

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

深基坑工程模块化支护施工技术创新与质量验收规程

Specification for technical innovation and quality acceptance of modular support construction in deep foundation pit engineering

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国西部开发促进会 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	1
4 总则	2
4.1 原则	2
4.2 技术创新导向	2
4.3 质量验收基本要求	3
5 施工前技术要求	3
5.1 设计文件审查	3
5.2 模块化支护方案专项论证	3
5.3 材料与构件进场验收	3
5.4 施工现场准备	4
6 模块化支护施工技术创新	4
6.1 模块化支护体系构成	4
6.2 模块化单元制作与预制	5
6.3 现场组装与安装工艺	5
6.4 连接节点技术创新	5
6.5 信息化施工与智能监控技术应用	6
7 施工过程质量控制	6
7.1 模块单元质量检验	6
7.2 安装过程质量控制点	6
7.3 支护体系整体稳定性控制	7
7.4 施工监测与动态调整	7
8 质量验收	7
8.1 验收组织	7
8.2 验收程序	7
8.3 模块化支护工程实体质量验收	8
8.4 施工技术资料验收	8
8.5 验收结论与处理	8
9 安全与环境保护	9
9.1 施工安全措施	9
9.2 环境保护要求	9
9.3 绿色施工技术应用	9
附录 A（规范性） 质量验收记录	10
附录 B（规范性） 模块化支护施工记录	11

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。

本文件由佛山市房建集团有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：佛山市房建集团有限公司

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

深基坑工程模块化支护施工技术创新与质量验收规程

1 范围

本文件规定了深基坑工程模块化支护施工技术创新的应用要求、施工前准备、施工过程控制、质量验收、安全与环境保护等内容。

本文件适用于建筑工程、市政工程等领域中深度 ≥ 5 m（含5 m）的深基坑工程模块化支护的施工技术创新实践、质量控制及验收工作。

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 700 碳素结构钢
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB 12523 建筑施工噪声排放标准
- GB 18242 弹性体改性沥青防水卷材
- GB 18243 塑性体改性沥青防水卷材
- GB/T 19292.4 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第4部分：用于评估腐蚀性的标准试样的腐蚀速率的测定
- 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 第2部分：螺母
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50010 混凝土结构设计标准
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50026 工程测量标准
- GB 50108 地下工程防水技术规范
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB/T 50328 建设工程文件归档规范
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
- GB/T 50640 建筑与市政工程绿色施工评价标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB 50755 钢结构工程施工规范
- GB/T 51231 装配式混凝土建筑技术标准
- GB/T 51235 建筑信息模型施工应用标准
- HJ/T 393 防治城市扬尘污染技术规范
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JGJ/T 46 建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准
- JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
- JGJ 300 建筑施工临时支撑结构技术规范
- JG/T 3032 预制混凝土构件钢模板

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深基坑工程 deep foundation pit engineering

为进行建筑物（构筑物）地下部分施工及地下空间开发利用，在地面以下开挖形成的深度 $\geq 5\text{m}$ （含 5m ）、且周边环境复杂或支护结构要求高的基坑支护、土方开挖、降水、监测等一系列工程的总称。

