

DB13

河北省地方标准

DB13/T 999—2008

公路桥涵多节三岔（DX）挤扩灌注桩 技术规程

Technical specification for cast-in-place piles
with multi-joint expanded branches and bulbs by 3-way extruding arms
(DX) of highway bridges and culverts foundation

2008-12-29 发布

2008-12-31 实施

河北省质量技术监督局 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

4.1 设置原则及要求 2

4.2 构造要求 3

5 设计 4

5.1 单桩竖向抗压承载力计算 4

5.2 桩基竖向抗拔承载力计算 5

5.3 单桩水平承载力计算 6

5.4 桩身强度验算与裂缝控制计算 6

6 施工 6

6.1 一般规定 6

6.2 施工工序 7

6.3 钻孔 7

6.4 挤扩施工及盘径检测 9

6.5 清孔 9

6.6 灌注水下混凝土 9

7 质量检验及质量标准 11

附 录 A (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩构造示意图 13

附 录 B (规范性附录) 多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数表 14

附 录 C (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限侧阻力标准值、极限盘端阻力标准值和
极限桩端阻力标准值 15

附 录 D (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩主要参数 18

附 录 E (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩承力盘腔直径检测器示意图 20

附 录 F (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩挤扩记录表 21

附 录 G (规范性附录) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩成孔记录表 22

附 录 H (规范性附录) 本规程用词说明 23

附 录 I (规范性附录) 条文说明 24

前 言

本规程为多节三岔（DX）挤扩灌注桩在公路桥梁建设中的应用提供理论基础，为设计提供依据，为成孔与挤扩施工提供技术指导及检验标准，以保证多节三岔（DX）挤扩灌注桩基设计与施工做到安全可靠、节能环保、技术先进、经济合理。多节三岔（DX）挤扩灌注桩与普通直孔灌注桩相比，多节三岔（DX）挤扩灌注桩利用多层端阻、多段侧阻的共同作用，沉降变形小，可以减小桩径，缩短桩长，提高桩基承载力，施工效率高，具有显著的经济效益和社会效益。

编制组在参考国内相关的标准规范，认真总结多节三岔（DX）挤扩灌注桩的最新科研成果，在工程实践经验和广泛征求意见的基础上，制订了本规程。各单位在使用过程中，若发现问题或有修改意见及建议，请及时与编写单位联系（地址：石家庄市建设南大街 70 号；邮政编码：050011；电话：0311-85910855；010-88865159）以便修订时研用。

本规程的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 为规范性附录。

本规程由河北省交通厅提出和归口。

本规程起草单位：河北省交通勘察设计研究院、河北锐驰交通工程咨询有限公司、北京中阔地基基础技术有限公司。

本规程主要起草人：潘晓东、吴瑞祥、何勇海、金凤温、杜群乐、李进忠、刘新生、唐秀明、贺德新、刘振亮、贺建东。

公路桥涵多节三岔(DX)挤扩灌注桩技术规程

1 范围

1.1 为了使多节三岔(DX)挤扩灌注桩基础设计与施工做到安全可靠、保护环境、技术先进、适用耐久、经济合理、制定本规程。

1.2 本规程适用于公路桥涵多节三岔(DX)挤扩灌注桩的设计、施工、检查与验收。

1.3 多节三岔(DX)挤扩灌注桩的设计与施工,应综合考虑地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征、施工技术条件与环境、检测条件等因素,因地制宜地选择相应的成孔与挤扩工艺和技术参数,精心设计、精心施工。

1.4 多节三岔(DX)挤扩灌注桩的设计与施工除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本规程的条款。凡是注明日期的引用文件,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。凡不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本规程。

GB 50010—2002 混凝土结构设计规范

JTG D 62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG D 63—2007 公路桥涵地基与基础设计规范

JTJ 041—2000 公路桥涵施工技术规范

JGJ 94—2008 建筑桩基技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

3.1

多节三岔(DX)挤扩灌注桩 piles with multi-joint expanded branches and bulbs by 3-way extruding arms (DX)

多节三岔(DX)挤扩灌注桩是在预钻(冲)孔内放入专用的多节三岔(DX)液压挤扩装置,按承载力要求和地层土质条件在桩身适当部位沿水平方向挤扩出上下对称的扩大楔形腔或经多次挤扩形成近似圆锥盘状的扩大头腔,然后提离多节三岔(DX)液压挤扩装置,放入钢筋笼,灌注混凝土,形成由桩身、承力岔、承力盘和桩根共同作用的钢筋混凝土灌注桩(DX桩为“多节三岔挤扩灌注桩”的简称)。

3.2

承力岔 bearing branch

通过多节三岔(DX)液压挤扩装置在桩孔外侧沿径向三向对称挤扩形成一定宽度的楔形腔,腔内与桩身混凝土同时灌注形成的楔形岔体。

3.3

承力盘 bearing bulb

在桩孔同一标高处,经过挤扩,在桩周土体中形成一近似圆锥盘状空腔,盘腔内与桩身混凝土同

时灌注形成的盘体。

3.4

扩径体 **ex panded body**

承力岔和承力盘的统称。

3.5

桩身 **pile shaft**

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的等直径部分。

3.6

桩根 **root of pile**

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩底部承力盘以下至桩端的等直径部分。

3.7

多节三岔 (DX) 液压挤扩装置 **hydraulic extruding-expanding apparatus**

用于在桩周土体中形成承力岔和承力盘腔的多节三岔 (DX) 液压挤扩专用设备。

3.8

挤扩压力 **e xtrusion-expansion pressure**

多节三岔 (DX) 液压挤扩装置对土体进行挤扩时, 压力表上显示的最大挤扩压力。

3.9

首次挤扩压力值 **pressure value of extrusion first time**

对土体进行第一次挤扩时, 压力表上示数的最大值。

3.10

承力盘腔直径检测器 **checkmeter of diameter of bulb cavity**

用于测定多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩承力盘腔直径的机械式专用检测装置, 简称盘径检测器。

4 基本规定

4.1 设置原则及要求

4.1.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩应根据水文、地质、地形、承载力及功能要求等条件设计, 并符合 JTG D 63 的相关规定。

4.1.2 承台底面标高应符合下列要求:

- 冻胀土地区, 承台底面在土中时, 其埋置深度应符合 JTG D63 第 4.1.1 条的有关规定;
- 有流冰的河流, 其标高应在最低冰层底面以下不小于 0.25 m;
- 当有流筏、其他漂流物或船舶撞击时, 承台底面标高应保证桩不受直接撞击损伤;
- 承台底面标高宜参照按 JTG D63 第 4.1.2 条的原则确定;
- 位于冻胀土地区的桩, 桩间若需设横系梁, 其位置应避开冻胀层, 以免受冻胀力的作用。

4.1.3 在同一桩基中, 除特殊设计外, 不宜同时采用摩擦桩和端承桩; 不宜采用直径不同、材料不同和桩端深度相差过大的桩。

4.1.4 对于具有下列情况的大桥、特大桥, 应通过静载荷试验确定单桩承载力。

- 桩的入土深度远超过常用桩;
- 地质情况复杂, 难以确定桩的承载力;
- 有其他特殊要求的桥梁用桩。

4.1.5 抗压 (拔) 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的承力盘和承力岔的设置原则。

4.1.5.1 以下土层可作为承力盘 (岔) 的持力土层:

- 可塑~硬塑状态的粘性土;
- 稍密~密实状态的粉土和砂土;

- c) 中密~密实状态卵砾石层;
- d) 抗压桩底承力盘也可设置在强风化岩的上层面上。

4.1.5.2 以下土层不得作为承力盘(岔)的持力土层:

- a) 淤泥及淤泥质土层;
- b) 松散状态的砂土层;
- c) 可液化土层;
- d) 湿陷性黄土层;
- e) 大气影响深度以内的膨胀土层。

4.1.5.3 抗压多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承力盘(岔)应设置在持力土层的上部;抗拔多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承力盘(岔)应设置在持力土层的下部。

4.1.5.4 承力盘的持力土层厚度不宜小于 $3d$,若有软弱下卧层时,承力盘的持力土层厚度不宜小于 $4d$;承力岔的持力土层厚度不宜小于 $2d$,若有软弱下卧层时,承力岔的持力土层厚度不宜小于 $3d$ 。

4.1.5.5 承力盘底进入持力土层的深度不宜小于 $0.5h$,承力岔底进入持力土层的深度不宜小于 $1.0h$ 。

4.1.5.6 宜选择较硬土层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度,对于粘性土、粉土不宜小于 $2.0d$;砂土不宜小于 $1.5d$;碎石类土不宜小于 $1.0d$ 。

4.1.5.7 相邻桩的中距不应小于 $1.5D$ 或 $D+1.5m$,取较大者。挖孔桩中距可参照钻孔桩采用。

4.1.5.8 承力盘的竖向间距应大于 $2.5D$;承力岔的竖向间距应大于 $1.5D$;承力岔与承力盘竖向间距不应小于 $2.0D$ 。

4.1.5.9 桩根长度不宜小于 $2.0d$ 。

上述各款中的 h 、 d 、 D 见本规程附录A和附录D。

4.1.6 多节三岔(DX)挤扩灌注桩的第一个承力盘宜设置在弯矩零点位置下方,并应考虑冲刷及负摩阻力的影响。

4.1.7 多节三岔(DX)挤扩灌注桩施工必须采用专用的多节三岔(DX)液压挤扩装置

承力盘(岔)直径应根据桩身直径、承载力要求和多节三岔(DX)液压挤扩装置类别型号确定,见本规程附录B。

4.2 构造要求

4.2.1 混凝土桩

4.2.1.1 钻孔桩设计直径不宜小于 $0.8m$;挖孔桩直径或最小边宽度不宜小于 $1.2m$;

4.2.1.2 桩身混凝土强度等级:不宜低于C30;

4.2.1.3 钻(挖)孔桩应按桩身内力大小分段配筋。当内力计算表明不需配筋时,应在桩顶 $3.0m\sim 5.0m$ 内设构造钢筋。

4.2.1.3.1 桩内主筋直径不应小于 $16mm$,每桩的主筋数量不应少于8根,其净距不应小于 $80mm$ 且不应大于 $350mm$ 。

4.2.1.3.2 如配筋较多,可采用束筋。组成束筋的单根钢筋直径不应大于 $36mm$,组成束筋的单根钢筋根数,当其直径不大于 $28mm$ 时不应多于3根,当其直径大于 $28mm$ 时应为2根。束筋成束后等代直径为 $d_e = \sqrt{nd}$,式中 n 为单束钢筋根数, d 为单根钢筋直径。

