

绿色建筑的另一面：耐候性构造设计研究

遗忘的耐候性

1998-2023

从压顶、披水谈起



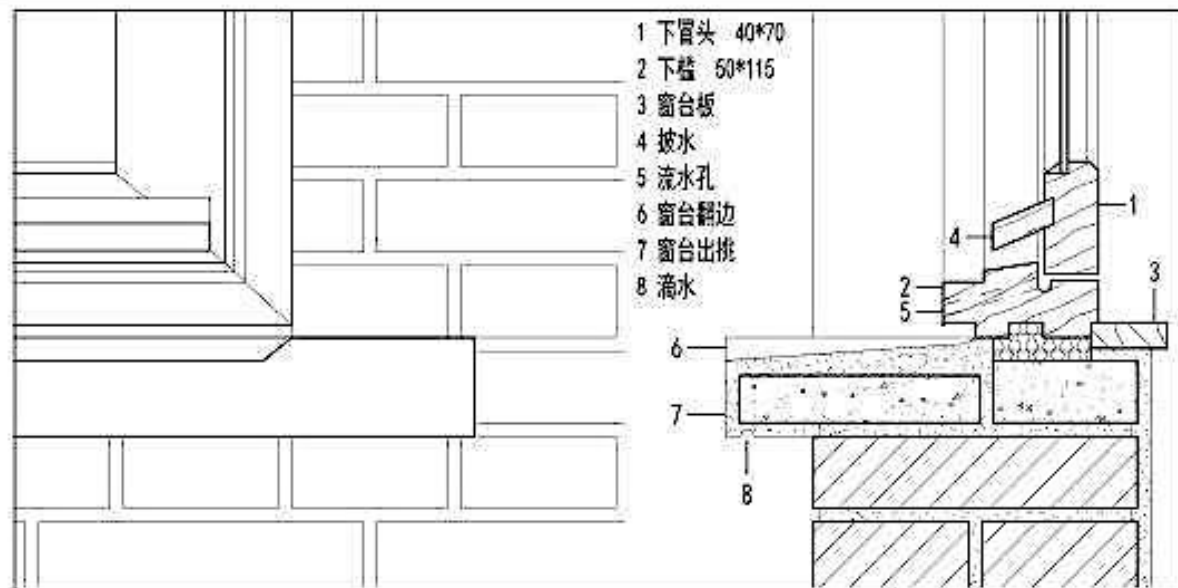
传统建筑



现代建筑

通过前期大量的实地调研和考察，发现我国耐候性构造设计从明清至今呈现逐渐消失的状态，不仅是实际建造的消失，更重要的是从业主认知到建筑师的设计意识都变得逐渐淡漠。这种状况是由于建国以来百废待兴，追求“多快好省”的生产目标导致人们将一些必要的耐候构件也省略了，甚至导致长期以来**耐候性做法被认为是可有可无的装饰构件**。

实地调研



左图 90年代单元式住宅仅有少部分住宅做有窗台披水板，但大部分并没有鹰嘴或滴水相关处理；右图 中国传统居住建筑窗台处理充分结合了耐候性构造



充斥在中国城市里
仿欧式
檐口线脚的住宅设计

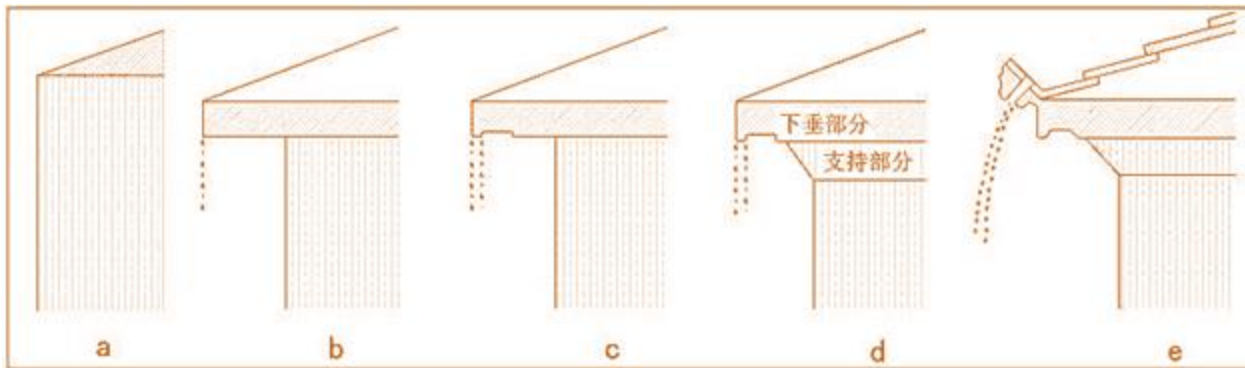
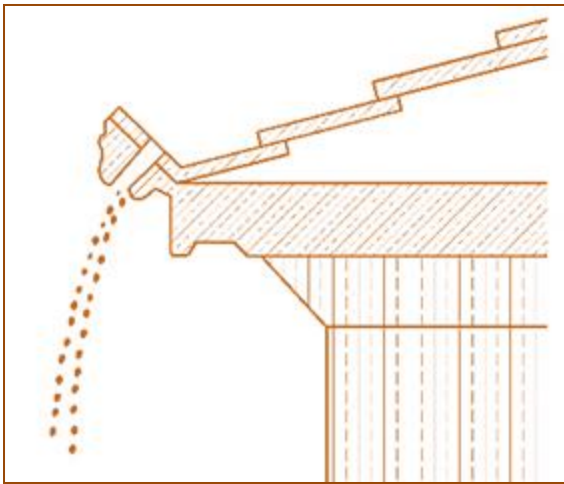
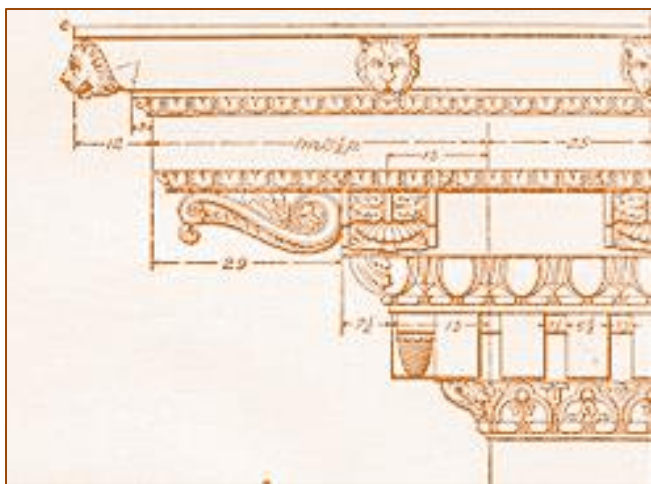


没有性能需求支撑的
纯粹装饰
性构件

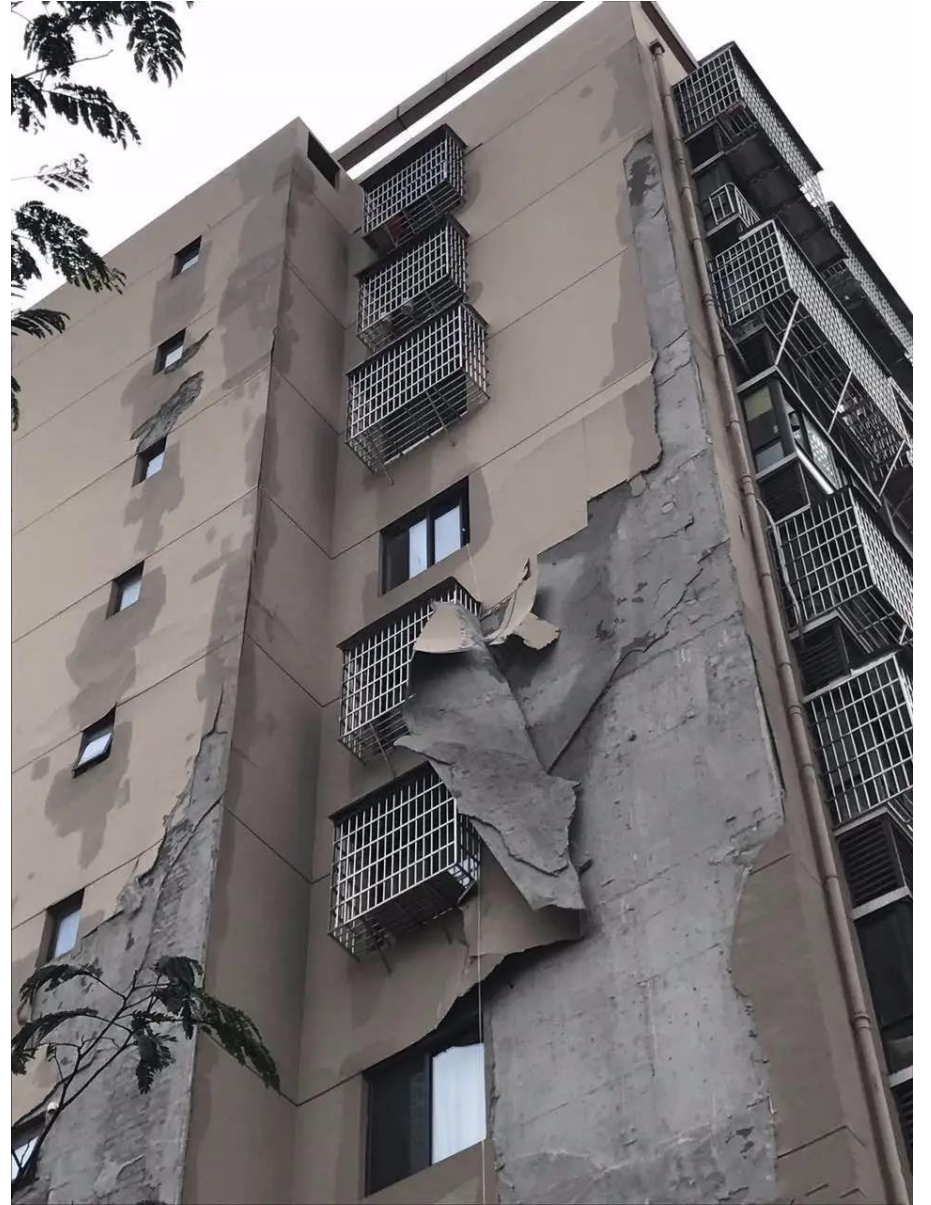
檐口演变@



古希腊神庙檐口

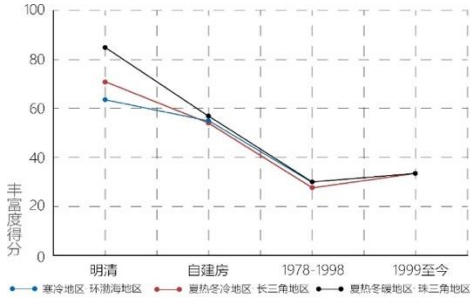


基于防雨水污染的西方古典建筑檐口演变示意



加强耐候性构造设计意义：

- 1、可以降低安全隐患（各种外饰面脱落）、减少维护成本（增强耐污耐久性，减少渗漏返修）；
- 2、耐候性构造也是建筑立面语言的重要组成部分，重视耐候性设计有利于建筑师从建筑本源性机制出发去传承建筑文脉，从而促进建筑创作。



建筑立面丰富度示意

调查研究

影响立面的本源性机制

评价性能	立面语言元素	基本分值 (体现对立面的影响程度)	否定分值 (0/1, 体现元素有无)	得分权重 (0-100%, 设计品质整合)	得分数值	说明
结构性能	S1 檐口出挑	3	1	90	2.7	包括木构出挑、砖石叠涩等处理
	S2 窗上过梁	3	1	90	2.7	指过梁外露参与立面表达
	S3 基座加宽	3	1	90	2.7	因承重而加宽的基础
	S4 收分处理/分段处理	5	1	70	3.5	因承重而在垂直方向的收分处理；因承重而在垂直方向的收分处理，或在墙体不同位置用不同的材料和砌筑方式实现结构衔接
热工性能	T1 墙厚度感	5	1	60	3	热工性能带来的墙体厚度
	T2 墙材外露	5	1	90	4.5	外墙材料兼顾围护和热工两种性能
	T3 开窗模式	10	1	90	9	与热工性能相关的开窗方式、遮阳
	T4 屋顶热工处理	7	1	70	4.9	屋顶的坡度和特殊做法（如双层屋顶和双层瓦）都会关系热工性能和立面表达
	T5 砌筑方式	10	1	80	8	砌筑方式往往与墙体厚度密切联系，而特殊的砌筑方式也会给予墙体特别的热工性能（如空斗墙）
	T6 通风孔	1	1	100	1	加强通风
耐候性能	W1 面层处理	7	1	80	5.6	通过饰面保护墙体，若材料本身耐候性能较好也可直接暴露
	W2 分缝处理	5	1	70	3.5	勾缝、防开裂分缝
	W3 勒脚处理	3	1	100	3	勒脚防水、防撞、防溅
	W4 洞口上檐滴水	3	1	100	3	防止雨水侵蚀窗框
	W5 洞口下檐批水	5	1	100	5	防止雨水侵蚀窗下墙体
	W6 窗框耐候处理	5	1	90	4.5	木窗油漆、金属窗防腐
	W7 门头处理	3	1	100	3	遮雨的处理
	W8 出入口高差	3	1	100	3	利用室内外高差的立面表达
	W9 山墙挡水	1	1	100	1	坡屋顶通常山墙翻边以形成挡水
	W10 压顶处理	3	1	100	3	屋脊或女儿墙通常有压顶处理
	W11 出挑防水	3	1	90	2.7	指构件出挑防止雨水污染墙面
	W12 屋顶形式	7	1	70	4.9	屋顶的坡度大小、铺瓦方式和构件处理都与防水性能及立面形式密切相关
合计		100	-	-	84.2	

建筑立面丰富度评价表

研究结论



三大性能对立面影响力强弱

2000年，朱竞翔设计的盐城卫校首先在国内采用了**金属压顶**的做法，可以看作是对耐候性构造设计的一种理性回归，但这一做法并未引起建筑师的重视，甚至一些建筑师仍然把金属压顶看做一个装饰线条而已。



某建筑压顶



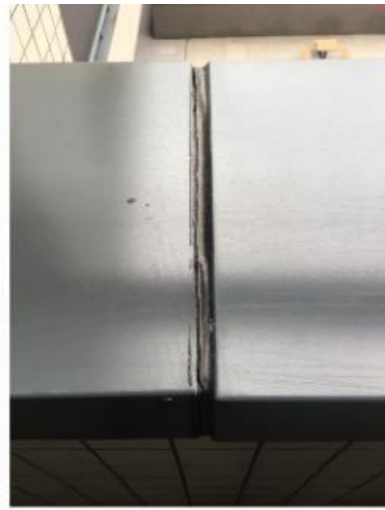
✓ 盐城青少年活动中心压顶



未设置压顶



压顶流胶



密封胶老化



涂料分隔缝未与立面洞口形成模数关系



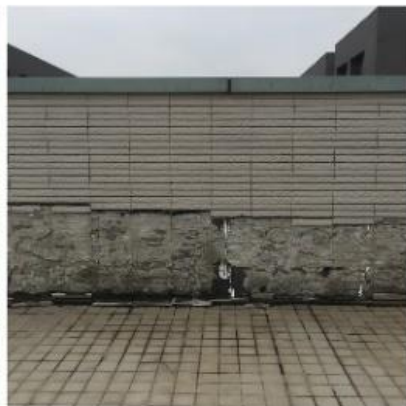
铝单板空鼓



铝单板流胶现象



压顶内侧石材脱落



女儿墙根部漏水



金属屋顶不抗风



两种材料之间的接缝未处理



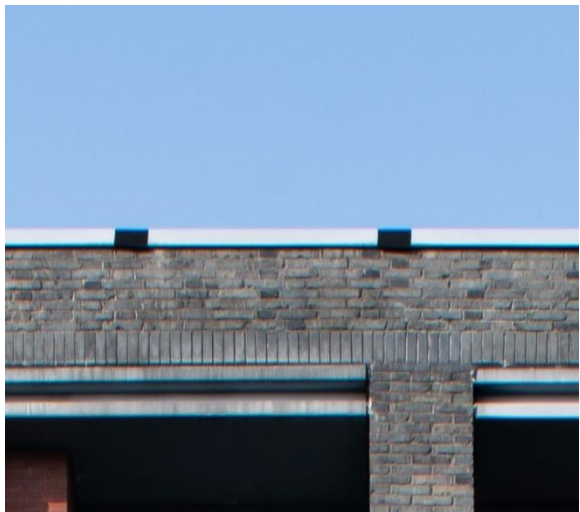
石材胶缝参差不齐

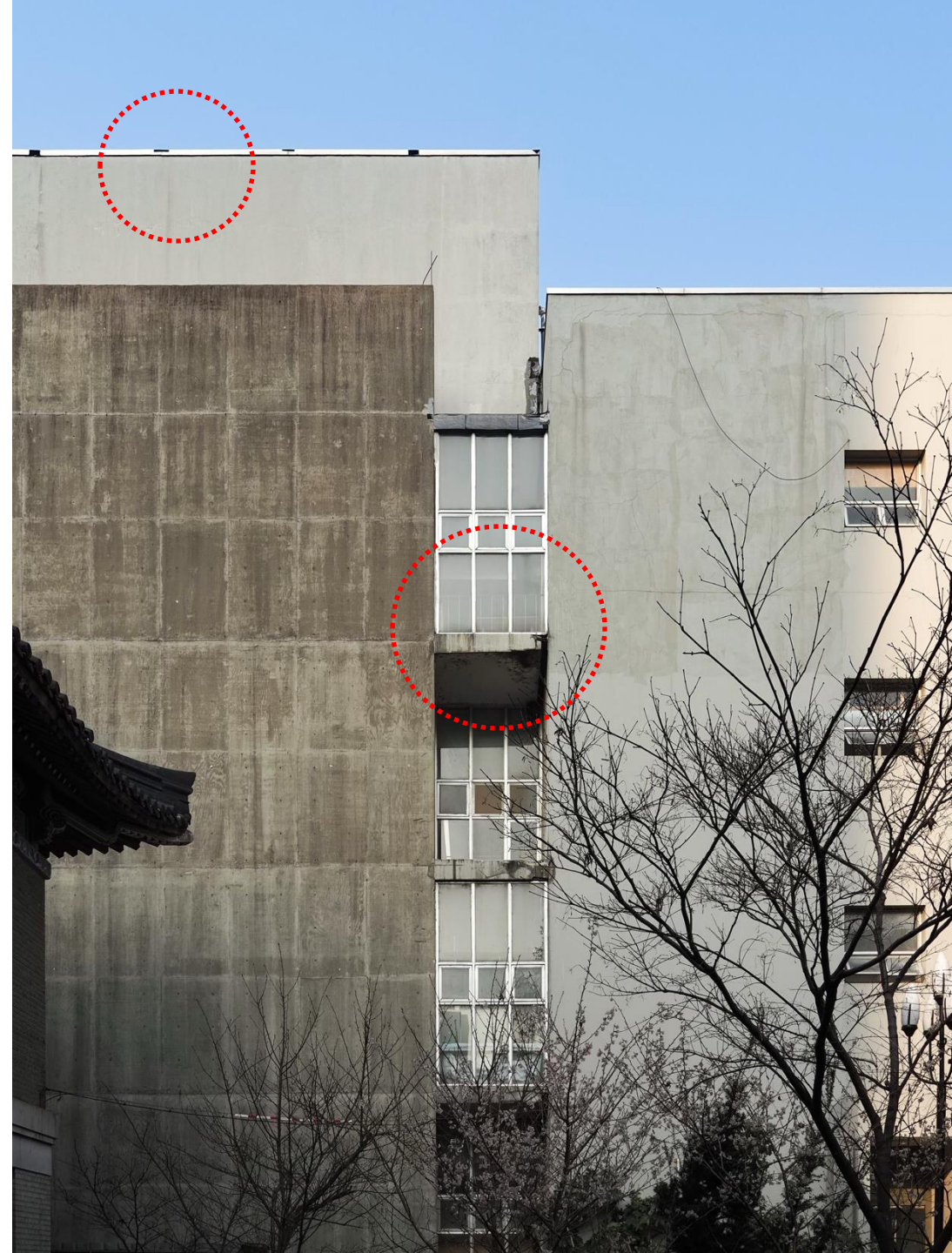


通缝导致的误差积累



直到今天的国内建造现状





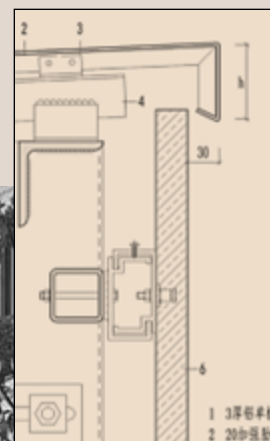
1998



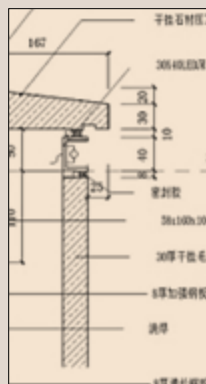
2001



2004



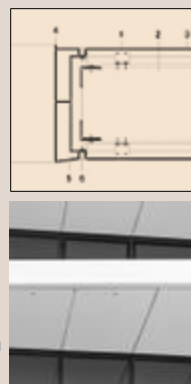
2006



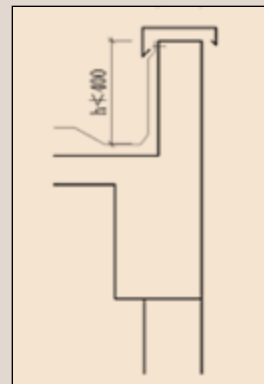
2009



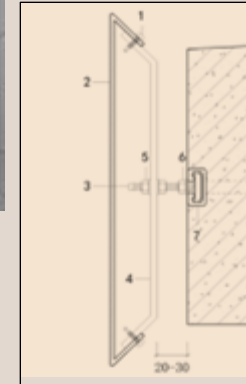
2014



2017



2023



1998

不成功的压顶

南京通用电气办公楼



2001

不成功的压顶

东莞市人民大会堂



2004-2005



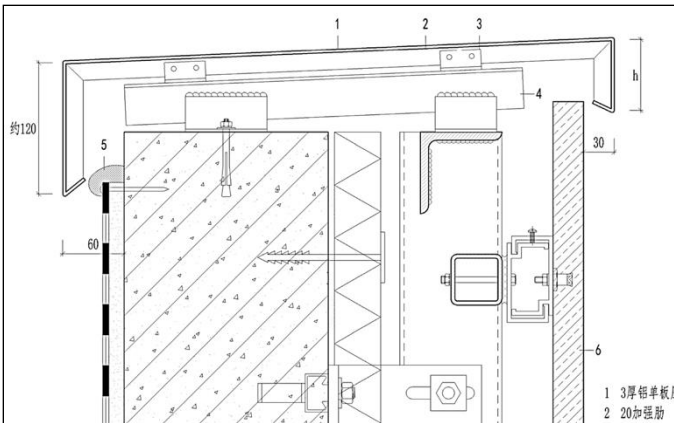
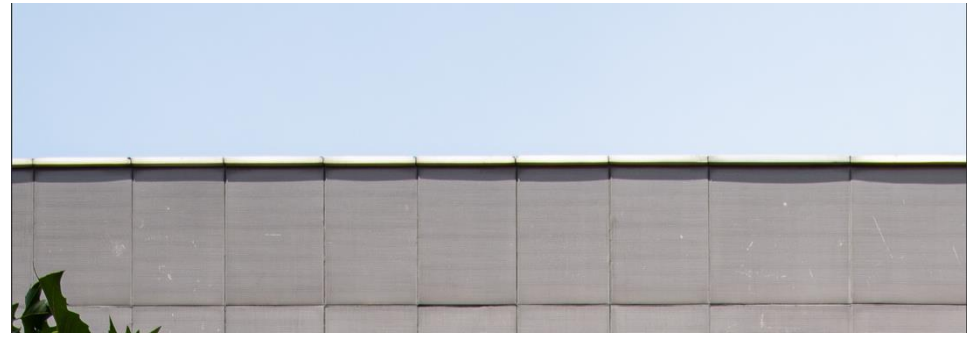
不成功的压顶

