

中国·梦之桩

有没有一种桩？施工中完成验证性超载预压，此时压力基本由桩端承担，促进桩端土固结，沉降提前到施工中完成，验证持力层可靠稳定。每根桩均通过最直接最可靠的极限荷载下的试验，验证每根桩桩身材料、桩侧桩端阻力匹配，桩土互补增强匹配混凝土成岩。

有没有一种桩？能够在施工过程中进行验证性超载预压，使压力主要由桩端承担，促进桩端土固结，提前完成沉降，并确保持力层的可靠稳定。每根桩均通过最直接可靠的极限荷载试验，验证桩身材料与桩侧桩端阻力的匹配性，以及桩土互补增强的混凝土成岩过程。

有没有一种桩？无需间隔休止期，施工中完成验证、原位测试及各项检测检验（声波电磁放射性物探感知对土、水泥石、芯桩验证性检测检验），复合桩水泥石未硬时取芯（搅拌时，压桩前后，桩侧桩端...），桩身完整性免检，材料强度免检且后期提高2倍（外围桩成百倍，内芯2倍）。

有没有一种桩？无需间隔休止期，能够在施工中完成验证、原位测试和各项检测（包括声波、电磁、放射性物探感知对土、水泥石、芯桩的验证性检测），并能在水泥石未硬化时进行取芯，桩身完整性和材料强度无需检验，且后期强度提高至原来的两倍（外围桩提高百倍，内芯桩提高两倍）。

有没有一种桩？每根桩桩端处均经过超载预压预沉降超固结之后，水泥石反压挤扩致密、压实硬化，土成建材成岩（大体积水泥石后期高温高压高湿度高压新鲜空气劈裂增强养护成为岩石混凝土）。通过“超前钻”验证地质报告，智能感知，施工中即时调控各种参数，桩周土体改良改善改性，消除不良地质“岩溶湿陷”——液化负摩阻。

有没有一种桩？每根桩的桩端经过超载预压和预沉降超固结处理后，水泥石会反压挤扩致密并硬化，从而形成岩石混凝土。通过“超前钻”验证地质报告，实现智能感知，在施工过程中即时调控各种参数，改良桩周土体，消除不良地质条件，如岩溶和液化。

有没有一种桩？不再依赖模拟边界条件，模糊理论的计算，通过室内试验，足尺原位测试，经过超极限荷载，在水泥石未硬凝时，最严苛条件下进行“荷载试压”。智能数字化施工，全程监测压入工厂化高强预制管桩。“一压便知”过程可靠可控，精准精确，既可抗压、抗拔、抗水平力。

有没有一种桩？不再依赖于模拟边界条件和模糊理论的计算，通过室内试验和足尺原位测试，在水泥石未硬化时，经过超过极限的荷载进行“荷载试压”。采用智能数字

化施工，全程监测压入工厂化高强预制管桩。这个“一压便知”的过程可靠可控，既可抗压、抗拔、抗水平力。

有没有一种桩？在岩洞，无须穿透，采用超载验证岩溶顶极限；在液化地区，预液化处理、消除液化；在湿陷地区，预湿陷处理、消除湿陷。

有没有一种桩？在岩洞中无需穿透，可以采用超载验证岩溶顶部的极限；在液化地区，可以进行预液化处理以消除液化；在湿陷地区，可以进行预湿陷处理以消除湿陷。

有没有一种桩？既是地基处理又是增强体，桩土混凝一体化（自我加压自我增强，自强不息，互补增强）既是打桩过程受检又是验证反馈监测调控过程，又可支护、防腐、止水帷幕，六合一。

有没有一种桩？既可用于地基处理又可作为增强体，实现了桩土混凝一体化，既自我加压又自我增强，实现了互补增强。这种桩既能在打桩过程中进行检测，又是验证反馈监测调控的过程，同时还能起到支护、防腐和止水的作用，实现了六合一。

劲性复合桩正是这种桩型，即是通过一定的工艺将散体桩（S 桩）、水泥土类桩（M 桩）、混凝土类桩（C 桩）中的两种或者三种单一桩进行复合成桩，既改善各单一桩型的不足，又能达到钻孔灌注桩的承载力，且没有泥浆污染，承载力高，综合成本较低等优势，低碳高效绿色环保桩型。