3.2

模块化支护 modular support

采用工厂预制、标准化设计的模块化单元，通过现场组装形成的具有支护、截水、防护等功能的基坑支护体系，包括模块化单元、连接节点、支撑系统、辅助防护设施等组成部分。

3.3

模块化单元 modular unit

按照标准化尺寸和功能要求在工厂预制生产，可独立承担一定荷载，并能与其他单元通过连接节点组装的基坑支护基本构件，包括混凝土模块、钢模块、钢-混凝土组合模块等类型。

3.4

连接节点 connection joint

用于实现模块化单元之间、模块化单元与支撑系统之间可靠连接的关键部位，包括螺栓连接节点、焊接连接节点、榫卯连接节点等形式。

3.5

信息化施工 information-based construction

利用建筑信息模型（BIM）、物联网、大数据等技术，对模块化支护施工全过程进行建模、模拟、数据采集、分析与反馈，实现施工过程的可视化、精细化管理。

3.6

智能监控 intelligent monitoring

采用自动化监测设备，对基坑支护结构变形、周边环境沉降、构件应力应变、地下水变化等指标进行实时监测、数据传输与智能预警的监测方式。

4 总则

4.1 原则

4.1.1 安全第一

以保障施工人员安全、周边建（构）筑物及地下管线安全为核心，支护体系的稳定性和可靠性应符合JGJ 311的规定。

4.1.2 质量为本

严格控制材料、构件质量及施工过程质量，确保支护工程实体质量满足设计文件要求。

4.1.3 技术创新

开展模块化设计、施工工艺、连接节点、智能监控等方面的技术创新，提升支护技术的先进性和适用性。

4.1.4 绿色环保

优先采用可循环、可再生材料，减少施工扬尘、噪声、废水及建筑垃圾排放，满足绿色施工的要求。

4.1.5 因地制宜

结合工程地质条件、周边环境、施工条件等实际情况，合理选择模块化支护体系及施工方案。

4.2 技术创新导向

4.2.1 技术创新应基于工程实际需求，以提升施工效率、降低工程成本、保障安全质量、减少环境影响为目标，不应违背国家现行法律法规及强制性标准。

4.2.2 模块化支护体系创新应符合GB 50007、JGJ 120的基本要求，模块化单元的功能集成应通过专

项技术论证。

4.2.3 施工工艺创新应保证施工质量和安全，其技术参数应经试验验证并形成专项工艺文件。

4.2.4 智能监控技术创新应满足 JGJ 8、GB 50497 的监测要求，监测数据的准确性、实时性应通过校准验证。

4.3 质量验收基本要求

4.3.1 深基坑工程模块化支护质量验收应以现行国家及行业相关标准为依据，坚持“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的原则。

4.3.2 质量验收应分阶段进行，包括施工前材料与构件验收、施工过程分项工程验收、竣工后整体工程验收，各阶段验收合格后方可进入下一工序或投入使用。

4.3.3 验收过程中应形成完整的验收记录，包括检测数据、验收意见、签字确认等，验收资料应真实、完整、规范，应符合 GB/T 50328 的归档要求。

4.3.4 对于验收中发现的质量缺陷，应明确整改要求、责任单位及整改期限，整改完成后应重新组织验收，直至合格。

5 施工前技术要求

5.1 设计文件审查

5.1.1 施工单位应在施工前组织技术人员对模块化支护设计文件进行全面审查，审查参与方应包括施工、监理、设计等单位相关技术负责人。

5.1.2 设计文件审查内容应包括：

- a) 模块化支护体系与工程地质、水文地质条件的适应性；
- b) 模块化单元的尺寸、材料性能、强度及稳定性是否满足设计要求；
- c) 连接节点的结构形式、承载能力是否符合 GB 50017 的规定；
- d) 支护体系的整体稳定性计算是否符合 JGJ 120 的要求；
- e) 信息化施工及智能监控方案的合理性、可行性。

5.1.3 审查发现设计文件存在矛盾、遗漏或不符合现行标准的，应及时向设计单位提出书面意见，设计单位应予以答复或修改，修改后的设计文件应重新审查。

5.1.4 设计文件审查应形成《模块化支护设计文件审查记录表》，明确审查结论、存在问题及处理意见，相关单位签字确认后归档。

5.2 模块化支护方案专项论证

5.2.1 施工单位应根据设计文件编制模块化支护专项施工方案，方案应包括工程概况、施工部署、模块化单元制作与运输、现场组装工艺、质量控制措施、安全保障措施、环境保护措施、信息化施工与智能监控方案、应急预案等内容。

5.2.2 专项施工方案应组织专家论证，论证专家应从省级及以上专家库中抽取，人数不少于 5 名，且应涵盖地质勘察、结构设计、施工技术、安全管理等专业领域。

5.2.3 专家论证的重点内容包括：

- a) 方案的技术可行性、施工工艺的先进性与安全性；
- b) 模块化支护体系的整体稳定性及抗风险能力；
- c) 连接节点的可靠性及施工质量控制措施；
- d) 智能监控指标、监测频率及预警值设置的合理性；
- e) 应急预案的针对性、可操作性。

5.2.4 专项施工方案论证应符合 GB 50497、JGJ 300 的规定，论证形成的《专项施工方案论证报告》应包括专家意见、修改建议及论证结论，施工单位应根据论证意见修改完善方案，经监理单位审核、建设单位批准后实施。

