

本版内容由《工程新闻记录》杂志（ENR）提供，《建筑时报》编译，版权所有，未经ENR的书面同意，不得以任何形式整体或部分出版或转载。

本专刊内容转载自美国《工程新闻记录》

第 140 期

ENREngineering News-Record

南佛罗里达州公寓楼连续倒塌的原因仍然是个谜

工程师拼凑出尚普兰塔楼可能倒塌的序列

作者: Nadine M. Post

得力于监控录像、照片和在2018年的建筑系统调查以及1979年的原始图纸，结构工程师已经拼凑出了12.5层尚普兰大厦南塔住宅公寓楼部分可能的连续倒塌序列。该公寓楼位于美国迈阿密海滩以北的瑟夫赛德，但6月24日的坍塌事件导致这座有40年历史的钢筋混凝土建筑结构的一翼长约150英尺（45.72米）倒塌，至今仍是个谜。

“我正在努力寻找导火索。”KCE结构工程公司的创始人、总裁兼首席执行官艾琳·基尔谢默说，他正在调查瑟夫赛德镇的坍塌事件。

从事件的开始，至少造成11人死亡，150人仍然失踪。（截至本稿发表时，已造成90人死亡。）基尔谢默补充说，“原因似乎在基地附近……但还有很多问题。”

专家已经广泛研究过附近一栋建筑物的监控录像。基尔谢默自6月25日以来一直在现场工作。他说，他希望其他监控视频也能浮出水面，包括一段显示崩塌开始的视频。他说：“我们现有的视频并不能呈现一个建筑物的三维视图。”

钢筋混凝土建筑有平板楼板。平板是直接支撑在柱子上的相对较薄的混凝土板。这栋建筑是被剪力墙轻轻地支撑着。

视频显示，事故发生在建筑中部南

向边缘低洼处，那是一个“L”型住宅楼。“L”型住宅楼“长腿”的北侧由东向西坍塌。

位于伯克利的加利福尼亚大学结构工程学教授杰克·莫勒说，事故可能是在大楼内部开始上升，并向下延伸，但在视频中是不可见的。

他说，视频还显示，“建筑物内部的垂直坍塌非常迅速，侧移相对较小。”

住宅楼“长腿”北侧是跟着南侧塌陷，几乎马上就塌了。“这一点在视频中很明显。”美国土木工程师学会结构工程学会的结构工程师兼安全结构协作报告主任格伦·贝尔说。

接下来，大楼的东端，是离大西洋最近的位置，被拉向了它的西区的中部。视频显示，在中部塌陷后，东区坚持了一会儿，逐渐向中部倾斜。贝尔说，很可能是由于倒塌部分失去支撑而导致荷载不平衡，从而将剩余部分拖向一边，直到其重力承载能力耗尽，也发生了倒塌。他补充说，受这种影响，在倒塌的第二部分，楼层之间有一点偏移。

尚普兰南塔住宅楼于1981年完工。有一种理论认为，“L”型建筑弯曲处附近的泳池甲板可能存在问题。

坍塌停在建筑中部的西端，靠近“L”的两条“腿”连接的地方，留下“L”的较短的“腿”还矗立着。贝尔说，在倒塌部分的西南边缘，沿着电梯



公寓楼倒塌前后

和楼梯核心的裂缝更干净，那里有一道剪力墙。

贝尔补充道：“有很多关于引爆器的理论在流传。”

一些观察家研究了大楼坍塌的视频和照片，以及结构工程师弗兰克·P·莫拉比托于2018年做的场地调研报告和最早由威廉·M·弗里德曼和联合建筑公司出的1979年图纸，所有线索都指向位于中段南侧区域底部的泳池甲板上出现了险情。

这个甲板位于地下一层的停车场上方，整个场地都是停车场，包括建筑的占地面积。该楼盘的结构工程公司是布赖特曼胡拉多合伙人公司。



公寓楼倒塌

贝尔说，理论上说，游泳池甲板的混凝土板可能已经出了问题，或是因为防水性能恶化。

在给尚普兰公寓协会的报告中，莫拉比托估计需要维修的价格为910万美元。修缮车库、入口和游泳池平台的费用是最昂贵的项目，大约为380万美元。据莫拉比托说，修复这座建筑的立面需要额外的320万美元。本来，在2018年就计划在2021年进行修复，但刚开始修就发生坍塌事故。

至少有三个关于触发连续倒塌的理论，泳池甲板上面：柱子被破坏，桩基系统冲切或被破坏引起的板坏破坏，可能就在泳池甲板下面。基尔谢默、贝尔和其他人推测可能不止一个因素，就像一场完美风暴。