劲性复合桩是一种通过特定工艺将散体桩（S 桩）、水泥土桩（M 桩）、混凝土桩（C 桩）等两种或三种单一桩型复合而成的桩型。它不仅改善了各单一桩型的不足，还能达到钻孔灌注桩的承载力水平，且无泥浆污染、承载力高、综合成本较低等优势，是一种低碳高效、绿色环保的桩型。

由于岩土工程分析中计算条件的模糊性、信息的不完全性、计算方法的局限性和各种假想边界条件的不确定性，不能完全精确计算出桩基础的承载力、沉降量、稳定性等指标，需要岩土工程师在计算分析结果和工程经验类比的基础上综合判断，并通过现场载荷试验确定。劲性复合桩解决了上述不确定性，设计在充分了解功能要求、荷载的性质与大小和掌握必要资料的基础上，通过设计条件的概化，先定性分析，再定量分析，从技术方法的适宜性和有效性、施工的可操作性、质量的可控制性、环境限制，以及经济性等多方面进行论证，然后选择方案，进行必要的计算、验算和试验，通过比较分析逐步完善设计。

在岩土工程分析中，由于计算条件的模糊性、信息的不完整性、计算方法的局限性以及各种假想边界条件的不确定性，难以完全精确计算出桩基础的承载力、沉降量和稳定性等指标。因此，岩土工程师需要结合计算分析结果和工程经验，通过现场载荷试验

来综合判断。劲性复合桩解决了上述不确定性问题。设计过程中，在充分了解功能要求、荷载性质与大小以及掌握必要资料的基础上，采用概化的设计条件进行先定性分析，再进行定量分析。从技术方法的适宜性和有效性、施工的可操作性、质量的可控制性、环境限制以及经济性等多个方面进行论证，然后选择方案，进行必要的计算、验算和试验，通过比较分析逐步完善设计。

劲性复合桩通过专门工艺在常规刚性桩外侧增设水泥土或素混凝土过渡层来协调桩土变形，增大桩土接触面积的同时优化桩土接触性能，充分调动、发挥深层土体承载潜能，具有显著的技术优势和经济效益。众所周知，桩基础实际承载力取决于桩身强度和地基土所能提供的承载能力中的较小者，为避免出现“木桶效应”，这两者如能相互匹配，将能取得最佳的经济效益。随着桩长和桩径的增大，桩顶荷载沿深度与水平方向引起的压缩应力和剪切应力均会逐渐衰减，在满足桩基承载力的前提下，桩身强度沿深度与水平方向可以设置为逐渐减小的状态，显然劲性复合桩通过多种不同强度材料的组合获得了比常规桩基均质材料更好的性能比。

劲性复合桩采用特殊工艺，在传统的刚性桩外加设水泥土或素混凝土过渡层，以调和桩土变形，增加桩土接触面积，优化桩土接触性能，充分发挥深层土体的承载潜能，具备明显的技术优势和经济效益。众所周知，桩基础的实际承载力取决于桩身强度和地基土的承载能力中较小者。为了避免“木桶效应”，这两者需要相互匹配，以获得最佳的经济效益。随着桩长和桩径的增大，桩顶荷载引起的压缩应力和剪切应力会逐渐衰减。在满足桩基承载力的前提下，桩身强度沿深度和水平方向可以逐渐减小。显然，劲性复合桩通过多种不同强度材料的组合，获得了比常规桩基均质材料更好的性能比。

劲性复合桩水泥土施工是把土改良改性成为替代砂石的建材，原位土原地搅拌反压成岩，成砦成桩；高喷劈裂、高速搅拌钻杆晃动、螺旋叶片反压扩径致密、软化（粉土、砂土预液化、黄土预湿陷淤泥预触变、未固结土致密排水固结...）；可低能量快速在流塑—软塑状态压入管桩；调控不同部位水泥土性状（上部可塑、下部持力层复搅复喷水泥石料反压扩径致硬塑）以超载（大于极限值）、大能量（相当于预应力）、直达桩端（稳压值主要是桩底抵抗力）达到桩土（水泥土此时未硬但趋硬）极限挤密水泥土、桩周围土、桩端土（应力泡范围大及能量高、全域动态响应），桩、水泥土、土混凝土一体化进程：经过高围压（力度）、高温、高湿度（石灰及水泥水化热，可控温度 50-100-200 摄氏度）在土体中蒸养（土体含水量下降并硬化固结、水泥土充分熟化强化、芯桩强度也提高）从而形成全新复合桩本构模型（应力—应变-荷载·模量·变形）。

