

团 体 标 准

T/CSEE XXXX—YYYY

变电站装配式建筑结构全寿命设计 技术规程

Life-cycle design technical specification of prefabricated
structure in substation

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
5 结构设计	4
5.1 一般规定	4
5.2 材料选用	4
5.3 设计要求	5
6 预制生产	6
6.1 一般规定	6
6.2 预制生产工艺	6
7 运输与成品保护	6
7.1 一般规定	6
7.2 运输与成品保护要求	7
8 施工与验收	7
8.1 一般规定	7
8.2 施工与验收要求	8
9 检测与维护	8
9.1 一般规定	8
9.2 常规检测	99
9.3 耐久性检测	11
9.4 维护	12
10 维修与加固	12
10.1 一般规定	12
10.2 维修与加固	13
11 拆除与回收	14
11.1 一般规定	14
11.2 拆除	15

T/CSEE####—2023

11.3 回收再利用	15
附录 A（规范性）再设计与大数据应用	16
编制说明	18

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》的要求，依据 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。

本文件对变电站装配式建筑结构在全寿命周期内的结构设计、预制生产、运输与成品保护、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收等各阶段要求进行了规定。变电站装配式建筑结构全寿命设计目前尚无国家和行业标准，为保证该类结构的健康、安全运营和管理，满足全寿命设计的技术要求，特制定本技术规范。

本文件的主要内容包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、材料选用、结构设计要求、预制生产工艺、运输与成品保护要求、施工与验收要求、常规检测、耐久性检测、维护、维修与加固、拆除、回收利用。

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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电力土建专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：广东电网有限责任公司、浙江大学、广东电网能源发展有限公司、东莞电力设计院有限公司、广东南海电力设计院工程有限公司。

本文件主要起草人：、、、。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

变电站装配式建筑结构全寿命设计技术规程

1 范围

本文件规定了变电站装配式建筑结构在全寿命周期内的结构设计、预制生产、运输与成品保护、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收等各阶段的相关要求。

本文件适用于 35kV~500kV 变电站装配式建筑结构的全寿命设计,其它等级的变电站可以参照执行。

2 规范性引用文件

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

GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
GB 50017	钢结构设计标准
GB 50018	冷弯薄壁型钢结构技术规范
GB 50046	工业建筑防腐蚀设计规范
GB 50068	建筑结构可靠度设计统一标准
GB 50223	建筑工程抗震设防分类标准
GB 50345	屋面工程技术规范
GB 50367	混凝土结构加固设计规范
GB 50661	钢结构焊接规范
GB 51367	钢结构加固设计标准
GB 55008	混凝土结构通用规范
GB 55004	组合结构通用规范
GB/T 4171	耐候结构钢
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计标准
GB/T 50621	钢结构现场检测技术标准
GB/T 51231	装配式混凝土建筑技术标准
GB/T 51232	装配式钢结构建筑技术标准
GB/T 51355	既有混凝土结构耐久性评定标准
GB/T 51366	建筑碳排放计算标准
DL/T 5457	变电站建筑结构设计规程
DL/T 5496	220kV~500kV 户内变电站设计规程
JGJ 1	装配式混凝土结构技术规程
JGJ 147	建筑拆除工程安全技术规范
JGJ 256	钢筋锚固板应用技术规程
JGJ/T 251	建筑钢结构防腐蚀技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变电站装配式建筑结构 prefabricated building structure of substation

变电站内由混凝土预制构件或钢构件在工地现场装配而成的建筑结构，包括装配式混凝土结构、装配式钢结构。

3.2

全寿命设计 life-cycle design

一般包括设计、生产、建设、检测、维护、维修、加固、拆除、回收各阶段中的设计和相关要求。

3.3

设计使用年限 design working life

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按预定目的使用的年限。

〔来源：《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008，2.1.5。〕

3.4

结构耐久性 structural durability

在正常使用和正常维护条件下，在目标使用年限内，结构因环境作用仍能保持其适用性和安全性的能力。

〔来源：《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355-2019，2.1.2。〕

3.5

耐久性极限状态 limit states

整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的耐久性能要求，此特定状态为该功能的耐久性极限状态。

3.6

绿色建材 green building material

在全寿命期内可减少对资源的消耗、减轻对生态环境的影响，具有节能、减排、安全、健康、便利和可循环特征的建材产品。

〔来源：《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019，2.0.5。〕

3.7

环境影响 environmental influence

环境对结构产生的各种机械的、物理的、化学的或生物的不利影响。环境影响会引起结构材料性能的劣化，降低结构的安全性或适用性，影响结构的耐久性。

3.8

全寿命周期成本 life-cycle cost

建筑物在与其有关的全寿命周期内产生各项费用的总和，以经济货币表示。

3.9

全寿命周期碳排放 life-cycle cost carbon emissions

建筑物在与其有关的全寿命周期内产生的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量表示。

4 基本规定

- 4.1 在变电站装配式建筑结构方案设计阶段，应考虑全寿命周期内结构设计、生产运输、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收各阶段的关系，以及具体选址情况选用合适的建筑结构体系。
- 4.2 变电站装配式建筑结构的设计使用年限应满足现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的有关规定。
- 4.3 变电站装配式建筑结构的抗震设防类别及抗震设防标准应满足现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的有关规定。
- 4.4 变电站装配式建筑结构设计时，应满足规划、环保、节能、工艺设备、电力设备等方面的要求，宜考虑采取构造措施提高耐久性能。
- 4.5 变电站装配式建筑结构宜参照《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476，根据表 4.5 的环境分类进行耐久性设计。

表 4.5 环境分类

环境类别	环境条件
一般环境	一般大气环境
特殊环境	海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境
	冻融环境
	化学腐蚀环境

- 4.6 变电站装配式建筑结构宜建立全寿命周期内的项目数据库，项目数据库的内容宜包含全寿命周期各阶段的成本信息、文字及影像资料信息。
- 4.7 变电站装配式建筑结构建设宜参照附录 A 的相关要求建立多项目集成数据库，指导全寿命周期设计与成本管理。
- 4.8 变电站装配式建筑结构的全寿命设计应遵循全寿命周期成本与环境影响统筹考虑的原则，均衡考虑全寿命周期成本和碳排放。
- 4.9 变电站装配式建筑结构宜进行全寿命周期评估 LC，评估包括：全寿命周期成本评估和全寿命周期碳排放评估。

a) 全寿命周期成本评估计算模型

$$LCC = C_D + C_C + C_I + C_M + C_R$$

其中， LCC —全寿命周期总成本

C_D —设计阶段的成本

C_C —施工阶段的成本

C_I —检测与维护阶段的成本

C_M —维修与加固阶段的成本

C_R —拆除与回收阶段的成本

b) 全寿命周期碳排放评估计算模型

$$LCCO_2 = E_C + E_O + E_I + E_M + E_R$$

其中， $LCCO_2$ —全寿命周期碳排放总量

E_C —生产施工碳排放，包含预制生产阶段、运输与成品保护阶段和施工与验收阶段的碳排放

E_O —日常运行的碳排放，此部分为建筑服役期间的使用能耗，本规程不再详述

E_I —检测与维护阶段的碳排放

E_M —维修与加固阶段的碳排放

E_R —拆除与回收阶段的碳排放

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 变电站装配式建筑结构设计应考虑结构体系选用、构件设计、变形、地基基础设计和耐久性设计。

