
水运结构与地基要点摘录

第一篇 结构检测技术

(一)

- 1、码头由主体结构和码头设备两部分组成，其结构形式有重力式、板桩式、高桩式等，码头主体结构包括：上部结构、下部结构、基础。
- 2、标准养护室内应保持温度为 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 90% 以上。
- 3、实测尺寸与公称尺寸之差不超过 1mm，可按公称尺寸进行计算；试件承压面的不平整度，不应大于试件边长的 0.05%；承压面与相邻面的不垂直度，不应大于 $\pm 1^{\circ}$ 。
- 4、劈裂抗拉强度试验时的加荷速率：0.04~0.06MPa/s。
- 5、弹性模量测试：预压时，以 0.2~0.3 MPa/s 的速度连续均匀地加荷至轴心抗压强度值的 40%，然后以同样的速度卸荷至零，反复预压 3 次。
- 6、测弹性模量的 3 个试件中，如果有一个试件在测定弹性模量后的抗压强度值与用以决定试验控制荷载的轴心抗压强度值之差超过后者的 20%，则弹性模量值为其余两个试件试验结果的平均值；如有两个试件的抗压强度值超出上述规定，则试验结果无效。
- 7、冷轧带肋钢筋为热轧盘条经冷轧处理得到，其牌号由 CRB 和抗拉强度最小值构成，如 CRB550/650/800/970，CRB550 为普通混凝土用钢筋，其他牌号为预应力混凝土用钢筋。
- 8、螺纹钢按屈服强度划分级别，其代号 PSB 加上规定屈服强度最小值表示。
- 9、测钢筋弹性模量时的加荷速率：2MPa/s，钢筋拉伸试验时，弹模 $< 150\text{GPa}$ ，应力速率取 $\leq 20\text{MPa/s}$ ；弹模 $> 150\text{GPa}$ ，应力速率取 $\leq 60\text{MPa/s}$ 。
- 10、规定塑性延伸强度：由试验得到应力—延伸率曲线图，画一条与曲线的弹性直线段部分平行且在延伸轴上与此直线段的距离等效于规定塑性延伸率，例如 0.2% 的直线。
- 11、原则上只有断裂处与最接近的标距标记的距离不小于原始标距的 1/3 情况方为有效。但断后伸长率大于或等于规定值时，不论断裂位置处于何处测量均为有效。

(二)

- 1、回弹仪的率定：分四次旋转弹击杆，每次转 90° ，弹击 6 次，共计 24 次。中型、高强度型回弹仪率定值： 80 ± 2 ，重型回弹仪率定值： 63 ± 1 。
- 2、回弹仪的常规保养条件：①弹击超过 3000 次；②对检测有怀疑；③率定值不合格。
- 3、回弹仪的检定：①新回弹仪启用前；②超过检定有效期；③累计弹击次数超过 6000 次；④按常规保养后钢钻率定值仍不合格；⑤遭受严重撞击或其他损害。
- 4、经碳化修正后的混凝土强度换算值： $f_{cuRe}=f_{cuRom}(1-t\cdot\delta_c)$ 。对于专用测强曲线， $t=0.5$ ， δ_c 自行求得；对于通用测强曲线， $t=1.0$ ， $\delta_c=0.14$ 。
- 5、超声回弹综合法一个测区上由 4 个超声波测点（4 个边角区）和 16 个回弹值测点组成。
- 6、出现下列情况应重复测量 3 次：①两个测点声时值的相对误差大于 15%；②首波幅 A_0 值小于 3mm；③接受信号的波形不规则。
- 7、选取钻头直径不应小于粗骨料最大粒径的 2 倍，取芯位置应符合下列原则：①应在混凝土质量具有代表性的部位；②应在受力较小的部位；③应避免主筋，不得在预埋铁件和管线

等位置；④当用于修正非破损检测结果时，应在非破损方法计算所得的混凝土强度推定值的平均值邻近测区钻取；⑤钻取芯样试件留下的空穴，应及时修补。

8、芯样中钢筋允许含量：①芯样直径 $\geq 100\text{mm}$ 的试件，可含一根直径 $\leq 22\text{mm}$ 的钢筋，且与试件受压面平行；②芯样直径 $< 100\text{mm}$ 的试件，可含一根直径 $\leq 6\text{mm}$ 的钢筋，且与试件受压面平行。

9、芯样试件的两个端面宜用高强砂浆、硫磺砂浆或 107 胶与水泥混合成胶液修整，厚度不超过 1.5mm ，修整完毕静置 24h ，再移至标养室或 $20\pm 3^\circ\text{C}$ 的水中养护 48h 。

10、芯样抗压强度试验试件破型后，若出现下列情况，应剔除该试件的试验结果：①含有大于芯样直径 0.5 倍粒径的粗骨料；②含有蜂窝和孔洞等缺陷；③端面出现裂缝或抹平层分离；④试件侧面出现斜向裂缝。

11、当芯样直径小于 100mm 时，抗压强度试件的抗压强度值应乘以换算系数 1.12 ，折算成高度与直径均为 100mm 的抗压强度值。

12、制备 5 个芯样，其抗压强度代表值的确定：①先剔除芯样试件中强度最大值或最小值，取剩余芯样试件抗压强度平均值；②按公式计算 t 值，当 $t \leq 2.4$ 时，取 5 个芯样试件强度的平均值；当 $t > 2.4$ 时，对剩余 4 个芯样按 ①、②步骤再计算 t 值；③当 $t \leq 2.9$ 时，取 4 个芯样试件强度的平均值；当 $t > 2.9$ 时，则钻孔芯样无强度代表值。

13、混凝土出现缺陷的原因：①施工原因；②温度应力或失水过快造成的表面裂缝；③长期在腐蚀介质或冻融作用下形成的表层缺陷或表层脱落；④外力作用。

14、混凝土均匀性检测的测点数不宜少于 30 个，测点间距不宜大于 0.5m ；当 $m_v \geq 3500$ ， $\delta_v \leq 5.0$ ，可判定混凝土均匀性合格，反之不合格。

15、当相邻测点均为可疑测点，或有单个测点为警告测点，则可判定混凝土该部位有缺陷。

16、每条裂缝的测区不宜少于 3 个，每个测区的测点不宜少于 4 点，可选取有代表性的混凝土裂缝，粘结 $5\text{cm} \times 3\text{cm}$ 石膏楔子，观察裂缝开裂变化。

(三)

1、静力试验中，加载速度很慢，结构或构件的变形也很慢，不需要考虑加速度引起的惯性力，不需要考虑由于加载速度快、结构变形快而引起的材料性能变化等。

2、简支梁受均布荷载 q 时的支座反力为 $1/2qL$ ，跨中弯矩 $M = 1/2qL \times L/2 - 1/2qL \times L/4 = 1/8 qL^2$ ；简支梁受三分点荷载时弯矩 $M = P/2(L/3 + L/6) - P/2 \times L/6 = PL/6$ ，令两者跨中弯矩相等，得等效荷载 $P = 3/4 qL$ 。

3、当荷载小于荷载标准值时，每级荷载不应大于标准荷载的 20%，当荷载大于荷载标准值时，每级荷载不应大于标准荷载的 10%；当荷载接近抗裂检验荷载时，每级荷载不应大于标准荷载的 5%；当荷载接近承载力检验荷载时，每级荷载不应大于荷载设计值的 5%。

4、**挠度 = 跨中位移 - 两侧支座沉降平均值。**

5、如混凝土构件试验采用分级加载，在某一级荷载的加载过程中达到破坏，应取前一级荷载作为极限荷载实测值；在某一级荷载的规定持续时间内达到破坏，应取该级荷载与前一级荷载的平均值作为极限荷载实测值；在某一级荷载的规定持续时间结束后达到破坏，应取该级荷载作为极限荷载实测值。