劲性复合桩水泥土施工是一种将土改良改性成为替代砂石的建材的工艺。通过原位

土搅拌、反压成岩的方式，形成砒成桩；采用高喷劈裂、高速搅拌钻杆晃动、螺旋叶片反压扩径致密等方法，对土进行软化处理；可以低能量快速将管桩压入土体中，在流塑至软塑状态下完成施工；通过调控不同部位水泥土的性质，如上部可塑、下部持力层采用复搅复喷水泥骨料反压扩径致硬塑，以实现超载、大能量、直达桩端的施工目标。通过高围压、高温、高湿度等条件，在土体中蒸养，从而形成全新的复合桩本构模型，实现桩、水泥土、土混凝一体化的施工过程。

水泥土搅拌完成后再通过夯实、挤密、静压、锤击等方法中的一种或几种的结合再次强力挤扩水泥（砂）土复合体和桩周土体。静压压桩力终压值一般保持在 500 吨~1100 吨，稳压一定时间；锤击贯入度最后三击 $\leq 2\sim 4\text{cm}$ 。施工中完成验证性超载预压，此时压力基本由桩端承担，促进了桩端土沉降快速完成；工后水泥（砂）土复合体硬凝后桩土一体化，承载力变为以桩侧阻力为主，桩端阻力占比很小（约 10%~20%），相应工后桩端土沉降大幅度减小。工后 21d 对挤扩过的水泥土实际取芯的平均强度要求：软土中 $\geq 3\text{Mpa}$ ；一般粘性土中 $\geq 5\text{Mpa}$ ；粉土中 $\geq 8\text{Mpa}$ ；砂土中 $\geq 10\text{Mpa}$ 形成高强度复合。

水泥土搅拌完成后，再通过夯实、挤密、静压、锤击等方法中的一种或几种的结合，再次强力挤扩水泥（砂）土复合体和桩周土体。静压压桩力终压值一般保持在 500~1100 吨之间，稳压一定时间；锤击贯入度最后三击应 $\leq 2\sim 4\text{cm}$ 。施工过程中完成验证性超载预压，此时压力主要由桩端承担，有助于加速桩端土沉降；工后水泥（砂）土复合体硬化后，与桩土实现一体化，承载力由桩侧阻力主导，桩端阻力占比很小（约 10%~20%），相应地，工后桩端土沉降大幅减小。工后 21d，挤扩过的水泥土实际取芯的平均强度要求为：软土中 $\geq 3\text{MPa}$ ；一般粘性土中 $\geq 5\text{MPa}$ ；粉土中 $\geq 8\text{MPa}$ ；砂土中 $\geq 10\text{MPa}$ ，形成高强度复合体。

复合桩施工过程全信息化、数字化施工，在改变土体物理力学化学和大能力重塑桩土本构关系性能的过程，地基处理、复合增强体、长短挤密桩施工检测于一体（勘察验证-原位足尺测试、物探感知、施工中调控检测检验）钻孔灌注桩，取土会引起土体应力释放和松弛一变形，永久性软化桩周围土体，同时会有大量泥浆排出污染环境；而复合桩施工可以“土成岩”：软土中复合桩（大直径大扭矩高压干湿搅拌反压水泥土）施工过程是地基加固过程一高压劈裂排水+螺旋叶片在低含水量致密土体中产生粗糙自攻下切动力（会导致土体预液化触变搅拌扰动临时软化：水-土分离-高压空气劈裂—预打散体砂石骨料排水通道+双链条或者钢丝绳反压力 80~100 吨甚至更高）层层叠叠 15mm 旋转一圈从深层挤扩—扩径 100~500mm，如 900mm 搅拌叶片可以扩径至 1000~1500mm）致密水泥土及土体，可调控水泥土水灰比达最优含水量，“软土改良硬化、硬土软化引

