

中国工程建设协会标准
根式基础技术规程

Technical specification for design and construction of rooted foundation
(征求意见稿)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

根式基础技术规程

Technical specification for design and construction of rooted foundation

CECS G XXX: 201X

主编单位：安徽省交通控股集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：201X年XX月XX日

XXXX 出版社

201X X X

前 言

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2014年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字[2014]070号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

根式基础是一种“仿生”基础，采用专用顶进装置将根键顶入到基础周边土体中，承受竖向荷载时通过根键与土体的接触，形成地基梁效应，使基础竖向承载力显著增加，从而减小基础规模，具有良好的经济性。本规程重点突出根式基础特点，规定了根式基础设计、施工、检验过程中应遵守的准则、技术要求及关键控制原则，并与相关标准协调配套。本技术规程共5章，主要内容是：总则、术语与符号、设计、施工、质量检验与评定。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由安徽省交通控股集团有限公司负责具体技术内容解释《根式基础技术规程》。执行过程中如有意见或建议，请寄送安徽省交通控股集团有限公司联系（地址：合肥市望江西路520号；邮编：230088）。

主编单位：安徽省交通控股集团有限公司

参编单位：交通运输部公路科学研究所

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

温州市高速公路投资有限公司

东南大学

中科院武汉岩土所

中交第二公路工程局有限公司

中交路桥华南工程有限公司

中交第二航务工程局有限公司

主要起草人：

主要审查人员：

目次

1	总则	1
2	术语与符号	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	3
3	设计	5
3.1	一般规定.....	5
3.2	根键构造.....	6
3.3	基础主体结构构造.....	7
3.4	承载力与位移计算.....	10
4	施工	13
4.1	一般规定.....	13
4.2	根键预制.....	13
4.3	根键顶进.....	13
4.4	止水工艺.....	14
4.5	根式钻孔灌注桩基础.....	15
4.6	根式钻孔空心桩基础.....	16
4.7	根式钻孔沉管基础.....	17
4.8	根式沉井基础.....	18
5	质量检验与评定.....	19
5.1	一般规定.....	19
5.2	质量检验标准.....	19
5.3	质量评定.....	26
附录 A	根式基础沉降计算.....	27
附录 B	根键水平承载力计算.....	29
附录 C	根式基础水平位移计算.....	32
	本标准用词说明	36
	引用标准名录	37
	条文说明	38

1 总则

1.0.1 为使根式基础的设计和施工符合技术先进、安全可靠、经济合理的要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建及改扩建公路桥梁根式基础的设计、施工和质量检验评定，铁路、市政、建筑及其他行业根式基础设计可参考执行。

1.0.3 根式基础适用于强度低于 20MPa 的非岩石类地基，当地基覆盖层较薄或地基土中有孤石、树干或老桥基等难于清除的障碍物时，不宜采用根式基础。

1.0.4 根式基础包括根式钻孔灌注桩基础、根式钻孔沉管基础、根式钻孔空心桩基础、根式沉井基础四种类型，应根据地质条件、上部结构型式、施工条件、工期要求、施工费用等因素选择适宜的根式基础形式。

1.0.5 根式基础主体结构的设计、施工和质量验收除应符合本规程外，尚应符合国家及行业现行标准的有关规定。

征求意见稿

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 根式基础 Rooted Foundation

在基础侧壁水平顶推预制根键，并使根键与基础主体结构侧壁固接，通过发挥根键地基梁承载特性提高基础承载力的一种类似树根的仿生基础。

2.1.2 根式钻孔灌注桩基础 Rooted bored cast-in-situ pile

在传统钻孔灌注桩基础的基础上，通过侧壁顶推根键而形成的一种灌注桩基础。

2.1.3 根式钻孔沉管基础 Rooted bored sinking pipe

下沉预制钢壁后现浇混凝土形成沉管，并在沉管侧壁顶推根键而形成的一种沉管基础。

2.1.4 根式钻孔空心桩基础 Rooted bored hollow pipe

下放预制内模板系统后现浇混凝土形成空心桩，在桩身侧壁顶推根键而形成的一种空心桩基础。

2.1.5 根式沉井基础 Rooted Caisson

在传统预制接高下沉的沉井侧壁顶推根键而形成的一种沉井基础。

2.1.6 基础主体结构 Main Structure

相对于根键顶入以前的“原形”基础。

2.1.7 基础直径 Foundation Diameter

主体结构横截面直径。

2.1.8 基础长度 Foundation Length

主体结构竖向投影长度

2.1.9 基础埋深 Foundation Depth

地表距主体结构底部的竖向距离。

2.1.10 根键 Root

基础主体结构侧壁横向凸出的支状承载物，为预制钢筋混凝土结构或钢结构。

2.1.11 根键层间距 Root longitudinal spacing

沿基础埋深方向相邻两层根键中心距。

2.1.12 根键影响系数 Root bearing impact factor

多根根键的受力重叠效应，对承载力的折减影响。

2.1.13 顶推力 Jacking Force

千斤顶将根键水平顶进土体时的作用力。

2.2 符号

2.2.1 几何尺寸有关符号

- b_g ——根键宽度；
- D ——基础主体结构外直径；
- d ——基础主体结构内直径；
- h ——基底埋深；
- h_a ——根键在桩（井）身的最小嵌固深度；
- h_g ——根键高度；
- h_j ——基底、根键的埋置深度；
- l_g ——根键伸入土体的长度；
- l_i ——承台底面或局部冲刷线以下各土层厚度；
- m_g ——每层根键的数量；
- n ——土的层数；
- n_g ——根键层数；
- s_g ——根键层间距。

2.2.2 地基抗力及应力有关符号

- $[f_{a0}]$ ——基底处土的承载力基本容许值；
- $[f_{aj}]$ ——基底、根键支承面土的承载力基本容许值；
- q_{ki} ——与 l_i 对应的各土层与基础主体结构侧壁的摩阻力标准值；
- q_{kj} ——第 j 层根键所在土层与根键侧面的摩阻力标准值；
- q_r ——基底处土的承载力容许值；
- q_{ij} ——第 j 层根键底面土的承载力容许值；
- $[R_a]$ ——根式基础轴向受压承载力容许值。

2.2.3 计算系数及其他有关符号

- k_2 ——容许承载力随深度的修正系数；
- m_0 ——清底系数；
- η_g ——根键相互影响效应系数；
- λ ——修正系数；
- γ_2 ——基底、根键支承面以上各土层的加权平均重度。

2.2.4 作用及其效应有关符号

R_h ——根式基础水平承载力；

R_{ha} ——基础主体结构水平承载力；

R_{hg} ——根键水平承载力。

征求意见稿

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 应按现行《公路工程地质勘察规范》的有关规定进行勘察工作，并对根式基础的适用性进行评价。

3.1.2 根式基础的设计应符合下列要求：

1 作用取值及其效应组合、稳定性验算、耐久性设计应按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定执行。

2 承载力与位移计算应按本规程第 3.4 节规定执行。

3 地基岩土分类、工程特性、地基承载力及地基处理应按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 的有关规定执行。

4 构造除应符合本章的规定外，尚应符合现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 的有关规定。

3.1.3 应根据水文、地质、荷载、材料、上下部结构形式和施工条件，合理选用根式基础类型、平面尺寸、根键尺寸与数量。根式基础平面尺寸一般可按如下范围取值：

1 根式钻孔灌注桩基础：直径 1.5~3m。

2 根式钻孔沉管基础：直径 3~6m。

3 根式钻孔空心桩基础：直径 3~6m。

4 根式沉井基础：直径大于 6m。

3.1.4 在地质情况复杂的桥址区修建采用根式钻孔灌注桩、根式钻孔沉管基础、根式钻孔空心桩基础的大桥、特大桥，施工前宜通过静载荷试验确定单桩承载力。

3.1.5 根式基础主体结构应按内力计算结果进行配筋，并符合以下要求：

1 主筋应沿截面合理布置，应避免在根键位置处切断主筋。

2 在根键位置宜增设定位箍筋。

3 加劲箍宜设置在主筋外侧。

3.2 根键构造

3.2.1 根键可采用等截面或变截面的钢筋混凝土结构、钢结构、钢混组合结构，截面形式可选择十字形、矩形、梯形截面。大直径根式基础（直径不小于 3m）的根键宜采用变截面。

3.2.2 在同一根式基础中，根键宜采用相同的尺寸、构造和材料。

3.2.3 根键尺寸应根据地基承载力、基础主体结构尺寸、根键顶推工艺要求综合确定。

3.2.4 根键的布置和层间距宜按以下原则确定：

1 根键一般布置在基础主体结构中下部，并优先选择布置于地基承载力基本容许值较大的土层中。

2 底层根键与基底距离不应小于 1 倍的基础主体结构直径。

3 上下相邻两层根键在基础主体结构上宜交错布置，层间距不应小于根键截面高度的 2.5 倍。

4 每层根键数量不少于 4 个，且应对称布置。

3.2.5 根键混凝土强度等级不应低于基础主体结构，且不低于 C30。

3.2.6 根键应配置纵向钢筋和闭合箍筋，全部纵向钢筋配筋率不应小于 1%。

3.2.7 根键水平伸入基础主体结构的最小嵌固深度应按下式计算确定，且不应小于 1 倍根键根部截面较大边长。

$$h_a = \sqrt{\frac{M}{0.0833f_k b_g}} \quad (3.2.7)$$

式中： h_a ——根键在桩（井）身的最小嵌固深度（m）；

M ——根键桩（井）身外根部弯矩（kN-m）；

f_k ——基础主体结构混凝土强度标准值（kPa）；

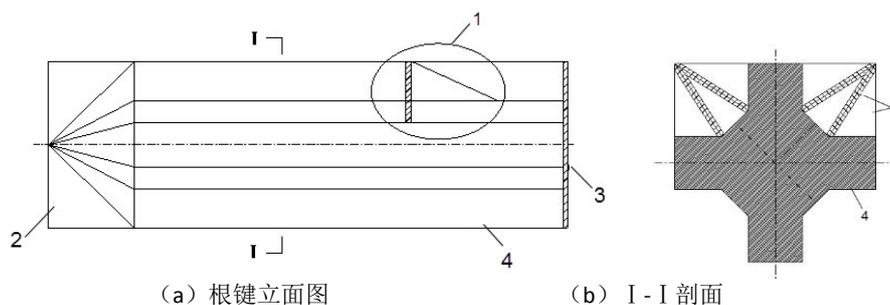
b_g ——根键平面宽度（m）。

3.2.8 根据工艺要求，根键宜采用以下构造（图 3.2.7）：

1 根键端头采用楔形或设置钢刃刀。

2 根键末端设置钢套或局部加强钢板，钢板厚度根据顶推力与根键截面尺寸、材料强度确定。

3 根键长度大于 1.5m 时，根键端部应增加限位构造。



(a) 根键立面图 (b) I-I 剖面
图 3.2.8 根键限位构造示意图

1-限位装置 (含限位钢板和加劲钢板); 2-钢刃刀; 3-末端钢板; 4-根键

3.3 基础主体结构构造

I 根式钻孔灌注桩基础

3.3.1 基础主体结构混凝土强度等级不应低于 C25。

3.3.2 应避开护筒和钢筋接头位置布设根键。

3.3.3 声测管应沿桩截面外侧呈对称形状布置, 避开根键位置, 并应采取适宜方法固定, 使之成桩后相互平行。声测管埋设数量应符合下列要求:

- 1 桩基直径大于 1.0m, 且小于 1.8m 时, 不少于 3 根管。
- 2 桩基直径大于 1.8m 时, 不少于 4 根管。

II 根式钻孔空心桩基础

3.3.4 空心桩平面尺寸应按 3.1.3 条确定, 且管壁厚不宜小于 0.45m。

3.3.5 根式钻孔空心桩基础混凝土强度等级不应低于 C30。

3.3.6 应按桩身内力大小配筋, 并符合以下要求:

- 1 桩身主筋直径不宜小于 20mm, 数量不应少于 8 根, 其净距不应小于 80mm 且不应大于 350mm。
- 2 钢筋保护层净距不应小于 60mm。
- 3 闭合式箍筋或螺旋筋直径不应小于主筋直径的 1/4, 且不应小于 8mm, 中心距不应大于主筋的 15 倍且不应大于 300mm。
- 4 内外层钢筋笼骨架上每隔 2.0m 各设置直径 25~32mm 的加强箍一道, 位置对应。
- 5 钢筋笼四周应设置突出的定位钢筋、定位混凝土块, 或采用其他定位措施。
- 6 外层钢筋笼主筋宜放置在箍筋内侧, 内层钢筋笼主筋宜放置在箍筋外侧。

3.3.7 应按 3.3.3 条布设声测管。

III 根式钻孔沉管基础

3.3.8 沉管平面尺寸应按本规程 3.1.3 的规定确定，一般采用圆形截面。

3.3.9 沉管壁厚应根据结构强度、根键的嵌固长度、施工根键顶推作用在管壁上的反力、钢壁加工的操作空间等因素而定，不宜小于 1/100 管身长度，且不小于 0.3m。

3.3.10 沉管钢壁每节高度可根据沉管的设计高度、根键层间距、现场情况和施工条件确定，并应避免根键位置。标准节段长度宜按根键层间距的倍数取值。

3.3.11 沉管刃脚根据地质情况，可采用尖刃脚或带踏面的刃脚。刃脚面应以型钢（角钢或槽钢）加强。刃脚底面宽度一般为 0.1~0.5m，也可适当放宽。刃脚斜面与水平面交角不宜小于 45 度，刃脚部分应与封底混凝土形成整体。

3.3.12 根式钻孔沉管基础各部混凝土强度等级：管身不应低于 C25；刃脚不应低于 C25；封底不应低于 C25；封顶不应低于 C30。

3.3.13 沉管底节配筋率不宜小于 1%，其他节段配筋率不应小于 0.5%。薄壁沉管最小配筋率不宜小于 1%。

IV 根式沉井基础

3.3.14 沉井平面形状及尺寸应按本规程 3.1.3 的规定确定，并符合以下要求：

1 沉井井壁的厚度应根据结构强度、根键的嵌固长度、施工下沉需要的重力、便于取土和清基等因素而定，可采用 0.3~1.5m。

2 沉井顶面襟边宽度应根据沉井施工容许偏差而定，不应小于沉井全高的 1/50，且不小于 0.2m。沉井顶部需设置围堰时，其襟边宽度应满足安装墩台身模板的需要。

3.3.15 沉井刃脚根据地质情况，可采用尖刃脚或带踏面的刃脚。如土质坚硬，刃脚面应以型钢（角钢或槽钢）加强或者底节外壳采用钢结构。刃脚斜面与水平面交角不宜小于 45 度。