5.3 材料与构件进场验收

5.3.1 模块化支护所用材料（钢材、混凝土、连接件、防水材料等）应具有出厂合格证、检验报告等

质量证明文件。

5.3.2 材料性能应符合下列规定：

- a) 钢材应符合 GB/T 700、GB/T 1591 的规定，其力学性能（屈服强度、抗拉强度、伸长率等）应满足设计要求；
- b) 混凝土强度等级应符合设计要求，且应符合 GB 50010、GB 50666 的规定；
- c) 螺栓、螺母等连接件应符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2 的规定，其抗剪、抗拉强度应满足连接节点设计要求；
- d) 防水材料应符合 GB 18242、GB 18243 的规定。

5.3.3 模块化单元进场时，施工单位应会同监理单位进行联合验收，验收内容包括：

- a) 出厂合格证、性能检测报告（含强度、稳定性、尺寸偏差等指标）；
- b) 外观质量：不应有裂缝、破损、露筋、锈蚀等缺陷，混凝土模块表面平整度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ，钢模块表面涂层不应脱落、起皮；
- c) 尺寸偏差：模块化单元的长度、宽度、高度偏差应符合表 1 的规定，且不应超过设计允许偏差的 1.2 倍。

表 1 模块化单元尺寸允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
长度	± 5
宽度	± 3
高度	± 3
对角线差	≤ 5
表面平整度	≤ 3

5.3.4 材料与构件进场验收应按批次进行，钢材、混凝土等主要材料每批次抽检 1 次，模块化单元每批次抽检 10%，且不少于 3 件；抽检不合格的，应加倍抽检；仍不合格的，不应使用，并应及时退场。

5.3.5 进场验收应形成《进场验收记录表》，明确验收批次、名称、规格、数量、质量证明文件情况、检测结果及验收结论，相关人员签字确认后归档。

5.4 施工现场准备

5.4.1 施工现场应平整清理，清除障碍物，施工场地承载力应满足施工机械作业要求，当承载力不足时，应采取铺设钢板、碎石垫层等加固措施，加固后的场地承载力不应低于 120 kPa。

5.4.2 测量放线应符合 GB 50026 的规定，根据建设单位提供的平面控制点和高程控制点，建立施工现场测量控制网，对基坑边线、模块化支护安装轴线、标高进行精确放线，放线偏差应 $\leq 3\text{mm}$ ，放线完成后应经监理单位复核确认。

5.4.3 施工现场应配备必要的临时设施：

- a) 满足施工机械、智能监控设备用电需求，供电电压稳定性应符合 JGJ/T 46 的相关规定；
- b) 供水、排水应设置排水沟、集水井，避免场地积水；
- c) 模块化单元存放场地应平整、排水良好，宜采用垫木架空存放，架空高度 $\geq 100\text{mm}$ 。

5.4.4 安全防护设施应按施工方案设置，基坑周边应设置连续封闭的防护栏杆（高度 $\geq 1.2\text{m}$ ，横杆间距 $\leq 0.6\text{m}$ ），悬挂警示标志，夜间设置警示灯；施工区域与周边建（构）筑物、地下管线之间应设置安全隔离带，必要时采取防护加固措施。

5.4.5 智能监控设备应在施工前安装调试完毕，监测点布设应符合 JGJ 8 的相关规定，设备精度应经校准合格，数据传输系统应畅通，预警阈值应经设计单位确认。

6 模块化支护施工技术创新

6.1 模块化支护体系构成

6.1.1 模块化支护体系应根据基坑深度、地质条件、周边环境及设计要求，采用模块化单元、连接节点、支撑系统、截水系统、防护系统的组合形式，体系构成应满足 JGJ 120 的支护功能要求。

6.1.2 模块化单元的选型应遵循“因地制宜、功能匹配”原则：

- a) 混凝土模块适用于土质较好、地下水较少的基坑；
- b) 钢模块适用于深度较大、荷载较大或需快速施工的基坑；
- c) 钢-混凝土组合模块适用于对强度和耐久性均有较高要求的基坑。

6.1.3 技术创新应体现为体系的功能集成，宜采用支护-截水一体化模块、支护-支撑一体化模块、可拆装复用模块。

6.1.4 支护体系的整体刚度应均匀分布，模块化单元的布置间距应符合设计要求，间距偏差 ≤ 50 mm，避免出现应力集中现象。

6.2 模块化单元制作与预制

6.2.1 模块化单元应在工厂预制生产，预制工厂应具备相应的生产资质，生产设备应满足 GB/T 51231 的生产要求；模具精度应符合 JG/T 3032 的规定，模具尺寸偏差 ≤ 2 mm。