河海大学风雨操场



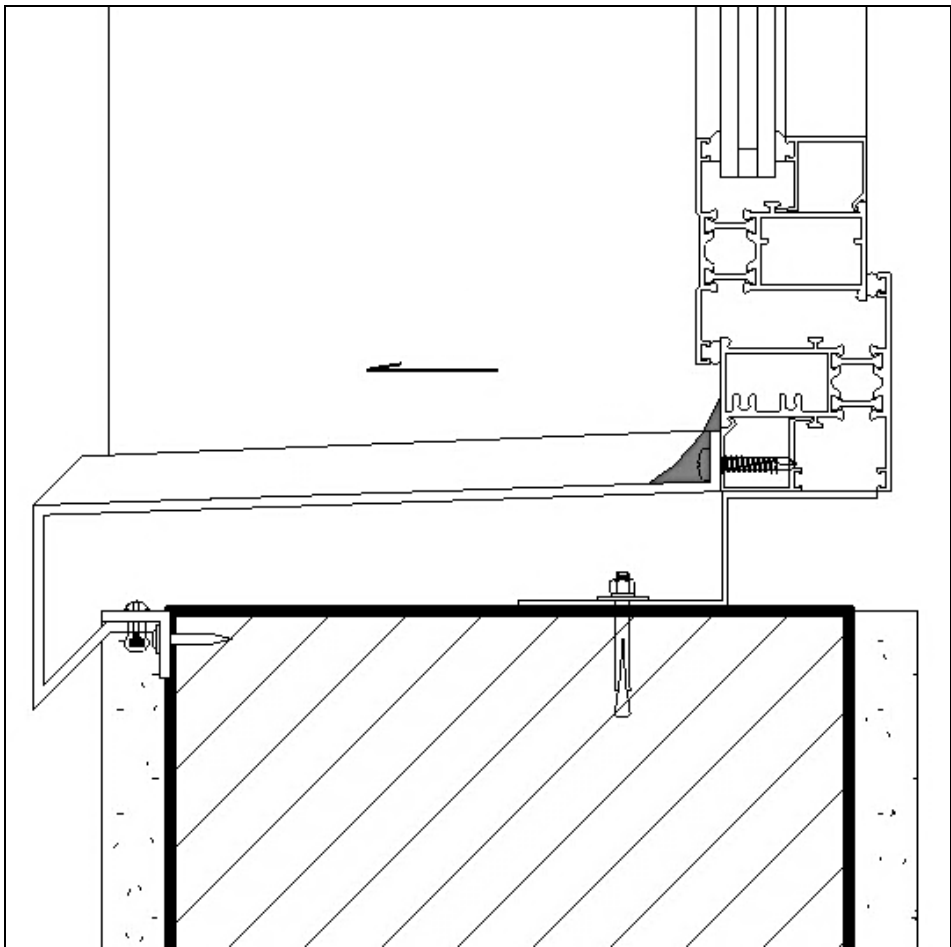
2003-2006

较为成熟的女儿墙压顶
长兴图书馆



2003-2006 较为成熟的披水

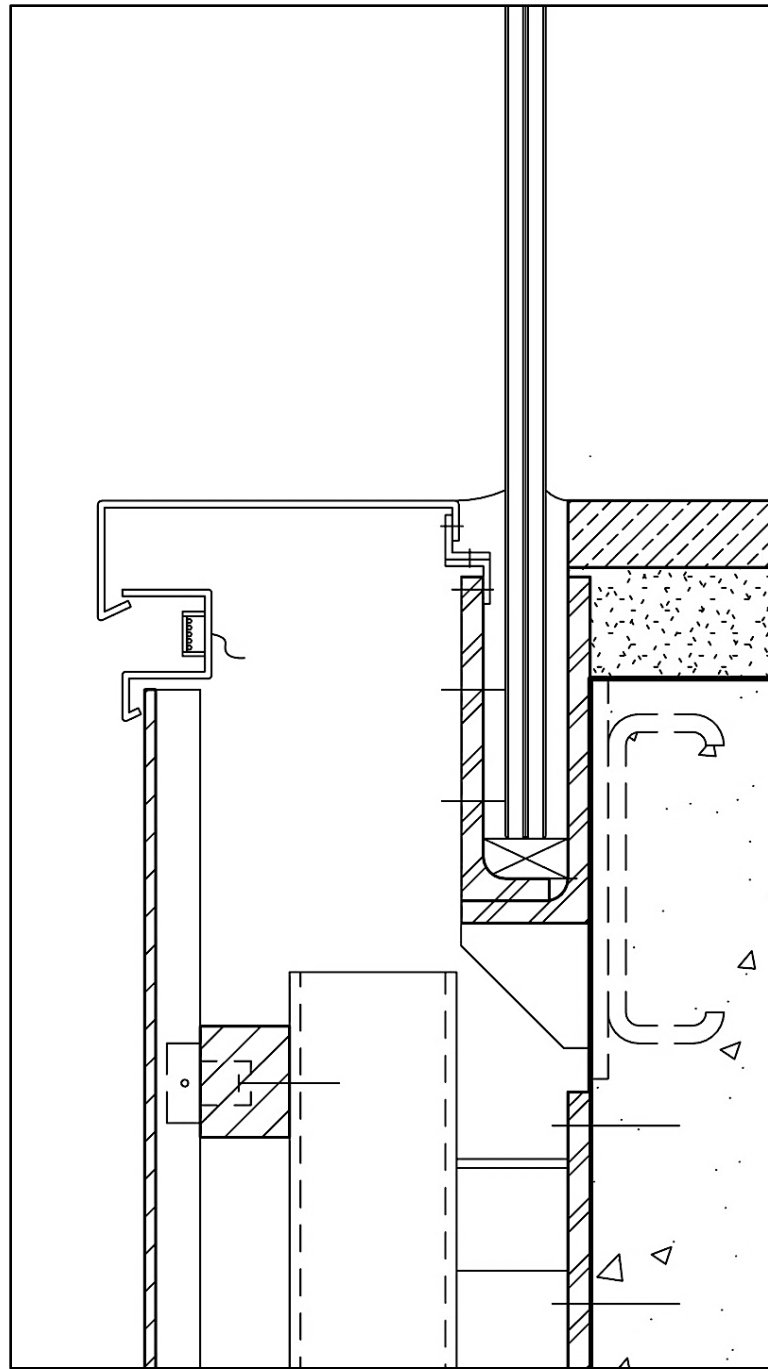
长兴图书档案馆



2007-2009

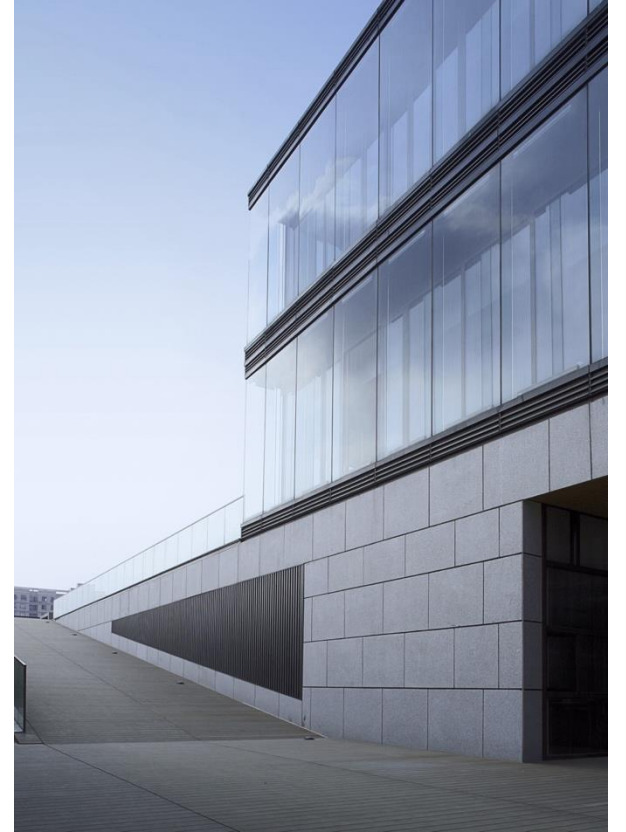
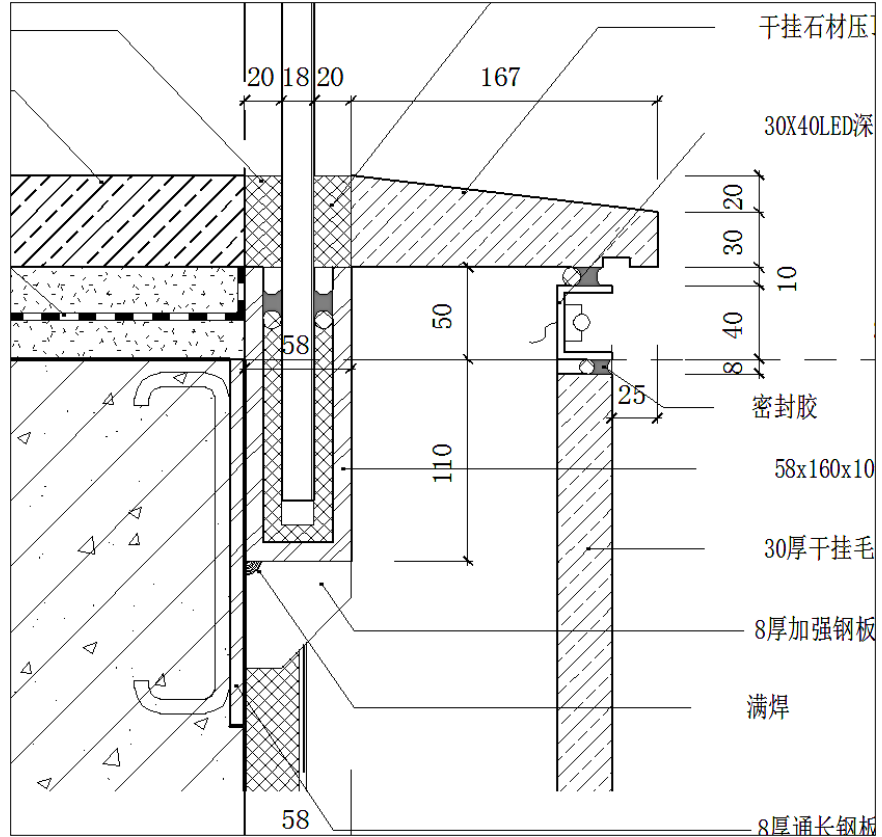
结合灯带的压顶细部

长兴图广播电视台



2003-2006

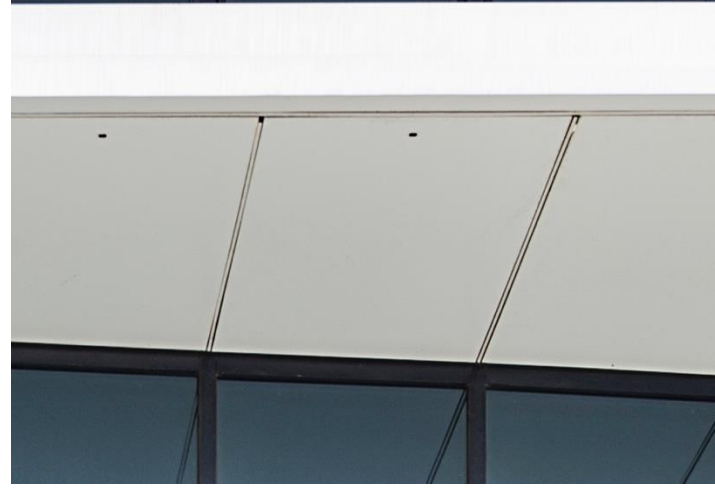
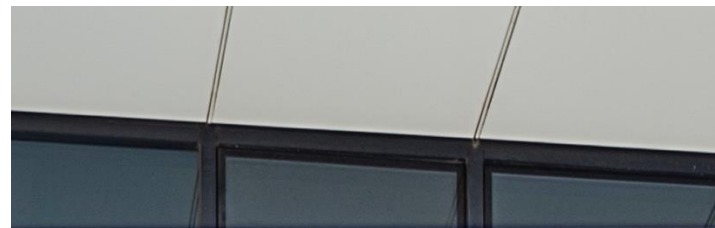
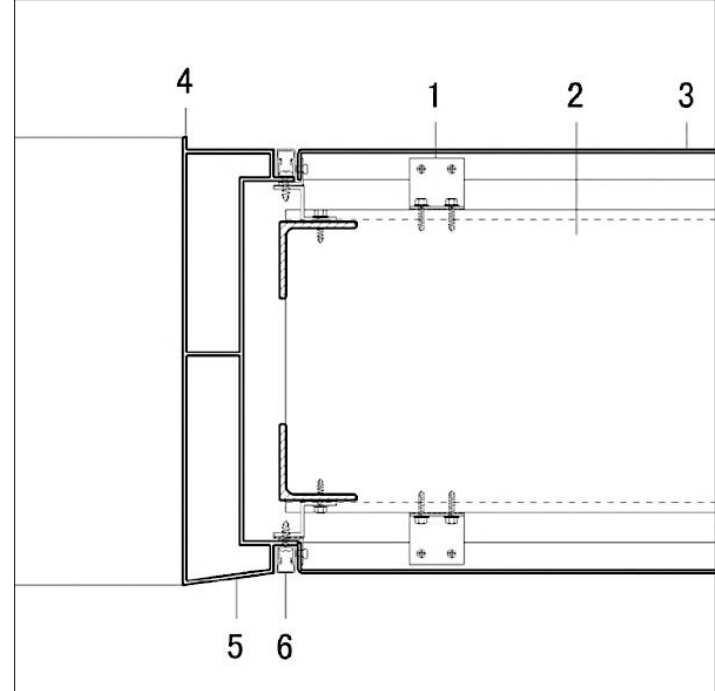
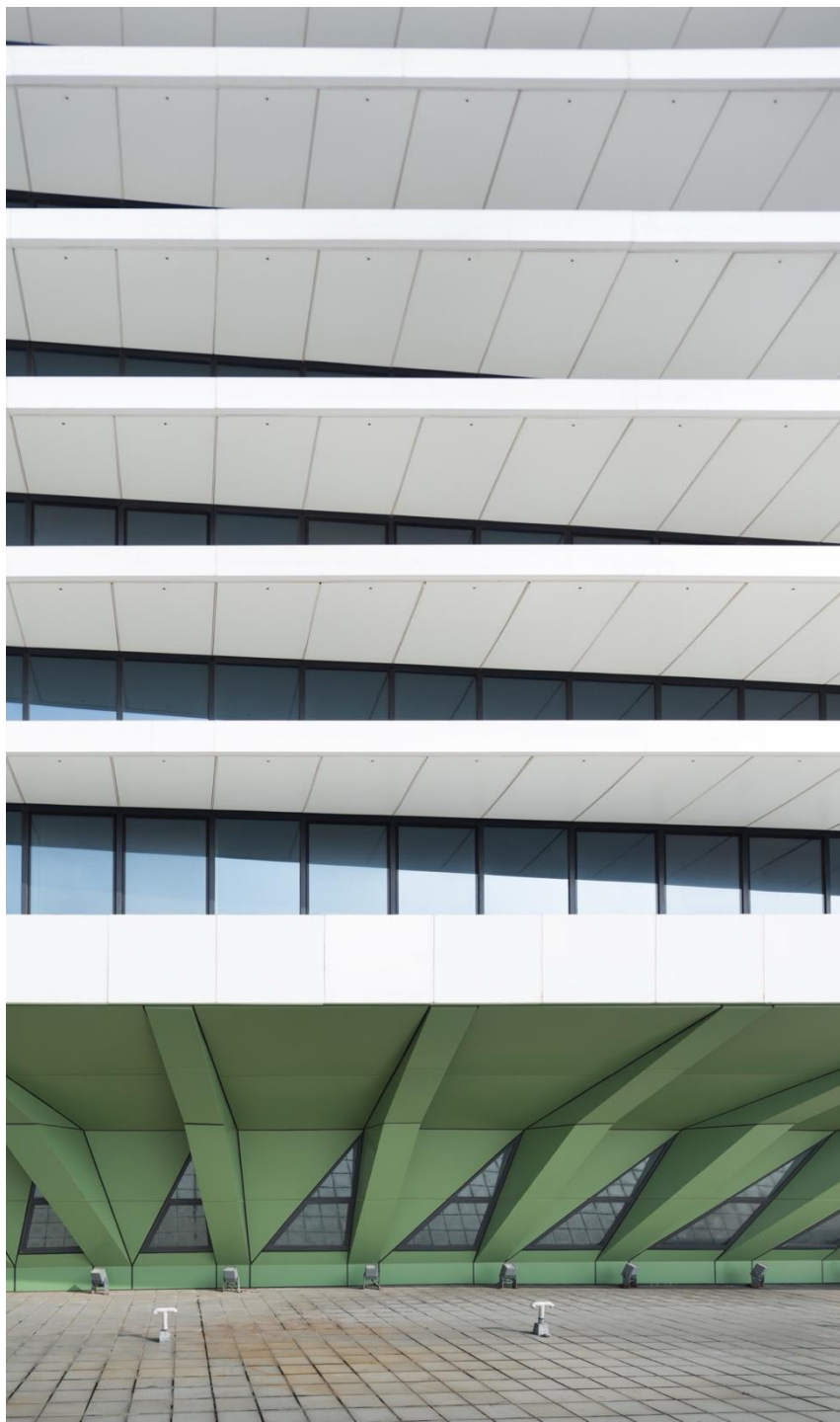
结合灯带的压顶细部 长兴图广播电视台