3.3.16 根式沉井基础各部混凝土强度等级：刃脚不应低于 C25；井身不应低于 C25；封底混凝土不应低于 C25。

3.3.17 根式沉井井身配筋率应不小于 0.2%。对于根式沉井底节（包括刃角）其中刃脚受力复杂，最小配筋率不宜小于 0.5%。

3.3.18 根键端部内衬混凝土强度等级不应低于 C20，若内衬与井壁同时受力，其混凝土强度应与

井壁相同。内衬混凝土厚度应大于根键顶进预留长度，且不小于 15cm。

征求意见稿

3.4 承载力与位移计算

3.4.1 根式基础轴向受压承载力容许值由基础主体结构侧摩阻力及其端阻力、根键侧摩阻力及其端阻力四部分组成，可按下列公式计算：

$$[R_a] = \frac{1}{2} \left[\pi D \sum_{i=1}^n q_{ki} l_i + 2m_g l_g h_g \sum_{j=1}^{n_g} q_{kj} \right] + \frac{\pi D^2 q_r}{4} + m_g b_g l_g \eta_g \sum_{j=1}^{n_g} q_{rj} \quad (3.4.1-1)$$

$$q_r = m_0 \lambda [f_{a0} + k_2 r_2 (h - 3)] \quad (3.4.1-2)$$

$$q_{rj} = [f_{aj}] + k_2 r_2 (h_j - 3) \quad (3.4.1-3)$$

$$\eta_g = \begin{cases} 1 & s_g / h_g > 6 \\ \frac{\left(\frac{s_g}{h_g}\right)^{0.015m_g + 0.45}}{0.15n_g + 0.10m_g + 1.9} & s_g / h_g \leq 6 \end{cases} \quad (3.4.1-4)$$

式中：[R_a]——根式基础轴向受压承载力容许值(kN)，基础自重与置换土重（当自重计入浮力时，置换土重也计入浮力）的差值作为荷载考虑；

D ——基础主体结构外直径(m)；

n ——土的层数；

l_i ——承台底面或局部冲刷线以下各土层厚度(m)，扩孔部分不计；

q_{ki} ——与 l_i 对应的各土层与基础主体结构侧壁的摩阻力标准值(kPa)，宜采用单桩（井）摩阻力试验确定，当无试验条件时，按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》选用；

q_{kj} ——第 j 层根键所在土层与根键侧面的摩阻力标准值(kPa)，宜采用单桩（井）摩阻力试验确定，当无试验条件时按表 3.4.2 选用；

q_r ——基底处土的承载力容许值(kPa)，当持力层为砂土、碎石土时，若计算值超过下列值，宜按下列值采用：粉砂 1000kPa；细砂 1150kPa；中砂、粗砂、砾砂 1450kPa；碎石土 2750 kPa；

q_{rj} ——第 j 层根键底面土的承载力容许值(kPa)，当为砂土、碎石土时，若计算值超过下列值，宜按下列值采用：粉砂 1000kPa；细砂 1150kPa；中砂、粗砂、砾砂 1450kPa；碎石土 2750 kPa；

n_g ——根键层数；

m_g ——每层根键的布置数量；

b_g ——根键宽度(m);

l_g ——根键伸入土体的长度(m);

h_g ——根键高度(m);

s_g ——根键层间距(m);

η_g ——沿基础深度方向,根键相互影响效应系数;

m_0 ——清底系数,按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 选用;

λ ——修正系数,按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 选用;

$[f_{a0}]$ ——基底处土的承载力基本容许值(kPa),按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 确定;

$[f_{aj}]$ ——第 j 层根键底面土的承载力基本容许值(kPa),按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 确定;

k_2 ——容许承载力随深度的修正系数,按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 选用;

γ_2 ——基底、根键底面以上各土层的加权平均重度(kN/m³);

h ——基底的埋置深度(m), h 的计算值不大于 40m,当大于 40m 时,按 40m 计算;

h_j ——第 j 层根键的埋置深度(m),大于 40m 时,按 40m 计算。

表 3.4.1 根键与土体间摩阻力标准值 q_{kj}

土类	状态	摩阻力标准值 q_{kj} (kPa)
黏性土	$1.5 > l \geq 1$	15 ~ 30
	$1 > l \geq 0.75$	30 ~ 45
	$0.75 > l \geq 0.5$	45 ~ 60
	$0.5 > l \geq 0.25$	60 ~ 75
	$0.25 > l \geq 0$	75 ~ 85
粉土	$0 > l$	85 ~ 95
	稍密	20 ~ 35
	中密	35 ~ 65
粉、细砂	密实	65 ~ 80
	稍密	20 ~ 35
	中密	35 ~ 65
中砂	密实	65 ~ 80
	中密	55 ~ 75
粗砂	密实	75 ~ 90
	中密	70 ~ 90
	密实	90 ~ 105

3.4.2 根式基础沉降可按附录 A 计算,或其他有可靠根据的方法计算。

3.4.3 根式基础水平承载力可按下式计算,水平位移可按附录 C 计算:

$$R_h = R_{ha} + R_{hg} \quad (3.4.3)$$

式中： R_h ——根式基础水平承载力；

R_{ha} ——基础主体结构水平承载力，按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》计算；

R_{hg} ——根键水平承载力，可按附录 B 计算。

3.4.4 当基础主体结构作为支撑系统承受根键顶推力作用时，应验算基础主体结构局部承载能力。

3.4.5 可按弹性地基梁计算根键弯矩和剪力，同时应验算根键顶推施工过程中的作用力。

征求意见稿

4 施工

4.1 一般规定

- 4.1.1** 根式基础施工前应制订专项施工技术和安全技术方案。
- 4.1.2** 根式基础施工工序：预制件预制、基础主体结构成型、根键顶进、止水措施等。
- 4.1.3** 应根据根式基础类型、孔径、钻孔深度、土层情况、泥浆排放及处理条件综合确定钻孔机具和工艺。
- 4.1.4** 泥浆指标应根据钻孔机具、地质条件确定，钻进时应随时检查泥浆比重和含砂率。
- 4.1.5** 基础成型一段时间后，宜通过预设注浆导管、注浆阀注入水泥浆，加固基础主体结构侧壁及基底土体。

4.2 根键预制

- 4.2.1** 根键预制和存放场地应平整、坚实，承载力应满足要求。
- 4.2.2** 根键预制模板宜由专业钢结构加工厂家制作，加工尺寸误差、焊缝质量应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F20、《组合钢模技术规范》GB/T 50214、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 等现行国家、行业标准的有关要求。
- 4.2.3** 根式钻孔沉管基础、根式沉井基础根键的内、外钢套加工应满足以下规定：
- 1 内、外钢套材质、焊接要求应满足设计要求，并符合现行国家、行业标准的有关规定。
 - 2 内、外钢套应具有足够的强度和刚度。
 - 3 内、外钢套应匹配加工，加工误差应符合现行国家、行业标准的有关规定，并统一编号、按顺序堆放。
- 4.2.4** 预制根键混凝土宜采用吊斗或人工手推车进行浇筑。根键混凝土采用细骨料混凝土，宜采用小直径振捣棒或附着式振捣棒振捣，振捣时应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 有关规定。
- 4.2.5** 预制的根键应进行湿润养生，达到设计规定的吊装强度后编号，吊至存放场地分层堆放，堆放高度应满足地基承载力要求。

4.3 根键顶进

- 4.3.1** 根键混凝土达到设计强度后方可进行顶进施工。

4.3.2 顶推力的计算应考虑根键顶进过程中的正面阻力、土压力和侧面土摩阻力。摩阻力和土的承载力宜采用现场实测值，当无试验条件时，按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 的有关规定选用。

4.3.3 根键应采用专门设备进行水平顶进，并根据根式基础类型、顶推力、行程合理选用。常用根键顶进设备有：

1 旋挖顶推一体机，适用于桩径大于 1.5m，且不大于 3m 的根式钻孔灌注桩基础根键的顶进。

2 360 度回转可调顶进平台配合大吨位大行程多级千斤顶或采用旋挖钻机单臂顶进装置，适合于大直径（直径不小于 3m）根式基础的根键顶进。

4.3.4 在根键顶进施工前，应精确定位根键的平面与竖向位置，尽量避免干扰基础主体结构钢筋笼。方法如下：

1 根键平面定位采用声测管作导向进行控制。平面定位时，旋转钻杆进行微调，使顶进装置上的滑槽套入声测管。

2 竖向定位通过旋挖钻钻杆下放深度配合测绳来控制。

3 顶推过程中应采取措施防止根键碰撞声测管。

4.3.5 大直径根式基础根键顶进时，应符合下列要求：

1 千斤顶宜根据顶推力、根键入土深度进行选择，顶进过程中应注意观察、记录千斤顶油压读数。

2 采用旋挖钻机单臂顶进装置通过钻杆使根键装置旋转同时使根键向外顶出，通过压力显示及钻杆转动角度确定根键预留孔的位置，完成根键与预留孔的对接和根键顶入。

3 顶进施工时实时观察根键轴线变化情况，若偏离预留孔中心线，应立即停止顶进，调整后方可继续施工。

4 根键顶进到位后，根键端部在内壁预留长度不小于 30cm。在顶进平台上宜设置导向，保证根键预留长度及顶进方向。

4.4 止水工艺

4.4.1 采用 360 度回转可调顶进平台配合千斤顶进行根键顶进施工时，根式钻孔沉管基础、根式沉井基础应进行止水处理。

4.4.2 止水构造（图 4.4.1）应符合下列要求：

- 1 预先在根键预留孔处设置挡水板，其强度、刚度、韧性、耐磨性应满足施工工艺要求。
- 2 止水橡胶带沿根键预留孔内壁轮廓牢固布置，且挡水板与橡胶带间距不应小于根键端头钢刀刃的长度。
- 3 根键后半部分渐变坡率，与预留孔结合部设置成楔形咬合。
- 4 根键末端内钢套上粘贴橡胶板，增加挤密效果。
- 5 根键顶进时应使根键轴线与外钢套轴线重合，并在挡水板刺破后，快速顶进。
- 6 当根键顶推到位后，在根键末端钢板上焊接钢筋网片，浇筑内壁混凝土防水，并加强根键与井壁的固结。

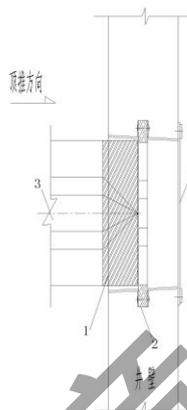


图 4.4.1 止水构造示意图

1-钢刀刃；2-橡胶止水带；3-根键；4-挡水板

4.5 根式钻孔灌注桩基础

4.5.1 根式钻孔灌注桩基础施工工艺流程：泥浆护壁钻孔、清孔、下钢筋笼、根键下放至设计高程、顶进根键、再次清孔、浇筑桩身混凝土。

4.5.2 钢筋及骨架的制作、运输、安装时，除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的规定外，还应符合下列规定：

- 1 钢筋骨架宜在胎架上分节同槽匹配制作，根据实际工况合理设置单节钢筋笼长度。主筋的接头应错开布置，每个断面接头数量不得大于 50%，相邻接头断面间距不小于 1.5m。
- 2 根键预留孔尺寸不得小于设计值，根键中心位置允许偏差为 $\pm 15\text{mm}$ 。
- 3 根键预留孔附近应设置加强箍。

4.5.3 钻孔施工应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的有关规定，孔径不应大于设计桩径的 1.1 倍，倾斜度小于 1/150。

4.5.4 根键平面位置定位采用声测管导向。声测管数量、垂直度和平面位置应符合设计要求。声测管平面位置允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，并确保安装牢固，做好防护。

4.5.5 根键竖向位置定位及顶推可按以下步骤进行：

- 1 将护筒顶面作为垂直方向的起始控制点，量测每层根键至控制点的距离。
- 2 将控制点平移至钻杆处，作为根键装置下放的零点。
- 3 安装根键使顶推装置位于钢筋笼中心，下放钻杆至根键位置，施力顶推。
- 4 当油表压力读数稳定，且油量不再下降时，表示根键顶进到位。

4.6 根式钻孔空心桩基础

4.6.1 根式钻孔空心桩基础施工工艺流程：优质泥浆护壁成孔、第一次清孔、下放外层钢筋笼、根键顶进、安装内模、下放内层钢筋笼、第二次清孔、浇筑封底混凝土、浇筑环形薄壁混凝土、拆除内模。

4.6.2 钢筋骨架制作、运输、安装时，除应符合第 4.5.2 条规定外，还应符合下列规定：

1 外层和内层钢筋骨架均应在定位胎架上匹配制作，确保钢筋骨架制作精度。运输及安装过程中，应合理设置临时内撑，加强对钢筋骨架的保护，严格控制骨架变形。

2 钢筋骨架下放到位后，应采取措施对钢筋骨架进行限位和固定，避免后续施工过程中钢筋骨架移位。

4.6.3 钻孔施工时，除应符合第 4.5.3 条规定外，还应符合以下要求：

1 钻孔至设计高程后，为提高孔底平整度，钻头在孔底应保持高程不变继续转动适当时间，以保障内模安装质量。

2 终孔后提升钻头时，宜保持转动状态缓慢提出孔外。

4.6.4 根键的定位和顶进，按第 4.5.4 条~4.5.5 条规定实施。

4.6.5 内模系统包括模板、十字撑、立柱等，为便于安装和拆除周转利用，应分节制作，分节长度宜为 3~5m。其制作应符合下列规定：

1 底节模板整块制作，作为内模定位使用；其余模板分块制作，通过立柱连接。

2 每个分块模板应进行泌水试验，确保自浮能力。

3 模板与立柱之间的间隙，不得大于 8mm。

4 制作完成后应进行试拼，节段间错台不得大于 3mm。

4.6.6 内模系统安装和拆除施工，可按以下步骤进行：

1 在孔口位置设置内模安装限位架。

2 吊放底节定位模板，并在孔口临时固定。

3 各节内模按照立柱、模板、十字撑依次顺序安装。

4 拆除时，先提出十字撑，再拔出立柱，最后模板自浮吊出。

4.6.7 为确保根式钻孔空心桩环形薄壁混凝土浇筑质量，混凝土配合比应进行专门设计，坍落度宜为 200~220mm，初凝时间宜控制在 14~16h，流动性应良好。进行水下灌注施工时，应根据现场试验实际测量的混凝土自流距离指导导管的布置，导管间距不宜大于 3m。