6、当采用三分点荷载作为均布荷载的等效荷载时，所得跨中挠度应该乘以 0.98 进行修正。

7、自重引起的挠度 = 自重产生的跨中弯矩 / 构件出现裂缝前一级实际加载产生的跨中弯矩 \times

构件出现裂缝前一级实际加载产生的跨中挠度；对于其他情况，构件的弯矩及挠度可以取荷载—挠度曲线的初始直线段末端的荷载（荷载标准值）所产生的跨中弯矩和相应的挠度。

8、挠度检验允许值： $[\alpha_s]=1/\theta[\alpha_f]$ ， θ —考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数，按《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）取值； $[\alpha_f]$ —受弯构件的挠度限值，按国标取值。

（四）

1、结构动力特性主要包括结构的自振频率、阻尼系数、振型等基本参数，这些特性是结构本身所固有的性能，与外荷载无关。

2、如果要测量振动体的位移，应使 ω/ω_n （ ω —振动体振动频率， ω_n —传感器自振频率）尽可能大些，取 5~10 或更大，这样质量块的位移振幅与振动体的位移振幅趋于相等，相位趋于相反；如果要测量振动体的加速度，应使 ω/ω_n 尽可能小，这样质量块的位移振幅和振动体的加速度振幅成正比， $Y_0\omega_n^2/a_m$ 趋于 1，相位差趋近于 180° 。

3、结构动力特性测试方法有：人工激振法、环境随机振动法。人工激振法又分为：自由振动法、强迫振动法（也叫共振法）。

4、自由振动法结构阻尼比： $\xi=1/(2K\pi)\times\ln(X_n/X_{n+1})$ ， K —周期， X —位移峰值；共振法阻尼比： $\xi=1/2\mu$ （ μ —实测动力的放大系数）。

5、由于地壳内部的微小振动、城市中的车辆运行等各种激振因素，地面一直处于微小的振动中，这一现象称为地脉动；地脉动对建筑物而言是一个激振力，它会引起建筑物产生振幅很小的振动，即脉动（是一种强迫振动）。

（五）

1、《港口水工建筑物检测与评估技术规范》（JTJ 302-2006）规定：对梁、板、桩、桩帽等构件进行保护层厚度检测时，应取构件数量的 2% 且不少于 5 个构件，其中板类构件应不少于 6 根钢筋，其余构件对全部受力钢筋进行保护层厚度检测，每根钢筋的代表性部位测量 3 点。

2、作为检测评估的耐久性专项检测，不同区域内应各抽取构件数的 2% 且不少于 3 个构件进行检测，每个构件不得少于 2 个检测点。

3、腐蚀电位正向大于 -200mV 时，发生腐蚀的概率小于 10%；腐蚀电位负向大于 -350 mV 时，发生钢筋腐蚀概率大于 90%；腐蚀电位在 -200mV~-350 mV 时，腐蚀性状不确定。

4、混凝土含氯量检测：抽取构件数量的 5% 且不少于 10 个构件，取样位置选择主筋附近并避开裂缝和缺陷；对钢筋腐蚀造成影响的主要是游离氯离子含量，样品使用蒸馏水浸泡 24h 可获得水溶性氯离子。

5、钢管桩壁厚检测：抽取总数的 5% 且不少于 10 根，同一根桩代表性部位测点数不少于 3 个；宜沿码头岸线不大于 30m 选取一组构件，同一部位应分别对凹面和凸面进行厚度测试。

6、涂层厚度检测方法：当厚度 $\leq 120\mu\text{m}$ 时，采用划割法；当厚度为 $(120\mu\text{m}, 250\mu\text{m}]$ 时，采用切割法（检测数量：钢管桩或钢板桩每 10 根检测 1 根，其他钢结构每 200m^2 检测数量不应少于 1 次，且总检测数不得少于 3 次）；当厚度 $> 250\mu\text{m}$ 时，采用拉开法。

7、内部垂直位移观测点应沿铅垂线方向布置，每一土层不少于 1 点；最浅的观测点应设在基础底面下不小于 0.5m 处，最深的观测点设在超过压缩层理论深度处或经论证后的适当处。

8、应同时进行安全性、使用性、耐久性三项内容评估的水工建筑物为：

① 已达到或者超过使用年限需继续使用的建筑物；

②需提高使用功能的建筑物；③改变使用条件的建筑物；

9、钢结构涂层劣化评估分级标准和处理要求：

| 等级 | 外观 | 涂层干膜厚度 | 涂层粘结力 | 处理措施 |
|-----|-----------------------------------|------------|------------|----------|
| A 级 | 无粉化变色或轻微粉化变色，无裂纹、起泡、脱落生锈 | ≥设计厚度 90% | ≥1.5 MPa | 不必处理 |
| B 级 | 有明显粉化变色，裂纹、起泡、脱落生锈面积≤0.3% | 【75%， 90%） | 【1.0， 1.5） | 及时进行局部修补 |
| C 级 | 较严重粉化变色，裂纹、起泡、脱落生锈面积为（0.3%， 1.0%】 | <75%设计厚度 | <1.0 MPa | 立即进行修补 |
| D 级 | 严重粉化变色，裂纹、起泡、脱落生锈面积大于 1.0% | <75%设计厚度 | 刀刮易剥离 | 立即进行全面修补 |

(六)

1、海港工程中常采用的钢结构防腐措施：①增加钢结构的腐蚀裕量；②选用耐腐蚀的钢材品种；③采用表面涂层或包覆层保护；④采用阴极保护（是水下区钢结构防腐的最有效手段之一，可使腐蚀速度下降到 0.02mm/a）。

2、金属热喷涂的喷涂材料有铝、铝合金、锌。其中，气喷法适用于锌涂层，电弧法适用于铝涂层；包覆层防腐是以玻璃纤维为骨架、用树脂作粘合剂组成的防腐层。

3、表面粗糙度与清洁度的检验数量：①钢管桩或钢板桩，不少于总桩数的 10%，且每工作班不少于 1 根；②小型钢构件，不少于构件总数的 10%，且每工作班不少于 5 件；③大型、整体钢构件，每 50m² 对照检查一次，且每工作班不少于 1 次。

4、涂层厚度检测的干膜测厚可分为无损检测、破坏性检测。无损检测又分为磁性法、超声法、机械法；破坏性检测有显微镜法。

5、目前使用较多的磁性测厚仪，通过仪器探头与钢材表面之间的磁通量大小反映涂层的厚薄，磁通量越大，表面涂层厚度越大。

6、磁性测厚的检测方法：《海港工程钢结构防腐技术规范》(JTS 153-3-2007)；检测数量：钢管桩及钢管桩每根不少于 3 个测点；大型钢构件每 10m² 不少于 3 个测点；小型钢构件每 2m² 不少于 1 个测点。测点值达到设计厚度的测点数不少于总数的 85%，且最小测点值不小于设计厚度的 85%。

第二篇 基桩检测技术

(一)

1、若桩顶传下的荷载大部分由侧阻力承担，端承力只占其中一小部分，则称为端承摩擦桩；若桩顶传下来的荷载大部分由端承力承担，侧阻力只占其中一小部分，则称摩擦端承桩。

2、下列情况下宜采用混凝土灌注桩：①地质条件复杂、岩面起伏较大或地下障碍物较多，打入桩施工有困难时；②采用打入桩不经济；③锤击沉桩可能导致岸坡稳定性不足或附近有重要建筑物时；④受施工条件限制，难以使用大型水上沉桩设备时；⑤需避免挤土影响时。

3、改变落锤高度及垫层刚度是调整桩身锤击应力行之有效的方法。

4、桩端进入持力层深度：①对粘性土或粉土，不应小于 2 倍桩径；②对中等密实砂土，不

应小于 1.5 倍桩径；③对密实砂土、碎石类土、强风化岩，不小于 1 倍桩径。

5、水冲沉桩：利用高压水破坏桩侧及桩端处的土体，减小沉桩阻力，使桩在较小的外力作用甚至仅有的自重作用下沉桩。按水冲沉桩工艺不同分为：内冲内排、内冲外排、外冲外排。

