检测、剖口观察等检测内容。

1 剖口观察

在完成混凝土浇筑的试验柱侧面不同位置开设观察剖口，观察剖口设在横向隔板节点复杂且混凝土不易密实部位。

2 非横隔板处超声波检测

每根试验柱浇筑完成 3d 后首先进行超声波检测，7d 后再次进行超声波检测。超声波检测管长度与柱长度相同，超声波检测检测全柱内的混凝土密实情况。

10.0.2 工程钢管混凝土柱的敲击法检查

每层每根钢管柱进行全检，7d、28d 共两次（敲击时间不宜过早，以免影响混凝土与钢管壁的粘结）。检查方法为沿柱周边取等距离若干个点，从柱底敲至柱顶。由于钢管混凝土柱由于两端固定的原因，振幅不同，柱中间与柱两端的敲击声响不一致，如出现第三种声音，则视为异常。

10.0.3 工程钢管混凝土柱的超声波检查

1 超声波抽样按检测楼层钢管柱总数的 10%（不少于 3 根）进行超声波检测，测试频率宜选择在 40~100KHZ 范围内。

2 数据整理分析

1) 测位混凝土声学参数的平均值 m_x 和标准差 s_x 应按式 (10.0.3-1) 计算：

$$s_x = \sqrt{(\sum X_i^2 - n \cdot m_x^2) / (n-1)} \quad (10.0.3-1)$$

式中： X_i ——第 i 点的声学参数测量值；

N ——参与统计的测点数。

2) 异常数据可按下列方法判别：

A、将测位各测点的波幅、声速或主频值由大至小按顺序分别排列，即 $X_1 \geq X_2 \geq \dots \geq X_n \geq X_{n+1} \geq \dots$ ，将排在后面明显小的数据视为可疑，再将这些可疑数据中最大的一个（假定 X_n ）连同其前面的数据按上式计算出 m_x 及 s_x 值，并按 (10.0.3-2) 计算异常情况的判断值 (X_0)：

$$X_0 = m_x - \lambda_1 \cdot s_x \quad (10.0.3-2)$$

式中 λ_1 按《超声法检测混凝土缺陷技术规程》(CECS21) 取值。

B、当测位中判出异常测点时，可根据异常测点的分布情况，按 (10.0.3-3) 或 (10.0.3-4) 下式进一步判别其相邻测点是否异常：

$$X_0 = m_x - \lambda_2 \cdot s_x \quad (10.0.3-3)$$

$$X_0 = m_x - \lambda_3 \cdot s_x \quad (10.0.3-4)$$

式中 λ_2 及 λ_3 按《超声法检测混凝土缺陷技术规程》(CECS21) 表 6.3.2 取值。当测点布置为网格状时取 λ_2 ；当单排布置测点时（如

在声测孔中检测)取 λ_3 。

3) 当测位中某些测点的声学参数被判为异常值时, 可结合异常测点的分布及波形状况确定混凝土内部存在不密实区和空洞的位置, 可参考表 10.0.3 进行判定。

表 10.0.3 超声波检测判定参考依据

序号	类型	结果
1	声时短、幅值大、频率高	超声波穿过的钢管混凝土密实均匀, 没有缺陷。
2	声时长、幅值小、频率低	钢管混凝土中存在着缺陷, 而且缺陷的位置是在有效接收声场的中心轴线上即收发换能器的连线。
3	声时短、幅值小、频率低	钢管混凝土中的缺陷不在有效接收声场的中心轴线上, 而是在有效接收声场覆盖的空间内, 以致声线仍然通过有效接收声场的中心轴线, 声时不会改变, 然而有效声场空间里的缺陷使得声能受到衰减, 导致幅值变小频率下降。 钢管混凝土中的缺陷虽然在有效接收声场的中心轴线上, 但是缺陷足够小。 钢管混凝土本身并没有缺陷, 但是由于换能器与钢管外壁耦合不良, 也会造成幅值变小、频率下降而声时变化很小的现象。这种现象是在检测过程中由人为因素造成的, 它不能反映钢管混凝土的真实情况, 必须杜绝它的出现。

本规程用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待, 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, 在正常情况下均应该这样做的:

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用词, 采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为: “应按...执行”或“应符合...要求或规定”。

引用标准名录

- 1 《钢管混凝土结构技术规范》 GB 50936
- 2 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》 GB 50628
- 3 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 4 《钢结构工程施工规范》 GB50755
- 5 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 6 《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》 GB/T985
- 7 《埋弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》 GB/T986
- 8 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》 GB/T8923
- 9 《高抛免振捣混凝土应用技术规程》 JGJ-T 296-2013
- 10 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ-T 283
- 11 《约束混凝土柱组合梁框架结构技术规程》 GECS347

福建省工程建设地方标准

福建省钢管混凝土结构施工技术规程

Technical Standard for Aluminum Alloy Formwork System of Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T ***-****-****

住房和城乡建设部备案号：J*****-****

条文说明

制定说明

《福建省钢管混凝土结构施工技术规程》DBJ13-***-***经福建省住房和城乡建设厅 2020 年**月**日以闽建科[2020]**号通知批准发布，并经住房和城乡建设部 20**年**月**日以建标标备[20**]**号文备案。

本规程在制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了我省钢管混凝土结构的制作、设计和施工实践经验，开展了钢管制作、安装以及核心混凝土浇筑等关键技术研究，并与我国相关标准进行了协调，完成本标准编制。

为便于广大施工、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能够正确理解和执行条文规定，《福建省钢管混凝土结构施工技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程条文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目次

1 总则	50
2 术语与符号	51
3 基本规定	52
3.1 一般规定	52
3.2 施工组织要求	55
4 材料	56
4.1 钢管材料	56
4.2 连接材料	56
4.3 混凝土	57
5 施工深化设计	58
5.1 一般规定	58
5.2 深化设计内容	59
5.3 深化设计要求和内容	61
6 钢管构件施工	62
6.1 一般规定	62
6.2 钢管构件预制	63
6.3 钢管构件拼接	67
6.4 钢管构件吊装	67
6.6 钢管构件防腐、防火	69
7 钢管核心混凝土顶升法施工	89
7.1 一般规定	89
7.2 混凝土泵及混凝土输送管的选型、布置与连接	90
7.3 施工准备	91
7.4 钢管混凝土构件内混凝土顶升施工	91

7.5 顶升后处理	92
8 钢管混凝土构件内混凝土高抛法	93
8.1 一般规定	93
8.2 混凝土浇筑	93
8.3 养护	94
9 冬期、雨期和高温施工	95
10 检测验方法及评定标准	96