4.7 根式钻孔沉管基础

4.7.1 根式钻孔沉管基础采用钻沉法施工，其施工工艺流程：优质泥浆护壁成孔、第一次清孔、钢壁下沉、第二次清孔、浇筑封底混凝土、浇筑管身混凝土、根键顶进、封顶施工。

4.7.2 钻孔施工除应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 中关于钻孔灌注桩的有关规定外，尚应符合以下要求：

- 1 孔径应比沉管直径大 400mm，其内径应大于钻孔直径至少 200mm。
- 2 护筒宜采用钢板卷制。
- 3 终孔后应注入优质泥浆清孔，必须使孔内泥浆在沉管钢壁下沉完成前无明显沉淀。

4.7.3 沉管钢壁由内外层钢壁板、壁板环向加劲、壁板竖向加劲、径向连接件以及基础主体钢筋组成，其制作应符合下列要求：

- 1 钢壁分节段制作，节段长度应根据场地、起吊设备、精度控制等现场条件综合制定，且应具有适当重力便于顺利下沉。
- 2 根键外钢套应提前安装在沉管钢壁上，钢套尺寸和位置应满足设计要求。
- 3 沉管内壁制作完成后，应按设计要求进行防腐处理。

4.7.4 沉管钢壁节段下沉时，可利用注水辅助下沉方法使钢壁自平衡下沉到位。下沉施工应符合下列规定：

- 1 下沉时应设置限位架控制钢壁垂直度。
- 2 首节钢壁应设置前导向，按设计中心位置下沉到位并临时固定，测量控制中心偏位、垂直度并调整到位。
- 3 其余钢壁节段下沉时，通过内钢壁的导向钢板，引导上下内钢壁位置重合，测量控制垂直度和中心偏位。
- 4 内钢壁采用对接焊接，竖向钢筋及竖向加劲杆采用搭接焊接，外钢壁宜采用外包钢板的形式搭接焊接。
- 5 首节钢壁下沉浮力大于重力情况时，可采用先浇筑刃脚混凝土的方法增加自重克服下沉浮力。

4.7.5 沉管混凝土浇筑除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 中关于钻孔灌注桩的规定外，尚应符合以下规定：

- 1 应根据根键位置及管壁尺寸布设混凝土导管，并设置钢筋圈限制导管偏移，避免挂擦钢构件的情况。
- 2 应采用多导管同步下料的方法灌注混凝土，各导管灌注的混凝土表面高差不宜大于 0.3m。

4.7.6 沉管封底及外侧壁回填施工应符合下列规定：

1 沉管钢壁下沉安装完成清孔后，再进行封底混凝土灌注，封底混凝土浇筑前，应将钢壁与钢护筒进行连接，防止钢壁在浇筑混凝土时发生上浮现象。

2 导管数量及分布应充分考虑混凝土流动性和导管埋深，保证封底混凝土表面平整。

3 在封底混凝土灌注完成后进行侧壁碎石回填，宜采用间断级配的碎石作为填充料，利用碎石间的空隙作为后续压浆流通通道，碎石粒径宜控制在 10~50mm。

4.7.7 沉管外壁压浆施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 中关于桩底后压浆的规定外，尚应符合下列规定：

1 采用自下而上分层压浆的方法。

2 必须采用分层压浆量和压力双指标控制，压浆量计算需考虑钻孔扩孔系数、碎石回填量和碎石间孔隙率。

4.7.8 根键顶进完成后，焊接封板，采用常规压浆工艺，以压力控制为主，出浆浓度控制为辅的方式进行根键压浆施工。

4.8 根式沉井基础

4.8.1 根式沉井基础施工流程：沉井立模与制作、沉井接高下沉、封底、根键顶进、内衬浇筑。

4.8.2 沉井制作运输应满足规范要求，节段预制时应设计要求预埋根键外钢套、测试元件。

4.8.3 根式沉井基础可利用自重下沉，并应按照下沉的不同工况进行必要的验算。土与井壁间的摩阻力标准值应根据实践经验或实测资料确定，当缺乏上述资料时，可根据土的性质、施工措施，按表 4.8.3 选用。

表 4.8.3 井壁与土体间的摩阻力标准值

土的名称	摩阻力标准值(kPa)	土的名称	摩阻力标准值(kPa)
黏性土	25~50	砾石	15~20
砂性土	12~25	软土	10~12
卵石	15~30	泥浆套	3~5

4.8.4 必要时可采用高压射水、抽水助沉、压重助沉、炮振助沉、空气幕等辅助下沉措施。

4.8.5 沉井井壁后浇混凝土应符合下列要求：

1 根键顶进完成后进行沉井内壁凿毛，要求露出新鲜粗骨料。

2 沉井内壁凿毛完毕，按设计要求安装钢筋网片。

3 制作模板的刚度、强度、各种尺寸加工误差满足《组合钢模技术规范》、《公路桥涵施工技术规范》(JTG TF50-2011)。

4 模板宜由专业钢结构加工厂家制作，经验收合格后运至现场进行安装，安装允许偏差满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG TF50-2011)要求。

5 内壁后浇段混凝土浇筑、振捣满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG TF50-2011)要求。

5 质量检验与评定

5.1 一般规定

5.1.1 根式基础的质量检验主要包括成孔及清孔、预制件制作及安放、混凝土拌制及浇筑三个方面的质量检查。

5.1.2 根式基础施工应分阶段进行质量检验并填写检查记录。

5.1.3 根式基础的质量检查标准除符合本章规定外,还应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 有关章节的规定。

5.2 质量检验标准

I 根式钻孔灌注桩基础

5.2.1 基本要求

1 桩身混凝土所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格必须符合有关规范的要求,按规定的配合比施工。

2 成孔后必须清孔,测量孔径、孔深、孔位和沉淀层厚度,确认满足设计或施工技术规范要求后,方可灌注水下混凝土。

3 钢筋笼的材质、尺寸应符合设计要求,分段制作的钢筋笼,其接头宜采用焊接或机械式接头,并应遵守国家现行标准的规定,根键预留孔位置应满足设计要求。

4 搬运和吊装钢筋笼时,应防止变形,安放应对准孔位,避免碰撞孔壁和自由落下,就位后应立即固定。

5 根键混凝土强度满足设计要求后方可进行顶进施工。

6 完成根键顶进后,再次清孔,沉淀厚度应符合设计或施工技术规范要求后,方可进行混凝土浇筑。

7 钢筋笼不得上浮,嵌入承台内的锚固钢筋不得低于设计规范规定的最小锚固长度要求。

8 水下混凝土应连续灌注,严禁有夹层和断桩。

9 凿除桩头预留混凝土后,桩顶应无残余的松散混凝土。

10 钻孔施工中不得搅动桩底、桩侧的基岩和土层,相邻两孔不得同时钻孔或浇筑混凝土,以免搅动孔壁造成串孔或断桩。

11 应选择有代表性的桩用无破损法进行检测,重要工程或重要部位的桩宜逐根进行检测。设计有规定或对桩的质量有怀疑时,应采取钻取芯样法对桩进行检测。

5.2.2 实测项目应包括以下内容:

1 混凝土强度、桩身完整性、桩位、孔深、孔径、钻孔倾斜度、沉淀厚度应符合现行《公

路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 的有关规定。

2 钢筋笼制作、安装质量应满足表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 钢筋笼制作、安装质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差 (mm)	检查方法和频率	权值
1	钢筋笼尺寸	直径	±10	尺量, 每桩检查	1
		长度	±100	尺量, 每桩检查	
2	钢筋间距	主筋间距	±10	尺量, 每桩检查	1
		箍筋间距	±20	尺量, 每桩检查	
3	钢筋骨架底面高程		±50	水准仪测骨架顶面高程后反算: 每桩检查	1
4	钢筋骨架垂直度		1%	吊线尺量, 每桩检查	1
5	根键预留孔洞位置	竖向	±15	尺量, 每桩检查	1
		环向	±15	尺量, 每桩检查	1

3 根键的预制与顶进质量应满足表 5.2.2-2 的要求。

表 5.2.2-2 根键预制与顶进质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 检查	3
2	根键截面尺寸 (mm)	±5	尺量	1
3	根键顶进长度偏差 (mm)	±10	设备行程	1

5.2.3 外观鉴定

- 1 桩的质量有缺陷, 但经设计单位确认仍可用时, 应减 3 分。
- 2 桩顶面应平整, 桩柱连接处应平顺且无局部修补, 不符合要求时减 1~3 分。

II 根式钻孔空心桩基础

5.2.4 基本要求

- 1 钢筋、水泥、砂、石、外掺剂、混合料等原材料的质量和必须要求必须符合有关规范的规定, 经检验合格后方可进场。
- 2 混凝土按规定的配合比施工。
- 3 成孔后必须清孔, 测量孔径、孔深、孔位和沉淀层厚度, 确认满足设计或施工技术规范要求后, 方可继续施工。
- 4 管壁混凝土灌注前, 须对管壁区域再次进行清孔, 确认沉淀层厚度满足设计或施工技术规范后, 方可灌注混凝土。
- 5 模板及支架的原材料质量、结构构造与刚度应符合施工工艺设计要求。
- 6 模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂。模板安装必须稳固牢靠, 接缝严密, 不得漏浆。浇筑混凝土前, 应将积水和杂物清理干净。
- 7 水下混凝土应连续灌注, 严禁有夹层和断桩。

8 根键顶进前应确认根键预留孔平面、竖向位置，并进行标识，待混凝土强度满足设计要求后方可进行顶进施工。

9 每一层根键顶进完成后，应测量根键外露尺寸，满足要求后方可开展下一层根键顶进施工。

10 钢筋笼不得上浮，嵌入承台内的锚固钢筋不得低于设计规范规定的最小锚固长度要求。

11 钢筋笼根键处预留位置准确，满足设计要求。

12 钻孔施工中不得搅动桩底、桩侧的基岩和土层，相邻两孔不得同时钻孔或浇筑混凝土，以免搅动孔壁造成串孔或断桩。

13 凿除桩头混凝土后必须露出新鲜混凝土，无残余的松散混凝土。

14 空心桩壁厚不应小于设计值。

5.2.5 实测项目

1 混凝土强度、成孔质量、管壁质量应符合现行《公路桥涵施工技术规范》、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》的有关规定。

2 钢筋笼应符合表 5.2.5-1 的要求。

表 5.2.5-1 根式钻孔空心桩基础钢筋笼质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1	钢筋笼尺寸	直径 (mm)	±10	尺量，每桩检查	1
		长度 (mm)	±100	尺量，每桩检查	1
2	钢筋间距	主筋间距 (mm)	±10	尺量，每桩检查	1
		箍筋间距 (mm)	±20	尺量，每桩检查	1
3	钢筋骨架底面高程		±50	水准仪测骨架顶面高程后反算：每桩检查	1
4	钢筋骨架垂直度		1%	吊线尺量，每桩检查	1
5	根键预留孔洞位置	竖向 (mm)	±15	尺量，每桩检查	2
		环向 (mm)	±15	尺量，每桩检查	2

3 根键的预制与顶进质量应满足表 5.2.5-2 的要求。

表 5.2.5-2 根键预制与顶进质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度(MPa)		在合格标准内	按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 检查	3
2	根键截面尺寸 (mm)		±5	尺量	1
3	根键钢套尺寸	横向 (mm)	±5	尺量，每个测点 4 处	2
		竖向 (mm)	±5		2
4	钢筋安装	主筋间距 (mm)	±5	尺量：检查 2 个断面	1
		箍筋间距 (mm)	±20	尺量：检查 5~10 个间距	
		保护层厚度 (mm)	±5	尺量：沿模板周边检查 8 处	
5	根键顶进后外露长度偏差 (mm)		±10	设备行程，结合线锤探测	1

III 根式钻孔沉管基础

5.2.6 基本要求

- 1 钢材、钢筋、水泥、砂、石、外掺剂、混合料等原材料的质量和必须要求必须符合有关规范的规定，经检验合格后方可进场。
- 2 钢壁所采用的钢材应符合设计要求，除必须具有生产厂家的出厂质量证明书外，还必须按照标准进行抽查复验，钢材的化学成份及机械性能应符合相关标准，并做好复验检查记录。
- 3 油漆进场后，将样品送到具有检测资质的产品质量监督检测部门进行检测，油漆的检测指标必须符合相关要求。
- 4 喷砂除锈磨料的清洁、干燥程度必须符合相关要求。
- 5 钢壁结构必须符合施工工艺设计要求，焊接材料应符合设计及相关规范要求，焊接材料应与焊接母材及焊接方法匹配，焊接材料应有出厂合格证。
- 6 钢壁应按设计要求优先选择在工厂制作，应按工地吊装、移运能力进行分节、分块，拼焊时应按预先安排的顺序对称进行。
- 7 混凝土应按规定配合比施工。
- 8 应按规范、设计要求对焊缝进行检测，检验合格后方可涂装。
- 9 涂装前钢材应处于干燥状态，表面不得有可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。涂装不得出现涂层脱落、鼓泡或发花以及局部无覆盖层等现象。
- 10 混凝土不得出现空洞、露筋现象。封底混凝土必须按水下混凝土的操作规程一次浇筑完成，不得出现空洞和渗漏水。
- 11 每一层根键顶进完成后，应测量根键外露尺寸，满足要求后方可开展下一层根键顶进施工。

5.2.7 实测项目应包括以下内容：

- 1 沉管钢壁制作、安装、涂装质量应分别符合表 5.2.7-1、5.2.7-2、5.2.7-3 的规定。

表 5.2.7-1 钢壁制作质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值	
1Δ	钢壁尺寸	内直径 (mm)	±20	尺量：每节顶底口各检查 4 处	3
		外直径 (mm)	±30		
2Δ	内外钢壁间距 (mm)	±15	尺量：每节顶底口各检查 4 处	2	
3	倾斜度 (mm)	<1%桩长	垂直度尺或吊线：每节检查 4 处	2	
4Δ	根键外钢套安装位置	平面 (mm)	±20	尺量：根键外钢套两端各 1 处	3
		高程 (mm)	±20		
		平整度 (mm)	±10	尺量：根键外钢套两端各 1 处	
5	外钢套截面尺寸 (mm)	±5	尺量，测 4 点	1	
6	钢筋安装	主筋间距 (mm)	±10	尺量：每节 5 处	1
		环向、径向钢筋间距 (mm)	±10		
		保护层厚度 (mm)	±5		
7Δ	焊缝质量	符合设计要求	根据规范检查	3	

