

# **SEMI China XXX Std. Technical Committee**

## **Document Draft 6700**

**Test Method of Wind Uplift Resistance for Roof-Top Building Integrated Photovoltaic**

**SEMI BIPV Task Force**

**Chengjun.Zhou, Chint solar**



**CONNECT - COLLABORATE - INNOVATE - GROW - PROSPER**



# 目的

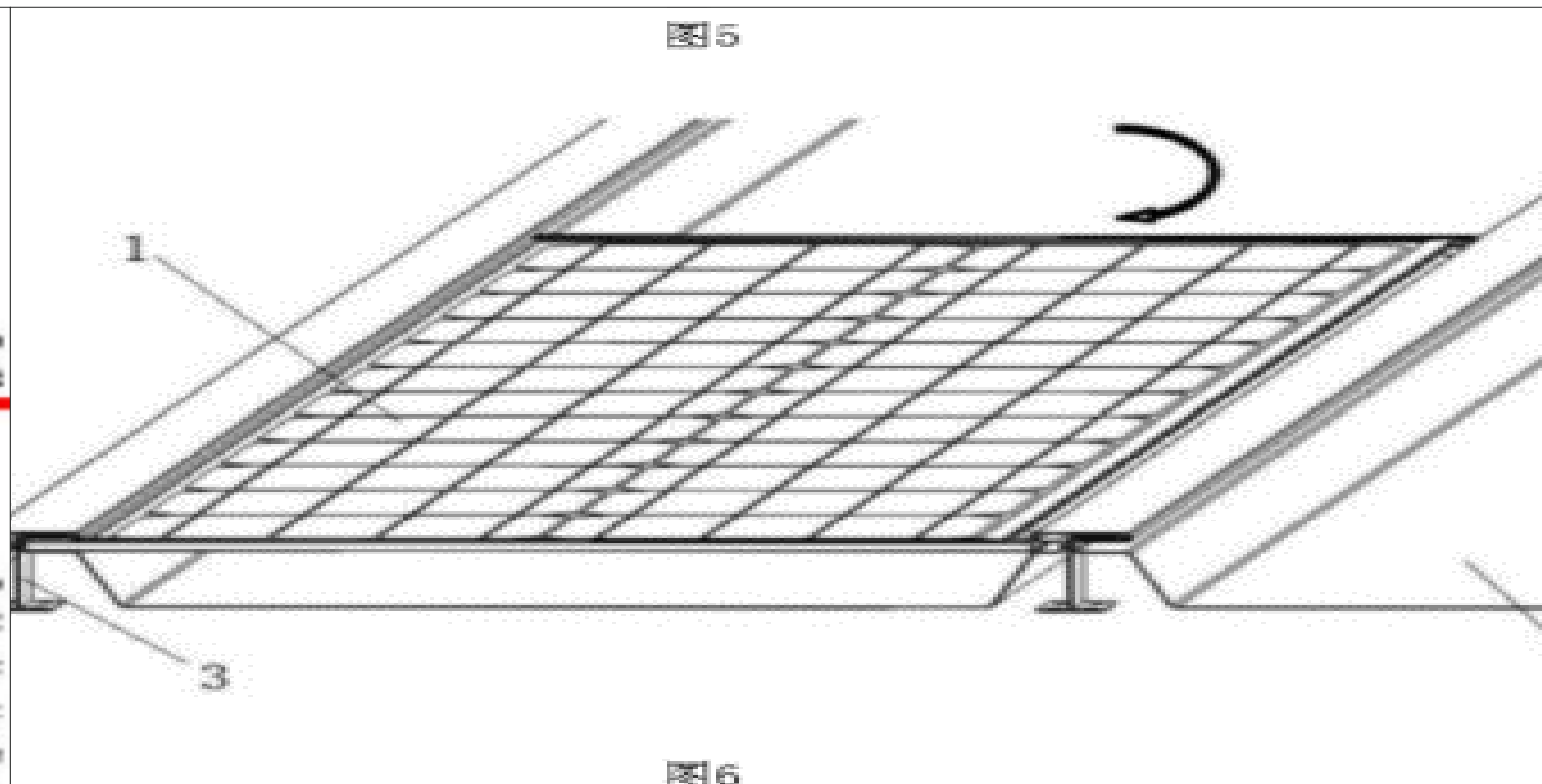
