

CECS XXX：2022

**中国工程建设标准化协会标准**

**既有建筑物屋顶光伏系统钢结构改造标准**

Technical standard for steel structure reconstruction of photovoltaic system on existing building roofs

**（征求意见稿）**

**中国工程建设标准化协会标准**

**既有建筑物屋顶光伏系统钢结构改造标准**

Technical standard for steel structure reconstruction of photovoltaic system on existing building roofs

**CECS**  XXX**－2021**

主编部门：中国建筑金属结构协会

浙江东南网架股份有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2022年X月X日

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2020年第二批协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字[2020] 23号）的要求，由中国建筑金属结构协会和浙江东南网架股份有限公司作为主编单位，组织国内相关单位编制《既有建筑物屋顶光伏系统钢结构改造标准》。标准规程编制组在广泛调查研究、认真总结实践经验、广泛征求行业意见的基础上，参考有关国内外相关技术规范与标准，编制了本标准。

随着经济建设的发展，既有建筑物屋顶增设光伏系统项目不断增多，但是目前国内缺乏关于既有建筑物屋顶增设光伏系统结构改造的专门技术标准，使得光伏系统在屋顶的安装较为混乱，导致对光伏系统和建筑自身功能都造成了负面影响，严重限制了光伏系统在建筑中的推广应用。因此，迫切需要编制一部关于既有建筑物屋顶增设光伏系统结构改造的专用技术标准，以规范相应的工程施工和技术应用。

本规程的主要技术内容包括：总则、术语与符号、基本规定、钢结构改造设计、既有房屋屋顶光伏系统结构加工制造、施工及验收、既有房屋屋顶光伏系统结构维护。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，由中国建筑金属结构协会、浙江东南网架股份有限公司负责具体技术内容的解释。在使用过程中如发现需要修改和补充之处，或有意见或建议，请发给主编单位，来函联系电子邮件地址：zhahero@126.com。

本标准主编单位：中国建筑金属结构协会

浙江东南网架股份有限公司

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

**目 录**

[1　总则 1](#_Toc73473596)

[2　术语与符号 2](#_Toc73473597)

[2.1　术语 2](#_Toc73473598)

[2.2　符号 4](#_Toc73473599)

[3　基本规定](#_Toc73473600) 6

[3.1　一般规定](#_Toc73473601) 6

[3.2　材料要求](#_Toc73473602) 7

[3.3　屋面要求](#_Toc73473603) 10

[3.4　发电功能要求](#_Toc73473604) 11

[3.5 安全要求](#_Toc73473611) 12

[3.6 安装类型与方案选择](#_Toc73473611) 13

[4　钢结构改造设计](#_Toc73473614) 16

[4.1　一般规定 16](#_Toc73473615)

[4.2　荷载和作用](#_Toc73473616) 16

[4.3　构件及连接计算](#_Toc73473618) 19

[5 施工与验收](#_Toc73473619) 24

[5.1　结构加固](#_Toc73473620) 24

[5.2　防水 2](#_Toc73473621)4

[5.3　加工制造 2](#_Toc73473622)5

5.4 施工安装 26

5.5 质量验收 27

[6 维护 32](#_Toc73473623)

[6.1　光伏系统维护](#_Toc73473620) 32

[6.2　钢结构维护](#_Toc73473621) 32

[引用标准名录 3](#_Toc73473627)3

条文说明

**Technical standard for steel structure reconstruction of photovoltaic system on existing building roofs**

1 General Provisions 1

2 Terms and symbols 2

[2.1　Terms 2](#_Toc73473598)

[2.2　Symbols 4](#_Toc73473599)

3 Basic requirements 6

3.1 General requirements 6

3.2 Material requirements 7

3.3Roof requirements 10

3.4Power generation requirements 11

3.5SafetyGeneral requirements 12

3.6 Installation type and solution selection 13

4 Steel structure design 16

4.1 General Requirements 16

4.2 Load and action 16

4.3 Member and connection calculation 19

5 Construction and acceptance 24

5.1 Structure reinforcement 24

5.2 waterproof 24

5.3 Processing and manufacturing 25

5.4 Construction installation 26

5.5 Quality acceptance 27

6 maintenance 32

6.1 Photovoltaic system maintenance 32

6.2 Support structure maintenance 32

List of Quoted Standards 33

Addition: Explanation of Provisions 34

# 1　总则

**1.0.1**为推动太阳能光伏发电系统在建筑中的应用，同时保证既有建筑物屋顶增设光伏系统后钢结构的工程质量，使太阳能光伏发电系统与建筑一体化的设计、安装、验收、运行与维护做到安全适用、技术先进、经济合理、施工方便，制订本标准。

**1.0.2**本标准适用于既有建筑物屋顶增设或改造光伏系统后钢结构的设计、安装施工、验收及运行维护。

【条文说明】适用范围包括了工业厂房以及其他所有既有建筑类型；屋面结构形式包括金属屋面和混凝土屋面等；增设光伏系统后结构如果是不锈钢、铝合金等其它金属结构形式，本标准也可以参考。