表 5.2.7-2 钢壁安装质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	中心偏位	横桥向 (mm)	20	全站仪或经纬仪: 测钢壁两轴线交点	2
		纵桥向 (mm)	20		
2Δ	倾斜度	横桥向 (mm)	<1%桩长	吊垂线: 检查两轴线 1~2 处	2
		纵桥向 (mm)			
3	顺直度 (mm)		20	尺量: 一周测 4 处	1
4	沉井刃脚高程 (mm)		符合设计要求	水准仪: 测 4~8 处顶面高程反算	1

表 5.2.7-3 钢壁涂装质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1	除锈清洁度	清洁度 Sa2.5 级	对照比目板: 抽查构件总数 10%	1
2	粗糙度 (μm)	RZ30-70	粗糙度仪: 每节查 6 点, 取平均值	1
3Δ	总干膜厚度 (μm)	符合设计要求	涂层测厚仪: 抽查 10%, 每构件测 5 处, 每处 3 点取平均值	2
4	附着力	符合设计要求	划格或拉力试验: 按规范比例检测	1

2 沉管成孔应分别符合表 5.2.7-4 的规定。

表 5.2.7-4 沉管成孔施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	孔位中心位置 (mm)	50	全站仪或经纬仪, 每孔检查	2
2Δ	孔径 (mm)	不小于设计	测孔仪: 每孔检查	2
3Δ	孔深 (m)	不小于设计	测绳量: 每孔测量	2
4	倾斜度 (mm)	≤1%桩长	测孔仪: 每孔检查	1

3 沉管管身、封底、封顶施工质量应分别符合表 5.2.7-5、5.2.7-6、5.2.7-7 的规定。

表 5.2.7-5 沉管管身施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG F80/1-2004 附录 D 检查	3
2Δ	中心偏位	横桥向 (mm)	全站仪或经纬仪: 测管身两轴线交点	2
		纵桥向 (mm)		
3	倾斜度	横桥向 (mm)	吊垂线: 检查两轴线 1~2 处	1
		纵桥向 (mm)		
4Δ	井壁厚度 (mm)	±15	尺量: 顶口沿周边量 4 点	2
5	平面尺寸	外壁直径 (mm)	尺量: 顶口沿周边量 4 点	1
		内壁直径 (mm)		
6	顶面高程 (mm)	±50	水准仪: 5 处	1

表 5.2.7-6 沉管封底施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG F80/1-2004 附录 D 检查	2
2Δ	基底高程 (mm)	0, -100	测绳和水准仪: 5~9 处	2
3Δ	顶面高程 (mm)	±50	水准仪: 5 处	2
4	沉淀厚度 (mm)	≤100	沉淀盒或标准测锤: 每孔检查	1

表 5.2.7-7 沉管封顶施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度 (MPa)		符合设计要求	按 JTG F80/1-2004 附录 D 检查	2
2	中心偏位 (mm)		20	全站仪或经纬仪: 纵、横各测量 2 点	1
3	断面尺寸 (mm)		±30	尺量: 检查 1~2 个断面	1
4	顶面高程 (mm)		±50	水准仪: 5 处	1
5	预埋件位置 (mm)		符合设计要求	尺量: 每件	1
6	钢筋 安装	主筋间距 (mm)	±5	尺量: 每构件检查 2 个断面	1
		箍筋 (mm)	±20	尺量, 每构件检查 5~10 个间距	
		保护层厚度 (mm)	±5	尺量: 每构件沿模板周边检查 8 处	

4 管壁周围回填及压浆施工质量应符合表 5.2.7-8 的规定。

表 5.2.7-8 管壁周围回填及压浆施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	压浆强度 (MPa)	符合设计要求	按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 检查	2
2	压浆压力 (MPa)	不低于压浆管底口静水压力	压力表: 每根	1
3	压浆量	按碎、砾石空隙率计算压浆量	称量: 每根	1
4	回填碎、砾石粒径 (mm)	10~50	尺量: 每批	1

5 根键预制、顶进施工质量应符合表 5.2.7-9、5.2.7-10 的规定。

表 5.2.7-9 根键预制质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1Δ	混凝土强度 (MPa)		符合设计要求	按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 检查	3
2Δ	根键内套尺寸	横向 (mm)	±5	尺量: 每个测 4 处	2
		竖向 (mm)	±5		
3	内外套匹配性		匹配	试套: 每根	1
4	构件焊接质量		满足设计要求	按规范检查	1
5	钢筋安装	主筋间距 (mm)	±5	尺量: 检查 2 个断面	1
		箍筋 (mm)	±20	尺量: 检查 5~10 个间距	
		保护层厚度 (mm)	±5	尺量: 沿模板周边检查 8 处	
6	根键截面尺寸 (mm)		±5	尺量	1

表 5.2.7-10 根键顶进质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1	压浆强度 (MPa)	符合设计要求	按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 检查	2
2	根键顶进完毕外露长度偏差 (mm)	±10	尺量: 每根	1
3	止水效果	不渗漏	目测: 每根	2

5.2.8 外观鉴定

- 1 钢筋表面有铁锈、钢壁焊缝的焊渣未清除的, 应减 1~3 分。
- 2 钢壁整体外观应顺直、涂层表面应均匀一致, 不符合要求时减 1~3 分。

3 钢壁、根键外钢套焊缝外观质量应饱满，外形均匀、无气孔、无裂纹，不得有未溶合、夹渣、未填满弧坑和焊瘤等缺陷，不符合要求时减 0.5~2 分。

4 涂层表面应均匀一致，无流挂、脱落、皱纹，无气泡、针孔、裂纹、漏涂等缺陷，不符合要求时，每处减 0.5~1 分。

5 管身混凝土的质量有局部缺陷时，经设计、检测单位确认仍可使用，应减 3 分。

IV 根式沉井基础

5.2.9 基本要求

1 水泥、砂、石、外掺剂、混合料等原材料的质量和必须要求符合有关规范的规定，经检验合格后方可进场，混凝土按规定的配合比施工。

2 根键内、外钢套强度和刚度应符合设计及施工工艺要求，防止钢筋焊接和混凝土浇筑过程中变形。钢筋笼制作过程中，按设计要求预埋根键外钢套。

3 预制根键应进行湿润养生，达到吊装强度后编号，吊至存放场地分层堆放，堆放高度应满足地基承载力要求。

4 根键顶进施工平台强度和刚度应满足根键顶进过程中的受力要求。

5 沉井下沉应在井壁混凝土达到规定强度后进行。浮式沉井在下水、浮运前，应进行水密性试验。

6 沉井接高时，各节的竖向中轴线应与第一节竖向中轴线相重合。接高前应纠正沉井的倾斜。

7 封底前应检查基底，确认符合设计要求。

8 下沉过程中出现开裂，必须查明原因并处理后，方可继续下沉。

9 应有完整、准确的下沉施工记录。

5.2.10 实测项目

1 沉井井身混凝土、封底、顶盖等基础主体结构施工质量除应符合表 5.2.10-1 的规定，尚应符合现行《公路桥涵施工技术规范》、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》的有关规定。

表 5.2.10-1 根式沉井基础制作质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
1	各节沉井混凝土强度(MPa)		在合格标准内	按 JTG 071-98 附录 D 检查	3
2	沉井平面尺寸 (mm)	长、宽	$\pm 0.5\%$ ，大于 24m 时 ± 120	尺量，测 4 处	2
		半径	$\pm 0.5\%$ ，大于 12m 时 ± 60		
3	井壁厚度(mm)	混凝土	+40, -30	尺量，沿周边测 4 点	2
		钢筋混凝土	± 15		
4	沉井刃脚高程(mm)		符合图纸规定	水准仪检查，测 4 点	2
5	顶、底面中心偏位(纵、横向)(mm)		1/50 井高	用经纬仪或全站仪检查，纵横各 1 点	1

6	沉井最大倾斜度(纵、横方向)(mm)		1/50 井高	吊垂线检查, 纵横向各 1 点	1
7	平面扭转角(°)		1	吊垂线检查, 垂直两个方向	1
项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值	项次
8	外钢套安装	平、竖向位置 (mm)	±20	尺量, 测 4 点	1
		径向角度 (°)	±1	全站仪检查	
9	外钢套截面尺寸 (mm)		±5	尺量, 测 4 点	1

2 根键施工质量应符合本规程第 5.2.7 条表 5.2.7-9、表 5.2.7-10 的规定。

3 井壁周围回填及压浆施工质量应符合本规程第 5.2.7 条表 5.2.7-8 的的规定。

5.2.11 外观鉴定

1 井壁的表面要平滑而不外凸, 且不得向外倾斜, 不符合要求时减 1~3 分。

2 封底混凝土顶面应保持平整, 不符合要求时减 1~3 分。

3 接高时施工缝应清除浮浆和凿毛, 不符合要求时减 1~3 分。

5.3 质量评定

5.3.1 根式基础质量检验内容包括基本要求、实测项目、外观鉴定和质量保证资料四个部分。只有在其使用的原材料、半成品、成品及施工工艺符合基本要求的規定, 且无严重外观缺陷和质量保证资料真实并基本齐全时, 才能进行检验评定。

5.3.2 实测项目采用现场抽样方法, 按照规定频率和下列计分方法对基础工程的施工质量直接进行检测计分。

$$\text{检查项目合格率 (\%)} = \frac{\text{检查合格的点 (组) 数}}{\text{该检查项目的全部检查点 (组) 数}} \quad (5.3.2-1)$$

$$\text{检查项目得分} = \text{检查项目合格率} \times 100 \quad (5.3.2-2)$$

5.3.3 根式基础质量检验评分按实测项目采用加权平均法计算。存在外观缺陷或资料不全时, 须予减分。

$$\text{根式基础分项工程得分} = \frac{\sum [\text{检查项目得分} \times \text{权值}]}{\sum \text{检查项目权值}} \quad (5.3.3-1)$$

$$\text{分项工程评分值} = \text{分项工程得分} - \text{外观缺陷减分} - \text{资料不全减分} \quad (5.3.3-2)$$

5.3.4 根式基础分项工程评分值不小于 75 分者为合格; 小于 75 分者为不合格; 机电工程、属于工厂加工制造的桥梁金属构件不小于 90 分者为合格, 小于 90 分者为不合格。

5.3.5 评定为不合格的分项工程, 经加固、补强或返工、调测, 满足设计要求后, 可以重新评定其质量等级, 但计算分部工程评分值时按其复评分值的 90% 计算。

附录 A 根式基础沉降计算

A.0.1 低载荷、小位移情况下，根式基础沉降计算可根据 Winkler 弹性地基梁模型，采用荷载传递法，假设基础沉降与土体反力呈线性关系，其计算图示见图 A.0.1。

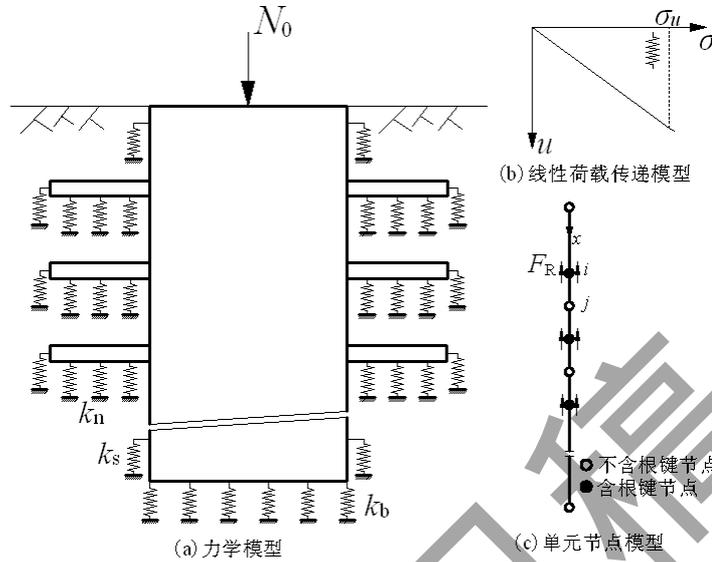


图 A.0.1 根式基础计算图示

A.0.2 根式基础相邻节点轴力与竖向位移的关系可表示为：

$$\begin{Bmatrix} u_j \\ N_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{ij} & B_{ij} \\ C_{ij} & D_{ij} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ N_i \end{Bmatrix} \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$A_{ij} = \frac{1}{2} (e^{\lambda_1 \Delta x} + e^{-\lambda_1 \Delta x}) \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$B_{ij} = -\frac{\lambda_2}{2\lambda_1} (e^{\lambda_1 \Delta x} - e^{-\lambda_1 \Delta x}) \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$C_{ij} = -\frac{\lambda_1}{2\lambda_2} (e^{\lambda_1 \Delta x} - e^{-\lambda_1 \Delta x}) - \frac{k_g}{2} (e^{\lambda_1 \Delta x} + e^{-\lambda_1 \Delta x}) \quad (\text{A.0.2-4})$$

$$D_{ij} = \frac{1}{2} (e^{\lambda_1 \Delta x} + e^{-\lambda_1 \Delta x}) - \frac{\lambda_2 k_g}{2\lambda_1} (e^{\lambda_1 \Delta x} - e^{-\lambda_1 \Delta x}) \quad (\text{A.0.2-5})$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{4Dk_s}{E(D^2 - d^2)}} \quad (\text{A.0.2-6})$$

$$\lambda_2 = \frac{4}{\pi E(D^2 - d^2)} \quad (\text{A.0.2-7})$$

$$k_g = \eta_g m_g (k_n b_g l_g + 2K_0 k_s l_g h_g) \quad (\text{A.0.2-8})$$

式中： u_i 、 u_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构竖向位移；

N_i 、 N_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构轴力；

d ——基础主体结构内直径(m);

k_g ——相应土层对根键的总刚度;

k_n ——相应土层对根键的法向刚度;

k_s ——相应土层对根键的切向刚度;