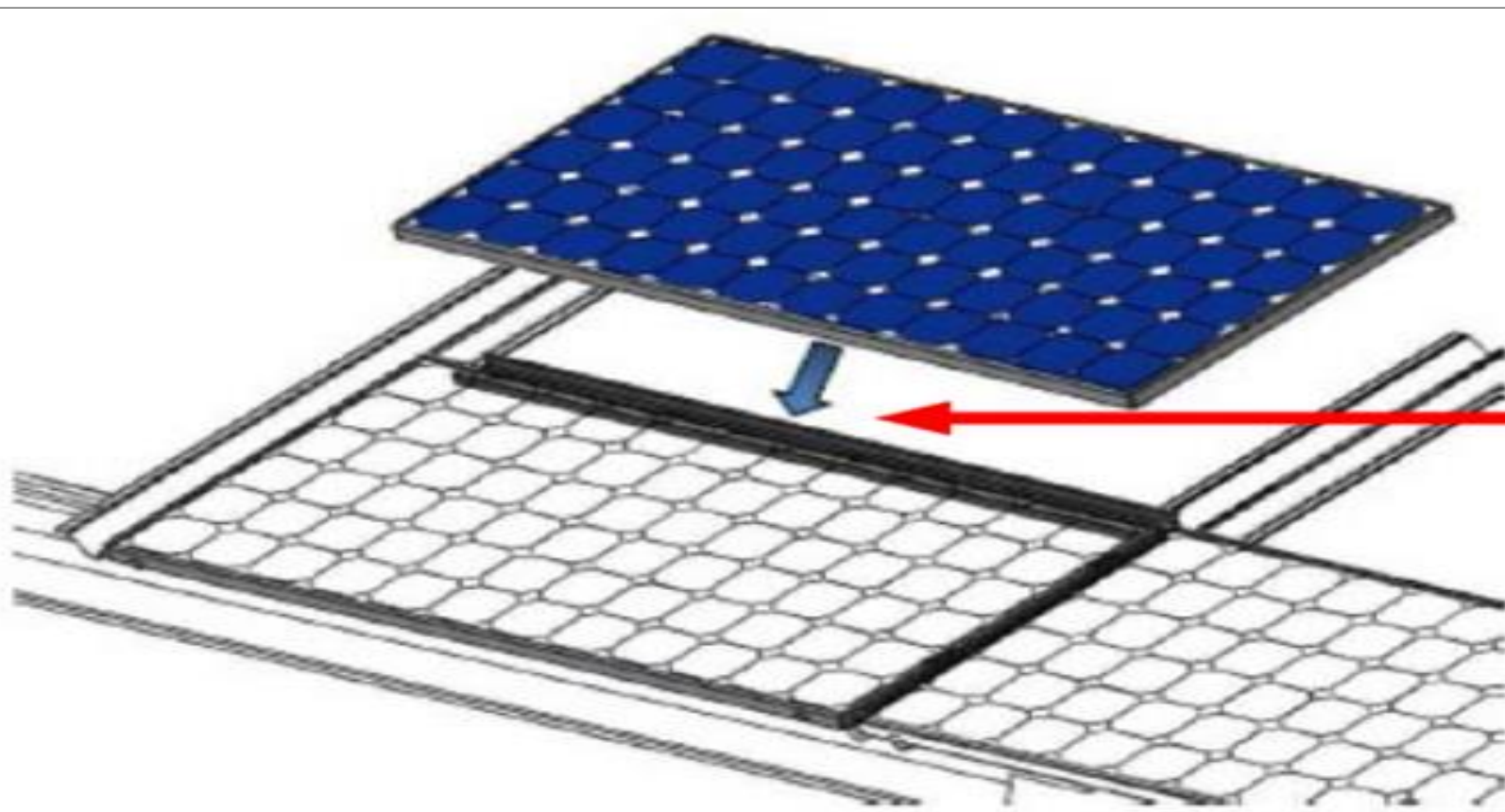
- 1.本标准规定了受风条件下的工商业建筑屋面用光伏建筑一体化（BIPV）产品抗风揭性能的实验方法。
- 2.本标准定义的实验方法适用于安装在BIPV系统的**所有构件**。本标准所定义的实验方法可用来评估BIPV系统受风揭荷载时与其支撑系统**连接的稳定性**及包含于整体BIPV系统的主要部件的**受载能力**。
- 3.本标准规定了BIPV系统抗风揭测试前后**光伏系统性能的评估要求**。