2013-2016

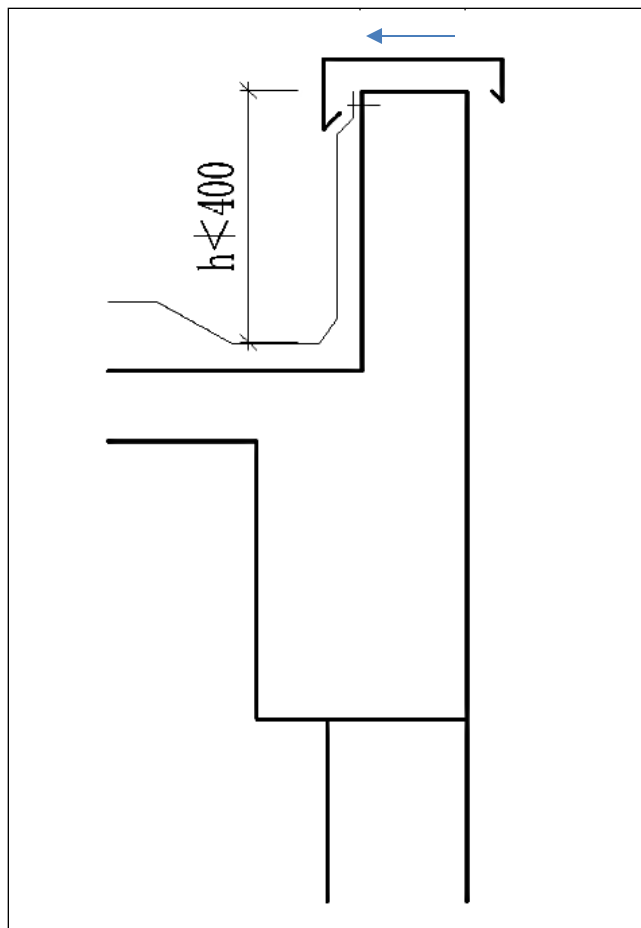
避免污 染的遮 阳板

长兴建
设大
厦



2015-2017

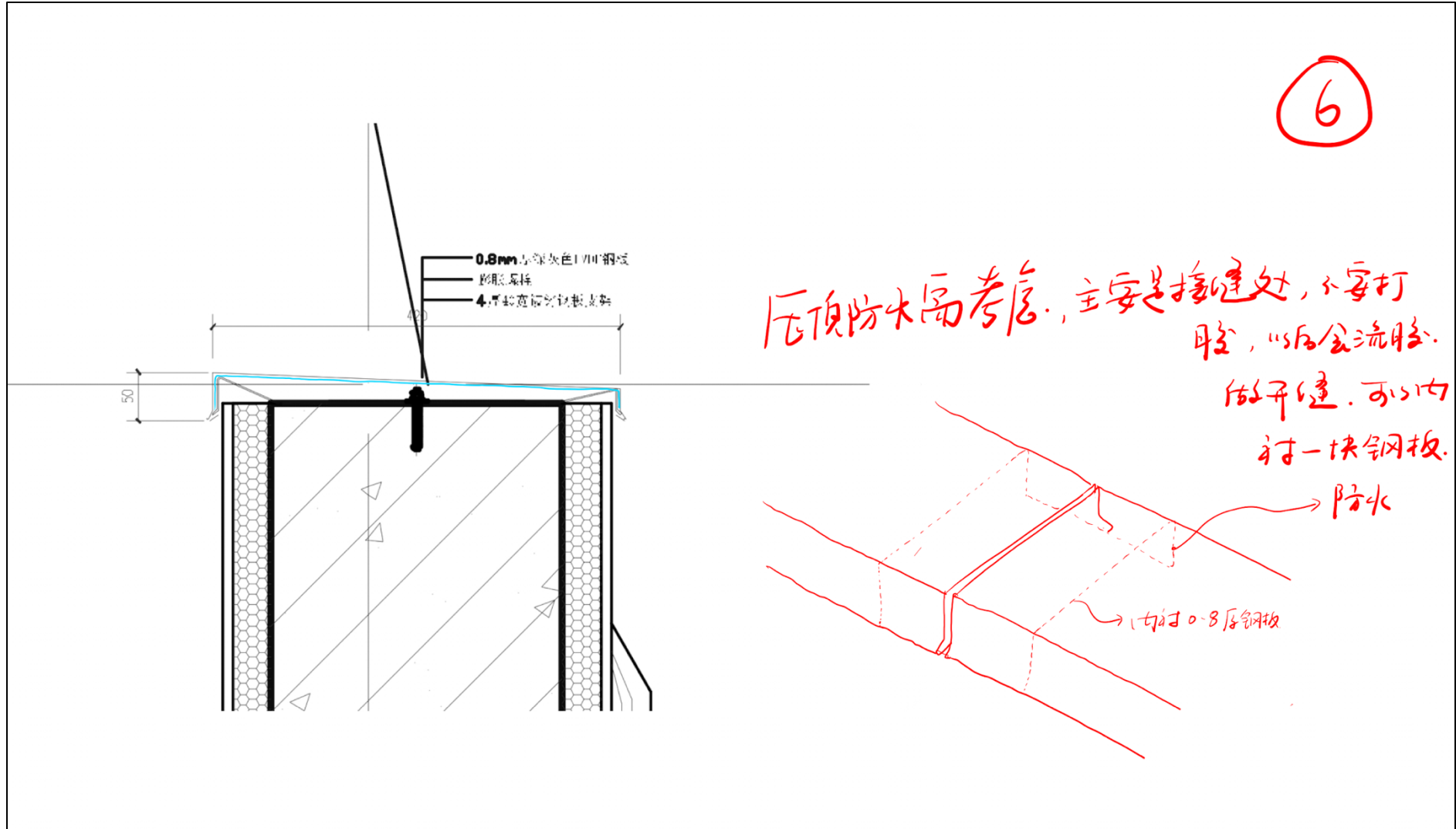
较为成熟的压顶
长兴回龙山幼儿园



2022-2024

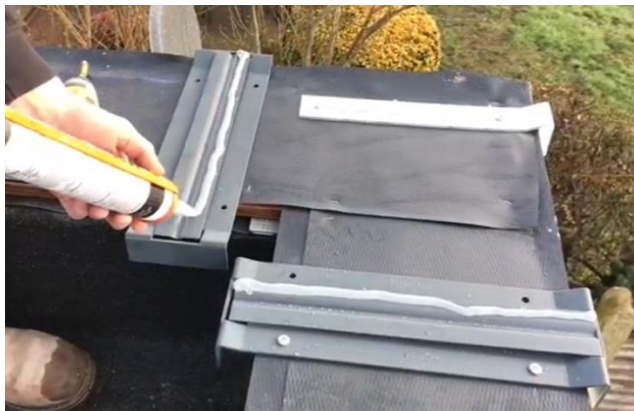
符合国内技术禀赋的压顶
南京溧水薛礼东路幼儿园

建筑师提出概念



2022-2024

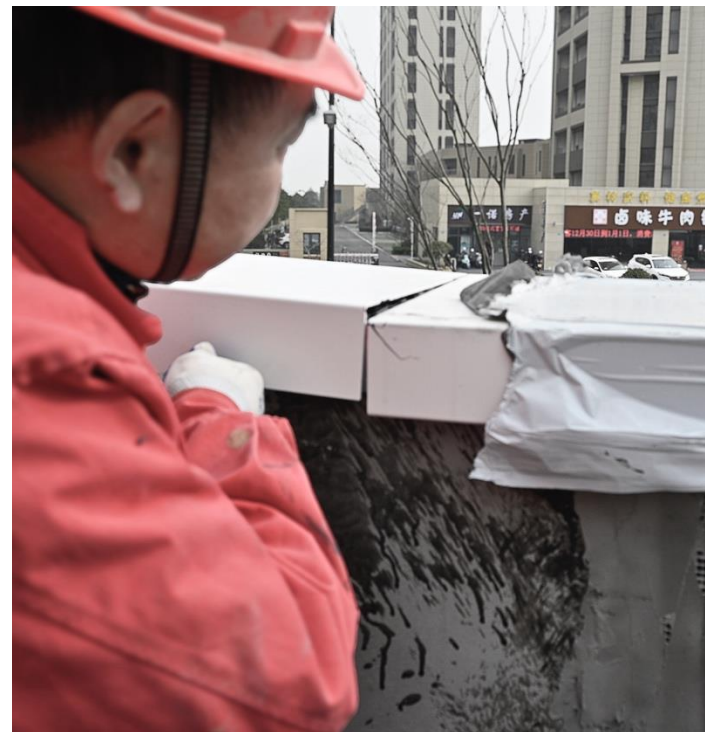
与幕墙设计师探讨国外
压顶的做法

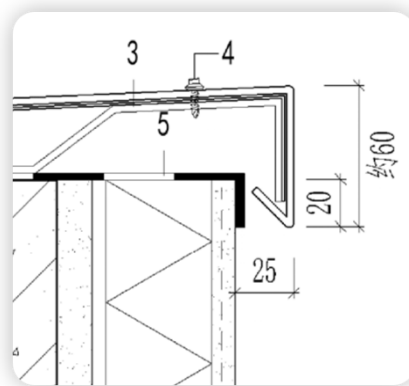
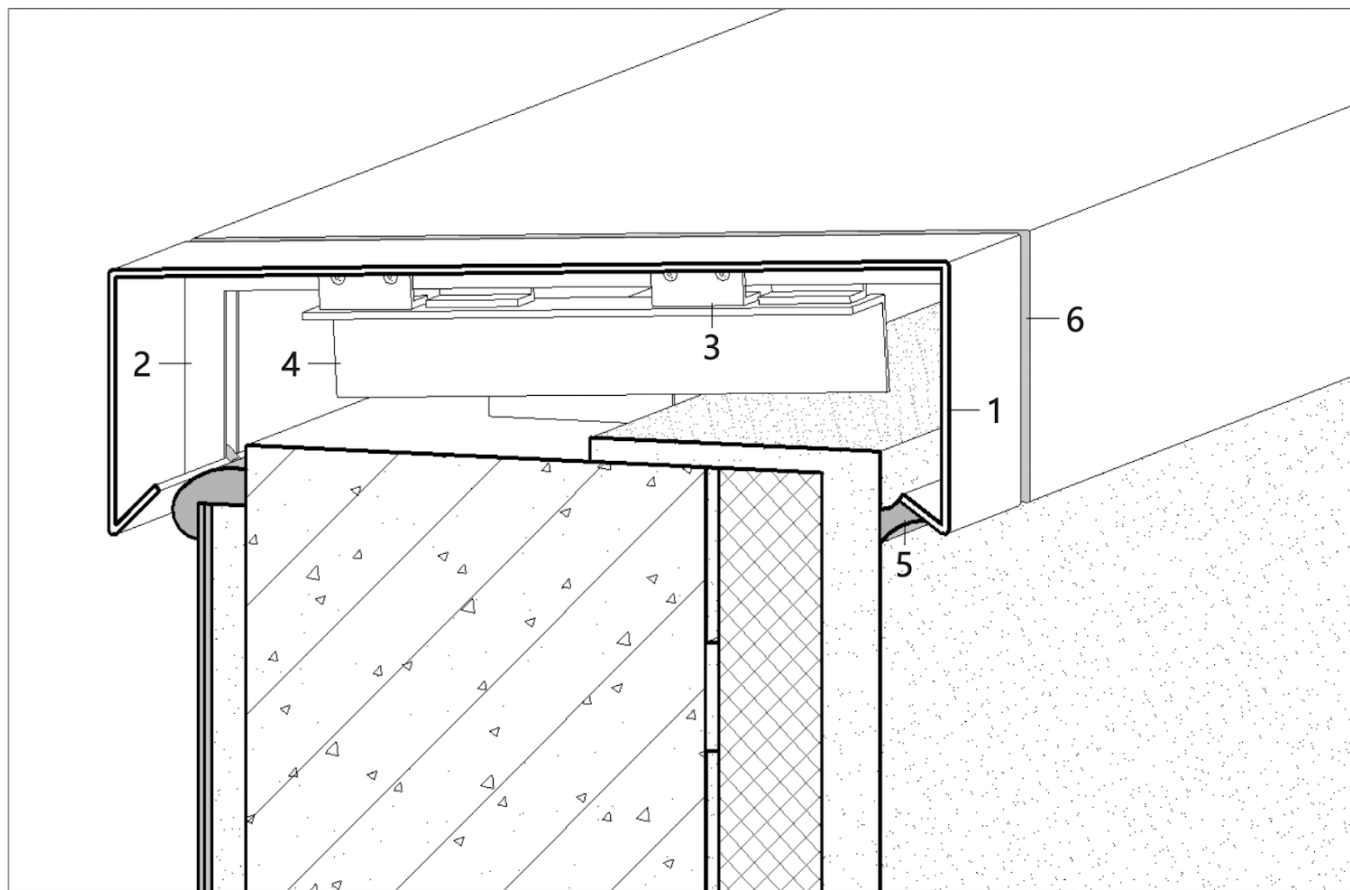
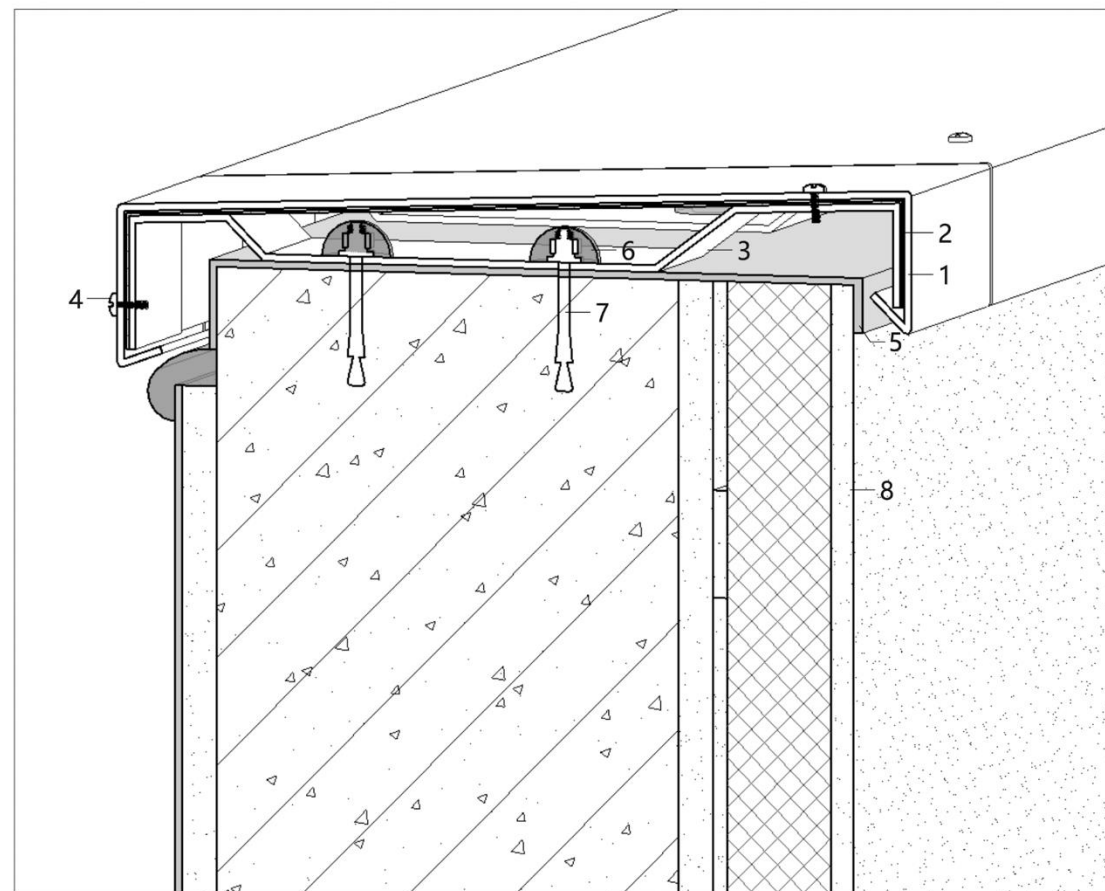
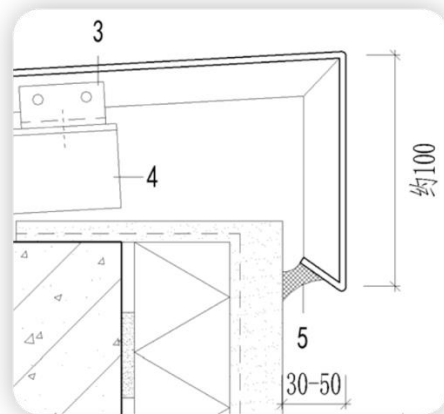


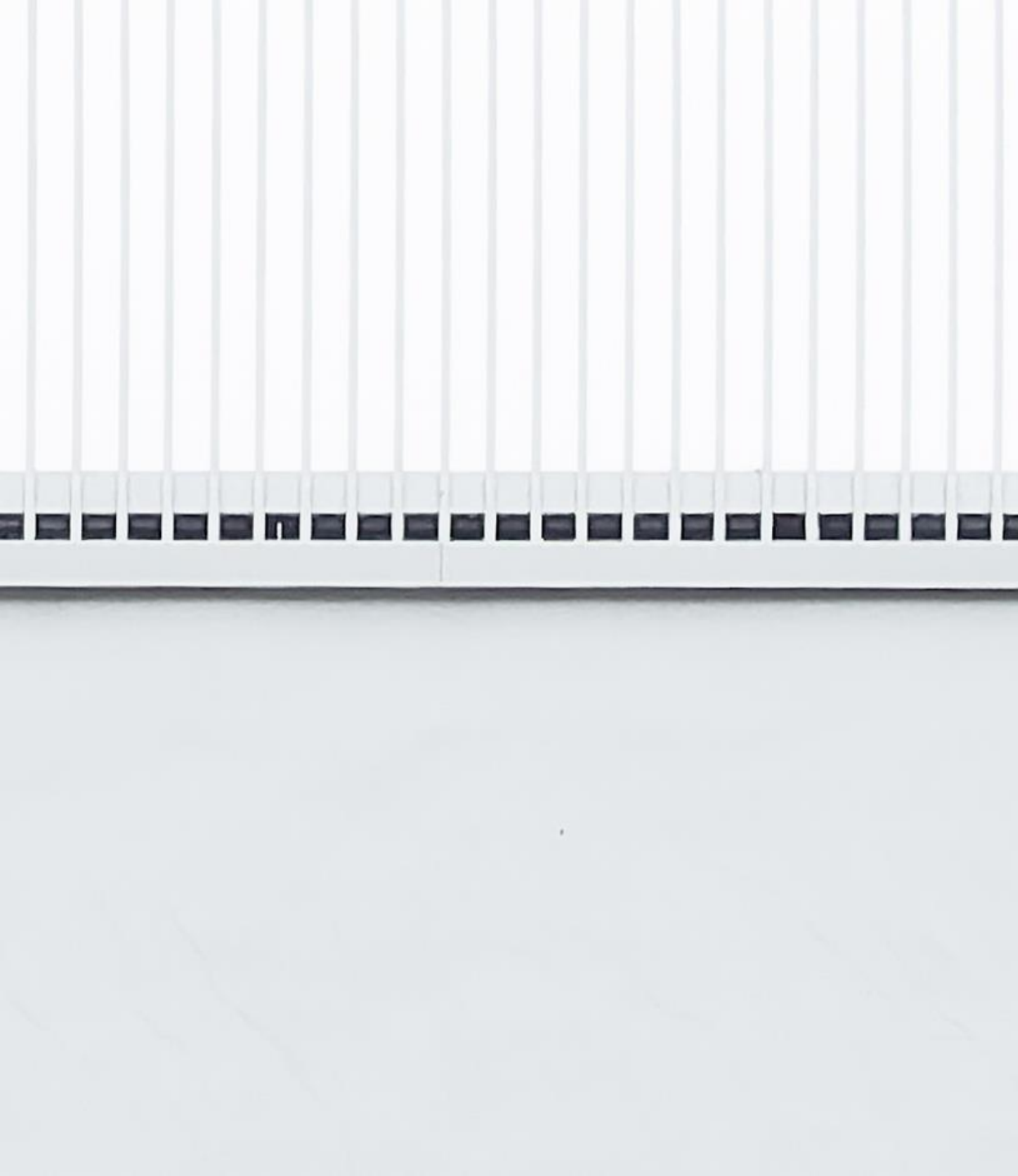
结合国内实际条件



国内施工现场
无缝密拼 不流胶







一本图集 《民用建筑外围护结构耐候性构造设计图集》

2018-2023

十三五国家重点研发计划重点专项：经济发达地区传承中华建筑文脉的绿色建筑体系

江苏省土木建筑学会标准设计图集

T/JSTJXH 44-2024

民用建筑外围护结构耐候性构造设计

2024-09-03 发布

2024-12-30 实施

江苏省土木建筑学会 发布

中国建筑工业出版社

一、问题导向的构造设计：

(1) 建造中的耐候性问题



压顶流胶

密封胶老化

施工问题还是**设计**问题？

常见的耐候性问题引发的应对措施，诸如潮气发霉、伸缩变形、渗水、防风等，这些问题首先是应该从**设计源头**加以杜绝的，然后才是施工质量加以保障

包含设计原理的图集

6.2.2 金属压顶：为了避免压顶流胶造成边缘侵蚀，金属压顶宜采用开缝构造，防渗漏应依靠基层防水材料；金属压顶横向伸缩接缝可采用1-2mm开缝连接。

【条文说明 6.2.2】

防水材料的防水性能优于金属压顶，多数金属压顶只能通过打密封胶的方式防水，密封胶朝天受阳光曝，易老化并流胶，防水隐患大，视觉污染严重。因而应将防水功能交给卷材，而将保护卷材和避免灰尘污染墙面的功能交给金属压顶。

1 铝单板压顶：

(1) 开缝做法：采用2.5-3mm厚铝单板，表面涂层宜采用氟碳金属漆三涂，铝单板下铺设防水材料1-2道，铝单板横向伸缩接缝采用1-2mm开缝构造。

金属压顶作用是避免紫外线照射，延缓卷材老化。

斜坡将表面雨水尽快排向屋面，同时避免压顶积灰，流向外墙造成污染。

防水材料起到真正的防水作用，而不应将防水功能交给金属压顶。

压顶离外墙面3-5cm并形成鹰嘴，进一步减少积灰流向墙面的可能性。

压顶面向屋顶一侧也应形成鹰嘴，避免雨水渗入卷材收头。

金属压顶功能分解图

1 2.5厚铝单板，氟碳喷涂

2 1.5厚止水铝板，400宽（上抹四道密封胶）

3 1.5-2厚热浸镀锌钢支架，100宽（开长圆孔）

4 防风揭螺钉（台风地区选用）

5 防水透气膜/铝箔面三元乙丙自粘卷材（向下搭接20）

6 防水密封胶

7 膨胀螺栓

8 女儿墙体点粘胶保温板（按工程）抗裂网格布饰面涂料/面砖

9 打止水密封胶

注：

- 2.5厚铝单板开缝处理，接缝宽1-2mm，长度可做3-4mm左右，以减少接缝数量。
- 止水金属板优先选择1.5厚铝单板，耐候性好。
- 在非台风地区热浸镀锌钢支架选1.5厚，台风地区应加大至2厚。支架间距1000-1200mm。支架需用木楔块找平。
- 防风揭螺钉在台风地区或风力较大的地区选用。
- 膨胀螺栓应抹密封胶增强防水性。
- 本做法适用于冬冷夏热、冬暖夏热及温和地区。