莫勒说，渐进式破坏是由于轴向过应力导致的柱体轴向破坏或剪切损伤导致的轴向破坏或冲切破坏。

在冲切中，建筑物的一个或多个平板在柱周围产生剪切破坏，并相对于柱下降。

如果在穿过柱的板中没有连续的底部钢筋（1981年没有对此做要求），则板可以相对于柱向下移动，将荷载重新分配到相邻的板柱连接处，而这反过来又可能出问题。莫勒曾对混凝土结构进行过广泛的测试，他说，一块板最终落在它下面的地板上，会使地板系统过载，

尚普兰大楼被受控拆除

作者: Scott Judy

7月4日，星期日，美国佛罗里达州瑟夫赛德，尚普兰南塔公寓大楼的受损剩余结构在受控的拆除过程中倒塌。拆除大楼的决定是在人们越来越担心受损结构有倒塌的风险之后做出的，因为坍塌会危及下面的施工人员。

在佛罗里达州瑟夫赛德的尚普兰南塔公寓的部分倒塌大约10天21小时后，官员称，7月4日晚上10点30分，一次成功的内爆将剩下的12层楼房夷为平地。

迈阿密戴德市长丹妮拉·莱文·卡瓦在第二天早上的每日更新中说：“昨晚对尚普兰南塔剩余部分的拆除完全按照

计划进行。现场只有灰尘落在现有的桩上。”市长补充说。这证实了内爆顾问控制拆除公司（CDI）与拆除承包商BG集团合作的意图。莱文·卡瓦说，“到凌晨1点，我们已经进入全面搜救行动模式。”

7月5日上午，确认死亡人数已升至27人，仍有118人失踪。这个数字现在可能上升得更快。CDI总裁马克·洛伊泽奥告诉ENR记者，这座有40年历史的住宅楼的剩余结构不稳定，使得搜救工作仅限于现有碎石堆的一半范围。

莱文·卡瓦说：“以可控的方式拆除大楼对扩大我们的搜索范围至关重要。我们真的不能不把这栋楼推倒再继续工

作下去。”

对于官员、工程师和其他调查尚普兰塔楼部分连续倒塌的人员来说，重要的是，准备内爆的工作提供了更多关于6月24日悲剧发生前该建筑状况的细节。

从一开始，除了塔楼的大厅和车库，洛伊泽奥的七人小组和他自己进入这些区域都不太舒服，在那里他们遭遇了6英寸（15.24厘米）深的积水。

根据瑟夫赛德镇在网上发布的一组1979年的建筑平面图，洛伊泽奥很快发现现有的结构与图纸不符。尚普兰大厦采用钢筋混凝土结构，带有平板楼板和轻支撑剪力墙。相对较薄的板，在板顶部附近轻微加固，直接支撑在柱上。

虽然洛伊泽奥注意到这些规划没有作为竣工图进行核实，但他报告说，至少在某些地方，建筑尺寸、结构钢筋和所需混凝土强度似乎有所不同，不一定一致。

例如，在一个区域，柱的直径尺寸为24英寸（60.96厘米）。而平面图显示它们的直径是16英寸（40.64厘米）。另一方面，洛伊泽奥报告说，根据平面图，大楼一部分的柱子应该用6000磅/平方英寸的混凝土建造。相反，他在没有通过测试验证的情况下估计混凝土的实际强度“差太远”，比6000磅/平方英寸“软得多”。

洛伊泽奥说，CDI没有采集任何岩石样本。但当他们分别要求两名钻井工人描述混凝土的强度时，两人都回答说：“真的，真的很软。”

洛伊泽奥没有观察到钢筋中有太多

腐蚀。“我没有看到任何糟糕的施工方法，”他补充道，“我没看到这样的事。”

根据洛伊泽奥说法，内爆的主要目的有两个：将建筑物放倒，使其不会落在紧邻的现有碎石堆上，并完全避免高架交通、距离塔楼北端20英尺（约6米）附近的繁忙的柯林斯大道。

虽然CDI建议当局用土工布覆盖“历史遗迹”堆，但洛伊泽奥解释说，计划是朝相反的方向“滚动”，但距离不要太远。佛罗里达州交通部的施工人员在柯林斯大道下方和沿线铺设了大量的公用设施，在道路的一段铺设了一层颗粒状材料，以防止损坏。

