

UHPC 百问

001.UHPC 基底材料的设计原理是什么？

紧密堆积。这是所有致密粉末材料设计的基本原理之一。可参看粉末冶金的相关知识。

002.如何选择 UHPC 用纤维？

考虑性价比，可优先选用金属纤维，其次是非金属纤维。不同纤维混合使用时，需小心实验后再合理选用。

003.为何不建议 UHPC 使用大尺寸骨料？

这涉及材料断裂力学问题，包括原始裂纹尺寸大小和缺陷密度问题；也涉及材料匀质性问题，如大颗粒的空间分布问题；还涉及多孔材料中的传质问题，如缺陷尺寸、连通性和缺陷密度问题。

除非必要（或构件断面尺寸足够大），一般不宜采用 > 5mm 的骨料（除非确实必要，如减缩、降温、降低成本等）！

004.UHPC 适用于哪些场合？

常规混凝土不能满足要求的地方！

有高抗渗、高抗冻、高抗盐侵蚀要求的地方；

有高抗震、抗爆、抗裂要求的地方；

超大跨度结构、大型壳结构、曲面结构；

旧结构的修补与加固等.....

005.如何保证 UHPC 的基本品质？

无纤维基底材料的立方体(100x100x100mm)抗压强度不低于 150MPa，抗拉强度不低于 5MPa，渗透性比 C80 低两个数量级，且无肉眼可见气泡；这些也都是入门级品质要求。

另外，应免除常规混凝土(包括 HPC)的常见劣化问题(包括钢筋腐蚀、冻融破坏、碱-骨料反应和硫酸盐侵蚀)困扰，这样的 UHPC 才配得起真正 UHPC 的称号。如果仍受这些劣化现象困扰，那就配不上 UHPC 的称呼。

006.UHPC 的抗磨和耐火性能也能高出 C80 很多吗？

水泥基材料的抗磨性能和耐火性能均需特殊设计，与材料的抗压强度或致密性没有固定关系。

UHPC 的抗磨和耐火性能可以设计得非常优异，但与 C80 相比，不易实现数量级或几个数量级程度的提升。

007.UHPC 的弹模为何不容易达到 55GPa 以上？

材料的弹模本质上取决于材料中主要结合键类型。UHPC 仍然是水泥基材料，结合键类型没有发生本质变化，不可能显著提高。

008.什么样的 UHPC 性价比较高？

以目前国内生产水平看，标准立方抗压强度在 150~200MPa 之间，抗拉强度在 7~12MPa 之间，渗透性低于 C80 两个数量级的 UHPC 材料性价比较高；随着未来技术发展，这些指标将会发生变化。

009.UHPC 最大弱项是什么？

和其它水泥基材料一样，不耐酸腐蚀（包括硫酸盐菌的侵蚀，虽然比 OPC 好很多）。

自收缩更大，早期开裂敏感性理论上更强（实际不一定）。

010.为何要对 UHPC 进行蒸养？

主要是消除 UHPC 的后期经时水化带来的不良影响，如收缩开裂、徐变等；另外，可提高 UHPC 的强度和致密程度。

充分蒸养（又称湿热养护、热养护、“热处理”等）能让常温下可水化的胶凝材料尽早完成水化，减少后期经时变化。

所以，有条件蒸养的就尽可能蒸养，不必一味追求免蒸养技术。免蒸养并不总意味着先进，要因材、因境随机应变为好！

011.结构上怎么用 UHPC？

这就要看建筑师和结构工程师的手艺了！

UHPC 是一大类、或系列材料，它和预应力天生是绝配！掺纤维的 UHPC 与不掺纤维的 UHPC 基体材料，和预应力都是绝配！对于蒸养

的 UHPC，和预应力配合最为理想！很多情况下，和先张预应力配合最棒！

普通配筋时，情况稍复杂！让人烧脑的是如何用好那几个 MPa 的 UHPC 抗拉性能！

如果想用 UHPC 的耐久性能，那就容易多了，用途也会变得极其广泛！比如你可以把它用作结构蒙皮或护套，也可用它来做既有结构的加固，都很棒！

对于裂缝控制或承载力控制的场合，使用 UHPC 时，考虑上可能有所不同。

总之，就看你想更多地用它的力学性能，还是耐久性能，还是其综合性能？不能言尽。

012.UHPC 结构设计上常遇到的问题有哪些？

一是如何用好 UHPC 的抗拉性能(包括不掺纤维的 UHPC 基体材料)？

二是如何降低工程造价？

013.如何用好 UHPC 的抗拉性能？

尽可能多地将 UHPC 用在有高韧性或有抗疲劳要求的地方，比如抗震、抗爆工程、地下防护工程、重载铁路工程等。

对于预应力结构，可考虑降低几 MPa 的外加预应力。对于非预应力结构，可将其用于一些有抗拉要求的部位。可通过采用不同配筋，巧妙地进行结构设计。

014.银行金库、寺庙地宫是不是特别适用？

当然！各种金库、寺庙建筑（包括地宫、佛塔、大殿等“千年建筑”）、棺椁、安全房等统统适用。

015.如何降低 UHPC 的成本或工程造价？

成本或造价本质上是市场问题。追求品质的人一般会把品质保证放在首位，然后再考虑成本优化，不一定非要降低。

如果从耐久性上考虑，选用 UHPC 的全寿命周期成本应该更低。

如果结构设计人员能充分利用 UHPC 的力学特性，在结构优化上多下功夫，再综合考虑施工和装配成本，应该能做到不显著增加工程造价，甚至会某种程度上降低！

对于高品质和高要求的结构物，以及一些特殊工程，不能总把降低工程造价作为首要前提！否则做不出传世佳作。

016.UHPC 的抗剪性能如何？

肯定要比传统混凝土好得多。不过，在目前的抗剪验算方法上显不出优势。

加上很多人担心纤维取向带来的各向异性的不确定性，目前在抗剪应用上还有些保守。好在很多人都在努力，相信未来会有好的结果。

017.如何减少免蒸 UHPC 的早期收缩？

除常规的减缩和微膨胀手段外，目前还没有令人眼前一亮的技术，需要更多的技术创新。

由于 UHPC 的水胶比很低（通常 <0.16 ），即使采用微纳米材料（如沸石、分子筛类）预饱水技术也不能理想地解决此问题。

将来在 高分子材料、微纳米颗粒料的表面预处理上多下功夫，看有无突破此技术难题的可能。

采用掺加坚固粗骨料的方式来减少收缩，其前提是不能显著降低材料的抗渗性和力学性能，否则就落入高强 HPC 范畴了，不再具有 UHPC 的优异品质。

在没有成熟有效的综合减缩方法以前，宜尽量减少现场浇筑，多多采用工厂蒸养预制。

不过，对于有密封防护护套的灌浆加固场合，可大量采用现浇 UHPC，也可掺加适量粗骨料。

018.UHPC 有没有一些特殊的收缩问题？

有。可暂时叫它“物理收缩”，它是大量微细颗粒体自身的特有问题，与传统 OPC 和 HPC 不同。这也是采用常规手段不能解决相应问题的原因之一。

019.采用大体积 UHPC 时，需要注意些什么？

尽量避免采用大体积 UHPC，如果不得不采用，需特殊设计，不能机械化地一浇了之。

主动采用大体积 UHPC 并不意味着你的结构设计或施工水平就高！
不得不采用时，从减小温升和减缩角度考虑，可以适当掺加一定量的粗骨料，前提是不能显著降低其品质；也可采用适量预饱水微细粉体材料。