6.2.2 混凝土模块制作应符合 GB 50666 的规定，原材料计量偏差应控制在：

- a) 水泥 $\pm 2\%$ 、骨料 $\pm 3\%$ 、水 $\pm 1\%$ ，搅拌时间不少于 90 s；
- b) 浇筑应采用机械振捣，振捣密实，不应出现漏振、过振现象；
- c) 养护应采用蒸汽养护或洒水养护，养护时间不应少于 7 d（高温天气不少于 5 d），混凝土强度达到设计强度的 75%以上方可脱模。

6.2.3 钢模块制作应符合 GB 50755 的规定，包括但不限于：

- a) 钢材下料、切割偏差 ≤ 2 mm，焊接应采用持证焊工操作；
- b) 焊缝高度、长度应符合设计要求，焊缝质量等级不应低于二级；
- c) 焊接完成后应进行外观检查 and 无损检测，检测比例不少于焊缝长度的 20%，且不少于 3 条。

6.2.4 模块化单元预制过程中应设置质量控制点，包括原材料检验、模具安装精度、浇筑/焊接工艺、养护/除锈涂装、成品尺寸偏差及强度检测，每个控制点应形成质量记录。

6.2.5 模块化单元出厂前应进行出厂检验，检验项目包括外观质量、尺寸偏差、强度、连接接口精度，检验合格后出具《模块化单元出厂合格证》，不合格产品不应出厂。

6.3 现场组装与安装工艺

6.3.1 模块化单元运输应采用专用运输设备，运输过程中应采取固定措施，防止模块变形、损坏，运输路线应避开繁华路段及地下管线密集区域。

6.3.2 现场组装应遵循“先下后上、先内后外、对称施工、分层支护”的原则，不应超挖后再进行支护安装，每层开挖深度不应超过模块化单元高度的 1.5 倍，且不应超过 2 m。

6.3.3 安装前应清理基坑底面，找平处理，基础面平整度偏差 ≤ 3 mm/m，若基础面存在软弱土层，应采用换填碎石、铺设混凝土垫层等措施进行加固。

6.3.4 模块化单元安装应采用起重机械吊装，吊装设备的起重量应大于模块重量的 1.2 倍，吊装过程中应设专人指挥，避免模块碰撞损坏，安装轴线偏差 ≤ 5 mm，标高偏差 ± 3 mm，相邻模块拼接间隙 ≤ 2 mm。

6.3.5 安装过程中应及时进行连接节点固定，螺栓连接的紧固力矩应符合设计要求，且不应小于 40 N·m，拧紧后外露丝扣不少于 2 扣；焊接连接的焊缝应连续饱满，不应有夹渣、气孔、裂纹等缺陷，焊接完成后应及时进行防腐处理。

6.3.6 支护结构安装完成后，其垂直度偏差应 $\leq 0.3\%H$ ，且不应超过 30 mm，整体平整度偏差 ≤ 5 mm/m。

注：H为支护结构高度。

6.3.7 创新安装工艺应编制专项作业指导书，操作人员应经培训合格后方可上岗，安装过程中应进行全过程质量监控，确保安装精度符合要求。

6.4 连接节点技术创新

6.4.1 连接节点的设计应满足强度、刚度、稳定性要求，其承载能力不应低于模块化单元的承载能力，节点的抗震、抗拉、抗压性能应符合 GB 50017 的规定。

6.4.2 宜采用新型连接节点技术（自锁式螺栓连接、榫卯-螺栓复合连接、预应力连接等），新型节点应通过专项试验验证（静力荷载试验、疲劳试验），试验结果应满足设计要求。

6.4.3 连接节点的防腐、防水处理应符合下列规定：

- a) 钢质节点防腐应采用热喷涂锌/铝涂层，应符合 GB/T 19292.4 的防腐测试，涂层厚度应根据环境类别确定，地下水位以下区域涂层厚度 $\geq 150 \mu\text{m}$ ；
- b) 节点缝隙应采用防水密封胶填充密实，防止地下水渗入导致节点锈蚀或土体流失。

6.4.4 连接节点施工应编制专项工艺文件，明确施工流程、操作要点、质量控制规范，施工过程中应进行旁站监理，每个节点施工完成后应进行外观检查和强度抽检，抽检比例不少于节点总数的 10%，且不少于 5 个。