5.1.2 变电站装配式建筑结构设计应遵循少规格、多组合的原则。

5.1.3 变电站装配式建筑结构设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的要求，尚应符合下列规定：

- a) 应采取有效措施加强变电站装配式结构的整体性；
- b) 装配式结构的节点和接缝应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性和耐久性等要求。

5.1.4 变电站装配式建筑结构中，预制构件的连接部位宜设置在结构受力较小的部位，其尺寸和形状应满足建筑使用功能、制作、运输、堆放、安装及质量控制的要求。

5.1.5 变电站装配式建筑结构中预制构件深化设计的深度应满足建筑、结构和电气等各专业以及构件制作、运输、安装等各环节的综合要求。

5.1.6 设计阶段的全寿命周期成本可表示为。

$$C_D = C_{ds} + C_{dd}$$

其中： C_D 为规划设计经济成本； C_{ds} 为工程勘察费用； C_{dd} 为工程设计费用。

5.1.7 设计阶段的碳排放主要包含设计单位的工作碳排放，此部分碳排放较小，无可靠计量办法时，可忽略此部分碳排放。

5.2 材料选用

5.2.1 变电站装配式建筑结构宜优先采用绿色建材或根据不同的环境类别采用高耐久性的材料。

5.2.2 变电站装配式建筑结构的绿色建材的使用，除应满足使用性能外，尚应满足建设项目绿色指标的要求。

5.2.3 混凝土、钢筋的力学性能指标和耐久性要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。

5.2.4 预制构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；预应力混凝土预制构件的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。现浇混凝土的强度等级不应低于 C25。

5.2.5 变电站装配式混凝土建筑结构宜根据具体环境情况，采用混凝土保护液进行防护处理，提高其耐久性能。

5.2.6 钢材的力学性能指标和耐久性要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

5.2.7 变电站装配式钢结构采用的钢材宜优先选用耐候结构钢提升结构的耐久性能，耐候结构钢的要求应满足现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的要求。

- 5.2.8 钢筋套筒灌浆连接接头采用的套筒应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的规定。
- 5.2.9 钢筋套筒灌浆连接接头采用的灌浆料应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的规定。
- 5.2.10 钢筋锚固板的材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。
- 5.2.11 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关标准的规定。
- 5.2.12 连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 等的规定。
- 5.2.13 外墙板接缝处的密封材料应符合《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定。
- 5.2.14 墙板中的保温材料，应同时满足绿色建材和建筑节能的要求，有效降低全寿命成本，燃烧性能不应低于《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中的要求。变电站装配式建筑采用的室内装修材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 和《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的有关规定。
- 5.2.15 装配式钢结构变电站的防腐涂料应满足《建筑用钢结构防腐涂料》JGT 224 的要求。
- 5.3 设计要求
- 5.3.1 变电站装配式建筑宜根据建筑物的重要性、安全等级、抗震设防烈度等要求采用合适的结构型式。
- 5.3.2 变电站装配式建筑结构的设计使用年限应按照现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 确定，宜采用 50 年。
- 5.3.3 变电站装配式建筑的结构设计，应符合《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232、《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457 和《220kV~500kV 户内变电站设计规程》DL/T 5496 中的相关要求。
- 5.3.4 变电站装配式混凝土建筑结构应根据本规范 4.5 条进行环境分类后，采用适宜的措施保证结构的耐久性。
- 5.3.5 装配式结构房屋的最大适用高度、最大高宽比、抗震等级应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 的相关规定。
- 5.3.6 装配式结构的作用及作用组合应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 等确定。
- 5.3.7 变电站装配式建筑结构及节点设计规定：

a) 在各种设计状况下，装配整体式混凝土结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。混凝土结构构件应根据受力状况分别进行正截面、斜截面、扭曲截面、受冲切和局部受压承载力计算；对于承受动力循环作用的混凝土结构或构件，尚应进行构件的疲劳承载力验算。

b) 装配整体式混凝土结构节点及接缝的计算及构造应符合《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

c) 装配式钢结构构件应根据受力状况分别对受弯构件、轴心受力构件、拉弯压弯构件等进行强度、整体稳定性、局部稳定性、长细比等计算；对于承受动力循环作用的结构或构件，尚应进行构件的疲劳承载力验算。

d) 装配式钢结构节点及连接的计算及构造应符合《钢结构设计标准》GB50017、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 等相关规定。

5.3.8 变电站装配式建筑结构的屋面和外墙防水宜采用一级防水等级，并应符合《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030 的相关要求，且应采取合适节点保证屋面防水与结构可靠连接。外墙板应采用防水性能较好的材料，并采取合理措施保证接缝处的防水和耐久性能。