K_0 ——相应土层侧压系数。

若基础顶部沉降与竖向荷载为 u_0 、 N_0 ，基础底部沉降与竖向荷载为 u_n 、 N_n ，则 u_0 、 N_0 与 u_n 、 N_n 的关系式可通过(A.0.2-1)式建立。其中， u_n 与 N_n 关系为:

$$N_n = \frac{\pi D^2}{4} k_n u_n \quad (\text{A.0.2-9})$$

联立式(A.0.2-1)、(A.0.2-9)便可求得基础顶部沉降 u_0 及轴力分布。

A.0.3 当基础顶部的竖向载荷较大，土体产生塑形变形的情况下，应对基础进行非线性计算，基础与土体采用非线性弹簧连接。

附录 B 根键水平承载力计算

B.0.1 根键水平承载力由与水平荷载方向一致、斜交和垂直三类根键（图 B.0.1）的水平承载力按下式计算：

$$R_{hg} = R_{hg1} + R_{hg2} + R_{hg3} \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中： R_{hg1} —— 第一类根键的水平承载力；

R_{hg2} —— 第二类根键的水平承载力；

R_{hg3} —— 第三类根键的水平承载力。

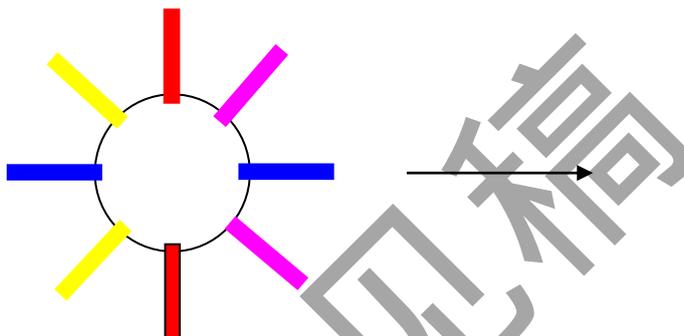


图 B.0.1-1 根键位置与作用力的几何关系

1 第一类根键，即与水平荷载方向一致的根键，其水平承载力主要来自于根键的抗弯力（图 B.0.1）。根键水平承载力计算公式为：

$$R_{hg1} = Er \frac{\theta}{0.95 + 1552\theta} \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$\theta = \frac{\delta}{L} \quad (\text{B.0.1-3})$$

式中： δ —— 根式基础顶部水平位移，可取单桩水平承载力特征值 R_{ha} 荷载工况下，不考虑根键效应时桩顶位移；

E —— 土体的弹性模量；

L —— 位移零点距离桩顶的距离。对于弹性桩，为桩位第一个位移零点距离距离桩顶的距离；对于刚性桩， L 为桩身旋转中心距离桩顶的距离。可取单桩水平承载力特征值 R_{ha} 荷载工况下，不考虑根键效应时位移零点位置。

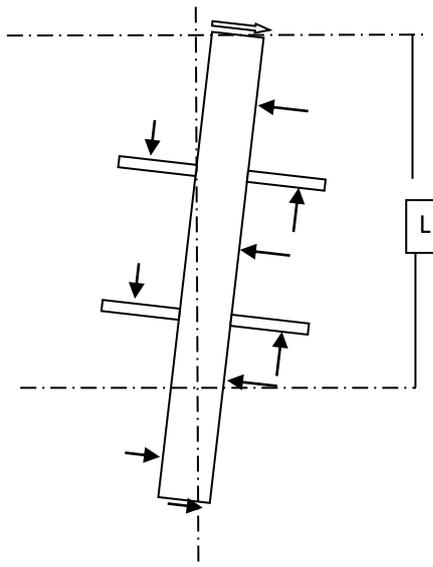


图 B.0.1-2 第一类根键抗弯示意图

2 第二类根键，即与水平荷载方向斜交的根键，根键的水平承载力既有迎面或背面的压力，又有抗弯力 (B.0.1-3)。根键水平承载力可按下式计算：

$$R_{hg2} = Er \left((L + R) \sin(\phi) - R \right) \frac{\frac{\delta}{r}}{1.8 + 63 \frac{\delta}{r}} \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中： R ——基础主体结构半径；

ϕ ——根键与水平荷载的夹角。

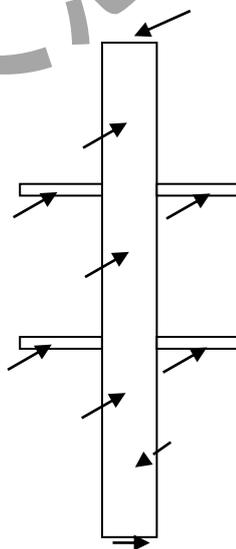


图 B.0.1-3 第二类根键抗水平力示意图

3 第三类根键,即根键轴线与水平荷载方向垂直,水平承载力主要来源于迎面的土抗力。根键迎面的土抗力按下式计算：

$$R_{hg3} = ErL \frac{\frac{\delta}{r}}{c_3 + c_4 \frac{\delta}{r}} \quad (\text{B.0.1-5})$$

式中： c_3 、 c_4 ——常数，取值分别为 1.8 和 63。

征求意见稿

附录 C 根式基础水平位移计算

C.0.1 弹性根式基础水平受力计算图示见图 C.0.1，基础主体结构位移与变形可根据 m 法求得。

1 无根键的相邻节点水平位移、基础主体结构转角、弯矩、剪力的传递关系按式(C.0.1-1)确定。

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \alpha y_{i+1} \\ \theta_{i+1} \\ M_{i+1} \\ \frac{\alpha EI}{\alpha^2 EI} Q_{i+1} \end{array} \right\} &= \begin{bmatrix} A_1(x_{i+1} - x_{i'}) & B_1(x_{i+1} - x_{i'}) & C_1(x_{i+1} - x_{i'}) & D_1(x_{i+1} - x_{i'}) \\ A_2(x_{i+1} - x_{i'}) & B_2(x_{i+1} - x_{i'}) & C_2(x_{i+1} - x_{i'}) & D_2(x_{i+1} - x_{i'}) \\ A_3(x_{i+1} - x_{i'}) & B_3(x_{i+1} - x_{i'}) & C_3(x_{i+1} - x_{i'}) & D_3(x_{i+1} - x_{i'}) \\ A_4(x_{i+1} - x_{i'}) & B_4(x_{i+1} - x_{i'}) & C_4(x_{i+1} - x_{i'}) & D_4(x_{i+1} - x_{i'}) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} A_1(x_i - x_{i'}) & B_1(x_i - x_{i'}) & C_1(x_i - x_{i'}) & D_1(x_i - x_{i'}) \\ A_2(x_i - x_{i'}) & B_2(x_i - x_{i'}) & C_2(x_i - x_{i'}) & D_2(x_i - x_{i'}) \\ A_3(x_i - x_{i'}) & B_3(x_i - x_{i'}) & C_3(x_i - x_{i'}) & D_3(x_i - x_{i'}) \\ A_4(x_i - x_{i'}) & B_4(x_i - x_{i'}) & C_4(x_i - x_{i'}) & D_4(x_i - x_{i'}) \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{array}{l} \alpha y_i \\ \theta_i \\ M_i \\ \frac{\alpha EI}{\alpha^2 EI} Q_i \end{array} \right\} \\ &= \begin{bmatrix} A'_1 & B'_1 & C'_1 & D'_1 \\ A'_2 & B'_2 & C'_2 & D'_2 \\ A'_3 & B'_3 & C'_3 & D'_3 \\ A'_4 & B'_4 & C'_4 & D'_4 \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{l} \alpha y_i \\ \theta_i \\ M_i \\ \frac{\alpha EI}{\alpha^2 EI} Q_i \end{array} \right\} \end{aligned} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\alpha = \left(\frac{mB}{EI} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$B = \begin{cases} 0.9 \cdot (1.5 \cdot D + 0.5) & D \leq 1\text{m} \\ 0.9 \cdot (D + 1) & D > 1\text{m} \end{cases} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$A_1(x) = 1 - \frac{1}{5!}(\alpha x)^5 + \frac{6 \times 1}{10!}(\alpha x)^{10} - \frac{11 \times 6 \times 1}{15!}(\alpha x)^{15} + \dots \quad (\text{C.0.1-4})$$

$$B_1(x) = \alpha x - \frac{2}{6!}(\alpha x)^6 + \frac{7 \times 2}{11!}(\alpha x)^{11} - \frac{12 \times 7 \times 2}{16!}(\alpha x)^{16} + \dots \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$C_1(x) = \frac{1}{2!}(\alpha x)^2 - \frac{3}{7!}(\alpha x)^7 + \frac{8 \times 3}{12!}(\alpha x)^{12} - \frac{13 \times 8 \times 3}{17!}(\alpha x)^{17} + \dots \quad (\text{C.0.1-6})$$

$$D_1(x) = \frac{1}{3!}(\alpha x)^3 - \frac{4}{8!}(\alpha x)^8 + \frac{9 \times 4}{13!}(\alpha x)^{13} - \frac{14 \times 9 \times 4}{18!}(\alpha x)^{18} + \dots \quad (\text{C.0.1-7})$$

$$A_2(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dA_1}{dx} = -\frac{1}{4!}(\alpha x)^4 + \frac{6 \times 1}{9!}(\alpha x)^9 - \frac{11 \times 6 \times 1}{14!}(\alpha x)^{14} + \dots \quad (\text{C.0.1-8})$$

$$B_2(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dB_1}{dx} = 1 - \frac{2}{5!}(\alpha x)^5 + \frac{7 \times 2}{10!}(\alpha x)^{10} - \frac{12 \times 7 \times 2}{15!}(\alpha x)^{15} + \dots \quad (\text{C.0.1-9})$$

$$C_2(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dC_1}{dx} = \alpha x - \frac{3}{6!} (\alpha x)^6 + \frac{8 \times 3}{11!} (\alpha x)^{11} - \frac{13 \times 8 \times 3}{16!} (\alpha x)^{16} + \dots \quad (\text{C.0.1-10})$$

$$D_2(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dD_1}{dx} = \frac{1}{2!} (\alpha x)^2 - \frac{4}{7!} (\alpha x)^7 + \frac{9 \times 4}{12!} (\alpha x)^{12} - \frac{14 \times 9 \times 4}{17!} (\alpha x)^{17} + \dots \quad (\text{C.0.1-11})$$

$$A_3(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dA_2}{dx} = -\frac{1}{3!} (\alpha x)^3 + \frac{6 \times 1}{8!} (\alpha x)^8 - \frac{11 \times 6 \times 1}{13!} (\alpha x)^{13} + \dots \quad (\text{C.0.1-12})$$

$$B_3(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dB_2}{dx} = -\frac{2}{4!} (\alpha x)^4 + \frac{7 \times 2}{9!} (\alpha x)^9 - \frac{12 \times 7 \times 2}{14!} (\alpha x)^{14} + \dots \quad (\text{C.0.1-13})$$

$$C_3(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dC_2}{dx} = 1 - \frac{3}{5!} (\alpha x)^5 + \frac{8 \times 3}{10!} (\alpha x)^{10} - \frac{13 \times 8 \times 3}{15!} (\alpha x)^{15} + \dots \quad (\text{C.0.1-14})$$

$$D_3(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dD_2}{dx} = \alpha x - \frac{4}{6!} (\alpha x)^6 + \frac{9 \times 4}{11!} (\alpha x)^{11} - \frac{14 \times 9 \times 4}{16!} (\alpha x)^{16} + \dots \quad (\text{C.0.1-15})$$

$$A_4(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dA_3}{dx} = -\frac{1}{2!} (\alpha x)^2 + \frac{6 \times 1}{7!} (\alpha x)^7 - \frac{11 \times 6 \times 1}{12!} (\alpha x)^{12} + \dots \quad (\text{C.0.1-16})$$

$$B_4(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dB_3}{dx} = -\frac{2}{3!} (\alpha x)^3 + \frac{7 \times 2}{8!} (\alpha x)^8 - \frac{12 \times 7 \times 2}{13!} (\alpha x)^{13} + \dots \quad (\text{C.0.1-17})$$

$$C_4(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dC_3}{dx} = -\frac{3}{4!} (\alpha x)^4 + \frac{8 \times 3}{9!} (\alpha x)^9 - \frac{13 \times 8 \times 3}{14!} (\alpha x)^{14} + \dots \quad (\text{C.0.1-18})$$

$$D_4(x) = \frac{1}{\alpha} \frac{dD_3}{dx} = 1 - \frac{4}{5!} (\alpha x)^5 + \frac{9 \times 4}{10!} (\alpha x)^{10} - \frac{14 \times 9 \times 4}{15!} (\alpha x)^{15} + \dots \quad (\text{C.0.1-19})$$

式中： y_i 、 y_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构水平位移；

θ_i 、 θ_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构转角；

M_i 、 M_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构弯矩；

Q_i 、 Q_j ——第 i 、 j 层根键处基础主体结构剪力；

m ——基础主体结构外壁地基土水平抗力系数的比例系数，可按表 C.0.1 取值；

B ——圆形或圆端形截面的计算宽度；

D ——基础主体结构直径；

EI ——抗弯刚度。

表 C.0.1 非岩石类土的比例系数 m 值

土的名称	m 值(kN/m ⁴)	土的名称	m 值(kN/m ⁴)
流塑性黏土 $I_L > 1.0$ ，软塑黏性土 $1.0 \geq I_L > 0.75$ ，淤泥	3000 ~ 5000	坚硬，半坚硬黏性土 $I_L \leq 0$ ，粗砂，密实粉土	20000 ~ 30000
可塑性黏土 $0.75 \geq I_L > 0.25$ ，粉砂，稍密粉土	5000 ~ 10000	砾砂，角砾，圆砾，碎石，卵石	30000 ~ 80000
硬塑性黏土 $0.25 \geq I_L \geq 0$ ，细砂，中砂，中密粉土	10000 ~ 20000	密实卵石夹粗砂，密实漂，卵石	80000 ~ 120000