4.2.1.3.3 钢筋保护层净距不应小于 $60mm$ 。

4.2.1.3.4 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 $8mm$,其中距不应大于主筋直径的15倍且不应大于 $300mm$ 。

4.2.1.3.5 钢筋笼骨架上每隔 $2.0m\sim 2.5m$ 设置直径 $16mm\sim 32mm$ 的加劲箍一道。

4.2.1.3.6 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。

4.2.1.3.7 钢筋笼底部的主筋宜稍向内弯曲,作为导向。

4.2.2 承台和横系梁

4.2.2.1 承台的厚度宜为桩直径的 1.0 倍及以上,且不宜小于 1.5 m,混凝土强度等级不宜低于 C25。

4.2.2.2 当桩顶直接埋入承台连接时,应在每根桩的顶面上设 1~2 层钢筋网。当桩顶主筋深入承台时,承台在桩身混凝土顶端平面内需设一层钢筋网,在每米内(按每一方向)设钢筋网 1 200 mm²~1 500 mm²,钢筋直径采用 12 mm~16 mm,钢筋网应通过桩顶且不应截断。承台的顶面和侧面应设置表层钢筋网,每个面在两个方向的截面积均不应小于 400 mm²/m,钢筋间距不应大于 400 mm。

4.2.2.3 当用横系梁加强桩之间的整体性时,横系梁的高度可取为 0.8~1.0 倍桩的直径,宽度可取为 0.6~1.0 倍桩的直径。混凝土的强度等级不应低于 C25。纵向钢筋不应少于横系梁截面面积的 0.15%;箍筋直径不应小于 8 mm,其间距不应大于 400 mm。

4.2.3 桩与承台、横系梁的连接

4.2.3.1 桩顶直接埋入承台连接:当桩径(或边长)为 0.8 m~1.2 m 时,埋入长度不应小于 1.2 m,当桩径(或边长)大于 1.2 m 时,埋入长度不应小于桩径(或边长)。

4.2.3.2 桩顶主筋深入承台连接时:桩身嵌入承台内的深度可采用 100 mm,深入承台内的桩顶主筋可做成喇叭形(与竖直线夹角大约为 15°)。深入承台内的主筋长度,光圆钢筋不应小于 30 倍钢筋直径(设弯钩),带肋钢筋不应小于 35 倍钢筋直径(不设弯钩)。

4.2.3.3 对于大直径灌注桩,当采用一柱一桩时,可设置横系梁或将桩与柱直接连接。

4.2.3.4 横系梁的主钢筋应深入桩内,其长度不小于 35 倍主筋直径。

5 设计

5.1 单桩竖向抗压承载力计算

5.1.1 单桩竖向抗压承载力容许值 R_a 应按下式计算:

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

K ——安全系数,可取 $K=2$;

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值。

5.1.2 根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向抗压极限承载力标准值 Q_{uk} 时,可按下列式计算:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{Bk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + \eta \sum q_{Bik} A_{pD} + q_{pk} A_p \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$A_{pD} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Q_{uk} ——单桩竖向抗压极限承载力标准值;

Q_{sk} ——单桩总极限侧阻力标准值;

Q_{pk} ——单桩总极限桩端阻力标准值;

q_{sik} ——单桩穿过的第 i 层土的极限侧阻力标准值,如无当地经验值时,可按本规程附录 C 表 C.1 取值;

q_{Bik} ——单桩第 i 个盘的持力土层极限盘端阻力标准值,如无当地经验值时,可按本规程附录 C 表 C.2 取值;

q_{pk} ——极限桩端阻力标准值,如无当地经验值时,可按本规程附录 C 表 C.2 取值;

u ——桩身周长;

l_i ——桩穿过第 i 层土的厚度;

η ——总盘端阻力调整系数,单个和 2 个承力盘时 $\eta=1.00$; 3 个及 3 个以上承力盘时 $\eta=0.93$;

A_{pd} ——在水平投影面上的承力盘（扣除桩身设计截面面积）设计截面面积；
 D ——承力盘设计直径；
 A_p ——桩端设计截面面积；
 d ——桩身设计直径。

5.2 桩基竖向抗拔承载力计算

5.2.1 承受拉拔力的多节三岔（DX）挤扩灌注桩基，应按下列公式同时验算群桩基础及其基桩的抗拔承载力：

$$N_k \leq \frac{1}{2} T_{sk} + G_{gp} \dots\dots\dots (5)$$

$$N_k \leq \frac{1}{2} T_{uk} + G_p \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 N_k ——按荷载效应组合计算的基桩拉拔力；
 T_{sk} ——群桩基础呈整体破坏时，基桩的抗拔极限承载力标准值，按本规程第 6.2.2 确定；
 T_{uk} ——群桩基础呈非整体破坏时，基桩抗拔极限承载力标准值，按本规程第 6.2.2 条确定；
 G_{gp} ——群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，地下水位以下取浮容重，按表 1 和表 2 计算多节三岔（DX）群桩和土体的尺寸及桩土的自重；
 G_p ——基桩自重，地下水位以下取浮容重，多节三岔（DX）挤扩灌注桩和土体的直径、长度，应按表 1 和表 2 确定。

5.2.2 基桩抗拔极限承载力标准值的确定应符合下列规定：

5.2.2.1 基桩的抗拔极限承载力标准值应通过单桩竖向抗拔静载试验确定。单位工程同一条件下的单桩竖向抗拔承载力容许值可按单桩抗拔极限承载力标准值的一半取值。

5.2.2.2 基桩抗拔承载力标准值可按下列规定计算：

a) 群桩基础呈非整体破坏时，基桩抗拔极限承载力标准值可按下式计算：

$$T_{uk} = \sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 T_{uk} ——基桩抗拔极限承载力标准值；
 q_{sik} ——单桩第*i*层土的抗压极限侧阻力标准值，如无当地经验时，可按附录 C 表 C.1 取值；
 u_i ——桩身周长，可按表 1 和表 2 取值；
 l_i ——桩的破坏表面穿过的第*i*层土的厚度；
 λ_i ——抗拔侧阻力折减系数，可按表 3 取值。

表 1 承力盘和桩身破坏表面周长 u_i

自承力盘中心起算的长度 l_i	$\leq \xi_i D$	$> \xi_i D$
u_i	πD	πd

注：表中 ξ_i ——等效抗拔长度系数，按表 2 取值。

表2 等效抗拔长度系数 ξ_i

承力盘以上土的类型	粘性土、粉土	砂土		角砾、圆砾、碎石、卵石
		松散、稍密	中密、密实	
ξ_i	2~4	4~5	5~8	7~10

注1：当最上部承力盘距地面的距离，或者某承力盘到上一个承力盘的间距小于表中的 $\xi_i D$ 时，按实际距离计算 l_i ；

注2：当承力盘以上的持力土层厚度小于表中 $\xi_i D$ 时，可根据盘以上各层土的性质综合确定系数 ξ_i ；

注3：土的强度高时 ξ_i 取大值；土层埋深小时 ξ_i 取小值。

表3 抗拔侧阻力折减系数 λ_i

土类	λ_i 值
砂土	0.50~0.70
粘性土、粉土	0.70~0.80

注：桩长 l 与桩径之比小于 20 时， λ_i 取小值。

b) 当群桩基础呈整体破坏时，基桩抗拔极限承载力标准值 T_{pk} 可按下列公式计算。

$$T_{pk} = \frac{1}{n} \sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

u_i ——桩群外围周长，可参照本标准表1和表2分段计算；

n ——桩基中桩数。

5.3 单桩水平承载力计算

5.3.1 对于受水平荷载较大的多节三岔（DX）挤扩灌注桩，其单桩水平承载力容许值应通过静推试验确定。

5.3.2 多节三岔（DX）挤扩灌注桩可作为桩身设计直径为 d 的等截面灌注桩进行桩基水平承载力与位移计算。

5.4 桩身强度验算与裂缝控制计算

5.4.1 多节三岔（DX）挤扩灌注桩应验算桩身强度及裂缝宽度。验算方法可按照 JTG D62 的有关规定执行。

5.4.2 当多节三岔（DX）挤扩灌注桩的桩身设计直径 d 和承力盘（岔）设计直径 D 和高度 h 符合本标准附录 D 的规定时，可不进行承力盘（岔）的抗剪和抗冲切验算。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工时，应按有关规定制定安全生产、保护环境等措施。

6.1.2 施工应有完善的施工记录。

6.1.3 施工前应收集下列资料：

- 有关的地质和水文资料，水、水泥、砂、石、钢筋等原材料及制品的质量检验报告；
- 桩基工程施工图（包括桩位平面图、多节挤扩灌注桩断面图及相应的地质剖面图，应标出岔盘的位置及相关土层）及图纸会审记录；
- 施工场地和邻近区域内的地下管线与管道、地下构筑物以及危房等对沉降敏感的建筑物调查资料；

- d) 主要施工机械及其配套设备的技术性能资料；
- e) 施工组织设计或施工方案；
- f) 成孔与挤扩承载力盘（岔）腔施工工艺试验记录及静载试验资料；
- g) 相关施工工艺的试验参考资料。

6.1.4 施工组织设计应结合工程特点，有针对性地制定相应的质量管理措施，主要包括：

- a) 施工平面图：标明桩位、编号、施工顺序、水电路和临时设施的位置；采用泥浆护壁成孔时，应标明泥浆制备设施及其循环系统；
- b) 确定成孔机械配套设备、挤扩装置以及合理施工工艺的有关资料，采用泥浆护壁成孔工艺时，必须有泥浆处理措施；
- c) 施工作业计划、钻机与挤扩装置交接操作要点以及劳动力组织计划；
- d) 机械设备、备（配）件、工具（包括质量检查工具）、材料供应计划；
- e) 桩基施工时，对安全、劳动保护、防火、防雨、防台风、爆破作业、文物和环境保护等方面，应按有关规定执行；
- f) 保证工程质量、安全生产和季节性（冬、雨季）施工的技术措施。

6.1.5 所有成孔、成桩机械必须经鉴定合格，不合格机械不得使用。施工现场所有设备、设施、安全装置、工具、配件及劳保用品必须经常检查，确保完好和使用安全。

6.1.6 桩基施工用的临时设施，如供水、供电、道路、排水、临时房屋等，必须在开工前准备就绪，施工场地应进行平整处理，以保证施工机械正常作业。

6.1.7 施工前宜进行试成孔、试挤扩承载力盘（岔）腔，了解各土层的挤扩压力变化，检验承载力盘（岔）腔的成形情况，并应详细记录成孔、挤扩成腔的各项数据，作为施工控制的依据。