1 总则

1.0.1 本条是编制钢管混凝土结构施工时应遵循的原则，为福建省钢管混凝土结构施工提供依据，达到确保工程质量的目的。

1.0.2 本条明确指出本规程仅适用福建省建筑与市政工程中钢管混凝土结构的施工。

1.0.3-1.0.4 本规程中一些公式、参数、符号等引用了国家现行有关标准的规定，因此，除本规程有明确规定外，在施工时还必须遵守国家现行有关的标准。

2 术语与符号

术语是根据国家现行标准《工程结构设计通用符号标准》GB/T50132-2014、《工程结构设计基本术语标准》GB/T 50083-2014的规定，并结合本规程的具体情况给出。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条规定了钢管混凝土结构施工单位的资质要求和施工人员的培训要求。

3.1.2 本条规定了钢管混凝土结构深化设计的相关要求，钢管混凝土深化设计有时需要在钢管构件上开设构造孔，为了避免开孔过大对结构承载力造成损伤，需要对开孔的尺寸及开孔截面面积进行控制，必要时需要进行结构补强，因此深化设计完毕后，深化设计文件需要经过原设计单位确认。

3.1.3 采用顶升法施工的钢管柱，需要在钢管柱壁和内隔板上开设各种施工构造孔，因此需要在钢管柱加工前进行钢管混凝土结构的深化设计。

3.1.4-3.1.6 为确保施工质量，并保证施工的顺利进行，本条规定对钢管混凝土结构施工前期提出了要求，施工单位应有充分的前期准备。施工前设计单位应对图纸进行设计交底，建设单位应组织参建单位对施工图纸进行会审，会审重点：复核设计做法与相关的施工技术、工艺是否存在矛盾，与其他专业之间是否存在不协调等。施工前编制施工组织设计及相应的施工方案等施工技术文件，对重要部位项目要进行方案认证和技术经济分析。

3.1.7 当钢管直径过大时，管内混凝土收缩会造成钢管与混凝土脱离，影响钢管和混凝土的共同受力，而且管内过大体积的素混凝土也不利于整个构件的受力性能，因此本条规定对于大尺寸钢管混凝土构件需要采取有效措施减少混凝土收缩的影响，目前工程中常用的方法包括管内设置钢筋笼、钢管分仓、钢管内侧设置栓钉等。

3.1.8 对于设置加劲板的钢管混凝土构件，在浇筑过程中在隔板处混凝土的密实度往往容易出现缺陷。而且，浇筑成型后的检测的精度较难保证。目前常用的超声波检测方法一是在隔板处波的传播路径较为复杂，采集较为困难，进而影响最终的判断结果。为此，对于构造较为复杂的结构，要求按 1:1 进行工艺试验，然后按要求进行检测，并剖开观察。

3.1.9 本条规定了钢管构件安装、楼板混凝土浇筑与钢管内混凝土的顶升施工顺序应满足结构强度和稳定性的要求，以免钢管混凝土顶升过程中发生结构失稳。

3.1.10 顶升混凝土是“泵送混凝土+经时损失小的自密实混凝土+钢管混凝土”的合体。顶升混凝土在运输、现场等待、接管间歇和顶升完成等整个施工过程中均应保持一定的自密实性能，这就要求顶升混凝土具有保持较长时间自密实性能的能力，福建地区保持时间通常不低于 4h，这与钢管内部结构、顶升单元大小和现场施工因素等有关。因此顶升混凝土要求包括：1) 在泵送顶升施工过程中，

仍具有良好的自密实性能，具有优良的可泵性，体现在泵送压力小，堵泵风险低。2) 要求具有良好的自密性，泵送损失小，体现在泵送压力下混凝土拌合物在管道中顺利通过并到达浇筑点，并在不振捣的情况下能均匀密实地充满钢管的能力，要求具有高流动性、良好的粘聚性和匀质性。3) 要求具有低收缩性：钢管混凝土结构工作的实质在于钢管及其核心混凝土间的相互作用和协同互补，形成一个整体并共同承载。由于这种相互作用，使钢管混凝土具有一系列优越的力学性能，要求混凝土具有低收缩能力，以保障混凝土和钢管内壁之间良好的接触和结合。

3.1.11 高抛免振捣混凝土具有特殊的应用范围，工程施工时，除应满足普通混凝土施工所需要的混凝土力学性能及施工性能外，对混凝土配合比、原材料、模板、钢筋等有严格的要求，应根据结构形式、荷载大小、施工顺序等制定有针对性的技术方案；技术要求应对相关人员进行交底，切实贯彻执行。

3.1.12 当高抛免振捣混凝土用于形状复杂、有特殊要求的结构时，混凝土的填充性能能否满足要求；当混凝土强度等级低于 C25 时，混凝土的水胶比大、浆体少，混凝土拌合物的性能是否能够满足要求，充满模板达到密实；以及当混凝土的抛落高度大于 12m 时，将对混凝土拌合物性能产生较大影响；这些情况下,宜进行混凝土高抛模拟试验，对试验室混凝土配合比进行验证后，确定混凝土设计配

合比。

3.1.13 混凝土生产、运输、泵送、施工等每个环节应保证连续性,各种资源的配置（如搅拌、运输和泵送设备等）应充足，并有应急措施。

3.2 施工组织要求

3.2.1-3.2.3 条对施工现场、施工安全和施工方案提出了相应的要求。钢管混凝土结构构件构造较为复杂，施工工艺较为繁琐，对作业条件要求较高，特别是在福建地区施工时，将面临台风、高温、暴雨等施工问题。这是考虑了福建地区的特殊环境，针对钢管混凝土结构的施工提出的要求。

4 材料

4.1 钢管材料

4.1.1 钢管混凝土构件钢材选用的要求与普通钢结构相同，应按钢结构设计规范执行。

4.1.2 为保证受力，钢管焊缝强度不低于管材强度。

4.1.3 条对钢管混凝土构件的除锈、防腐和涂装做了要求。这是考虑到了钢管混凝土建筑物所处的环境，福建省多沿海城市，多雨，不同地区的防腐蚀要求差别较大，应根据具体情况进行钢管的防腐处理，防止构件修饰，影响结构安全。

4.2 连接材料

4.2.1 本条为钢管混凝土结构的焊材要求，应按结构的受力情况和重要性进行选择。

福建省气候潮湿，焊条的焊药易吸收空气中水份受潮，特别是在负温环境温度时，使用前须按说明书规定及严格按焊条生产厂家推荐的烘焙规定或有关的技术规范要求进行。国外焊材的烘焙要求，按所提供的焊材质保书或有关技术规范要求进行烘焙。