孔”不同土质中、不同深度处复喷复搅复压，特别是持力层验证性压实致密；在数小时内大能量打入管桩最新最大智能超载预压稳压触探物探一体装备（1260 吨）压桩力达到 850 吨甚至更高，以超过设计极限值超载压入高强管桩，压桩时对桩周围已经搅拌施工初步致密的低含水量水泥土及土体从上部至深层透心层层挤扩致密，对桩端处的水泥土或者持力层土体超载预压预检测预沉降超固结固化，端承及摩擦应力重分布，此时压桩力直达桩端，端阻力为主。深层围压稳压沉降硬化，后期大直径水泥土高温高压高湿成岩成砣成桩，摩擦增大，巨大能量挤扩致密浅层，深层土体及水泥土提供巨大摩擦力，复合桩成为纯摩擦桩。整个场地施工下来土体物理力学性能大幅度提高：二次勘察、物探声波电磁辐射，同时搅拌扭矩(电流显示)增大→压桩力渐渐增大→刚刚数小时的水泥土中压桩力超过设计极限值达到稳压=极限平衡状态→可以理解为：本来 28 天后水泥土强度上来以后才进行的载荷试验提前进行并得到验证，承载力大于压桩力 2~4 倍。从压缩致密到沉降硬化再到水泥土固化以后，桩土复合模量大幅度提高并可以定量快速波速实测。同时改善管桩杆件为墩体压屈条件，高强度外围水泥土提供三维围压握裹条件，管桩材料强度发挥系数高达杆件的 0.6~0.7 达到 1~2，竖向及水平承载力、抗拔承载力稳定性可靠性大幅度提高。

复合桩施工过程实现全信息化、数字化施工，在改变土体物理力学、化学和大能力重塑桩土本构关系性能的同时，完成地基处理、复合增强体、长短挤密桩施工检测（勘察验证-原位足尺测试、物探感知、施工中调控检测检验）及钻孔灌注桩。取土会引起土体应力释放和松弛一变形，永久性软化桩周围土体，同时会有大量泥浆排出，污染环境；而复合桩施工可以实现“土成岩”：软土中复合桩（大直径大扭矩高压干湿搅拌反压水泥土）施工过程包括地基加固过程中的高压劈裂排水和螺旋叶片在低含水量致密土体中产生粗糙自攻下切动力（会导致土体预液化触变搅拌扰动临时软化：水-土分离-高压空气劈裂—预打散体砂石骨料排水通道+双链条或者钢丝绳反压力 80~100 吨甚至更高）层层叠叠，每 15mm 旋转一圈，从深层挤扩，扩径 100~500mm，如 900mm 搅拌叶片可以扩径至 1000~1500mm，致密水泥土及土体，可调控水泥土水灰比达到最优含水量，“软土改良硬化、硬土软化引孔”不同土质中、不同深度处复喷复搅复压，特别是持力层验证性压实致密；在数小时内大能量打入管桩最新最大智能超载预压稳压触探物探一体装备（1260 吨）压桩力达到 850 吨甚至更高，以超过设计极限值超载压入高强管桩，压桩时对桩周围已经搅拌施工初步致密的低含水量水泥土及土体从上部至深层透心层层挤扩致密，对桩端处的水泥土或者持力层土体超载预压预检测预沉降超固结固化，端承及摩擦应力重分布，此时压桩力直达桩端，端阻力为主。深层围压稳压沉降硬化，

后期大直径水泥土高温高压高湿成岩成砦成桩，摩擦增大，巨大能量挤扩致密浅层，深层土体及水泥土提供巨大摩擦力，复合桩成为纯摩擦桩。整个场地施工下来土体物理力学性能大幅度提高：二次勘察、物探声波电磁辐射，同时搅拌扭矩(电流显示)增大→压桩力渐渐增大→刚刚数小时的水泥土中压桩力超过设计极限值达到稳压=极限平衡状态→可以理解为：本来28d后水泥土强度上来以后才进行的载荷试验提前进行并得到验证，承载力大于压桩力2~4倍。从压缩致密到沉降硬化再到水泥土固化以后，桩土复合模量大幅度提高并可以定量快速波速实测。同时改善管桩杆件为墩体压屈条件，高强度外围水泥土提供三维围压握裹条件，管桩材料强度发挥系数高达杆件的0.6~0.7达到1~2，竖向及水平承载力、抗拔承载力稳定性可靠性大幅度提高。

统一现场可实测数据（二次勘察、物探感知）根据搅拌数据、压桩数据岩土扰动数据、预测、实测验证施工中参数与智能管桩·水泥土混凝一体化完成后的应力应变模量关系（物理、力学、化学、数学为一体动态模拟反演分析方法）。高密度水泥土挤密成岩石；施工中超载验证性预压预沉降预加固预处理，周围土体扰动软化利于水泥喷入搅拌反压扩径、劈裂排水；再次大能量挤扩致密周围已经软化土体，定位定向定量挤密水泥土特别是持力层部位超载验证；施工中完成承载力检测、桩端应力泡超固结；智能芯桩内传感器、物探感知定量分析。