6.2 施工工序

6.2.1 泥浆护壁成孔多节三岔（DX）挤扩灌注桩的施工工序应符合下列规定：

成直孔→检查成孔质量→将多节三岔（DX）液压挤扩装置放入孔内→按设计位置自下而上依次挤扩承载力盘（岔）腔→移走多节三岔（DX）液压挤扩装置→检测承载力盘（岔）腔直径→清理孔底沉淀土（渣）→下放钢筋笼→插入导管→灌注混凝土前清孔、换浆→水下灌注混凝土，拔出导管→拔出护筒，成桩。

6.2.2 干作业成孔多节三岔（DX）挤扩灌注桩的施工工序应符合下列规定：

成直孔→检查成孔质量→将多节三岔（DX）液压挤扩装置放入孔内→按设计盘位自上而下依次挤扩承载力盘（岔）腔→移走多节三岔（DX）液压挤扩装置→检测承载力盘（岔）腔直径→清理孔底沉淀土（渣）→下放钢筋笼→安放串筒或溜管→浇筑混凝土、振捣→成桩。

6.3 钻孔

6.3.1 施工平台与护筒

6.3.1.1 施工平台

6.3.1.1.1 场地为浅水时，宜采用筑岛法施工。

6.3.1.1.2 场地为深水时，平台的设计与施工可按 JTJ 041 的有关规定执行。

6.3.1.2 护筒设置

6.3.1.2.1 护筒内径宜比桩径大 200 mm~400 mm。

6.3.1.2.2 护筒中心竖直线应与桩中心线重合，除设计另有规定外，平面允许误差为 50 mm，竖直线倾斜不大于 1%，干处可实测定位，水域可依靠导向架定位。

6.3.1.2.3 旱地、筑岛处护筒可采用挖坑埋设法，护筒底部和四周所填粘质土必须分层夯实。

6.3.1.2.4 水域护筒设置，应严格注意平面位置、竖向倾斜和两节护筒的连接质量均需符合上述要求。沉入时可采用压重、振动、锤击并辅以筒内除土的方法。

6.3.1.2.5 护筒高度宜高出地面 0.3 m 或水面 1.0 m~2.0 m。当钻孔内有承压水时，应高于稳定后的

承压水位 2.0 m 以上。若承压水位不稳定或稳定后承压水位高出地下水位很多，应先做试桩，鉴定在此类地区采用钻孔灌注桩基的可行性。当处于潮水影响地区时，应高于最高施工水位 1.5 m~2.0 m，并应采用稳定护筒内水头的措施。

6.3.1.2.6 护筒埋置深度应根据设计要求或桩位的水文地质情况确定，一般情况埋置深度宜为 2 m~4 m，特殊情况应加深以保证钻孔和灌注混凝土的顺利进行。有冲刷影响的河床，应沉入局部冲刷线以下不小于 1.0 m~1.5 m。

6.3.1.2.7 护筒连接处要求筒内无突出物，应耐拉、压，不漏水。

6.3.2 泥浆的调制和使用技术要求

6.3.2.1 钻孔泥浆一般由水、粘土（或膨润土）和添加剂按适当配合比配制而成，其性能指标可参照表 4 选用。

表 4 泥浆性能指标选择

钻孔 方法	地层 情况	泥浆性能指标							
		相对密度	粘度 (Pa·s)	含砂率 (%)	胶体率 (%)	失水率 (ml/ 30 min)	泥皮厚 (mm/ 30 min)	静切力 (Pa)	酸碱度 (pH)
正循环	一般地层	1.05~1.20	16~22	8~4	≥96	≤25	≤2	1.0~2.25	8~10
	易坍地层	1.20~1.45	19~28	8~4	≥96	≤15	≤2	3~5	8~10
反循环	一般地层	1.02~1.06	16~20	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
	易坍地层	1.06~1.10	18~28	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
	卵石土	1.10~1.15	20~35	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
推钻 冲抓	一般地层	1.10~1.20	18~24	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~11
冲击	易坍地层	1.20~1.40	22~30	≤4	≥95	≤20	≤3	3~5	8~11

注 1：地下水位高或其流速大时，指标取高限，反之取低限；

注 2：地质状态较好，孔径或孔深较小的取低限，反之取高限；

注 3：在不易坍塌的粘质土层中，使用推钻、冲抓、反循环回转钻进时，可用清水提高水头（≥2 m）维护孔壁；

6.3.2.2 直径大于 2.5 m 的大直径钻孔灌注桩对泥浆的要求较高，泥浆的选择应根据钻孔的工程地质情况、孔位、钻机性能、泥浆材料条件等确定。在地质复杂，覆盖层较厚，护筒下沉不到岩层的情况下，宜使用丙烯酰胺即 PHP 泥浆，此泥浆的特点是不分散、低固相、高粘度。

6.3.3 施工要求及注意事项

6.3.3.1 钻机就位前，应对钻孔各项准备工作进行检查。

6.3.3.2 钻孔时，应按设计资料绘制的地质剖面图，选用适当的钻机和泥浆。

6.3.3.3 钻机安装后的底座和顶端应平稳，在钻进中不应产生位移或沉陷，否则应及时处理。

6.3.3.4 钻孔作业应分班连续进行，填写的钻孔施工记录，交接班时应交待钻进情况及下一班应注意事项。应经常对钻孔泥浆进行检测和试验，不合要求时，应随时改正。应经常注意地层变化，在地层变化处均应捞取渣样，判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。

6.3.3.5 无论采用何种方法钻孔，开孔的孔位必须准确。开钻时均应慢速钻进，待导向部位或钻头全部进入地层后，方可加速钻进。

6.3.3.6 采用正、反循环钻孔（含潜水钻）均应采用减压钻进，即钻机的主吊钩始终要承受部分钻具的重力，而孔底承受的钻压不超过钻具重力之和（扣除浮力）的 80%。

6.3.3.7 用全护筒法钻进时，为使钻机安装平正，压进的首节护筒必须竖直。钻孔开始后应随时检测

护筒水平位置和竖直线，如发现偏移，应将护筒拔出，调整后重新压入钻进。

6.3.3.8 在钻孔排渣、提钻头除土或因故停钻时，应保持孔内具有规定的水位和要求的泥浆相对密度和粘度。处理孔内事故时或因故停钻，必须将钻头提出孔外。

6.3.3.9 钻孔深度达到设计标高后，应对孔深、孔径进行检查，符合设计要求后宜进行第一次清孔，此时应维持孔内泥浆相对密度、胶体率、粘度不变。

6.4 挤扩施工及盘径检测

6.4.1 施工作业前检查、确认挤扩设备工作正常后方可使用。

6.4.2 应根据多节三岔（DX）液压挤扩设备的型号和设计承载力盘直径确定成盘挤扩次数。

6.4.3 泥浆护壁成孔挤扩作业时，泥浆密度应以良好护壁、避免塌孔为原则，泥浆相对密度在 1.10～1.30 为宜。

6.4.4 成孔后，经对孔的垂直度、孔径、孔深等检验合格后，应即进入挤扩工序。

6.4.5 多节三岔（DX）挤扩装置入孔之前必须检查法兰连接、螺栓、油管、液压装置、挤扩臂分合情况，检查装置运行是否正常。

6.4.6 多节三岔（DX）液压挤扩装置应对准孔口中心，缓慢下放，避免碰撞孔壁。

6.4.7 如挤扩装置下放受阻或达不到深度，应进行二次回钻，进行正孔、扫孔或清除沉淀土（渣）。

6.4.8 挤扩时应遵守下列规定：

6.4.8.1 泥浆护壁成孔挤扩作业时应注意观察孔内泥浆面，及时补充泥浆以保持水头压力。

6.4.8.2 挤扩中，认真观察挤扩压力值，及时填写挤扩记录，见附录 F。

6.4.8.3 挤扩过程中如遇塌方、流砂等情况，应立即停止作业，及时提出挤扩装置，妥善处理后再继续挤扩作业。

6.4.8.4 承载力盘（岔）应设置于设计要求的土层。

6.4.8.5 当土层变化需要调整承载力盘（岔）的位置，调整后竖向承载力盘（岔）间距应满足本规程 4.1.5 条的相关要求。

6.4.9 检测盘径应遵守下列规定：

6.4.9.1 盘径检测应采用专用的多节三岔（DX）挤扩灌注桩承载力盘腔直径检测器进行检测，承载力盘腔直径检测器示意图见本规程附录 E。

6.4.9.2 每次施工前，应量测盘径检测器的主副绳标识，复核并重新编制落差与盘径关系表。

6.4.9.3 检测时，应稳定缓慢下放检测器，到盘位深度后，轻提主副绳，调整至检测杆完全落于挤扩腔内。

6.5 清孔

6.5.1 清孔要求

6.5.1.1 挤扩承载力盘腔施工结束后，应根据设计要求、成孔工艺、地层条件和沉淀土（渣）厚度等情况选择相适宜的清孔方法清理孔底沉淀土（渣）。

6.5.1.2 在吊入钢筋骨架后，灌注水下混凝土之前，应再次检查孔内泥浆性能指标和孔底沉淀厚度，如超过规定，进行二次清孔，符合要求后方可灌注水下混凝土。

6.5.2 清孔时注意事项

6.5.2.1 可根据成孔工艺选择清孔方法。

6.5.2.2 在清孔排渣时，必须注意保持孔内水头，防止坍孔。

6.5.2.3 清孔后应从孔底提出泥浆试样，进行性能指标试验，试验结果应符合本标准表 5 的规定。灌注水下混凝土前，孔底沉淀土（渣）厚度应符合本标准表 5 的规定。

6.5.2.4 不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

6.6 灌注水下混凝土

6.6.1 钢筋骨架的制作、运输及吊装就位的技术要求

6.6.1.1 钢筋骨架的制作应符合设计要求和 JTJ 041 第 10 章的有关规定。

6.6.1.2 长桩骨架宜分段制作，分段长度应根据吊装条件确定，应确保不变形，接头应错开。

6.6.1.3 应在骨架外侧设置控制保护层厚度的垫块，其间距竖向为 2 m，横向圆周不得少于 4 处。骨架顶端应设置吊环。

6.6.1.4 骨架入孔一般用吊机，无吊机时，可采用钻机钻架、灌注塔架。起吊应按骨架长度的编号入孔。

6.6.1.5 钢筋骨架的制作和吊放的允许偏差为：主筋间距 ± 10 mm；箍筋间距 ± 20 mm；骨架外径 ± 10 mm；骨架倾斜度 $\pm 0.5\%$ ；骨架保护层厚度 ± 20 mm；骨架中心平面位置 20 mm；骨架顶端高程 $+20$ mm，骨架底面高程 ± 50 mm。