能否采用水化热抑制剂需由实验确定。

020.难道用 UHPC，首先要考虑轻、薄、脆、透的应用场合？

不是首先要考虑这些场合，而是过去那些重、厚、笨、死的混凝土结构在采用 UHPC 后，通过结构优化，会变成这些样子！

021.UHPC 为啥要测抗拉性能？

UHPC 区别于 OPC、HPC 的典型性能就是它的抗拉性能，这也是结构设计人员最感兴趣的力学性能，所以要测。

022.UHPC 为啥要用直拉试验？

因为最直接，最省事！

有些国家用 UHPC 的抗弯性能来反算它的抗拉性能。对于不掺纤维的基底材料来讲，应该是存在固定换算关系的；对于掺纤维的 UHPC，应该不存在唯一换算关系，所以还不如直接测量来得痛快！

对于直拉试验，不同国家采用的试件形状和尺寸也不尽相同。有的采用板状试件，有的采用哑铃（狗骨）试件，有的采用棱柱体；有的采用切口试件，有的不采用切口试件；有的试件要求打磨掉表面浮浆层，

有的则不要求；测试时，有的要求试件与夹头固接，有的则要求铰接，等等。

这些测试结果之间能否进行直接换算，除理论推导修正外，还应考虑试件尺寸效应和具体测试技术之间的差别，最好通过做对比试验来加以确定。

023.UHPC 的弹性段应变怎么测比较方便？

用纸基应变片测就比较方便。

若用引伸计或位移计，需要的精度和数据采集速率都比较高，很昂贵；万一触头有滑动，数据很难看。千万别用精度不高的数字千分表去测！

024.UHPC 的初裂及初裂后的应变不易测准，怎么办？

纸基应变片只要贴好了，很容易获得 UHPC 的初裂时间和应变，甚至初裂后的部分裂缝扩展应变也可获得。

初裂后的应变确实不易测准。无论你采用多好的引伸计或位移计，都不易测准。因为试件有时会发生扭转，位移计触头有时会发生滑移等。

所以要多测一些试件，找出代表的数来反映材料的直拉特性；发表时可将所有数据同时发表，千万不能捡其中最牛的曲线去发表，更不能拿其中最牛的曲线去吹牛，不然牛皮吹多了，也总有吹破或掉坑里的时候。

某种意义上讲，初裂后的应变数据也仅可用作参考；对于那些“特别好、特别理想”的裂后应力应变曲线，有时可不必特别当真。

025.能用 GB/T50081 的 UHPC 抗弯强度换算为 T/CBMF37 的抗拉强度吗？

绝不可以呀！除非你测量的是不掺纤维的基体材料；或是你参考了国内外标准测试方法，对掺纤维 UHPC 的抗弯试验进行了改进，并在大量试验和数据统计分析基础上找到了换算关系及误差波动范围，否则就别去机械化地进行“理论”换算；因为单单因试件尺寸效应引起的误差，你就无法忽略！

026.只有抗弯强度测试条件怎么办？

可否请结构设计单位（或通过监理建议设计单位）提供相关的抗弯强度要求最小值或范围？

027.UHPC 的抗弯性能可否用于材料或产品检验和进场验收？

完全可以。对于材料供应商和使用方来讲，可通过合同进行约定。

如果只规定了材料或产品的抗拉性能，若满足以下情况，供需双方仍可按抗弯性能对材料或产品进行检验和进场验收：

（1）供应商有足够的自测数据可证明其所提供的 UHPC 材料或产品的抗拉性能和抗弯性能指标之间存在稳定的对应关系；

（2）经供需双方认可的第三方测试证明供应商所提供的 UHPC 材料或产品的抗拉性能和抗弯性能指标之间存在稳定的对应关系。

028.如何建立 UHPC 抗弯性能与抗拉性能指标间的关系？

可参照 GB/T50081 的四点抗弯试验，规定试件尺寸为 100x100x400mm，在试件跨中底部粘贴纸基应变片来检测其初裂抗弯强度，在试件中和轴的跨中位置设置位移计来检测试件的抗弯强度；这样通过大量试验和数据统计来找出抗弯初裂强度和抗弯强度分别与 T/CBMF37 所测的弹性极限抗拉强度和峰值抗拉强度间的对应或换算关系，并同时确定出其误差范围。

需要注意的是，应变变化无法对应！

029.如何建立 UHPC 的劈裂性能与抗拉性能指标间的关系？

别用立方体劈裂试验，可选用巴西劈裂试验，即采用 GB/T50081 中的圆柱体劈裂试件 $\Phi 100 \times 200 \text{mm}$ ，在底圆中心粘贴纸基应变片或位移计来检测试件的初裂强度或劈裂强度，然后再与 T/CBMF37 所测的弹性极限抗拉强度或峰值抗拉强度进行比对，通过大量数据统计看能否建立起对应或换算关系。

注意：掺纤维 UHPC 的劈裂圆柱体的初裂强度和劈裂强度并不易测准；不掺纤维的基底强度间可能会找到合适的换算关系。

030.小 8 字模或比例放大的 8 字模试件可用做 UHPC 的抗拉试件吗？

肯定可以用作拉伸试件，用来测试初裂强度和抗拉强度技术上可行的，但是其应变数据不好用，因为其基准拉伸长度区间明确。

另外，小 8 字模试件尺寸小，纤维在其中的分布与实际构件有显著差别，故由它测得的强度值会明显高于实际值。

031.UHPC 抗拉试件有的要求从一头浇筑，有的不要求，为什么？

国外的试件制备有的有这样的要求。这主要是考虑了新拌 UHPC 的流动性和纤维分布以及取向的影响。

如果特别重视浇筑方式及纤维取向的影响，可参考法国和瑞士的一些做法。可参考实际浇筑工艺，浇筑成型大尺寸构件，然后从该构件中的不同部位，考虑不同纤维取向而切取一定数量的试块，将切割的试块加工成标准测试试件进行性能测试。