6、混凝土灌注桩分为：钻孔灌注桩、冲孔灌注桩、挖空灌注桩、沉管灌注桩；成桩后在桩底、桩侧注浆，可消除沉渣和泥皮对承载力的影响，提高桩端承力和侧摩阻力。

7、对施工前为设计提供依据的试验桩，按《港口工程桩基规范》（JTS 167-4-2012）规定，在离试验桩 3~10m 范围内应有钻孔，这是为了准确掌握试验桩的桩周土质情况；若是水平静载荷试桩，在地表下 16 倍桩径深度范围内每隔 1m 应有土样的物理力学试验指标，这是因为承受水平荷载桩的第一弯矩零点一般在泥面以下 13~16 倍桩径。

（二）

1、我国《港口工程桩基规范》（JTS 167-4-2012）明确规定单桩轴向承载力除以下四种情况外均应根据静载荷试验确定：①附属建筑物；②桩数较少，并经技术论证的建筑物；③附近工程有试桩资料，且地质条件相近、沉桩工艺相同的建筑物；④有其他可靠的替代试验方法。

2、采用自平衡法进行试桩时，对验证承载力起到一定的作用，但难以测出桩的极限承载力。

3、**锚桩和反力梁提供的反力应大于预估最大试桩荷载的 1.3~1.5**，锚桩与试验桩之间的中心距离不应小于 4 倍桩径，并不应小于 2m。

4、在平台上堆放重物时，应以试验桩为中心分层对称堆放，且宜在加载前一次将荷载堆足。

5、基准桩与试桩之间的中心距不小于 4 倍桩径，且不小于 2m；基准桩与锚桩之间的中心距不小于 3 倍桩径。对桩端进入良好持力层且桩径 $\geq 1.2\text{m}$ 的试验桩，试验桩与锚桩、基准桩的中心距均不应小于 3 倍桩径。

6、同一根试验桩应设置 4 个沉降测点，沿桩周对称布置，沉降观测点平面应该选择在桩顶以下 20~100cm 处的桩身位置。

7、《港口工程桩基规范》（JTS 167-4-2012）建议荷载加载分级成 10~12 级，若要提高精度，可将最后几级荷载一分为二，每次加半级；卸载也要分级进行，每次卸载量按 2 倍加载级差进行；规定 1h 内桩顶沉降量小于 0.1mm 时可认为该级荷载已达稳定，可进行下一级加载。

8、慢速维持荷载法每级卸载维持 60min，卸载至零后维持 3h，直至桩顶沉降位移相对稳定。

9、快速维持荷载法每 1h 加一级荷载，直至达到破坏标准或设计要求控制荷载为止；快速卸载时每级荷载维持 15min，卸载至零后维持 60min。

10、**《港口工程桩基规范》（JTS 167-4-2012）终止加载标准**：①当 Q—S 曲线出现可判定极限承载力的陡降段，且桩顶总沉降量超过 40mm；②采用慢速维持荷载法时，在某级荷载作用下 24h 未达到稳定；③Q—S 曲线没有明显陡降段，桩顶总沉降量达到 60~80mm，或达设计要求的最大允许沉降量；④验证性试验已达设计要求的最大加载量。

11、**实际试桩过程中终止加载的情况**：①锚桩已被拔起；②用工程桩作锚桩，锚桩上拔量已达设计要求；③长径比超大的钢管桩或大直径混凝土桩，Q—S 曲线变形缓慢，这时宜采用桩顶总沉降量控制。

12、试桩过程中桩顶位移偏大的原因：①桩的垂直度不满足规范要求；②加载时千斤顶合力中心偏离桩的中轴线，形成偏心加载；③水上试桩时桩的自由长度大，在轴心荷载大时容易引起失稳；④桩顶面不平。

13、当 Q—S 曲线出现有可判定极限承载力的陡降段时，取明显陡降的起始点所对应的荷载为该桩轴心抗压极限承载力。

14、容易出现陡降型 Q—S 曲线的桩有摩擦型桩、孔底沉渣较厚的混凝土灌注桩或桩身破坏时的桩。

15、S—lgt 曲线能较明显反映每一级维持荷载下桩顶沉降量随时间的变化，可取曲线尾部明显向下弯曲或曲线斜率明显变陡的前一级荷载为桩的极限承载力。

16、当某些试验桩的 Q—S 曲线无明显陡降段时，采用 S—lgQ 曲线可使曲线后面的陡降变得明显，一般取曲线尾部陡降直线段的起始点荷载作为桩的极限承载力。

17、当 Q—S 曲线的陡降段不明显时，通过双对数变换后，容易找出其转折点，其中第一转折点称为桩的屈服荷载，第二拐折点是桩的极限荷载。

18、长径比超大的钢管桩或大直径混凝土桩，Q—S 曲线变形缓慢，无明显陡降段时，在 Q—S 曲线上取桩顶总沉降量 $S=40\text{mm}$ 对应的荷载为极限承载力，对桩径 $D\geq 800\text{mm}$ 的桩，可取 $S=0.05D$ 对应的荷载值，当桩长大于 40m 时，宜考虑桩身弹性压缩。

19、当工程中各试验桩的极限承载力最大值与最小值之比不大于 1.3 时，取各试验桩极限承载力的平均值作为该工程单桩轴向抗压极限承载力的标准值。

20、在某级荷载作用下桩身 A 截面与 B 截面之间的轴力差 Q_1-Q_2 即为该级荷载时 A、B 两截面之间的桩侧摩阻力。

21、桩轴向刚性系数 K ($K=\frac{\Delta S}{\Delta Q}$) 是指桩在单位轴向力作用下的桩顶沉降量 (m/kN)，它由两部分组成，一是桩自身的弹性压缩；二是地基土的压缩变形。

22、负摩阻力的产生是由于桩侧土的沉降大于相应的桩身沉降，在桩的侧面形成一下拉荷载。原位足尺试验是确定桩负摩阻力最好的方法。

23、《港口工程桩基规范》(JTS 167-4-2012) 对混凝土灌注桩的桩底沉渣厚度的规定：以摩擦力为主的桩 $\leq 10\text{cm}$ ；以端承力为主的桩 $\leq 5\text{cm}$ ；对抗拔、抗水平力桩 $\leq 20\text{cm}$ 。

24、《港口工程桩基规范》(JTS 167-4-2012) 规定：打入黏性土中桩的休止期不应少于 14d；淤泥质土中不应少于 25d；砂土不少于 3d；水冲沉桩不少于 28d (此规定为最少的休止期)。

25、无论单桩还是群桩，都是休止前期的承载力增长较快，后期趋于缓慢；独立单桩的承载力在休止前期增长速度比群桩中的单桩快，但后期的增长速度则不如群桩中的单桩。

26、长桩承载力增长所需的休止期比短桩长，增长幅度也比短桩大；黏性土中桩承载力的增长速率及幅度要高于砂性土中的桩。

27、钻孔灌注桩在成孔过程中会引起孔壁土的应力释放，出现孔壁土的松弛效应，导致桩的侧摩阻力降低，降低幅度与桩周土的种类及孔径大小有关，一般认为砂土、碎石土的降低幅度要大于黏性土，且孔径越大降低的幅度越大。桩的这种承载力随孔径增大而减小的幅度称为承载力的尺寸效应系数。

28、在相同土层中，长径比小、刚度大的桩所发挥的单位面积侧阻力和端阻力要高于其他条件相同时长径比大、刚度小的桩。

(三)

1、在压缩荷载下，桩侧邻近土体设竖向应力由于桩侧摩阻力的传入而提高；在拉拔荷载作用下正好相反，桩侧土的受力方向及位移向上，此时土体内的竖向应力减小，土有松弛现象，

这是桩抗拔侧摩阻力一般情况下小于抗压侧摩阻力的原因。

2、相同边界条件下，抗拔侧摩阻力一般为抗压侧摩阻力的 0.5~0.9，这个比值，黏性土一般高于砂性土，长桩要高于同类的短桩；主要是黏性土中桩的侧摩阻力主要依赖黏聚力，砂质土中桩的侧摩阻力主要依赖桩与桩周土的摩擦角和侧压力系数。