现场可实测数据（二次勘察、物探感知）综合了搅拌数据、压桩数据、岩土扰动数据等，用于验证施工参数与智能管桩·水泥土混凝一体化后的应力-应变模量关系，采用物理、力学、化学、数学为一体的动态模拟反演分析方法。高密度水泥土通过挤密成岩石；施工中进行超载验证性预压、预沉降、预加固、预处理，周围土体扰动软化，有利于水泥喷入搅拌反压扩径、劈裂排水；再次施加大能量挤扩，致密周围已软化的土体，特别是定位、定向、定量挤密水泥土的持力层部位进行超载验证；施工过程中完成承载力检测，桩端应力泡超固结；利用智能芯桩内传感器和物探感知进行定量分析。

超载预压浅部和深部持力层土体（扰动软化）及水泥土体，在未硬水泥土中打入管桩巨大能量（几百到千吨压桩力达到设计极限值或者巨大锤击能量）集中传递到桩端（施工水泥土时复喷复搅复压扩径，第一次层层致密压密沉降），形成端承载极限状态超固结超预应力，从而主要沉降施工中完成；快速荷载试验在最不利情况下完成就已验证。即打即成即检测完成沉降完成的超载预压技术。

在超载预压施工中，针对浅部和深部的持力层土体进行扰动软化处理，并对水泥土体进行处理。通过向未硬化的水泥土中施加巨大能量，如几百到千吨的压桩力或者巨大的锤击能量，将能量集中传递到桩端。在施工过程中，通过复喷、复搅、复压扩径等方

式，形成端承载极限状态的超固结和超预应力，从而主要沉降在施工过程中完成。在最不利的情况下，快速荷载试验已经验证了该技术的有效性，实现了即打即成、即检测即完成的超载预压技术。

土成岩土成为建材成岩成码成桩，无污染低碳甚至零碳；施工中完成检测检验、勘察验证，无需间隔时间，目前世界最大 1260 吨智能化装备在高速大功率高喷干湿搅拌反压过程就是“原位土替代砂石+水泥土搅拌=现场混凝土搅拌站”同时也是“超前钻探”（反压力 160 吨层层反压挤扩致密-深度 40m-直径 1200-1500 mm，一次性搅拌体积达 100 立方米），可控水灰比（零水灰比甚至排水劈裂负值）达最优含水量后，掺入骨料纤维激发剂成为延性水泥土，抗拉抗剪抗水平。超载预压预沉降预检测触探物探一体装备巨大能量压入高强芯桩，桩端超载预压预沉降压缩超固结，持力层验证完成。如果厚度或者稳压力不够可针对性加固：软弱下卧层固化成岩，营造人造持力层。岩土材料差异性+计算条件模糊性+信息不完全性+原位测试不足尺及室内试验扰动性...通过大功率多功能智能搅拌设备现场主动调控加工改良改性+大能量超载预压稳压验证主动超极限加压主动超应变沉降—桩土混凝一体化精准精确智能智慧，低碳高效、节能环保。达到钻孔灌注桩承载力，且没有泥浆污染，土成为建材替代砂石成码成岩成桩，地质聚合物替代水泥熟料超低排放。

将土成岩土作为建材，成为成岩成码成桩的替代品，无污染、低碳甚至零碳排放；施工过程中可即时完成检测、验证和勘察，无需等待间隔，目前世界上最大的智能化装备达到 1260 吨，在高速、高功率、高喷干湿搅拌和反压的过程中，实现了“原位土替代砂石+水泥土搅拌=现场混凝土搅拌站”的目标，同时也是“超前钻探”的一部分（反压力达 160 吨，层层反压挤扩致密，深度达 40m，直径为 1200-1500mm，一次性搅拌体积可达 100 立方米），水灰比可控（甚至为零水灰比或者排水劈裂负值），达到最佳含水量后，添加骨料、纤维和激发剂，形成延性水泥土，具有良好的抗拉、抗剪和抗水平特性。超载预压、预沉降和预检测通过巨大能量将触探物探一体装备压入高强芯桩中，桩端经过超载预压、预沉降和压缩超固结处理，持力层验证完毕。若厚度或稳定性不足，可有针对性地进行加固，例如将软弱下层固化成岩，形成人造持力层。考虑到岩土材料的差异性、计算条件的模糊性、信息的不完全性以及原位测试的不足，通过大功率多功能智能搅拌设备进行现场主动调控、加工改良和改性，配合大能量超载预压稳压验证，实现主动超极限加压和超应变沉降，使桩土混凝一体化达到精准、精确和智能化水平，既低碳高效又节能环保。这种方法可以达到钻孔灌注桩的承载力，同时也没有泥浆污染，使土成为建材，替代砂石，成码成岩成桩，地质聚合物替代水泥熟料，实现超低排放。