6.6.2 灌注水下混凝土时应配备的主要设备及备用设备

6.6.2.1 灌注水下混凝土的搅拌机能力，应能满足桩孔在规定时间内灌注完毕。灌注时间不得长于首批混凝土初凝时间。若估计灌注时间长于首批混凝土初凝时间，则应掺入缓凝剂。

6.6.2.2 水下灌注混凝土的泵送机具宜采用混凝土泵，距离稍远的宜采用混凝土搅拌运输车。采用普通汽车运输时，运输容器应严密坚实，不漏浆、不吸水，便于装卸，混凝土不应离析。其途中运输与灌注混凝土温度有关时，可参照 JTJ 041 第 11 章、第 14 章有关规定执行。

6.6.2.3 水下混凝土一般用钢管灌注，导管内径为 200 mm~350 mm，视桩径大小而定。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用压气试压。进行水密试验的水压不应小于孔内水深 1.3 倍的压力，也不应小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大内压力 P 的 1.3 倍， P 可按式 (9) 计算：

$$P = \gamma_c h_c - \gamma_w H_w \dots\dots\dots (9)$$

式中：

P ——导管可能受到的最大内压力 (kPa)；

γ_c ——混凝土拌和物的重度 (取 24 kN/m³)；

h_c ——导管内混凝土柱最大高度 (m)，以导管全长或预计的最大高度计；

γ_w ——井孔内水或泥浆的重度 (kN/m³)；

H_w ——井孔内水或泥浆的深度 (m)。

6.6.3 水下混凝土配制

6.6.3.1 可采用火山灰水泥、粉煤灰水泥、普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，使用矿渣水泥时应采取防离析措施。水泥的初凝时间不宜早于 2.5 h，水泥的强度等级不宜低于 42.5。

6.6.3.2 粗集料宜优先选用卵石，如采用碎石宜适当增加混凝土配合比的含砂率。集料的最大粒径不应大于导管内径的 1/6~1/8 和钢筋最小净距的 1/4，同时不应大于 40 mm。

6.6.3.3 细集料宜采用级配良好的中砂。

6.6.3.4 混凝土配合比的含砂率宜采用 0.4~0.5，水灰比宜采用 0.5~0.6。有试验依据时含砂率和水灰比可酌情增大或减小。

6.6.3.5 混凝土拌和物应有良好的和易性，在运输和灌注过程中应无显著离析、泌水现象。灌注时应保持足够的流动性，其坍落度应为 180 mm~220 mm。混凝土拌和物中宜掺用外加剂、粉煤灰等材料，其技术条件及掺用量可参照 JTJ 041 第 11 章有关规定办理。

6.6.3.6 每立方米水下混凝土的水泥用量不宜小于 350 kg，当掺有适宜数量的减水缓凝剂或粉煤灰时，可不少于 300 kg。

混凝土拌和物的配合比，可在保证水下混凝土顺利灌注的条件下，按照 JTJ 041 第 11 章有关混凝土配合比设计方法计算确定。

6.6.3.7 对沿海地区 (包括有盐碱腐蚀性地下水地区) 应配制防腐蚀混凝土。

6.6.4 灌注水下混凝土的技术要求

6.6.4.1 首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度 (≥ 1.0 m) 和填充导管底部的需要, 所需混凝土数量可参考公式 (10) 计算:

$$V \geq \frac{\pi d^2}{4} (H_1 + H_2) + \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

V——灌注首批混凝土所需数量 (m^3);

d——桩孔直径 (m);

H_1 ——桩孔底至导管底端间距, 一般为 0.4 m;

H_2 ——导管初次埋置深度 (m);

d_1 ——导管内径 (m);

h_1 ——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 时, 导管内混凝土柱平衡导管外 (或泥浆) 压力所需的高度 (m), 即 $H_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c$;

H_w 、 γ_w 、 γ_c ——意义同式 (9)。

6.6.4.2 混凝土拌和物运至灌注地点时, 应检查其均匀性和坍落度等, 如不符合要求, 应进行第二次拌和, 二次拌和后仍不符合要求时, 不得使用。

6.6.4.3 首批混凝土拌和物下落后, 混凝土应连续灌注。

6.6.4.4 在灌注过程中, 特别是潮汐地区和有承压地下水地区, 应注意保持孔内水头。

6.6.4.5 在灌注过程中, 导管的埋置深度宜控制在 2 m~6 m。

6.6.4.6 在灌注过程中, 应经常探测并孔内混凝土面的位置, 及时地调整导管埋深。

6.6.4.7 为防止钢筋骨架上浮, 当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1 m 左右时, 应降低混凝土的灌注速度。当混凝土拌和物上升到骨架底口 4 m 以上时, 提升导管, 使其底口高于骨架底部 2 m 以上, 即可恢复正常灌注速度。

6.6.4.8 灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度, 一般为 0.5 m~1.0 m, 以保证混凝土强度, 多余部分接桩前必须凿除, 残余桩头应无松散层。在灌注将近结束时, 应核对混凝土的灌入数量, 以确定所测混凝土的灌注高度是否正确。

6.6.4.9 承力盘处灌注混凝土时应从最小截面的桩孔底部开始灌注, 其技术要求与等截面桩相同。灌注至承力盘底端时, 导管应提升至承力盘底端下约 2 m; 当混凝土面高于承力盘顶端 3 m 后, 应将导管提升至承力盘顶端上 1 m, 依次继续灌注至桩顶。

6.6.4.10 使用全护筒灌注水下混凝土时, 当混凝土面进入护筒后, 护筒底部始终应在混凝土面以下, 随导管的提升, 逐步上拔护筒, 护筒内的混凝土灌注高度, 不仅要考虑导管及护筒将提升的高度, 还要考虑因上拔护筒引起的混凝土面的降低, 以保证导管的埋置深度和护筒底面低于混凝土面。要边灌注、边排水, 保持护筒内水位稳定, 不至过高, 造成反穿孔。

6.6.4.11 在灌注过程中, 应将孔内溢出的水或泥浆引流至适当地点处理, 不得随意排放, 污染环境及河流。

6.6.5 灌注中发生故障时, 应查明原因, 合理确定处理方案, 进行处理。

6.6.6 挖孔灌注桩施工应根据地质和水文情况, 因地制宜选择孔壁支护和挤扩施工方案, 经过计算后报批, 确保施工安全并满足设计要求。

7 质量检验及质量标准

7.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩在终孔和清孔后, 应进行孔位、孔深检验。

7.2 孔径、孔形和倾斜度宜采用专用仪器测定, 当缺乏专用仪器时, 可采用外径为钻孔桩钢筋笼直径加 100 mm (不得大于钻头直径), 长度为 4~6 倍外径的钢筋检孔器吊入钻孔内检测。

7.3 成孔成桩的质量标准见表 5。

表 5 成孔成桩的质量标准

项 目	允 许 偏 差
孔的中心位置 (mm)	群桩: 100; 单排桩: 50
孔径 (mm)	不小于设计桩径
倾斜度	钻孔: 小于 1%
孔深	摩擦桩: 不小于设计规定 端承桩: 比设计深度超深不小于 50 mm
沉淀土 (渣) 厚度 (mm)	摩擦桩: 符合设计要求, 当设计无要求时, 对于直径 ≤ 1.5 m 的桩, ≤ 300 mm; 对桩径 >1.5 m 或桩长 >40 m 或土质较差的桩, ≤ 500 mm 端承桩: 不大于设计规定
清孔后泥浆指标	相对密度: 1.03~1.10; 粘度: 17~20 Pa·s; 含砂率: $<2\%$; 胶体率: $>98\%$
盘径 (mm)	-50
混凝土塌落度 (mm)	泥浆护壁: 160~220; 干作业: 70~100
混凝土强度	应符合设计要求
混凝土充盈系数	>1.0

注: 清孔后的泥浆指标, 是从桩孔的顶、中、底部分别取样检验的平均值。

7.4 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的混凝土质量检测

7.4.1 桩身混凝土抗压强度应符合设计规定; 每桩试件组数为 2~4 组, 检验要求按 JTJ 041 第 11 章的规定。

7.4.2 检测方法和数量应符合设计要求。

一般选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, 设计有规定时或对桩的质量有疑问时, 应采用钻取芯样法对桩进行检测, 对柱桩并应钻到桩底 0.5 m 以下。

7.4.3 当检测后, 桩身质量不符合要求时, 应研究处理方案, 报监理工程师处理。

7.5 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的承载力试验应按 JTJ 041 附录 B 规定执行。