6 预制生产

6.1 一般规定

6.1.1 预制构件生产企业应有保证生产质量要求的生产工艺和设备设施，且应有健全的质量管理及安全保证体系。

6.1.2 预制混凝土构件生产前应进行深化设计，深化设计内容应包括：模板图、钢筋图、细部构造图、饰面、保温板排版图和连接件布置图。

6.1.3 预制钢构件生产前应深化设计连接节点图，通过试样组装后再批量生产，宜采用 BIM 技术辅助构件设计生产。

6.1.4 构件生产阶段的全寿命周期成本包含于施工阶段成本中考虑。

6.1.5 构件生产阶段的碳排放可表示为：

$$E_{cm} = \sum_{i=1}^N M_{ci} F_{mi}$$

其中， E_{cm} 为生产施工阶段材料生产的碳排放； M_{ci} 为第*i*种建筑材料的总消耗量； F_{mi} 为第*i*种建筑材料的碳排放因子。

6.2 预制生产工艺

6.2.1 变电站装配式混凝土构件的预制生产工艺的要求宜参照《装配式混凝土建筑技术标准》GB 51231 的相关规定。

6.2.2 变电站装配式钢构件的预制生产工艺的要求宜参照《装配式钢结构建筑技术标准》GB 51232 的相关规定。

7 运输与成品保护

7.1 一般规定

7.1.1 变电站装配式构件的运输应制定运输方案，在运输过程中尚应符合当地交通主管部门的要求。

7.1.2 变电站装配式构件在运输和成品保护过程中应做好环境保护。

7.1.3 变电站装配式构件的运输与成品保护要求宜参照《装配式混凝土建筑技术标准》GB 51231 和《装配式钢结构建筑技术标准》GB 51232 的相关规定。

7.1.4 运输和成品保护阶段的全寿命周期成本包含于施工阶段成本中考虑。

7.1.5 运输和成品保护阶段的碳排放可表示为：

$$E_{ct} = \sum_{i=1}^N M_{ci} D_{ci} T_{ci}$$

其中： E_{ct} 为生产施工阶段材料运输的碳排放； M_{ci} 为第*i*种建筑材料的总消耗量； D_{ci} 为第*i*种建筑材料的平均运输距离； T_{ci} 为第*i*种建筑材料采用选定的运输工具类型时，单位重量单位距离下的碳排放因子。

7.2 运输与成品保护要求

7.2.1 预制构件在运输、堆放过程中均应进行成品保护。

7.2.2 对超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应制定专门的方案。

7.2.3 预制构件的运输应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施和防止部品部件损坏的保护措施。

7.2.4 预制构件堆放场地应平整、坚实，宜进行硬化处理。

7.2.5 预制构件堆放场地应按部品部件的保管技术要求采用相应的防雨、防潮、防暴晒、防污染和排水措施。

7.2.6 预制构件的存放宜实行分区管理和信息化台账管理。

7.2.7 构件运输和堆放尚应符合下列规定：

a) 当采用叠层运输和堆放时，叠放的层数应根据构件、垫块的承载力计算确定，并应采取防止倾覆的措施。

b) 当采用插放架、靠放架运输和堆放时，插放架、靠放架应通过计算并具有足够的强度、刚度和稳定性，支垫应稳固，并应固定牢固。

8 施工与验收

8.1 一般规定

8.1.1 变电站装配式建筑施工前，应根据工程的具体情况，由施工单位编制施工方案和专项方案。

8.1.2 变电站装配式建筑施工前，应由施工单位对施工作业的人员进行培训和技术交底。

8.1.3 变电站装配式建筑宜采用建筑信息模型对施工全过程和关键工艺进行信息化模拟。

8.1.4 预制构件应对关键节点进行试拼装，严禁为方便现场施工，随意破坏构件。

8.1.5 预制构件安装前应按规定检查产品合格资料，并与施工图纸对应检查无误后，方可在施工现场使用。

8.1.6 预制构件应按施工方案要求的顺序进行吊装，并应同步施工临时支撑及临时固定。

8.1.7 变电站装配式建筑结构中重要的受力部位，应在保证拼接节点承载力达到设计要求后，方可拆除临时支撑和临时固定。

8.1.8 变电站装配式混凝土结构湿连接施工前应对结合部位进行机械和人工清洁，节点连接部位应达到清水级质量要求，套筒灌浆连接施工应确保密实可靠。

8.1.9 变电站装配式钢结构的连接，采用焊接时应做好清理和焊接定位工作，保证焊缝饱满和位置准确。采用螺栓连接时应严格进行连接面处理，并做好初拧、复拧和终拧工作。

8.1.10 施工阶段的全寿命周期成本可表示为：

$$C_C = C_{CC} + C_{CF}$$

其中： C_C 为生产施工经济成本； C_{CC} 为工程建筑安装费用； C_{CF} 为工程建筑安装附属费用。

8.1.11 施工阶段的碳排放可表示为：

$$E_{CC} = \sum_{i=1}^N P_{Ci} F_i$$

其中： E_{CC} 为施工作业产生的能源消耗碳排放； P_{Ci} 为生产施工阶段第*i*种能源的总消耗量； F_i 为第*i*类能源的碳排放因子。

8.2 施工与验收要求

8.2.1 预制构件进场时应检查质量证明文件，现场验收应包括下列内容：

- a) 进场时的检测项目应包括外观缺陷、内部缺陷、尺寸偏差与变形，必要时可进行结构性能检测；
- b) 安装施工后的外观缺陷、内部缺陷、位置与尺寸偏差、变形等。

8.2.2 变电站装配式构件的进场质量验收还应符合现行国家标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

8.2.3 变电站装配式建筑结构的施工要求宜参照《装配式混凝土建筑技术标准》GB 51231和《装配式钢结构建筑技术标准》GB 51232的相关规定。

8.2.4 变电站装配式建筑结构验收时，应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的相关规定，并符合《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1中的相关要求。

8.2.5 应严格控制装配式混凝土套筒灌浆节点以及装配式钢结构焊接节点的验收质量。

9 检测与维护

9.1 一般规定

9.1.1 变电站装配式建筑结构建成后的初次检测时间以及初次检测后的检测周期宜按表 9.1.1 采用。

表 9.1.1 初次检测时间和检测周期

环境类别	环境条件	初次检测时间	检测周期
一般环境	一般大气环境	混凝土 50 年、钢结构 30 年	每 10 年一次
特殊环境	海洋氯化物环境、除冰盐 等其他氯化物环境	混凝土 50 年、钢结构 20 年	每 5 年一次
	冻融环境	混凝土 50 年、钢结构 20 年	每 5 年一次
	化学腐蚀环境	混凝土 50 年、钢结构 20 年	每 5 年一次

9.1.2 变电站装配式建筑结构检测前，应先进行使用条件调查，调查内容应包含：使用环境情况，使用历史情况和未来使用计划。

9.1.3 变电站装配式建筑结构检测时，宜优先采用无损检测手段，避免损坏原结构，导致耐久性能降低。

9.1.4 变电站装配式建筑结构检测过程应采取可靠的安全防范措施。

9.1.5 变电站装配式建筑结构检测结果的评定，应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 和《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定。

9.1.6 检测与维护阶段的全寿命周期成本可表示为：

$$C_I = \sum_{j=1}^n C_{im,j} \times \frac{1}{(1+\gamma)^j}$$

其中： C_I 为检测维护经济成本， $C_{im,j}$ 为结构建成后第 j 年检测维护工作的一次成本； γ 为建设项目折现率； n 为结构建成至拆除总年数，即结构服役寿命。