3、从实体桩的抗拔试验结果分析，绝大多数等截面桩上拔时的剪切破坏出现在靠近桩侧壁的土体中，一般出现在桩侧面距桩壁 5mm 左右的土体中。

4、扩底桩下段一定范围内土的剪切破坏面出现在距桩中心轴 1/2 扩底直径处，而桩上段的剪切破坏出现在沿桩壁的土中。

5、当采用天然或加固过的地基承担反力时，地基最终承受的压应力不宜超过地基承载力特征值的 1.5 倍。

6、同一根桩在抗压试验后进行抗拔试验，则压桩结束至拔桩开始之间的休止时间不少于 3d。

7、抗拔试验终止荷载条件：①在某级荷载下**受拉钢筋的拉应力达到钢筋抗拉强度设计值**；②在某级荷载下，桩顶上拔量大于前一级荷载上拔量的**5 倍**；③**桩顶累计上拔量超过 10cm**；④对于检验性试验，加载量已达到设计要求的最大上拔荷载。

8、若桩顶位移迅速增加而上拔荷载突然下跌，此时不排除桩身断裂的可能。

9、对于陡升型 **U— δ 曲线**，取陡升**起始点**对应的荷载为单桩轴向抗拔极限承载力；对于 **δ — lgt 曲线**，取**尾部明显向上弯曲的前一级荷载**为抗拔极限承载力。

10、抗拔试验过程中因主筋强度不足导致**抗拔钢筋断裂**，或因桩的接头强度不够而**断桩**时，应取**前一级荷载**作为该桩的抗拔极限承载力。

(四)

1、通过试验桩测得桩周土的地基反力特性，即地基土的水平抗力系数(视为土的固有特性)，然后根据实际工程桩的情况，确定土抗力大小，进而计算单桩设水平承载力和弯矩。

2、《港口工程桩基规范》(JTS 167-4-2012)规定：水平荷载试验宜采用单循环维持荷载法，每级荷载加载量为预估最大荷载的 1/10，每级卸载量为加载量的 2 倍；加载每级维持 20min，卸载每级维持 10min，从零开始每 5min 读一次；卸载至零后维持 30min，每 10min 读一次。

3、《港口工程桩基规范》规定的终止加载条件：在某级荷载下，横向变形急剧增加、变形速率明显加快、地基土出现明显的**斜裂缝**、达到试验要求的最大荷载或最大位移。

4、**单桩水平临界荷载**的确定：①取单向多循环加载法时的 **H_0-t-Y_0 曲线**或慢速维持荷载法时的 **H_0-Y_0 曲线**出现**拐点的前一级水平荷载**；②取水平力—位移梯度 (**$H_0-\Delta Y_0/\Delta H_0$**) 曲线或水平力—作用点位移双对数 (**lgH_0-lgY_0**) 曲线上**第一拐点对应水平荷载值**。

5、**单桩水平极限荷载**的确定：①取单向多循环加载法时的 **H_0-t-Y_0 曲线**产生**陡降的前一级水平荷载**或取慢速维持荷载法时的 **Y_0-lgt 曲线**尾部出现明显弯曲的**前一级水平荷载值**；②取水平力—位移梯度(**$H_0-\Delta Y_0/\Delta H_0$**)曲线或水平力—作用点位移双对数(**$lgH_0-lgY_0$**)曲线上**第二拐点对应水平荷载值**；③取**桩身折断**或**受拉钢筋屈服**时的**前一级水平荷载值**。

6、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)规定：取桩顶高程处水平位移 1cm 对应荷载的 75% 为单桩水平承载力设计值(特征值)；《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2014)规定：当桩身不允许开裂时，取水平临界荷载的 75%作为水平承载力特征值，若按桩身强度控制，则取临界荷载为特征值。

(五)

1、高应变法的作用：①检测桩身缺陷及其位置，确定完整性系数；②得到桩的轴心抗压承载力和桩侧分层摩阻力，桩顶冲击力足够大时，可得到桩的轴向抗压极限承载力；③进行打桩过程监测，分析打桩锤的效率，确定沉桩设备、桩型及持力层。

2、桩顶受到一次锤击时，首先在桩顶产生一压缩应力波，若桩周的土阻力大，向下传播的压应力波衰减也大，当应力波传至桩底后，产生回传的反射波。反射波性质由桩底土的性质决定：若桩底为固端，则传到桩底的压应力波将全部以压力波的形式往回反射；若桩底为自由端，传到桩底的压力波全部以拉力波的形式往回反射。一般的桩基工程很少遇到上述两种极端情况，传到桩端的压应力波在抵消桩端阻力后，剩余部分以拉力波的形式反射回去，桩的端阻力愈小，往回反射的拉应力就愈大。

3、当下行波与上行波通过阻抗变化的截面时，都会分解成反射波和透射波，透射波与入射波相同，幅值为原入射波的 $2Z / (Z_2 + Z_1)$ 倍，反射波的符号有 $Z_2 - Z_1$ 决定，幅值为原入射波的 $|Z_2 - Z_1| / (Z_2 + Z_1)$ 倍。

4、《港口工程桩基动力检测规程》(JTJ 249-2001) 要求落锤重量不小于预估单桩承载力的 1%，《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2014) 要求落锤锤重与单桩竖向抗压承载力特征值的比重不得小于 0.02，且桩长大于 30m 或桩径大于 60cm 时应加大锤重。

5、由于过大的落锤高度会使桩产生脉冲窄且峰值高的锤击应力波，容易导致混凝土桩损坏，一般认为自由落锤的高度不宜大于 2.5m。

6、传感器应成对且对称于桩轴线安装，每根桩各安装 2 只应变传感器和 2 只加速度传感器，4 只传感器应处在同一截面，且与桩顶的距离不小于 2 倍桩径，大直径桩不少于 1 倍桩径。

7、两侧力信号相差较大的原因：传感器自身质量问题或安装不当、严重锤击偏心、传感器安装处桩身质量存在问题。

8、力时程曲线未回零原因：采样时间不够、混凝土桩顶开裂、严重塑性变形。

9、力时程曲线与速度和阻抗乘积的时程曲线在第一峰值前的起始段应重合，侧摩阻力引起的波会降低桩身质点运动速度，从而使 $F-t$ 曲线在上， $V \cdot Z-t$ 曲线在下。

10、 J_c —凯司阻尼系数，其值与桩端处土的颗粒大小有关，土的颗粒越细，相应的值越大。一般由桩的动静对比试验确定，不具备条件时，可采用实测曲线拟合得到（曲线拟合的桩数不应少于同一工程相同边界条件下动测桩总数的 30%，且不得少于 3 根）。

11、波速 c 的大小直接影响到计算的力和速度值（力的大小与 c^2 成正比），确定 c 的方法有：①有明显的桩端反射时，设桩长为 L ，桩顶到传感器之间的距离为 L_0 ，时间差为 t ，则 $c = 2(L - L_0) / t$ ；②有明显桩底反射时， $c = 2(L - L_0) / (t_2 - t_1)$ ， $t_2 - t_1$ —速度波第一峰值到反射波第一峰值的时间差；③桩底反射不明显，采用同一工程中相同条件下桩的实测波速代替。第一种方法精度最高，第二种方法次之，第三种方法仅适用于预制桩，不适用于混凝土灌注桩。

12、不能用低应变或超声波法检测得出的波速去替代高应变实测值，因为低应变和超声波测出的波速都比高应变测出的波速大。

13、一般情况下，桩身最大锤击压应力就等于桩顶附近的传感器直接测出的最大压应变值计算得出，但如果桩的侧阻力很小，且桩端支承在岩石时，此时桩端反射波仍为压力波，最大压应力将出现在桩端附近（原因参见第 2 点）。