7.6 本标准未规定的施工质量检查项目应符合 JTJ 041 的相关规定。

7.7 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的挤扩记录应按本规程附录 F 填写。

7.8 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的成孔记录应按本规程附录 G 填写。

附录 A
(规范性附录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩构造示意图

A.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的构造 如图 A.1 所示。

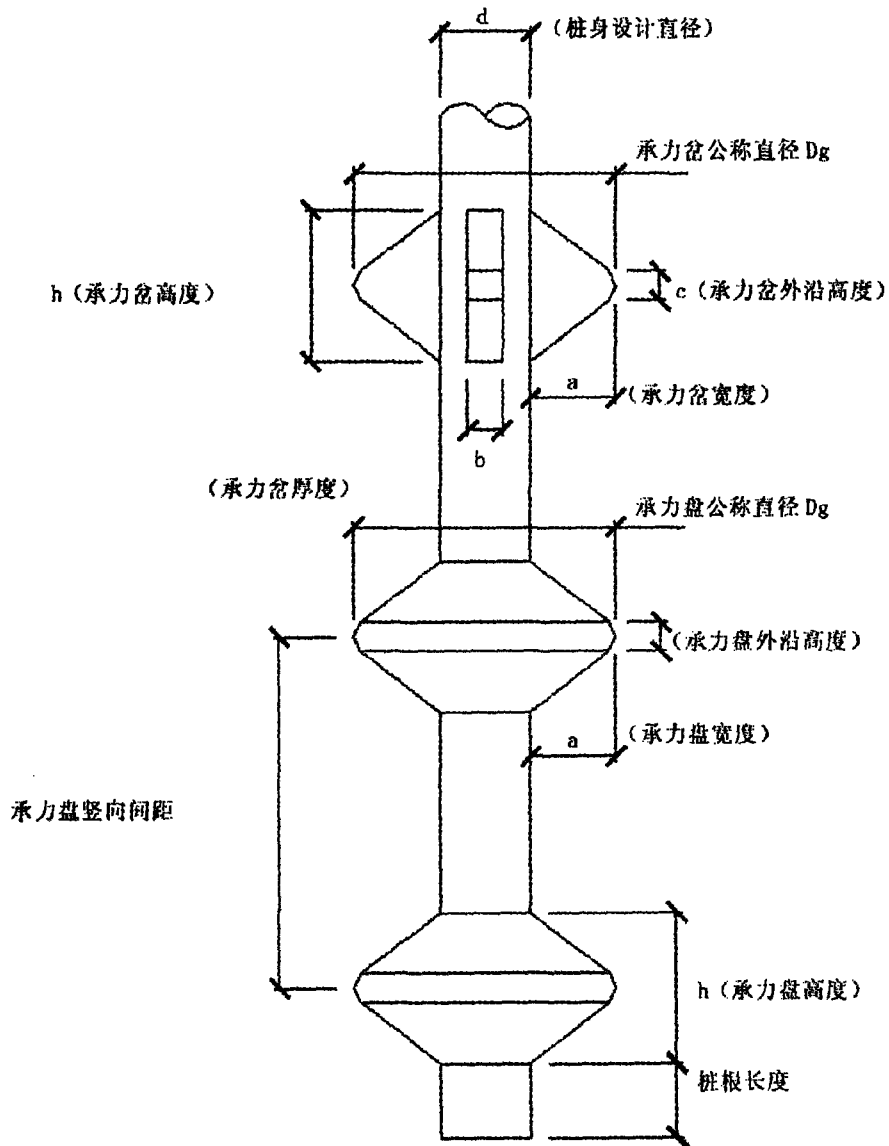


图 A.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的构造示意图

附录 B
(规范性附录)

多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数表

B.1 多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数表如表 B.1 所示。

表 B.1 多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数表

设备型号	DX-800	DX-1 000
桩身设计直径 (mm)	800~1 200	1 200~1 500
承力盘 (岔) 公称直径 (mm)	2 050	2 550
承力盘 (岔) 设计直径 (mm)	1 900	2 400
挤扩公称直径时两挤扩臂夹角 (°)	70	70
挤扩臂收回时最小直径 (mm)	750	950
液压系统额定工作压力 (MPa)	25	25
油缸公称输出压力 (kN)	4 270	4 270
油泵流量 (L/min)	63	63
电机功率 (kW)	37	37

注：根据工程和设计需要，桩径及挤扩装置可作适当调整。

附 录 C
(规范性附录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限侧阻力标准值、极限盘端阻力标准值和极限桩端阻力标准值

C.1 极限侧阻力标准值可按表 C.1 取值。

表 C.1 极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)

土的名称	土的状态		q_{sik} (kPa)
填 土			16~22
淤 泥			10~14
淤泥质土			16~22
粘性土	流塑	$I_L > 1$	20~30
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~54
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	54~66
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	66~75
	坚硬	$I_L \leq 0$	75~83
红粘土	$0.7 < a_w \leq 1$		12~26
	$0.5 < a_w \leq 0.7$		26~60
粉 土	稍密	$e > 0.9$	20~35
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	35~54
	密实	$e < 0.75$	54~68
粉细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	20~35
	中密	$15 < N \leq 30$	35~54
	密实	$N > 30$	54~68
中 砂	稍密	$10 < N \leq 15$	30~45
	中密	$15 < N \leq 30$	45~60
	密实	$N > 30$	60~77
粗 砂	稍密	$10 < N \leq 15$	40~60
	中密	$15 < N \leq 30$	60~80
	密实	$N > 30$	80~100
砾 砂	稍密	$10 < N_{63.5} \leq 15$	60~80
	中密	$15 < N_{63.5} \leq 30$	80~100
	密实	$N_{63.5} > 30$	100~120

表 C.1(续)

土的名称	土的状态		q_{sik} (kPa)
圆砾、角砾	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 10$	65~85
	中密	$10 < N_{63.5} \leq 20$	85~125
	密实	$N_{63.5} > 20$	125~170
碎石、卵石	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 10$	80~120
	中密	$10 < N_{63.5} \leq 20$	120~160
	密实	$N_{63.5} > 20$	160~320

注 1：对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力；

注 2： a_w 为含水比， $a_w=w/w_l$ ， w 为土的天然含水量， w_l 为土的液限；

注 3：N 为标准贯入击数； $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数。

C.2 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限盘端阻力标准值和极限桩端阻力标准值可按表 C.2 取值。

表 C.2 极限盘端阻力标准值 q_{hsk} 和极限桩端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土的名称	土的状态	盘 (桩) 端入土深度 l (m)					
		$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 20$	$20 \leq l < 25$	$25 \leq l < 30$	$l \geq 30$
粘性土	软塑	100~150	150~250	200~300	300~375	375~450	450~525
	可塑	200~300	350~450	450~550	550~625	625~700	700~775
	硬可塑	400~500	700~800	800~900	900~975	975~1 050	1 050~1 125
	硬塑	750~850	1 000~1 200	1 200~1 400	1 400~1 550	1 550~1 700	1 700~1 850
粉土	中密	250~350	300~500	450~650	575~725	650~800	725~900
	密实	550~800	650~900	750~1 000	800~1 000	850~1 050	925~1 050
	稍密	200~400	350~500	450~550	550~625	625~700	725~800
	中密	400~500	700~800	800~900	900~1 000	1 000~1 100	1 000~1 150
粉砂	密实	500~600	800~900	900~1 050	1 050~1 150	1 150~1 350	1 300~1 450
	稍密	350~550	500~50	600~700	700~775	775~850	800~875
	中密	550~650	900~1 000	1 000~1 150	1 150~1 300	1 300~1 450	1 450~1 600
	密实	650~750	1 000~1 100	1 100~1 250	1 250~1 400	1 400~1 650	1 600~1 850
中砂	中密	750~850	1 200~1 300	1 300~1 450	1 450~1 600	1 600~1 750	1 750~1 900
	密实	850~950	1 300~1 400	1 400~1 550	1 550~1 700	1 700~1 850	1 850~2 050
	中密	1 300~1 400	1 900~2 100	2 200~2 300	2 300~2 400	2 400~2 500	2 500~2 600
	密实	1 400~1 500	2 000~2 200	2 300~2 400	2 400~2 500	2 500~2 600	2 600~2 700
粗砂	中密	1 500~1 600	2 100~2 300	2 400~2 500	2 500~2 600	2 600~2 700	2 700~2 800
	密实	1 600~1 700	2 200~2 400	2 500~2 600	2 700~2 800	2 800~2 900	2 900~3 000
	中密、密实	1 800~2 000	2 300~2 500	2 600~2 700	2 700~2 800	2 800~2 900	2 900~3 200
	中密、密实	2 000~2 200	2 500~2 600	2 800~2 900	2 900~3 000	3 000~3 100	3 100~3 300

注:砂土和碎石类土中桩的极限桩端阻力取值要综合考虑土层的密实度,桩端进入持力层的深度比 h_u/d ,土愈密实, h_u/d 愈大,取值愈高。

附录 D

(规范性附录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩主要参数

D.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩主要参数表如表 D.1 所示。

表 D.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩主要参数表

DX 挤扩 装置型号	桩身设计 直径 d (mm)	承力盘 (岔) 公 称直径 D_k (mm)	挤扩臂 宽度 b (mm)	挤扩呈公 称直径时 挤扩臂 夹角 (°)	承力盘 (岔) 外 沿高度 c (mm)	承力盘 (岔) 宽 度 a (mm)	承力盘 (岔) 高 度 h (mm)	承力盘 公称体积 V_{kg} (m^3)	承力岔 公称体积 V_{kg} (m^3)	设计参数			
										承力盘 (岔) 设 计直径 D (mm)	承力盘 设计截面 面积 A_{dp} (m^2)	承力岔 设计截面 面积 A_{cd} (m^2)	桩身设计 截面面积 A (m^2)
DX-800	800	2 050	250	70	180	625	1 055	1 547	0.290	1 900	2.331	0.413	0.502
	850	2 050	250	70	180	600	1 020	1 480	0.270	1 900	2.267	0.394	0.567
	900	2 050	250	70	180	575	985	1 411	0.251	1 900	2.198	0.375	0.636
	950	2 050	250	70	180	550	950	1 341	0.233	1 900	2.125	0.356	0.708
	1 000	2 050	250	70	180	525	915	1 269	0.216	1 900	2.049	0.338	0.785
	1 050	2 050	250	70	180	500	880	1 197	0.199	1 900	1.968	0.319	0.865
	1 100	2 050	250	70	180	475	845	1 124	0.183	1 900	1.884	0.300	0.950
	1 150	2 050	250	70	180	450	810	1 051	0.167	1 900	1.796	0.281	1.038
DX-1 000	1 200	2 050	250	70	180	425	775	0.978	0.152	1 900	1.703	0.263	1.130
	1 200	2 550	300	70	200	675	1 145	2.445	0.409	2 400	3.391	0.540	1.130
	1 250	2 550	300	70	200	650	1 110	2.337	0.383	2 400	3.295	0.518	1.227
	1 300	2 550	300	70	200	625	1 075	2.227	0.359	2 400	3.195	0.495	1.327
	1 350	2 550	300	70	200	600	1 040	2.117	0.335	2 400	3.091	0.473	1.431

表 D.1(续)

DX 挤扩 装置型号	桩身设计 直径 d (mm)	承力盘 (岔)公 称直径 D_k (mm)	挤扩臂 宽度 b (mm)	挤扩呈公 称直径时 挤扩臂 夹角 (°)	承力盘 (岔)外 沿高度 c (mm)	承力盘 (岔) 宽度 a (mm)	承力盘 (岔) 高度 h (mm)	承力盘 公称体积 V_{kg} (m^3)	承力岔 公称体积 V_{kg} (m^3)	设计参数			
										承力盘 (岔)设 计直径 D (mm)	承力盘 设计截面 面积 A_{p0} (m^2)	承力岔 设计截面 面积 A_{pd} (m^2)	桩身设计 截面面积 A (m^2)
DX-1 000	1 400	2 550	300	70	200	575	1 005	2.007	0.312	2 400	2.983	0.450	1.539
	1 450	2 550	300	70	200	550	970	1.897	0.290	2 400	2.871	0.428	1.650
	1 500	2 550	300	70	200	525	935	1.786	0.268	2 400	2.755	0.405	1.766