# 范围

- 1.本标准适用于**平铺于屋面且与屋面直接结合**或者**代替原屋面**的工商业建筑屋面用光伏建筑一体化（BIPV）产品的抗风揭性能评估，范围可涵盖BIPV系统的所有部件受任意风荷载情况。
- 2.此标准适用于**以下类型的BIPV结构**：应用机械紧固、胶粘、热风焊、焊接的方式或以上几种方式的任意组合将屋面材料、光伏组件等部件固定至屋面平台上的结构。
- 3.此标准包含BIPV系统抗风揭实验前后光伏系统的**湿漏电、功率、外观**等性能变化的评估。
- 4.此标准**不用于**水泥屋面、木屋面、瓦屋面安装光伏系统抗风揭性能的评估。



# 基本规定

- 1.样品安装、制备以及测试用的实验室各种仪器设备应在**温度（ $20\pm15$ ）℃，相对湿度（ $50\pm25$ ）%**的条件下正常运转；
- 2.标准采用实验室模拟风压条件，测试BIPV系统的抗风揭性能。实际环境中外界自然条件变化十分复杂，上述模拟条件下的实验结果，不能完全用于描述和评价现实环境；
- 3.BIPV系统的性能部分取决于所有**部件本身的性能**，部分取决于**构件与构件的装配**，标准把**BIPV系统当做整体**来测试其抗风揭等级；
- 4.可按照本标准所述的方法选用合适的检测方法进行BIPV系统抗风揭性能的测试。BIPV系统符合第10章所述条件的**最大抗风揭强度**为该BIPV系统的**抗风揭等级**，以BIPV系统是否发生损坏或功能障碍所对应的压差进行评价；
- 5.检测试件可以构成**完整的BIPV系统**，**应与实际工程项目一致**；工程检测试件的各个组成构件应**根据实际工程状况选用和安装**，试件的**受力工况应尽可能和实际相符**，不允许试件安装和固定出现变形。

# 参考标准及文献

---

**ANSI FM 4474** American National Standard for Evaluating the Simulated Wind Uplift Resistance of Roof Assemblies Using Static Positive and/or Negative Differential Pressures ;

**AS 4040.3** Methods of testing sheet roof and wall cladding —— Method 2 resistance to wind pressures for cyclone regions ;

**ASTM E1646** Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Metal Roof Panel Systems by Uniform Static Air Pressure Difference ;

**UL580** STANDARD FOR SAFETY Test for uplift resistance of roof assemblies

**ASTM D3161** Standard Test Method for Wind Resistance of Steep Slope Roofing Products (Fan-Induced Method)(1)

**ASTM E1592** Standard Test Method for Structural Performance of Sheet Metal Roof and Siding Systems by Uniform Static Air Pressure Difference

**AS4040.2** Methods of testing sheet roof and wall cladding —— Method 2 resistance to wind pressures for non-cyclone regions

**ASTM E 1680** Standard Test Method for Rate of Air Leakage through Exterior Metal Roof Panel Systems

**ASCE 7-10** Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures



# 参考标准及文献

---

**IEC61215** Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval ;

**IEC61730** Photovoltaic (PV) module safety qualification ;

**GB/T 31543** 单层卷材屋面系统抗风揭试验方法 ;

**GB 50896** 压型金属板工程应用技术规范 ;

**DBJ/T** 强风易发多发地区金属屋面技术规程

**CSA A123.21** Standard test method for the dynamic wind uplift resistance of membrane-roofing systems

**JGJ 255** 采光顶与金属屋面技术规程

**GB51022** 门式刚架轻型房屋钢结构技术规范附条文

**GB50009** 建筑结构荷载规范

**GB/T 36963** 光伏建筑一体化系统防雷技术规范

# 名词术语

---

## **风揭：**

由于风压所引起的作用在屋面系统或屋面系统各部件上，使屋面系统脱离基层的力。风绕转和通过建筑表面，引起屋面表面气压下降（负压力）；建筑中的空气在屋面基层下方流动（正压力），此两种压力形成了使屋面系统向上的合压力，风揭也可能是由屋檐下方的风引起的。