14、CASE 法适用于中小直径混凝土预制桩、钢桩、截面基本均匀的中小型混凝土灌注桩承

承载力确定，对断面不规则的钻孔灌注桩、大直径桩或超长预制桩误差较大。

15、基桩动测分析中一般采用实测曲线拟合法确定单桩承载力，CASE法作为现场快速监控手段。实测曲线拟合法是利用打桩分析仪实测的桩顶力作为边界条件，通过波动方程数值计算，并对各桩单元和土的力学模型进行假定，反演出桩顶速度曲线，并将计算曲线与实测曲线反复调整比较，直至最终计算的曲线与实测曲线吻合，并由此得到符合实际的参数值(如：承载力、桩侧阻力、桩端阻力、土阻尼系数、土的最大弹性变形值等)。

16、高应变检测单桩承载力时，要有足够的锤击力，单击贯入度宜达到 2~6mm，这样才能使桩周土阻力得到充分发挥。对桩身有明显缺陷和严重缺陷的桩，不宜用高应变提供承载力。

17、桩身完整性系数 β 用缺损截面阻抗 Z_2 与正常截面阻抗 Z_1 的比确定。 β 值越小，表示该截面处的缺损程度越严重，缺损位置 $x=c(t_x-t_1)/2$ ， x —测点至缺陷截面的距离。

18、完整性评价标准：

| β 值 | 完整性评价 | 完整性类别 | β 值 | 完整性评价 | 完整性类别 |
|------------------------|-------|-------|------------------------|---------|-------|
| $B=1.0$ | 完整桩 | I | $0.6 \leq \beta < 0.8$ | 明显缺陷桩 | III |
| $0.8 \leq \beta < 1.0$ | 基本完整桩 | II | $\beta < 0.6$ | 严重缺陷或断桩 | IV |

(六)

1、试打桩的目的：①检验设计确定的桩型是否合理，如桩的承载力是否满足要求，桩长是否合理；②为选择合适的沉桩设备及沉桩工艺提供依据。

2、桩身最大的锤击拉应力往往出现在刚开始锤击的软土层或桩端穿透硬层进入软夹层瞬间。

3、桩身锤击应力的控制范围：①混凝土桩的最大锤击压应力不应超过桩身混凝土轴向抗压强度值；②钢管桩的最大锤击压应力不应超过钢材屈服强度；③预应力混凝土桩的最大锤击拉应力不应超过桩身混凝土轴向抗拉强度标准值与桩身有效预压应力值之和的 1.3~1.4 倍；④桩身有接头的混凝土桩还应考虑接桩处的抗拉强度。

(七)

1、阻抗 $Z = \rho AC$ ， ρ —桩身材料密度， A —桩身截面面积， C —应力波在桩中的传播速度。

2、 $V_{反} = -(Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1) V_{入}$ ， $V_{透} = 2Z_2 / (Z_2 + Z_1) V_{入}$ 。阻抗 Z 的减小反映出桩的截面积减少或截面强度减弱，如桩缩颈、断裂、离析、桩身材料强度减弱等部位的反射，其反射波与入射波质点运动速度同相位；桩身某部位阻抗增加反映出桩在该截面处面积增大或强度增加，对扩径桩、桩身材料强度突然提高桩或良好的嵌岩桩，其相应部位反射波的相位与入射波相位相反；当桩侧某部位土阻力突然增大时，该处也会产生与入射波相位相反的反射波。

3、当桩身缺陷位置离桩顶较近时，宜选用质量小且刚度较大的锤头，使冲击入射波脉冲较窄、高频成分较多、桩身浅部缺陷可以清晰显示；反之，选用质量较大且刚度较小的锤头时，得到的冲击脉冲较宽，低频成分较多，相应的应力波能传递到桩身较深部位。

4、对于大直径混凝土灌注桩，激振点选在桩顶中部，传感器安装在距离桩顶中心约 2/3 半径处；对于混凝土管桩，传感器安装位置宜在管桩壁厚的 1/2 处，激振点位置与传感器安装位置的水平夹角宜为 90°。

5、加速度传感器灵敏度高、谐振频率大、测试精度较高，对距桩顶较近处有缺陷或桩身有微小裂缝的桩，使用加速度传感器更为合适；速度传感器固有频率相对较低，其低频、宽脉冲的特性可测试桩身较深部位的缺陷。

6、《港口工程桩基动力检测规程》(JTJ 249-2001)规定:对混凝土预制桩检测桩数不少于总桩数的 10%,且不少于 10 根;对混凝土灌注桩,宜全部进行检测;每根桩的测点不少于 2 点,当直径大于 80cm 时,应适当增加测点。

(八)

1、纵波的传播是依靠介质的时疏时密,使介质的局部容积发生变化,引起压强的变化而传播,和介质的体积弹性有关,纵波可在固体、气体、液体中传播。

2、横波的传播是依靠使介质产生剪切变形引起的剪切应力变化而传播,和介质的剪切弹性有关,横波只能在固体中传播。

3、纵波的波速 $V_p = k \sqrt{\frac{E}{\rho}}$,介质的密度越小,弹性模量越大,则波速越高。

4、一般桩径在 0.8m 以下时埋 2 根声测管,桩径 0.8~1.6m 埋 3 根声测管,桩径在 1.6m 以上埋设 4 根声测管。

5、运用 PSD 判据基本可消除由于声测管的不平行或混凝土不均匀等因素而导致声时值的偏离,并结合波幅值的变化情况,进行异常点的判断。

6、用波幅平均值减 6dB 作为波幅临界值。

(九)

1、钻芯法可判定混凝土强度、检测桩底的沉渣厚度、混凝土与持力层的接触情况、持力层的岩土性状、并对桩身混凝土质量进行综合评价。

2、桩径小于 1.2m 的桩钻 1 孔,桩径为 1.2~1.6m 的桩钻 2 孔,桩径大于 1.6m 的桩钻 3 孔。

3、桩长为 10~30m 时,每孔截取 3 组芯样;桩长小于 10m,每孔截取 2 组芯样;桩长大于 30m 时,不少于 4 组芯样。

4、上部芯样的位置距桩顶设计高程不宜大于 1 倍桩径或 1m,下部芯样的位置距桩底不宜大于 1 倍桩径或 1m,中间芯样等间距截取。

5、芯样质量应满足以下要求:①沿试件高度任一直径与平均直径之差 $\leq 2\text{mm}$;②芯样试件的高度 h 应满足: $0.95d \leq h \leq 1.05d$;③试件端面与轴线的垂直度 $\leq 2^\circ$;④试件端面的不平整度在 100mm 长度内小于等于 0.1mm;⑤芯样选取时,应确保芯样试件平均直径大于等于 2 倍混凝土粗骨料最大粒径。

(十) ~ (十一)

1、成孔、成槽质量检测仪分为机械式和超声波式。机械式成孔检测仪主要工作原理为欧姆定律,在恒定电流下,电压与电阻成正比,电阻的变化又与孔径的变化成正比,则电压的大小与孔径的大小呈线性关系;超声波钻孔检测仪的工作原理为发声体引起反射回波原理。

2、成孔、成槽质量检测前,应测量泥浆比重,规定 $\rho \leq 1.2\text{g/cm}^3$ 、黏度 18~25s、含砂量 $< 4\%$ 。

3、锚孔内灌注水泥浆的抗压强度值不应小于 35MPa,且应压浆密实,并掺加适量膨胀剂。

4、当土层锚杆使用年限大于 2 年,应按永久性锚杆设计,永久锚杆设计时应进行基本试验,试验时锚杆不少于 3 根,在每级加荷等级观测时间内,测读锚头位移不少于 3 次,当锚头位移小于 0.1mm 时,可施加下一级荷载,否则延长观测时间,直至锚头位移增量 $2h$ 小于 2mm 时,施加下一级荷载。

5、土层锚杆基本试验的破坏标准:①后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的 2 倍;②锚头位移不收敛;③锚头位移超过设计允许位移值。