**1.0.3** 既有建筑物屋顶增设光伏系统的钢结构改造，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2　术语与符号

**2.1　术语**

**2.1.1**光伏组件 PV module

具有封装及内部联结的、能单独提供直流电流输出的，最小不可分割的太阳电池组合装置，也称太阳能电池组件。

**2.1.2**光伏组件平屋面上斜立安装 Inclined installation over flat roof

光伏组件的向阳面与屋面有倾角的安装，如图2.1.2。

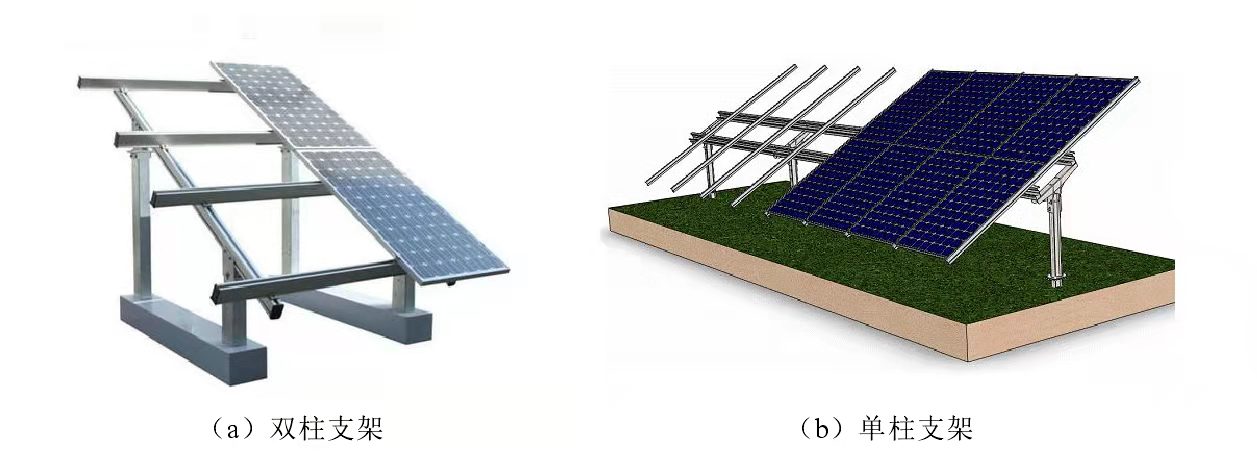
IMG_256

图2.1.2 光伏组件平屋面上斜立安装

**2.1.3**光伏组件坡屋面上平行安装 Parallel installation over sloping roof

光伏组件与屋面平行的安装，如图2.1.3。



图2.1.3 光伏组件坡屋面上平行安装

**2.1.4**平改坡光伏屋面 Flat to sloping photovoltaic roof

在原有平屋面上再由光伏组件形成一个坡屋面，如图2.1.4。

IMG_256IMG_256

图2.1.4 平改坡光伏屋面

**2.1.5**光伏组件屋面 Photovoltaic module roof

光伏组件直接作为屋面层，如图2.1.5。

（a）外屋面图 （b）内屋面图

图2.1.5 光伏组件屋面

**2.1.6**光伏采光顶 Photovoltaic daylighting roof

双玻光伏组件作为采光顶的玻璃面板，如图2.1.6。

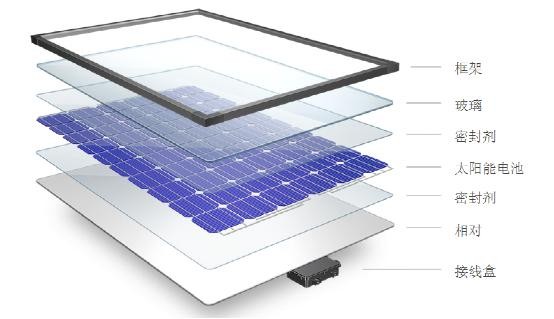


图2.1.6 光伏采光顶

**2.2　符号**

**2.2.1** 作用和作用效应

Fk——相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值；

Gk——基础自重和基础上的土重；

Mk——相应于作用的标准组合时，作用于基础底面的力矩值；

Mx、My——分别为同一截面处对 x 轴和 y 轴的弯矩设计值；

N—同一截面处轴心压力设计值；

Nv、Nt——分别为某个普通螺栓所承受的剪力和拉力；

Nbv、Nbt、Nbc——个普通螺栓的抗剪、抗拉和承压承载力设计值（N）。

So——基本雪压；

Sk——雪荷载标准值；

pk——相应于作用的标准组合时，基础底面处的平均压力值；

pkmax——相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最大压力值；

pkmin——相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最小压力值。

W0——基本风压；

Wk——风荷载标准值。

**2.2.2** 计算指标

f——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

Fce——钢材端面承压(刨平顶紧)强度设计值；

fy——钢材屈服强度设计值；

fv——抗剪强度设计值；

——对接焊缝抗压强度设计值；

——对接焊缝抗拉强度设计值；

——对接焊缝抗剪强度设计值；

——角焊缝强度设计值；

——对接焊缝抗拉强度；

——角焊缝抗拉、抗压和抗剪强度；

fu——钢材的抗拉强度。

**2.2.3** 几何参数

A——构件的毛截面面积、基础底面面积；

An——构件的净截面面积；

W——基础底面的抵抗矩；

Wn——构件的净截面模量；

W1x——在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量。

**2.2.4** 计算系数及其他

N’Ex——参数；

γx、γy——截面塑性发展系数；

μz——风压高度变化系数；

μs——风荷载体型系数；

μs0——风荷载局部体型系数；

μr——屋面积雪分布系数；

β——调整系数；

βgz——阵风系数或风振系数；

βtx——等效弯矩系数；

φ——轴心受压构件的稳定系数；

φx——弯矩作用平面内轴心受压构件稳定系数；

φy——弯矩作用平面外的轴心受压构件稳定系数；

φb——均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数；

η——截面影响系数。

# 3　基本规定

## 3.1　一般规定

**3.1.1**在既有建筑物屋顶增设光伏系统，应结合建筑的功能、外观以及周围环境，进行光伏组件类型、安装位置、安装方式和色泽的选择，应使之成为建筑的有机组成部分。

【条文说明】既有建筑光伏发电设施设计需要根据选定的光伏发电系统类型，确定光伏组件形式、安装面积、尺寸大小、安装位置与安装方式，考虑连接管线走向及辅助能源及辅助设施条件，明确光伏发电系统各部分的相对关系，合理安排光伏发电系统各组成部分在建筑中的位置，并满足所在部位防水、排水等技术要求。

光伏方阵设计中，应考虑安装的可能性与便利，方阵的外框或者安装支架的尺寸要考虑与建筑模数相协调。

光伏组件与建筑物在形式和功能上应和谐统一。光伏组件安装在建筑物屋面，应与既有建筑进行协调设计，以保证相应部位的建筑和结构的功能。有条件时要应考虑光伏应用技术发展趋势，实现光伏与建筑构件的一体化。阳台、墙面、雨篷或建筑物的其它部位时可以参考。

**3.1.2**既有建筑物屋顶增设光伏系统前，应按照国家现行检测鉴定标准对建筑结构、屋面构造、防水、防火等进行检测鉴定。对不符合增设要求的应进行加固。位于抗震设防烈度不小于6度地区的建筑还应依据其设防烈度、抗震设防类别、后续使用年限和结构类型，按照现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023或《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117中的规定进行抗震能力鉴定。经抗震鉴定后需要进行抗震加固的建筑应按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116的规定进行加固设计和加固。

【条文说明】鉴定加固相关的国家现行标准有：增加全文强制、《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422-2021、《既有住宅建筑功能改造技术规范》JGJ/T390-2016、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013、《钢结构加固设计标准》GB 51367-2019、《砌体结构加固设计标准》GB 50702-2011、《古建筑结构维护与加固技术标准》GB/T 50165-2020、《既有钢结构建筑改建与拆除施工技术规程》CECS\*\*\*\*、《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019、《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728-2011、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010。

光伏相关的国家现行标准有：《光伏发电站设计规范》GB 50797-2012、《光伏发电站设计规范》GB 50794-2012、《光伏发电工程验收规范》GB 50796-2012、《太阳能光伏发电系统与建筑一体化技术规程》CECS 418-2015、《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ203-2010、《既有建筑屋顶分布式光伏利用评估导则》DB33T 2004-2016、《安装在既有建筑物上的光伏发电系统施工规范》DB65/T 3552-2013。

根据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023或《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117中的规定，当需要改变结构的用途和使用环境的现有建筑时，需要进行抗震鉴定。抗震鉴定指对现有建筑物是否存在不利于抗震的构造缺陷和各种损伤进行系统“诊断”，因此其基本内容、步骤、要求和鉴定结论必须依照现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023的要求执行，确保鉴定结论的可靠性。

**3.1.3**既有建筑物屋顶增设光伏系统后，建筑应满足安全和正常使用要求。

【条文说明】建材型光伏组件可直接构成建筑屋面，应满足该建筑部位的结构安全和建筑保温、隔热、防水、安全防护等要求。应满足屋面防水、保温、隔热、承受荷载、适应主体结构受力变形、防火等性能要求，不低于原建筑各相关要求。

建筑与结构设计过程中应充分考虑光伏发电系统的安装、使用、维护等所必须具备的条件，包括组件荷载的可靠传递，组件支架的固定、管线的布置、维修通道的设置等，即强调统一设计。

**3.1.4** 既有建筑物屋顶增设光伏系统，应符合建筑高度控制，光伏系统构件产生的反射光应符合现行国家标准《玻璃幕墙光学性能》GB/T 18091对光污染的有关规定。

**3.1.5** 安装在既有建筑屋面的光伏组件，应具有带电警告标识及相应的电气安全防护措施，并应满足该部位的建筑围护、建筑节能、结构安全、航空安全、消防疏散、环保、电气安全和严寒地区耐久性要求。

上人屋面安装光伏阵列的区域 ，临边宜设置高度不小于 1.3m的防护栏杆，并有防止锚固点失效后光伏构件坠落的措施。

当逆变器达到50%额定负载时，在设备高度 1/2、正面距离 3m处的噪声应≤45dB。

在居住、商业和轻工业环境中正常工作的逆变器的电磁发 射应不超过现行国家标准《电磁兼容通用标准居住、商业和轻工业环境中的发射标准》GB17799.3规定的发射限值;连接到工业电网和在工业环境中正常工作的逆变器的电磁发射应不超过现行国家标准《电磁兼容通用标准工业环境中的发射标准》GB17799.4规定的发射限值。

光伏系统使用的蓄电池宜采用密封免维护电池，存放蓄电池的场所应通风良好，必要时安装排气扇。维护蓄电池时，应符合蓄电池运行维护的相关规定。

**3.1.6** 增设光伏系统的规划与建筑设计，应根据光伏组件类型、安装位置、安装方式对发电量的影响，考虑光伏系统的安装、使用、维护和保养。

**3.1.7** 火灾危险性大的既有建筑物屋顶不宜增设光伏系统。

## 3.2　材料

**3.2.1**支承光伏系统的钢构件钢材的选用应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《高强钢结构设计标准》JGJ/T 483的有关规定。

**3.2.2** 钢材的强度设计值可根据钢材厚度按表3.2.2采用。

表3.2.2 钢材的强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材牌号 | | 厚度或直径(mm) | 屈服强度  *f*y | 抗拉、抗压和抗弯  *f* | 抗剪  *f*v | 端面承压(刨平顶紧)  *f*ce |
| 碳素结构钢 | Q235 | ≤16 | 235 | 215 | 125 | 320 |
| ＞16～40 | 225 | 205 | 120 |
| 低合金高强度结构钢 | Q355 | ≤16 | 355 | 305 | 175 | 400 |
| ＞16～40 | 345 | 295 | 170 |
| Q390 | ≤16 | 390 | 345 | 200 | 415 |
| ＞16～40 | 380 | 330 | 190 |
| Q420 | ≤16 | 420 | 375 | 215 | 440 |
| ＞16～40 | 410 | 355 | 205 |
| Q460 | ≤16 | 460 | 410 | 235 | 470 |
| ＞16～40 | 450 | 390 | 225 |

【条文说明】如果有采用LQ550钢材，建议参考下列数据：

表 钢材的强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材牌号 | 厚度或直径(mm) | 屈服强度  *f*y | 抗拉、抗压和抗弯  *f* | 抗剪  *f*v | 端面承压(刨平顶紧)  *f*ce |
| LQ550 | ＞0.6～0.9 | 500 | 430 | 250 | — |
| ＞0.9～1.2 | 460 | 400 | 230 |
| ＞1.2～2 | 420 | 360 | 210 |