## **光伏建筑一体化：**

在建筑上安装光伏系统，并通过专门设计，实现光伏系统与建筑的良好结合。

## **压型金属板：**

金属板经辊压冷弯，沿板宽方向形成连续波形或者其他截面的成型金属板。

## **光伏组件：**

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。

## **压力差：**

光伏建筑一体化试件室内、外表面所受到的空气绝对压力差值。当室外表面所受的压力高于室内表面所受的压力时，压力差为正值；反之为负值。

# 名词术语

---

## 围护结构

是指围合建筑空间四周的墙体、门、窗等。构成建筑空间，抵御环境不利影响的构件(也包括某些配件)。根据在建筑物中的位置，围护结构分为外围护结构和内围护结构。外围护结构包括外墙、屋顶、侧窗、外门等，用以抵御风雨、温度变化、太阳辐射等，应具有保温、隔热、隔声、防水、防潮、耐火、耐久等性能。内围护结构如隔墙、楼板和内门窗等，起分隔室内空间作用，应具有隔声、隔视线以及某些特殊要求的性能。围护结构通常是指外墙和屋顶等外围护结构。

## 紧固件：

用来将构件固定至屋面平台或基层的机械构件。

## 屋面平台：

屋面系统中防水和保温等构造下面的起固定作用的平台

## 保温隔热层：

减少屋面热交换作用的构造层