焊条烘干时，应缓慢升温、保温、缓慢降温，严禁将需烘干的焊条直接放入已升至高温的烘箱内，或者将烘至高温的焊条从高温

炉中突然取出冷却，以防止焊条药皮因骤冷或骤热面产生开裂或脱落现象。同一烘干箱每次只能入同种烘干规范的焊条进行烘干，对烘干规范相同，但批号、牌号或规格不同的焊条，堆放时必须有一定的物理间隔，一旦焊条堆放不宜过高（一般为 1~3 层），以保证焊条烘干均匀。烘干后的焊条，应贮放在温度为 50~100℃ 的恒温保温箱内，随用随取。当焊条在施工现场放置超过 4 个小时以上时，应对焊条重新烘干处理，但焊条反复烘干次数不得超过 3 次。

4.2.2-4.2.3 条为钢管混凝土结构焊接连接和机械连接的设计要求，应符合现行国家标准要求。

4.3 混凝土

4.3.1 钢管混凝土构件现场施工浇灌的混凝土常用 C30~C80 等级混凝土，当钢管的延性性能较好时，可采用高强度的混凝土，在提高强度的同时，减小截面面积。当混凝土强度超过 C80 是，在规范中对材料的参数还未有具体的规定，需要进行试验，做到设计时有据可依，确保结构安全。

4.3.2-4.3.7 钢管内混凝土可选择普通混凝土、自密实混凝土，考虑到混凝土的施工问题，对普通混凝土和自密实混凝土原材料的选择、扩展度、坍落度等进行了规定，以保证施工的质量。

5 施工深化设计

5.1 一般规定

5.1.1-5.1.5 深化设计是在原有的设计图纸和规范的基础下，对设计进行深度解读和优化，把设计实施的可能性提升至最高。深化设计是钢管混凝土结构建造过程的重要一环，通过深化设计，可得出构件的实际应力比，比较原设计使用的钢管截面进行改进，以降低结构的整体用钢量，达到工程经济的效果，通过深化设计，对结构的整体安全性和重要节点的受力进行验算，确保所有的杆件和节点满足设计要求，达到结构安全的效果，通过深化设计，对杆件和节点进行构造的施工优化，使杆件和节点在实际的加工制作和安装过程中能够变得更加合理，提高加工效率和加工安装精度，达到工期准确的效果，因此，深化设计的质量直接关系到建筑结构的工程经济性、结构安全性、工期准确性等。

深化设计包含节点的优化设计、柱连接设计、构造详图、施工详图等方面，是协助设计单位捋顺图纸细节，帮助施工单位更加深刻的理解设计意图，起到协调建筑设计各个单位的作用，为项目施工成本预算提供数据支持。

钢管混凝土结构深化设计深度解析原有的设计图纸，将其转化为安装布置图、施工详图、预拼装和吊装方案设计等，能够同现场安装、构件运输、构件拼装和吊装等各方面进行配合，通过深化设计，将图纸转化为安装布置图，以满足指导现场安装要求；通过深

化设计，对钢管混凝土构件进行优化，缩减构件的长度和宽度，以满足运输要求；通过深化设计，将对接缝处连接板进行优化、归类、统一，减少品种、规格，在构件吊装处设置吊装耳板或吊装孔，以满足构件拼接和吊装要求。深化设计贯穿于整个工程的施工过程中，能实现图纸的设计意图。

5.2 深化设计内容

5.2.1-5.2.2 钢管混凝土结构深化设计内容包括节点设计及优化、柱连接设计、钢管构件拼接、孔位预设和图纸设计。本规程规定了钢管混凝土深化设计图纸需包括内容。

5.2.3 钢管分段拼接在现场进行连接时，宜加焊内套圈和必要的焊缝定位件，内圈套能在构件运输时，避免管口变形，还有利于钢管拼接的定位和对接焊缝的焊接。在钢管构件上设置吊装耳板或者吊装孔能有效降低钢丝绳绑扎难度，提高工作效率，确保施工安全。在吊装耳板和吊装孔对结构主体的强度、建筑外观和使用功能不影响的前提下，可以对吊装耳板和吊装孔进行保留，避免去除时对母材的强度产生影响，降低施工成本。对于需要覆盖厚型防火涂料、混凝土或装饰材料的部位，在采取防锈措施后不宜对吊装耳板的切割余量进行打磨处理。现场焊接引入、引出板的切除处理也可参照吊装耳板和吊装孔的处理方式。

5.2.4 钢管混凝土在受压时，由于泊松比不同，混凝土的径向变形大

于钢材的径向变形，二者之间产生相互作用的紧箍力，为了确保钢管不发生断裂破坏，保证结构整体安全，要求钢管焊接连接处和母材等强度，因此拼接焊缝均应采用全熔透坡口焊缝。

5.2.5 采用法兰盘螺栓连接时，法兰盘与钢管对接焊缝为国家《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205-2020）中的一级焊缝，外观检查按一级质量标准，法兰盘连接可选用有加劲板连接方式或无加劲板连接方式，一般情况下，为确保结构安全，建议采用有加劲板连接方式，两种连接方式的构造和设计方法可参照《钢管混凝土结构技术规范》GB50936-2014中提出的相关规定。设置环形隔板可阻止钢管内混凝土与钢管的相对滑移，加强钢管连接处的抗剪能力。

5.2.6 排气孔和灌浆孔的设置对于混凝土的浇筑十分重要，排气孔能确保混凝土浇筑的密实程度，是为避免在火灾情况下，钢管内气体形成封闭空间，因热胀冷缩产生内应力而造成的钢管鼓曲现象。灌浆孔则能保证混凝土自上而下的正常浇筑。

5.2.7 BIM技术在建筑领域的应用越来越成熟，通过建筑模型信息化的手段，不仅能通过3D设计可视化使建筑模型具有直观性，还兼具4D施工进度管理和5D工程造价管理的功能，BIM建筑模型包含了多方信息，将其充分应用于钢管混凝土构件的深化设计中，使深化设计更好的贯穿工程施工的全过程，加强深化设计的可观性，提升深化设计效率。

5.3 深化设计要求和内容

5.3.1-5.3.9 条针对深化设计内容规定了具体要求，可结合施工实际情况，以满足施工现场需要为主。

6 钢管构件施工

6.1 一般规定

6.1.1 本章内容为特定要求的结构工程制作、施工和防护标准，因此在执行本规程时，还应该满足现行相关的国家标准和行业标准要求。

6.1.2 钢管构件的制作和施工，应根据深化设计得到的构件加工详图和施工详图进行，承担对应任务的单位需具有相应的资质，可较好地把制作条件，施工技术与深化设计文件结合起来，使设计更趋完善。

6.1.3 钢管构件的制作应根据工程特点，并结合制作加工厂的资质条件编制制作工艺，制作工艺应包括：制作所依据的标准，制作加工厂的质量保证体系，成品的质量保证体系，为保证成品达到规定的要求而制定的措施，生产场地的布置，采用的加工、焊接设备和工艺装备及检测设备，焊工和检验人员资质证明，各类检查项目表格，生产进度计划表及运输计划表等。随着钢管混凝土在工程中的应用和发展，为适应一些特殊结构的使用条件，需要采用较为复杂的构造形式，对构造复杂的构件形式需进行工艺试验。主要考虑到复杂构件的加工工艺参数必须从工艺试验中取得，如加工、装配、焊接的变形控制、尺寸精度的控制，通过试验，可以获得合理的工艺参