**3.2.3** 钢材在采用热浸镀锌防腐蚀处理时，镀膜厚度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。在腐蚀严重的地区，可预留截面的腐蚀厚度。

【条文说明】如果耐久年限要求超过25年后或避免频繁更换，可以加强防腐（章放、江苏常州天合光能）。

**3.2.4**焊接材料的选用应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117中的规定。

表3.2.4 焊缝的强度指标（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接方法和焊条型号 | 构件钢材 | | 对接焊缝强度设计值 | | | | 角焊缝强度设计值 | 对接焊缝抗拉强度 | 角焊缝抗拉、抗压和抗剪强度 |
| 牌号 | 厚度或直径(mm) | 抗压 | 焊缝质量为下列等级时，抗拉 | | 抗剪 | 抗拉、抗压和抗剪 |
| 一级、二级 | 三级 |  |
| 自动焊、半自动焊和E43型焊条手工焊 | Q235 | ≤16 | 215 | 215 | 185 | 125 | 160 | 415 | 240 |
| ＞16，≤40 | 205 | 205 | 175 | 120 |
| 自动焊、半自动焊和E50、E55型焊条手工焊 | Q355 | ≤16 | 305 | 305 | 260 | 175 | 200 | 480（E50）  540（E55） | 280（E50）  315（E55） |
| ＞16，≤40 | 295 | 295 | 250 | 170 |
| Q390 | ≤16 | 345 | 345 | 295 | 200 | 200（E50）220（E55） |
| ＞16，≤40 | 330 | 330 | 280 | 190 |
| 自动焊、半自动焊和E55、E60型焊条手工焊 | Q420 | ≤16 | 375 | 375 | 320 | 215 | 220（E55）240（E60） | 540（E55）  590（E60） | 315（E55）  340（E60） |
| ＞16，≤40 | 355 | 355 | 300 | 205 |
| Q460 | ≤16 | 410 | 410 | 350 | 235 | 220（E55）240（E60） | 540（E55）  590（E60） | 315（E55）  340（E60） |
| ＞16，≤40 | 390 | 390 | 330 | 225 |

**3.2.5**紧固件和连接件的选用应符合国家现行标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》GB/T 1228、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632、《六角头螺栓C级》GB/T 5780、《六角头螺栓》GB/T 5782、《混凝土用膨胀型锚栓 型式与尺寸》GB22795、《膨胀螺栓》JB/ZQ4763、《紧固件机械性能 自攻螺钉》GB/T 3098.5的规定，在抗震设防区使用的化学锚栓，应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中适用于开裂混凝土的定型化学锚栓的技术要求。。

【条文说明】承重构件受力如屋面与结构间联系宜采用螺栓，非受力构件如主件间联系受力小，宜采用膨胀型锚栓。

**3.2.6** 防水材料的选用应符合现行国家标准《聚合物水泥防水涂料》GB/T 23445、《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446、《预铺/湿铺防水卷材》GB/T 23457、《改性沥青聚乙烯胎防水卷材》GB 18967、《无机防水堵漏材料》GB 23440、《自粘聚合物改性沥青防水卷材》GB 23441的规定。

**3.2.7** 保温材料的选用应符合现行国家标准《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835、《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350中的规定。

**3.2.8** 光伏组件中玻璃的选用应符合现行国家标准《建筑用太阳能光伏夹层玻璃》GB 29551-2013、《建筑用太阳能光伏中空玻璃》GB/T 29759-2013、《轻质晶体硅光伏夹层玻璃》GB/T 37896-2019中的规定。

【条文说明】光伏组件中玻璃在光伏采光顶中应用，同结构相当。

**3.2.9** 建筑用光伏组件玻璃的强度设计值可按表3.2.9采用。

表3.2.9-1短期荷载作用下建筑用光伏组件玻璃强度设计值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 使用部位 | | 与水平夹角小于75° | |
| 种类 | 厚度  mm | 大面强度  （N/mm2） | 侧面强度  N/mm2） |
| 普通浮法玻璃 | 3～5 | 28 | 20 |
| 浮法超白玻璃 | 3～5 | 28 | 20 |
| 普通钢化玻璃 | 3～5 | 84 | 59 |
| 超白钢化压花玻璃 | 3～5 | 84 | 59 |

表3.2.9-2长期荷载作用下建筑用光伏组件玻璃强度设计值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 使用部位 | | 与水平夹角小于75° | |
| 种类 | 厚度  mm | 大面强度  （N/mm2） | 侧面强度  N/mm2） |
| 普通浮法玻璃 | 3～5 | 9 | 6 |
| 浮法超白玻璃 | 3～5 | 9 | 6 |
| 普通钢化玻璃 | 3～5 | 42 | 30 |
| 超白钢化压花玻璃 | 3～5 | 42 | 30 |

**【条文说明】**具体指标参考《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113-2015、《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422-2021。

**3.2.10** 光伏采光顶面板玻璃的最小厚度应符合国家现行标准《建筑玻璃采光顶》JG/T 231-2007中的规定。

**3.2.11** 钢材和玻璃的力学性能及重力密度可按表3.2.10采用。

表3.2.11 钢材和玻璃的力学性能及重力密度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料 | 弹性模量  （N/㎟） | 泊松比 | 线膨胀系数  （1/℃） | 重力密度  （kN/㎥） |
| 钢材 | 2.06×105 | 0.300 | 1.20×10-5 | 78.5 |
| 铝合金型材 | 0.70×105 | 0.300 | 2.35×10-5 | 28.0 |
| 玻璃 | 0.72×105 | 0.200 | 0.80×10-5～1.00×10-5 | 25.6 |

**3.2.12** 工程材料及部件的物理和化学性能应符合建筑所在地的气候、环境等要求。

**3.2.13** 光伏构件采用的晶体硅、硅基薄膜、碲化镉、铜 (铟 、镓 、硒 )等太阳电池的转换效率，应符合国家现行有关标准的规定。

**3.2.14** 光伏构件的性能指标除应满足国家现行有关标准的要求，并获得国家认可的认证证书外，尚应符合表3.2.14的规定。

表3.2.14 光伏构件的性能指标要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 指 标 | 实 验 方 法 |
| 吸水率 (%) | ≤0.5 | 按现行国家标准《烧结 瓦》GB/T21119的相关规定执行 |
| 抗弯曲强度(N) | ≥2000 | 按现行国家标准《烧结瓦》GVT21149的相关规定执行 |
| 燃烧性能 | ≥Bl级 | 按现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624的有关规定执行 |
| 使用寿命(a) | ≥25 | 一 |

**3.2.15** 普通型光伏构件及太阳能电池组件的性能指标应符合现行国家标准《光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求》GB/T 20047.1的有关规定。

**3.2.16** 光伏构件的支承材料性能应符合表3.2.18的规定：

表3.2.16 光伏构件的性能指标要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 指 标 | 实 验 方 法 |
| 使用寿命 (a) | ≥25 | 一 |
| 燃烧性能 | ≥Bl级 | 按现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624的有关规定执行 |
| 耐候性 | 与使用寿命相匹配 |  |
| 抗腐蚀性 | 与使用环境相匹配 |

## 3.3　屋面构造要求

**3.3.1** 既有建筑增设光伏系统的屋面，其防水等级宜为一级，防水设防宜为两道。

**3.3.2** 增设光伏系统的屋面，防水层的设计使用年限不应低于光伏系统的使用年限。

**3.3.3** 增设光伏系统的屋面排水方式宜延用原屋面排水方式，当原屋面排水方式设计不合理时，应按照现行《屋面工程技术规范》重新进行排水方式设计；当原屋面采用有组织排水方式时，宜采用下列有利于排水的设计方法：

【条文说明】屋面排水方式分为有组织排水和无组织排水。有组织排水就是屋面雨水有组织的流经天沟、檐沟、水落口、水落管等，系统地将屋面上的雨水排出；无组织排水就是屋面雨水通过檐口直接排到室外地面。一般中、小型的低层建筑物或檐高不大于10m的屋面可采用无组织排水，其他情况下都应采取有组织排水。

**1** 增设光伏系统后的屋面坡度宜大于原屋面坡度且不应小于原屋面坡度；

**2**  每个汇水面积不宜大于200m2；

【条文说明】当采用重力式排水时，每个水落口的汇水面积宜为150m2~200m2，在具体设计时还要结合地区的暴雨强度及当地的有关规定、常规做法来进行调整。屋面每个汇水面积内，雨水排水立管不宜少于2根，是避免一根排水立管发生故障，屋面排水系统不会瘫痪。

**3** 檐沟和天沟的净宽不应小于300mm；

【条文说明】檐沟、天沟的过水断面，应根据屋面汇水面积的雨水流量经计算确定。钢筋混凝土檐沟、天沟净宽不应小于300mm，分水线处最小深度不应小于100mm；沟内纵向坡度不应小于1%；沟底水落差不得超过200mm；檐沟、天沟排水不得流经变形缝和防火墙；金属檐沟、天沟的纵向坡度宜为0.5%。