## 防水层：

能够隔绝水而不使水向建筑物内部渗透的构造层

## 防水透气层：

同时具有透气及防水性能的构造层



# 测试方法提要



光伏组件外观、最大功率、湿漏电等测试



整体结构抗风揭测试



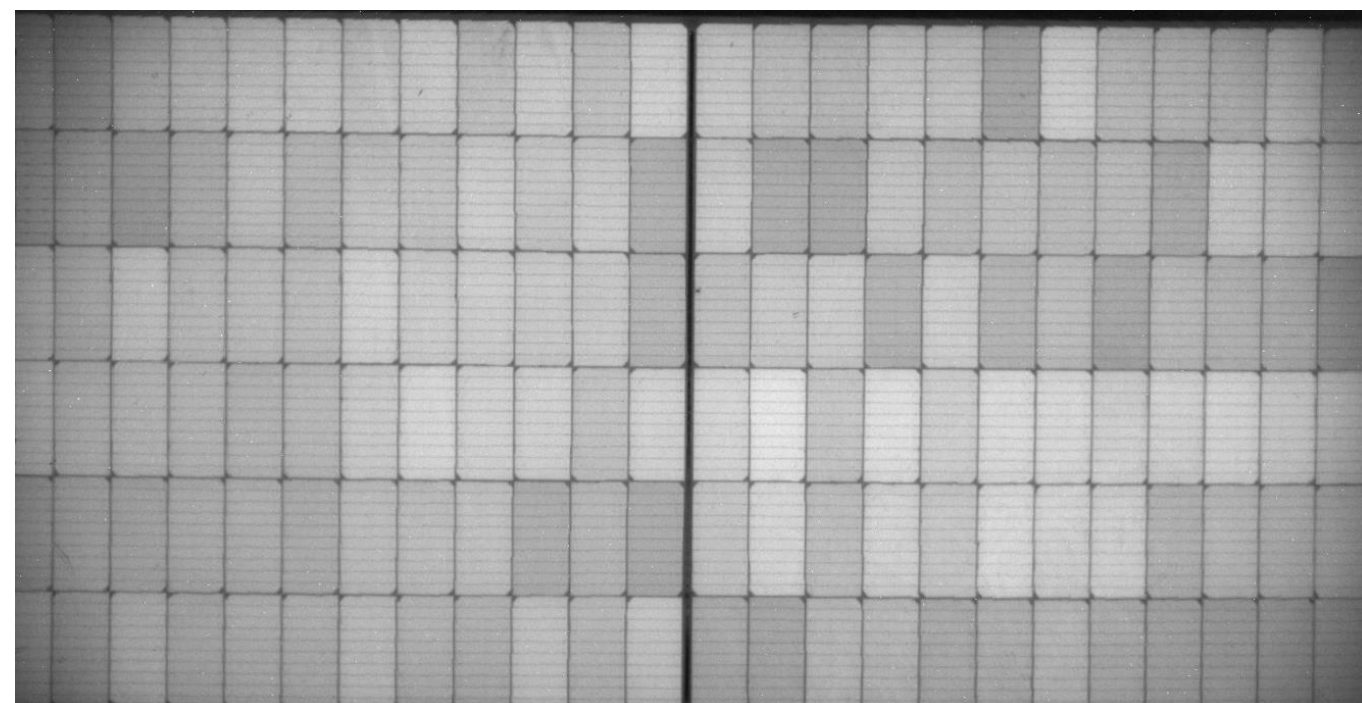
抗风揭实验台名义尺寸：7.3m\*3.7m

抗风揭实验方法：

静态正压或负压法

正负压叠加法

动态实验法



光伏组件外观、功率、湿漏电等性能评估



光伏组件与室内由屋面隔绝时进行节点测试



# 实验材料及结构构造

BIPV系统构造：BIPV系统包含**檩条、屋面内板、保温隔热层、防水透气层、防排水构造层/外板**等结构或上述构造中几种构造的组合与光伏系统集成，具体构造的选取可以根据设计要求确定，详见下表。

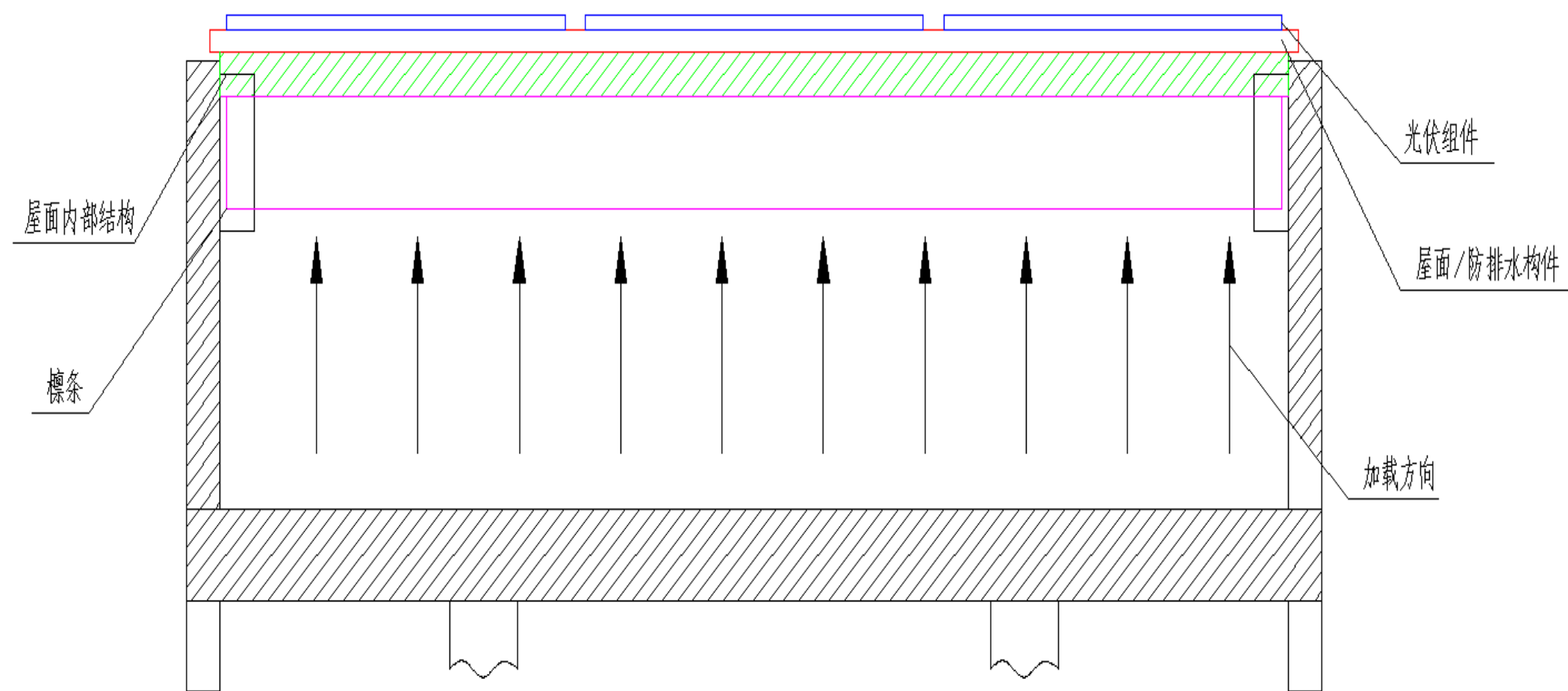
BIPV屋顶系统	1	2	3	4	5	6	7	8	9
檩条	√	√	√	√	√	√	√	√	√
屋面内板	√	√				√	√		
保温隔热层	√	√	√	√		√	√	√	
防水透气层	√		√			√			
防排水构造层						√	√	√	√
外板	√	√	√	√	√				
光伏组件	√	√	√	√	√	√	√	√	√