6.5 信息化施工与智能监控技术应用

6.5.1 信息化施工应采用 BIM 技术进行模块化支护体系建模，建模应符合 GB/T 51235 的规定，模型应包含模块化单元、连接节点、支撑系统、监测点等信息，用于施工方案模拟、碰撞检查、进度管理。

6.5.2 智能监控系统应包括数据采集、传输、分析、预警模块，监测指标应根据基坑等级、周边环境确定：

- a) 支护结构监测：顶部水平位移（监测精度 $\leq 0.1 \text{ mm}$ ）、竖向沉降（监测精度 $\leq 0.1 \text{ mm}$ ）、构件应力应变（监测精度 $\leq 5 \mu\epsilon$ ）；
- b) 周边环境监测：周边建（构）筑物沉降（监测精度 $\leq 0.1 \text{ mm}$ ）、地下管线位移（监测精度 $\leq 0.1 \text{ mm}$ ）、坑外地下水位（监测精度 $\leq 10 \text{ mm}$ ）；
- c) 连接节点监测：节点应力（监测精度 $\leq 5 \text{ MPa}$ ）、螺栓松动度。

6.5.3 监测设备的安装应符合 JGJ 8 的规定，监测点布设应满足：

- a) 支护结构顶部每 20 m 布设 1 个监测点，转角处应增设；
- b) 周边建（构）筑物距基坑边缘 ≤ 2 倍基坑深度范围内应布设监测点，间距 $\leq 15 \text{ m}$ ；
- c) 地下管线监测点应布设在管线转角处及距基坑边缘 ≤ 1 倍基坑深度范围内。

6.5.4 监测频率应符合下列要求：

- a) 基坑开挖期间：每天不少于 1 次；
- b) 支护结构安装完成后：前 7 d 每天 1 次，第 8 d~30 d 期间每 3 d 监测 1 次，30 d 后每周 1 次，直至基坑回填完成；
- c) 当监测数据接近预警值时，应加密监测频率至每天 2 次，超过预警值时，应实时监测。

6.5.5 智能监控数据应实时传输至监控平台，平台应具备数据自动分析、异常预警功能，预警值应经设计单位确定，当监测数据超过预警值的 80% 时，发出黄色预警；超过预警值时，发出红色预警，红色预警后应立即停止施工，启动应急预案。

6.5.6 信息化施工与智能监控过程应形成完整的数据记录，包括监测数据报表、预警记录、应急处理记录，数据保存期限不少于工程竣工后 5 年。

7 施工过程质量控制

7.1 模块单元质量检验

7.1.1 模块化单元安装前应进行复检，复检项目包括外观质量、尺寸偏差、强度，复检应采用随机抽样方式，每批次抽检 10%，且不少于 3 件。

7.1.2 外观质量复检：混凝土模块不应有宽度 $\geq 0.3 \text{ mm}$ 的裂缝，钢模块不应有锈蚀、涂层脱落，连接接口不应有破损、变形，不合格的模块应退场处理。

7.1.3 尺寸偏差复检应符合表 1 的规定，偏差超标的模块应进行校正，校正后仍不合格的不应使用。

7.1.4 强度复检：混凝土模块采用回弹法检测，回弹值换算强度不应低于设计强度的 95%，若回弹结果有争议，应采用钻芯法验证；钢模块采用超声检测构件内部质量，不应有影响强度的缺陷。

7.1.5 复检应形成《模块化单元安装前复检记录表》，明确复检结果及处理意见，监理单位签字确认后，方可进行安装。

7.2 安装过程质量控制点

7.2.1 施工单位应设置安装过程质量控制点，明确控制点责任人、控制点、检测方法，主要控制点包括但不限于：

- a) 基础面平整度控制：应采用水平仪检测，每 5m 检测 1 点，偏差 $\leq 3 \text{ mm/m}$ ；

- b) 轴线与标高控制：应采用全站仪、水准仪检测，每个模块检测 2 点，轴线偏差 ≤ 5 mm，标高偏差 ± 3 mm；
 - c) 拼接间隙控制：应采用塞尺检测，每个拼接缝检测 3 点，间隙 ≤ 2 mm；
 - d) 连接节点紧固力控制：应采用力矩扳手检测，每个节点检测 1 次，紧固力矩应符合设计要求；
 - e) 支护结构垂直度控制：应采用经纬仪检测，每个模块检测 2 个方向，垂直度偏差 $\leq 0.3\%H$ 。
- 7.2.2 每个控制点检测完成后，应及时填写《施工过程质量控制点检测记录表》，检测合格的方可进入下一道工序，不合格的应立即整改，整改后重新检测。
- 7.2.3 监理单位应按规定对关键控制点进行旁站监理，旁站监理应形成《旁站监理记录》，明确旁站部位、时间、检测数据、质量情况。