数，用以指导复杂构件的生产，保证复杂构件的制作质量。

6.1.4 同步制作吊点和连接板可以防止不必要的材料浪费，消除安全隐患。

6.1.5 本条要求是为确保结构的安全和避免材料的浪费。

6.1.6 钢管在浇灌混凝土后会大幅增加构件本身的重量，使构件的位置调整发生困难，甚至对于大型复杂构件会出现无法调整的情况，为了确保施工的正常进行和结构安全，需要在钢管构件安装并验收合格后再进行混凝土的浇灌。

6.1.7 钢管锈蚀会导致钢管混凝土承载力下降，甚至导致结构的脆性破坏，为了确保结构的安全，需要对钢管混凝土表面进行除锈和防锈处理。

6.1.8 该条文说明了钢管混凝土防火涂料应遵循的标准。

6.1.9 该条文说明了钢管混凝土冬期施工应遵循的标准。

6.2 钢管构件预制

6.2.1 焊接收缩量 and 加工余量的预留，主要是为了对制作过程中的偏差进行预控，应保证产品成型后的构件尺寸要求。

6.2.2 本条的制定参考了现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 和相关的技术规程。

6.2.3 本条的制定参考了《约束混凝土柱组合梁框架结构技术规程》

GECS347:2013。

6.2.4 精密切割采用精密割咀和丙烷气，切割后断面的平整和尺寸精度较高，可高质量完成焊接坡口加工等。钢结构的焊接坡口形式较多，精度要求较高，采用手工方法加工难以保证质量，应尽量使用机械加工。使用样板控制焊接坡口尺寸及角度的方法，是方便可行的，但要时常检验，应在自检、互检和交检的控制下，确保其质量。

6.2.5 巨型钢柱内部空间狭小的情况下，腔体内部的焊接、清根等操作对操作人员伤害较大，危险性比较大。所以出于施工安全的考虑，焊接坡口宜选取单面 V 形坡口反面衬垫的形式，省去清根工作。并且坡口开设方面尽量朝向腔体外侧或空间较大的腔体内，以便人员操作。

6.2.6-6.2.7 根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 的相关内容制定。

6.2.8 螺旋焊接或直缝焊接圆钢管，以及采用板材焊接的矩形钢管，其焊缝宜采用坡口熔透焊缝。焊接管焊缝的坡口形式和尺寸，应符合国家标准《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T985 和《埋弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T986 的规定。焊接时，应严格保持焊后管肢的平直，宜采用分段反向顺序，分段施焊应保持对称，并采取有效措施避免或减少焊接残余变形。当管壁厚大于或等于 30mm 时，施焊前宜均匀加热焊缝附近位

置，以减少焊接残余应力。

6.2.9 焊接的好坏直接影响钢管混凝土构件整体性能，对结构安全尤为重要，本条说明了钢管构件焊接应符合的国家标准。

6.2.10 当钢管采用卷制方式加工成型时，由于钢板宽度的尺寸限值，对于制作单元较长的构件可允许适当增加接头。深化图纸设计时接头位置尽量靠近反弯点，原则上接头数量不宜超过 4 个。现场焊接为了保证焊缝质量，都应进行超声波检验。对接焊缝一般宜两面施焊或单面施焊后再补焊缝根；若受条件限制只能单面施焊时，则应在剖口处留足间隙，用二氧化碳气体保护焊打底，100%进行超声波检验。当钢管壁厚 $t \leq 8\text{mm}$ 时，超声波检测对接焊缝的可靠性较差，若应单面施焊时，接缝处应留足间隙，并在管内加设环形垫圈，以保证施焊时焊条熔液不向管内流淌；或两端分别设置环形垫圈。垫圈的板厚不宜小于主管厚度的 30%，并不得小于 3mm。其伸入主管的宽度不宜小于 50mm。

6.2.11 直缝焊接钢管应尽可能减少纵缝数量，纵缝的数量取决于钢板板材的宽度，对于大管径的钢管，可能有多道纵缝。考虑焊接会对钢材性能产生影响，因此规定等直径钢管相邻纵缝间距不宜少于 300mm。

6.2.12 纵向焊缝的长度与焊接填充量远远小于横焊缝，若首先进行横焊缝的焊接，则会对构件产生很大约束作用。在下一步的焊接中

会由于构件约束过大而在焊缝区域产生较大的焊接残余应力。

6.2.13 同时进行对称焊缝焊接，能抵消由各焊道引起的变形，焊缝不对称时，应该先焊焊缝少的一侧，以减少弯曲变形量。

6.2.15 根据现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014 的相关内容制定。

6.2.16 构件整体的焊接变形与残余应力多为构件在焊接过程中热量分布不均匀造成的，构件焊接顺序要遵循尽量使热量分布均匀的原则。

6.2.17 本条的制定参考了现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 和相关的技术规程。钢板厚度越大，散热速度越快，焊接热影响区易形成组织硬化，生成焊接残余应力，使焊缝金属和熔合线附近产生裂纹。当板厚超过一定数值时，用预热的办法减慢冷却速度，有利于氢的逸出和降低残余应力，是防止裂纹的一项工艺措施。本条仅给出了环境温度为 0°C 以上时的预热温度，对于环境温度在 0°C 以下者未做具体规定，制作单位应通过试验确定适当的预热温度。

6.2.18 厚板多层焊接时，每层焊接完成后不清除焊渣及缺陷就直接进行下层焊接，易造成焊缝产生夹渣、气孔、裂纹等缺陷，降低连接强度，同时会引起下层焊接时的飞溅。多层焊接时，不注意层间温度控制，如层间间隔时间过长，不重新预热就施焊容易在层间产

生冷裂纹；如果间隔时间过短，层间温度过高，对焊缝及热影响区的性能也会产生影响，会造成晶粒粗大，致使韧性及塑性下降，会对接头留下潜在隐患。

6.2.19 本条说明了钢管构件应符合的验收标准。

6.2.20 福建省雨多，应当注意钢管构件的清洁，在恶劣天气条件下应及时对钢管构件采取有效的遮挡措施。

6.3 钢管构件拼接

6.3.1 定位焊缝的焊接质量对整体焊缝质量有直接影响，应从焊前预热、焊材选用、焊工资格及施焊工艺等方面给予充分重视，避免造成正式焊缝中的焊接缺陷，定位焊需满足国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的规定。