**4** 宜增加水落口的数量；

**5** 应避免光伏设施阻挡排水路线。

**3.3.5** 当屋面采用后置锚栓穿透防水层时，锚孔周边应采取密封防水措施。

**3.3.6** 光伏组件不应跨越建筑变形缝。

## 3.4 发电功能要求

**3.4.1** 屋顶增设光伏系统的既有建筑所在地的太阳能资源总量及丰富程度等级宜为C级以上，即该地区的年水平面太阳总辐射量不宜低于1100kWh/㎡。

**3.4.2** 光伏组件的安装朝向宜为南向、或东南向、或西南向。

**3.4.3** 光伏组件屋面布置宜选择全年功率最大化时的角度作为适宜的安装倾斜度。

**3.4.4** 光伏组件串中每一块组件的最大功率应一致，公差宜为正公差。

**3.4.5** 接入同一路最大功率点（MPPT）的光伏组件串的额定参数、组件朝向、安装倾角宜应一致；同一光伏组件串中的组件方位角或倾斜角的偏差不应大于±5°。查阅：光伏站发电设计规范

**3.4.6** 设计时应根据屋顶环境条件进行阴影遮挡分析，对有规律的阴影遮挡部位可选择下列措施：

**1** 采用微型逆变器；

**2** 采用组串式逆变器；

**3** 不安装光伏组件或安装替代性部件。

**3.4.7** 当采用光伏组件屋面，或在金属板屋面和瓦屋面上平行安装光伏组件，光伏组件与下面的屋面层之间应留有不小于50mm的散热间隙。必要时，可采用动力措施散热。

**3.4.8** 在干燥少雨、灰尘大的地区，或屋面坡度、光伏组件倾角小于30时，应经常保持光伏组件表面的清洁。

## 3.5 安全要求

## Ⅰ 防火要求

**3.5.1** 既有建筑物屋顶增设光伏系统的结构改造工程应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

**3.5.2** 单玻光伏组件的背板、光伏组件的接线盒及连接器、线缆等的燃烧性能，应满足现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624的有关要求。

**3.5.3** 光伏系统宜设置直流电弧保护。直流电弧保护应符合现行国家标准《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》GB/T 39750的规定。

**3.5.4** 光伏系统的电缆进入室内的孔洞应采用防火材料填塞。

**3.5.5** 光伏设施附近，应设置二氧化碳、泡沫、干粉等灭火装置。

**3.5.6** 上人屋面安装光伏阵列的区域 ，临边宜设置高度不小于 1.3m的防护栏杆，并有防止锚固点失效后光伏构件坠落的措施。

**3.5.7** 光伏阵列外围防护栏杆显著位置应悬挂带电警告标识牌。

## Ⅱ 防雷要求

**3.5.8** 既有建筑物屋顶增设光伏系统的结构改造工程应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的规定。

**3.5.9** 防直击雷设计应符合下列要求：

**1**  接闪器的安装位置应高于光伏方阵；

**2** 可利用金属屋面、金属梁、金属檩条、金属压件、金属边框等作为接闪器；

**3** 光伏组件的金属边框、支承构件、连接件及焊点应与避雷网连成一体；

**4** 光伏系统的防雷接地可与建筑物的防雷接地共用，引下线可采用直径不小于10mm的热镀锌圆钢或截面不小于25mm×4mm的热镀锌扁钢，且接地电阻应小于4Ω。

**3.5.10** 防闪电电涌设计应符合下列要求：

**1** 各级汇流箱内应设置电压保护水平不高于4kV、标称放电电流不小于5kA的光伏专用浪涌保护器；选用的逆变器应配置光伏专用浪涌保护器。

**2** 低压并网箱/柜内应设置电压保护水平不高于2.5kV、标称放电电流不小于5kA的Ⅱ级试验浪涌保护器；中压并网柜内应设置与中压电压相适应的电压保护水平、标称放电电流不小于5kA的Ⅱ级试验浪涌保护器；选用的逆变器输出侧应配置电压保护水平不高于2.5kV、标称放电电流不小于5kA的Ⅱ级试验浪涌保护器；光伏防雷的接地装置应与建筑防雷共享。

## Ⅲ 电气要求

**3.5.11** 既有建筑物屋顶增设光伏系统的结构改造工程应符合现行国家标准《民用建筑电气设计标准》GB 51348的规定。

**3.5.12** 光伏系统的装机容量宜与建筑供配电系统的电压等级相匹配，设计时可参考表3.5.12。

表3.5.12 光伏系统装机容量及电压等级

|  |  |
| --- | --- |
| 装机容量（kW） | 电压等级（V） |
| 8 | 220 |
| 8～400 | 380 |
| 400～6000 | 10000 |
| 5000～30000 | 35000 |

**3.5.13** 光伏系统宜配置关断装置。关断装置应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

**3.5.14** 光伏系统应采用绝缘电缆，并应通过金属导管或金属槽盒布线。导管或槽盒内电缆的截面积不宜大于导管或槽盒截面积的50%。

## Ⅳ 环保、卫生

**3.5.15** 光伏系统的设备及安装应符合环保卫生的要求。

**3.5.16** 安装在屋顶的光伏组件宜采用高效环保性能稳定可靠的产品。

## Ⅴ 消防

**3.5.17** 光伏系统安装区域应设置消防疏散通道。

**3.5.18** 光伏系统应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016的要求。

**3.5.19** 光伏系统应具有火灾报警系统的功能，交流侧应具有漏电保护功能，并满足现行国家标准《低压配电设计规范》GB50054第4.4.21条规定。

## 3.6　安装类型与方案选择

## Ⅰ 安装类型

**3.6.1** 在既有建筑上增设光伏系统，应根据建筑类别和屋面形式，选择不同的安装类型。

**3.6.2** 平屋面斜立安装应符合以下规定：

**1** 光伏组件附加安装在混凝土平屋面上；

**2** 光伏组件的安装高度不超过女儿墙的高度；

**3** 光伏组件的向阳面与屋面有最佳倾角；

**4** 光伏组件根据可利用面积和朝向形成阵列；

**5** 光伏组件通过钢支架进行固定和连接；

**6**  光伏阵列的钢支承体系通过节点与主体结构牢固连接。

**3.6.3** 坡屋面（金属板屋面）平行安装应符合以下规定：

**1** 光伏组件附加安装在金属板屋面上；

**2** 光伏组件与金属板屋面平行；

**3** 光伏组件通过钢框架进行固定和连接；

**4** 钢框架通过紧固件与直立锁边固定。

**3.6.4**  坡屋面（瓦屋面）平行安装应符合以下规定：

**1** 光伏组件附加安装在瓦屋面上；

**2** 光伏组件与瓦屋面平行；

**3** 光伏组件通过钢框架进行固定和连接；

**4** 钢框架通过紧固件与挂瓦条固定。

**3.6.5**  平改坡光伏屋面应符合以下规定：

**1** 在原有平屋面上再由光伏组件形成一个坡屋面；

**2** 由光伏组件形成的坡屋面有防水和隔热功能；

**3** 光伏组件通过钢支架进行固定和连接；

**4** 坡屋面的钢支承体系通过节点与主体结构牢固连接。

**3.6.6** 光伏组件屋面应符合以下规定：

**1** 光伏组件直接作为屋面层；

**2** 光伏组件屋面层的支承体系具有支承、连接、防水作用；

**3** 支承体系通过节点与屋面结构牢固连接。

**3.6.7** 光伏采光顶应符合以下规定：

**1** 双玻光伏组件作为采光顶的玻璃面板；

**2** 屋面具有采光、保温、隔热、气密、水密、抗风压等性能；

**3** 支承结构有框支承和点支承；

**4** 支承构件有铝合金型材和钢型材；

**5** 采光顶的支承结构与主体结构牢固连接。

## Ⅱ 方案选择

**3.6.8** 不同屋面光伏安装类型的主要荷载及支承结构类型可按照表3.6.8进行方案选择。

表3.6.8 不同安装类型的主要荷载及支承结构类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安装类型 | 主要荷载 | 支承结构类型 |
| 平屋面斜立安装 | 风荷载 | 三角形桁架 |
| 平改坡光伏屋面 |
| 金属板屋面平行安装 | 雪荷载 | 矩形桁架  龙骨 |
| 瓦屋面平行安装 |
| 光伏组件屋面 |
| 光伏采光顶 |

**3.6.9**  不同屋面光伏安装类型的支承结构类型及连接方式可按照表3.6.9进行方案选择。

表3.6.9 不同安装类型的支承结构类型及连接方式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 安装类型 | 支承结构类型 | 连接方式 | |
| 组件与支架 | 支架与屋面结构 |
| 平屋面斜立安装 | 三角形桁架 | 螺栓、螺钉  铆钉、卡件 | 锚栓、预埋件 |
| 平改坡光伏屋面 |
| 金属板屋面平行安装 | 矩形桁架 | 卡件、螺钉 | 卡件、螺钉 |
| 瓦屋面平行安装 | 螺钉、挂瓦条 |
| 光伏组件屋面 | 龙骨 | 卡件、螺栓 | 螺钉、螺栓 |
| 光伏采光顶 | 胶、驳接件 | 预埋件、锚栓 |

**3.6.10**  不同屋面光伏安装类型的支承结构类型和连接方式，既应考虑与主体结构的牢固连接，又应考虑屋面的防水性能。设计时可按照表3.6.10进行方案选择。

表3.6.10 不同安装类型的支承结构类型与防水性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安装类型 | 支承结构类型 | 防水性能 |
| 平屋面斜立安装 | 与主体结构牢固连接 | 连接点多，防水性能减弱 |
| 不与主体结构牢固连接 | 无连接点，保持原防水性能 |
| 金属板屋面平行安装 | 与金属板连接，间接传力 | 保持原防水性能 |
| 瓦屋面平行安装 | 与挂瓦条连接，檩条传力 | 保持原防水性能 |
| 平改坡光伏屋面 | 与主体结构牢固连接 | 依靠坡屋面排水、防水 |
| 光伏组件屋面 | 与主体结构牢固连接 | 依靠结构防水、材料防水 |
| 光伏采光顶 | 与主体结构牢固连接 | 依靠密封胶防水 |