9.1.7 检测与维护阶段的碳排放可表示为：

$$E_I = \sum_{i=1}^N P_{li} F_i$$

其中： E_I 为检测维护阶段的碳排放； P_{li} 为检测维护阶段消耗的第 i 类能源的年消耗量； F_i 为第 i 类能源的碳排放因子。

9.2 常规检测

9.2.1 变电站装配式混凝土建筑结构检测项目及办法宜按表 9.2.1 规定采用。

表 9.2.1 变电站装配式混凝土建筑结构检测项目及方法

序号	检测项目	检测方法
1	露筋长度	直尺或卷尺量测
2	孔洞深度	直尺或卷尺量测
3	夹渣深度	剔凿法或超声法检测
4	蜂窝和疏松的位置和范围	直尺或卷尺量测
5	表面裂缝的最大宽度	直尺或卷尺量测
6	裂缝深度	超声法检测或钻芯法
7	内部缺陷	超声法双面对测、冲击回波法或电磁波反射法
8	位移与变形（挠度、倾斜、沉降）	挠度：测距仪、水准仪、挠度计； 倾斜：水准仪、经纬仪激光准直仪或吊锤法； 沉降：水准仪
9	现浇结合面的粗糙度	靠尺和塞尺量测或采用 3D 扫描
10	混凝土保护层	电磁感应法或凿开量测

9.2.2 变电站装配式混凝土结构预制构件的结构性能检测的结果应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定。

9.2.3 变电站装配式钢结构检测项目及方法宜按表 9.2.3 规定采用。

表 9.2.3 变电站装配式钢结构检测项目及方法

序号	检测项目	检测方法
1	外观缺陷	目测
2	钢板内部缺陷	超声波检测法
3	腐蚀损伤程度	测厚仪
4	表面涂层	目测
5	薄涂型防火涂料涂层厚度	用涂层测厚仪检测
6	厚涂型防火涂料涂层厚度	用涂层测厚仪、测针和钢尺检测

7	涂层老化程度	应符合《色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 滤过的氙气辐射》GB/T 1865 和《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB 1766
8	位移与变形（挠度、倾斜、沉降）	挠度：测距仪、水准仪、挠度计； 倾斜：水准仪、经纬仪激光准直仪或吊锤法； 沉降：水准仪

9.2.4 变电站装配式钢结构构件结构性能检测的结果应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定。

9.2.5 除本节上述规定外，变电站装配式建筑结构应重视连接节点的检测。检测内容及方法宜按表 9.2.5 采用。

表 9.2.5 连接节点检测项目及检测方法

结构形式	检测项目	检测方法
装配式混凝土结构	套筒灌浆饱满度	预埋传感器法、X 射线成像法
	现浇结合面的缺陷	超声断层扫描法、冲击回波法或超声波法
装配式钢结构	焊缝连接	目测，辅以低倍放大镜，必要时采用磁粉探伤或渗透探伤检测焊缝质量
	普通螺栓连接	观察、锤击、试拧等
	高强度螺栓连接	观察、锤击、试拧等

9.3 耐久性检测

9.3.1 变电站装配式混凝土结构的耐久性专项检测项目宜先按本规范 4.5 条规定进行环境分类后，按表 9.3.1 采用：

表 9.3.1 装配式混凝土结构变电站耐久性专项检测项目

环境类别	环境条件	耐久性专项检测项目
一般环境	一般大气环境	碳化深度、混凝土渗透性、钢筋自然电位、混凝土电阻率
特殊环境	海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境	混凝土中氯离子浓度分布，表面锈胀裂缝开展情况及混凝土剥落深度
	冻融环境	表面混凝土剥落面积、剥落深度
	化学腐蚀环境	硫酸盐侵蚀下检测混凝土剥落深度、硫酸根离子浓度分布；碱性环境下，检测碱含量、骨料碱活性和混凝土含水率

注：特殊环境下的耐久性专项检测应包含一般环境下的检测内容。

9.3.2 变电站装配式混凝土结构的耐久性专项检测项目的检测要求及评定方法应满足《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355 中的相关规定。

9.3.3 变电站装配式钢结构的耐久性专项检测应在满足本规范 9.2.4 条的基础上对表 7 的项目进行进一步的检测。

表 9.3.3 装配式钢结构变电站耐久性专项检测项目

序号	耐久性专项检测项目	检测方法
1	涂层起泡程度	参照 GB/T 30789.2-2014 执行
2	涂层开裂程度	参照 GB/T 30789.4-2015 执行
3	涂层剥落程度	参照 GB/T 30789.5-2015 执行
4	涂层下锈点数量	参照 GB/T 1766-2008 执行
5	涂膜附着力	拉开法, 参照 GB/T 5210 执行 划格法, 参照 GB/T 9286 执行
6	构件损伤程度	测厚仪检测腐蚀量
7	构件截面其他损伤	金相检测

注：薄壁钢结构变电站应按更高要求进行耐久性专项检测。

9.3.4 变电站装配式钢结构的耐久性专项检测项目的检测要求及评定方法应满足《钢结构耐久性评定标准》(T/CECS 1328) 中的相关规定。

9.4 维护

9.4.1 变电站装配式钢结构的维护工作针对的是不影响结构构件受力安全的项目, 包括局部除锈、防火层或防腐层的局部修补或全部重刷等。

9.4.2 变电站装配式钢结构维护的材料宜与原物一致; 当采用不一样的材料且为局部修补时, 应确定与原材料的融合度。

9.4.3 变电站装配式钢结构维护设计与施工应遵循《钢结构加固设计标准》(GB51367) 的相关规定。

10 维修与加固

10.1 一般规定

10.1.1 变电站装配式建筑结构应遵循先鉴定, 再根据鉴定结果选用适当维修与加固方式。

10.1.2 变电站装配式建筑结构的鉴定应根据实际情况选用可靠性鉴定(包括安全性鉴定和使用性鉴定两者或其一) 或抗震鉴定。

10.1.3 变电站装配式建筑结构需要鉴定前提条件应满足《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144) 及地方主管部门的相关文件要求。鉴定的检测方法参考第 9 章内容。