6.3.3 十字形焊缝应力大，容易发生破坏，会对结构的安全性造成影响，因此规定纵向焊缝应错开。

6.3.4 为减小钢管由于受热而产生的塑性变形，应根据构件实际情况，选择合适的焊接方法，减小构件的总体变形。

6.4 钢管构件吊装

6.4.1 为确保构件吊装的顺利进行，应当根据条文要求编制吊装施工方案。

6.4.2 施工现场吊装钢管应注意避免钢管发生变形，必要时可采取临

时加固措施。

6.4.3 堆放场地还应具备的基本条件有：满足运输车辆的通行要求、电源、水源和排水的通畅，堆放构件满足工程进度要求，必要时可设置中转场地。

6.4.4 用于吊装的基本工具，在使用的过程中都会发生损耗，甚至破坏，使用时间越长，损耗程度越大，发生破坏的可能性越高，在吊具使用前，对其进行全数检查，确保质量符合要求，杜绝安全隐患，吊具需要在其允许的荷载范围内使用，以保证吊装的安全进行。

6.4.5 起重设备附着或支承在结构上时，会对结构产生较大的反作用力，因此，必须经得设计单位同意，并进行结构安全计算。

6.4.6 吊装构件应当在吊车停稳的状态下进行，移动时吊装构件，易使构件发生变形和损伤。福建省台风较多，当发生台风天气时应停止吊装作业。

6.4.7 福建省沿海城市多，且常见台风和暴雨天气，吊装前应注意钢管构件的清洁，防止构件发生锈蚀。构件吊装前应做好相关标记，以便构件的定位、测量和校正。

6.4.8 在施工场地限制、仅需少量钢管构件、浇筑条件限制的情况下，会采用预制的钢管混凝土构件。为了保证构件在吊装过程中不受损坏，钢管内混凝土需要有一定的强度，参考相关的行业规范，定出混凝土强度达设计值 50% 的要求。

6.4.9 福建省台风天气较多，当柱子校正后，应立即进行最后固定，以防止柱子校正后因台风而使柱子产生新的偏差，必要时，应采取加固措施。

6.4.10 吊装耳板和吊装孔能辅助构件的吊装作业，降低施工难度，提高施工效率，在不影响结构安全、整体外观和使用功能的前提下，可保留吊装耳板和吊装孔，这样可避免在除去此类措施时对结构母材造成损伤。当需要切割吊装耳板和吊装孔时，为确保不对结构母材造成损伤，定出了切割距离，以保证结构安全。

6.4.11 是对钢管混凝土结构的施工与相关其他建筑结构规范保持一致的要求。

6.6 钢管构件防腐、防火

6.6.1 油漆防腐涂装根据使用环境和工程要求确定其材料及工艺，工艺的编排应根据防护设计要求确定。

6.6.3 根据《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923 的规定，采用目视比较法对比待检查钢材表面和相应的照片，来评定除锈等级。

6.6.4 钢结构除锈应采用喷射除锈作为首选的除锈方法，而手工、动力工具、酸洗除锈仅作为喷射除锈的补充手段。

表 6.6.4 除锈方法特点

除锈方法	设备工具	优点	缺点
喷射	空气压缩机、喷射机、油水分离器等	工作效率高、除锈彻底、能控制质量、获得不同要求的表面粗糙度	设备复杂、需要一定操作技术、劳动力强度较高、费用高、污染环境
手工、动力工具	砂布、钢丝刷、铲刀、尖锤、平面砂轮机、动力钢丝刷等	工具简单、操作方便、费用低	劳动力强度大、效率低、质量差、只能满足一般的涂装要求
酸洗	酸洗槽、化学药品、厂房等	效率高、适用大批件、质量较高、费用较低	污染环境、废液不易处理、工艺要求较严

6.6.5 福建地区夏季气候干燥，温度高，夏季施工时间间隔时间上限建议缩短。涂料干燥时间和涂装间隔在说明书没有明确规定的，参见表 6.6.5。不同涂层间的施工应有适当的重涂间隔，最大及最小重涂间隔时间参照涂料产品说明书，超过最小重涂间隔才能施工，超过最大重涂间隔应按涂料说明书的指导进行施工。

表 6.6.5 常用涂料干燥时间和涂装间隔

涂料类型	干燥时间 (23+2℃)		最佳涂装间隔 (23+2℃)	
	表干/h	实干/h	最短/h	最长/h
沥青类	2	24	14-24	5
氯化橡胶类	0.5	2	9	7

环氧沥青类	8	24	20	5
醇酸类	4	24	14	7
环氧类	4	24	9	5
乙烯类	1	4	6	3
聚氨酯类	2	6	14	15
丙烯酸类	0.5	4	6	5
无机类	4	24	2	2

6.6.6 福建省沿海，钢管容易受海洋环境的影响，发生腐蚀，因此在除锈完毕后，需要及时对构件进行防护。

6.6.8 钢管构件防腐涂装工艺是常用的方式，设计人员可根据具体工程情况进行涂装设计。防腐涂装的热镀锌、喷涂锌、涂漆等工艺、技术规范及涂层质量检测标准等都应符合相应的现行国家标准和行业标准。建议防腐施工都应在混凝土浇筑前进行，尤其是空心钢管混凝土，因为混凝土离心浇筑后进行防腐施工除锈时，容易造成钢板热膨胀，致使钢板与混凝土产生间隙，养护后会有局部“空鼓声”。

6.6.9 热镀锌防腐涂装对工件经酸洗除锈后，浸入 500℃左右热浸镀锌熔池数分钟，使工件沾满锌液，再提出工件浸入常温水中冷却形成热镀锌层。热镀锌防腐涂装的问题是：构件尺寸受熔池限制，浸入温度高时，对长的薄壁工件易产生变形，酸洗除锈残存酸液会腐蚀镀锌层，镀层缺陷难以修复。热镀锌防腐的防护寿命在 10 年~15

年左右。热镀锌防腐只能在工厂施工。对于空心钢管混凝土构件的钢管，当钢管壁厚度大于 12mm 时，可在离心浇筑混凝土前采用热镀锌工艺。

6.6.10 所提防腐方法是该产品工厂化生产的主要方法。

6.6.11 喷涂锌可以现场施工，甚至可以高空作业。镀层厚度可控，对工件热影响很小，缺陷易修复，防护寿命在 30 年~50 年左右。应注意下列要求：

1 喷涂锌防护设计、施工、验收的现行规范依据。

2 喷砂工艺的选择可根据具体情况确定，工厂生产可选择喷河砂、喷铁砂、流水抛丸等多种方式。现场受条件影响时，可以选用人工喷河砂或设备磨削的方式。工件基体表面应达到除锈等级要求。