目前正筹备建立全国智能复合桩质量监控中心即专利保护和市场有序维护中心。土成岩土成为建材成岩成码成桩，无污染低碳甚至零碳；矿渣微粉替代水泥熟料；复合桩单桩承载力突破 2300 吨，格栅联体长短复合桩水平力突破 230 吨；水泥土强度突破 27MPa；此工法沉降减少 60%甚至零沉降；施工中完成检测检验、勘察验证，无需间隔时间，1260 吨智能化装备在高速大功率高喷干湿搅拌反压过程就是“原位土替代砂石加水泥土搅拌相当于现场混凝土搅拌站”同时也是“超前钻探”（反压力 160 吨层层反压挤扩致密，深度 40m，直径 1200~1500 mm，一次性搅拌体积达 100 立方米），可控水灰比（零水灰比甚至排水劈裂负值）达最优含水量后，掺入骨料纤维激发剂成为延性水泥土，抗拉抗剪抗水平。超载预压预沉降预检测触探物探一体装备巨大能量压入高强芯桩，桩端超载预压预沉降压缩超固结，持力层验证完成。如果厚度或者稳压力不够可针对性加固：软弱下卧层固化成岩，营造人造持力层。

目前正在筹备建立全国智能复合桩质量监控中心和专利保护以及市场有序维护中心。土成岩土已成为建筑材料的选择，可用于制造成岩成码成桩，具有零污染、低碳甚至零碳排放的特点；同时，矿渣微粉已被用来替代水泥熟料。单桩承载力已突破 2300 吨，格栅联体长短复合桩的水平力已达到 230 吨以上。水泥土的强度已经突破 27MPa。采用这种工法后，沉降减少了 60%，甚至可以实现零沉降。在施工过程中，可以即时完成检测、验证和勘察，无需间隔时间。智能化装备的最大功率已达到 1260 吨，可以在高速、大功率、高喷干湿搅拌和反压的过程中实现土替代砂石加水泥土搅拌，相当于现场混凝土搅拌站。同时，这也是一种超前钻探技术（反压力达 160 吨，层层反压挤扩致密，深度达 40m，直径为 1200-1500mm，一次性搅拌体积可达 100 立方米）。水灰比可以被控制（甚至是零水灰比或排水劈裂负值），达到最佳含水量后，可以添加骨料、纤维和激发剂，形成延性水泥土，具有良好的抗拉、抗剪和抗水平特性。超载预压、预沉降和预检测通过巨大能量将触探物探一体装备压入高强芯桩中，桩端经过超载预压、预沉降和压缩超固结处理，持力层验证完毕。若厚度或稳定性不足，可有针对性地加固，例如将软弱下层固化成岩，形成人造持力层。

复合桩基础可由一定数量的长劲性复合桩和短劲性复合桩组成。长劲性复合桩占比比较小，一般为 10%~40%。长劲性复合桩桩端进入较深持力层，有效控制沉降；短劲性复合桩桩端进入较浅持力层，承担大部分荷载，桩基平面布置经济合理。长短劲性复合桩外围水泥土桩可相互搭接或格栅状连接，增强基础整体工作性能和抗水平能力。该体系可在保证质量的前提下减少不必要的长桩，减少不良挤土效应。该体系可进一步升级为基坑支护、桩基、增强体、挤密排水后的改良地基土、地下室结构组成的共同工作地

基基础体系《基坑支护结构与地下结构、基础一体化构造》，将快速经济的地基加固处理方法与浅基础、桩基础、复合地基、支护方法“五合一”，安全可靠。智能智慧复合桩实现了桩土一体化：传统桩型的互补增强，打桩过程也是地基处理过程。长短劲性复合桩中预应力管桩长桩控制沉降和轴力衰减、验证持力层，短桩提供竖向承载力。超载预压预沉降预检测，施工中超载直达桩端，塑性应变重塑本构模量提高，后期侧摩阻力为主。工程服役期间桩端轴力基本为零，沉降均能满足规范要求。