注：本表用于基础在地面处位移最大值不应超过 6mm 的情况，当位移较大时，应适当降低。

2 含根键相邻节点水平位移、基础主体结构转角、弯矩、剪力的传递关系按式(C.0.1-19)确定。

$$\begin{Bmatrix} \alpha y_{i+1} \\ \theta_{i+1} \\ \frac{M_{i+1}}{\alpha EI} \\ \frac{Q_{i+1}}{\alpha^2 EI} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A'_1 & B'_1 & C'_1 & D'_1 \\ A'_2 & B'_2 & C'_2 & D'_2 \\ A'_3 - \frac{A'_2 k_\theta}{EI} & B'_3 - \frac{B'_2 k_\theta}{EI} & C'_3 - \frac{C'_2 k_\theta}{EI} & D'_3 - \frac{D'_2 k_\theta}{EI} \\ A'_4 - \frac{A'_1 k_y}{EI} & B'_4 - \frac{B'_1 k_y}{EI} & C'_4 - \frac{C'_1 k_y}{EI} & D'_4 - \frac{D'_1 k_y}{EI} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha y_i \\ \theta_i \\ \frac{M_i}{\alpha EI} \\ \frac{Q_i}{\alpha^2 EI} \end{Bmatrix} \quad (\text{C.0.1-19})$$

式中： k_y ——单层根键产生的水平位移总刚度；

k_θ ——根键产生的转动刚度。

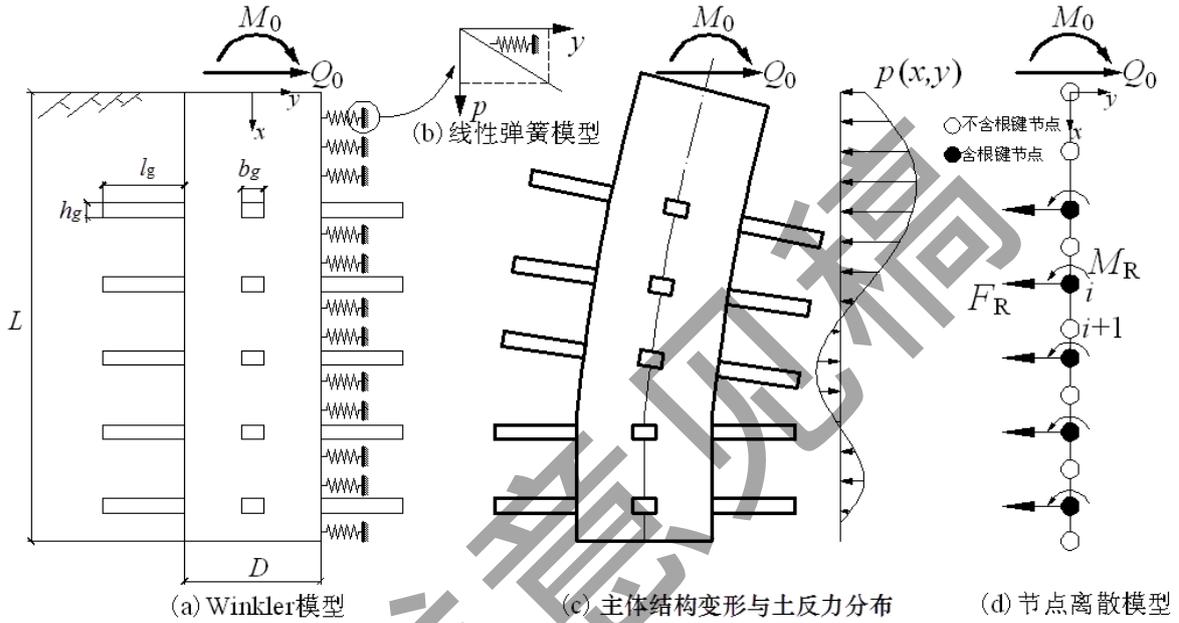


图 C.0.1 弹性基础水平受力计算图示

C.0.2 刚性根式基础承载力计算模型见图 C.0.2，相邻节点水平位移、基础主体结构转角、弯矩、剪力的传递关系按下式确定：

$$\begin{Bmatrix} y_{i+1} \\ \theta_{i+1} \\ M_{i+1} \\ Q_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{i+1} - x_i & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ A_1^{i+1 \leftarrow i} & B_1^{i+1 \leftarrow i} & 1 & x_{i+1} - x_i \\ A_2^{i+1 \leftarrow i} & B_2^{i+1 \leftarrow i} & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & x_i - x_i & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ A_1^{i \leftarrow i} & B_1^{i \leftarrow i} & 1 & x_i - x_i \\ A_2^{i \leftarrow i} & B_2^{i \leftarrow i} & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} - \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_\theta & 0 & 0 \\ k_y & k_y(x_j - x_i) & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_i \\ \theta_i \\ M_i \\ Q_i \end{Bmatrix} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$A_1^{i+1 \leftarrow i} = -\frac{Bm(x_{i+1} - x_i)^3}{6} \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$B_1^{i+1 \leftarrow i} = -\frac{Bm(x_{i+1} - x_i)^4}{12} \quad (\text{C.0.2-3})$$

$$A_2^{i+1 \leftarrow i} = -\frac{Bm(x_{i+1}-x_i)^2}{2} \quad (C.0.2-4)$$

$$B_2^{i+1 \leftarrow i} = -\frac{Bm(x_{i+1}-x_i)^3}{3} \quad (C.0.2-5)$$

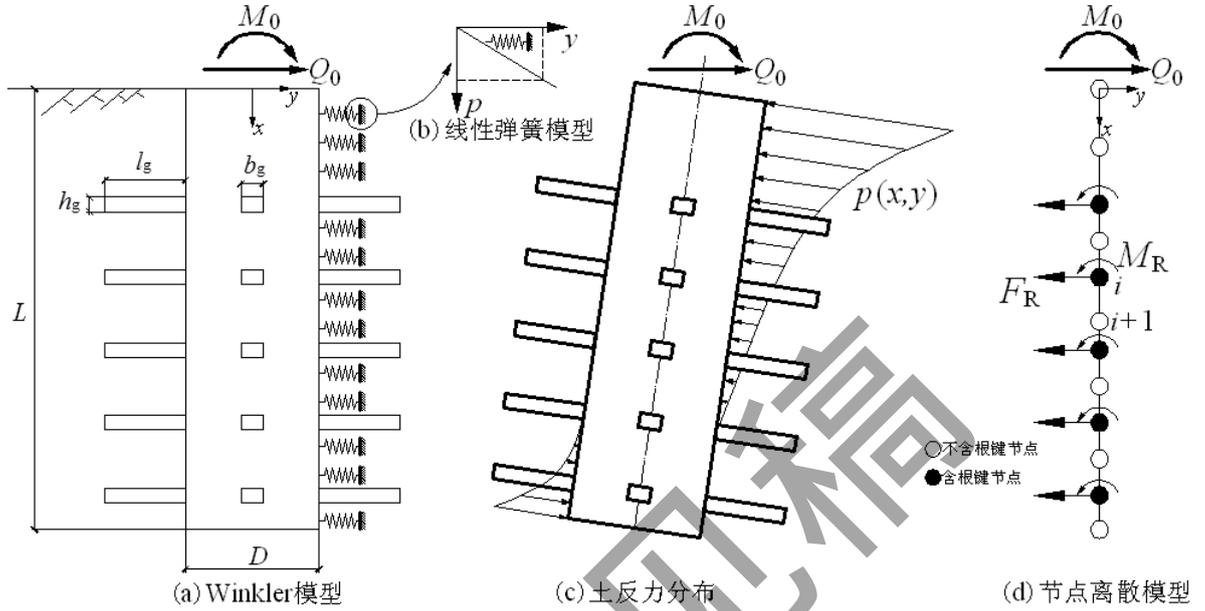


图 C.0.3 刚性根式基础水平承载力计算模型

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

2 标准中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。

征求意见稿

引用标准名录

下列文件中的条款通过本规程的引用而成为本规程的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规程，然而，鼓励根据本规程达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规程。

- | | |
|-----------|----------------------|
| JTG D60 | 公路桥涵设计通用规范 |
| JTG D62 | 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 |
| JTG D63 | 公路桥涵地基与基础设计规范 |
| JTG TF50 | 公路桥涵施工技术规范 |
| JTG F80/1 | 公路工程质量检验评定标准 |
| GB/T50214 | 组合钢模技术规范 |
| GB50205 | 钢结构工程施工质量验收规范 |

征求意见稿

附件

中国工程建设协会标准

根式基础技术规程

CSCE G XXX: 201X

条文说明

征求意见稿

制订说明

本规程制订过程中，编制组对根式基础的设计构造、施工工艺、质量检验评定进行了调查研究，总结了根式基础的实践经验，同时参考了有关国际标准和国外先进标准，并通过理论分析、数值仿真、静载试验等手段取得了根键层间距、根键锚固长度、承载力等重要技术参数，通过试桩、实体应用总结完善施工工艺。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《根式基础技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规定的参考。

征求意见稿

目次

1. 总则	41
2 术语与符号	43
3 设计	44
3.1 一般规定	44
3.2 根键构造	44
3.3 根式基础主体结构构造	46
3.4 承载力与位移计算	48
4 施工	50
4.1 一般规定	50
4.2 根键预制	50
4.3 根键顶进	50
4.4 止水工艺	51
4.5 根式钻孔灌注桩基础	52
4.6 根式钻孔空心桩基础	52
4.7 根式钻孔沉管基础	54
5 质量检验与评定	56
5.1 一般规定	56
5.2 质量检验标准	56
5.3 质量评定	56

1. 总则

1.0.1 根式基础是一种新的基础形式，采用专用顶进装置挤扩根键到基础周边土体中，利用土体对根键的握裹力，增大基础的稳定性和承载力，减轻结构自重，具有良好的经济性。为了能够规范根式设计、施工，统一检验标准，保证基础安全可靠性的同时，使根式基础更好的发挥效应，特制订本规程。

1.0.3 根式基础已经在深厚覆盖层地区、软土地区等弱性土层、弱岩性岩石地基中得到了应用，在多个工程中的实施，证明根式基础的优越性。在软弱土层地区，利用顶推根键的方式，可以充分调动周围土体的承载力，从而提高基础的承载力、减少沉降，进而缩短桩长或基础的规模。

1.0.4 根式基础直径不应小于 1.5m，根式钻孔灌注桩基础为实心截面，其他基础类型可根据承载力、施工条件等因素采用实心或者空心截面，如下图所示。

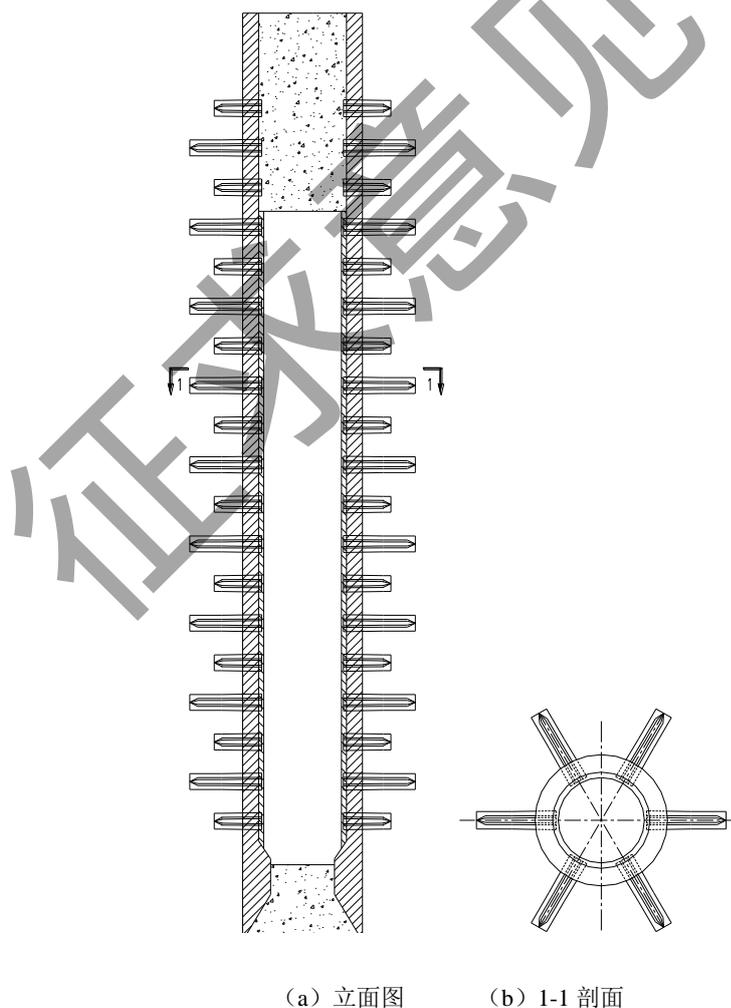


图 1-1 根式基础示意图

1.0.5 根式基础是以钻孔灌注桩基础、沉管基础、空心桩基础以及沉井基础为主体结构，通过水平

顶进根键形成的基础形式，本规程重点对根式基础的特点和技术要求进行规定，使用时在本规程未予以规定的部分应按照现行有关国家及行业标准执行。

征求意见稿

2 术语与符号

本章列出了本规程中出现的、比较生疏的术语。术语的解释只是术语的概括性含义，仅供引用时参考。

本章列出了本规程中的主要符号，一般按现行国家标准的规定采用；现行国家标准没有规定的，则采用行业标准或习惯采用的符号。符号的文字说明只是结合规程的内容所作的注解，一个符号也可能代表几个不同的含义。

征求意见稿

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 地质勘察的规定和要求应按国家、行业有关标准执行，重点查明根键及基底土层的类别、状态、厚度、平面分布和土体承载力特性，分析评价根式基础的适用性，对施工过程，尤其是根键顶推过程中可能遇到的问题和预防措施提出建议，提供勘察文件。

3.1.4 根式基础是一种新型基础形式，依据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63-2007)第5.2.6条的规定，当地质情况复杂，对于大桥、特大桥基础施工前宜采用静载荷试验确定单桩承载力，目的是为设计单位选定桩型、桩端持力层以及桩侧桩端阻力分布并确定基桩承载力提供依据，同时也为施工单位在新的地基条件下设定并调整施工工艺参数进行必要的验证。

3.2 根键构造

3.2.1 根键截面形式要有利于根键正面土抗力的发挥，同时还要方便根键的制作和顶推难度，工程中可选择十字形、矩形、梯形截面形式。大直径根式基础的根键宜采用变截面，末端加大渐变坡率，形成扩口，可加强止水效果。