金属压顶——粉刷类外墙饰面

图集号 T/JSTJXH XX-2023

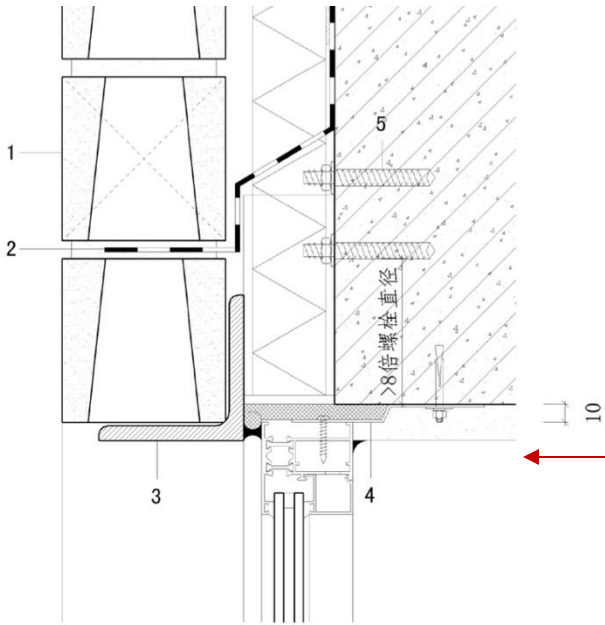
页次 6-13

①

②

③ 抗风支架

(2) 相关图集集中的耐候性设计问题

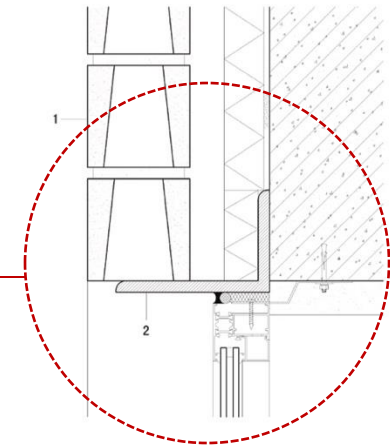


② 角钢承托做法大样图

改进做法

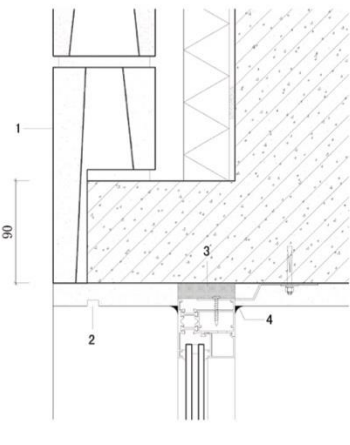
2 夹心保温墙窗洞口上檐设计：

- 1) 避免冷桥：在寒冷及冬冷夏热地区洞口过梁宜采用避免冷桥的构造设计，以防止结露。过梁无保温处理只适用于冬暖
- 2) 冷桥构造：通常为了保证立面的整体效果，宜采用专用上口砖、角钢承托以及混凝土过梁外贴切片砖等构造做法。
- 3) 积水排除：洞口上口砖应设置露明竖缝以排除保温层积水，每个窗洞口不少于2个。
- 4) 窗的位置：窗在洞口的前后位置应与保温层连通。



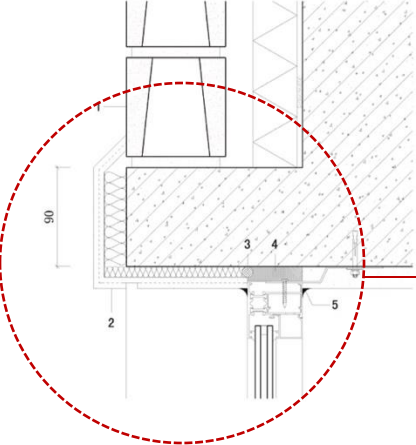
注：· 保温层无法与窗拉通，角钢成为冷桥。
· 保温板在角钢处不好安装，容易脱落。
· 在无结露现象的地区（冬暖夏热）可适当采用。

① 不妥做法一（角钢成为冷桥）



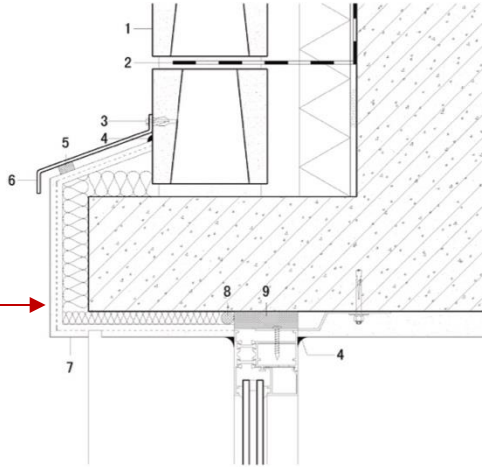
· 过梁底部砂浆易脱落，砂浆与专用砌块收口处抹平做法易出现毛边、裂缝现象。
· 有冷桥现象。

② 不妥做法二（专用砌块）



· 过梁处粘贴保温材料不美观，也易脱落。

③ 不妥做法三（过梁处粘贴保温材料）



改进做法

(3) 设计意图带来的耐候性问题



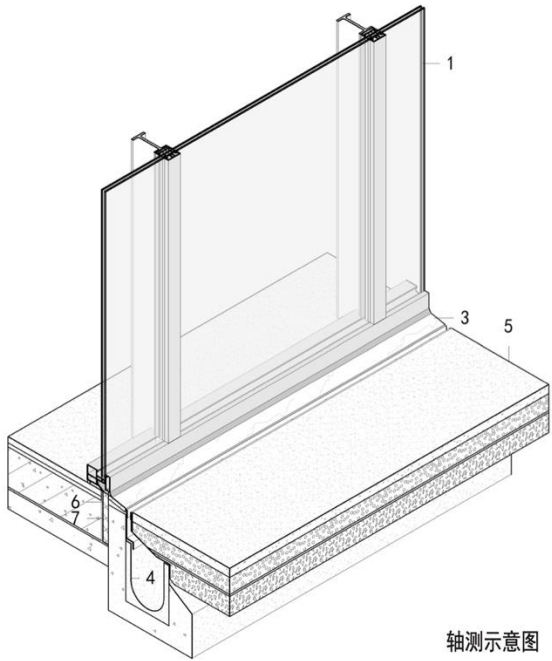
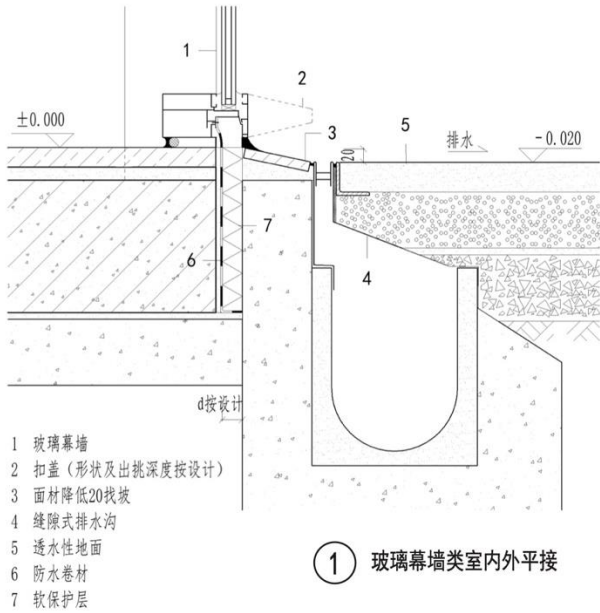
青岛世园会科技馆,2014, 集筑建筑工作室

因无障碍设计而将室内外平接，引发防雨水倒灌的构造



- 3 室外地面宜采用透水性地面，便于尽快排走雨水。
- 4 建筑外墙如为落地玻璃幕墙时，其根部与地坪交接处应设置排水沟。

【条文说明 3.5.2-4】
当玻璃幕墙落地时，根部无法设置混凝土翻边和铺设防水卷材，因此应设置排水沟。



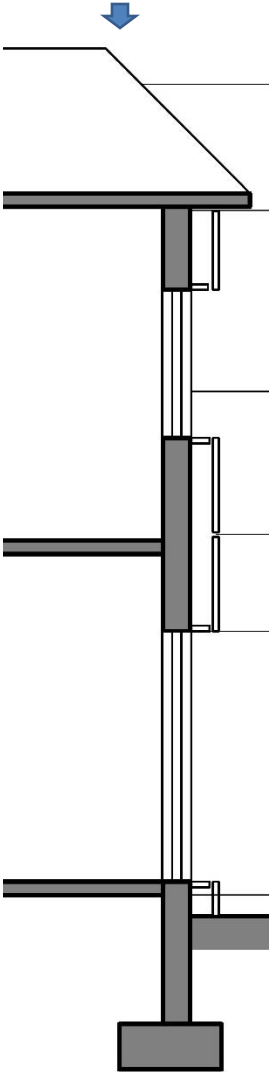
室内外平接实墙根处理（三）	图集号	T/JSTJXH XX-2023
	页次	3-48

图集的使用方式

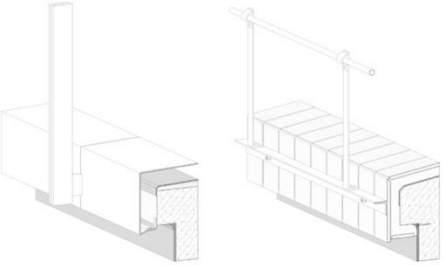
部品部位

问题索引目录

解决措施



屋顶
墙顶
洞口
接缝
墙身
墙根

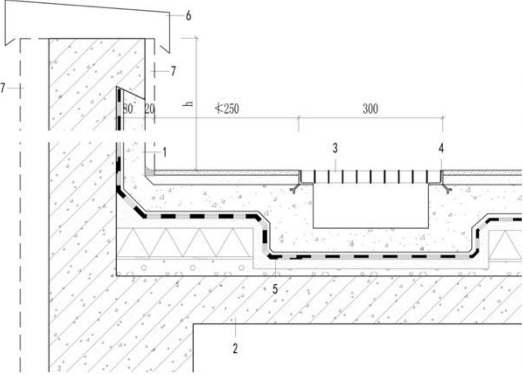
墙顶 ○		上人屋面女儿墙卷材翻边表面不得湿贴石材、面砖和刷涂料，易脱落和开裂。
	防止女儿墙表面脱落，避免破坏内侧卷材	6-9 至 6-14
		包括坡度与出挑、防水等级、防水构造与顶部穿越。
墙身 ○	压顶基本技术措施	6-15 至 6-17
		为了避免压顶流胶造成边缘侵蚀，金属压顶宜采用开缝构造，防渗漏依靠2道防水材料完成，金属压顶起到保护卷材和避免积灰污染墙面的作用。
墙根 ○	防止金属压顶流胶	6-18 至 6-24



女儿墙表面脱落照片



女儿墙样板照片



① 细石混凝土翻边法

- 1 细石混凝土翻边
- 2 内配双向钢筋网片
- 3 结构屋面板
- 4 泡沫混凝土找平找坡，最薄处30
- 5 6 厚挤塑保温板，耐火B1级
- 6 20厚水泥砂浆找平层
- 7 2道3厚SBS改性沥青防水卷材
- 8 塑料薄膜隔离层
- 9 50厚细石混凝土，内配双向钢筋网片
- 10 20厚1:3干硬性水泥砂浆
- 11 10厚防滑地砖
- 12 3 不锈钢收边h30×3厚
- 13 30×30×4不锈钢角钢
- 14 附加卷材一层
- 15 压顶
- 16 外饰层

注：女儿墙样板照片来源于江苏省产业技术研究院项目（设计GMP）。

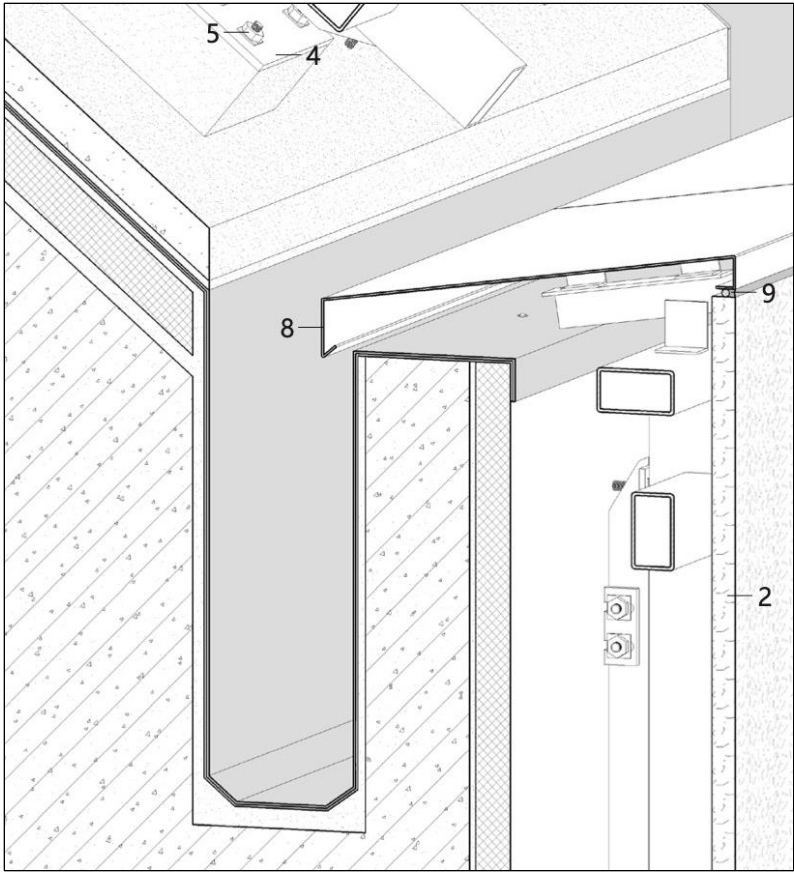
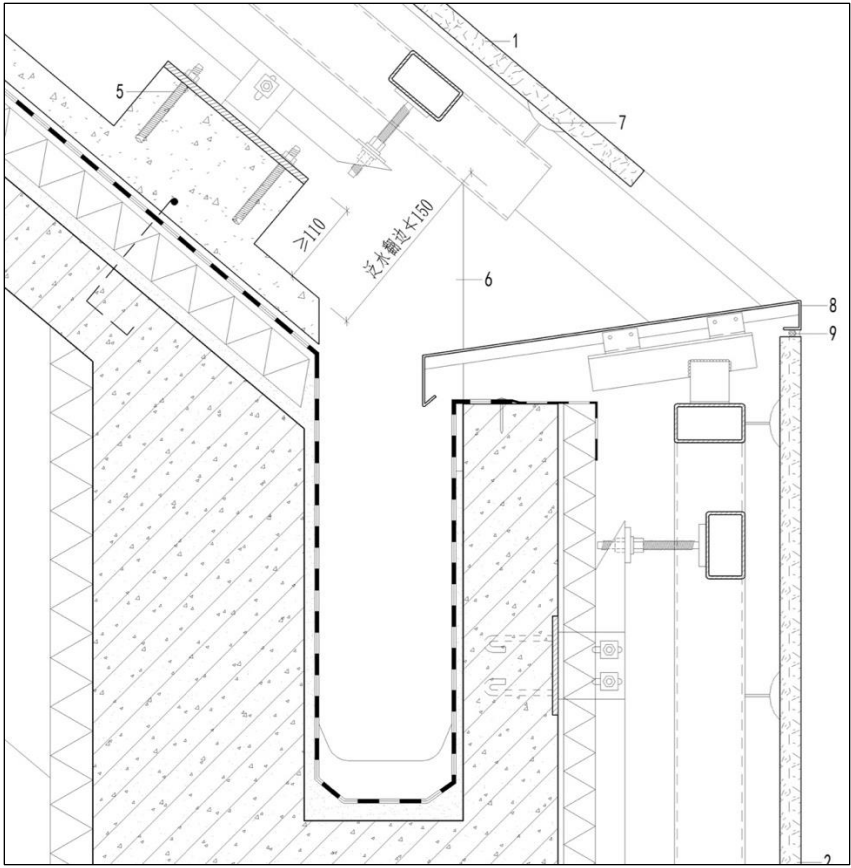
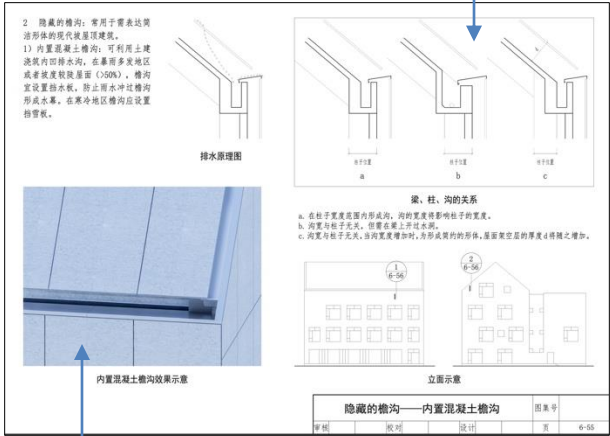
女儿墙内侧卷材保护处理——细石砼法

图 号	T/JSTJ1301 XX-2023
页 次	6-10

注：由耐候性问题引发的构造措施，用 ○ 表示。
由设计意图引发的构造措施，用 ● 表示。

独特直观的构造分析与表达

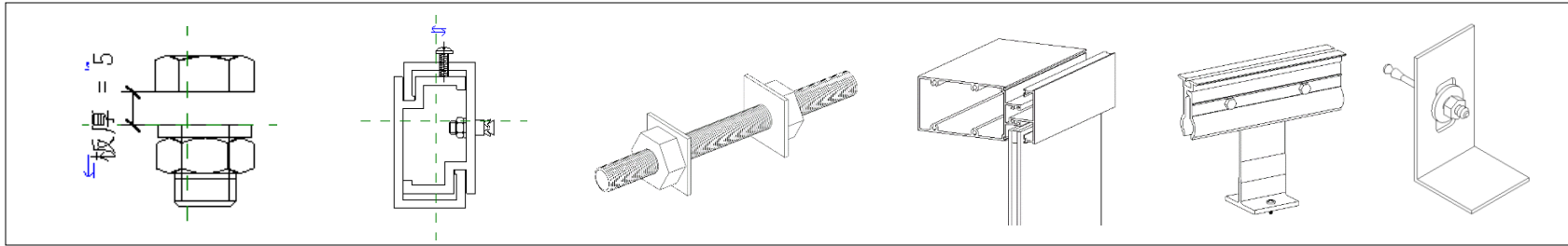
本图集增加了部分原理性解释图例，以便于建筑师结合原理在实际工程中灵活设计和运用。图集具体到某个部品的耐候性设计通常由原理示意图、二维构造大样和三维详图组成。



实景照片
或渲染

二维详图
三维详图

BIM详图构件配套族库



2019-2021

3.6 一个耐候性案例分析

2019- 南京迈皋桥兴卫村基层社区服务中心

Nanjing Maigaoqiao Xingwei Village Primary Community Service Center



城市织
补

开放性

能源利用

场地

耐候性
能

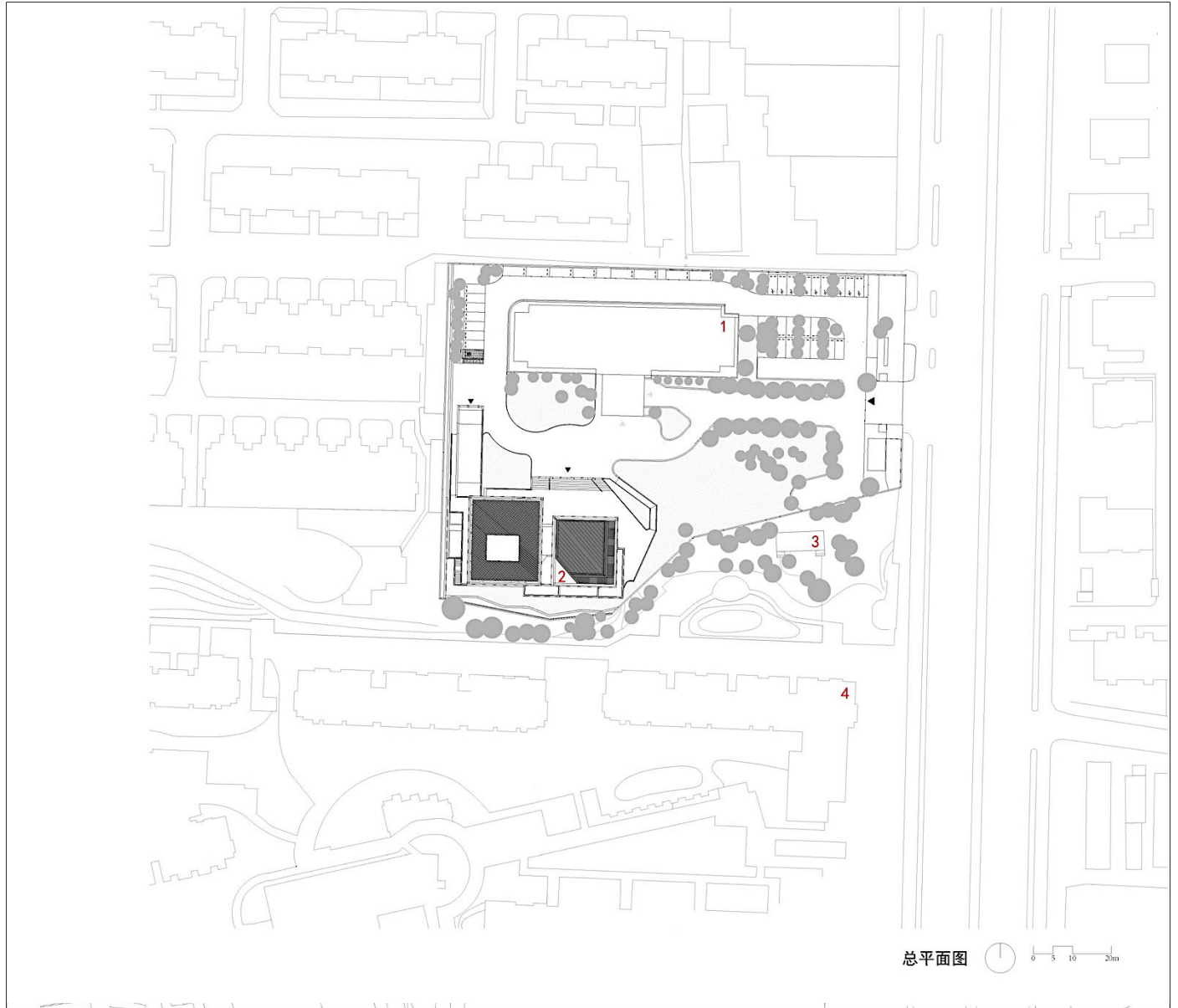
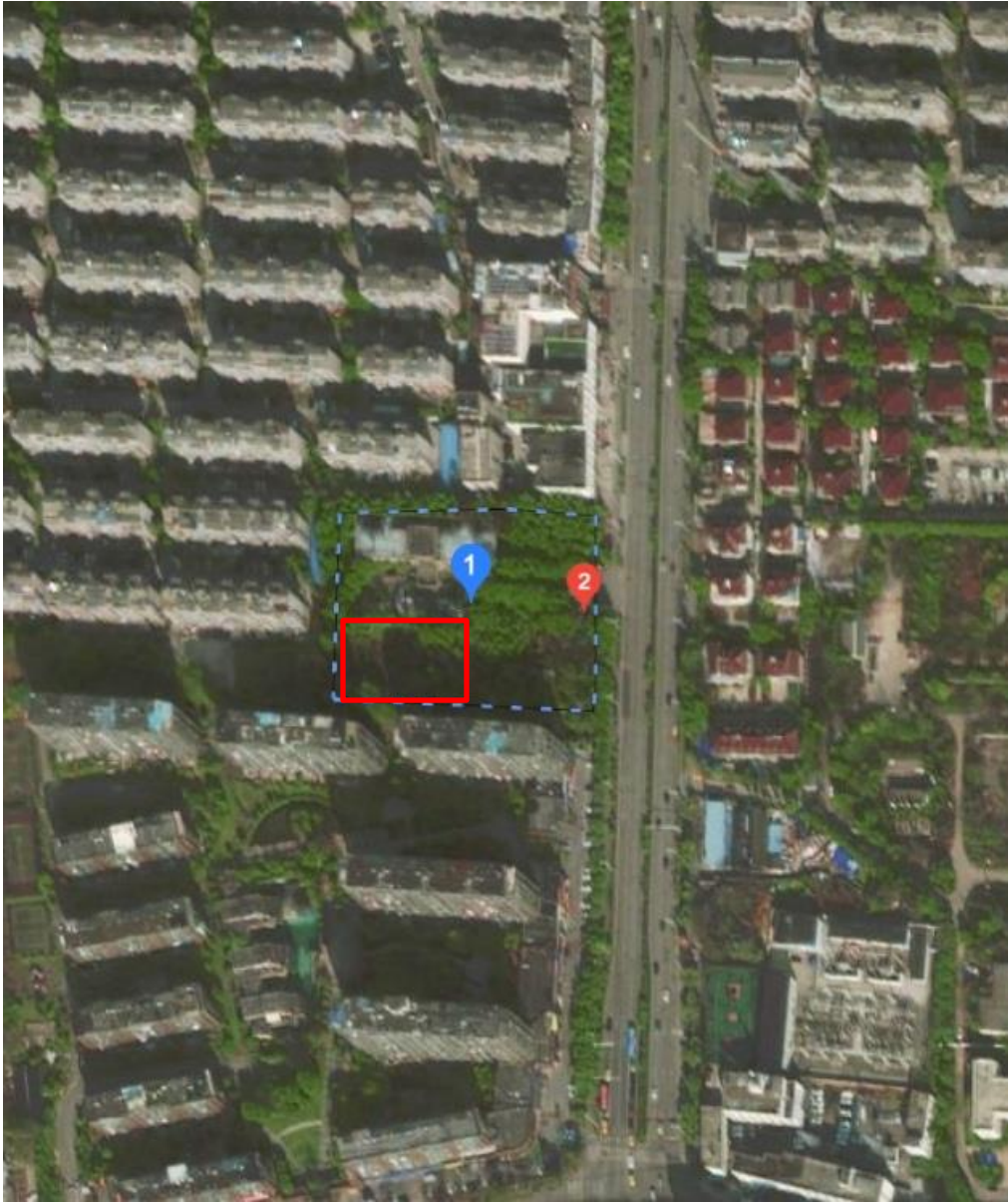
构造