无论哪种方式，只要测试试件数量足够多，总是可以找到材料的典型代表性统计数据的。

032.有的规定蒸养试件要冷却到室温才可进行测试，不这样做行吗？

考虑到温度变形，要粘贴应变片和安装位移计等测试工序，最好能冷却到室温并在统一测试条件下进行测试。

如果只是横向比较，或想尽快知道某个特征值是否达到了规定要求，如初裂强度或抗拉强度，也可规定一个相同测试条件，如蒸养后即刻测，也是可以的，当然如果你能操作的话。不过，不同温度下的测试结果是不能直接比较或等效的，尽管有的数据对温度或湿度不一定那么敏感。

033.机械加工的直拉试件与直接浇筑的试件哪个更好？

不能说哪个更好！这不仅取决于机械加工或浇筑水平，还取决于材料特性。

如果机械加工要求不明确，或加工质量不佳，造成试件受拉区或变截面区有肉眼不可见缺陷，就可能产生负偏差；另外，一些机械加工用的油脂污染，也可能带来不良影响。

直接浇筑试件的成型面通常是试件的薄弱区域，直拉时多半会由此开裂。如果纤维明显分布不均，可能会引起剪切破坏或试件扭转，测试结果的离散性可能更大。

鉴于浇筑成型面的这些影响，浇筑试件的直拉测试结果通常会比机械加工试件的小，也就是说，如果要达到同样的规定值，用直接浇筑试件来进行测试，结果会更加保守一些；另外，考虑实际施工状况，直接浇筑试件的测试结果相对于机械加工试件的结果可能会更加偏安全一些。

034.为何国内外多采用哑铃（狗骨）试件作为直拉试件？

这都是基于大量有限元计算和实际试验后确定的。当然，还考虑了测试的便宜性和可操作性。

真正的学问在于试件变截面和直拉区的设计，重点是要消除局部应力集中。

035.用板状试样做直拉不是更方便？

方便是方便，可是纤维取向的影响有时不可忽略！

036.直拉试件的截面尺寸是不是越大越好？

不一定。试件截面尺寸越大，拉力机的量程也要越大，但测量精度就不一定能保证。另外，试件尺寸越大，尺寸效应，特别是缺陷影响程度可能越大，测量结果离散性有时会更大。

直拉试件的截面尺寸若能兼顾实际构件的典型截面尺寸和测试设备的精度，那应该还是比较合适的。

037.力控制和位移控制加载方式哪个更合适？

不好说哪个更合适。有人认为弹性段用力控制更合适，裂后用位移控制更合适；有人认为统一用力控制或用位移控制都可以。

如果能结合实际构件的使用工况，则可规定出合适的加载方式。不好规定时，可选定某种加载方式进行对比即可。

038.UHPC 的初裂强度与基体材料的抗拉强度有关系吗？

有。UHPC 的初裂强度通常与基体的抗拉强度较为接近，通常情况下可能略高于基体抗拉强度 10~20%。初裂应变也与基体的较为接近，比如基体的若在 150~160 微应变时，掺纤维的可能在 180~200 微应变。

因此，UHPC 弹性段的贡献 70~80%来自于基体贡献；所以说，只有做好了 UHPC 基体材料，才能做好 UHPC，原因就在于此！

039.裂后性能与基体强度是什么关系？

裂后变形性能取决于纤维性能和纤维与基体的界面粘结强度。

当纤维抗拉强度和变形能力强时，如果它与基体的结合强度越高，则更容易实现表观应变硬化；否则，越不易。

一般地，基体强度越高，越致密，纤维的亲水性越高，两者之间的粘结强度就越高。所以说，高的基体强度对 UHPC 裂后的变形性能贡献也相对较大。

040.UHPC 的初裂应变、峰值应变、极限应变怎么取？

对于抗压或抗拉的初裂应变，通常可取为 200(150~200)微应变；

峰值压应变可取为 2000(1500~2000)微应变，极限压应变可取为 4000 微应变；

对于表观应变硬化的 UHPC，可规定其峰值拉应变不低于 1500 微应变，极限应变不低于 1500~2000 微应变。

041.UHPC 不总在含氯环境中，为何要用氯离子扩散系数表征它的抗渗性？

水泥基材料的劣化(含碳化)都离不开水，所以过去常用渗水压或渗水系数来表征材料的抗渗性。它的测试原理是要求水能在压力作用下稳定流动；当然，这一要求也适用于其它流体，如油或其它有机液体(可参见钻井或石油领域的相关论著)。

当水泥基材料中的孔隙结构不允许流体在其中流动时，物质粒子的扩散就成为其中主要的传质过程。在水溶液中，迁移能力较强的粒子是氢离子、氢氧根离子和一些卤素离子，如氯离子。由于氢、氢氧根离子材料中事先大量存在，定量测量技术门槛高，再加上考虑劣化环境因素的影响，人们就选用氯离子在其中的扩散难易来间接反映水泥基材料的抗渗性；此时，氯离子只是一个量测水泥基材料抗渗性高低的尺子，并不一定要求材料在含氯环境中使用才这样做，不少人在这一点上产生了误解，卡了壳！

法国采用透气性、表面吸水率、电迁移下的氯离子扩散系数来表征UHPC的抗渗性。大家一定要注意：水泥基材料中的气体传输要比水或氯离子传输复杂得多，除了化学反应要摒除外，还要考虑气体在孔隙中的物理和化学吸附与吸收，以及含水率的影响；即使对于渗透较高的OPC或HPC，其测量结果争议性都比较大，更不用说用于渗透性极低的UHPC了，在测试技术上完全不用考虑！

对于表面吸水率，由于UHPC的孔隙率很低，孔径很小，连通性很差，所以，采用表面吸水率来表征UHPC的渗透性完全不可取，大家也不必考虑。

对于电迁移下的氯离子扩散系数测试，请大家记住：凡是采用显色深度来计算扩散系数的方法，对于UHPC完全可以放弃！即使对于HPC，其测量误差通常也高于25%，可是一些明知它存在严重缺陷的“专业”人员，却仍死死抱住不放，这里面除了一些私利外，也给实际工程检

测结果的”合理“调整预留了很大随意空间（试验方法误差越大，有些人越喜欢）！

即使 NEL 法也不能完全适用于当前的 UHPC，它所测的结果只是 UHPC 本体特性的一个间接反应，好在测量结果看上去还相对凑合。这就是为什么目前仍暂时选用氯离子扩散系数来表征 UHPC 抗渗性大小的一些原由，它也适用于 HPC 的情况。

因此，对于 UHPC 的抗渗性表征方法还应进行深入探索。示踪原子（或离子）法看上去可行，但操作性差；文献中的 EPMA 法本就存在严重错误，大家不必在该方法上浪费时间。