复合桩基础由长劲性复合桩和短劲性复合桩组成，长桩比例较低，通常为10%~40%。

长桩深入持力层，有效控制沉降；短桩则进入较浅的持力层，承担大部分荷载，基础平面布置合理。长短劲性复合桩的外围水泥土桩可以相互搭接或以格栅状连接，增强整体基础的工作性能和抗水平能力。这种体系在保证质量的前提下减少了不必要的长桩，减轻了不良挤土效应。该体系还可以升级为基坑支护、桩基、增强体、挤密排水后的改良地基土和地下室结构组成的共同工作地基基础体系，《基坑支护结构与地下结构、基础一体化构造》，将地基加固处理方法与浅基础、桩基础、复合地基、支护方法相结合，快速、经济、安全可靠。智能复合桩实现了桩土一体化，传统桩型相辅相成，打桩过程即地基处理过程。预应力管桩长桩控制沉降和轴力衰减，验证持力层，而短桩则提供竖向承载力。超载预压、预沉降和预检测过程中，施工中的超载直达桩端，塑性应变重塑本构模量提高，后期主要依靠侧摩阻力。工程服役期间，桩端轴力基本为零，沉降满足规范要求。

单一桩基是从点到线，而劲桩采用预应力超载稳压使桩土混凝一体化，从面到一体形成格栅交叉整体框架结构和承重桩墙最后形成方格簇；通过超载稳压验证压致相变→压致桩端超载超固结超应力→应变场→预沉降长芯复合桩体系；超载稳压预沉降长芯复合桩体系，预沉降超固结，后期水泥土桩硬化强度提高，承载力大幅度提高、模量大幅度提高、塑性水泥土墙吸收巨大的压桩能量传递到桩侧桩端，整个地基基础稳定性均匀性更好。。高密度水泥土→粘弹塑性本构重塑（压致相变相当于非金属材料的金属加工：锻压、高温高压流变力学）→多场耦合→凝聚态物理化学力学热学→新材料土成岩→高温高压高湿劈裂新鲜水汽活性介质成岩成外围联体桩墙→原地基增强，消除液化、负摩阻，防腐蚀，施工中完成工后沉降，压桩过程各种极限检测检验，原位测试，验证勘察地质报告及桩端持力层。后期排水固结水泥土成岩材料强度会极大提高，桩侧摩阻力提高，桩端阻力大幅度提高，管桩材料强度发挥系数会提高1~2倍。

单一桩基是从点到线，而复合桩采用预应力超载稳压使桩土混凝一体化，从面到一体形成格栅交叉整体框架结构和承重桩墙最后形成方格簇；通过超载稳压验证压致相变

→压致桩端超载超固结超应力→应变场→预沉降长芯复合桩体系；超载稳压预沉降长芯复合桩体系，预沉降超固结，后期水泥土桩硬化强度提高，承载力大幅度提高、模量大幅度提高、塑性水泥土墙吸收巨大的压桩能量传递到桩侧桩端，整个地基基础稳定性均匀性更好。高密度水泥土→粘弹塑性本构重塑（压致相变相当于非金属材料的金属加工：锻压、高温高压流变力学）→多场耦合→凝聚态物理化学力学热学→新材料土成岩→高温高压高湿劈裂新鲜水汽活性介质成岩成外围联体桩墙→原地基增强，消除液化、负摩阻，防腐蚀，施工中完成工后沉降，压桩过程各种极限检测检验，原位测试，验证勘察地质报告及桩端持力层。后期排水固结水泥土成岩材料强度会极大提高，桩侧摩阻力提高，桩端阻力大幅度提高，管桩材料强度发挥系数会提高 1~2 倍。

超大功率搅拌桩机搅拌软化坚硬土层，高喷干湿水泥土并调控水灰比，软土改良加固、硬土引孔；1260 静压压桩触探原位足尺测试，压桩力直达桩端。复合桩细长比、压屈条件、超高强管桩材料强度发挥系数均大于 2 倍。压桩过程中验证了设计荷载极限值、地质报告、桩端持力层、材料强度，摩擦力，完整性，水泥土及土体挤密排水挤扩致密效果……在超载压实预沉降预检测（深层螺旋板试验验证了桩端阻达到设计计算值，水泥土硬化、模量提高，创造最高应力水平和应力历史），此时达到稳压值压不下也压不坏，未来即使两倍压力也不会再产生新的沉降，水泥土成岩互补增强，高强管桩材料处于三维围压状态发挥系数大于 2 倍，且不会压屈，整个地基基础桩基形成整体稳定均匀混凝一体。