热工性
能

力学性
能

材料

空间



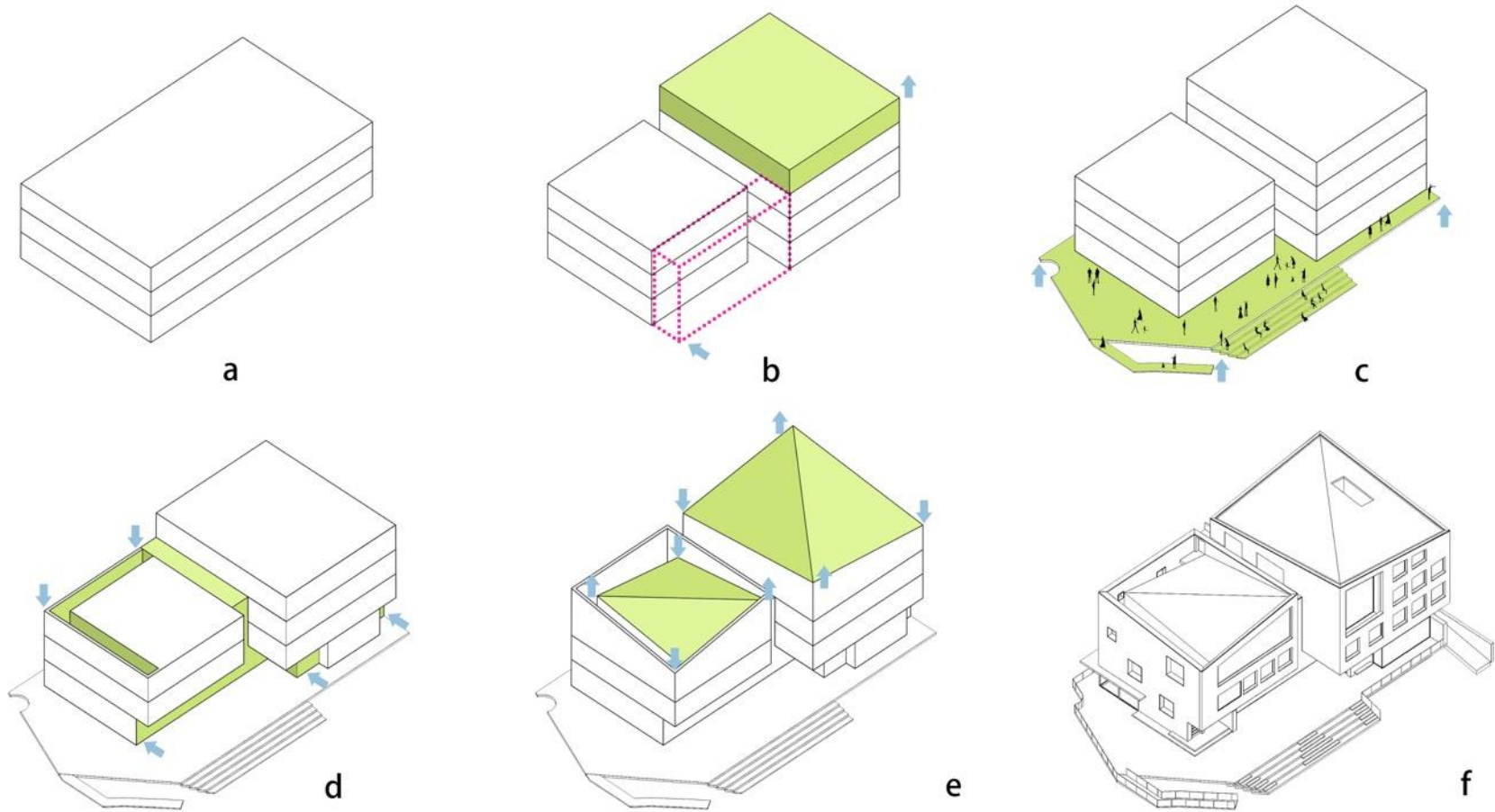
形体生成

根据测算，需要一个三层的建筑体量才能满足功能需求。然而，三层的体量在有限的基地中有些拥塞，设计将建筑形体一分为二，减缓了压迫感，并切掉一块体量形成入口空间。将切掉带来的面积损失补足在西侧体量上，于是形成了三层加四层的组合形体，体量的高低错落，让建筑尺度变得亲切，具有“家”的气质（图a-b）；

建筑离周边围墙距离很近，为了降低造价，设计将建筑整体抬高1.2米形成半地下室，减少了开挖深度，并省去围墙支护施工。抬起的平台与坡道、台阶结合，形成了利于社区活动的空间（图c）；

接下来，将东侧建筑形体底部进行减法切割，形成入口虚空间，并利用疏散楼梯及其平台丰富立面语言（图d）；

最后，利用现代坡屋顶进一步增强亲切感，创造家的感觉，并兼顾建筑第五立面的表达（图e-f）。







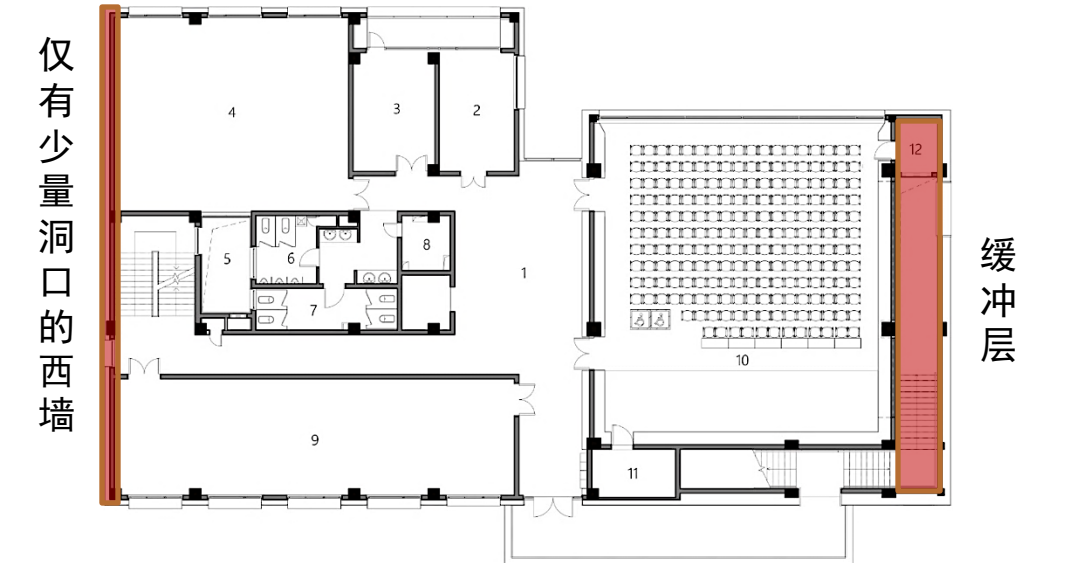


策略 1

利用室外疏散楼梯形成缓冲作用, 同时丰富立面语言的层次

布局模式	缓冲能效			优先级
	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	
短板式东西向 (BWE)	8.3%	12.3%	13.1%	5
板式北廊东西向 (DWE)	8.2%	12.2%	10.4%	4
点式局部西向 (AW)	1.5%	2.5%	3.3%	3

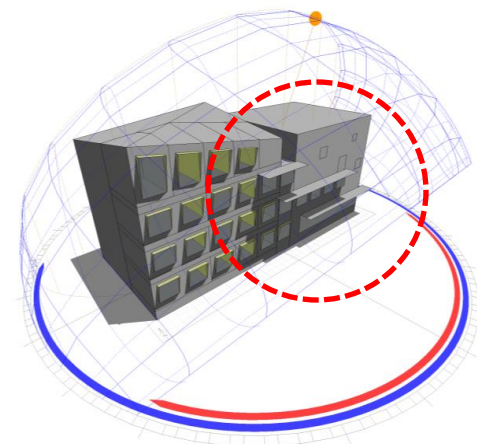
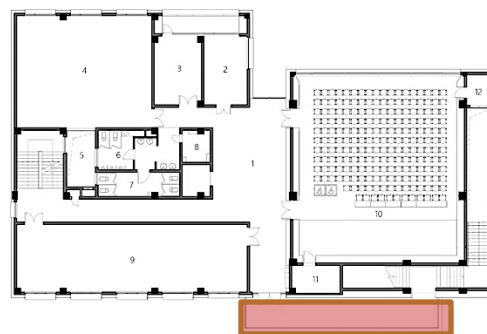
此处的缓冲能效是指正南北朝向向下, 窗墙比为0.5时, 表中所列的布局模式与其所在气候区能耗最高的布局模式相比较, 取其能耗差量与最高能耗的比值。数据来源于南大主持的相关十三五课题。





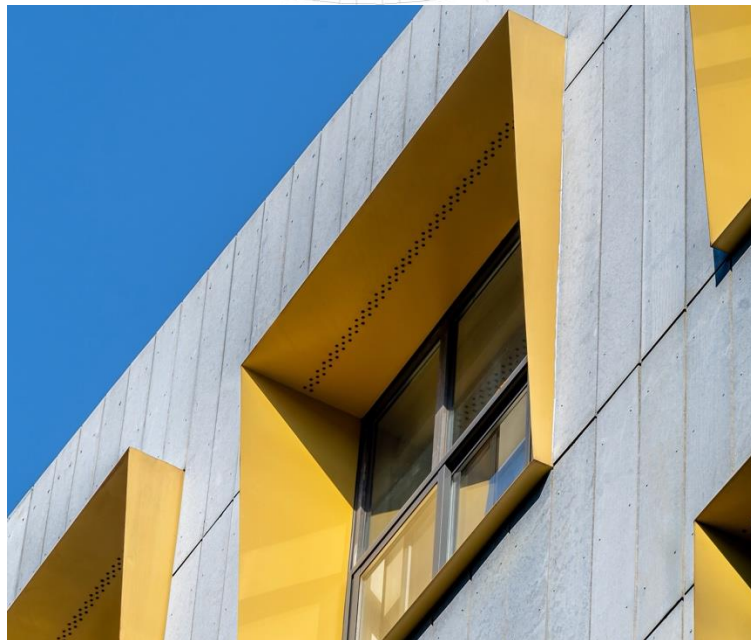
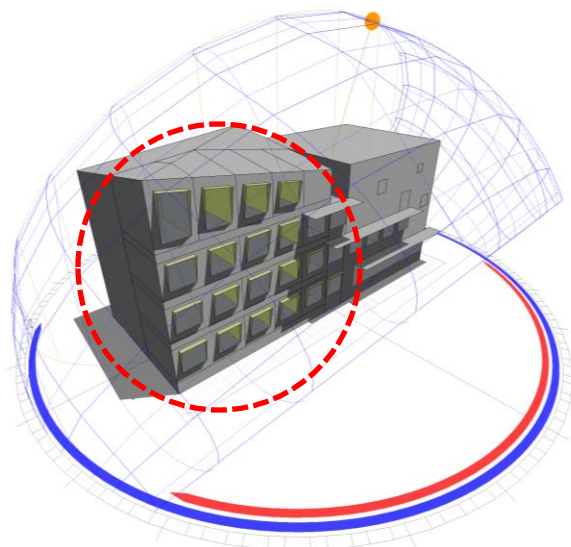
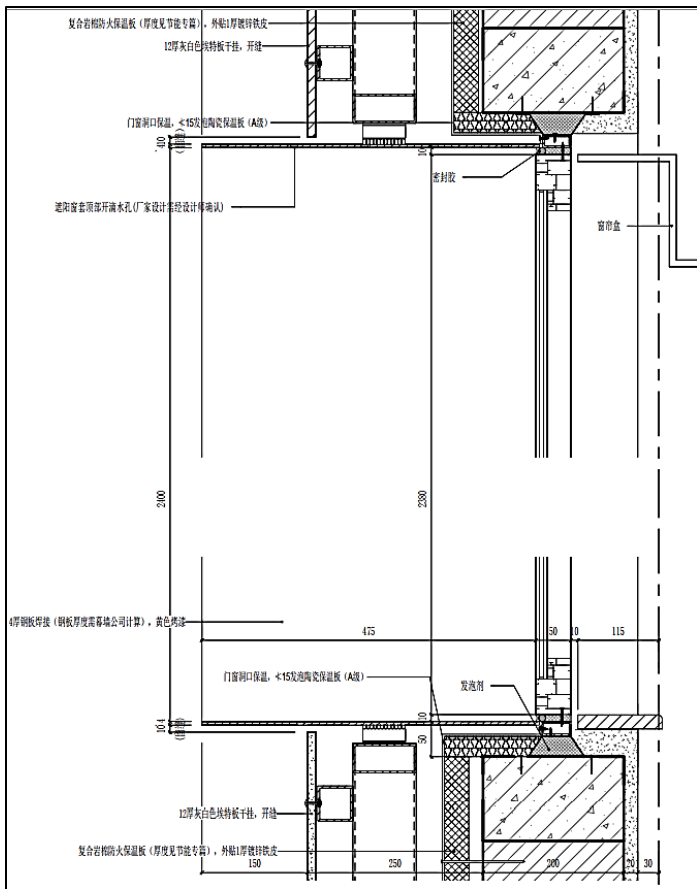
策略 2