042.NEL 法的英文全称到底是什么？

NEL 指 Nernst-Einstein-Lab；Lab 指 Laboratory；指基于能斯特-爱因斯坦方程的氯离子扩散系数室内试验方法。

本来还有一个 NEF 法，即 Nernst-Einstein-Field 方法，当年看到那么多丑陋的事，寒心了，就没有再往外推了。

【忍不住吐槽一下：到目前为止，国内所用的 ASTM C1202 试样夹具相当一部分是直接抄袭路老师 90 年代的改进设计版本；网上还在售卖的 NEL-PDR 检测和配套设备都是直接抄袭和盗版路老师本世纪初的开发版本；还有人将其它电测法与 NEL 法捆绑在一起就算作自己的科研成果，真是好笑~正是由于这些人的一知半解，加上个别标准制订者的偏见，让一个好端端的试验方法就这样毁掉了~】

043.UHPC 的抗渗性必须做吗？

设计有要求时则必须做。

一般地，当 UHPC 的基体抗压强度和掺纤维 UHPC 抗压强都能达到 150MPa 及以上者(掺纤维不当时，强度有时会降低)，可以免除抗渗性能检验。

044.能用直接浇筑的圆块来测量 UHPC 的抗渗性吗？

绝对不可以！因为其表面皮肤效应不可忽略，一定要按规定要求做。

045.如何判定 NEL 法测试结果的合理性？

测试中得到的伏安曲线越是接近通过原点的直线，则测试结果越准确、越合理；平行试样的测试结果越相近，则测试质量越好。

046.NEL 法测试结果离散较大，怎么办？

有条件重做的重做。无条件重做的，视平行测试结果的数据分布，取中间值或最大值作为该材料的测试值。若从严要求的话，取最大值。

047.NEL 法测量时，如何消除电极与试样间的接触电阻？

用饱盐溶液将铜电极表面或试件被测区湿润即可。

048.NEL 法饱盐试件可以反复测试吗？

不可以。因为第二次测量时的初始条件已与初次测量时不同了。

若遇到中途停电，或设备出问题，或其它随机事件，就想要在测试一遍后再进行第二次测量，那该怎么办呢？可将饱盐的试件在饱盐溶液中自然浸泡 72h 或一周以上再来测量；如果是一批试件，则需同批同条件重测，且选用同一批次数据，不可前后批数据混杂。

049.NEL 法饱盐试件可以反复饱盐吗？

不可以。除非你就想看看会发生什么变化。

050.NEL 法最大的缺点是什么？

目前尚无法事先知道试件饱盐是否饱透了，只有在测量中或测试后可以知道。

怎么叫饱盐饱透了呢？只要测试过程中得到的伏安曲线是近似过原点的直线就算是饱透了！绝不是像有些人想象的那样，用压力机劈开试件，喷上显色剂，看到满眼的氯离子才算饱透！为什么？这需要由材料缺陷密度和连续通道模型来解释。

051.UHPC 基体材料的配合比该如何设计？

假如用以下 8 种材料来配制 UHPC 如水泥 1、硅灰 2、微纳米粉体 3、石英粉 4、石英细砂 5、石英中砂 6、石英粗砂 7、减水剂 8，要求它达到抗压强度 150MPa，如果再加上水，那你该想到，这是一个 9 元一次方程的关系，对吗？

那它有解吗？当然有！有唯一解吗？当然没有！

如果再要求抗拉强度不小于 5MPa，坍落扩展度不低于 600mm；那么，它就变成至少是一个 (1,9) 矩阵和 (1,3) 矩阵关系，对吗？

那它有解吗？当然有！有唯一解吗？当然没有！

那该如何进行配合比设计呢？

此时单单靠人脑或手算就跟不上趟了，要借助一些理论和工具来帮忙：

第一，要对除水和外加剂以外的所有颗粒组成的颗粒堆积体的颗粒级配提出要求，如要求它满足某一条连续级配曲线；

第二，测试各种颗粒料的颗粒级配曲线；

第三，利用一些商用的颗粒级配分析软件来计算各种颗粒料的用量，通过调整其中一种或几种物料的用量变化，来获得系列计算配合比；

第四，统一考虑减水剂和用水量，设计出一套试配配合比；

第五，进行试配并进行要求性能测试；

第六，根据性能测试结果，重新调整并计算各物料的用量，重新制订第二次试配配合比并进行要求性能测试；

第七，重复第一至第六步骤并反复尝试和分析，最终获得一组或几组 UHPC 基体材料配合比。

注意：在寻找 UHPC 基体材料配合比和性能关系时，一定要综合考虑颗粒紧密堆积与胶结材化学固结的双重作用和有机结合，单取其一是行不通的！其中的窍门就是，先做好颗粒连续级配和紧密堆积，然后再考虑胶材的化学固结及外加剂调整，这样中标的效率可能会高些！

052. 什么软件可用于 UHPC 的配合比计算？

推荐使用 Elkem 公司的 Emma 软件（早期版本 Lisa 也行）。这个软件还适用于自密实（自流平）混凝土和耐火捣打料的配合比设计。

当然，你也可以根据颗粒级配计算方法自行编制计算软件。我的学生前几年就编过一个更好的颗粒级配分析软件，目前尚未进行推广。

053.不同材料的颗粒级配测试方法不同，可用来直接计算吗？

暂时不用考虑不同测试方法差别的影响，可直接用来计算。因为，计算结果也只是个参考！相比于机械化地多因素正交实验设计，看上去稍微科学一点。

054.计算配合比时，需要注意哪些问题？

第一，水泥的颗粒级配没有条件时可以不测，可参考文献中同厂家同牌号水泥的颗粒粒度分布数据；

第二，硅灰的颗粒级配常常测不准，直接用厂家或文献中的数据大多数时候也是可以的；

第三，一些微纳米粉体的颗粒级配曲线如果测不准，可能会给计算和试配带来不少困难和麻烦；

第四，对于石英粉和石英砂，由细到粗，最少要选用 3 种或以上的颗粒级配材料，不然不好调整颗粒级配曲线！

严格来讲，对于科研人员和生产研发人员，最好要了解各种材料的颗粒级配曲线专业测试方法，并要进行多次测试或校验。

实际计算时，最细和最粗材料的调整可适当粗放一些，中间颗粒级配的材料要非常重视！

另外，还要注意各种物料的用量范围，一定要结合实际经验；比如，你总不能将水泥设成 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 或 $1800\text{kg}/\text{m}^3$ 去进行大量计算吧？那样的计算显然是不合适的！

055. 单单考虑颗粒连续级配，就一定能获得理想的配合比吗？

显然是不可能的！还要综合考虑各颗粒料的物理化学性能和几何性状。比如颗粒料是水化活性的还是惰性的？颗粒是近似球形的，还是多棱角的？诸如此类，各种因素都要考虑。

计算+足够多的试验，结合你对 HPC 和其它水泥基复合材料（如钢纤维混凝土、ECC 等）的经验，就肯定能找到至少一组较为理想的配合比。

056. 纤维材料如何考虑和计算？

第一，重点考虑高强碳钢钢纤维，如抗拉强度 $> 2800\text{MPa}$ ，直径 0.2mm ，长度 13mm 左右（长径比通常在 60 左右即可）；即使有些腐蚀非常严重的场合，如无美观要求，也不一定非要用不锈钢纤维！