超大功率搅拌桩机通过搅拌软化坚硬土层，高喷干湿水泥土并调控水灰比，用于软土改良加固以及硬土引孔。1260 静压压桩过程中，进行了原位足尺测试，确保压桩力直达桩端。复合桩的细长比、压屈条件以及超高强管桩材料强度发挥系数均大于 2 倍。在压桩过程中，验证了设计荷载极限值、地质报告、桩端持力层、材料强度、摩擦力以及完整性等因素，确保了水泥土及土体的挤密排水效果。在超载压实预沉降预检测阶段，深层螺旋板试验验证了桩端阻力达到设计计算值，水泥土硬化并提高模量，从而创造出最高应力水平和应力历史。在此时达到稳压值后，即使施加两倍的压力也不会再产生新的沉降，同时水泥土成岩互补增强，高强管桩材料处于三维围压状态下发挥系数大于 2 倍，并且不会发生压屈，使得整个地基基础桩基形成了整体稳定均匀混凝一体。

劲性复合桩工艺性试桩采取针对性措施：超载稳压加水干法或湿法调控长短复合桩桩长，待水泥土凝固后桩身侧摩阻力不断增大，承载力变为以侧摩阻力为主，15 天后竖向承载力将大幅提高达 2 倍以上，在施工过程中利用桩端原位足尺触探、超载稳压判断。在施工中进行大应变、小应变检测、水泥土性状检测、原位足尺静力触探、预制桩桩身

压弯压屈试验实测、预制桩桩身材料强度试验及桩身极限承载力实测、验证桩端持力层可靠性（相当于螺旋板深层荷载试验）、验证桩周土层，桩侧摩阻力及水平力检测、检测水桩身完整性等各项检验，预制桩预埋光纤光栅、应力盒、荷载箱等检验验证桩端荷载及深层持力层。同时验证机械设备的性能要求是否能满足压桩力。成桩 7 天后可进行标准贯入试验、竖向及水平承载力检测。

劲性复合桩工艺性试桩采取了针对性措施：超载稳压加水干法或湿法调控长短复合桩的长度，待水泥土凝固后，桩身侧摩阻力不断增大，承载力变为以侧摩阻力为主，15 天后竖向承载力将大幅提高至 2 倍以上。施工过程中利用桩端原位足尺触探和超载稳压判断。同时，在施工中进行大应变和小应变检测、水泥土性状检测、原位足尺静力触探、预制桩桩身压弯压屈试验实测、预制桩桩身材料强度试验、桩身极限承载力实测等各项检验，验证桩端持力层的可靠性，并验证桩周土层、桩侧摩阻力以及水平力。此外，也检测水桩身的完整性等方面。预制桩预埋光纤光栅、应力盒、荷载箱等设备用于验证桩端荷载及深层持力层。同时，也验证机械设备的性能是否能够满足压桩力的需求。成桩 7 天后，可进行标准贯入试验以及竖向及水平承载力检测。

劲性复合桩兼具了预制管桩高承载力以及大直径水泥土桩提供侧摩阻力及端阻力的优点，具有良好的经济和社会效益。该桩型的最突出优势在于大幅度减少钢材水泥砂石等材料的耗用及绿色环保施工，低碳高效、绿色循环、环境友好。因此，利用劲性复合桩不仅符合建筑行业向绿色低碳、工厂化装配式转型的政策方针，也能充分发挥预制管桩高承载力与大直径水泥土桩提供高侧摩阻力及端阻力的优点，还具有良好的经济和社会效益。

劲性复合桩结合了预制管桩的高承载力以及大直径水泥土桩提供侧摩阻力及端阻力的优点，具有良好的经济和社会效益。该桩型的最突出优势在于大幅度减少了钢材、水泥、砂石等材料的耗用，实现了绿色环保施工，低碳高效、绿色循环、环境友好。因此，利用劲性复合桩不仅符合建筑行业向绿色低碳、工厂化装配式转型的政策方针，也能充分发挥预制管桩高承载力与大直径水泥土桩提供高侧摩阻力及端阻力的优点，同时也具有良好的经济和社会效益。