10.1.4 变电站装配式建筑结构的加固设计使用年限和安全等级,应根据结构的重要性,由业主和设计单位共同商定。

10.1.5 应明确结构加固后的用途。在加固设计使用年限内,未经技术鉴定或设计许可,不得改变加固后结构的用途和使用环境。

10.1.6 变电站装配式建筑结构的加固设计可采用线弹性分析方法计算结构的作用效应。

10.1.7 变电站装配式建筑结构在维修或加固后,应进行验收,确认维修或加固效果达到设计要求后,方可继续使用。

10.1.8 维修与加固阶段的全寿命周期成本可表示为:

$$C_M = \sum_{j=1}^n C_{mm,j} \times \frac{1}{(1+\gamma)^j}$$

其中: C_M 为维修加固经济成本; $C_{mm,j}$ 为结构建成后第 j 年一次维修加固工作的成本; γ 为建设项目折现率; n 为结构服役寿命。

10.1.9 维护与加固阶段的碳排放可表示为:

$$E_M = E_{mm} + E_{mt} + E_{mc}$$

$$E_{mm} = \sum_{i=1}^N M_{mi} F_{mi}$$

$$E_{mt} = \sum_{i=1}^N M_{mi} D_{mi} T_{mi}$$

$$E_{mc} = \sum_{i=1}^N P_{mi} F_i$$

其中: E_M 为维修加固阶段碳排放; E_{mm} 为维修加固阶段材料生产的碳排放; E_{mt} 为维修加固阶段材料运输的碳排放; E_{mc} 为维修加固施工作业产生的能源消耗碳排放; M_{mi} 为维修加固第 i 种建筑材料的总消耗量; F_{mi} 为第 i 种建筑材料的碳排放因子; D_{mi} 为第 i 种维修加固建筑材料的平均运输距离; T_{mi} 为第 i 种维修加固建筑材料采用选定的运输工具类型时的单位碳排放因子; P_{mi} 为维修加固阶段第 i 种能源的总消耗量; F_i 为第 i 类能源的碳排放因子。

10.2 维修与加固

10.2.1 变电站装配式建筑结构的维修和加固方法应根据具体情况采用,应在综合考虑技术经济效果的同时,尽可能提升结构维修部位的耐久性能。

10.2.2 变电站装配式建筑结构加固应采取可靠构造措施,保证加固部分与原结构可靠连接,共同受力,形成整体共同工作。

10.2.3 变电站装配式建筑结构加固分为直接加固与间接加固两类，设计时，可根据实际条件和使用要求选择适宜的加固方法及配合使用的技术。

10.2.4 加固材料的性能和质量，应满足《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 中的相关规定。

10.2.5 加固的具体设计方法应满足《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 和《钢结构加固设计标准》GB51367-2019 的相关规定。

10.2.6 装配式结构的抗震设计尚应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的相关规定。

10.2.7 变电站装配式建筑结构维修加固施工时，应采取隔离保护、支撑卸载等措施，保证变电站的正常运行工作。

10.2.8 在变电站装配式建筑结构加固施工时应采取可靠的临时安全措施，避免出现倾斜、失稳、坍塌等安全问题。

10.2.9 变电站装配式建筑结构加固完成后应进行质量验收，验收应满足《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 中的相关规定。

11 拆除与回收

11.1 一般规定

11.1.1 变电站装配式建筑结构拆除施工的方法包括：人工拆除、机械拆除、爆破拆除和静力破碎拆除。考虑全寿命周期的环境影响，应根据现场实际情况采用环境影响较小的拆除方案。

11.1.2 拆除的装配式构件、部件、垃圾等应分类收集和处理，钢材、复合材料、混凝土等应做回收和再生利用处理，对再利用的材料和可重复使用材料应制定维护、保护方法和回收方案。

11.1.3 拆除物的处置应符合下列规定：

- a) 对可重复利用构件，应考虑其使用寿命和维护方法；
- b) 对切割的块体，应进行重复利用或再生利用；
- c) 对破碎的混凝土，应拟定再生利用计划；
- d) 对拆除的钢材、钢筋，应回收再生利用；
- e) 对多种材料的混合拆除物，应在取得建筑垃圾排放许可后再行处置。

11.1.4 变电站装配式建筑结构通过回收再生利用的产品质量应符合国家现行相关标准的规定。

11.1.5 拆除与回收阶段的全寿命周期成本可表示为：

$$C_R = (C_{rd} + C_{rs} - C_{rr}) \times \frac{1}{(1 + \gamma)^n}$$

其中： C_R 为拆除回收成本； C_{rs} 为拆除材料无害化处理成本； C_{rd} 为工程拆除施工成本； C_{rr} 为工程回收材料收益； γ 为建设项目的折现率； n 为结构服役寿命。

11.1.6 拆除与回收阶段的碳排放可表示为：

$$E_R = \sum_{i=1}^m P_{ri} F_i + E_{rt} + \Delta E_s$$

$$E_{rt} = M_r D_r T_r$$

$$\Delta E_s = E_{rc} - E_{ro}$$

其中： E_R 为拆除回收阶段的碳排放； P_{ri} 为拆除回收阶段第*i*种能源的总消耗量； F_i 为第*i*类能源的碳排放因子； E_{rt} 为拆除废料运输至堆放场的碳排放量； ΔE_s 为回收再利用时的碳排放增量； M_r 为拆除废料的总量； D_r 为拆除废料的运输距离； T_r 为选定运输类型时，单位重量单位距离下的碳排放因子； E_{rc} 为回收再利用处理时的碳排放量， E_{ro} 为回收材料带来的总碳排放量抵消量。

11.2 拆除

11.2.1 变电站装配式建筑结构拆除施工前，应对拟拆除物和周边环境进行详细查勘，应调查清楚变电站内、外地上、地下建构筑物及电气设施的分布情况；应编制施工组织设计、安全专项施工方案和安全生产事故应急预案。对危险性较大的拆除工程，应按相关规定组织专家论证。

11.2.2 拆除工程施工不得立体交叉作业，严禁作业面上下同时开展拆除作业。

11.2.3 拆除作业应采取减少噪声、粉尘、污水、振动、冲击和环境污染的措施；应对周边建筑物、构筑物、地下设施及电气设施采取保护、防护措施。

11.2.4 拆除工程施工时应应对空气质量指数、临近建筑物沉降开裂等周边环境指标进行监测，确保拆除工程安全环保。

11.2.5 拆除施工具体要求应符合《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ 147 中的相关规定。

11.3 回收再利用

11.3.1 变电站装配式建筑结构应尽可能提高装配式构件的回收利用率。

11.3.2 变电站装配式回收材料的加工处理应采用合理措施减轻噪声、扬尘，杜绝二次污染，满足当地环境保护的要求。

11.3.3 回收材料的加工处理，应符合下列规定：

a) 废弃砂浆：将废弃砂浆除杂、破碎，可用于混凝土和砂浆用再生细骨料，性能指标应符合现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 的相关规定。

b) 废弃混凝土：可加工为混凝土和砂浆用再生骨料，性能指标应符合现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 和《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177 的相关规定。