注 1: 计算承力盘和承力岔的工程量时, 应按表中承力盘和承力岔的公称体积 V_{kg} 和 V_{kg} 取值。
注 2: 计算多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩承载力时, 应按表中承力盘和承力岔的设计直径 D 、设计截面面积 A_{p0} 和 A_{pd} 取值。

附录 E
(规范性附录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩承力盘腔直径检测器示意图

E.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩承力盘腔直径检测器的构造 如图 E.1 所示。

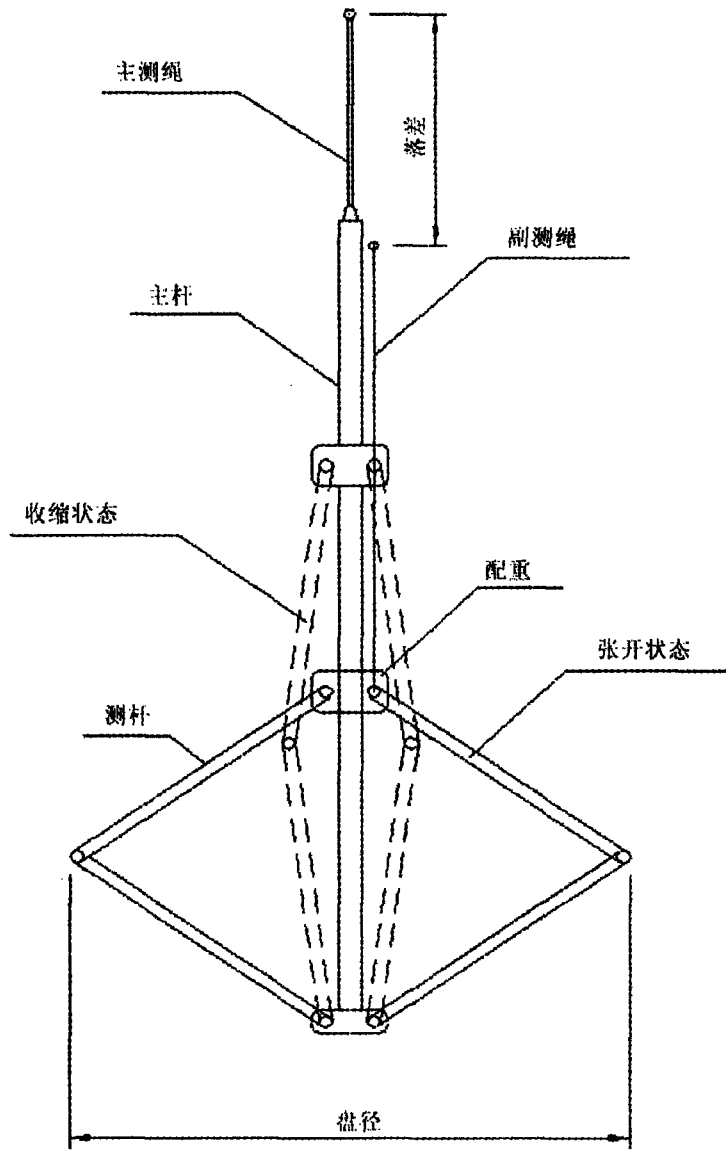


图 E.1 承力盘腔直径检测器的构造示意图

E.2 承力盘腔直径检测器的检测方法应符合下列规定：

- a) 将测杆处于收缩状态的检测器放入孔之前，应使主测绳与副测绳处于同一水平位置上，并标出盘位深度；
- b) 将检测器放入到承力盘所在的位置后，放松副测绳，使测杆处于张开状态；
- c) 在孔口处测量主测绳与副测绳的落差值；
- d) 根据承力盘腔直径与落差关系表查出相应的承力盘腔直径。

附录 F
(规范性附录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩挤扩记录表

F.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩挤扩记录表如表 F.1 所示。

表 F.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩挤扩记录表

工程名称:																			
挤扩单位:										施工日期			年 月 日						
桩号		作业序号		作业时间		日 时 分至 日 时 分													
桩径 mm		桩长 m		孔口标高 m					设计孔深 m										
挤扩机号		成孔方式		挤前孔深 m					挤后孔深 m										
盘号	标高/m	入孔深度/m	挤扩数据																
1			挤扩压力值 (Mpa)																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	n					
			检测盘径 (cm)																
盘号	标高/m	入孔深度/m	挤扩数据																
2			挤扩压力值 (Mpa)																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	n					
			检测盘径 (cm)																
盘号	标高/m	入孔深度/m	挤扩数据																
3			挤扩压力值 (Mpa)																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	n					
			检测盘径 (cm)																
盘号	标高/m	入孔深度/m	挤扩数据																
...n			挤扩压力值 (Mpa)																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	n					
			检测盘径 (cm)																
有关情况说明																			
监理工程师:					工程负责人:					挤扩负责人:					记录人:				
年 月 日					年 月 日					年 月 日					年 月 日				

多节三岔(DX)挤扩灌注桩成孔记录表

G.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩成孔记录表如表 G.1 所示。

表 G.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩成孔记录表

施工单位:

施工日期:

年 月 日

[illegible]

记录员:

检验员:

技术负责人:

现场监理工程:

附 录 H
(规范性附录)

本规程用词说明

H.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

H.1.1 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

H.1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

H.1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

H.2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……要求或规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”

附 录 I
(规范性附录)
条文说明

1 范围

对于其他行业（如铁路、工业与民用建（构）筑物、电厂、机场、港口、石油化工等）采用多节三岔（DX）挤扩灌注桩基础时，本规程亦可作为参考，同时应满足相应的行业标准和规定。

多节三岔（DX）挤扩灌注桩通过沿桩身不同部位设置的承力盘和承力岔，使等直径灌注桩成为变截面多支点的端承摩擦桩或摩擦端承桩，从而改变桩的受力机理，显著提高单桩承载力，增加桩基稳定性，减小桩基础沉降，降低桩基工程造价。

2 规范性引用文件

本规程中的引用文件，当其最新版中的部分条款不适用本规程时将对本规程修订。

3 术语和定义

3.1 多节三岔（DX）挤扩灌注桩是指采用多节三岔（DX）液压挤扩装置完成挤扩型腔的灌注桩，在保证施工质量的前提下，其承力盘腔也可采用旋挖挤扩装置旋转挤压形成。该桩既可在地下水位以下的桩孔中挤扩成腔，也可在地下水位以上的桩孔中挤扩成腔。

3.2 承力岔的宽度、高度和厚度取决于多节三岔（DX）液压挤扩装置的技术参数。承力岔的作用：作为竖向承载力的补充；增加多节三岔（DX）挤扩灌注桩的整体刚度及稳定性。

3.3 承力盘可设置在桩身有效深度范围内较好土层中，以充分发挥多节三岔（DX）挤扩灌注桩的竖向承载力，承力盘的数量取决于建设场地的地质条件和荷载要求。承力盘的总盘端阻力是多节三岔（DX）挤扩灌注桩极限承载力的的重要组成部分，因此承力盘腔的形成是多节三岔（DX）挤扩灌注桩的关键工序。

3.7 挤扩工序应使用专用挤扩装置，以保证盘（岔）腔成型效果好。

3.9 每个承力盘腔的首次挤扩压力值可反映出该处地层的软硬程度，地面液压站的压力表指示数可以直观准确地显示该数值。在一定的范围内通过对多节三岔（DX）液压挤扩装置深浅尺寸的调整，可有效地控制设计所选择的承力盘（岔）持力土层的位置，保证单桩承载力能充分满足设计要求，同时还可掌握相关地层的厚薄软硬变化，弥补勘察精度的不足。挤扩装置可以很容易借助于起重设备的升降进行入孔深浅的调整。这种主动调控性能是多节三岔（DX）挤扩灌注桩施工工艺的突出特点。需要说明的是，因地层土质条件不同，使用挤扩装置型号不同，首次挤扩压力值仅对同一工程同一地层具有相对的参考意义。

3.10 承力盘腔的形成是多节三岔（DX）挤扩灌注桩施工的关键工序，施工中应确保挤扩腔体的位置和尺寸以符合设计要求；承力盘腔直径检测器为用于测定多节三岔（DX）挤扩灌注桩承力盘腔直径的机械式专用检测装置。

4 基本规定

4.1 设置原则及要求

4.1.5 本条对多节三岔（DX）挤扩灌注桩的承力盘（岔）的设置持力土层作出规定。

4.1.5.1 埋有实测内力元件的 30 余根多节三岔（DX）挤扩灌注桩试验结果表明，按地层土质、桩长、桩身直径、承力盘（岔）直径与数量及承力盘（岔）持力层等不同情况，从荷载传递机理看，多节三

岔(DX)挤扩灌注桩可分属于端承摩擦桩或摩擦端承桩,而承力盘(岔)是多节三岔(DX)挤扩灌注桩的重要的承载部分。因此选择结构稳定、压缩性较小、承载能力较高的土层作为承力盘(岔)的持力土层对于保证多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承载能力是十分重要的。实际工程经验表明,视承载要求,可塑~硬塑状态的粘性土层、稍密~密实状态的粉土和砂土层、中密~密实状态的卵砾石层及残积土层、全风化岩或强风化岩均可作为承力盘(岔)的持力层。

工程实践还表明,承力盘(岔)应设置在可塑~硬塑状态的粘性土层中或稍密~密实状态($N < 40$)的粉土和砂土层中;承力盘也可设置在密实状态($N \geq 40$)的粉土和砂土层或中密~密实状态的卵砾石层的上层面上;底承力盘也可设置在残积土层、全风化岩或强风化岩层的上层面上。对于粘性土、粉土和砂土交互分层的地基中选用多节三岔(DX)挤扩灌注桩是很合适的。

在地下水位以下的可塑~硬塑状态的粘性土层中或稍密~密实状态($N < 40$)的粉土和砂土层中挤扩盘(岔)腔时,由于在一定水头压力作用下,并有一定相对密度泥浆的保护,盘(岔)空腔形状完整不易坍塌。在中密~密实状态的卵砾石层中,抗压桩的承力盘(岔)宜设置在该卵砾石层的顶面上。

4.1.5.2 在软弱土层、松散土层和一些特殊性质土层中设置承力盘(岔)难以发挥承载作用。淤泥及淤泥质土层、松散状态的砂土层和可能液化土层,除因承载能力弱不起作用外,还由于挤扩时土易流动或坍落,致使承力盘(岔)腔难以成形。故本条规定,淤泥及淤泥质土层、松散状态的砂土层和可液化土层不得作为承力盘(岔)的持力土层。