# 4 结构改造设计

**4.1　一般规定**

**4.1.1**光伏构件的结构设计应满足现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017和《混凝土结构设计规范》GB 50010的相关规定。既有建筑物屋顶光伏系统的支承构件挠度应满足国家现行标准《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JG/T 490的相关规定。

**4.1.2**光伏构件的结构设计使用年限应满足以下要求：

**1** 安装在屋面上的光伏构件的结构设计使用年限不宜低于25年；

**2** 既有建筑的剩余使用年限应大于光伏构件的设计使用年限。

**4.1.3**多雪地区建筑屋面安装光伏构件时，宜设置便于人工融雪、清雪的安全通道，通道的宽度不宜小于600mm。

**4.1.4** 多雨地区建筑屋面安装光伏系统时，应采用雨水收集措施；在寒冷地区,应设计屋面排水系统。雨水收集措施和屋面排水系统应符合国家现行标准《建筑屋面雨水排水系统技术规程》CJJ 142和《屋面工程技术规范》GB 50345的有关规定。

**4.1.5** 光伏构件的挂插件、支撑件和连接件设计除满足本文要求外，尚应进行抗滑移和抗倾覆等稳定性验算。

**4.1.6** 安装光伏系统的预埋件设计使用年限应与建筑主体结构相同。

**4.1.7** 光伏方阵与主体结构采用后加锚栓连接时，应符合国家现行标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定；并应符合下列规定：

**1** 锚栓产品应有出厂合格证；

**2** 碳素钢锚栓应经过热镀锌处理；

**3** 应进行锚栓承载力现场试验；

**4** 每个连接节点不应少于2个锚栓；

**5** 锚栓直径应通过承载力计算确定，并不应小于 10mm；

**6** 不宜在与化学锚栓接触的连接件上进行焊接操作；

**7** 锚栓承载力设计值不应大于其选用材料极限承载力的50%。

**4.1.8**光伏采光顶结构构件设计，应符合国家现行标准《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ 255的相关规定。

**4.1.9**光伏幕墙结构构件设计，应符合国家现行标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102的相关规定。

**4.1.10**光伏窗结构构件设计，应符合国家现行标准《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214的相关规定。

**4.1.11**光伏遮阳结构构件设计，应符合国家现行标准《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237的相关规定。

**4.2　荷载和作用**

**4.2.1**既有建筑物屋顶光伏支承系统的结构设计应考虑重力荷载、风荷载、雪荷载、积灰荷载和检修荷载的效应。作用效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的相关规定。跨度大、形状或风荷载环境复杂的金属屋面，宜通过风洞试验确定风荷载。

【条文说明】经验表明，安装在建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他部位的光伏组件主要受风荷载作用，抗风设计是主要考虑的因素。平板光伏组件还应考虑活荷载、雪荷载等。光伏组件支承结构存在由于温度变化而引起的作用效应，一般情况下可通过结构构造措施消除这些效应，因此，可不一一进行计算。但是，在采用线膨胀系数大的构件材料或昼夜温差较大、温度变化激烈地区的光伏工程中，应考虑设计计算并采取必要的构造措施，防止温度作用效应引起的破坏。

进行结构设计时，不但要校核安装部位结构的强度和变形，而且需要计算支架、支撑金属件及各个连接节点的承载能力。

光伏方阵与主体结构的连接和锚固必须牢固可靠，主体结构的承载力必须经过计算或结构鉴定予以确认，并要留有余地，防止偶然因素产生破坏。光伏方阵和支架的重量大约在 0.24~0.49kN/m2。

主体结构必须具备承受光伏方阵等传递的各种作用的能力。主体结构为混凝土结构时，混凝土强度等级不应低于 C25。

**4.2.2**既有建筑物屋顶光伏支承系统的抗震设计应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定计入地震作用的效应。

【条文说明】光伏系统结构设计应区分是否抗震。对非抗震设防的地区，只需考虑系统自重、风荷载和雪荷载；对抗震设防的地区，还应考虑地震作用。在地震力作用下，由于地震是动力作用，连接节点会产生较大影响，会使连接处发生破坏甚至使光伏组件脱落。所以，除计算地震作用外，还必须加强构造措施。民用建筑太阳能光伏系统的抗震设计，应计入地震作用的效应。作用效应组合应符合现行国家标准GB 50011的规定。除计算地震作用外，还必须加强构造措施。

**4.2.3** 自重荷载应包括光伏组件、支承构件、连接件、基础的重量。结构自重的标准值可按光伏组件尺寸、支承构件和基础设计尺寸与单位体积自重计算确定，连接件的单位自重可取其平均值，自重的标准值应取上限值。

**4.2.4**光伏组件表面的风荷载标准值应按下列规定确定：

 (4.2.4)

式中：Wk——风荷载标准值（kN/m2）

βgz——阵风系数或风振系数，应按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用；主支架用风振系数，檩条用阵风系数；

μz——风压高度变化系数，应按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用；

μs——风荷载体型系数，应按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用，平屋面斜立安装按塔架采用，平改坡光伏屋面和光伏组件屋面按封闭式单坡屋面采用，金属板屋面平行安装和瓦屋面平行安装按单面开敞式双坡屋面采用；

W0——基本风压（kN/m²）

【条文说明】基本风压应取50年一遇采用，具体可参考现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009附录E。

**4.2.5** 风荷载体型系数应按下式计算：

μs =μs0β (4.2.5)

式中：μs0——风荷载局部体型系数，按现行国标准《建筑结构荷载规范》GB 50009中围护结构件及其连接件的风荷载局部体型系数取；

β——调整系数，根据不同形式的附加式屋面光伏系统构造，调整系数取值如下：

**1** 对于平屋面上设置带倾角的附加式屋面光伏系统，调整系数应按下图分区域取值。

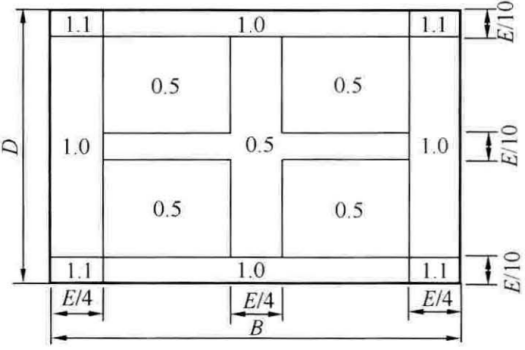


图4.2.5-1 无女儿墙平屋面

注：B-建筑迎风宽度，E应取2H和B中较小值，H为屋顶高度。

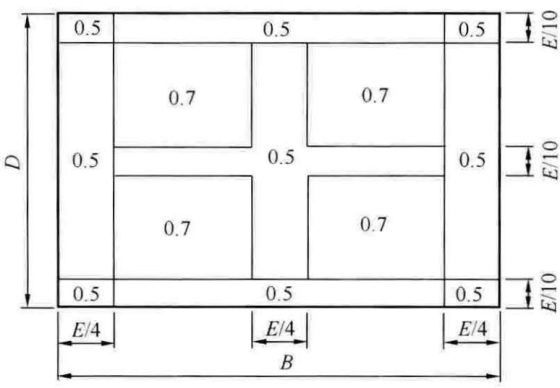


图4.2.5-2 带1.5m高女儿墙平屋面

注：B-建筑迎风宽度，E应取2H和B中较小值。

**2** 对于单坡屋面上设置平行于屋面坡度的 附加式屋面光伏系统，调整系数应分区域取值。

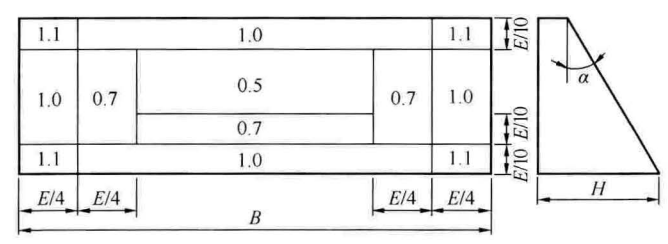


图4.2.5-3 单坡屋面

注：B-建筑迎风宽度，H为屋顶高度, E应取2H和B中较小值。

**3** 对于双坡屋面上设置平行于屋面坡度的附加式屋面光伏系统，调整系数应分区域取值。

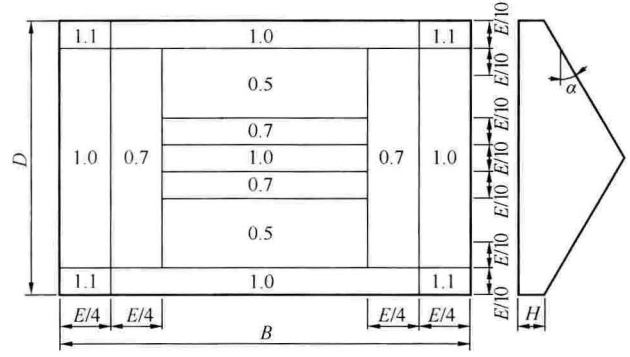


图4.2.5-4 双坡屋面

注：B-建筑迎风宽度，H为屋顶高度, E应取2H和B中较小值。

**4.2.6**平屋面斜立安装的光伏支承系统所承受的风荷载，应计入面板传来的风荷载和支承系统直接承受的风荷载。

【条文说明】光伏方阵是主体结构或维护结构的一部分，因此风荷载计算原则同主体结构一样，依据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009，只是因为其所处部位的不同，分别参照国家现行标准《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ255和《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102的相关条文计算。