11.3.4 回收材料的再利用，应符合下列规定：

a) 隔墙板再利用应符合现行国家标准《建筑用轻质隔墙条板》GB/T 23451 或现行行业标准《建筑隔墙用轻质条板》JG/T 169 的相关规定。

b) 钢材的再利用应符合现行国家标准《再生钢铁原料》GB/T 39733 中的相关规定。

附录 A
(规范性)
再设计与大数据应用

A.1 资料建档

A.1.1 在变电站工程实施期间应进行全寿命各阶段的文字影像资料与成本数据的收集,对各个阶段的成本进行完整统计。

A.1.2 成本数据收集内容应包含:设计阶段成本统计,建造阶段成本统计,检测维修阶段成本统计和拆除阶段成本统计。

A.1.3 文字影像资料的内容,宜按表 A.1 中的内容进行收集。

表 A.1 资料回收内容

阶段	文件	内容
规划	工程可行性报告	自然环境和社会环境
招投标	招投标文件	工程量清单
设计	设计合同	设计合同
	概算文件	概算编制说明
		概算表
	设计文件	设计说明
		设计图纸
		二次深化图纸
主要工程数量表		
施工	预算文件	预算编制说明
		总预算表
		综合预算表
		分部分项工程预算
		人工材料机械单价
	施工组织计划	施工机械、材料表
		施工进度安排
	竣工说明	材料计划表
检测	检测说明	检测技术及成本
		检测机械及材料
	检测报告	检测照片

		常规检测
		耐久性专项检测
维修	维修加固及改造报告	维修概况
		预期维修效果
		工程进度
		预算表
		主要工程量
		维修技术及步骤
		维修机械及材料
		维修照片
拆除	拆除报告	预算表
		建筑垃圾处理技术及步骤
其他	当地政府财政报告	财政收入、产值历年数据
		变电站辐射区域商业收入数据
		环境保护指标
	月度车流量统计	车辆流量统计

A.2 数据库建立

A.2.1 项目实施期间，应及时记录项目全寿命周期内产生的各项数据。

A.2.2 根据最终收集的项目全寿命周期数据，建立多项目集成数据库。

变电站装配式建筑结构全寿命设计 技术规程

编 制 说 明

目次

1 编制背景	20
2 编制主要原则	20
3 主要工作过程	20
4 标准结构和内容说明	20
5 相关标准对比说明.....	25

1 编制背景

本标准是根据电机咨〔2022〕300号文，“中国电机工程学会关于印发‘中国电机工程学会2022年标准计划（第一批）’的通知”下达的制定任务，项目序号202111300010对“变电站装配式建筑结构全寿命设计技术规程”进行制定的。由广东电网有限责任公司、浙江大学、广东电网能源发展有限公司、东莞电力设计院有限公司、广东南海电力设计院工程有限公司等单位负责起草。

目前，对变电站装配式建筑结构全寿命设计在国家和行业标准中尚无相关要求。传统装配式变电站的设计中未考虑到全寿命周期跨度内的影响，全寿命周期一般包括结构的规划、设计、建设、检测、维护、维修、拆除、回收等阶段。我国大力发展装配式变电站，现已有相当规模的装配式变电站在建，变电站装配式建筑结构的耐久性问题非常值得重视，本标准的制定对变电站装配式建筑结构全寿命设计具有重要意义。

2 编制主要原则

编写该标准遵循与相关标准协调一致的原则，与设计规范和运行规程方面的相关标准不要出现矛盾。

本标准依据现有变电站装配式建筑结构设计、建设、运维等实际情况，本着安全可靠、经济适用原则，经广泛调研、充分总结前期的科研、工程设计和运行经验编制了本文件。

本文件规定了变电站装配式建筑结构在全寿命周期内的结构设计、预制生产、运输与成品保护、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收等各阶段的相关要求，适用于35kV~500kV变电站装配式建筑结构的全寿命设计，其它等级的变电站可以参照执行。

3 主要工作过程

2021年11月，填写了中国电机工程学会标准立项申请表并进行了网上提交，当月通过中国电机工程学会标准立项必要性审查。

2022年1月，通过中国电机工程学会电力土建专业委员会的标准立项复审。

2022年6~7月，通过中国电机工程学会总会组织的立项终审。

2022年8月，接到制定标准编制项目任务。广东电网有限责任公司积极组织技术力量组成标准编制组，并确定了内部编制组成员及分工。

2022年8月开始，进行标准草案的调研和编写工作，确定调研工作和编写工作计划。

2023年6月，完成标准初稿编写工作，并组织召开了编制组内部讨论会。

2023年7~8月，进行本文件的征求意见。

4 标准结构和内容说明

本文件的主要结构和内容如下：

本文件主题章分为11章，由范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、结构设计、预制生产、运输与成品保护、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收组成。

本文件规定了变电站装配式建筑结构在全寿命周期内的结构设计、预制生产、运输与成品保护、施工与验收、检测与维护、维修与加固、拆除与回收等各阶段的相关要求。适用于35kV~500kV变电站装配式建筑结构的全寿命设计，其它等级的变电站可以参照执行。

对各章节及条款说明如下：

1 范围

说明了本标准的适用范围，本标准适用于 35kV~500kV 变电站装配式建筑结构的寿命设计。

2 规范性引用文件

对本标准中所引用到的其它标准文件进行了说明。

3 术语和定义

对本标准中所涉及到的部分术语进行了定义，引自其它标准的，对其来源进行了标注。

4 基本规定

4.1~4.9 提出了变电站装配式建筑结构全寿命设计的基本要求，对结构体系选用、设计使用年限、抗震设防、耐久性设计做了基本规定，并对全寿命周期内的项目数据库和全寿命周期评估提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

4.1 根据相关研究，合适的设计体系是指：考虑地理因素对结构耐久性的影响。对于近海地区，考虑钢材受氯盐侵蚀劣化严重，采用装配式钢结构的全寿命成本明显高于装配式混凝土结构，因此建议优先选用装配式混凝土结构为变电站装配式结构形式。考虑全寿命成本的环境成本效益。对于内陆地区，考虑钢材的回收利用率较高，可以带来明显的环境成本效益。因此建议优先选用装配式钢结构为变电站装配式结构形式。考虑灌浆缺陷对装配式混凝土节点抗震性能影响较大。对于抗震设防等级较高（7度以上）的地区，建议优先选用延性较好的装配式钢结构为变电站装配式结构形式，选用装配式混凝土结构时，应有可靠措施保证装配式节点灌浆的密实度。考虑较大风荷载下，装配式混凝土结构构件会承受较大的水平荷载，对装配式节点的性能要求与地震荷载作用类似，建议风力较强区域优先选用延性较好的装配式钢结构为变电站装配式结构形式，但不宜采用轻型钢结构，选用装配式混凝土结构时，同样应有可靠措施保证装配式节点灌浆的密实度。