第二，碳纤维、PVA、PP 纤维、玻璃纤维等不一定要用。金属与非金属的混合纤维尽量先不用考虑，因为实际分散时常常会遇到问题。

第三，UHPC 配合比设计时重点考虑颗粒材料就行，不用考虑纤维的计算；即使你把它假定为细长骨料去计算，在实操层面也没多大意义。

057.试配时，纤维掺量怎么考虑？

第一，按弹性极限抗拉强度（初裂强度）设计要求试配出接近该强度值的 UHPC 基体材料；

第二，可以试掺 2.0% 体积掺量的钢纤维，通过测试标准蒸养后的直拉性能来增减钢纤维的用量。

一般地，对于有应变硬化要求的 UHPC，基体材料的抗拉强度至少要在 5MPa 以上，钢纤维体积掺量在 2.0% 以上。

058.试拌时，纤维要与粉料一起拌和吗？

如果没有高效率的（旋流或涡流式）搅拌机，如采用常规的 60L 单卧轴混凝土搅拌机时，不宜将纤维与粉料一起拌和；可将粉料拌和到理想流动状态以后，再一点点慢慢加入纤维，然后再继续搅匀即可。其实，实际生产时也可以这样！

加入纤维时，如果能借助专业的纤维分散设备帮忙，可以省很多事！

059.粉料搅拌了好久，流动性还是不行，怎么办？

第一，换更高效的减水剂试试。减水率最好能在 38% 以上，引气量越少越好；开始先别考虑粉剂，先用水剂，因为喷粉工艺国内还不是特别理想，生产的粉剂引气量有时也较大。

第二，如果减水剂没问题，那就是颗粒级配不好，或者是用了一些不必用的颗粒料，应重新进行组分调整，再进行试拌。

060.UHPC 如何振捣？

大部分 UHPC 是自密实或自流平的，无须振捣。

实际施工时常常会遇到边坡或有施工角度要求的地方，如交通路面工程，这时就不宜采用自流平 UHPC，要控制合适的坍落度。对于坍落度在 120~180mm 的 UHPC，仍可采用平板振捣器进行振捣；实验室试件成型时，也可上振动台进行振动，但振动时间宜适当缩短，以避免纤维严重分层。

061.UHPC 如何进行收面和养护？

第一，对于免蒸养的现浇 UHPC，可采用与高强硅灰 HPC 相似的收面工艺。收面后要即刻进行表面覆盖（如采用塑料薄膜），或边收面边覆盖，以防水分散失；当然，也可边收面边喷洒高效养护剂；即使喷洒了养护剂，也要及时覆盖；不可在 UHPC 表面进行过早的洒水或喷雾养护，洒水或喷雾养护可在浇筑 1d 后进行。

第二，对于拟蒸养的现浇 UHPC，也可先采用上述办法进行 1d 内的养护；1d 后再进行蒸汽养护；一般可参考“标准蒸汽养护工艺”进行，即 90°C，48h；不过，要注意随时监测不同位置的温湿度，以尽可能保证处处均匀。

第三，对于工厂预制蒸养或蒸压 UHPC 构件，可参照以上方法或进行适当调整。

062.UHPC 何时进行拆模？

对于常温下施工的 UHPC，正常养护 1d 后即可进行拆模。其它环境下浇筑的，可根据实际情况，适当调整。

063.UHPC 拆模后发现大尺寸缺陷，怎么办？

需要拆除重建的应及时拆除，不然后期拆除成本较高。

如果需要进行修补的，应在及时凿毛或切割后及时进行修补；修补材料可与原施工材料相同。采用相同 UHPC 材料进行修补的，无须使用其它界面剂。

常规切割工具不适用时，可考虑采用手持式高压水刀进行切割。

064.现浇 UHPC 到了 28d 时强度不达标，怎么办？

如果取芯强度严重不足，该拆拆，该炸炸，该加固加固。

如果取芯强度比设计强度少 20 左右%，则需要考虑一下，可否延长龄期后再测？或是进行热养护后再测？无论哪样，最终都应通过专业结构工程师的评估。

065.UHPC 结构如何进行日常养护？

对于没有磨损、高温作用或酸腐蚀的 UHPC，一般不需要进行特别的日常养护。

对外观整洁度要求比较高的 UHPC，可事先进行表面憎水或防污处理，有些表面增效剂可事先在拌和时就加入；对色彩要求比较高的，可适

当涂覆防紫外剂或固色剂；对反光有要求的，可进行酸化、表面粗化或亚光处理；对 NO_x 等有毒气体分解有要求的，可事先掺入钛白粉等来进行降解，或是加入沸石粉等一些吸收剂来进行吸收。对表面已发生污染的 UHPC，可采用高压水或喷砂、喷丸或打磨后，再进行适当的表面处理。

对于磨损作用下的 UHPC，需要进行日常检查，达到临界磨损程度后予以更换。

有高温作用时，则需要注意 UHPC 的胀裂及剥落情况，发生严重损伤时，应及时进行更换。

对处于酸性气体或酸腐蚀环境下的 UHPC，在投入使用前，可事先进行憎水、覆膜或耐蚀表面处理；使用中应进行日常观测，一旦达到临界损伤程度，应及时予以更换。

066.UHPC 表面的外露钢纤维端面发生腐蚀怎么办？

无镀铜外露钢纤维端面发生的是普通电化学腐蚀；有镀铜外露钢纤维端面发生的是电偶腐蚀。

如果觉得碍眼，可以对 UHPC 表面轻轻打磨后进行憎水处理，如刷涂硅烷或其它有机硅类材料，或者是其它有机涂料（透明或不透明均可）。

如果不觉得碍眼，就无须处理，因为它的腐蚀深度通常很浅，即使过了几年也是一样。

如果不允许出现这样的情况，新结构可选用不锈钢纤维或其它非金属纤维；不换钢纤维时，也可在想办法不让它外露，或拆模后及时进行表面防护处理。

067.为何不用担心 UHPC 中的钢纤维或钢筋腐蚀问题？

因为品质优良的 UHPC 中的孔主要是 nm 级以下的孔，它的连通性极差，水、水汽和氧均在其中难以长距离传输，所以 UHPC 中埋深几 mm 厚的内部钢纤维或钢筋就很难再发生腐蚀了。