**4.2.7** 雪荷载标准值应按下式计算：

Sk=μrSo （4.2.7）

式中：Sk——雪荷载标准值（kN/m2）；

μr——屋面积雪分布系数；

So——基本雪压（kN/m2）。

【条文说明】公式4.2.7中已考虑屋面积雪分面系数，屋面的积雪分布可参考《建筑结构荷载规范》GB50009取值；局部雪荷载作用可参考《屋面结构雪荷载设计标准》T/CECS 796。

**4.2.8**地震作用计算可采用等效静力法；当结构动力影响明显时，应采用时程分析法。

**4.3 构件及连接计算**

**4.3.1** 既有建筑物屋顶光伏支承系统的连接设计，应选择能将屋面荷载直接传递至建筑结构的方式。

【条文说明】节点连接计算可参考《钢结构设计标准》GB50007等国家现有标准的相关规定。

**4.3.2** 光伏系统支承构件与建筑结构构件之间应有可靠连接，并应采取措施避免结构构件的损伤。

**4.3.3** 光伏支承构件与混凝土主体结构采用后置锚栓连接时，应满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367以及《混凝土结构后锚固技术规程 》JGJ 145 的有关要求。

**4.3.4** 光伏支承构件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

**4.3.5** 在地震设防区使用金属锚栓时，应满足国家现行标准《混凝土用机械锚栓》JG 160有关抗震专项性能试验要求；在抗震设防区使用的化学锚栓，应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367有关开裂混凝土定型化学锚栓的技术要求。

【条文说明】当土建施工时，因未设预埋件、预埋件漏放、偏离设计位置较远、设计变更或在既有建筑增设光伏系统时，往往要使用后锚固螺栓连接。采用后锚固螺栓（机械膨胀螺栓或化学锚栓）时，应采取多种措施，保证连接的可靠性和安全性。

**4.3.6** 光伏系统支承构件承载力应采用下列极限状态设计表达式：

*r*0*S*≤*R* （4.3.6）

式中：*r*0——结构构件重要性系数，取0.9~1.1；

*S*——荷载效应组合的设计值；

*R*——结构构件的承载力设计值。

**4.3.7** 轴心受拉和受压钢构件的强度应满足下式的要求：

毛截面屈服：

 （4.3.7-1）

净截面屈服：

 （4.3.7-2）

式中： N—所计算截面处的拉力设计值（N）；

f—钢材的抗拉强度设计值（N/mm2）；

A—构件的毛截面面积（mm2）；

An—构件的净截面面积，当构件多个截面有孔时，取最不利的截面（mm2）；

fu —钢材的抗拉强度最小值（N/mm2）；

**4.3.8** 轴心受压钢构件的稳定性应满足下式的要求：

 （4.3.8）

式中： φ—轴心受压构件的稳定系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中规定取值。

**4.3.9** 压弯钢构件强度应满足下式的要求：

 （4.3.9）

式中： N—同一截面处轴心压力设计值（N）；

Mx、My—分别为同一截面处对 x 轴和 y 轴的弯矩设计值（N.mm）；

γx、γy—截面塑性发展系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中规定取值； 

An—构件的净截面面积（mm2）；

Wn—构件的净截面模量（mm3）。

**4.3.10** 压弯钢构件稳定性应满足下式的要求：

平面内：

 （4.3.10-1）

 （4.3.10-2）

平面外：

 （4.3.10-3）

式中： N—所计算构件范围内轴心压力设计值（N）；

N’Ex—参数（mm）；

φx—弯矩作用平面内轴心受压构件稳定系数；

Mx—所计算构件段范围内的最大弯矩设计值（N.mm）；

W1x—在弯矩作用平面内对受压最大纤维的毛截面模量（mm3）；

φy—弯矩作用平面外的轴心受压构件稳定系数；

φb —均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数；

η—截面影响系数，闭口截面取0.7，其它截面取1.0；

 βtx—等效弯矩系数，两端支承的构件段取其中央1/3范围内的最大弯矩与全段最大弯矩之比，但不小于0.5；悬臂段取1.0。

**4.3.11** 对同时承受剪力和拉力的螺栓，其承载力设计值应符合下列要求：

 （4.3.11-1）

 （4.3.11-2）

式中： Nv、Nt—分别为某个普通螺栓所承受的剪力和拉力（N）；

Nbv、Nbt、Nbc—一个普通螺栓的抗剪、抗拉和承压承载力设计值（N）。

**4.3.12** 原有屋面独立基础承受轴心或偏心荷载时，基础底面的压力可按下列公式计算：

**1** 当轴心荷载作用时



式中：pk——相应于作用的标准组合时，基础底面处的平均压力值（kPa）；

Fk—相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值（kN）；

Gk—基础自重和基础上的土重（kN）；

A—基础底面面积（m2）。

**2** 当偏心荷载作用时





式中：Mk—相应于作用的标准组合时，作用于基础底面的力矩值（kN.m）；

W——基础底面的抵抗矩（m3）；

pkmax——相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最大压力值（kPa）;

pkmin——相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最小压力值（kPa）。

**3** 当基础底面形状为矩形且偏心距e＞b/6时（图5.3.12 ）时，pkmax应按下式计算：



式中：l——垂直于力矩作用方向的基础底面边长（m）；

a——合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离（m）。

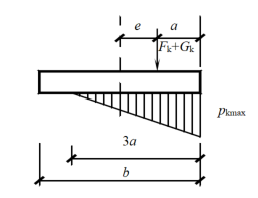


图4.3.12 偏心荷载(e> b/6)下基底压力计算示意

b—力矩作用方向基础底面边长

**5 施工与验收**

**5.1 结构加固**

**5.1.1**  结构加固施工方案应根据既有建筑屋面结构的可靠性鉴定或专项鉴定以及加固设计要求制定，并应选择适宜的加固技术。

**5.1.2** 混凝土屋面板加固可选择下列施工技术，并应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定：

**1** 当屋面增设的光伏系统比较完整时，可采用现浇钢筋混凝土外夹层技术；

**2** 当屋面增设的光伏系统比较零散时，可采用粘贴钢板技术；

**3** 当屋面增设的光伏系统无结构连接点时，可采用体外预应力技术。

**5.1.3**  金属板加固可选择下列施工技术，并应符合现行国家标准《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422的有关规定：

**1** 当原金属板损坏严重时，可采用更换板材的方法；

**2** 当原金属板损坏较轻时，可采用覆盖新板的方法；

**3** 当原金属板锁边不能满足要求时，可采用重新锁边的方法；

**4** 当增设光伏组件后抗风揭不足时，可采用增设压条或夹具的方法。

**5.1.4**  钢檩加固可选择下列施工技术，并应符合现行国家标准《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422的有关规定：

**1** 当原钢檩的截面尺寸不满足要求时，可采用设置双檩的方法。

**2** 当原钢檩的设置过疏时，可采用加密钢檩的方法。

**3** 当施工难度较大时，可采用增设拉条的方法。

【条文说明】隅撑作为侧向支承点实际工程很少采用，一般为拉条，因此没有增加隅撑加固方案。

**5.1.5** 金属屋面连接点加固可选择下列施工技术，并应符合现行国家标准《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422的有关规定：

**1**  当原金属板不变化时，可采用重新紧固的方法。

**2** 当更换原金属板时，可采用螺栓连接或增加铆钉的方法。

**3** 当在原金属板上覆盖新板时，可采用增加连接点的方法。

**5.1.6** 钢梁加固可选择下列施工技术，并应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367-2019的有关规定：

**1** 当采用增大截面加固法时，加固与被加固板件应相互压紧，加固后的截面应密封。

**2** 当采用粘贴钢板加固法时，加固钢构件的表面宜采取喷砂处理，钢板表面及周边均应进行防腐蚀处理。

**3**  当采用预应力加固法时，施加预应力应采用专门设备，其负荷标定值应大于施加拉力值的2倍，施加预应力的偏差不应超过设计值的 5%。

**5.2 防水**

**5.2.1** 当屋面防水层需要重新铺设时，可采用卷材防水。卷材防水层施工应按现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345的有关规定执行。

**5.2.2**  当需要在屋面增加防水层时，可采用涂膜防水。涂膜防水层施工应按现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345的有关规定执行。

**5.2.3** 当采用光伏采光顶或锚固技术时，在光伏采光顶接缝处和锚孔周边应采用接缝密封防水。接缝密封防水施工应按现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345的有关规定执行。