3 喷涂锌材料无论锌丝还是粉末，应具有高纯度，才能保证锌涂层质量。

4 对喷砂后的时间间隔及环境的约束是为了保证基体表面的质量，从而保证喷涂锌层的结合能力。当基体表面出现二次污染时，应重新处理。

5 喷涂锌的环境条件要求是保证喷涂锌层质量的前提，应保证基本的环境条件要求。

6 薄壁钢管在喷砂时会发热，容易产生变形。因此，应考虑工装或调整喷砂流量的合理性，减少因发热造成的钢管变形。

7 锌涂层厚度与构件的防护年限有关。锌涂层越厚，防护年限越长，但喷涂锌时易脱皮；锌涂层越薄，防腐年限越短，但喷涂锌结合力强。锌涂层厚度的要求应考虑环境、用途等因素确定。锌涂层厚度的要求是根据环境介质对结构的腐蚀性而按 50 年防护寿命规定的。锌涂层厚度最低不得小于 100um，否则喷涂锌就丧失意义。

8 封闭漆一般选用渗透力强的油漆，能更好地渗入喷锌后的微细孔中，起到隔离封闭作用，封闭漆可以提高防护能力 3 年~5 年。

6.6.13 防火保护层厚度可参考下表取值。

表 6.6.13-1 圆钢管混凝土柱防火保护层厚度
(金属网抹 M5 普通水泥砂浆)

$\lambda=20$	$\lambda=40$	$\lambda=60$	$\lambda=80$	截面尺寸 (mm)	耐火极限 (h)
22	32	43	51	D=200	1.0
30	42	57	68		1.5
35	51	68	81		2.0
41	58	78	93		2.5
46	66	89	106		3.0
20	29	41	50		D=300
26	39	54	67	1.5	
31	46	65	80	2.0	
36	53	74	92	2.5	

41	60	84	104	D=400	3.0
18	27	39	50		1.0
24	36	52	66		1.5
29	44	62	79		2.0
33	50	72	91		2.5
37	57	81	103		3.0
17	26	38	49	D=500	1.0
22	35	51	66		1.5
27	42	61	79		2.0
31	48	70	90		2.5
35	54	79	102		3.0
16	25	37	49		D=600
21	33	49	65	1.5	
25	40	59	78	2.0	
29	46	68	90	2.5	
33	52	77	102	3.0	
15	24	37	49	D=700	
20	32	48	65		1.5
24	39	58	78		2.0
28	44	67	89		2.5

31	50	76	101		3.0
15	24	36	49	D=800	1.0
19	31	48	65		1.5
23	38	57	77		2.0
27	43	66	89		2.5
30	49	74	101		3.0
14	23	35	48		D=900
19	31	47	64	1.5	
22	37	56	77	2.0	
26	42	65	88	2.5	
29	48	73	100	3.0	
14	22	35	48	D=1000	
18	30	46	64		1.5
22	36	56	77		2.0
25	41	64	88		2.5
28	47	72	100		3.0
13	22	34	48		D=1100
18	29	46	64	1.5	
21	35	55	77	2.0	
24	40	63	88	2.5	

75

27	46	71	100		3.0
13	22	34	48	D=1200	1.0
17	29	45	64		1.5
20	34	54	76		2.0
24	40	52	88		2.5
27	45	71	100		3.0
13	21	34	48		D=1300
17	28	45	63	1.5	
20	34	54	76	2.0	
23	39	62	87	2.5	
26	44	70	99	3.0	
12	21	33	48	1400≤D≤2000	
16	28	44	63		1.5
20	33	53	76		2.0
22	38	61	87		2.5
25	43	69	99		3.0

注：表内中间值可用插值法求得。

表 6.6.13-2 圆钢管混凝土柱防火保护层厚度

(厚涂型钢结构防火涂料)

$\lambda=20$	$\lambda=40$	$\lambda=60$	$\lambda=80$	截面尺寸 (mm)	耐火极限 (h)
--------------	--------------	--------------	--------------	-----------	----------

76

6	8	10	13	D=200	1.0
8	11	13	17		1.5
10	13	17	21		2.0
12	16	20	25		2.5
14	18	23	30		3.0
6	7	9	12	D=300	1.0
8	10	13	16		1.5
9	12	16	20		2.0
11	14	19	24		2.5
13	17	22	28		3.0
5	7	9	12	D=400	1.0
7	9	12	16		1.5
9	11	15	19		2.0
10	14	18	23		2.5
12	16	21	27		3.0
5	7	9	11	D=500	1.0
7	9	12	15		1.5
8	11	14	19		2.0
10	13	17	23		2.5
12	15	20	26		3.0

5	6	8	11	D=600	1.0
6	8	11	15		1.5
8	11	14	18		2.0
9	13	17	22		2.5
11	15	19	26		3.0
5	6	8	11	D=700	1.0
6	8	11	15		1.5
8	10	14	18		2.0
9	12	16	22		2.5
11	14	19	25		3.0
5	6	8	11	D=800	1.0
6	8	11	14		1.5
7	10	13	18		2.0
9	12	16	21		2.5
10	14	19	25		3.0
4	6	8	11	D=900	1.0
6	8	10	14		1.5
7	10	13	18		2.0
9	12	16	21		2.5
10	14	18	25		3.0

4	6	8	10	D=1000	1.0
6	8	10	14		1.5
7	9	13	17		2.0
8	11	16	21		2.5
10	13	18	24		3.0
4	6	8	10	D=1100	1.0
6	7	10	14		1.5
7	9	13	17		2.0
8	11	15	20		2.5
10	13	18	24		3.0
4	6	8	10	D=1200	1.0
5	7	10	14		1.5
7	9	12	17		2.0
8	11	15	20		2.5
9	12	17	24		3.0
4	5	7	10	D=1300	1.0
5	7	10	13		1.5
7	9	12	17		2.0
8	11	15	20		2.5
9	13	17	23		3.0

79

4	5	7	10	1400≤D≤2000	1.0
5	7	10	13		1.5
6	9	12	17		2.0
8	11	15	20		2.5
9	12	17	23		3.0

注：表内中间值可用插值法求得。

表 6.6.13-3 矩形钢管混凝土柱防火保护层厚度

(金属网抹 M5 普通水泥砂浆)

$\lambda=20$	$\lambda=40$	$\lambda=60$	$\lambda=80$	截面尺寸 (mm)	耐火极限 (h)
47	49	51	54	B=200	1.0
62	65	68	71		1.5
78	81	85	88		2.0
93	97	101	106		2.5
108	113	118	123		3.0
42	44	46	48	B=300	1.0
55	58	60	63		1.5
69	72	75	79		2.0
82	86	90	94		2.5
96	100	105	110		3.0
38	40	42	44	B=400	1.0