利用疏散平台
形成水平自遮阳



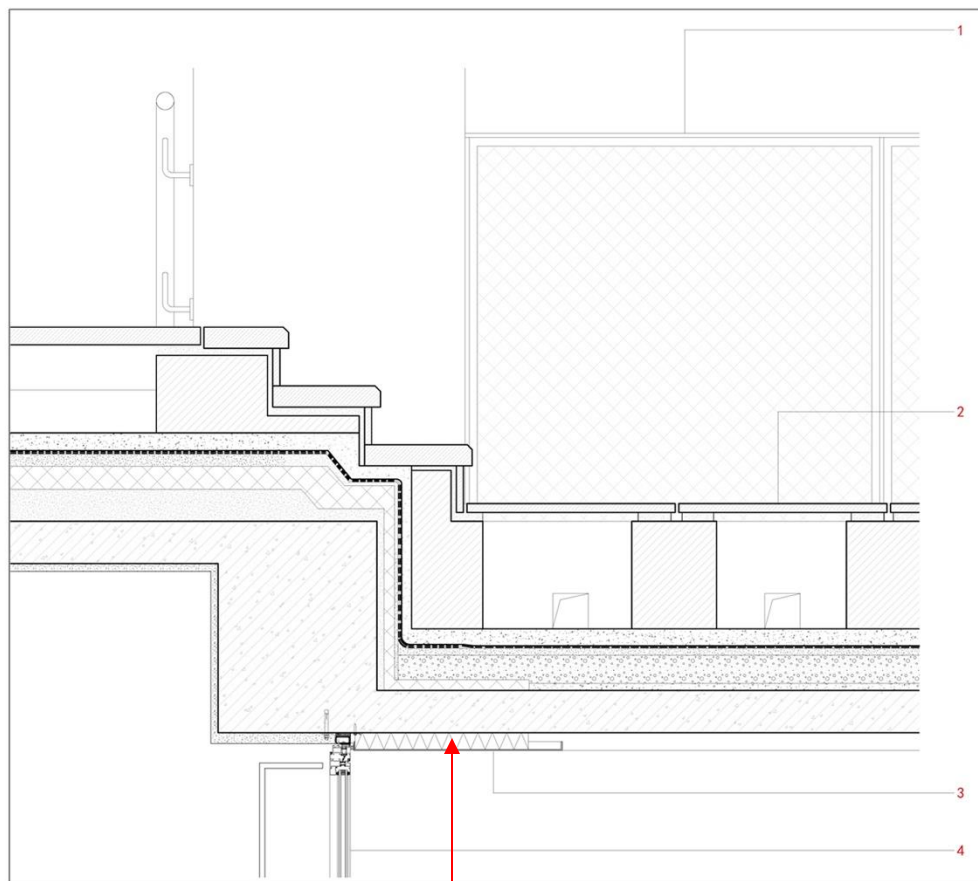
策略 3 整合洞口遮阳（热工）+ 披水（耐候）的窗套

窗套根据计算结果由上到下形成渐变遮阳（黄色窗套），丰富了立面语言，窗套底部向外倾斜排水。

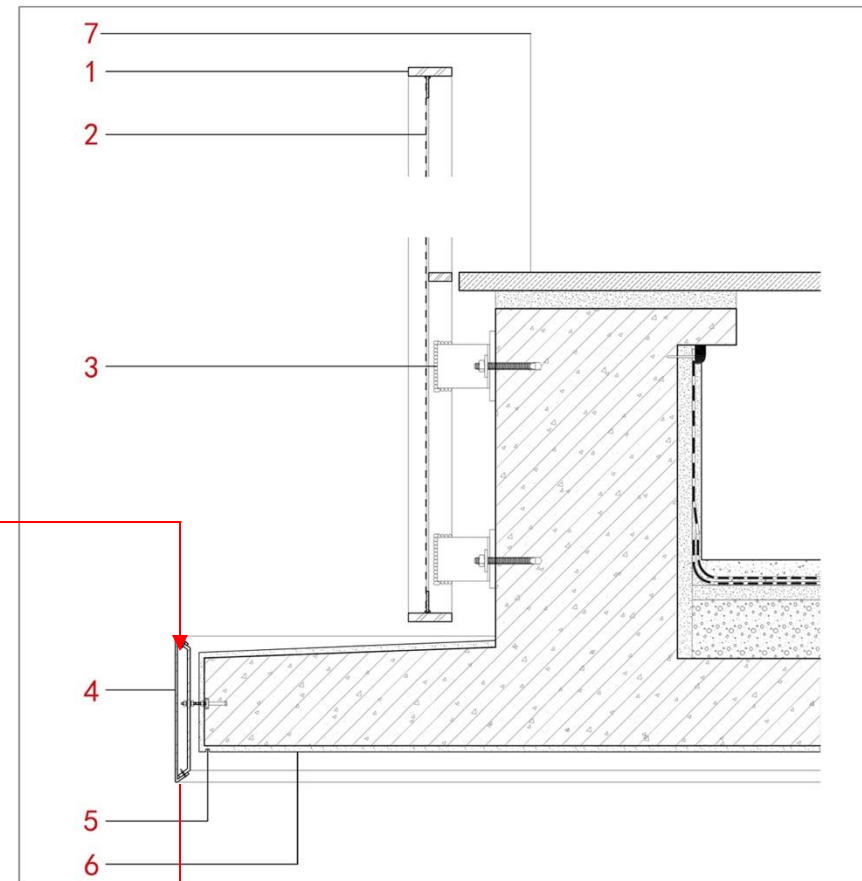


策略 4

整合阳台冷桥（热工）+ 防污（耐候）的构造语言



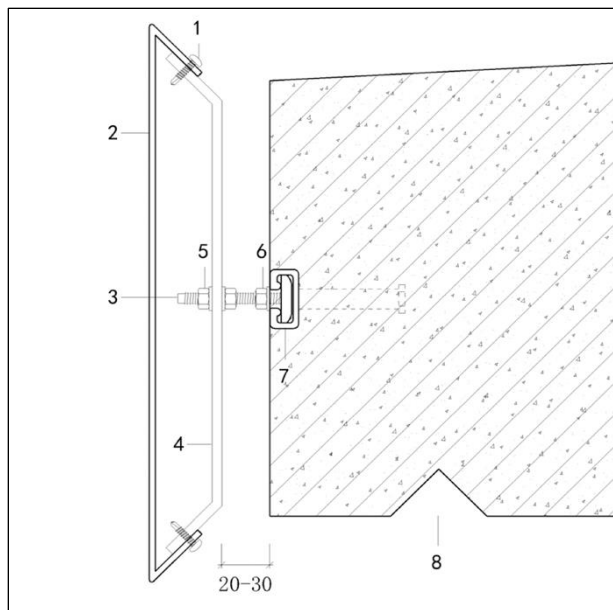
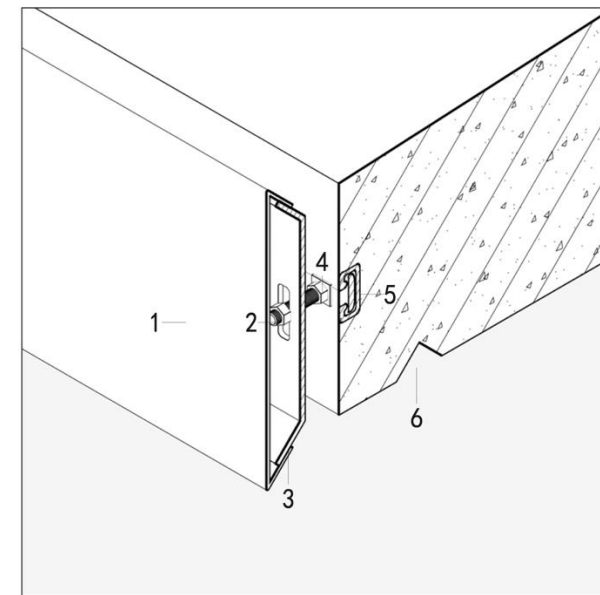
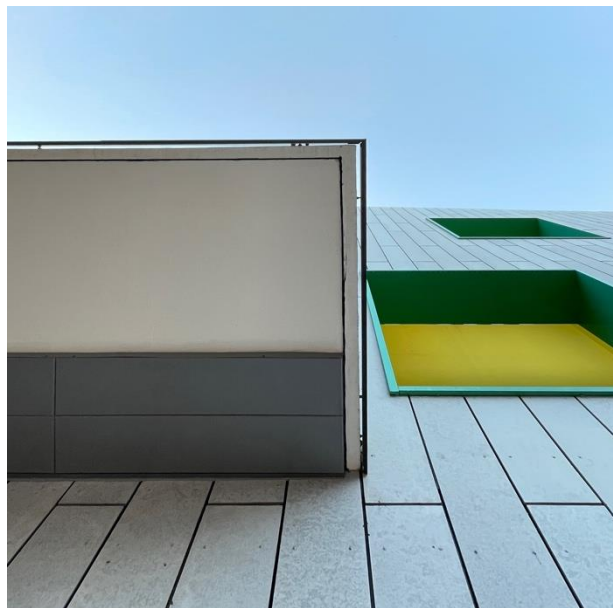
- 1 热浸镀锌菱形钢拉伸网栏杆，深灰色烤漆
- 2 架空石材铺地
- 3 2.5 厚铝扣板，深灰色氟碳金属漆
- 4 断桥隔热铝窗



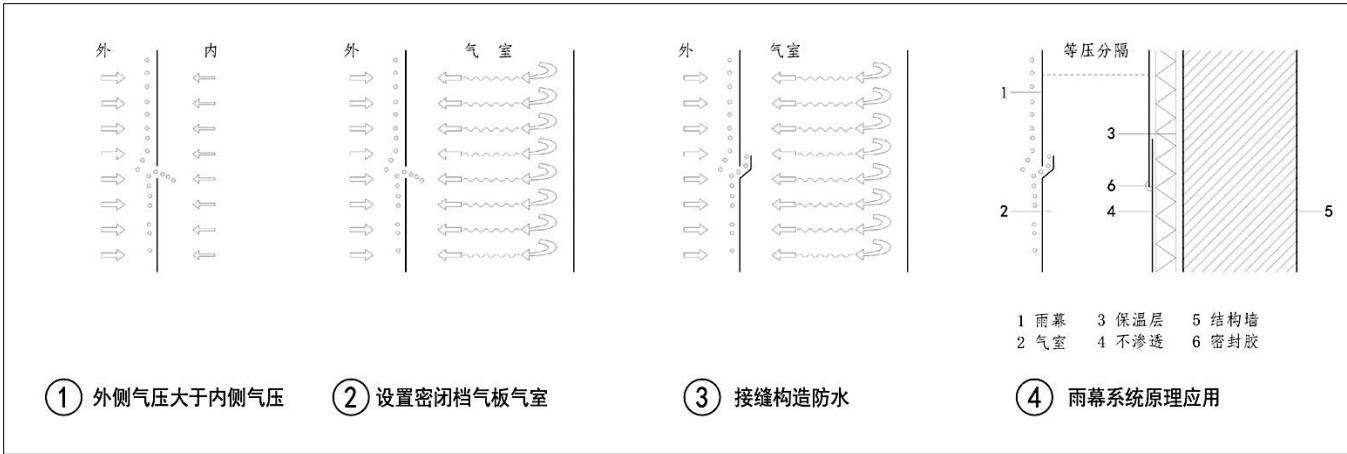
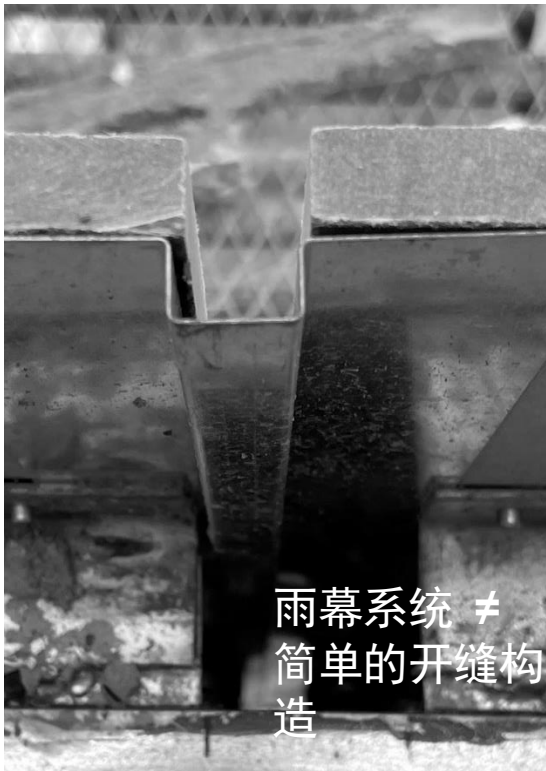
- 1 95×10 扁钢，深灰色烤漆
- 2 1.5 厚菱形镀锌钢拉伸网，孔径 25×50
- 3 100×63×8 角钢连接件
- 4 2.5 厚铝单板，深灰色氟碳金属漆
- 5 10x10 滴水
- 6 粉刷
- 7 架空石材铺地

避免冷桥的保温构造

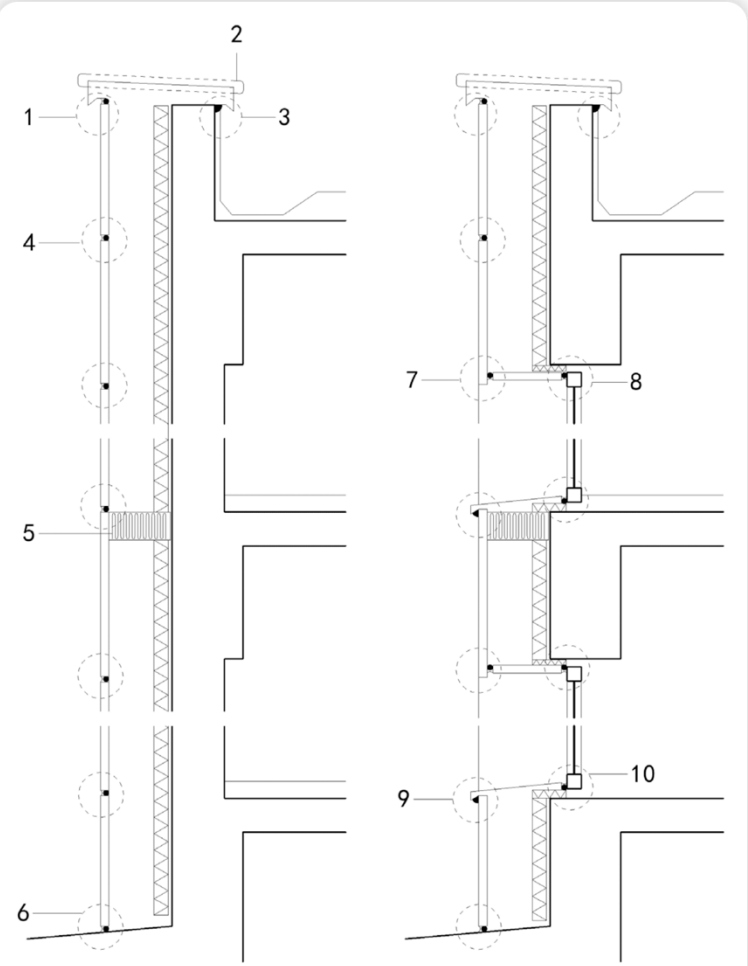
阳台板防污构造



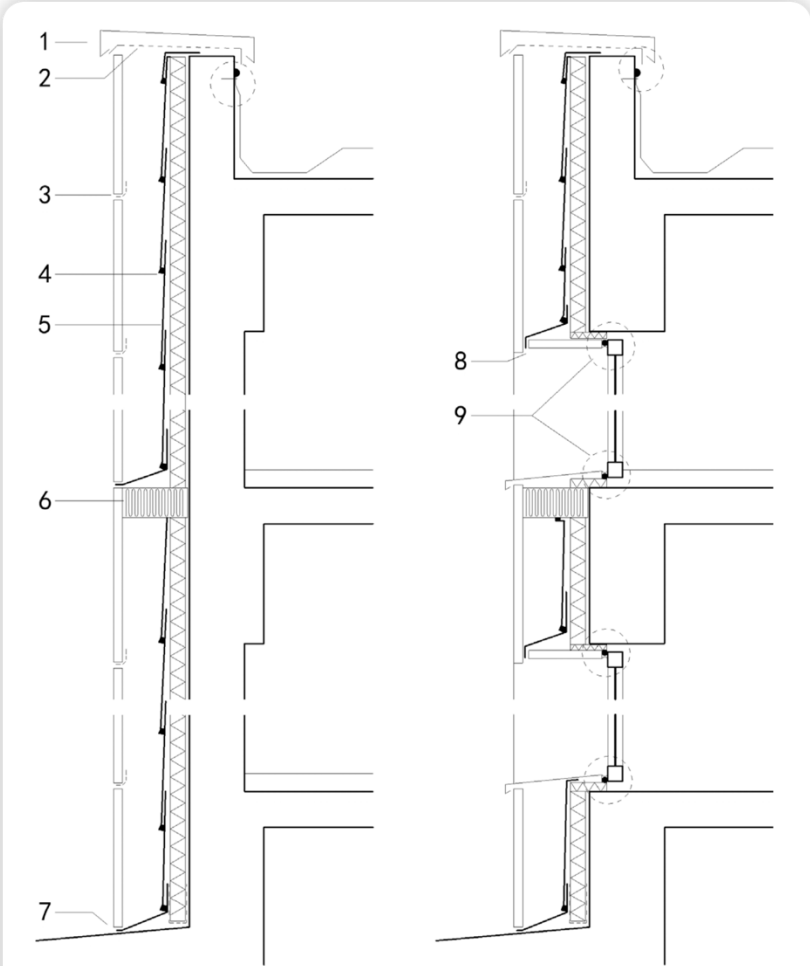
策略 5 雨幕系统避免墙面渗漏和流胶污染



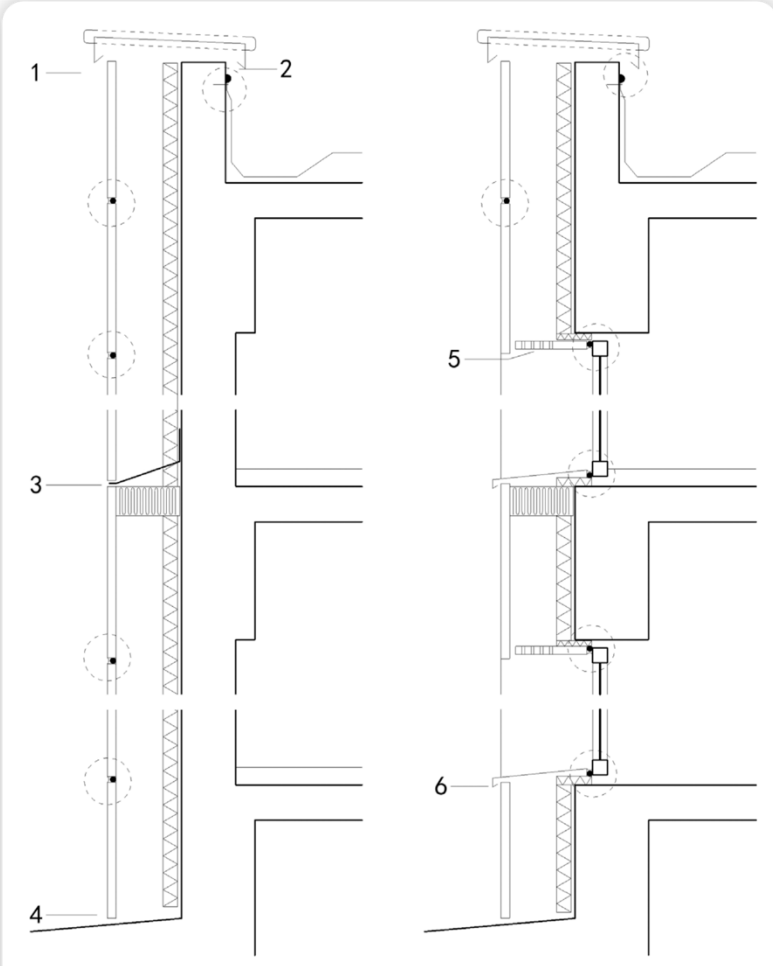
我国常见的幕墙干挂系统



全密封体系



全开缝体系

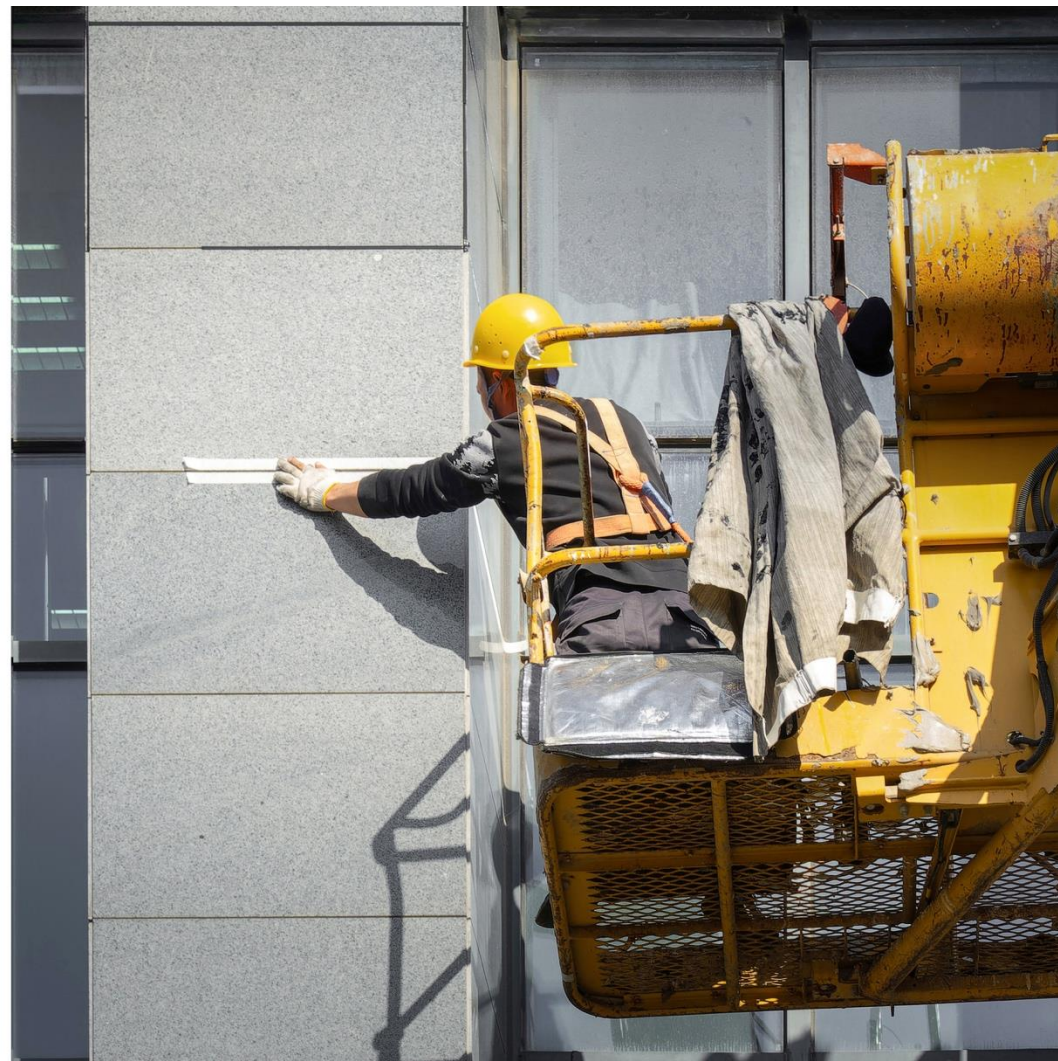


半密封体系

堵和通的幕墙干挂系统

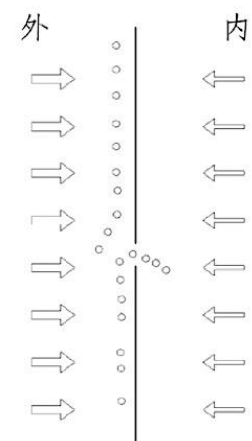


开缝幕墙防水板施工

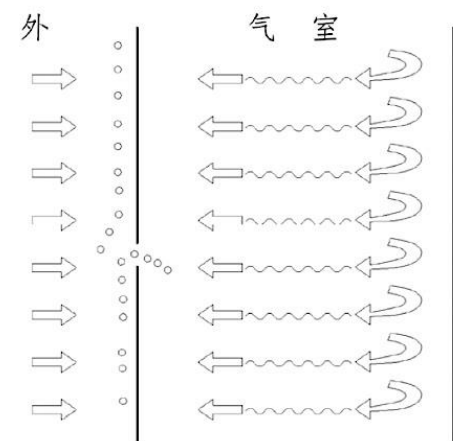


某建筑开缝石材幕墙龙骨锈蚀导致脱落，重新打胶改造成全封闭系统

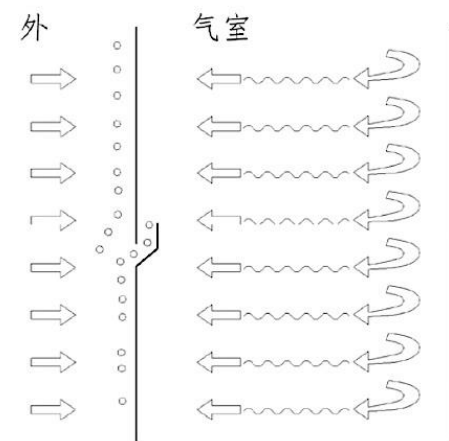
疏的幕墙干挂系统



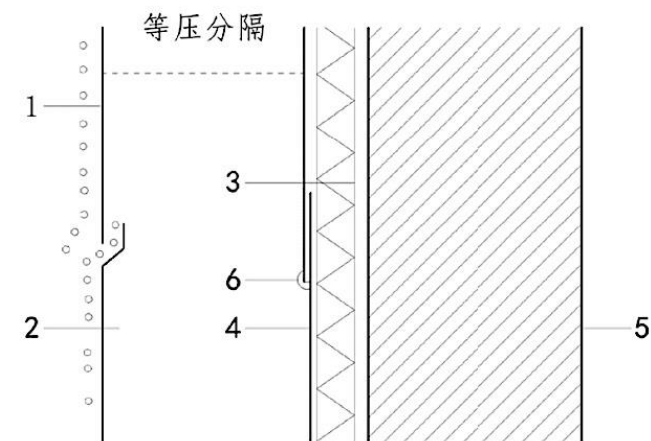
① 外侧气压大于内侧气压



② 设置密闭档气板气室



③ 接缝构造防水



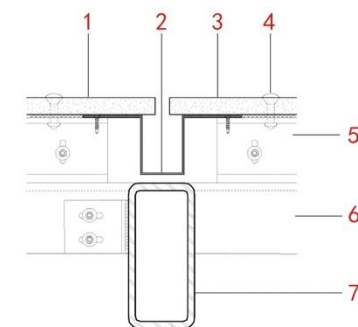
1 雨幕 3 保温层 5 结构墙
2 气室 4 不渗透 6 密封胶

④ 雨幕系统原理应用

首先，保证空腔内外等压。



其次，需保证板材接缝的构造防水设计



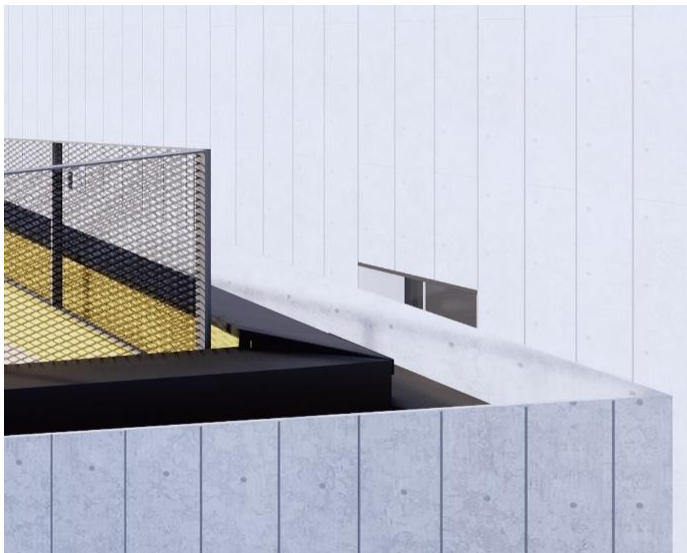
- 1 12mm 厚水泥纤维板
- 2 薄壁 C 型钢挡水槽
- 3 柔性垫片
- 4 专用同色铆钉
- 5 L40x40x4mm 镀锌钢角码
- 6 L50x50x5mm 镀锌钢角码
- 7 100x50x5mm 热浸镀锌矩形管