# 样品及实验准备

1.样品准备：试验前将试样静置于温度（ $20\pm15$ ）℃，相对湿度（ $50\pm25$ ）%的环境条件下至少24h；

**BIPV测试系统样品的所有试件应全尺寸应用与实际建筑所用部件相同的材质、设计细节、安装及锚固方式。**

2.实验设备：



抗风揭实验设备：参照规范ANSI FM 4474



**视觉检查测试平台：**不少于1000lux的光照，配备相机



**光伏功率测试仪：**

光源应为自然光或符合IEC 60904-9的BBA级或更好的太阳模拟器光源

功率测试仪应包含有根据IEC60904-1测量I-V曲线的仪器



**绝缘测试仪：**

有限流的直流电压源，能提供500V或1000V加上IEC61215-1规定两倍组件的最大系统电压的电压。



**湿漏电测试仪：**

尺寸应足够大到能将屋面光伏部分水平放入其中

包含可提供500V或组件系统电压的较大值、有电流限制的直流电源



# 实验过程

## 光伏测试

外观检查、最大功率检测、湿漏电试验

**外观检查：**记录裂纹、气泡或脱层

**最大功率检测：**组件温度在  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，  
辐照度  $(1000 \pm 100) \text{ W/m}^2$

**湿漏电试验：**电阻率不大于  $3500 \Omega \cdot \text{cm}$ ，  
温度  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  的溶液，以不超过  $500 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度增加测试设备所施加的电压直到  $1000 \text{ V}$  加上两倍最大系统电压