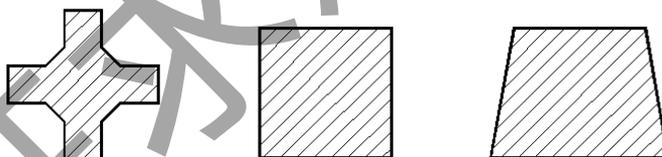


图 3-1 根键截面形式示意图

3.2.2 根式基础是在传统基础结构的基础上，通过顶推根键实现承载力的提高。为了方便设计和施工，避免产生差错，在同一基础中，尺寸、材料、构造不同的根键不宜采用。

3.2.3 根键截面尺寸和长度主要由地基承载力决定。根键长度还应考虑基础主体结构尺寸、顶进施工工艺的要求，即根键长度与施工顶进设备、辅助顶进装置长度和不应大于主体结构直径。可以在混凝土体积保持不变的情况下，调整抗弯、扭惯性矩，使根键尺寸得到优化。

3.2.4 根键间距较大时，各个根键独立工作，根键的应力叠加效应较弱，根键下的土体主要以压密变形为主，伴有少量的侧向剪切位移。根键间距较小时，各个根键应力叠加效应较大，根键间土体受到附加压应力的作用，产生较大的附加沉降，对于压缩性较高的土层局部根键的土体可能产

生拉裂隙，削弱根键与土体的摩阻力作用。因此，根键间距不宜太密，一方面减少根键引起的土层应力叠加，带动更多的土体一起受力，同时避免因土体挤密而使根键顶进困难及互相干扰宜合理布置根键。根键布置分为等角度的交错布置与非交错布置，如图 3-2 所示。图 3-2 (a) 是将奇数层与偶数层的根键交错布置，可减小重叠效应，提高土体对根键的整体承载力。

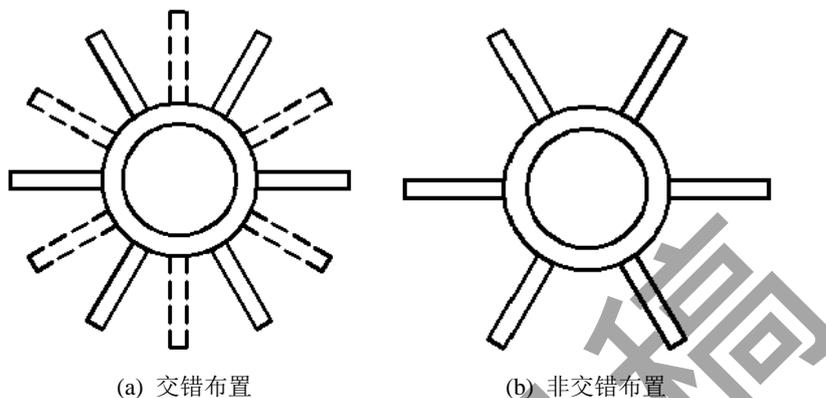


图 3-2 根键布置示意图

3.2.5 根键在土体中视为弹性地基梁，采用钢筋混凝土结构，应避免发生脆性破坏，同时在顶进过程中受周围土体和顶进设备的作用，要求混凝土强度等级不应低于基础主体结构。

3.2.6 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004) 第 9.1.2 条规定：受压构件和偏心受压构件最小配筋率为 0.5%，受弯构件一侧受拉钢筋配筋率不小于 0.2%。为保证根键能够承受顶推力而不受损，根据工程应用经验，本规程提高了纵向钢筋配筋率最小限值。

3.2.7 为了加强根键与基础主体结构的连接，本规程规定伸入基础主体结构的长度。根键嵌固深度计算图示如下图所示。根键在土压力作用下发生转动，对桩身混凝土产生压应力，压力呈三角形分布。根据已有试验资料，嵌固深度不小于 1 倍根键根部截面边长的情况下，根键与基础主体结构之间能够保证良好的整体性。

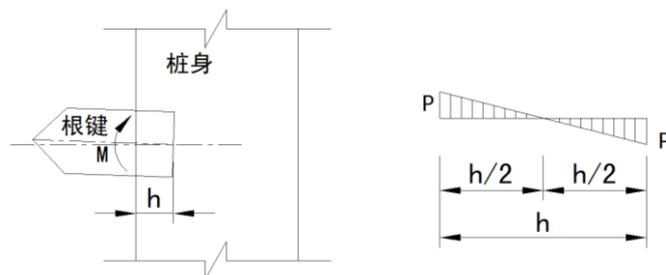


图 3-3 根键嵌入深度计算图示

3.2.8 1 为了使根键在土体中顺利顶进，根键端头宜采用楔形（图 3-4），根键尺寸较大时宜设置钢

刃刀（图 3-4）。一般而言，根键的材料组合应满足结构受力、工艺要求，末端可采用钢板、钢套进行局部加强。



图 3-4 矩形截面根键端头形式

3 根键长度大于 1.5m 时，为保证根键水平、平稳顶进，应增加限位构造。可采用图 3-5 所示限位构造，限位钢板与加劲钢板厚度不小于 14mm，钢板与钢筋焊接。

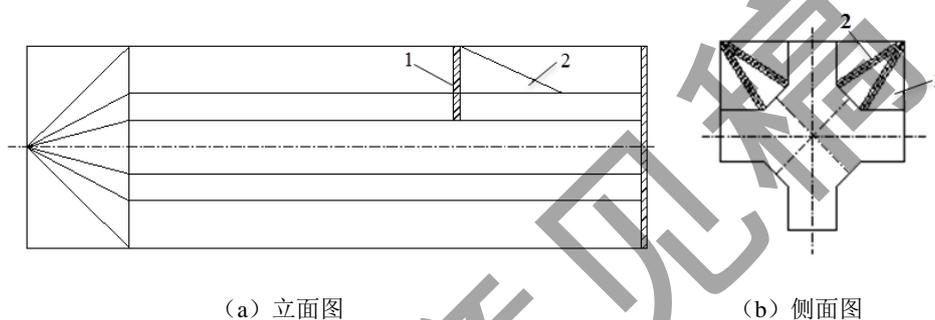


图 3-5 矩形截面根键端头形式

1-限位钢板；2-加劲钢板

3.3 根式基础主体结构构造

I 根式钻孔灌注桩基础

3.3.2 为防止根键对钢筋笼影响，根键应避开薄弱部位，并采取局部加强措施。

3.3.3 声测管是检验桩体混凝土浇筑质量的一种有效方法，宜采取措施保证牢固性，必要时还要采取防护措施，避免移位和损坏。

II 根式钻孔空心桩基础

3.3.4 根式钻孔空心桩基础管壁厚度在考虑承载需求外，还应考虑混凝土导管直径、钢筋净距、保护层厚度等要求，为此管壁厚度不宜小于 0.45m。

III 根式钻孔沉管基础

3.3.8 根式钻孔沉管基础为钢筋混凝土结合钢壁混凝土，截面一般为圆形，底部设成刃脚形式，中部为空心结构，顶部、底部为实心封端构造如下图所示。除满足受力要求外，沉管的布置和大小

应满足钻孔机具操作、根键施工顶进平台及吊装的需要。沉管孔大小应满足一根根键（非对称顶进）或一对根键（对称顶进）及根键顶进装置初始长度、顶进反力支垫等的长度要求。沉管高度由承载力计算确定，沉管顶部、底部封端厚度以受力计算确定。

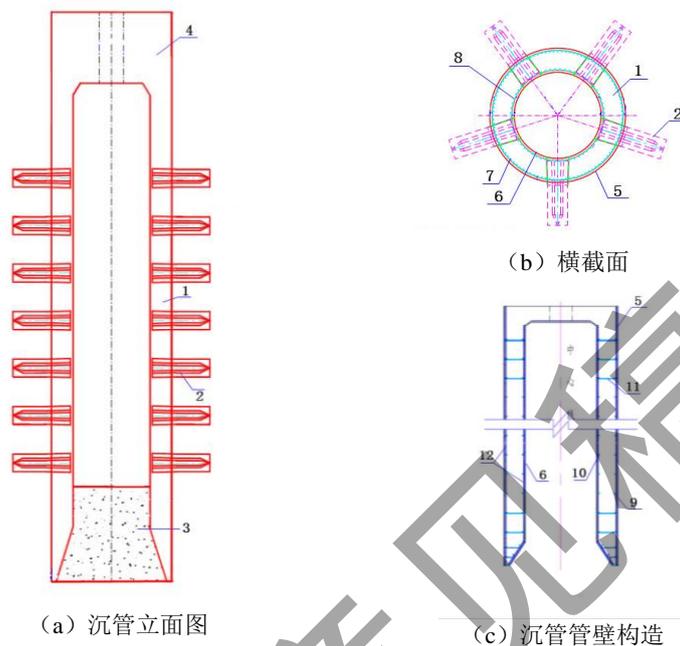


图 3-6 根式钻孔沉管基础构造示意图

1-管壁；2-根键；3-封底混凝土；4-顶盖；5-外层钢板；6-内层钢板；7-外层纵筋；8-内层纵筋；9-外层钢板环向加劲肋；10-内层钢板环向加劲肋；11-径向支撑；12-竖向加劲杆

3.3.10 沉管基础一般分节下沉一般设置首节段、标准节段、顶部节段。标准节段长度按根键层间距的倍数取值，首节段、顶部节段可与标准节段整体分节，首节段在水中施工或者下沉系数较小时，可视情况增加长度。在施工条件允许的情况下分节越长、分节数量越少越好，甚至可结合具体的施工方案不分节。

3.3.11 刃脚受力复杂集中，要有足够的强度和刚度，同时应以型钢加强，以免下沉时损坏。

IV 根式沉井基础

3.3.14 井孔的布置和大小应满足取土机具操作、根键施工顶进平台及吊装的的需要，井孔大小应满足一根根键（非对称顶进）或一对根键（对称顶进）及根键顶进装置初始长度、顶进反力支垫等的长度要求。

3.4 承载力与位移计算

3.4.1 竖向荷载作用下，根式基础受力模式见图 3-7。根式基础在承担竖向荷载时，侧摩阻先发挥作用，随着荷载的逐渐增加，基础主体结构向下产生位移，基础主体结构和根键带动周围土体也产生位移，土体的挤密作用也逐渐增大，当荷载继续增加时，侧摩阻达到极限值后，根键承载随之增加，根键达到承载极限后，端阻力开始发挥主要作用，直至达到极限。

针对四种类型根式基础编写组进行理论研究、有限元分析、现场静载试验，对基础水平、竖向承载力计算方法进行了验证，验证了根键的有效性及其计算方法的可靠性。目前，根式基础已在淮河特大桥、马鞍山长江大桥、望东长江大桥以及池州长江大桥、甬台温高速复线改扩建项目等大桥中得到应用。对比现场静载试验与经验公式计算结果表明，本规程给出的竖向承载力计算公式具有足够的安全可靠性，同时，对比有无根键时竖向承载力可知，相同条件下，顶推根键后，承载力能够提高 30% 以上。

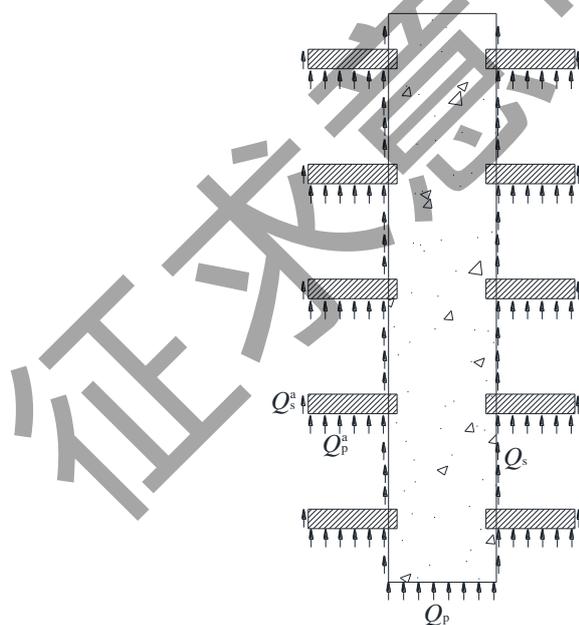


图 3-7 根式基础竖向受力模式

根据试验测试及有限元分析可知，根式基础竖向承载力包含四个部分：桩身侧壁摩阻力、基础底面承载力、各层根键单元侧面摩阻力和根键底面承载力。根式基础的根键顶推进入土体时产生挤密效应，使得土体的物理力学性能高于原状土。但根键的挤密效应只是一种附加效应，尚难以在实际工程中量化，因此在实际工程设计中不予考虑。

3.4.4 在进行除根式钻孔灌注桩基础外的根键顶推施工时,可将基础主体结构作为顶推设备的反力系统,但应验算局部承载能力。顶推力的计算考虑根键顶进过程中正面阻力、土压力和根键侧面土的摩阻力。

3.4.5 在研究根式沉井基础根键在土体中的受力特征时,项目组在现场试验中利用设置在根键内部的钢筋应变片得到断面测点的拉、压应变,从而获得相应截面的弯矩,分析可知,根式基础承受竖向荷载时根键所受的弯矩呈二次曲线分布,根键受力为均匀分布。有限元分析也得到了相同的结论。

征求意见稿

4 施工

4.1 一般规定

4.1.3 钻机选择是钻孔桩施工前的一项重要的工作,对成孔速度和成孔质量非常关键,应根据孔径、孔深、地质情况等条件综合确定。

4.1.5 通过后注浆,可使基底及基础侧面土体得到加固,从而提高基础承载力,减小沉降。

4.2 根键预制

4.2.3 根式钻孔沉管基础和根式沉井基础根键预制时需要加工外钢套和内钢套。外钢套提前安装在管壁预留孔,有导向作用,也是止水构造的组成部分。根键内钢套设置在根键后部,在根键底模安装完毕后与根键钢筋笼、钢刃刀、预埋件一起安装,合模后浇筑混凝土。

3 为保证根键内外钢套匹配精度,可采用如下措施:根键内钢套采用一套胎架,保证内钢套尺寸精度;每个外钢套均对应在一个内钢套上加工,利用契形结构,做到完全匹配,外钢套焊接完成后方可与内钢套分离;内钢套焊缝设在内侧,外钢套焊缝设置外侧。根键内外钢套一一对应编号,并做好方向标识。