CDI采用延迟引爆，所有的结构在4.9秒内引爆。根据CDI方案，建筑物南端向西旋转，然后将建筑物北端向西南偏南带倒。

拆除方案的重点是建筑结构的二层转换梁系统，洛伊泽奥形容它“非常深”，将转换梁与一张四条腿的桌子进行比较，炸药的效果是先将该台“倾斜”到南北，从而扭转，然后抬起桌子的东端。

爆炸物随后将转换梁扔到地下室10英尺（约3米）处。洛伊泽奥说，因此设计承受垂直荷载的柱呈一定角度，这些柱中的剪力荷载将它们撕开。

根据洛伊泽奥对混凝土和其他结构状况的观察，他说，“如果我把桌子倾斜，摔下来，上面的结构就会裂开。”

在爆破结束时，柯林斯大街上没有任何碎片，公共设施也没有中断。洛伊泽奥说，“我们甚至没有在相邻的建筑中发现一扇破窗户。”

绿色氢项目在能源转型中寻求全球机遇

作者: Mary B. Powers

德国可再生能源开发商Svevind能源公司上个月与一家政府投资机构签署了一项协议，计划在哈萨克斯坦西部和中部建设规模创纪录的45000兆瓦风能和太阳能发电厂，每年生产300万吨绿色氢气。

根据7月5日与当地官员达成的协议，该公司还将在该国曼格斯套地区建设30000兆瓦的电力。开发商表示，氢气将出口到欧洲或亚洲市场，或在当地用于生产氢气、钢铁或铝等产品。

Svevind公司表示，融资、工程设计和采购将需要三到五年的时间，建设和调试将需要另外五年的时间。该公司在瑞典北部开发了一组联网风电场，总发电量为1000兆瓦，规模在欧洲是最大的，另有1500兆瓦在建。自1998年以来，该公司一直在欧洲斯堪的纳维亚开发大型陆上风电项目。

即便如此，在6月下旬，澳洲联邦政府裁定在西澳大利亚州开发一个虽规模较小但仍相当可观的绿色氢项目为“不可接受”，因为它威胁到敏感地带湿

地和候鸟。

据估计，这座耗资360亿美元的亚洲可再生能源中心有望成为世界上最大的可再生能源项目之一。为出口到亚洲的14000兆瓦电解槽生产的绿色氢提供26000兆瓦风能和太阳能。去年，澳洲政府给予了私人开发商财团“快速通道”，该项目获得了该国家环保部门的批准。该项目是由洲际能源公司、CWP能源亚洲公司、涡轮制造商维斯塔斯和麦格理集团开发。

开发商正在与澳大利亚环境署合作，以解决其关注的问题。他们说，“我们继续在项目的详细设计和工程方面开展工作。”

标普全球表示，由于临近亚洲的主要需求中心，澳大利亚可能在2030年左右成为主要的氢气出口国，但生产成本需要削减一半。

绿色氢可以用作燃料或原料、能源载体来储存，并有望最终减少煤炭、石油和天然气的使用。

但康菲石油公司董事长兼首席执行官

官拉扬·兰斯表示，开发商努力使绿色氢价格与化石燃料相比具有竞争力。传统勘探和生产公司在能源转型中扮演着重要角色。

他在6月30日的电话会议上对分析师表示：“我们必须通过最严格的资本配置和最强有力的执行力，继续满足任何能源转型途径的需求。我们相信像康菲石油这样的公司在能源转型中有着重要的作用。”

该公司成立了一个低碳技术组织，以确定全球减排举措，并评估和开发能源转型的商业机会，其中可能包括碳捕获、使用和储存，以及蓝色氢和绿色氢。

“当我们说蓝色氢甚至绿色氢时，当你往下看价值链时，会发现我们在这些领域有很多可以提供的。现在说具体细节还为时尚早，但可以肯定的是，我们正在努力抓住这些机会。”康菲石油战略与技术高级副总裁多米尼克·麦克兰对分析师表示。

国际能源署（IEA）7月5日表示，2020年天然气需求下降1.9%，但预计

2021年将反弹3.6%。“除非出台遏制全球天然气消费的重大政策，否则未来几年天然气需求将保持增长。”该署称，到2024年，天然气需求将比新冠肺炎疫情之前的水平上升7%。

国际能源署今年6月表示，全球石油需求预计将在2022年底达到新冠肺炎疫情前的水平。然而，该机构表示，政府在化石燃料生产方面的新投资与净零经济“不匹配”。

国际可持续发展研究所7月5日指出，加拿大对输油管道等油气基础设施的支持破坏了其逐步取消低效化石燃料补贴的承诺。

该组织关于加拿大支持输油管道的报告说：“政府对管道的支持是基于这样的假设，即这些项目将为加拿大人带来经济利益，即使石油和天然气行业面临挑战。”