7.3 支护体系整体稳定性控制

- 7.3.1 施工过程中应严格按照“分层开挖、分层支护”的原则施工，开挖顺序应与支护安装顺序协调一致，暴露时间不宜超过 48 h。
- 7.3.2 支护体系整体稳定性应通过计算复核，复核内容包括抗倾覆稳定性、抗滑移稳定性、基坑整体隆起稳定性；其计算方法应符合 GB 50007、JGJ 120 的规定，计算结果应满足安全系数要求。
- 7.3.3 当基坑周边存在堆载时，堆载距基坑边缘的距离不应小于 2m，堆载强度不应超过 10kPa，重型机械不应在基坑周边 10 m 范围内行驶或作业；若确需作业，应采取加固措施，并加强监测。
- 7.3.4 施工过程中若遇到软弱土层、地下水突涌、管线渗漏等异常情况，应立即停止施工，并采取应急措施（注浆加固、排水降水、增设支撑等），及时通知设计、监理、建设单位，调整施工方案后再继续施工。
- 7.3.5 支护体系安装完成后，应进行整体稳定性验收，采用荷载试验或数值模拟分析验证，验收合格后方可进行下一层土方开挖。

7.4 施工监测与动态调整

- 7.4.1 施工监测应委托具备相应资质的第三方监测单位实施，监测方案应经设计、监理单位批准，监测人员应持证上岗。
- 7.4.2 监测数据应及时整理、分析，形成监测日报、周报，监测日报应包括当日监测数据、累计变化量、变化速率、与预警值的对比情况，监测周报应包括本周监测数据统计、变化趋势分析、风险评估。
- 7.4.3 当监测数据出现下列情况之一时，应及时启动动态调整机制：
- a) 支护结构水平位移变化速率 ≥ 2 mm/d，且连续 3 d 未收敛；
 - b) 累计位移达到预警值的 80%；
 - c) 构件应力达到设计值的 90%；
 - d) 周边建（构）筑物沉降累计达到 10 mm 或变化速率 ≥ 1 mm/d。
- 7.4.4 动态调整措施应经设计单位同意，包括：加密监测频率、增设支撑、注浆加固支护结构后方土体、调整开挖速度或顺序、回填反压等，调整措施实施后应加强监测，直至数据收敛稳定。
- 7.4.5 施工监测与动态调整过程应形成完整的记录，包括监测数据、分析报告、调整方案、实施效果评估，归档保存。

8 质量验收

8.1 验收组织

深基坑工程模块化支护质量验收分为分项工程验收、分部工程验收、单位工程验收三个层次，验收工作应由建设单位组织，施工单位、设计单位、监理单位、勘察单位及第三方监测单位参加。

8.2 验收程序

验收程序应符合以下规定：

- a) 分项工程验收：每个模块化支护施工段或关键工序完成后，施工单位自检合格，并填写《分项工程质量验收申请表》，报监理单位审核，监理单位审核合格后，由建设单位组织验收；

- b) 分部工程验收：所有分项工程验收合格后，施工单位整理分部工程质量资料，报监理单位预验收，预验收合格后，建设单位组织分部工程验收；
- c) 单位工程验收：基坑回填完成后，施工单位完成竣工资料整理，报监理单位竣工预验收，预验收合格后，建设单位组织单位工程验收。

8.2.1 验收应编制验收方案，明确验收组成员、验收内容、验收依据、检测方法、验收程序，验收方案应提前 3 d 送达各参与单位。

8.2.2 应形成《质量验收记录》（见附录 A），记录验收情况、存在问题及处理要求，各参与单位签字确认。

8.3 模块化支护工程实体质量验收

8.3.1 实体质量验收应包括主控项目和一般项目，主控项目应全部合格，一般项目合格率应 $\geq 80\%$ ，且不合格点的偏差不应超过允许值的 1.5 倍。

8.3.2 主控项目验收要求：

- a) 模块化单元强度：混凝土模块强度不应低于设计强度的 100%（钻芯法检验），钢模块强度不应低于设计强度的 95%（拉力试验），应符合 GB 50204、GB 50205 的规定；
- b) 连接节点质量：节点抗剪、抗拉强度不应低于设计值，螺栓紧固力矩应满足设计要求，焊缝质量等级达到二级及以上，应符合 GB 50017、GB 50205 的相关规定；
- c) 支护结构整体稳定性：抗倾覆、抗滑移、抗隆起安全系数应符合设计要求，监测数据收敛稳定，无异常变形；
- d) 防水性能：节点及模块拼接处无渗漏，基坑内无积水，应符合 GB 50108 的规定。