4.5 内陆、非寒冷地区的变电站装配式建筑结构属于一般大气环境，近海海岸（离海岸 1km 内）或海岛上的变电站装配式建筑结构属于海洋氯化物环境，高山区（ $\geq 1500\text{m}$ ）或冻融地区的变电站装配式建筑结构属于冻融环境，工业地区、盐碱地区的变电站装配式建筑结构属于化学腐蚀环境。

4.9 在进行不同变电站装配式建筑结构方案比选时，可以采用年均全寿命周期成本和年均全寿命周期碳排放进行计算，将装配式变电站的全寿命周期成本和全寿命周期碳排放平均至设计使用年限内比较，也可以构建相同计算周期进行方案比较，相同计算周期的确定按照公倍数的原则进行选取，通过定量计算选定计算周期内的年均碳排放量，作为不同方案间的对比指标，得到更优化的建筑结构设计方案。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.6 规定了变电站装配式建筑结构设计工作的相关要求，并对设计阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

5.1.2 装配式构件为工厂生产，为节约变电站装配式预制构件的生产费用，方便现场施工，达到降低全寿命周期成本的目的，应遵循少规格、多组合的原则。

5.1.5 变电站装配式建筑由于其使用功能的要求，涉及大量电气设备的布置和安装，对预制构件的生产会有具体的、特殊的要求，应在设计阶段进行考虑，减少施工阶段的返工和现场处置的问题，从而降低全寿命成本。

5.1.7 规划设计阶段的碳排放主要是人员从事制图、办公的工作地点产生的运行碳排放，此部分碳排放量较小。

5.2 材料选用

5.2.1~5.2.2 规定了变电站装配式建筑结构选用材料的要求。

5.2.3~5.2.5 规定了变电站装配式混凝土结构相关材料的性能指标和耐久性要求。

5.2.6~5.2.7 规定了变电站装配式钢结构相关材料的性能指标和耐久性要求。

5.2.8~5.2.9 规定了钢筋套筒灌浆连接接头的套筒、灌浆料的基本要求。

5.2.10~5.2.12 规定了钢筋锚固板、受力预埋件、连接材料的基本要求。

5.2.13~5.2.15 规定了密封材料、保温材料、防腐涂料的基本要求。

5.3 设计要求

5.3.1 规定了变电站装配式建筑结构型式的选择依据。

5.3.2 规定了变电站装配式建筑结构的设计使用年限。

5.3.3 规定了变电站装配式建筑设计的相关要求。

5.3.4 规定了变电站装配式混凝土建筑结构的耐久性措施。

5.3.5 提出了装配式结构房屋的最大适用高度、最大高宽比、抗震等级的相关规定。

5.3.6 提出了装配式结构的作用及作用组合的要求。

5.3.7 提出了变电站装配式建筑结构及节点设计的相关规定。

5.3.8 提出了变电站装配式建筑结构的屋面和外墙防水的要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

5.3.4 装配式混凝土变电站宜采取混凝土保护层和连接节点的加强措施，装配式钢结构变电站则宜采取适宜的连接方式和防护涂料进行加强。

5.3.8 装配式结构因其拼装的特点，对屋面整体性要求较高，为此应采用较高的防水等级，保证结构在全寿命周期内的防水性能，避免因防水问题造成的电气设备破坏，节省维修成本和因防水失效带来的失效成本。同时装配式结构的外墙板因接缝较多，经常出现接缝处渗水的现象，需要采取措施保证防水和耐久性能。

6 预制生产

6.1 一般规定

6.1.1 对预制构件生产企业的要求。

6.1.2~6.1.3 规定了预制构件深化设计内容。

6.1.4~6.1.5 对构件生产阶段的全寿命周期成本、碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

6.1.5 预制生产阶段的碳排放主要来源于建筑材料，比如混凝土、钢筋、砌块、涂料、卷材等物化产生的碳排放。

6.2 预制生产工艺

6.2.1~6.2.2 提出了变电站装配式混凝土构件、钢构件的预制生产工艺要求。

7 运输与成品保护

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.5 规定了变电站装配式构件运输和成品保护的相关要求，并对运输和成品保护阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

7.1.5 运输与成品保护阶段的碳排放主要来源于建筑材料通过不同运输方式运至施工现场进行施工途中能源消耗产生的碳排放。

7.2 运输与成品保护要求

7.2.1~7.2.7 规定了预制构件在运输、堆放的成品保护要求，并对堆放场地提出具体要求。

8 施工与验收

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.11 规定了变电站装配式建筑施工前、以及施工阶段的相关要求，并对施工阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

8.1.11 施工阶段的碳排放主要来源于施工作业时施工机械消耗的能源碳排放、现场车辆运输消耗的能源碳排放和现场施工的电力消耗的碳排放。

8.2 施工与验收要求

8.2.1~8.2.2 规定了变电站装配式构件的进场质量验收的内容和要求。

8.2.3 规定了变电站装配式建筑结构的施工要求。

8.2.4 规定了变电站装配式建筑结构验收的相关要求。

8.2.5 规定了装配式混凝土套筒灌浆节点以及装配式钢结构焊接节点的验收质量。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