**5.2.4**  当采用光伏组件屋面或平改坡光伏屋面时，应通过屋面坡度提高排水能力，并应采用防水型支架形成结构防水。结构防水施工应按国家现行标准《光伏组件屋面工程技术规程》T/CECS 902的有关规定执行。

**5.3 加工制造**

**5.3.1**  支承结构钢构件的加工制造应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的有关规定。

**5.3.2**  钢构件的加工应在工厂内进行，并应符合下列规定：

**1** 构件的放样和号料按设计要求预留焊接收缩和加工余量，样板尺寸允许偏差为±0.5㎜，号料孔距允许偏差为±0.5㎜；

**2** 切割部位应准确，切口应整齐，剪切面应无裂纹、夹渣、毛刺等；

**3** 切割件的宽度和长度允许偏差为±3㎜；

**4** 构件矫正后，型钢弯曲矢高允许偏差为l/1000（l构件长度），槽钢翼缘垂直度允许偏差为b/80（b翼长度），角钢肢垂直度允许偏差为b/100（b肢长度），工字钢垂直度允许偏差为b/100（b翼长度）；

**5**  制成孔周边应无毛刺、破裂、凹凸，切屑应清除干净；

**6** 杆件应防止扭曲，拼装时其表面中心线的偏差不应大于3㎜，构件之间连接孔中心线位置的偏差不应大于3㎜。

**5.3.3**钢构件的焊接应符合下列规定：

**1** 焊接前应把焊接部位清理干净；

**2**  焊条应进行烘干处理；

**3** 焊缝间隙允许偏差应为±1㎜；

**4**  坡口角度允许偏差应为±5；

**5** 焊接后应清除焊缝表面的熔渣物。

**5.3.4**钢构件制作完成后，应按施工图的要求进行检查，并应符合下列要求：

**1** 构件长度允许偏差应为±2㎜；

**2** 构件整体弯曲度应≤*l*/1000（*l*构件长度），且应≤3㎜；

**3** 节点板在平面内偏移应≤1.5㎜，平面外偏移应≤1㎜；

**4** 螺栓孔偏移应≤1㎜；

**5** 螺栓孔与基准线偏移应为±1.5㎜。

**5.3.5**钢构件应采用热浸镀锌法进行防腐处理，并应符合下列要求：

**1** 钢材除锈后，表面应露出金属色泽；

**2** 镀锌层表面应光滑，连接处不应有毛刺、结块等；

**3** 锌层厚度应≥65㎛，经锤击试验锌层不剥离、不凸起；

**4** 杆件热浸镀锌后的热变形，长度伸缩量应≤*l*/5000，弯曲变形量应小于≤*l*/1500（l构件长度）。

**5.3.6**光伏组件边框的加工应符合下列要求：

**1**  边框外表面应光滑，不应有锐边和毛刺；

**2** 边框长宽尺寸的允许偏差应为±1mm；

**3** 边框对角线的允许偏应≤4mm；

**4**  边框角缝的允许偏差应≤0.5mm，高低允许偏差应≤0.5mm。

## 5.4　施工安装

**5.4.1** 既有建筑屋顶增设光伏系统的支承结构施工安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定，光伏组件的安装应符合现行国家标准《光伏发电站施工规范》GB 50794的有关规定。