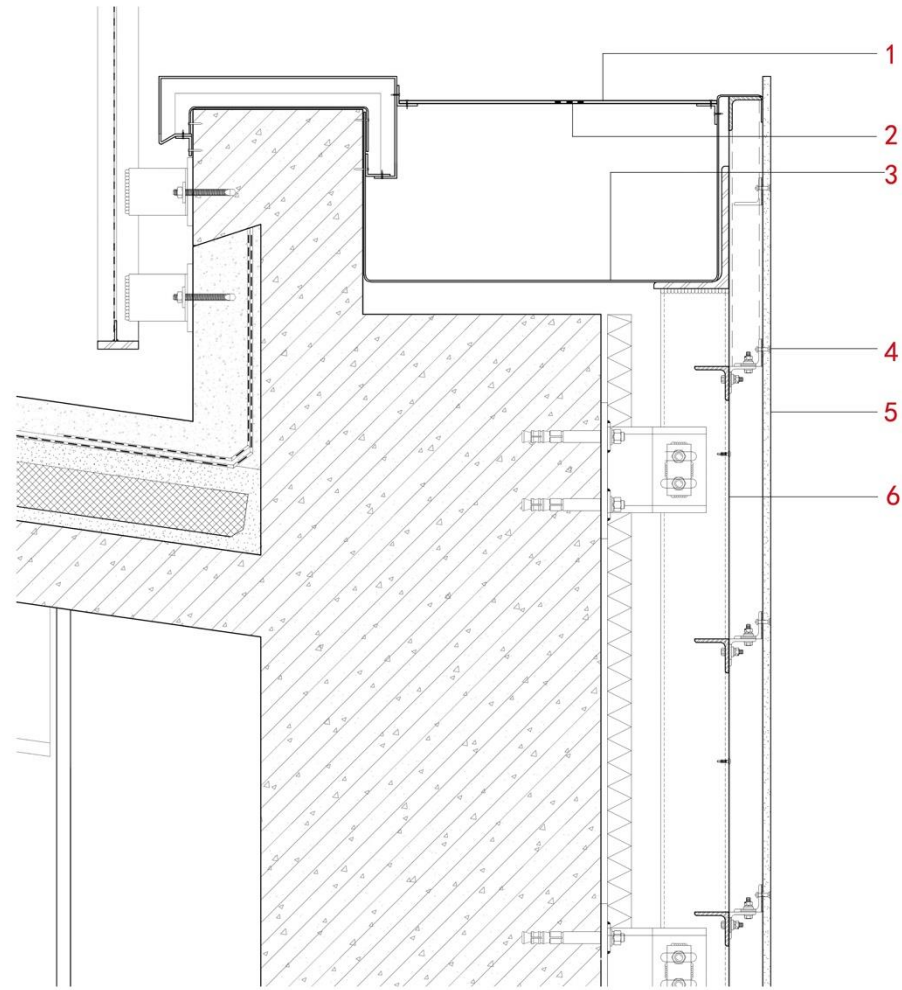
第三，需保证空腔内外气流贯通。



策略 6 消失的压顶

将压顶构造从埃特板外侧移到内侧，避免了坡屋面压顶构造交接难度，同时让形体更加简约

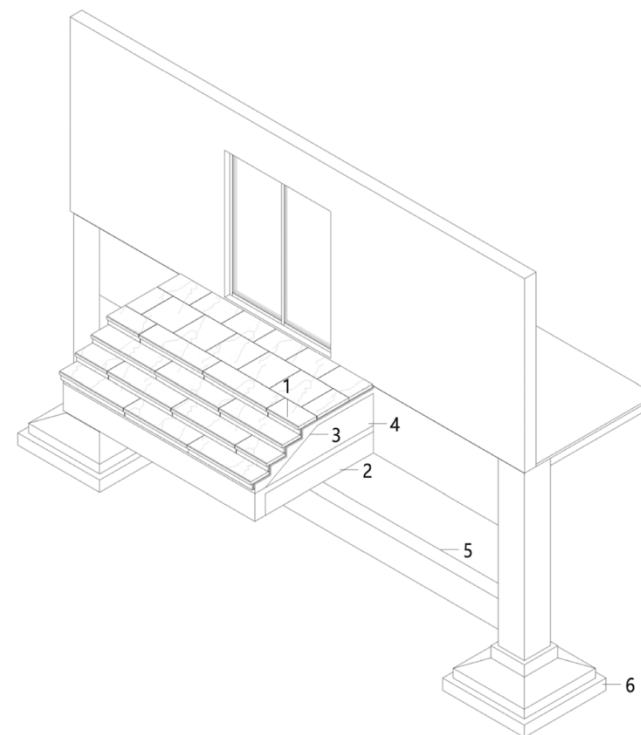
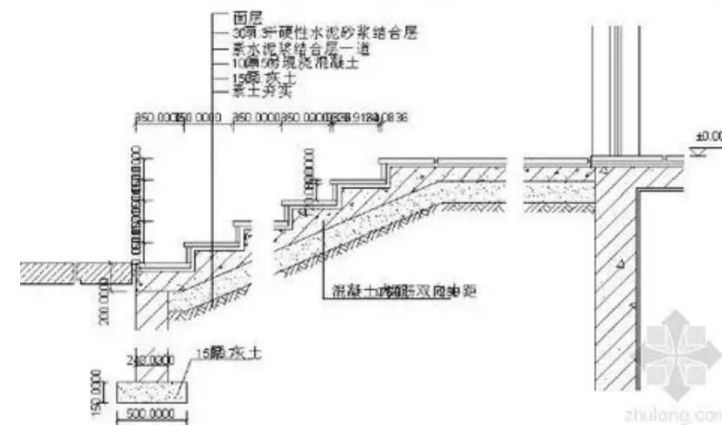




- 1 1.2mm 厚不锈钢板
- 2 滴水孔
- 3 1.2mm 厚不锈钢落水槽
- 4 专用同色铆钉
- 5 12mm 厚灰白色水泥纤维板
2mm 柔性垫片
1mm C 型铝挡水板（黑色喷涂）
L40x40x4mm 镀锌钢角码
M8x25mm 不锈钢螺栓组
L50x50x5mm 镀锌钢角码

- 6 100x50x5mm 热浸镀锌矩形管
10# 槽钢
2-M12x110mm 不锈钢螺栓
10mm 厚挂网粉刷，刷防水涂料
复合岩棉防火保温板
200x250x8mm 镀锌钢板
4-M12x160mm 化学锚栓

耐久的大台阶

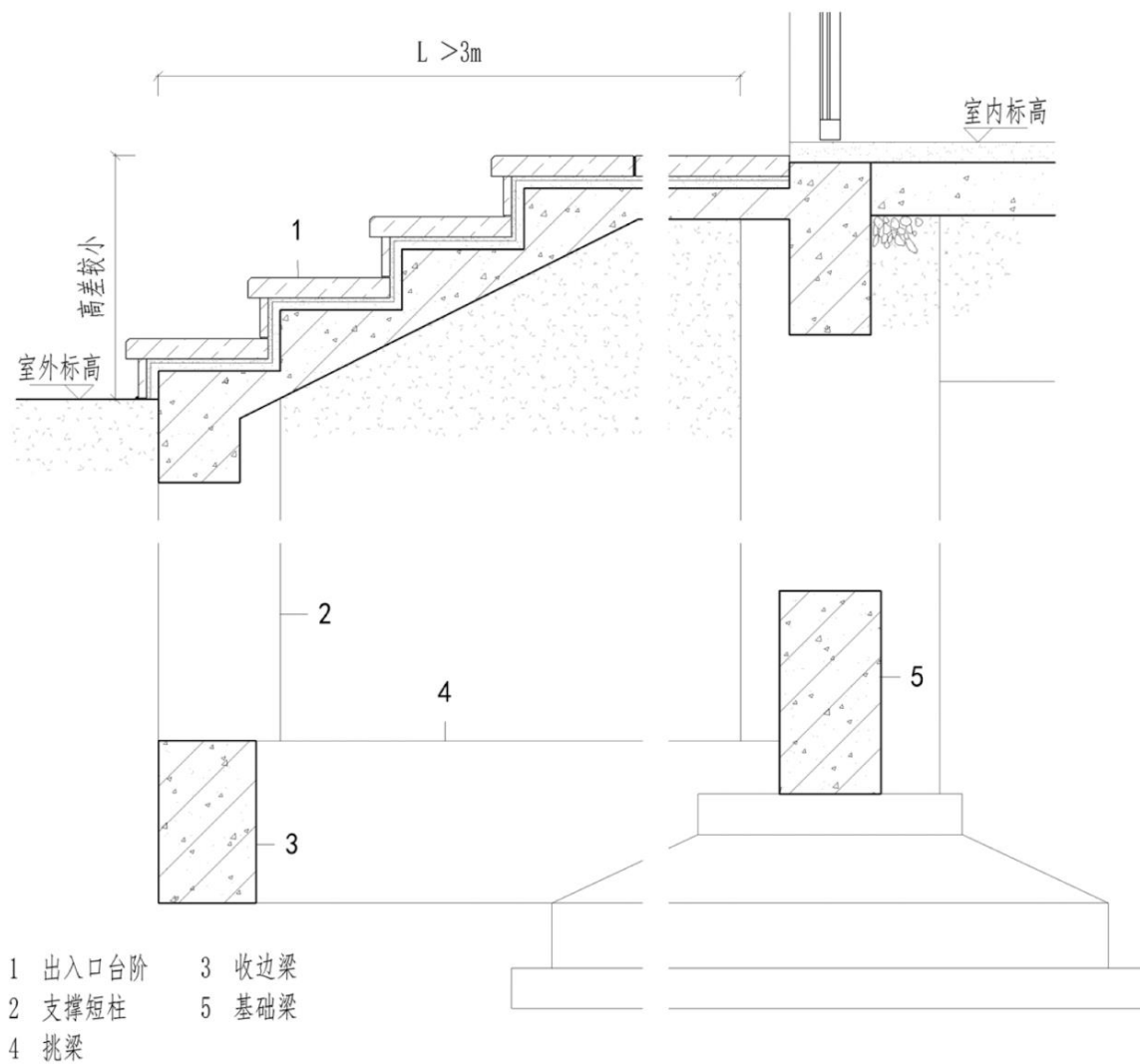


注:该做法易于控制踏步高度与室外场地标高。

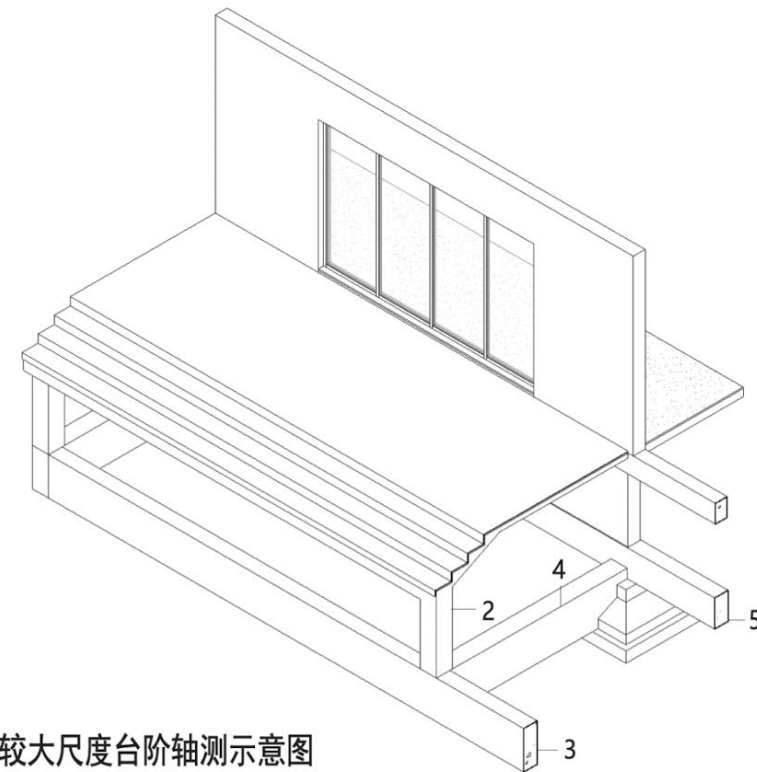
小尺度台阶轴测示意图

【条文说明 3.3.4-2】

较大尺度的台阶是指台阶外边缘距离出入口的总深度虽然大于3m，但室内外高差较小，踏步数较少的情况。



① 较大尺度台阶（平台）



较大尺度台阶轴测示意图

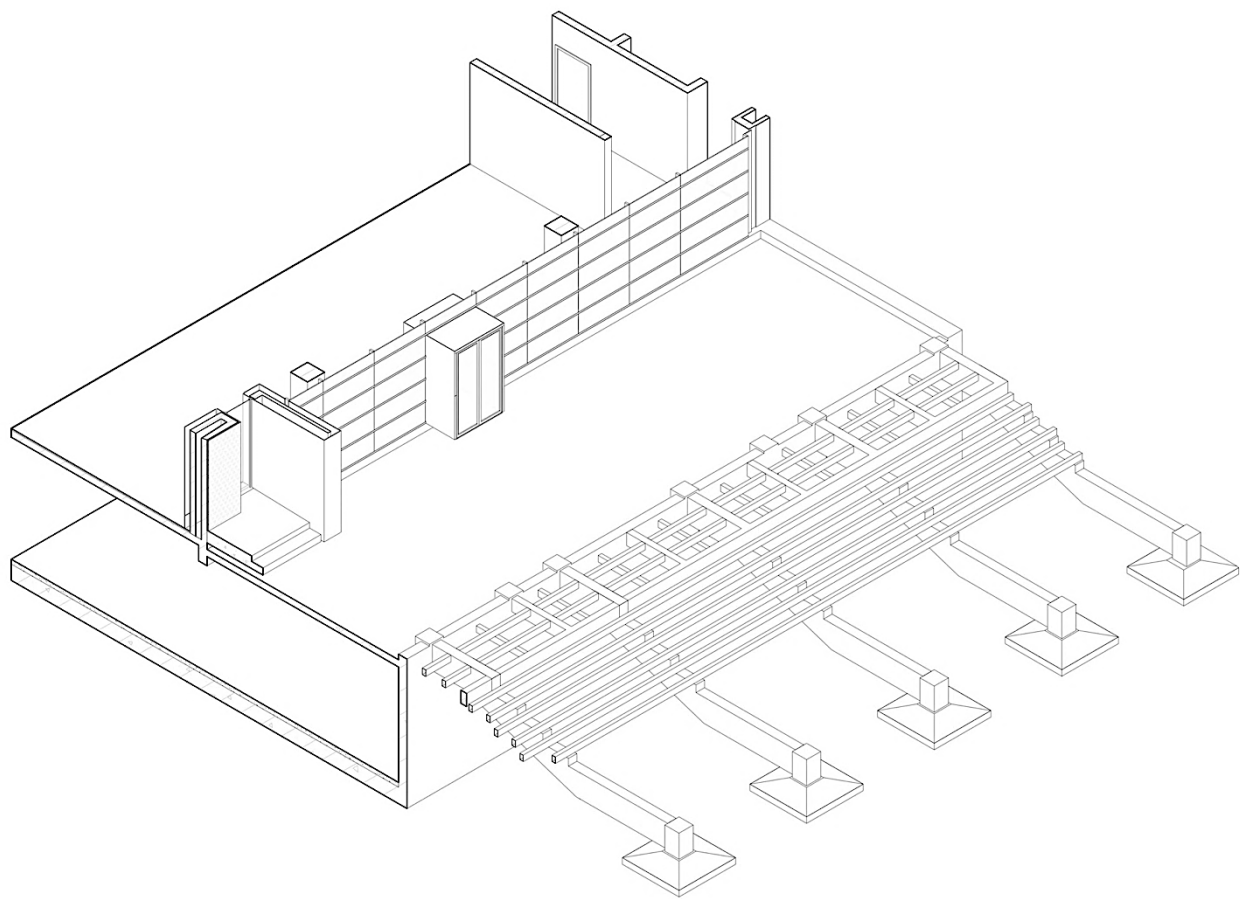


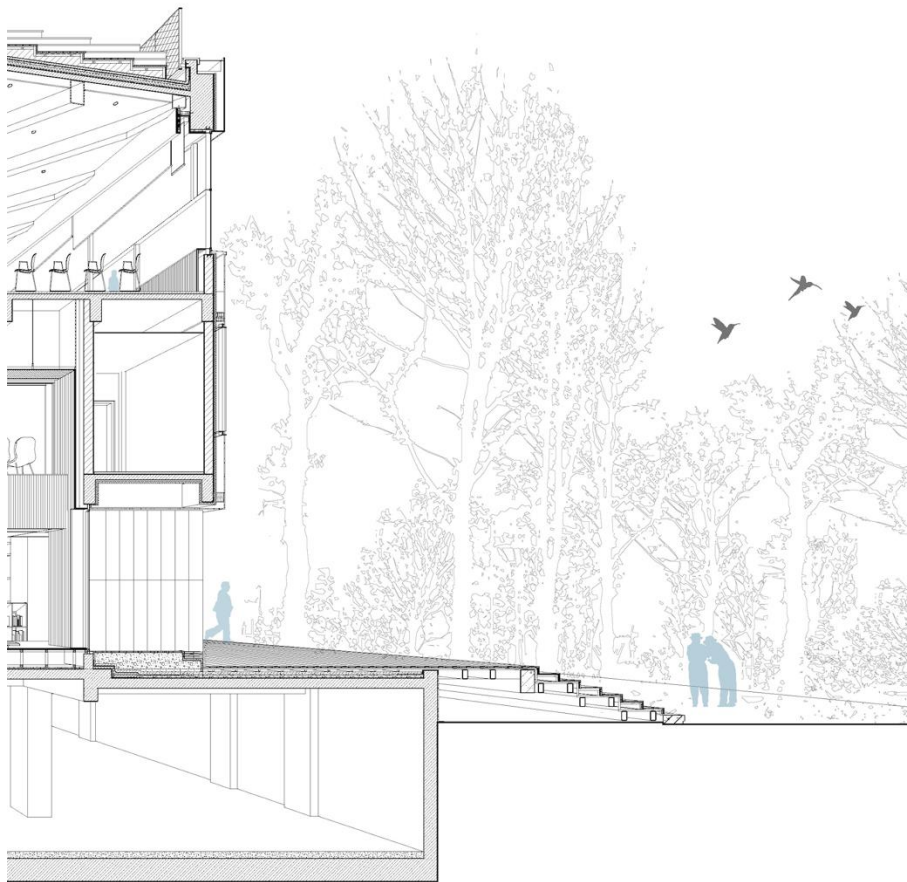
回龙山幼儿园入口平台





本项目采用了平台与主体结构一体化的方式，即取消沉降缝，将平台梁与主体结构连接为整体，跨度小的平台可以直接从主体建筑悬挑，较大平台或台阶在远端设置独立基础。由于平台（台阶）与主体结构沉降差异并不大，二者连接为一体并不影响结构整体性，避免了二者之间的裂缝。

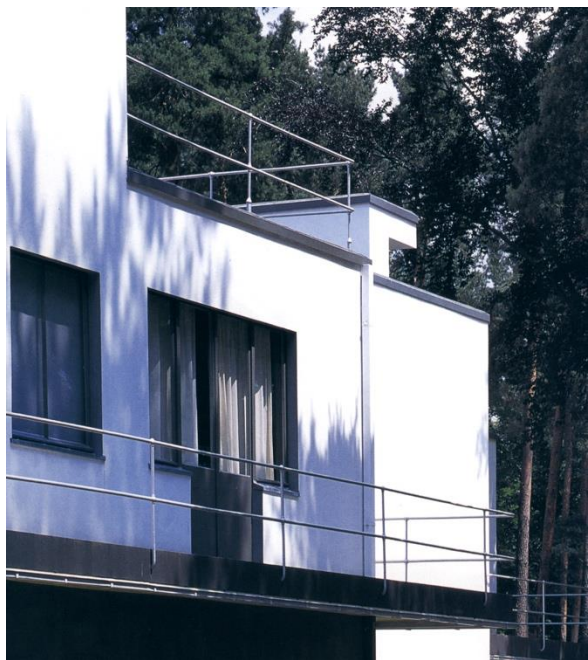




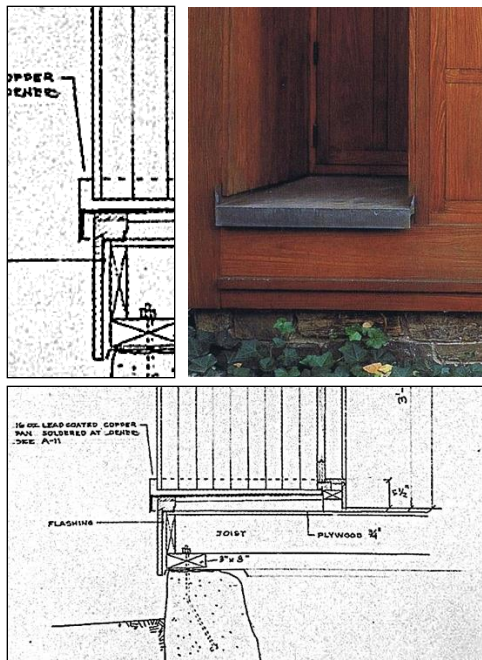
第一步踏步采用的是150厚的灰麻花岗岩，以缓解车轮的磕碰，花岗岩底部开槽30mm形成一条凹缝，让踏步与小广场地面的交接显得挺直，即使小广场地面变形，也会因凹缝而不太明显