## 样品安装

按照说明书或图纸安装试样

**1.样品的安装按照制造商提供的说明书及图纸进行**

2.试件框架在合适的位置用夹具固定。  
金属板用紧固件固定至试验设备周边的檩条或者钢架上。

**3.光伏组件的排布与安装应尽量符合其实际应用情况。**

## 实验测试

静态抗风揭、动态抗风揭、节点、光伏性能评估

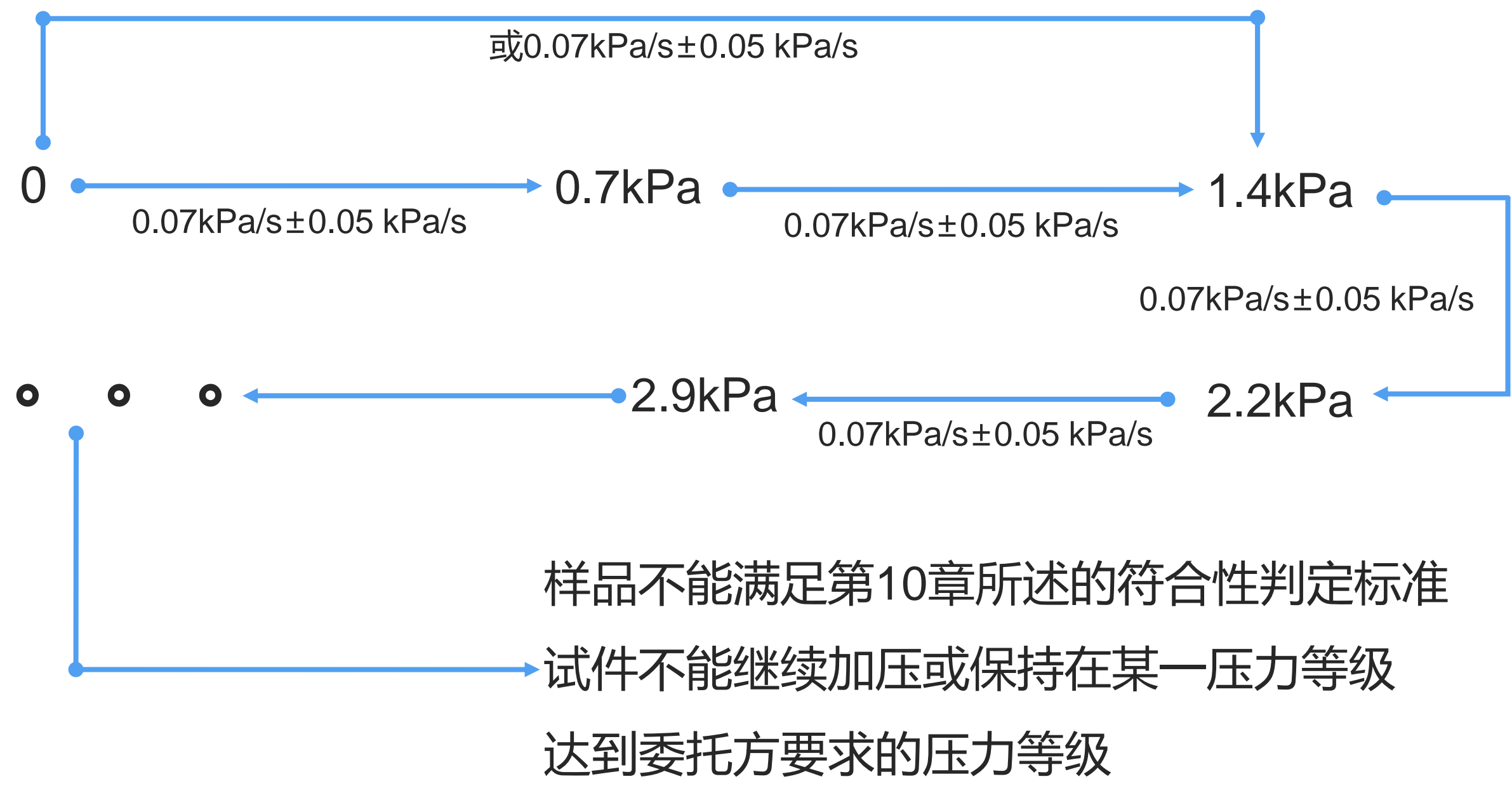
**静态抗风揭：**参考ANSI FM 4474，详见13页

**动态抗风揭：**参考AS4040.3，详见14页

**连接节点测试：**加压方式参考IEC61215，详见14页

**光伏性能评估：**用前述光伏测试相同的方法进行光伏部分的性能测试

# 实验过程



静态抗风揭实验加压流程

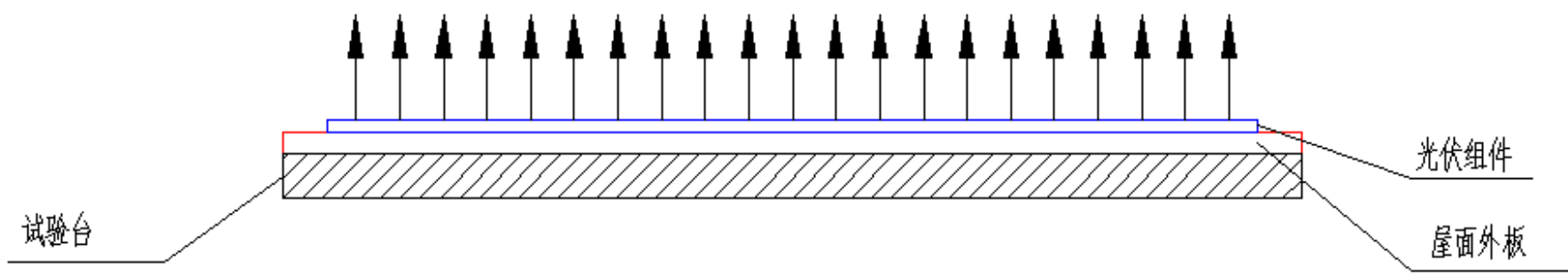
静态抗风揭加压等级		
荷载分级	荷载值（kPa）	允许公差
1	0.7	+0.1kPa, -0kPa
2	1.4	+0.1kPa, -0kPa
3	2.2	+0.1kPa, -0kPa
4	2.9	+0.1kPa, -0kPa
5	3.6	+0.1kPa, -0kPa
6	4.3	+0.1kPa, -0kPa
7	5.0	+0.1kPa, -0kPa
8	5.7	+0.1kPa, -0kPa
9	6.5	+0.1kPa, -0kPa
10	7.2	+0.1kPa, -0kPa
11	7.9	+0.1kPa, -0kPa
12	8.6	+0.1kPa, -0kPa
.....	.....	.....