8.2.4 装配式混凝土结构的混凝土保护层和装配式钢结构的防护涂料涂敷质量时影响结构耐久性能的重要影响因素，质量验收时应严格控制。

8.2.5 装配式结构因其拼装组合的特点，装配式节点区容易出现施工质量问题，如：灌浆不饱满、焊接不饱满等，会造成结构耐久性能的快速劣化，因此应严格控制验收质量。

9 检测与维护**9.1 一般规定**

9.1.1 规定了变电站装配式建筑结构建成后的初次检测时间以及初次检测后的检测周期。

9.1.2~9.1.5 规定了变电站装配式建筑结构检测前、检测时的相关要求，并提出检测结果评定的要求。

9.1.6~9.1.7 对检测与维护阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

9.1.7 检测与维护阶段的主要工作是对结构进行可靠性、耐久性的鉴定和简单的维护工作，此阶段主要的碳排放来源于检测维护工作带来的电力、水、燃料等能源消耗。

9.2 常规检测

9.2.1 规定了变电站装配式混凝土建筑结构检测项目及办法。

9.2.2 规定了变电站装配式混凝土结构预制构件的结构性能检测结果的要求。

9.2.3 规定了变电站装配式钢结构检测项目及方法。

9.2.4 规定了变电站装配式钢结构构件结构性能检测结果的要求。

9.2.5 规定了变电站装配式建筑结构连接节点的检测项目及方法。

9.3 耐久性检测

9.3.1 规定了变电站装配式混凝土结构的耐久性专项检测项目。

9.3.2 规定了变电站装配式混凝土结构的耐久性专项检测项目的检测要求及评定方法。

9.3.3 规定了变电站装配式钢结构的耐久性专项检测项目。

9.3.4 规定了变电站装配式钢结构的耐久性专项检测项目的检测要求及评定方法。

9.4 维护

9.4.1 规定了变电站装配式钢结构的维护工作内容。

9.4.2 规定了变电站装配式钢结构维护的材料。

9.4.3 规定了变电站装配式钢结构维护设计与施工的要求。

10 维修与加固**10.1 一般规定**

10.1.1~10.1.3 提出了变电站装配式建筑结构的鉴定工作的基本要求。

10.1.4~10.1.7 提出了变电站装配式建筑结构的加固设计的基本要求。

10.1.8~10.1.9 对维修与加固阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

10.1.9 维修与加固阶段的维修加固策略影响维修加固措施类型和维修加固频率的取用，维修加固工作通常伴随着材料的生产、运输和现场施工作业带来的碳排放。

10.2 维修与加固

10.2.1 提出了变电站装配式建筑结构的维修和加固方法应根据具体情况采用。

10.2.2~10.2.6 提出了变电站装配式建筑结构维修加固设计的相关要求。

10.2.7~10.2.8 提出了变电站装配式建筑结构维修加固施工的相关要求。

10.2.9 提出了变电站装配式建筑结构维修加固验收的相关要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

10.2.1 常用的变电站装配式建筑结构加固方法如下表所示，应根据具体情况，选用合适的方法。具体可参照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 和《钢结构加固设计标准》GB51367-2019 中的规定。

	结构形式	加固方法
加固方法	装配式混凝土结构变电站	增大截面加固法
		置换混凝土加固法
		体外预应力加固法
		外包型钢加固法
		粘贴钢板加固法
		粘贴纤维复合材料加固法
		预应力碳纤维复合板加固法
		增设支点加固法
		预张紧钢丝绳网片-聚合物砂浆面层加固法
		绕丝加固法
	装配式钢结构变电站	改变结构体系加固法
		增大截面加固法
		粘贴钢板加固法
		外包钢筋混凝土加固法
		钢管构件内填混凝土加固法
		预应力加固法

10.2.3 参照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 和《钢结构加固设计标准》GB51367-2019 中的相关规定：变电站装配式混凝土结构直接加固宜根据工程的实际情况选用增大截面加固法置换混凝土加固法或复合截面加固法，间接加固宜根据工程的实际情况选用体外预应力加固法增设支点加固法、增设耗能支撑法或增设抗震墙法等，与装配式混凝土结构加固方法配合使用的技术应采用符合规定的裂缝修补技术、锚固技术和阻锈技术。变电站装配式钢结构直接加固宜根据工程的实际情况选用增大截面加固法、粘贴钢板加固法和组合加固法。间接加固宜根据工程的实际情况采用改变结构体系加固法、预应力加固法。装配式钢结构加固的连接方法宜采用焊缝连接、摩擦型高强螺栓连接；亦可采用焊缝与摩擦型高强螺栓的混合连接等。与装配式钢结构加固方法配合使用的技术应采用符合规定的连接技术和修复、修补技术。

11 拆除与回收

11.1 一般规定

11.1.1 提出变电站装配式建筑结构拆除施工的方法。

11.1.2~11.1.4 提出拆除物的分类和处置、回收再生利用的产品质量的一般要求。

11.1.5~11.1.6 对拆除与回收阶段的全寿命周期成本和碳排放计算提出具体要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

11.1.6 拆除与回收阶段的碳排放主要是拆除现场作业带来的机械能源消耗与废料运输消耗。在拆除回收阶段，小部分材料可以回收，材料的回收再利用需要消耗能源，而再利用的材料对于全寿命周期的碳排放是可以抵减的，所以两者相互抵消后对碳排放总量影响较小，一般情况下可以适量考虑。

11.2 拆除

11.2.1~11.2.5 规定了变电站装配式建筑结构拆除施工的相关要求。

11.3 回收再利用

11.3.1~11.3.4 规定了变电站装配式回收材料的加工处理和再利用的相关要求。

附录 A 再设计与大数据应用

A.1 资料建档

A.1.1~A.1.3 规定了变电站装配式建筑结构全寿命各阶段的文字影像资料与成本数据的收集。

A.2 数据库建立

A.2.1~A.2.2 规定了变电站装配式建筑结构数据库建立的相关要求。

其中条文中重要内容的解释和应予说明的事项如下：

A.2.2 全寿命周期数据库，不仅可以作为同类或相似项目计算全寿命成本时的工程实践参考，还可以提高设计阶段时全寿命成本计算的精确性。

5 相关标准对比说明

目前，我国尚未发布关于变电站装配式建筑结构的相关技术规范 and 标准，大多数规范都是按设计、建设、检测、维护、维修、拆除、回收等阶段中的某一个阶段或某几个阶段进行，涉及装配式结构完整全寿命周期的规范较少。本标准的制定可为变电站装配式建筑结构全寿命设计提供技术指导和理论支持，填补国内相关标准空白。

本文件中涉及的内容参考和引用了以下相关国家标准、行业标准：

GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
GB 50017	钢结构设计标准
GB 50018	冷弯薄壁型钢结构技术规范

T/CSEE #####—2023

GB 50046	工业建筑防腐蚀设计规范
GB 50068	建筑结构可靠度设计统一标准
GB 50223	建筑工程抗震设防分类标准
GB 50345	屋面工程技术规范
GB 50367	混凝土结构加固设计规范
GB 50661	钢结构焊接规范
GB 51367	钢结构加固设计标准
GB 55008	混凝土结构通用规范
GB 55004	组合结构通用规范
GB/T 4171	耐候结构钢
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计标准
GB/T 50621	钢结构现场检测技术标准
GB/T 51231	装配式混凝土建筑技术标准
GB/T 51232	装配式钢结构建筑技术标准
GB/T 51355	既有混凝土结构耐久性评定标准
GB/T 51366	建筑碳排放计算标准