湿陷性黄土属于非饱和的结构不稳定土,在一定压力作用下受水浸湿时,其结构迅速破坏,并发生显著的附加下沉。故本条规定,湿陷性黄土层不得作为承力盘(岔)的持力层。膨胀土是一种非饱和的、结构不稳定的高塑性粘性土,它的粘粒成分主要由亲水性矿物组成,在环境湿度变化影响下可产生强烈的胀缩变形。故本条规定,大气影响深度以内的膨胀土层不得作为承力盘(岔)的持力层。某些遇水极易软化的强风化岩(例如泥岩、粉砂质泥岩等)挤压遇水后会发生崩解、软化成泥浆状,强度很低,降低盘(岔)端阻力,故本条规定,遇水丧失承载力的强风化岩层不得作为承力盘(岔)的持力土层。

4.1.5.3 抗压多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承力盘(岔)应设置在承载土层的上部。本条规定是为了确保承力盘(岔)进入持力土层的深度,有效地发挥其端阻力。抗拔多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承力盘(岔)宜设置在持力土层的下部,其设置原则:承力盘(岔)应设置在可塑~硬塑状态的粘性土层中或稍密~密实状态($N < 40$)的粉土和砂土层中;承力盘(岔)也可设置在密实状态($N \geq 40$)的粉土和砂土层或中密~密实状态的卵砾石层的底面下。为了充分发挥多节三岔(DX)挤扩灌注桩的抗拔承载力,顶承力盘(岔)的埋深不宜太小。

4.1.5.7 对多节三岔(DX)挤扩灌注桩的中心距同时要满足 JTG D63 的相关要求。

4.1.5.8 多节三岔(DX)挤扩灌注桩承受竖向荷载时,为使承力盘(岔)充分地发挥其承载作用,避免相邻承力盘(岔)产生应力作用区重叠,根据国内外多节钻扩桩及我国各地区多节三岔(DX)挤扩灌注桩工程实践的经验,并考虑到承力盘(岔)持力土层的特性,本条规定承力盘的竖向中心间距、承力岔的竖向中心间距及承力岔与承力盘的竖向中心间距。

4.1.5.9 工程实践表明,为保证挤扩过程中底承力盘腔的完整性,桩根长度不宜小于 2.0 d。

4.1.7 多节三岔(DX)挤扩灌注桩承力盘(岔)腔是采用多节三岔(DX)液压挤扩装置完成的,该装置的盘(岔)腔成形效果如图 4.1。

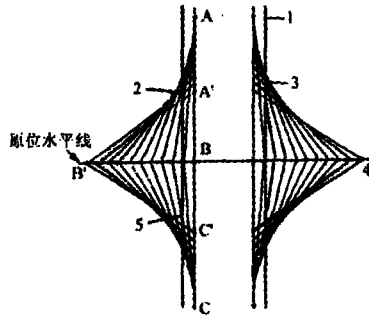


图 4.1 多节三岔 (DX) 挤扩装置的运动轨迹
1 - 桩孔壁; 2 - 上挤扩臂; 3 - 盘 (岔) 腔壁;
4 - 挤扩臂铰点轨迹; 5 - 下挤扩臂

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩构造示意、多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数、承力盘腔直径检测器和多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩主要参数分别列于本规程附录 A、B、D、E。

5 设计

5.1 单桩竖向抗压承载力计算

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩属近十年来研制开发出来的新桩型。工程桩施工前宜进行单桩静载试验, 目的是为设计提供可靠依据。对设计等级高且缺乏地区经验的地区, 为获得既可靠又准确的设计施工参数, 前期试桩尤为重要。

5.1.1 根据桩的受荷阶段及受荷情况, 单桩竖向抗压承载力容许值还应按 JTG D63 第 5.3.7 条规定执行。

5.1.2 多节三岔 (DX) 单桩竖向抗压极限承载力标准值计算公式理应包含下列 4 项:

$$Q_{uk}=Q_{sk}+Q_{bk}+Q_{pk} \dots\dots\dots (5.1)$$

式中:
 Q_{sk} 为单桩总极限侧阻力标准值
 Q_{bk} 为单桩总极限岔端阻力标准值
 Q_{pk} 为单桩总极限盘端阻力标准值
 Q_{pk} 为单桩总桩端阻力极限值。

为进行承载力参数统计分析, 共收集各地有效试桩资料 83 根, 这些试桩分布于北京、天津、山东、黑龙江、河北、山西、福建、江苏、浙江等地。分析中首先对所有试桩逐一核实地层柱状图和土的物理力学特性, 然后根据 11 根埋设测试元件的试桩资料, 按实测数据划分出桩身侧阻力、承力盘 (岔) 端阻力和桩端阻力, 经统计分析编制成表; 此后根据 83 根试桩资料按式 (5.1) 验算承载力, 经统计分析, 形成附录 C。

附录 C 表 C. 1 所提供的极限侧阻力标准值 q_{sk} (kPa) 与 JTG D63 中表 5.3.3-1 中所提供的 q_{ik} (kPa) 数值基本一致, 可参考使用。

极限盘端阻力标准值 q_{bk} 和极限桩端阻力标准值 q_{pk} (kPa), 如无当地经验值时, 可按附录 C 表 C.2 取值, 该数值不同于 JTG D63 中的各类岩 (土) 承载力基本容许值 $[f_m]$ 。根据多年工程实践可以得出, 极限盘端阻力标准值 q_{bk} 和极限桩端阻力标准值 q_{pk} (kPa) 一般为承载力基本容许值 $[f_m]$ 的 3.5~5.5 倍, 可根据岩 (土) 工程特性指标及桩身入土的深度取较低值或较高值。

由于多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的承力盘及桩端通常设置于较好的持力土层上, 单桩静载荷试验的 Q-s 曲线一般呈缓变型。单桩承载力的取值宜按沉降控制, 并考虑上部结构对沉降的敏感性确定。

承力岔的主要作用作为竖向抗压承载力的补充, 增加桩的整体刚度, 承力岔承载力可忽略不计,

故经统计分析,简化为本规程(2)计算式。

本规程式(2)中 Q_{sk} 为单桩全部桩身和桩根的总极限侧阻力标准值,其表达式为:

$$Q_{sk} = u \sum q_{sk} l_i \dots\dots\dots (5.2)$$

30余根多节三岔(DX)挤扩灌注桩实测桩侧阻力结果表明,承力盘的下方斜面一定范围内土体的密实度因挤压而增加,同时在受力时径向力增大,导致该区桩侧阻力增大;虽然,承力盘上部桩身与土体的相对位移使土体脱空,有时会使该区桩侧阻力减小,但其减少幅度比承力盘下方区桩侧阻力增大的幅度要小得多。可以认为,综合两方面的因素对桩侧阻力的影响不大,甚至还处于有利状态。

因此计算多节三岔(DX)挤扩灌注桩的总桩侧阻力 Q_{sk} 时,既不考虑承力盘下方区桩侧阻力的增大,也不考虑承力盘上方区桩侧阻力的减小,即桩侧阻力 q_{sk} 沿桩身全长是有效的(承力盘高度范围内不计侧阻力),是偏于安全的。

根据30余根多节三岔(DX)挤扩灌注桩实测盘端阻力的结果表明,各承力盘分担桩顶荷载的比例是不一样的。通常情况是,顶承力盘先受力,以下各承力盘逐渐发挥出更大的承载力。基于上述情况,本标准式(2)中 Q_{sk} 为各承力盘端阻力的叠加值乘以总盘端阻力调整系数 η 值,建议 $\eta=0.93$,盘数少于3个时,不考虑折减。

5.2 桩基竖向抗拔承载力验算

5.2.1 桩基的抗拔承载力破坏可能呈单桩拔出或者群桩整体拔出模式,对这两种破坏模式的承载力应分别进行验算,桩基设计抗拔承载力取其中的小值。

5.2.2 关于群桩和单桩的抗拔承载力确定问题

- a) 单桩抗拔承载力应通过单桩竖向抗拔静载试验确定;
- b) 关于抗拔侧阻力折减系数,本规程表2取自JGJ 94—2008。

5.3 单桩水平承载力计算

5.3.1 影响多节三岔(DX)挤扩灌注桩水平承载力的因素除桩的抗弯强度(它取决于桩身截面尺寸、承力盘或承力岔的位置与尺寸、配筋情况及混凝土强度等)、桩顶允许位移和地基土的物理力学性能外,还有桩顶嵌固情况、承力盘(岔)与桩端的约束情况、桩顶竖向荷载的大小以及承台的底面阻力和侧面抗力等。多节三岔(DX)挤扩灌注桩是带有一个或多个扩径体的变截面桩,要按某一种分析计算方法较准确地确定其单桩水平承载力是困难的,故对于承受水平荷载较大的多节三岔(DX)挤扩灌注桩,应按水平静载试验确定其单桩水平承载力容许值。

根据设计要求,多节三岔(DX)挤扩灌注桩的水平静载试验可进行桩顶自由的单桩试验,加竖向荷载的单桩试验及带承台的单桩或多桩试验等。

5.4 桩身强度验算与裂缝控制计算

5.4.2 本条关于多节三岔(DX)挤扩灌注桩的承力盘(岔)的抗剪和抗冲切验算

a) 抗剪验算

根据GB 50010—2002式(7.5.1-1)规定,该式可用于多节三岔(DX)挤扩灌注桩承力盘(岔)的抗剪验算,验算公式如下:

$$V \leq 0.25f_c A_v \dots\dots\dots (5.3)$$

式中:

V —— 承力盘(岔)承受的最大剪力设计值;

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值;

A_v —— 承力盘(岔)剪切截面积。

根据30余根多节三岔(DX)挤扩灌注桩实测承力盘(岔)端阻力的统计,视承力盘(岔)的位置和土层情况,极限盘(岔)端阻力为208~2 928 kPa。为用上述公式进行验算,取本标准附录C表C.2中最大值,即 $q_{pk}=q_{sk}=3\ 300$ kPa;桩身混凝土强度等级取最低值,即C25, $f_c=11\ 900$ kPa。以下按相应于5种承力盘(岔)设计直径的最大和最小承力盘高度的情况列表(表5.1和表5.2)进行抗剪

验算。

1) 承力盘抗剪验算

表 5.1 承力盘抗剪验算

桩身设计直径 d (mm)	800	800	1 200	1 200	1 500
承力盘设计直径 D (mm)	1 400	1 900	1 900	2 400	2 400
承力盘高度 h (mm)	675	1 055	775	1 145	935
承力盘设计截面面积 A_{p0} (m^2)	1.036	2.331	1.703	3.391	2.755
承力盘最大剪力设计值 $V=3300 \cdot A_{p0}$ (kN)	3 419	7 692	5 619	1 1190	9 091
承力盘总剪切抗力 [V] $[V]=0.25 f_c \cdot \pi dh$ (kN)	5 044	7 884	8 688	12 835	13 101