另外，由于 UHPC 的水胶比很低（通常 <0.16 ），基体材料的欧姆降较大，这样也就避免了宏电池腐蚀的发生。

即使 UHPC 中的含盐量较高，按照刚才所说的原理，也可以不必担心其中钢纤维或钢筋的腐蚀了。这也是 UHPC 区别于 OPC 和 HPC 的地方。

068.为何说不用担心 UHPC 的抗冻性或其它传统劣化现象？

可统统归结于 UHPC 中没有足够的自由水或反应用水即可。对抗冻、碳化、碱-骨料反应、硫酸盐侵蚀等都是如此。

也可归结于有害物质难以在其中进行长距离有效传输。

069.开裂的 UHPC 中也不必担心钢纤维或钢筋腐蚀问题吗？

首先要看开裂的程度及裂缝的宽度和深度。

对于传统 OPC/HPC 允许的 0.2mm 以下的裂缝在 UHPC 中可能无须过多担心；但是，对于更宽的裂缝，特别是贯穿至钢筋表面的裂缝，如果能允许水和氧在其中传输，那就不能忽略该处的钢筋腐蚀问题；如果它同时受动载作用，那就更不能轻视，尽管钢筋腐蚀的危害程度远较常规混凝土中的弱！

也就是说，可以掌握这样一个原则：即要看水、水汽、氧及其它有害物质能否在裂缝中畅通无阻；若能，局部劣化问题就不能忽视；若不能，则可安稳睡大觉！

070.如何提高 UHPC 的抗磨或抗冲磨性能？

对于表面抗磨，可像传统混凝土那样，在 UHPC 表面加入耐磨剂或耐磨骨料，单纯增加纤维用量不一定能改善它的表面抗磨。

对于抗冲磨，或撞击下的冲磨，可能还要区别对待。前者可以考虑采用耐磨粗骨料，后者可能还要考虑纤维种类、用量或表层配筋；甚至还要考虑采用表面防撞缓冲保护层。

071.如何提高 UHPC 的耐火性能？

采用 PP 纤维、改变纤维掺量、掺用粗骨料等有时可以改善 UHPC 的耐火性能；如果条件允许，采用铝酸盐水泥或按耐火捣打料去设计，效果可能更好！

072.UHPC 能用于盐碱地或海滨盐滩吗？

太可以了！如果将这些区域中电力设施（如电杆、电塔基座、电站基础等）、交通设施（如道路、桥梁）进行更换或表面加固，就可能完全解决长期困扰电力及交通系统的许多技术难题。

将盐滩上的既有混凝土结构（如码头、桥梁等）或钢结构统统给它穿上一层 UHPC 外衣，那将解决很多传统劣化问题。

073.那能再在 UHPC 上进行表面覆层吗？

可以。如果可能，可首先考虑采用与基底相同的 UHPC 进行表面覆层；当然，也可采用其它任何你想用的覆层材料。

074.能将 UHPC 用作无机粘结剂或结构胶来用吗？

当然。UHPC 是非常好的无机粘结剂或结构加固胶，也是性能优异的锚固或灌浆材料。一些海上风电塔在建设时就采用这类材料来粘结不同的构件；也有人将它用于海上钻井石油平台的修补与加固。还可用它来对既有结构进行粘钢板加固。

建议装配式建筑用套筒灌浆材料也统统改用无纤维的 UHPC 基体材料。

预制桥梁、桥墩的湿接缝，伸缩缝都可采用 UHPC。

075.UHPC 也能用作灌缝材料？

对于 mm 级及以下的缝隙，仍然建议采用成熟的有机灌缝或嵌缝材料；

对于几个 cm 级以上的大缝隙，采用 UHPC 比较合适。

076.UHPC 能用于后张预应力的灌浆吗？

不掺纤维的 UHPC 基体材料应该可以适用 ,就是成本会有些高。不过 ,适当调整组成后 ,可使灌浆材料及预应力体系很好地与混凝土结构形成一个有机整体。

对于大型锚箱 ,可考虑采用掺粗骨料的 UHPC 进行锚固或加固。

077.UHPC 如何用于民建或家居？

除已知的建筑装饰或蒙皮应用外 ,可优先考虑一些复杂建筑节点的应用 ,或抗剪、抗震结构的应用。

对于一些公共设施、场馆、纪念性建筑或古建筑的修复 ,也可优先考虑 UHPC 的应用。

对于一些预装配式建筑构件或部件 ,如预制楼梯、门/窗框、整体厨卫、车库地面等 ,都可考虑应用。

建筑室外 LOGO、雕塑、桌椅、长凳、栅栏、花墙、艺术停车坪、树围等等 ,都可以应用。

有人用 UHPC 做家具、灯具、音箱及其它一些饰品 ;也有人用 UHPC 来翻模一些地方木雕、砖雕或石雕制品。

用 UHPC 来复制古文物也是一个不错的选择 !

078.UHPC 如何用于军事工程？

南海的重要基础设施就非常适合采用 UHPC ,特别是军用设施 !

UHPC 是一种性能优异的抗冲击和防侵彻材料，可用于许多的军事防护设施的建造，包括弹药库、飞机库、舰艇库、其它武器装备库等。

079.UHPC 能用于核工业或其它特殊工程吗？

UHPC 太适用于核工业工程了！它不仅特殊适用于核电厂设施的建设，还特别适用于中低放乏燃料的储存与固化；采用特殊技术措施，还可用于高放乏废料的处置。法国的 RPC 最早就用于核废料高整体容器的制造。在这些方面，目前中国还远远落后。UHPC 材料也应适合用作乏燃料的地质处理。

UHPC 还可适用于航天基础设施的建设，也特别适用于有毒或有害的环境保护工程。

像港工、地下管廊、PCCP 等，UHPC 都有天然独特优势；对于矿山运输、过江/过海/穿山隧道、地铁/城铁/高铁、公路交通等也都非常适用。

080.如何拆除 UHPC 结构？

对于大型结构，这个问题有点难。单纯考虑常规钢筋混凝土结构的爆破恐怕不行，估计还要结合专门的切割设备或工艺，如水刀切割，火焰切割、或激光切割等。

081.轴压强度与抗压强度的换算系数是多少？

按当时 T/CBMF37 平行试验结果，100x100x300mm 试件的轴压强度 f_{cp} 与 100x100x100mm 立方体抗压强度 f_{cu} 之比约为 0.82~0.90，可取为 0.86。

082.抗弯强度与抗拉强度之比大约是多少？

按当时 T/CBMF37 平行试验结果，100x100x400mm 试件的四点抗弯强度 f_b 与该标准规定的直拉试件的抗拉强度 f_{tu} 之比约为 2.2~2.8，可取为 2.5；即可按不低于抗拉强度 2.5 倍来要求 UHPC 的四点抗弯强度，即 UT07 要求 $f_{tu} \geq 7.7\text{MPa}$ ，考虑测试误差，可要求 $f_b \geq 20\text{MPa}$ 。