- 6、土层锚杆基本试验及验收试验总的弹性位移应超过自由段长度理论弹性伸长的 80%，且小于自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的理论弹性伸长。
- 7、验收试验锚杆数量取锚杆总数的 5% 且 ≥ 3 根。最大试验荷载不应超过预应力 $A \cdot f_{pk}$ 值的 0.8 倍，永久性和临时性锚杆，最大试验荷载分别为锚杆设计轴向拉力值的 1.5 和 1.2 倍。
- 8、嵌岩锚杆试验用的加载系统的额定荷载为试验荷载的 1.2~1.5 倍，并在锚固体抗压强度达到 70% 标准值时进行锚杆试验。
- 9、嵌岩锚杆破坏性试验的破坏标准同土层锚杆试验的破坏标准；总的弹性位移同第 6 点。
- 10、锚杆嵌岩桩必须进行验证性试验，验证性试验锚杆的数量宜控制在锚杆总数的 20%~40%，最大试验荷载不应超过预应力筋 $A \cdot f_{pk}$ 值的 0.8 倍，最大试验荷载应控制在锚杆抗拔力设计值的 1.1~1.2 倍。

第三篇 地基检测技术

(一)

- 1、粉土尺寸： $0.005\text{mm} < d \leq 0.075\text{mm}$ ；黏土尺寸： $\leq 0.005\text{mm}$ 。
- 2、土的物理性质指标中必须通过试验测定的有：含水量、土粒比重、密度。
- 3、孔隙比 $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{G_s \rho_w}{\rho_d} - 1$ ；饱和度 $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% = \frac{WG_s}{e}$ ；容重/重度 $\gamma = \rho \times g$ ，即单位体积的重量。
- 4、最优含水率：在这一含水率时，土达到规定干密度所需的压实功最小。
- 5、细砂土和粉土中存在毛细现象，会在有一定含水率的湿砂中表现出假黏聚力现象。
- 6、达西渗透定律：水在土中的渗透速度与水力坡降成正比。 $V=ki$ ，达西定律只适用于层流情况，故只适用于砂性土。黏性土中存在大量的结合水，土中自由水的渗流受到结合水的黏滞阻力，只有克服这一阻力才开始渗流，把克服结合水黏滞阻力所需要的水力坡降称为黏性土的起始水力坡降用 i_0 表示，则黏性土渗透速度： $V=k(i-i_0)$ 。
- 7、土层发生冻胀的原因：①水结冰体积膨胀；②未冻结区土中弱结合水向表层冻结区迁移积聚；土层冻融现象：冰晶体融化，土中含水率大大增加，而细粒土排水能力差，土层处于饱和状态，使土层软化，强度大大降低。
- 8、地基内任一点处自重引起的总应力 $\sigma = \sigma'$ （有效应力）+ μ （孔隙水应力）；一般认为土的压缩完全是由于土体孔隙中的水和空气向外排出之故；在某一压力作用下，饱和土的固结过程即为土体中各点的超静孔隙水压力不断消散，附加有效应力相应增加的过程。固结排水时，双面排水所需时间为单面排水的 1/4。
- 9、压缩定律： $\alpha = \frac{\Delta e}{\Delta p}$ ， α 为压缩系数，工程中常用 $P=100\sim 200\text{kPa}$ 范围内的压缩系数 α_{1-2} 作为评价土压缩性的标准；压缩模量 $E_s = \frac{1+e_1}{\alpha}$ ；压缩指数 $C_c = \frac{\Delta e}{\lg \frac{p_2+1}{p_1+1}}$ 。
- 10、土的抗剪强度 $\tau_f = c + \sigma \tan \varphi$ （ σ —滑动面上的法向总应力）；土中某点处于剪切破坏时，剪切面与大主应力作用面的夹角 $\alpha = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ ，抗剪强度与土中的中主应力 σ_2 无关。
- 11、地基承载力的确定方法：现场原位试验、理论公式、根据地基土的物理性质指标，从有关规范中查取。如果 $P-s$ 曲线是非典型的，取相应沉降 s 等于载荷板宽度/直径的 2% 时的

荷载作为地基容许承载力。

12、影响地基容许承载力的因素：①土的物理力学性质，这是影响承载力最主要的因素，土的内摩擦角 φ 、黏聚力 c 、重度 γ 越大则承载力越大；②基础尺寸与埋深，基础宽度大，埋深大，土的承载力就大；③地下水，地下水水位越高，土的含水率增大，承载力下降；④土的成因与堆积年代，承载力：冲积土>坡洪积土>风积土，堆积年代越久，承载力越高。

13、土压力大小：主动土压力<静止土压力<被动土压力。

14、土坡失稳的原因：①土坡作用力发生变化，如人工开挖坡脚、坡顶堆载、地震引起的振动等；②土的抗剪强度降低，如含水率或超静空隙水压力增加；③静水力的作用，雨水或地面水流入缝隙，对土坡产生侧向推力而促使土坡滑动；④地下水的渗流作用。

15、现场鉴别粉土可采用“摇振反应”：用少量的土和水形成一个接近饱和和含水率的小球，放在手掌上左右摇动，并以另一手掌振击该手掌，若土中水渗出，土球表面呈现光泽，则该土为粉土。

16、若土中含氧化铁，则土呈红色或棕色；若土中含大量的有机质，则土呈黑色；若土中含较多的碳酸钙、高岭土，则土呈白色。

17、室内土工试验的土样，颗粒粒径均需小于6cm，用钻机取土时，土样直径不得小于10cm，土样自取样之日起至开始试验时间不超过3周，无特殊要求，余土的贮存期宜为3个月。

18、物理性质试验如液限、塑限、缩限等试验，需过0.5mm筛；水理性质及力学性质试验土样需过2mm筛；击实试验需过5mm筛。

19、砂性土采用浸水饱和法；渗透系数大于 10^{-4} cm/s的黏性土采用毛细管饱和法；渗透系数小于等于 10^{-4} cm/s的黏性土差采用抽气饱和法。

20、孔隙比大于1，含水率大于36%时为淤泥质土；孔隙比大于1.5，含水率大于55%时为淤泥；孔隙比大于2.4，含水率大于85%时为淤泥。

(二) ~ (三)

1、烘干时间对黏性土不得少于8h，对砂性土不得少于6h，对有机质含量超过5%的土，应将稳定控制在65~70℃的恒温下烘至恒重。

2、若土条搓到直径3mm时，表面产生许多裂缝并同时开始断裂，此时的含水率就是塑限。

3、含水率两次测定的差值，当含水率小于40%时，不得大于1%，当含水率大于等于40%时，不得大于2%。

4、黏性土的状态分类：

| | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| 坚硬 | 硬塑 | 可塑 | 软塑 | 流塑 |
| $I_L \leq 0$ | $0 < I_L \leq 0.25$ | $0.25 < I_L \leq 0.75$ | $0.75 < I_L \leq 1$ | $1 < I_L$ |

5、土的塑限： $w_n = w_0 - \frac{V_0 - V_d}{m_d} \rho_w \times 100\%$ ， w_0 —试验前的含水率； V_0 —湿试样体积； V_d —试样烘干后的体积（蜡封法）。

6、比重瓶法适用于粒径小于5mm的土；浮称法适用于粒径大于等于5mm的土，且其中粒径大于20mm土的质量小于总质量的10%；虹吸管法适用于粒径大于等于5mm的土，且其中粒径大于20mm土的质量大于等于总质量的10%。

7、对含有某一定量的可溶盐、不亲水胶体或有机质的土，必须用中性液体（如煤油）测定，并用真空抽气法（不能用沸煮法）排除土中气体。

8、相对密度试验适用于粒径不大于 5mm，且粒径 2~5mm 的试样质量不大于试验总质量的 15% 的砂土。相对密度计算公式： $D_r = \frac{e_{\max} - e_0}{e_{\max} - e_{\min}}$ 。

(四) ~ (六)

1、不均匀系数 $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ 越大，表示级配越好；如果不均匀系数 $C_u \geq 5$ ，而且曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$ 时，该土定义为级配良好，不能同时满足上述 2 个条件，则为级配不良。