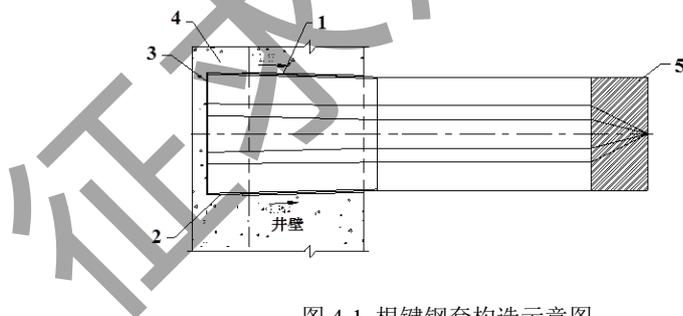


图 4-1 根键钢套构造示意图

1-外钢套; 2-内钢套; 3-端部钢板; 4-后浇混凝土; 5-钢刃刀

4.2.4~4.2.5 为方便根键制作,应根据根键尺寸制作根键预制的模板以快速、标准化根键制作。将钢筋骨架固定在模板中进行混凝土浇注,待强度满足后拆模,拆模后,覆盖洒水养生不少于 7 天。因根键内钢筋密集,宜采用小直径振捣棒振捣密实,必要时与钢钎配合。

4.3 根键顶进

4.3.2 根键顶进过程中应保持水平。根键顶进一般采用机械操作,顶进过程中,根键受到正面阻力、土压力和侧面土摩阻力的作用,因此,顶推力应根据土体力学参数合理确定,以克服上述外力的

作用。

4.3.3 根键的顶进设备应根据根式基础类型、顶推力选用。目前已研发的根式基础根键顶进配套设备可满足不同直径、不同工况根键顶进工艺的需要。

1 旋挖顶推一体机，见图 4-2，适用于直径不大于 3m 的根式钻孔灌注桩的根键顶进。该设备由旋挖钻机和根键顶进装置组成，钻头和根键顶入装备通过插销连接到旋挖钻机平台，实现快速现场更换。采用根键顶进装置进行顶进时，由旋挖钻机将装置沉放到位后，通过设置在地面上的集中液压站将根键顶出液压缸套，顶入钻孔桩侧壁内，完成根键顶推。

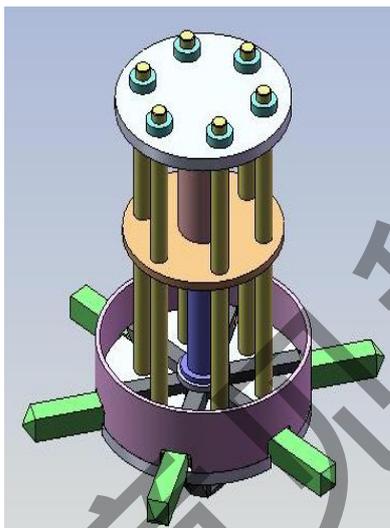


图 4-2 根式钻孔灌注桩根键顶进设备示意图

2 根式钻孔空心桩基础、根式钻孔沉管基础和根式沉井基础的根键顶进可采用 360 度回转可调顶进平台配合大吨位千斤顶进行根键顶进施工。顶进平台是根键顶进施工过程中最为重要的操作平台，该平台组成构件的刚度和强度应满足根键顶推时的受力要求。

4.4 止水工艺

4.4.2 根式钻孔沉管基础、根式沉井基础的根键宜采用变截面形式，并在末端加大渐变坡率，形成扩口，与其他构造、措施结合可实现完全止水。

1 根式基础在制作时预留根键孔，为保证基础下沉过程中根键孔的密封性，预先在井壁设置挡水板。挡水板应满足外壁水、土侧压力要求，还应满足根键在顶进时破碎而离散的要求，防止根键顶进过程中的“戴帽”现象而增加顶进难度。

1 根键顶进前准确对中是橡胶板止水的關鍵，若根键轴线与外钢套轴线不重合，根键顶进过程中橡胶板会与外钢套刮擦脱落，达不到止水功能。

2 橡胶止水做为防水的第二道防线，橡胶止水带形状充和硬度需考虑安装方便、止水性好、易于压缩、根键顶进过程中不被根键带走等功能要求，橡胶止水带安装在井壁中部。可通过在外钢

套上增设耳板焊接橡胶固定的方法。在外钢套加工完成后止水橡胶耳板焊接，为避免耳板焊接变形，在止水橡胶耳板焊接完成后方可抽出内钢套。止水橡胶安装需要将外钢套完全切割断开后才能安放到设计位置，因此，需要将外钢套在固定架上焊接牢固，确保外钢套切割断开安装止水橡胶后钢套保持原状不变形。

4 可在根键内钢套上粘贴宽 10~15cm 压缩性好的橡胶板，间距 5~10cm，厚度根据内、外钢套间隙确定，增加挤密效果。粘结前橡胶粘贴面与根键内钢套表面应进行打磨处理。

5 当根键顶破挡水板后，加速根键顶进效率可以减小水压不平衡时间，并可防止回油回位的误操作。采用大行程千斤顶进行根键顶进，既可加快顶进效率又能保证防水效果。在变截面顶入到位后根键中部主要靠止水橡胶来止水。

4.5 根式钻孔灌注桩基础

4.5.4 在根式钻孔灌注桩基础施工过程中，声测管将作为根键顶进平面位置的导向装置，因此，声测管的设置除应满足现行《公路工程基桩动测技术规程》JTG F80/1、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 等标准的有关规定外，尚应符合设计要求。为保证声测管安装牢固，可采用 U 形卡焊接固定，每隔 1-2m 固定一道。

4.5.5 复核钻杆量测深度时可利用一条标定后的测绳与顶进装置连接后同步下放至底层根键位置，对比两者量测深度，若两者量测深度一致，则钻杆下放深度准确，若量测深度不一致，则通过内插法调整每层根键顶进时钻杆下放深度数据。

4.5.6 在进行顶进施工前，调整旋挖钻钻杆位置，使顶进装置位于钢筋笼中心，防止顶进装置下放过程中刮蹭钢筋笼或同一层根键入土深度不一致。可按下述方法对中：下放顶进装置至孔口，量测声测管至顶进装置外侧的距离，前后左右调整旋挖钻钻杆，使其偏差控制在 1cm 以内，完成对中。

4.6 根式钻孔空心桩基础

4.6.4 根式钻孔空心桩基础内模板系统由钢丝绳、十字撑、立柱、钢绞线、模板等构成，其构造图见图 4-3、标准节段构造见图 4-4，内模系统安装流程图见图 4-5。

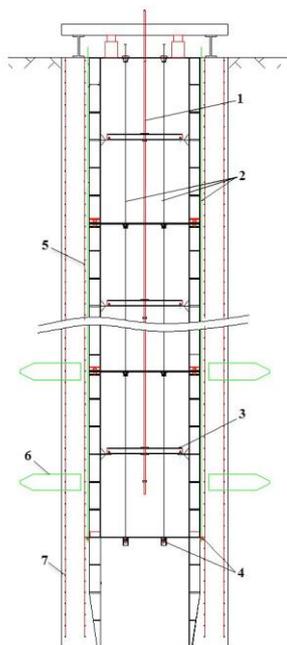
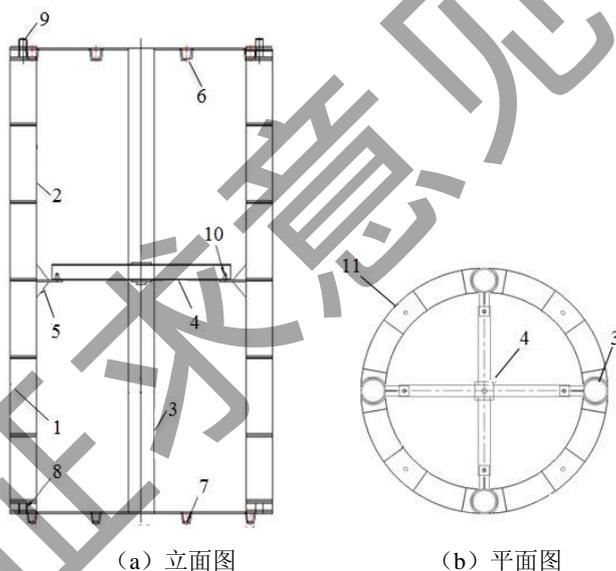


图 4-3 内模板系统构造

1-钢丝绳；2-钢绞线；3-十字撑；4-单孔锚具；5-内层钢筋骨架；6-根键；7-外层钢筋骨架



(a) 立面图

(b) 平面图

图 4-4 内模板系统标准节段构造图

1-外壁板；2-内壁板；3-立柱；4-十字撑；5-牛腿；6-阴榫；7-阳榫；8-内丝；9-立柱连接丝杆
10-锥形销；11-钢绞线预留孔

内模板系统可按下列工序进行安装：在孔口位置安装限位架并调平；吊放底模进入限位架就位；通过阴阳榫将立柱安装就位，并安装十字撑；以立柱为导向，逐次吊装单块标准节模板。内模系统施工流程见图 4-5 所示。

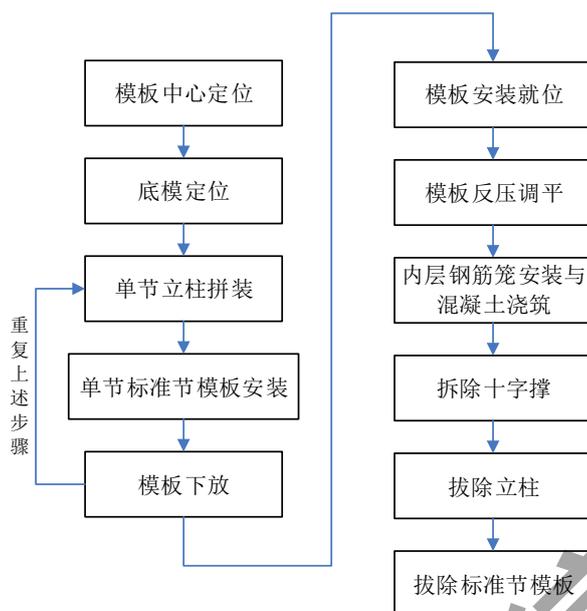


图 4-5 内模系统施工工艺流程图

4.6.5 立柱沿基础主体结构平面对称布置，模板一般在立柱位置处进行平面分块。

4.6.6 内模板系统拆除时，提升钢丝绳，使十字撑与立柱脱离，释放混凝土施加给模板体系的侧壁压力，然后，在孔口利用千斤顶同步拔出立柱，使同一层的模板间产生空隙，给脱模留出空间，最后，拆除反压千斤顶，辅以千斤顶张拉钢绞线提升，模板与混凝土侧壁脱离，在浮力的作用下上浮，在孔口逐层拆除内模。

4.7 根式钻孔沉管基础

4.7.2.3 沉管钢壁下沉时间较长，要求终孔泥浆长时间起到护壁作用，避免缩孔、塌孔现象，确保沉井钢壁下放期间无沉淀和泥浆护壁性能。

4.7.3 沉管钢壁构造图见图 4-5，钢壁制作工艺流程图见图 4-6。

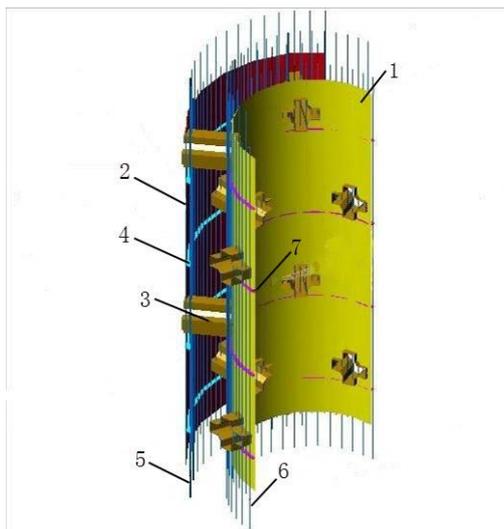


图 4-5 沉管钢壁构造示意图

1-内钢壁；2-外钢壁；3-根键盒；4-外壁板环向加劲；5-外层钢筋；
6-内层钢筋；7-内壁板环向加劲

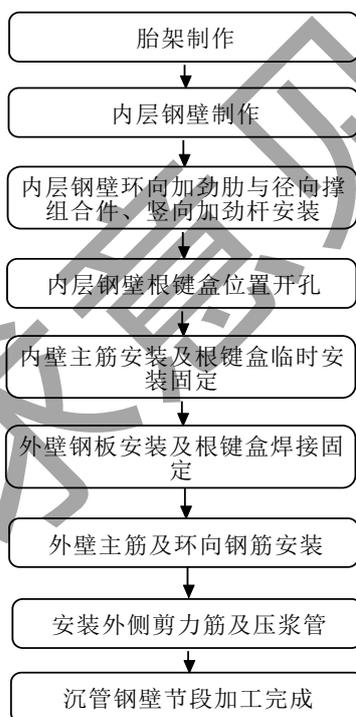


图 4-6 钢壁制作工艺流程

4.7.4.2 钢壁节段对接主要控制顺直度，由于钢壁下沉过程受孔内垂直度影响，首节钢壁必须设置前导向，配合平台限位措施，可避免出现刮孔壁现象。每节钢壁下沉就位后，应保证平面位置准确，严控上口水平度，在对接焊接前，下一节段钢壁需同步控制平面位置和上口水平度，即达到上下节段同心，保证垂直度。

4 经过工程实践，外壁对接采用外包钢板并加劲焊接的方法可有效降低对接难度。

5 质量检验与评定

5.1 一般规定

5.1.1 根据根式基础的一般施工工序，质量检验主要包括成孔及清孔、预制件制作及安放、混凝土拌制及浇注三个方面。但如果工程有特殊要求，也可增加质量检验项目，相关标准参考现行标准或其他依据性文件执行。

5.1.3 本章重点对根式基础的特殊工序和要求做出规定，除满足本规程相关规定外，根式钻孔灌注桩基础、根式钻孔沉管基础、根式钻孔空心桩基础、根式沉井基础还应满足现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 中相关质量检验的规定。

5.2 质量检验标准

本节重点对根式基础的特殊工序和要求做出基本要求、实测项目、外观鉴定三方面的规定，除满足本规程相关规定外，根式钻孔灌注桩基础、根式钻孔沉管基础、根式钻孔空心桩基础、根式沉井基础还应满足现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 中相关质量检验的规定。

5.3 质量评定

5.3.1 分项工程所列基本要求，对施工质量优劣具有关键作用，应按基本要求对工程进行认真检查。经检查不符合基本要求规定时，不得进行工程质量的检验和评定。

5.3.2 检查项目除按数理统计方法评定的项目以外，均应按单点(组)测定值是否符合标准要求进行评定，并按合格率计分。