083.劈裂强度与抗拉强度之比大约是多少？

按当时 T/CBMF37 平行试验结果：

(1) 100x100x100mm 立方体试件劈裂强度 f_{ct} 与该标准规定的直拉试件的抗拉强度 f_{tu} 之比约为 1.9~2.5，可取 2.2；即可按不低于抗拉强度 2.2 倍来要求立方体劈裂强度，即 UT07 要求 $f_{tu} \geq 7.7\text{MPa}$ ，考虑测试误差，可要求立方体劈裂强度 $f_{ct} \geq 17\text{MPa}$ ；

(2) $\Phi 100 \times 200\text{mm}$ 圆柱体试件劈裂强度 f_{ct} 与该标准规定的直拉试件的抗拉强度 f_{tu} 之比约为 1.6~2.2，可取 2.0；即可按不低于抗拉强度 2.0 倍来要求圆柱体劈裂强度，如 UT07 要求 $f_{tu} \geq 7.7\text{MPa}$ ，考虑测试误差，可要求圆柱体劈裂强度 $f_{ct} \geq 15\text{MPa}$ 。

084.小 8 字模抗拉强度与标准试件抗拉强度之比大约是多少？

按当时 T/CBMF37 平行试验结果 ,小 8 字模试件抗拉强度 f_{tu-8} 与标准试件抗拉强度 f_{tu} 之比约为 1.0~1.5 ,考虑试尺寸效应 ,可取 1.5 ;即可按不低于标准试件抗拉强度 1.5 倍来要求小 8 字试件的抗拉强度 ,即 UT07 要求 $f_{tu} \geq 7.7\text{MPa}$,考虑测试误差 ,可要求小 8 字模试件抗拉强度 $f_{tu-8} \geq 12\text{MPa}$ 。

085.UHPC 用钢筋如何选择 ?

不少人认为高强混凝土就应该配高强钢筋 ,但是实际情况不一定。对于 UHPC ,不一定非要选用高强钢筋 ,特别是一些厂家生产的负尺寸高强钢筋最好不要用 ;目前个别厂家生产的“高强钢筋”脆性非常大 ,选用时一定要慎重 !

另外 ,有些情况下选用光圆钢筋可能比带肋钢筋更好 ,因为 UHPC 的高收缩和高粘结有时对带肋钢筋局部产生较大约束应力 ,反而会产生不良影响。

UHPC 中的钢筋尽量选用普通碳钢钢筋即可 ,完全不用考虑不锈钢钢筋、包覆不锈钢钢筋、环氧涂层钢筋、热镀锌钢筋 ,因为钢筋腐蚀问题不用考虑了。所以说 ,UHPC 结构、UHPC 蒙皮或护套是特别适用于港工结构的 ,综合造价与采用 HPC+耐蚀钢筋应该会更低 !

当采用 RFP 或其它聚合物筋时要充分考虑这些复合材料筋的变形性能。对于预应力筋 ,无论是高强碳钢钢筋 ,还是聚合物筋都是适用的。

086.UHPC 何时施加预应力比较合适 ?

这个问题很难回答,它需要考虑早期材料强度和弹模的经时增长规律,还要考虑徐变及收缩问题(包括计算模型的选择)。

对于传统混凝土,若无明确规定时,通常要求混凝土强度达到设计抗压强度的 75%时即可进行后张预应力筋的施张(或是先张预应力筋的放张)。

对于蒸养 UHPC,通常可在蒸养结束后进行施张,一般在浇筑后第 4d 进行。有的在蒸养过程中进行施张,即先进行预蒸养、当达到施张要求强度后就进行施张,施张后再继续蒸养、至结束。

对于非蒸养 UHPC,情况会稍微复杂些。有的希望早点施张,有的希望晚点施张。一般地,要求材料强度达到规定强度后即可进行施张;如对于设计抗压强度为 150MPa 的 UHPC,可规定当材料强度达到 100MPa 时即可施张。当然,这也同样适用于蒸养预制构件。

由于 UHPC 在 48~72h 内的早期收缩最大,弹模和强度变化非常快,通常会要求躲过这一快速变化期,在 UHPC 浇筑 2d 或 3d 后进行施张。浇筑 1d 后就开始施张是否会造成严重应力损失或严重早期徐变,可能要看施张应力水平相对于 1d 时材料强度;从 UHPC 的强度、弹模、收缩和徐变发展特性考虑,个人建议对于现浇 UHPC,不宜在浇筑 1d 时就进行施张。

注意:按达到规定强度进行施张的做法虽然操作性强,但也很机械化。如果有条件,应通过试验来确定具体的施张时间(试验量、难度和周期都较大)。

087.UHPC 的施张预应力水平该如何要求？

施张预应力水平通常可为施张时 UHPC 材料抗压强度的 30~50% ,比如施张时的 UHPC 抗压强度是 100MPa ,那么施张预应力可控制在 30~50MPa ;这也很容易理解 ,大多数情况下 ,它处于 UHPC 的弹性变形段。实际操作时 ,要求施张预应力水平控制在当时材料强度的 30~40%可能更为合适 ,施张时间不宜过早 ,宜在 UHPC 的强度充分增长后再进行施张 ,如在达到材料设计强度的 60~70%后。

088.现浇免蒸养 UHPC 的早期收缩量大体在什么数量级？

这上不好说 ,因为实际上不容易测准 ,原因在于基准长度是从何时测量的 ,比如是浇筑后就开始测量的 ,还是从浇筑几小时后开始测量的 ,还是从 1d 后开始测量的 ?不同的计取方法 ,计算结果差别非常大 !不同的测量装置和测量技术所测结果也不一样 ;比如是采用非接触式光学测量的 ,还是采用数字位移计测量的 ?另外 ,还要看你是在完全密封、半密封条件下的测量的 ,还是在完全敞开条件下的测量的 ,结果统统不一样。有人认为浇筑后 48~72h 的总收缩量可达几千个微应变 ,有人认为在 600~900 个微应变左右 ,有人认为可能更低些 ;分歧比较大。

考虑 UHPC 在浇筑后 48~72h 内的早期自收缩的影响 ,大家通常采用波纹管法进行测试 ,并希望在浇筑密封后越快测量越好。《超高性能混凝土基本性能与试验方法》一书的附录给出了具体的推荐试验方法 ,同时建议开始测量时间宜控制在加水搅拌后 30min 内 ,且试件安放在

测量支架上静停 10min 后。实际算下来，留给检测人员的试件准备时间在 20min 以内，包括 UHPC 的搅拌、灌注、试件密封与检查等。如果不是特别熟练，是不易达到的。大家在采用波纹管法测试时，若有条件，可尽量采用非接触式光学测量，可能更好；这样也可能会实现在浇筑后就开始测量的要求，不过，随后的数据处理要非常小心。建议服务于实际时，UHPC 早期收缩的测量可参考实际施工工艺，有针对性地开展；特别应考虑实际养护方式、拆模时间，以及预应力施张时间等。