8.3.3 一般项目验收要求：

- a) 模块化单元尺寸偏差：应符合表 1 的规定；
- b) 支护结构安装精度：轴线偏差 ≤ 5 mm，标高偏差 ± 3 mm，垂直度偏差 $\leq 0.3\%H$ ，平整度偏差 ≤ 5 mm/m；
- c) 外观质量：模块表面无明显裂缝、破损，连接节点无锈蚀、渗漏，涂层完好。

8.3.4 实体质量检测应采用现场检测与资料核查相结合的方式，现场检测比例宜为模块化单元强度抽检 10%，连接节点质量抽检 10%。

8.3.5 实体质量验收应符合 8.2.2 要求，明确验收项目类型、检测数据、验收结论，相关单位签字确认。

8.4 施工技术资料验收

8.4.1 施工技术资料应完整、真实、规范，包括但不限于：

- a) 工程概况及设计文件：设计图纸、设计变更文件、设计文件审查记录；
- b) 专项施工方案及论证资料：专项施工方案、专家论证报告、方案审批文件；
- c) 材料与构件质量资料：材料出厂合格证、检验报告、进场验收记录，模块化单元出厂合格证、性能检测报告、安装前复检记录；
- d) 施工过程资料：施工记录表（见附录 B）、质量控制点检测记录、旁站监理记录、监测数据记录、动态调整记录；
- e) 质量验收资料：分项工程验收记录、分部工程验收记录、检测报告；
- f) 竣工资料：竣工图、竣工总结报告。

8.4.2 资料验收应符合 GB/T 50328 的规定，资料的格式、签字、盖章应齐全，复印件应注明原件存放单位并加盖公章，资料分类整理，装订成册。

8.4.3 资料验收不合格的，施工单位应限期补齐、整改，重新提交验收。

8.5 验收结论与处理

8.5.1 验收结论分为合格、不合格两种：

- a) 合格：主控项目全部合格，一般项目符合要求的，施工技术资料完整规范的，参与单位应签署验收报告；
- b) 不合格：主控项目存在不合格项，或一般项目合格率低于 80%，或施工技术资料不完整、虚假。

8.5.2 验收不合格的，建设单位应向施工单位出具《整改通知书》，明确整改要求和期限，施工单位

应制定整改方案，整改完成后重新申请验收。

8.5.3 重新验收仍不合格的，施工单位应采取返工、加固等措施，直至验收合格，返工、加固方案应经设计单位同意，相关费用由施工单位承担。

8.5.4 验收合格的，验收报告应报当地建设工程质量监督机构备案（若有规定），验收资料归档保存，保存期限不应少于工程设计使用年限。

9 安全与环境保护

9.1 施工安全措施

9.1.1 施工单位应建立健全安全生产责任制，配备专职安全员，施工人员应经安全生产教育培训合格后方可上岗，特种作业人员应持证上岗。

9.1.2 施工现场安全管理主要措施包括：

- a) 高处作业安全：作业人员应佩戴安全带，搭设脚手架或操作平台，脚手架搭设应符合 JGJ 130 的规定；
- b) 吊装作业安全：起重机械应定期检验合格，吊装前检查设备性能及吊具强度，吊装区域设置警戒区，无关人员不应进入；
- c) 临时用电安全：宜采用 TN-S 接零保护系统，配电箱、开关箱防雨、防尘，电缆敷设应满足设计要求，且不应私拉乱接；
- d) 消防安全：配备足够的消防器材，易燃易爆物品应单独存放，并设置防火警示标志。

9.1.3 应急预案应包括坍塌事故、高处坠落、物体打击、触电、火灾等突发事件的应急组织机构、应急响应程序、应急救援措施、应急物资储备，应急预案应定期组织演练（每季度不少于 1 次），演练后进行总结评估，完善预案。