# 实验过程

动态实验加压顺序	
测试压力范围	循环次数
0-0.4P <sub>t</sub>	8000
0-0.5P <sub>t</sub>	2000
0-0.65P <sub>t</sub>	200
0-1.3P <sub>t</sub>	1

- 1.样品动态加压顺序见表，单个压力循环应保持1min
- 2.压力循环频率不应超过3Hz。
- 3.测试过程中应观察并记录屋面板、固定件、支撑构件及辅助结构的变形情况

注：事实上将荷载循环的最低荷载降到0是有困难的。在此情况下可以考虑定义一个较小的力作为最低荷载，这里将其数值确定为不超过该荷载循环最大值的10%。



## 光伏组件连接节点测试：

- 1.将光伏组件根据其BIPV整体样品的装配方式装配在刚性试验平台，并连接可在实验过程中检测组件内部电路连续性的仪器。
- 2.如果有存在差异的不同安装方法，那么每种方法都应单独评估。
- 3.进行动态测试时，使用送检方所需测试要求的最大压力（公差为+10%），施加循环（动态）机械负载，**荷载数据及频率同抗风揭动态实验。**
- 4.进行静态测试时，在前表面上，逐步且均匀加载至测试负荷。测试负荷均匀性要优于5%。



# 合格判定



1. 屋面用光伏建筑一体化（BIPV）系统的材料与部件应满足下述条件，并得到相应的模拟抗风揭等级。系统模拟的抗风揭等级，是其按照上述方法所能达到的最大抗风揭压力。

2. 所有**构造件及构造层**应满足：

- a) 固定件与垫片、压条或基层之间的连接，不应出现**拔出、脱离和松脱**。
- b) 不应出现**破裂、分离、断裂**和**任何开口**。。
- c) 不应与面层或相邻部件的粘结出现**分层或脱开**。
- d) 允许保温板在机械固定点间产生挠曲，但保温板应无**破裂和开裂**。
- e) 在整个分级评价过程中，维持其结构的**完整性**。
- f) 胶粘剂和粘结部位不应有任何**分离、分层破裂或剥离**产生。

1. 光伏系统应满足：

A) **外观上**：无下列但不限于的各观测现象，不与相邻部件分层或脱开，没有影响光伏组件性能裂纹、开裂、粘合失效带电部分外露等情况。

B) 针对绝缘及湿漏电测试，无绝缘击穿或表面破裂现象，对于面积小于 $0.1\text{m}^2$ 的组件绝缘电阻不小于 $400\text{M}\Omega$ ，对于面积大于 $0.1\text{m}^2$ 的组件，测试绝缘电阻乘以组件面积应不小于 $40\text{M}\Omega\cdot\text{m}^2$ 。

C) 针对机载等系列性测试前后无严重外观缺陷，湿漏电流满足与初始测量相同。

# 报告

1. 试验报告应包含测试和报告的日期、该检测负责人的名字、测试机构名称、地址、送检试件的厂家和该BIPV系统的服务客户。
  2. 报告应当包括BIPV系统**装配试样的说明**，包括BIPV涉及的组件规格、型号，结构件或板材的厚度及屈服强度，结构件或板材规格型号，组件固定方式，试件的描述；试样的制作方法（包括紧固件的数量和间距，气体的描述，和隔汽层的使用等等）。
  3. 明确表述抗风揭的检测结果，标明该系统的可承受**极限承载力风压值**。
  4. 此外还应体现检测的其他**具体数据信息**，包括：
    - a. BIPV试件装配与测试之间的时间间距；
    - b. 记录试件出现破坏前一个动态压力间隔所持续的试验总用时；
    - c. BIPV试件安装的环境温度；
    - d. 在测试开始和结束时的温度；
    - e. 动态压力的时间间隔和荷载幅值。
  5. 通过评估后，应当报告在每个动态压力间隔和测试后的试样的观察情况。报告应包含任何损害的细节或破坏模式。
  6. 测试试件与供应商所提供的产品规格有任何差异的地方都应在报告中说明。
  7. 报告要附带检测全过程的视频资料和数据资料，能够清楚体现试件的受力和形变。视频资料应包括送检试件的安装、检测和试件的拆卸的全过程。
  8. 在检测结束送检方可将试件带回保留，若不带回，则由检测机构按检测标准要求处理。
  9. 在检测机构出具检测报告之后，检测试件留样7 个工作日，7 个工作日内如无复核申请，则该批试件作报废处理。
- 注：特别说明的是上述检测的抗风揭检测结果不能直接适用于实际的建筑，在实际建筑的抗风揭计算考虑中还应充分考虑体形系数对于建筑的影响。

---

谢 谢