80

51	53	56	58		1.5
63	66	69	73		2.0
75	79	83	87		2.5
88	92	96	101		3.0
36	38	39	41		1.0
47	50	52	55		1.5
59	62	65	68	B=500	2.0
70	74	78	82		2.5
82	86	90	95		3.0
34	36	37	39		1.0
45	47	50	52		1.5
56	59	62	65	B=600	2.0
67	70	74	78		2.5
78	82	86	90		3.0
32	34	36	38		1.0
53	45	47	50		1.5
53	56	59	62	B=700	2.0
64	67	71	74		2.5
74	78	82	86		3.0
31	33	34	36	B=800	1.0

41	43	46	48		1.5
51	54	57	60		2.0
61	64	68	72		2.5
71	75	79	83		3.0
30	32	33	35		1.0
40	42	44	46		1.5
59	52	55	58	B=900	2.0
59	62	66	69		2.5
69	72	76	81		3.0
29	31	32	34		1.0
38	40	43	45		1.5
48	50	53	56	B=1000	2.0
57	60	64	67		2.5
67	70	74	78		3.0
28	30	31	33		1.0
37	39	42	44		1.5
46	49	52	55	B=1100	2.0
56	59	62	65		2.5
65	68	72	76		3.0
27	29	31	32	B=1200	1.0

36	38	41	53		1.5
45	48	50	53		2.0
54	57	60	64		2.5
63	67	70	74		3.0
27	28	30	32	B=1300	1.0
35	37	40	42		1.5
44	47	49	52		2.0
53	56	59	62		2.5
61	65	69	73		3.0
26	28	29	31	1400≤B≤2000	1.0
35	37	39	41		1.5
43	46	48	51		2.0
52	55	58	61		2.5
60	64	67	71		3.0

注：表内中间值可用插值法求得。

表 6.6.13-4 矩形钢管混凝土柱防火保护层厚度

(厚涂型钢结构防火涂料)

$\lambda=20$	$\lambda=40$	$\lambda=60$	$\lambda=80$	截面尺寸 (mm)	耐火极限 (h)
9	8	9	10	B=200	1.0
13	12	12	14		1.5

16	15	16	19		2.0
20	19	20	23		2.5
24	24	24	27		3.0
7	7	7	8	B=300	1.0
11	10	10	12		1.5
14	13	13	16		2.0
17	16	16	19		2.5
20	19	20	23	3.0	
7	6	6	7	B=400	1.0
9	9	9	11		1.5
12	11	12	14		2.0
15	14	15	17		2.5
18	16	17	20		3.0
6	6	6	7	B=500	1.0
9	8	8	10		1.5
11	10	11	13		2.0
14	13	13	16		2.5
16	15	16	18		3.0
6	5	5	6		B=600
8	7	8	9	1.5	

10	9	10	12		2.0
13	12	12	14		2.5
15	14	16	17		3.0
5	5	5	6	B=700	1.0
7	7	7	8		1.5
10	9	9	11		2.0
12	11	11	13		2.5
14	13	13	16		3.0
5	5	5	6	B=800	1.0
7	6	7	8		1.5
9	8	9	10		2.0
11	10	11	13		2.5
13	12	13	15		3.0
5	4	5	5	B=900	1.0
7	6	6	8		1.5
9	8	8	10		2.0
10	10	10	12		2.5
12	11	12	14		3.0
4	4	4	5	B=1000	1.0
6	6	6	7		1.5

8	8	8	9		2.0
10	9	10	12		2.5
11	11	11	14		3.0
4	4	4	5	B=1100	1.0
6	6	6	7		1.5
8	7	8	9		2.0
10	9	9	11		2.5
11	10	11	13		3.0
4	4	4	5	B=1200	1.0
6	5	6	7		1.5
8	7	7	9		2.0
9	9	9	11		2.5
11	10	11	13		3.0
4	4	4	5	B=1300	1.0
6	5	5	7		1.5
7	7	7	8		2.0
9	8	8	10		2.5
11	10	10	12		3.0
4	4	4	4	1400≤B≤2000	1.0
5	5	5	6		1.5

7	6	7	8		2.0
9	8	8	10		2.5
10	9	10	12		3.0

注：表内中间值可用插值法求得。

6.6.14 施工前，钢构件表面的锈迹锈斑应彻底清除，除锈处理按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定执行。施工防火涂料应在室内装修之前和不被后继工程所损坏的条件下进行。施工时，对不需要做防火保护的部位和其他物件进行遮蔽保护，钢施工的涂层，应防止脏液污染和机械撞击。

6.6.15 福建地区夏季温差高，雨多，有台风，可酌情降低施工温度上限和风速上限。

6.6.18 厚涂型涂层厚度大于 7mm 且不大于 45mm。采用厚涂型防火涂料宜在涂层内设置与钢管构件相连的钢丝网或其他相应的措施，当涂层干燥固化不良、粘结不牢或粉化、脱落或钢结构的接头、转角处的涂层有明显凹陷或涂层厚度小于设计规定厚度的 85%时，或涂层厚度虽大于设计规定厚度的 85%，但未达到规定厚度的涂层其连续面积的长度超过 1m 时，应重新喷涂或补涂。

6.6.19 薄涂型涂层厚度大于 3mm 且不大于 7mm，薄涂型防火涂料面层涂装施工时，面层应在底层涂装基本干燥后开始涂装，且面层涂装应颜色均匀、一致，接槎平整。当底层厚度符合设计规定，并

基本干燥后，方可施工面层涂料。面层涂料一般涂饰 1~2 遍。如头遍是从左至右喷，二遍则从右至左喷，以确保全部覆盖住底层涂层。用量宜为 0.5~1.0kg/m²。面层施工应确保各部分颜色均匀一致，接槎平整。

7 钢管核心混凝土顶升法施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土顶升施工前，应通过技术交底使施工作业人员熟悉顶升施工工艺要点。

7.1.2 顶升过程监控的主要内容有：

1 顶升自密实混凝土性能监测：对进入施工现场的每车混凝土均进行扩展度、坍落度试验，以检测顶升自密实混凝土的流动性、和易性、稳定性，对检测发现离析、泌水、流动性、稳定性、匀质性不好的混凝土进行退场处理，避免品质不合格的混凝土顶升至钢柱内。

2 柱表混凝土浆体监测：通过混凝土顶升浇筑过程中观察孔流出的浆体进行辨别柱内混凝土的性能，若流出的浆体离析，说明柱内混凝土的品质不好，若流出的浆体均匀，说明柱内混凝土的流动性、和易性能好。

3 柱内混凝土顶升状况监控：通过深入柱内的摄像头等监控设备，可以很直观地观测到柱内混凝土的性能，混凝土是否发生泌水、离析、粘稠、流动状态、顶升速度等各项技术性能。

4 泵压监测：在箱型钢柱混凝土顶升浇筑过程中，通过监测地泵泵压变化，避免在顶升浇筑过程中由于钢柱内混凝土过于粘稠，造

成钢柱及输送管内的阻力大，而导致泵送压力增高的现象。在箱型钢柱混凝土顶升浇筑过程中，安排专人站在地泵旁，监测泵压变化，若地泵压力瞬间增加，应及时调低泵压，并将泵送压力及时提醒给前、后台，在混凝土顶升浇筑过程中应保持低压运行。