与发达国家的差距



1926
Mucbe House
格罗皮乌斯

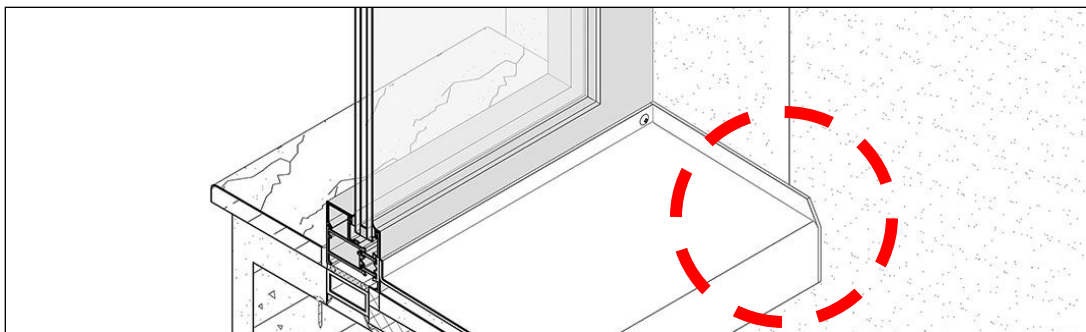


1960-1967
FISHER HOUSE
路易斯·康

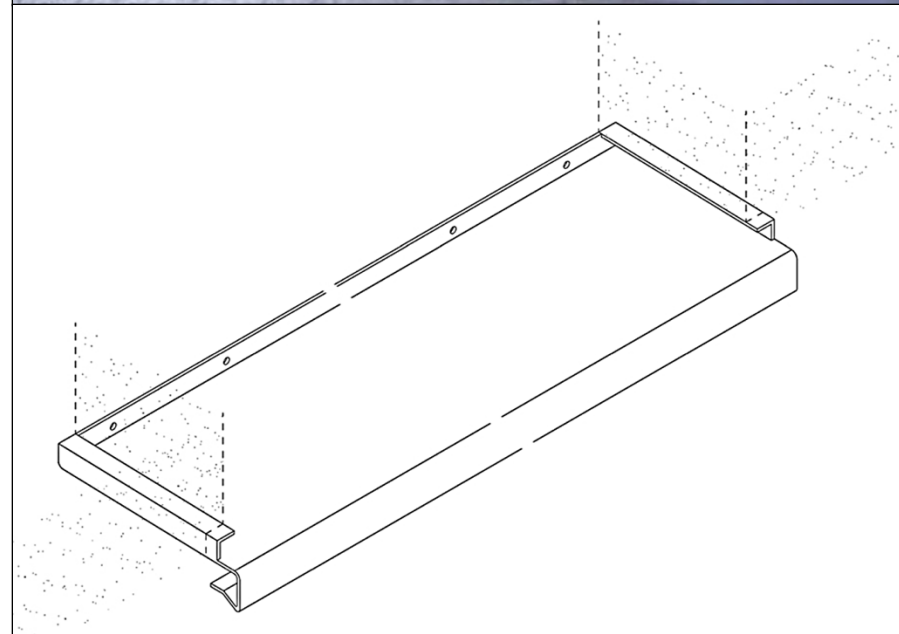


2005
柏林某宾馆

随德国被动房的引入，耐候性有所加强，但也仅限于被动房

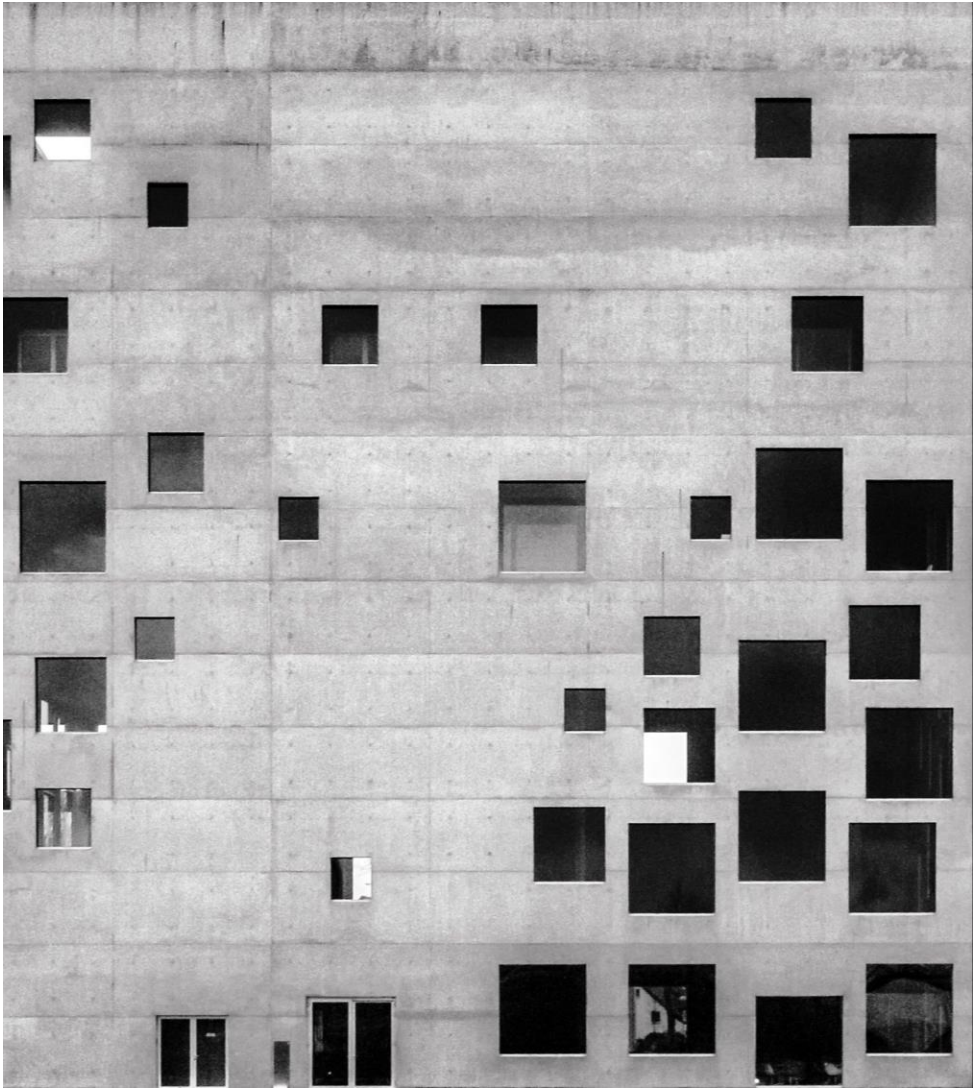
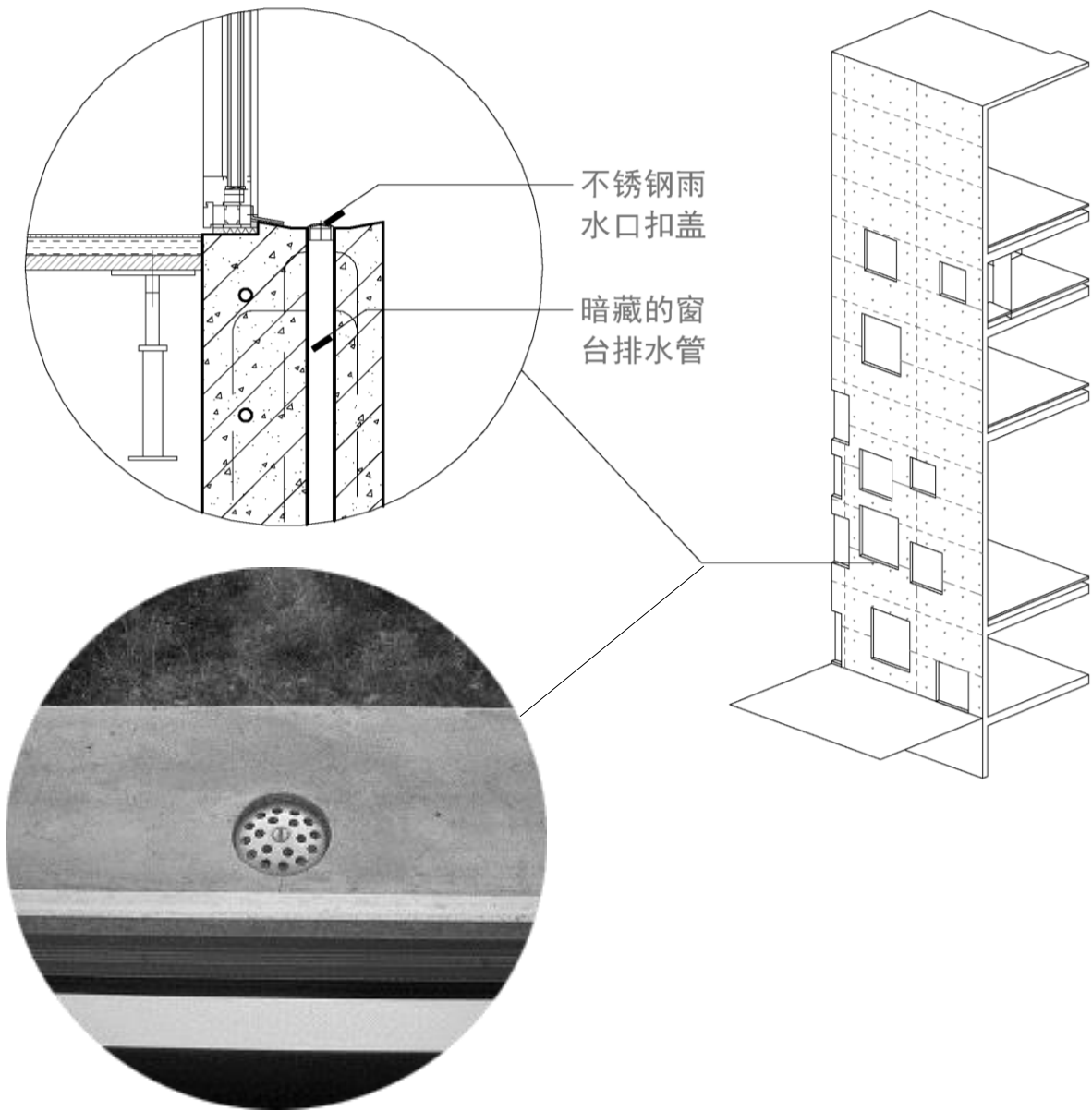


胶缝积灰、流胶，仍有污染可能



C形卷边杜绝八字污染

德国挨森市关税同盟（Zollverein）管理与设计学院
妹岛和氏

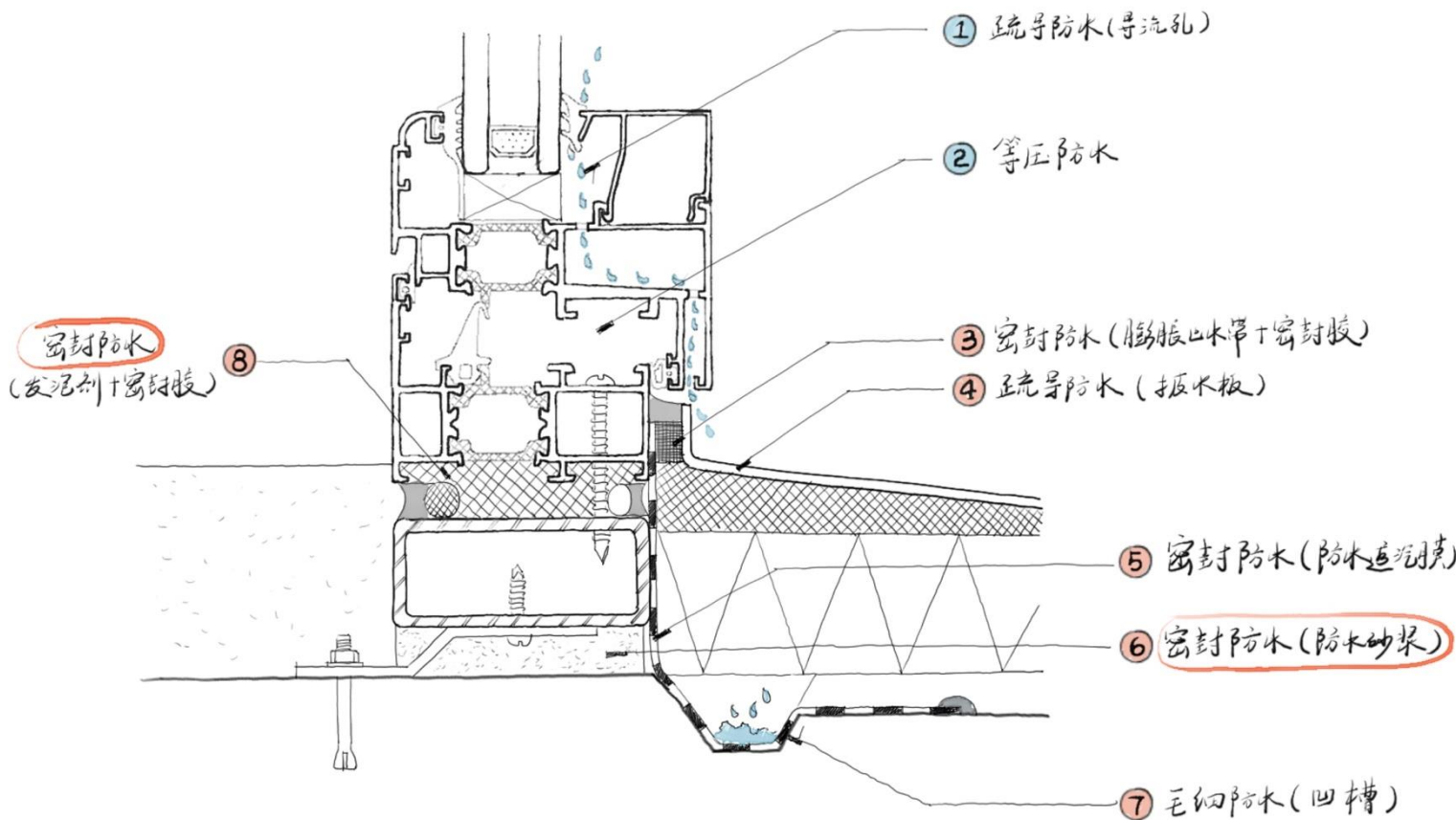


耐候性的追求

消隐耐候的构件
但不丧失耐候性

耐候设计意识

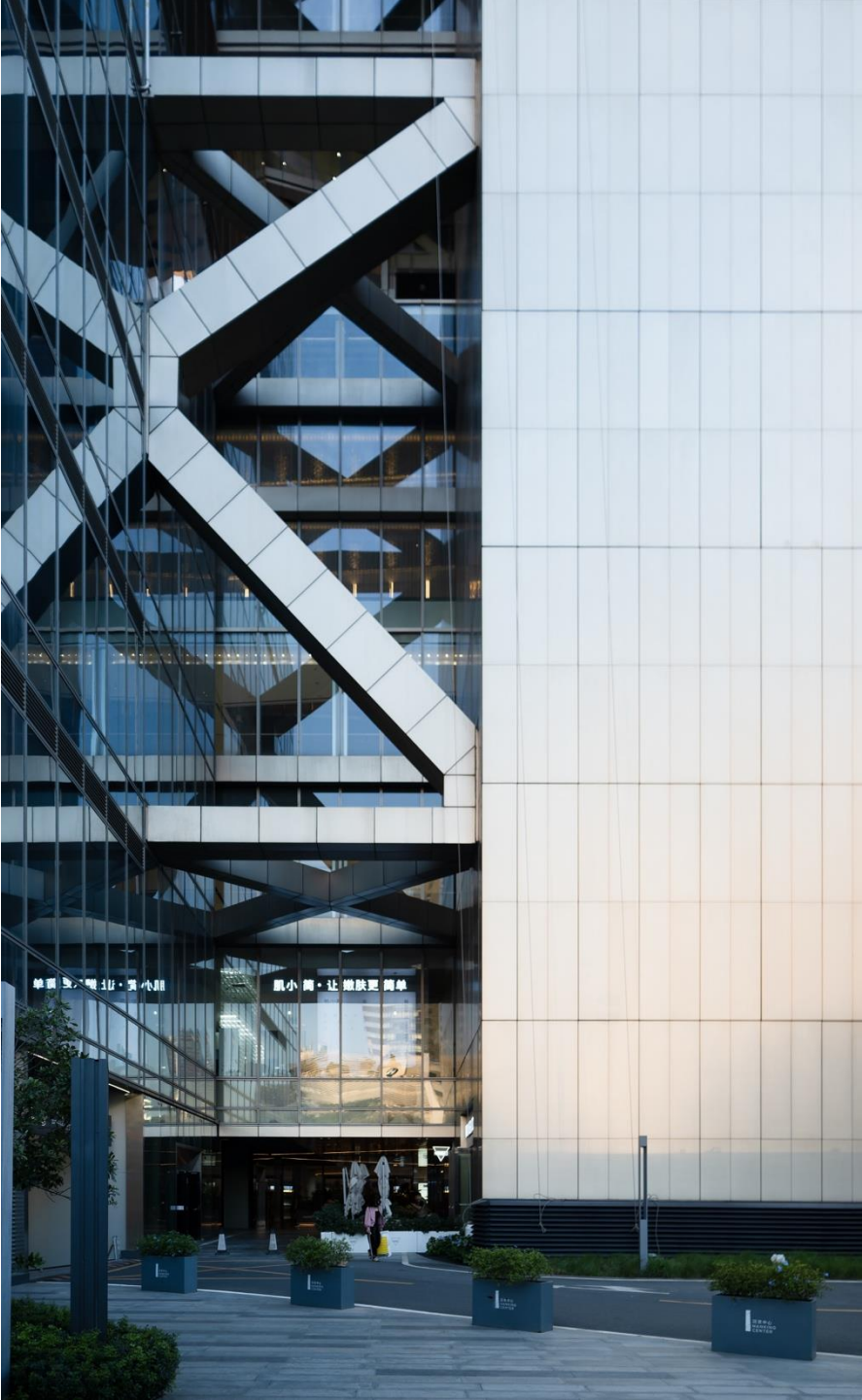
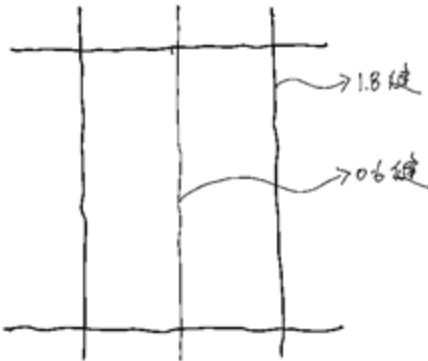
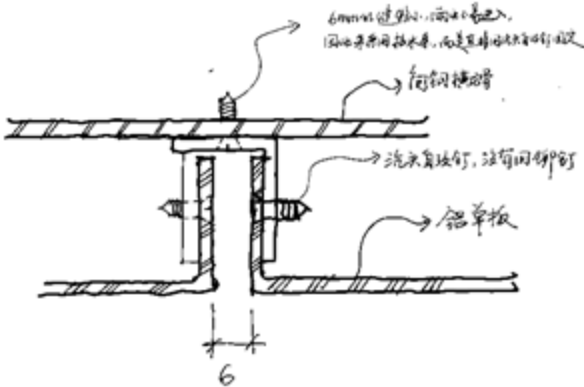
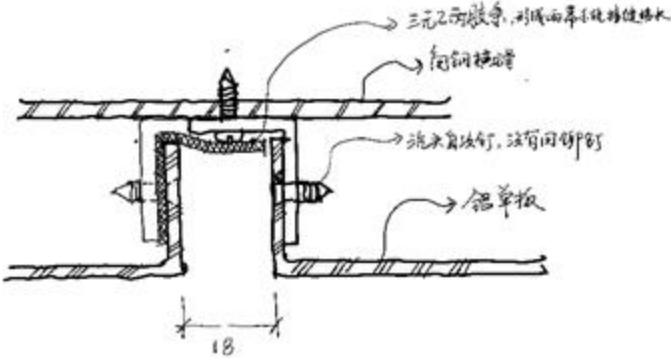
耐候性的标准——以窗台为例



与发达国家差距的缩小

深圳汉京大厦

雨帘开缝处理



耐候性设计：社会效益+经济效益=双赢

即使一个构件的一次性能耗略高于其他材料，但是他的使用寿命却双倍与普通材料，那么它对环境造成的危害还是相对小的。

----- (美) 琳达·布劳克

通过合理的构造设计提升材料的耐候性，进而增强耐久性，是十分重要的绿色建筑设计措施。一个简单的金属压顶就可以避免外墙渗水、污染，避免材料脱落等诸多好处，从而延长建筑使用年限，其全生命周期节能效果是显而易见的。

过多的没有性能需求的立面元素是有违节能原则，充分利用耐候性构造形成建筑立面语言，可以很好地将**建筑立面的丰富性与绿色性能结合起来**，从而产生社会效益和经济效益的双赢。