2) 承力岔抗剪验算

表 5.2 承力岔抗剪验算

桩身设计直径 d (mm)	800	800	1 200	1 200	1 500
承力岔设计直径 D (mm)	1 400	1 900	1 900	2 400	2 400
承力岔高度 h (mm)	675	1 055	775	1 145	935
承力岔厚度 b (mm)	200	250	250	300	300
承力岔设计截面面积 A_{pb} (m^2)	0.180	0.413	0.263	0.540	0.405
承力岔最大剪力设计值 V $V=3300 \cdot A_{pb}$ (kN)	594	1 363	868	1 782	1 337
承力盘总剪切抗力[V] $[V]=0.25 f_c \cdot 3bh$ (kN)	1 205	2 354	1 729	3 066	2 503

承力盘（岔）抗剪验算结果表明，当多节三岔（DX）挤扩灌注桩的桩身设计直径 d 、承力盘（岔）设计直径 D 和高度 h 符合附录 D 的规定时，可不进行承力盘（岔）的抗剪验算。

b) 抗冲切验算

吉林大学钱永梅博士研究了双坡形式的承力盘 [相当于多节三岔（DX）挤扩灌注桩的承力盘] 的冲切破坏问题，其主要论点：

1) 基本假定

- 承力盘冲切破坏形态类似于斜拉破坏，其所形成的圆台斜裂面与水平面大致成 45° 倾角，是一种脆性破坏，如图 5.1 所示；
- 桩顶外荷载属于轴心作用荷载；
- 承力盘下的土为均质各向同性的。

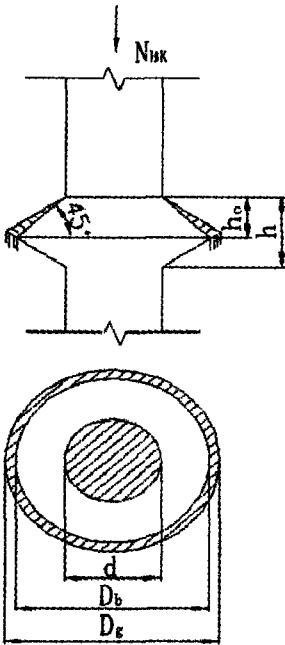


图 5.1 冲切破坏示意图

2) 冲切理论分析

参考混凝土独立基础冲切破坏理论，承力盘在承受桩顶传来的荷载时，如果沿桩周边的承力盘高度不够，就会发生如图 5.1 所示的由于冲切承载力不足的截面，呈圆台斜裂面破坏，为了保证不发生冲切破坏，必须使冲切面以外的地基反力所产生的冲切力 F_L 不超过冲切面处混凝土的抗冲切能力，如图 5.1 所示。

根据上述理论，承力盘高度需满足如下条件：

$$F_L \leq 0.7 f_t \cdot L_m \cdot h_0 \dots\dots\dots (5.4)$$

$$F_L = q_{BK} \cdot A_L$$

$$L_m = \frac{d + D_b}{2} \pi$$

$$D_b = d + 2h_0$$

$$h_0 = \frac{h(D_g - d)}{h + D_g - d}$$

$$q_{BK} = \frac{N_{BK}}{A} = \frac{N_{BK}}{\pi \left[\left(\frac{D_g}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]} = \frac{4N_{BK}}{\pi(D_g^2 - d^2)}$$

式中：

- F_L ——盘端地基所产生的冲切力；
- f_t ——混凝土抗拉强度设计值；
- L_m ——混凝土抗冲切破坏面中截面周长；

- d ——桩身设计直径；
 D_s ——冲切破坏圆台斜截面的下边直径；
 h ——承力盘高度；
 h_0 ——承力盘有效高度；
 D_g ——承力盘公称直径；
 A_L ——考虑冲切荷载时取用的圆环面积，图 5.1 中的阴影部分；
 q_{Bk} ——相当于在荷载效应基本组合时承力盘的轴向压力设计值 N_{Bk} 作用下的盘端阻力；
 A ——扣除桩身设计截面面积，在水平投影面上的承力盘公称截面面积。
经转换修正后，式 (5.4) 变为

$$N_{Bk} \leq 2.2f_t \cdot h_0(d+h_0) \frac{D_g^2 - d^2}{D_g^2 - (d+2h_0)^2} \dots\dots\dots (5.5)$$

以下按相应于 5 种承力盘公称直径的最大和最小桩身设计直径与承力盘高度的情况列表进行抗冲切验算。验算时 q_{Bk} 取最大值，即 $q_{Bk}=3\ 300\ \text{kPa}$ ；桩身混凝土强度等级取最低值，即 C25， $f_t=1\ 270\ \text{kPa}$ 。

表 5.3 承力盘抗冲切验算

桩身设计直径 d (mm)	800	800	1 200	1 200	1 500
承力盘公称直径 D_g (mm)	1 550	2 050	2 050	2 550	2 550
承力盘高度 h (mm)	675	1055	775	1 145	935
承力盘轴向压力设计值 N_{Bk} $N_{Bk}=0.785q_{Bk}(D_g^2-d^2)/(\text{kN})$	4 151	8 390	6 506	11 922	10 015
式 (4-5) 右部 (kN)	16 729	18 499	31 531	28 813	38 236

承力盘抗冲切验算结果表明，当多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的桩身设计直径 d 、承力盘公称直径 D_g 和高度 h 符合附录 D 的规定时，可不进行承力盘的抗冲切验算，进而也可推断可不进行承力岔的抗冲切验算。

6 施工

6.3.3.9 对于清孔当采用正、反循环钻机 (含潜水钻) 钻进成孔工艺时，钻至设计孔深后，应进行第一次清孔；当使用旋挖钻机成孔时，不宜一直钻至设计孔深，应预留 1 m 左右深度，待挤扩施工结束后，旋挖钻机二次就位清理孔底沉淀土 (渣) 时再钻至设计孔深。

6.4.1 鉴于多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩施工中较常规灌注桩多了一道挤扩工序，挤扩过程中常会有沉淀土 (渣) 掉入孔底，尤其在粘性土层中挤扩，有时可能会有较大的泥块掉入孔底，因此，施工中应特别注意把好清孔这一关。

6.5.3 首次挤扩压力值将直接反映出土层的软硬程度，同时也决定着多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的承载力大小，因此液压操作员在挤扩时应注意观察并记录压力表数值。当地质条件复杂多变时，应及时按程序报告监理工程师或业主，并会同相关方进行洽商，最终解决方案应由设计方认可，必要时应进行设计变更。

7 质量检验及质量标准

7.3 为加强多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩施工过程的检验，本条规定多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的施工质量检验除成孔、清孔及混凝土灌注等常规施工质量外，还应重点检查挤扩承力盘腔的质量。承力

盘腔的质量主要指承力盘腔的直径、标高、持力土层、间距、挤扩次数、旋转角度及首次挤扩压力值等参数和内容。

附 录 B (规范性目录)

多节三岔 (DX) 液压挤扩装置主要技术参数

表中承力盘 (岔) 的公称直径是对应于挤扩装置的上下挤扩臂的夹角为 70° 时所形成的挤扩盘 (岔) 腔的直径。考虑到承力盘 (岔) 的竖向剖面形状的特点和保证一定的承载安全度, 承力盘 (岔) 设计直径略小于承力盘 (岔) 公称直径。

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的扩径率和扩大率列于表 B.1。

表 B.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的扩径率和扩大率

设备型号	DX-800	DX-1 000
桩身设计直径 d (mm)	800~1 200	1 200~1 500
承力盘 (岔) 公称直径 D_g (mm)	2 050	2 550
扩径率 I (D_g/d)	2.56~1.71	2.13~1.70
承力盘 (岔) 设计直径 D (mm)	1 900	2 400
扩径率 II (D/d)	2.38~1.58	2.00~1.60
桩身设计截面面积 A (m^2)	0.502~1.130	1.130~1.766
承力盘设计截面面积 A_{PD} (m^2)	2.331~1.703	3.391~2.755
扩大率 A_{PD}/A	4.64~1.51	3.00~1.56

由表 B.1 可知多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的扩径率 I 为 1.70~2.56; 扩径率 II 为 1.58~2.38; 扩大率为 1.51~4.64。扩径率和扩大率的大小直接影响单桩总极限盘端阻力和单桩竖向抗压极限承载力的大小。因此, 合理地选择多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的尺寸参数也是很重要的。

计算承力盘和承力岔的工程量时应按本标准附录 D 中承力盘和承力岔的公称体积 V_{bg} 和 V_{hg} 取值。承力盘公称体积 V_{bg} 可按下式计算:

$$V_{bg} = 2 \cdot \frac{\pi}{3} \left(\frac{h-c}{2} \right) \left(\frac{D_g^2 + d^2 + D_g d}{4} \right) + \frac{\pi}{4} D_g^2 \cdot c - \frac{\pi}{4} d^2 h$$

简化后, 可得: $V_{bg} = 0.785[0.333(h-c)(D_g^2 + d^2 + D_g d) + D_g^2 c - d^2 h]$ (B.1)

承力岔公称体积 V_{hg} 可按下式计算:

$$V_{hg} = 3 \left(c \cdot a \cdot b + a \cdot \frac{h-c}{2} \cdot b \right)$$

简化后, 可得:

$$V_{hg} = 0.75b(D_g - d)(h+c) \text{ (B.2)}$$

式中

V_{bg} ——承力盘公称体积;

V_{hg} ——承力岔公称体积;

h ——承力盘高度;

c ——承力盘外沿高度；
 D_f ——承力盘公称直径；
 d ——桩身设计直径。

附 录 C
(规范性目录)

多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限侧阻力标准值、极限盘端阻力标准值和极限桩端阻力标准值

C.1 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限侧阻力标准值

表中数值适用于老沉积土；对于新近沉积土， q_{sk} 应按土的状态，降一级取值。

C.2 多节三岔 (DX) 挤扩灌注桩的极限盘端阻力和极限桩端阻力标准值

表中数值适用于老沉积土；对于新近沉积土， q_{Bsk} 、 q_{bdk} 和 q_{pk} 应按土的状态，降一级取值。

本附录关于上述土类的划分为：晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土，应定为老沉积土；第四纪全新世中近期沉积的土应定为新近沉积土。