2、如 2mm 筛下的土不超过试样总质量的 10%，可省略细筛分析；如 2mm 筛上的土不超过试样总质量的 10%，可省略粗筛分析。

3、如小于 0.075mm 颗粒质量超过总土质量的 10%，应用密度计法或移液管法测点小于 0.075mm 颗粒组成。

4、由经验可知，最大干密度往往都在塑限含水率附近，故可根据塑限预估最佳含水率；击实完成时，超出击实筒顶的试样高度应小于 6mm。

5、同一规定击实标准下，级配不均匀的土所得曲线较陡，土的密度较大；级配均匀的土所得曲线平缓，土的密度小。一般土的塑性指数越高，其最大干密度越小。两次平行击实试验最大干密度的差值不应超过 0.05g/cm^3 。

6、把水力坡度 $i=1$ 时的渗透速度 k ($V=ki$) 称为渗透系数。常水头渗透系数 $k_T = \frac{QL}{AHt}$ (H —平均水位差； A —试样断面积； L —渗流距离，即两测压孔中心的距离； Q —时间 t 内的渗透水量)，标准温度下的渗透系数 $k_{20} = k_T \frac{\eta_T}{\eta_{20}}$ (η —水的动力黏滞系数)。

7、渗透试验一般分为常水头法和变水头法，前者适用于透水性大的粗粒土，后者适用于透水性小的细粒土。

(七)

1、快剪：不固结不排水；固结快剪：固结不排水；慢剪：固结排水。一般情况下，快剪的抗剪强度最下，固结快剪的抗剪强度较大，慢剪的抗剪强度最大。

2、由于渗透性较大的土，进行快剪试验时，所得的总应力强度指标偏大，因此快剪、固结快剪试验一般用于渗透系数小于 10^{-6}cm/s 的黏性土，而慢剪对渗透系数无要求；对渗透系数大于 10^{-6}cm/s 的土一般采用三轴不固结不排水试验测定总强度指标。

3、慢剪试验施加垂直压力后，每小时测读垂直变形，直至试样每小时的变形不大于 **0.005mm** 时固结变形稳定；慢剪的剪切速率小于 **0.02mm/min**，直至测力计出现峰值，继续剪切至位移达到 4mm 时停机，若测力计无峰值，应剪切至位移达到 6mm 时停机。

4、快剪、固结快剪的剪切速率为 **0.8mm/min**，使试样在 3~5min 内剪坏。

5、饱和软黏土的抗剪强度 $\tau_f = \frac{q_u}{2}$ (q_u —无侧限抗压强度)，无侧限抗压强度试验不适用于特别软的黏性土和无法成型的砂性土。

6、绘制应力—应变曲线时，以最大轴向应力作为无侧限抗压强度，若最大轴向应力不明显，取轴向应变 15% 处对应的应力作为该试件的无侧限抗压强度 q_u 。

7、三轴试验分为三种类型：不固结不排水 (UU)、固结不排水 (CU)、固结排水 (CD)。

8、扰动土试样制备应根据预定的干密度和含水率，按规定备样后，在击样器内分层击实，

粉土宜为 3~5 层，黏土宜为 5~8 层。

9、三轴不固结不排水试验的剪切应变速率为每分钟应变 0.5~1.0%，当测力计读数出现峰值时，剪切应继续进行到轴向应变为 15%~20%。

(八)

1、动力荷载一般是往复多次施加或周期性连续作用，随加荷次数增多，松砂将因体积压缩而密实，在不排水条件下则发生孔隙水压力上升而强度下降，甚至发生振动液化。

2、对某一定密度的土，作用的动剪应力大，达到破坏的振动次数少；动剪应力小，振动次数多。

3、已知土的泊松比 μ ，则动剪切模量 G_d 、动压缩模量 E_d 、动剪应变 γ_d 、动轴应变 ε_d 的换算关系如下： $G_d = \frac{E_d}{2(1+\mu)}$ ； $\gamma_d = (1+\mu) \varepsilon_d$ 。

(九)

1、排水固结法中的真空预压及真空预压联合堆载预压尤其适用于超软土地基加固；振冲密实法适用于砂土、粉土地基；深层搅拌法适用于淤泥、淤泥质土、含水率较高且地基承载力不大于 120kPa 的黏性土地基。

2、房屋建筑物基础下的砂垫层主要起换土作用；路堤及土坝的砂垫层主要起排水固结作用。

3、换填垫层法适用于处理各类**浅层软弱地基及不均匀地基**，对于深厚软弱土层，不应采用局部换填垫层法处理地基。换填垫层厚度不宜大于 3m，也不宜小于 0.5m，对湿陷性黄土地基不宜大于 5m，太厚施工困难，太薄则换土垫层作用不显著。

4、湿陷性黄土地基下的垫层底面宽度：①当为局部处理时在非自重湿陷性黄土场地，每边应超出基础底面宽度的 1/4，并不应小于 0.5m；②当为局部处理在自重湿陷性黄土场地，每边应超出基础底面宽度的 3/4，并不应小于 1m；③当为整片处理时每边超出建筑物外墙基础外缘的宽度不宜小于处理土层厚度的 1/2，且不小于 2m。

5、竣工验收采用载荷试验检验垫层承载力时，每个单体工程不宜少于 3 点。

6、真空预压法加固原理：在加固土体表面及其周边铺密封膜，使土体与大气隔绝，膜下抽气与抽水产生的真空负压通过排水通道向土体内部传递，排水井与土体内部产生孔隙水压力差，促使孔隙水流入排水井并被抽出，土体的孔隙水压力不断减少，在总应力不变的条件下，有效应力增加，土体被压缩，强度增长。

7、水平排水体一般为砂垫层，其厚度在陆上不小于 50cm，在水下不小于 100cm。

8、真空预压的沉降稳定标准：实测地面沉降速率 5~10d 连续平均沉降小于等于 2mm/d。

9、振冲挤密法：振密砂类土（粉细砂~砾粗砂）；振冲置换法：在黏性土中振冲成孔后填以砂砾或块石与原地基构成符合地基。

10、桩体顶部的松散部分必须挖除或用碾压等方法使之密实，随后铺设厚 30~50cm 的碎石垫层并压实然后作为复合地基。

11、振冲挤密法的加固原理：在振冲器反复水平振动、侧向挤压和冲水作用下，砂土在径向的一定范围内结构逐渐破坏，孔隙水压力增大，饱和砂层发生液化，砂颗粒向低势能位置转移，重新排列，孔隙减少，密度提高；另一方面依靠振冲器的水平振动力，将上部加入回填料和塌落的砂土挤压加密。这样达到提高强度，减少沉降，防止液化的加固目的。

12、冲水不仅增大振冲器的贯入速率，还可以使砂土饱和后抗剪强度降低而扩大振密区。

13、砂土颗粒越细，流态区越大，因此粉质砂土的加固效果差，对粉细砂地基应边振边在流态区加入填料构成复合地基。

14、振冲施工结束后应间隔一定时间进行质量检验，对黏性土地基间隔时间为 3~4 周，对粉土地基可取 2~3 周；振冲挤密法检验点数量可按 100~200 个振冲点选择 1 孔，总数不得少于 3 孔。

15、土层厚、渗透系数小、含水率高，强夯间距宜大，反之间距宜小，避免夯击时土体隆起，形成橡皮土。

16、颗粒细、渗透性小、含水率高的土层宜减少每点夯击数，增大夯击遍数。

17、夯击锤锤身设上下贯通的排气孔，孔径可取 250~300mm；**每夯完一遍用推土机将夯坑填平**，完成全部夯击遍数后，用低能量满夯将场地表层松土夯实。

18、深层搅拌法加固原理：将软黏土和水泥、石灰等固化剂强制搅拌，使固化剂与软土之间发生物理化学反应，软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥土桩体，与原状土共同构成复合地基。

19、对含有高岭土、蒙脱石等矿物的黏性土加固效果较好；对含有伊利石、氯化物、水铝石英等矿物的黏性土加固效果较低；对有机质含量高、酸碱度/PH 较低的黏性土加固效果更低。