089.采用常规混凝土膨胀剂能减小 UHPC 的早期收缩吗？

曾有人做过一些试验，有人说可以，有人说不行。

从 UHPC 的早期水化，特别是浇筑后 48~72h 内的水化行为看，采用过去传统的混凝土膨胀剂应该不容易实现理想地早期减缩。

有人试图通过早强剂和膨胀剂双重控制来进行减缩，听上去似乎可行，但从 UHPC 的早期水化特性考虑，也不容易实现。

还有人想在纤维种类和用量上下功夫，看上去好像有帮助，但从水泥胶材自身特性看，也不易实现，它仅能实现微观应力均化而已。另外，不同纤维掺量的 UHPC 本就不再是相同的材料，不宜进行直接对比，更不宜拿来说事。

有人想通过纳米材料或高分子技术实现突破，有可能会有希望，我们将拭目以待。

090.那就没办法控制 UHPC 的早期收缩了吗？

也不是的！HPC 的一些做法和经验仍可借鉴，但需开拓更新更好的路子。建议从 UHPC 本身特性下功夫。比如可在 UHPC 配比的精细调控上多用心。不管你用多少水泥，实际材料中相当多的是未水化水泥，因为水胶比实在是太低了，所以，单纯通过减少水泥用量来进行 UHPC 的减缩，估计实际工程效果达不到你的期望；如果想尽可能多的采用惰性颗粒料来进行减缩，那他仍然是认为收缩主要来源于可水化胶结材。

采用掺加大骨料来减缩，虽然具有工程应用价值，但不具什么先进性，它只是相对减少了可收缩物料的用量而已，是人人皆知的道理！

对于采用大骨料进行减缩（或降温），我个人建议的做法是“骨料外掺法”：即 UHPC 单配，然后根据需要，再外掺一定体积的粗骨料。在实际工程中，照样可以购买品质稳定的 UHPC 预混料，在加水搅拌均匀后，再掺入当地合适的粗骨料充分搅拌后自密实浇筑或轻微振捣即可。粗骨料的用量和尺寸应根据需要和构件尺寸，事先由实验确定。

091.如何控制 UHPC 的徐变？

第一，选用蒸养充分的 UHPC，并在蒸养后再进行张拉（或放张，对先张预应力筋而言）；

第二，对非蒸养 UHPC，正常施工条件下，躲过浇筑后 48~72h 的快速变化期，在第 4d 再进行张拉；

第三，预应力张拉水平不要超过施张时材料强度的 40%。

092.那如何控制 UHPC 的早期徐变呢？特别是受拉徐变？

这就要在材料配合比设计和结构局部设计上多下功夫。还要考虑具体施工工艺，包括具体施工工序的影响。

从微观角度看，也可充分考虑纤维及其与 UHPC 基体的界面约束作用，看能否由此来深入探讨 UHPC 的早期受拉徐变控制问题。

093.UHPC 结构的下挠或应力损失如何考虑？

实际结构的下挠或应力损失只能通过不断观测（或实时监测）来了解和控制。

在设计阶段，就要看你采用什么样的徐变模型或徐变系数来进行估算。对于长寿命期内的任何结构，估算都不会准的，但可用来参考和方案对比。

尽管大家都说经充分热养护的 UHPC，其长期徐变不用担心；但是考虑大跨或大截面构件的材料组成和受力不均匀性，徐变问题仍然是不能轻视的一个重要问题，虽然从材料特性上看，UHPC 的均匀性已远远优于传统的 OPC 和 HPC。

094.从环保角度看，选用 UHPC 有什么特别好处吗？

有。UHPC 相比于 HPC 来讲，其实可以掺用更多的工业固体废物，特别是尺寸在纳米级至毫米级的一些工业固体废弃颗粒材料，而这些废

弃物的应用目前还都很不理想，将来也许会成为非常抢手的 UHPC 原材料资源！

随着 UHPC 技术和纳米材料和高分子材料的不断发展和进步，海砂、山砂或沙漠砂（含泥量小的）也可能被广泛使用；有可能会出现专门针对海砂、山砂或沙漠砂的 UHPC。

随着有机和无机材料界限越来越模糊，一些特殊的高分子材料与 UHPC 材料的融合将大有发展前途。现在的一些化工废弃物也可能变得十分抢手。

UHPC 还有望进军能源行业及其废弃物处理，如各类电池废弃物的固化与处理等。

另外，UHPC 在有毒和有害物质的固化与隔离中也将绽放异彩！

因此，在环保行业，UHPC 将大有作为，应用前景十分广阔！

095.UHPC 可制作智能构件或结构吗？

当然，非常适合！利用 UHPC 的物理性能，如电性能、磁性能或力学性能，可将它制作成不同用途的智能构件或结构！甚至可用它的这些特性来直接制作传感器。

096.UHPC 能否用于电力行业？

UHPC 目前已经在电力行业中得到应用了，如 UHPC 电杆、光伏电池支架、绝缘地基等等。

将来用于高压绝缘子的制造是有可能的！

096.UHPC 可用于电子行业吗？

“水泥”电阻听说过吗？UHPC 类材料也可能用于不同电阻器的制作，或者是一些绝缘或导电基板的制作。如果有人感兴趣，也可将其制作成电容或其它一些特殊半导体。

097.UHPC 能做生态或生物材料吗？

UHPC 用作生态材料那是非常理想的。通过巧妙结构设计，可用于海洋、湖泊、污水中不同生物或微生物的居住或生活环境建设，它不仅稳定，而且耐久！

直接用作有情动物的活性生物材料，目前看肯定不行。如果能利用生物活性材料，借鉴或参考 UHPC 的制备技术，将来能否制作出不同用途的生物材料也不是不可能。

098.UHPC 如何用于川藏高铁的建设？

考虑到高温、高湿、高腐蚀、岩爆等问题，UHPC 是目前最适合用于该工程的材料，包括桥梁和隧道。如果仍大量采用传统的 OPC 或 HPC，不仅浪费人力物力，也绝对对不起国家和后世子孙！

当然，如果对于严重的地质灾害，如剧烈的地壳运动，UHPC 肯定也是不管用的，什么人造结构也不管用！

099.UHPC 能用于传说中的西藏引水入疆工程吗？

和川藏高铁的情况一样，UHPC 可能是目前最适合用于该传说水利工程的结构材料，可优先选用。

100.UHPC 能用作月球或太空基地建设吗？

不确定。目前的 UHPC 用于 $-80^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的使用环境是可以的；改进的 UHPC 也可以抵制强中子或 γ 射线的辐射，但能否用于真空或强大粒子辐照的太空，需要请教航天专家，如果你真想把它用上天的话！