5 应变监控在箱型钢柱混凝土顶升浇筑过程中，通过千分表监测柱身变形，避免在顶升过程中钢柱由于柱内混凝土侧压力过大，柱身钢板受力不均匀，而发生柱身膨胀变形。

7.2 混凝土泵及混凝土输送管的选型、布置与连接

7.2.1 本条对混凝土泵的选型考虑因素进行了明确，混凝土泵选型时应综合各因素确定。

7.2.2 混凝土泵的实际最大工作压力通常为额定工作压力的 60%左右。混凝土最大泵送阻力按照《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 中要求进行计算，混凝土泵的实际最大工作压力应大于混凝土最大泵送阻力并有一定的富余量。

7.2.3 钢管内混凝土采用高流态或自密实混凝土时，其粗骨料最大粒径一般不大于 25mm，可采用内径不小于 125mm 输送管。

7.2.4 宜按照本条规定的原则进行输送管的布置，避免堵管和提高泵送效率。布管时尽可能少用弯管、锥形管、橡胶软管，减少泵送阻力。垂直向上配管时，随着高度的增加，混凝土势能相应增加，混凝土存在回流趋势，在混凝土泵和垂直输送管之间铺设一定长度的

水平管道，以保证有足够的阻力阻止混凝土回流。当垂直向上泵送混凝土高度超过 100m 时，根据我国施工经验，宜设置截止阀。

7.2.5-7.2.6 混凝土输送管在输送混凝土时，重复承受着非常大的作用力，如输送管及支架固定不牢，易造成混凝土输送管磨损、泵送能量损失及发生混凝土输送管接头漏浆等，因此应经常进行检查和维护。混凝土输送高度超过 150m 时，地面水平输送管及一定高度的竖向输送管通常需要用与结构拉结的输送管支架进行固定。

7.2.7 顶升口与混凝土输送管连接应紧密，避免漏浆和泵送压力损失。在混凝土浇筑完毕稳压后，使用顶升截止阀可有效防止已浇筑混凝土回流，保证已浇筑混凝土质量，也便于拆除混凝土输送管。

7.3 施工准备

7.3.1 钢柱验收完成后，方可进行钢管混凝土顶升；混凝土输送管接口处应垫橡胶圈，保证接口严密不漏浆。

7.3.2 泵送砂浆时，混凝土输送管先不与顶升口连接，待砂浆泵送完毕且流出的混凝土均匀后，再把混凝土输送管与顶升口连接。

7.4 钢管混凝土构件内混凝土顶升施工

7.4.1 顶升混凝土泵送前后应对混凝土的扩展度等指标进行检测，检测地点为入泵口和顶升口，每一浇筑批次检测不少于一次。如果泵后混凝土工作性不能满足要求，混凝土生产企业应及时查找原因并

采取相应措施。进行混凝土入泵坍落扩展度测试时，应同时测量混凝土拌合物的温度，观察拌合物的状态，判定混凝土拌合物性能是否符合要求。混凝土初凝时间结果的获取可通过观察混凝土试块的硬化情况进行估算或测量。

7.4.3 超高层钢管混凝土泵送顶升施工时，现场应由专人进行监控，当混凝土工作性不能满足要求时，不允许接管顶升。

7.4.4 若混凝土供应不及时，宜放慢泵送速度以维持泵送的连续性。顶升过程中严禁反泵，不宜停泵；如停泵超过 15min，应每隔 4min~5min 开泵一次，每次使泵正转和反转两个冲程，防止输送管内混凝土拌合物的离析和堵塞。要求料斗内混凝土不得少于其容量的 2/3，是为了避免泵送过程中吸入空气。

7.4.7 钢管内混凝土顶升情况应在施工过程中及时进行检查及监控，因此宜留设影像资料。

7.4.8 如管口不做封闭，施工垃圾进入钢管内后很难清理干净，对钢管混凝土的质量会有影响，因此要求顶升结束后及时进行管口临时封闭。

7.5 顶升后处理

7.5.1 在一节钢柱的混凝土顶升完毕后，应用顶升截止阀进行止回，对顶升口进行封堵，然后进行混凝土输送管拆除。

8 钢管混凝土构件内混凝土高抛法

8.1 一般规定

8.1.1-8.1.2 条规定了结合高抛混凝土的特殊性和施工现场的实际情况，确定浇筑方法、施工机具、混凝土泵的种类、台数、输送管径、配管距离等。

8.2 混凝土浇筑

8.2.1 本条规定了采用高抛混凝土浇筑时应做的前期施工准备。

8.2.2 高抛免振捣混凝土浇筑布料点应结合拌合物特性和工程特点选择适宜的间距，不宜大于 4m。特殊情况下混凝土布料点下料间距应通过试验确定。

8.2.3 高抛免振捣混凝土施工部位一般具有特殊性，如形成了施工缝难以按施工缝相关要求施工。因此，混凝土的泵送和浇筑应保持其连续性。

8.2.4 钢管混凝土柱钢管焊接时，温度高，对混凝土质量有影响。所以，每段钢管混凝土柱的浇筑位置应考虑焊接高温对混凝土质量的影响。

8.2.7 延缓混凝土的下落速度，防止混凝土离析。

8.2.8 在运输过程中，搅拌车的滚筒保持匀速转动有利于减少自密实

混凝土拌合物流动性损失。搅拌车内加水将严重影响自密实混凝土的自密实性能，必须严格控制。

8.2.9 卸料前快速旋转的目的是提高混凝土的均匀性。

8.3 养护

8.3.1 为保证工程质量，从严控制，规定适当延长养护时间，养护时间不得少于 14d。

8.3.2 为保证混凝土的养护质量，应根据浇筑部位、季节等具体情况，制定养护方案，采取覆盖、洒水、喷雾、喷养护剂或薄膜保湿等有效的养护措施。

9 冬期、雨期和高温施工

9.0.1 混凝土入模温度低于 5℃，水泥的水化热将停止反应，混凝土的强度将不会增加。

9.0.2 为防止高温影响混凝土成模质量和强度，在高温天气时，应采取相应措施降温。

10 检测验方法及评定标准

10.0.1 条给出了检测钢管混凝土质量的方法，钢管和混凝土之间的不密实会影响钢管柱内力的传递，影响整个结构体系的安全，进行钢管混凝土质量检测极为重要。

10.0.2 敲击法是工程中常用的检测钢管混凝土质量的方法，该方法简单易实行，但需要技术人员有丰富的实际工程经验。

10.0.3 超声波检测测试设备简单，测试方法简便，检测的准确率高，有条件的情况下，建议采用超声波检测。