20、搅拌桩的垂直偏差不得超过 1%；桩位的偏差不得大于 5cm；桩径和桩长不小于设计值。

21、当水泥浆液到达出浆口后，应喷浆搅拌 30s，在水泥浆与桩端土充分搅拌后提升搅拌头。

22、施工时如因故停浆，应将搅拌头下沉至停浆点以下 0.5m 处，待恢复供浆时再喷浆搅拌提升，若停机超过 3h，宜先拆卸输浆管路，并妥加清洗；相邻搭接桩的施工时间间隔不宜超过 24h。

23、**成桩 7d 后**，采用浅部开挖桩头（深度超过停浆面下 0.5m），目测检测均匀性，**量测成桩直径**，检查数量为总桩数的 **5%**；**成桩 3d 内**，可用**轻型动力触探**检查每米桩身的**均匀性**，检验数量为施工总数的 **1%且不少于 3 根**；**成桩 28d 后进行载荷试验**，检验数量为桩总数 **0.5%~1%**，且每项单体工程不少于 **3 点**。

24、经触探和载荷试验检验后对桩身**质量有怀疑**时，应在成桩 28d 后，**钻芯**作抗压强度检验，检验数量为施工总桩数的 **0.5%**，且不少于 **3 根**；对相邻桩搭接要求严格时，应在成桩 **15d**后**检查搭接情况**。

25、爆破挤淤填石法加固原理：在淤泥质地基上抛石，在抛石体外缘一定距离的淤泥质地基内部中埋设群药包，起爆瞬间在淤泥中形成空腔，抛石体随即坍塌充填空隙，经多次爆破推进，最终达到置换淤泥，形成坐落在硬土层上，结构强度高、密实、稳定性好且工后沉降小的抛石堤。

(十)

1、静力触探适用于黏土、粉土、砂土；主要用于土层划分、土类判别、确定地基土的承载力及变形模量、选择桩基持力层、检查填土的密实程度、判别砂土的密度及液化可能性等。

2、静力触探探头一般三个月标定一次，标定时加荷等级在额定贯入力较大时取额定贯入力的 1/10，额定贯入力较小时，取额定贯入力的 1/20。

3、测试点要离开已有钻孔的最近距离不得小于钻孔直径的 25 倍，且不小于 2m；平行试验对比孔的孔距不宜小于 3m。

4、静力触探的贯入速率控制在 $1.2 \pm 0.3 \text{m/min}$ ；在地面以下 6m 深度范围内，每贯入 2~3m

读记一次初读数（读初读数时，将探头提升 5~10cm，使探头传感器处于不受力状态，过一段时间，待探头温度与地温平衡后的稳定读数）；孔深超过 6m 以后，可适当放宽归零检查的深度间隔（一般为 5m）或不做归零检查。

5、砂、圆砾和卵石、碎石土连续动力触探的深度不宜超过 12m；当轻型动力触探贯入 30cm 的锤击数超过 100 击或贯入 15cm 超过 50 击时可停止试验；当重型动力触探连续 3 次贯入 10cm 的锤击数超过 50 击时，若要继续触探，应使用超重型动力触探。

6、重型动力触探杆长超过 2m，超重型动力触探杆长超过 1m 时应对杆长引起的锤击数修正。

7、轻型动力触探不考虑侧壁影响的修正；重型动力触探当触探深度在 15m 以内也不考虑侧壁摩擦阻的影响；地下水位对重型动力触探锤击数的修正： $N_{63.5}=1.1N'_{63.5}+1.0$ 。

（十一）

1、《水运工程岩土勘察规范》（JTS 133-2013）规定：岩石所用承压板面积不宜小于 700cm^2 （ $d=30\text{cm}$ ）；密实的砂土或硬塑黏土可采用 2500cm^2 ；软土或填土不应小于 5000cm^2 。

2、载荷试验的影响深度为 1.5~2.0 倍承压板直径或宽度，在同一岩土层上测试不少于 3 点。

3、采用慢速维持荷载法进行载荷试验时，荷载增量一般取预估试验土层极限荷载的 1/8~1/10；当试验对象为土体、全风化岩、强风化岩时，连续 2h 内每 1h 沉降增量不大于 0.1mm 则沉降相对稳定；当需要进行回弹观测时，每级卸荷量可为加荷量的 2 倍，每卸一级荷载后连续观测 1h，荷载卸完后以 30min 为间隔继续观测 3h。

4、极限压力的判断：①承压板周围的土被挤出或出现裂缝和隆起，沉降急剧增加；②本级荷载的沉降量大于前一级荷载沉降量的 5 倍，荷载与沉降曲线出现明显陡降；③本级荷载下，持续 24h 沉降速率等速或加速发展，不能达到相对稳定标准；④总沉降量超过承压板直径或宽度的 1/12。

5、《水运工程岩土勘察规范》（JTS 133-2013）地基承载力的确定：

（1）临塑荷载法：对于坚硬黏土、砂土、碎石土等，以比例界限荷载 P_0 值作为容许承载力；

（2）极限荷载法：当比例界限 P_0 与极限荷载 P_u 接近，将 P_u 除以安全系数 2.0~3.0 作为容许承载力；

（3）当 $P-s$ 曲线没有明显的直线段，在 $P-s$ 曲线较平缓区段选取承载力。

①对一般黏土、软土取 $s/b \leq 0.02$ 对应的压力作为容许承载力；

②当极限荷载 P_u 小于 $s/b=0.02$ 对应的压力的 2 倍时，以 $P_u/2$ 作为容许承载力；

③对低压缩性土、砂土取 $s/b=0.01\sim 0.015$ 对应的压力作容许承载力；

④对风化岩、软岩取 $s/b=0.001\sim 0.002$ 对应的压力作为容许承载力。

（十二）

1、标准贯入试验适用于砂土、粉土、黏土，也可用于残积土、极软岩、软岩。

2、标准贯入试验的应用：①查明场地的地层剖面和各地层在垂直与水平方向的均匀程度及软弱夹层；②确定地基土的承载力、变形模量；③预估单桩承载力和选择桩尖持力层；④地基加固处理效果的检验与施工监测；⑤判定砂土密实度、黏性土的稠度，判别砂土和粉土地震液化的可能性。

3、标准贯入击数 N ：将一定规格的标准贯入器打入土中 15cm，再打入 30cm，以最后打入 30cm 的锤击数作为标准贯入试验的指标。

4、标准贯入试验实质上也是一种动力触探试验方法，只不过标准贯入试验的探头部分称为

贯入器，是由取土器转化而来的开口管状空心探头。

5、当贯入器的杆长小于 3m 时，不需要对探杆长度校正；当用标贯击数 N 值确定砂土的相对密度、内摩擦角时，对地下水位以下中、粗砂层的标贯击数 N 值校正： $N=N'+5$ 。

(十四)、(十七)

1、十字板剪切试验适用于饱和软黏土 ($\varphi \approx 0$) 不排水抗剪强度和灵敏度的测定；

2、原状土的抗剪强度 $C_u = K \cdot M = K \cdot \alpha \cdot \varepsilon$ (或 $K \cdot C \cdot \Delta\varepsilon$) (M —土体破坏时的抵抗力矩； K —与十字板尺寸相关的常数； α —电测十字板板头传感器的检定系数； ε —扭矩 M 所对应的应变； C —钢环系数； $\Delta\varepsilon$ —钢环变形与轴杆校正时钢环变形之差)。

3、剪切速率越大，得到的抗剪强度越大，因此一般采用 $1^\circ/10s$ 的剪切速率。

4、十字板剪切强度的应用：①确定饱和黏土的容许承载力；②确定饱和黏土的灵敏度；③用于测定土坡或地基内的滑动面位置；④测定地基强度的变化规律。

5、黏结材料桩复合地基根据桩体刚度大小可分为柔性桩复合地基(如水泥、石灰搅拌桩等)和刚性桩复合地基(如低强度混凝土桩等)。

6、钻孔检验直孔法用以检验逐层土加固后的强度；斜孔法用以检验相邻搅拌桩间搭接质量。