9.1.4 施工过程中若发生安全事故，应立即启动应急预案，组织救援，防止事故扩大，并按规定及时上报有关部门。

9.2 环境保护要求

9.2.1 施工扬尘控制应符合 HJ/T 393 的规定，主要措施包括但不限于：

- a) 施工现场设置围挡（高度 ≥ 2.5 m）；
- b) 地面硬化处理；
- c) 土方开挖及运输时洒水降尘；
- d) 运输车辆加盖篷布；
- e) 出入口设置洗车台；
- f) 建筑垃圾及时清运并覆盖。

9.2.2 施工噪声控制应符合 GB 12523 的规定，施工机械应选用低噪声设备，合理安排施工时间（避免夜间 22:00 至次日 6:00 施工，特殊情况应办理夜间施工许可），对高噪声设备采取降噪措施。

9.2.3 施工废水控制：设置沉淀池，施工废水经沉淀处理后达标排放，不应直接排入地表水或地下水；生活污水经化粪池处理后接入城市污水管网。

9.2.4 建筑垃圾处理：分类回收，模块化单元的废弃构件应优先回收利用，不可回收的建筑垃圾应运输至指定垃圾处置场，不应随意丢弃。

9.3 绿色施工技术应用

9.3.1 绿色施工应符合 GB/T 50640 的规定，宜优先采用节能、节水、节材、环保的施工技术和设备，鼓励采用太阳能供电的智能监控设备、雨水回收利用系统。

9.3.2 模块化单元应采用可循环、可再生材料，宜使用再生钢材、再生骨料混凝土，可拆装复用模块的设计应考虑拆卸便捷性，减少拆卸过程中的材料损耗。

9.3.3 施工过程中应减少对周边植被的破坏，基坑回填后应及时进行场地绿化恢复，绿化面积不应低于施工临时占用面积的 80%。

9.3.4 绿色施工评价应按 GB/T 50640 的规定进行，评价结果宜作为工程质量验收的参考依据。

附录 A
(规范性)
质量验收记录

本附录规范了深基坑工程模块化支护质量验收的统一记录模板。记录表涵盖验收基本信息、主控项目与一般项目验收结果、施工技术资料核查情况等核心内容，明确验收依据、检测数据及各方意见，确保验收过程规范可追溯、验收结论清晰明确。验收工作完成后，各参与单位应签字盖章确认，作为工程质量验收的重要存档资料。

表 A.1 质量验收记录

质量验收记录表					
工程名称		验收部位			
建设单位		施工单位			
设计单位		监理单位			
勘察单位		监测单位			
验收日期		验收类型		<input type="checkbox"/> 分项工程 <input type="checkbox"/> 分部工程 <input type="checkbox"/> 单位工程	
验收依据					
主控项目验收情况					
序号	验收项目	要求	检测结果	验收结论	备注
一般项目验收情况					
序号	验收项目	允许偏差/要求	检测结果	合格点数/总点数	合格率
施工技术资料核查					
序号	资料名称	完整性	真实性	规范性	核查结论
验收结果					
存在问题及处理要求					
参与单位签字确认					
建设单位（盖章） 签字：		日期：			
施工单位（盖章） 签字：		日期：			
设计单位（盖章） 签字：		日期：			
监理单位（盖章） 签字：		日期：			
勘察单位（盖章） 签字：		日期：			

附录 B
(规范性)
模块化支护施工记录

本附录规定了深基坑工程模块化支护施工过程的关键信息记录,用于系统留存模块化单元进场信息、基础面施工质量、现场安装精度、连接节点质量及施工过程监测数据等核心内容,为施工质量追溯、过程控制及后续验收提供原始依据。施工单位应按实际施工工序如实填写,监理单位同步核查签字确认。

表 B.1 模块化支护施工记录模板

模块化支护施工记录表					
施工基本信息					
工程名称		施工单位			
施工部位		施工日期			
天气情况		环境温度			
模块化单元信息					
单元编号		型号规格			
出厂合格证编号		进场复检结果			
基础面施工质量					
序号	检查项目	设计要求	检测数据	合格情况	备注
安装质量检测					
序号	检查项目	允许偏差	检测数据	合格情况	备注
连接节点质量					
序号	节点编号	连接方式	紧固力矩 (N·m) / 焊缝质量	防腐处理情况	备注
监测数据记录					
监测项目	监测值	累计变化量	变化速率	预警值	备注
人员签字					
施工人员签字			监理人员签字		