这类项目正越来越多地得到加拿大政府的支持，该研究所说：“然而，政府对管道的支持使公共资金在今后面临财政风险。”

作者: Richard Korman

美国北迈阿密海滩当局拒绝了克萊斯特景观塔公寓楼物业协会提供的一份新的工程检查报告，导致大约300名疏散居民无法返回公寓，也引起人们在尚普兰大楼倒塌后对工程检查报告提出了新的质疑。

在6英里（约9.66公里）外的瑟夫赛德的尚普兰大楼遗址，发现了更多的遗骸。7月8日，官方公布的死亡人数达到64人——随着搜救行动的继续，人们的注意力转向对倒塌地点旁边的北塔结构的评估。目前仍有大约75人下落不明。

新的工程报告只进行了一天的目视检查，报告宣称这座建于1970年左右的156个单元的三翼结构可以安全使用，但需要大修。

在北迈阿密海滩，市政府官员声称，10层楼高的克萊斯特公寓的新结构工程检查报告，推翻了先前的报告，并宣布建筑物的安全使用未能符合佛罗里达州迈阿密戴德县“40年重新认证计划”的要求。更令人不安的是，北迈阿密海滩建筑官员J·丹尼尔·奥祖诺在给公寓协会的一封信中说，新的报告并没有“引用或直接驳斥”公寓先前的工程检查，那份检查指出该建筑不适合居住。

奥祖诺补充说，该建筑必须保持无人居住。

负责新工程检查的注册工程师费尔南多·阿兹奎说，他向公寓协会提交了“40年重新认证计划”所要求的所有材料。“我把所有的文件都寄出去了。”

这份被否决的报告加剧了公寓协会现有的财务问题。该协会正在调解一项有争议的保险索赔，要求赔偿2018年以来数百万美元的飓风损失。北迈阿密海滩公布的信息显示，该公寓因违建而多次数万美元的罚款。

一月完成的作为该公寓楼对所需的40年重新认证过程的一部分，但直到七月才提交给城镇官员。由工程师罗伯特·巴雷罗印制的初步检查报告认为10层的混凝土结构具有楼板地基，其电气系统不安全占用。

北迈阿密海滩官员在7月3日下令居民撤离。

新的工程报告只进行了一天的目视检查，报告宣称这座建于1970年左右的156个单元的三翼结构可以安全使用，但需要许多昂贵的维修。

由迈阿密A.S.D.咨询工程师完成，由阿兹奎盖章，新的工程检验报告涵盖了与第一份报告相同的材料。与第一份报告一样，报告发现该结构的许多混凝土构件、一楼塔柱、二楼楼板和游泳池甲板处的高架板状况良好。根据为期一天的审查，在结构的某些部位剥落很常见，各种构件需要混凝土修复。一栋楼房的阳台上钢筋腐蚀的痕迹。

工程师说，对混凝土建筑状况的审查将包括对结构设计的审查，以及关于任何观察到裂缝的位置和配置的详细信息。裂缝和剥落的位置，例如裂缝是发生在高应力梁截面上，还是结构的较不临界区域，都是重要的。

虽然克萊斯特景观塔公寓楼的新工程检查没有设计审查的证据，但县规并没做要求，信息也比初次报告中的要多。

特别重要的是，专家建议对其维修。它们包括在需要时支撑板和柱，柱支撑能够支撑所有架空荷载。报告建议，在需要时，应拆除受损混凝土周围的钢筋，并将新钢筋拼接到发生腐蚀的地方。“一次只能修理四分之一的柱子。”报告人提醒说。

根据迈阿密戴德县的新重新认证程序指南，目视检查通常是足够的。但它必须覆盖建筑物的所有可居住和不可居住部分，并且必须注意裂缝、凸起、下垂、偏转、泄漏或剥落表面。

然而，该指南指出，不需要参考该结构的原始设计，因为该结构自建造以来的40年里一直经过“时间考验”。但该指南中有一条，要求对方案进行审查或负荷计算：呈现超载或严重恶化的证据。

戴德县里的指导意见说，更重要的是检查原建筑材料是否变质。而且，尽管对所有隐蔽结构进行目测“几乎不可能”，但“应检查足够数量的典型结构构件，以便得出合理的结论”。

克萊斯特景观塔公寓楼物业协会提交新检查报告被拒