**5.4.2**当采用预埋件时，应符合下列要求：

**1** 混凝土支座应位于梁或柱的位置；

**2** 混凝土配合比应满足设计要求；

**3**  混凝土浇筑时应捣实，并应按规定养护；

**4** 锚筋应采用HPB235级、HRB335级钢筋，锚板宜采用Q235钢；

**5** 螺栓或锚栓的埋置深度应达到30*d*～40*d*（*d*螺栓直径）；

**6** 受力直锚筋不应少于4根，直锚筋与锚板应采用T形焊接。

**5.4.3**当采用后锚固技术时，应符合下列要求：

**1** 产品应符合设计要求，进场应检验；

**2** 锚固区基材表面应坚实、平整；

**3**  钻孔前应检查基材的钢筋位置，钻孔不应损伤原钢筋；

**4** 膨胀锚栓锚固深度允许偏差应为5mm，控制位移允许偏差应为2mm；

**5** 化学锚栓锚固深度允许偏差应为0、10mm；

**6**  植筋钻孔深度允许偏差应为0、20mm，钻孔位置允许偏差应为±10mm。

**5.4.4**支座或锚孔周边应进行防水密封，并应符合下列要求：

**1** 基层应坚实、平整、清洁、干燥；

**2**  支座泛水处的防水层下应增设附加层，防水卷材可铺贴至压顶下，卷材收头应采用金属压条固定；

**3** 锚孔处应采用密封防水处理，密封材料嵌填应密实、连续、饱满，并与基层连接牢固，表面应平滑。

**5.4.5**支架的安装应符合下列规定：

**1** 吊装中应做好防倾覆和保护面受损等安全措施；

**2**  按设计要求检查构件的型号、规格，外观、防腐应完好无损；

**3**  安装前应对定位轴线、基础轴线和标高、地脚螺栓位置等进行检查；

**4**  中心线允许偏差应≤2mm，标高允许偏差应≤3mm，倾斜角度允许偏差应为±1；

**5** 锚栓和预埋件安装到位后应可靠固定，并采取保护措施；

**6** 支架的连接件应紧固到位。

**5.4.6**光伏组件的安装应符合下列规定：

**1** 光伏组件的连接数量和路径应满足设计要求；

**2** 光伏组件应按电压和电流进行组串；

**3** 光伏组件与支架连接点的螺栓应紧固；

**4** 光伏组件倾斜角度的允许偏差应为±1，相邻组件的边缘高差应为±3mm；

**5**  光伏组件下的散热间隙应≥100㎜；

**6**  光伏组件之间的插接应牢固；

**7**  线缆应放置在线槽内。

**5.4.7**  光伏组件屋面的施工安装应按国家现行标准《光伏组件屋面工程技术规程》T/CECS 902的有关规定执行。

**5.4.8**  光伏采光顶的施工安装应按国家现行标准《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ 255的有关规定执行。

## 5.5　质量验收

**5.5.1**既有房屋增设屋顶光伏系统钢结构工程的验收应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《光伏发电工程验收规范》GB/T 50796等的规定。

【条文说明】包括原屋面、增设部分的验收。

**5.5.2**每一道工序完成后应进行检验，并应做好检验记录，检验合格后可进入下一道工序。光伏系统工程竣工后应由建设单位、设计单位、施工单位、监理单位和供电部门联合竣工验收。

**5.5.3** 太阳能光伏系统分项工程检验批质量合格标准，应符合下列规定：

**1** 主控项目必须符合本规程合格质量标准要求；

**2** 一般项目其检验结果应80%及以上的检查点(值)符合本规程质量合格标准的要求，且偏差值不应超过其允许偏差值的1.5倍；

**3** 隐蔽验收记录、质量证明文件应完整。

**5.5.4** 太阳能光伏系统工程验收前，应在安装施工中完成以下隐蔽项目的验收，并应有详细的文字记录和必要的图像资料：

**1** 预埋件或后置螺栓连接件；

**2** 基座、支架、光伏组件与主体结构的连接节点；

**3** 基座、支架、光伏组件与主体结构之间的建筑构造做法；

**4** 系统的防雷与接地保护的连接节点；

**5** 隐蔽安装的电气管线工程。

**5.5.5** 太阳能光伏系统工程检验批的验收，可根据施工安装特点按系统组成进行。

**5.5.6** 检验批的验收应由专业监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）组织施工单位质量（技术）负责人等进行验收。

**5.5.7** 增设太阳能光伏系统工程中对以下影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序验收合格后才能进入下一道工序的施工：

**1** 在屋面太阳能光伏系统施工前，应进行屋面防水工程的验收；

**2** 在光伏组件或方阵支架就位前，应进行基座、支架和框架的验收；

**3** 在建筑管道井封口前，应进行预留管路的验收；

**4** 太阳能光伏系统调试前，应进行电气预留管线的验收；

**5** 隐蔽工程隐蔽前，应进行施工质量验收；

**6** 既有建筑增设或改造的光伏系统工程施工前，进行建筑结构和建筑电气安全检查。

**5.5.8** 太阳能光伏系统工程完工后，施工单位应自行组织有关人员进行检验评定，并向建设单位提交竣工验收申请报告。竣工验收应提交下列资料：

**1** 设计文件、变更证明文件、经备案的施工图审查合格报告和竣工图；

**2** 主要材料、设备、成品、半成品、仪表的出厂合格证明或检验资料、省级建设行政主管部门节能技术（产品）认定证书、进场检验记录、进场核查记录、 进场复验报告、见证试验报告；

**3** 屋面防水检漏记录；

**4** 隐蔽工程验收记录和中间验收记录；

**5** 系统调试和试运行记录；

**6** 系统运行、监控、显示、计量等功能的检验记录；

**7** 检验批、分项工程质量验收记录；

**8** 工程使用、运营管理及维护说明书。

**5.5.9** 建设单位收到工程竣工验收申请报告后，应由总监理工程师（建设单位项目负责人）组织设计、施工、监理、施工图审查机构等单位的有关专业的专家和技术人员对工程进行竣工验收。

**5.5.10** 所有验收应做好记录、签署文件、立卷归档。

**5.5.11**混凝土支座的主控项目验收应符合下列规定：

**1** 混凝土强度等级应符合设计要求，试件应在浇筑地点随机抽取。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：检查施工记录及试件试验报告。

**2**  支座不应影响结构性能和支架安装的尺寸偏差。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：测量，检查技术处理方案。

**3**  锚孔的位置、直径、孔深和垂直度应符合设计要求。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：钢尺、探针、专用工具。

**5.5.12**混凝土支座的一般项目验收应符合下列规定：

**1** 混凝土浇筑完毕后，应按施工技术方案及时采取有效的养护措施。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：观察，检查技术处理方案。

**2**  混凝土支座拆模后的尺寸偏差应符合设计和施工图要求。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：钢尺、经纬仪、水准仪。

**3**  锚固的外观质量应做到基材表面坚实、平整，锚固部位混凝土不应有局部缺陷。

检查数量：随机抽检5%，且不少于5个；

检验方法：观察。

**5.5.13**防水密封的主控项目验收应符合下列规定：

**1**  防水卷材和密封材料的质量应符合设计要求。

检查数量：全数检查；

检验方法：检查出厂合格证、质量检验报告和进场检验报告。

**2** 卷材防水层不应有渗漏和积水现象。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：淋水、蓄水试验。

**3** 密封材料嵌填应密实、连续、饱满，不应有气泡、开裂、脱落等缺陷。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：观察。

**5.5.14**防水密封的一般项目验收应符合下列规定：

**1**  卷材的搭接缝应粘接或焊接牢固，密封应严密，不应扭曲、皱褶和翘边。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：观察。

**2**  卷材防水层的铺贴方向应正确，卷材搭接宽度的允许偏差为-10㎜。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：观察、尺量。

**3**  嵌填的密封材料表面应平滑，周边无污染现象。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：观察。

**5.5.15**支承安装的主控项目验收应符合下列规定：

**1** 构件的加工制作应符合设计要求，连接件应合格。

检查数量：抽查构件数量的10%，且不少于5件；

检验方法：检查加工制作记录、质量检验报告和进场检验报告。

**2**  支架的连接点应牢固。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：扳手检查。

**3** 支架的方位和倾角应符合设计要求，其偏差不应大于士20。

检查数量：按支架总数抽查10%，且不应少于3个；

检查方法：测量检查。

**4** 支架接地系统、接地电阻应符合设计要求。

检查数量：按支架总数抽查10%，且不应少于3个；

检查方法：观察检查，核查检测报告。

**5.5.16**支承安装的一般项目验收应符合下列规定：

**1** 构件的表面应平整，防腐层应完好，安装应顺直。

检查数量：抽查构件数量的10%，且不少于5件；

检验方法：观察。

**2** 中心线允许偏差应≤2mm，标高允许偏差应≤3mm，倾斜角度允许偏差应为±1°，立柱面偏差≤3mm。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：尺量。

**3** 支架安装所有连接螺栓应加防松垫片并拧紧。

检查数量：按支架总数抽查10%，且不应少于3个；

检查方法：观察检查。

**4** 安装组件的支架面应平直，直线度不大于1‰。，平整度不大3mm，机架上组件间的风道间隙应符合设计要求。

检查数量：按支架总数抽查10%，且不应少于3个；

检查方法：观察检查，用2mm靠尺测量检查，拉线测量。

**5** 安装组件的孔洞位置应准确，偏差值不应大于3mm。

检查数量：按支架总数抽查10%，且不应少于3个；

检查方法：观察检查，测量检查。

**5.5.17**光伏组件安装的主控项目验收应符合下列规定：

**1**  光伏组件的型号和规格应符合设计要求。

检查数量：全数检查；

检验方法：检查出厂合格证、质量检验报告和进场检验报告。

**2**  同一组串中光伏组件开路电压的允许偏差为2％，最大不超过5V，短路电流允许偏差≤5%。

检查数量：抽查组件数量的10%，且不少于5件；

检验方法：测量。

**3**  光伏组件与支架的连接应牢固。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：扳手检查。

**4**  光伏组件之间的接线插头应相互匹配并插接到位。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：手动检查。

**5.5.18**光伏组件安装的一般项目验收应符合下列规定：

**1** 光伏组件的排列应整齐，间距、接缝应均匀一致。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、尺量。

**2** 光伏组件安装允许偏差应符合表5.5.18的规定：

表5.5.18 光伏组件安装允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | |
| 倾斜角度偏差 | ±1° | |
| 光伏组件边缘高差 | 相邻光伏组件间 | ≤2mm |
| 同组光伏组件间 | ≤5mm |
| 水平距离 | ±4mm | |

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、尺量。

**3**  光伏组件下的散热间隙应≥100㎜。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：尺量。

**4**  光伏组件的线缆应放置在线槽内，线槽应与支架固定。

检查数量：随机抽查10%，且不少于5处；

检验方法：观察。

**5** 大风、雨雪天气时，不应进行光伏组件的安装，不得进行连线工作。

**5.5.19**地脚螺栓的尺寸偏差应符合表5.5.19的规定，地脚螺栓的螺纹应予保护。

表5.5.19 地脚螺栓的尺寸允许偏差(mm)

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差 |
| 轴线 | Ø3 |
| 标高 | ±10 |
| 螺栓(锚栓)露出长度 | ±5.0 |
| ±0.0 |
| 螺纹长度 | ±5.0  ±0.0 |

检查数量：按基础数抽查10%，且不应少于3个；

检验方法：用钢尺现场实测。

# 6 维护

**6.1 光伏系统维护**

**6.1.1**屋顶光伏系统维护应建立定期日常巡查制度，应定期检查光伏系统的运行情况，并应做好巡查记录。

**6.1.2**屋顶光伏系统应定期进行清洁，并应定期检查光伏系统零部件的使用状况、变化与变形、损伤，并应做好检查记录。

**6.1.3**雨雪天应检查光伏系统的使用状况。当光伏系统表面有积雪时，应及时清理。

**6.1.4**屋顶光伏系统检查，除明确允许踩踏的装配式光伏组件屋面外，其他铺设光伏组件屋面不应踩踏光伏组件及其附属设备，应通过专业运维马道进行日常的检修和维护。

**6.2 钢结构维护**

**6.2.1**屋顶光伏系统钢结构维护应建立维护制度，并应制定维护手册，维护制度应符合设计与使用要求。

**6.2.2**屋顶光伏系统钢结构维护内容应包括：钢构件防腐、钢构件防火、钢构件变形与损伤、连接与节点的变形与损伤、支座节点的变形和损伤、锚固件的松动与变形、结构胶的老化、钢结构系统的使用功能。

**6.2.3**当屋顶光伏系统钢结构构件或节点出现腐蚀、变形、松动、脱落、损坏等现象或钢结构锚固节点出现变形、松动、脱落、损坏等现象时，应及时进行维护，并应做好维护记录。

**6.2.4**当屋顶光伏系统下部支承结构出现显著变形或损伤时，应及时通告并进行维护，且应做好处理记录。

**引用标准名录**

《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》GB/T 1228

《紧固件机械性能 自攻螺钉》GB/T 3098.5

《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632

《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117

《六角头螺栓C级》GB/T 5780

《六角头螺栓》GB/T 5782

《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835

《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350

《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

《电磁兼容通用标准居住、商业和轻工业环境中的发射标准》GB17799.3

《电磁兼容通用标准工业环境中的发射标准》GB17799.4

《玻璃幕墙光学性能》GB/T 18091

《改性沥青聚乙烯胎防水卷材》GB 18967

《光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求》GB/T 20047.1

《混凝土用膨胀型锚栓 型式与尺寸》GB 22795

《无机防水堵漏材料》GB 23440

《自粘聚合物改性沥青防水卷材》GB 23441

《聚合物水泥防水涂料》GB/T 23445

《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446

《预铺/湿铺防水卷材》GB/T 23457

《建筑用太阳能光伏夹层玻璃》GB 29551-2013

《建筑用太阳能光伏中空玻璃》GB/T 29759-2013

《轻质晶体硅光伏夹层玻璃》GB/T 37896-2019

《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》GB/T 39750

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《建筑设计防火规范》GB 50016

《钢结构设计标准》GB 50017

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018

《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

《低压配电设计规范》GB50054

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《屋面工程技术规范》GB 50345

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《钢结构工程施工规范》GB50755

《光伏发电站施工规范》GB 50794

《光伏发电工程验收规范》GB 50796

《民用建筑电气设计标准》GB 51348

《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422

《混凝土用机械锚栓》JG 160

《建筑玻璃采光顶》JG/T 231

《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JG/T 490

《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102

《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145

《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214

《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237

《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ 255

《高强钢结构设计标准》JGJ/T 483

《膨胀螺栓》JB/ZQ 4763

《建筑屋面雨水排水系统技术规程》CJJ 142

《光伏组件屋面工程技术规程》T/CECS 902