

变电站建筑大直径挖孔扩底桩的设计

祝和明

(南京电力设计研究院 江苏 南京 210013)

摘要 :简介大直径挖孔扩底桩在南京地区变电站建筑中的布置方式和桩端持力层的选择,阐述大直径挖孔扩底桩的设计计算方法,包括桩水平承载力、桩垂直承载力、桩顶弯矩、桩身轴压比、桩身配筋、桩的沉降等的计算及桩护壁设计,总结分析了大直径挖孔扩底桩的构造要求、施工中遇到的问题及处理方法。

关键词 :大直径人工挖孔扩底桩;变电站建筑;构造

中图分类号 :TU473.1+2

文献标识码 :A

文章编号 :1006-764X(2003)07-0041-02

变电站建筑为工业建筑,建筑规模不大,层数不高,但设备荷载较大,因而对单桩承载力要求较高。另外变电站建筑的施工队一般都为小型施工队,其机械化程度不高,施工设备不齐全,而施工大直径人工挖孔扩底桩仅靠简单的机具就能实现,因而大直径人工挖孔扩底桩在变电站建筑中得到了广泛的应用。此外,大直径人工挖孔扩底桩还具有桩受力明确、计算简单、基础成本低廉、桩身质量可靠、基础施工简便和基础沉降小等优点。

1 桩的布置

在工程设计中,对于变电站框架结构,原则上采用一柱一桩,桩与桩之间的最小中心距为 $3D$ (D 为桩身直径)。当桩距在 $1 \sim 3\text{ m}$ 之间时,采用的处理方法有:①桩距小于或等于 2 m 时,可在两根柱下合布一根桩;②桩距大于 2 m 时,可在每根柱下各布一根桩,当桩底扩大头距离太小(不满足规范要求)时,可使两桩底的标高相互错开,错开水平最近距离大于或等于 0.5 m 、垂直距离大于或等于 $1D$ 。如桩底标高一致,则水平最近距离要大于或等于 1 m 。

2 桩端持力层的选择

a. 在近郊或郊区的半户内型变电站设计中,由于功能单一,一般为两层建筑,因而荷载相对来说不太大,可选择承载力较高的砂、卵石层或压缩性较小的硬塑状粘性土层或强风化岩层作为持力层。

b. 在城区的全户内型变电站设计中,由于兼作办公用房,因而层数较多,荷载较大,可根据荷载的大

小选择强风化或中风化或微风化岩层作为持力层。

3 桩的设计计算

3.1 桩水平承载力的计算

南京地区的抗震设防烈度为 7 度,原则上讲应按 GB50011-2001《建筑抗震设计规范》相关条例进行抗震验算,但通常情况下南京地区的变电站建筑都满足 GB50011-2001 中 4.4.1 条的规定。同时柱与桩之间靠桩帽或承台连接,桩帽或承台通常位于地面以下,由于其受周围土的嵌固作用、桩帽或承台与地基之间的摩擦力、桩帽及承台侧壁的被动土压力等有利影响,可以将很大一部分水平力通过桩帽或承台传到周围土上去,因此,传到桩上的水平力非常小,通常情况下不必进行桩水平承载力计算。

3.2 桩垂直承载力的计算

桩垂直承载力取决于桩身的材料强度或桩尖土对桩的支承能力。一般说来,桩的承载力由后者控制,但桩身的混凝土强度得不到充分发挥。只有对支承在中风化或微风化岩层上的端承桩,因岩体的允许承载力很高,基岩的承载力得不到充分发挥,才可能由桩身材料强度控制。

按桩身材料强度计算^[1]:

$$R_K \leq 0.48 f_c D^2 \quad (1)$$

式中: R_K 为单桩垂直承载力标准值, kN; f_c 为桩身混凝土轴心抗压设计强度, MPa; D 为桩身直径, m。

按土的支承能力计算^[1]:

$$R_K = \pi D^2 \sum L_i q_{si} + q_p \pi D_0^2 / 4 \quad (2)$$

式中: L_i 为桩周第 i 层土的厚度 m ; q_{si} 为桩周第 i 层土的允许摩阻力 kPa ; D_0 为桩端扩大头直径 m ; q_p 为桩端土的承载力标准值 kPa 。

当桩端支承在中风化或微风化岩层上时,由于孔底浮土能保证清除干净,受荷后,桩的沉降很小,覆盖土层与基岩的压缩模量相差很大,穿过土层的桩壁摩阻力不能完全发挥,因此,设计时不考虑桩身与土层的摩阻力,此种情况下的桩为端承桩。桩垂直承载力按式(3)计算^[1]:

$$R_K = q_p \pi D_0^2 / 4 \quad (3)$$

而当桩端支承在砂、卵石层或硬塑状粘土层或强风化岩层上时,桩垂直承载力(按式(2)计算)由桩周摩阻力和桩端承载力组成,且桩周摩阻力占桩垂直承载力的比例往往较大(注意:桩端扩大头部分及以上 $1m$ 范围内不计桩周摩阻力)。

在确定单桩垂直承载力标准值后,基桩的竖向承载力设计值为 $R = R_K / r$ (r 为桩侧阻端阻综合抗力分项系数)。

3.3 桩顶弯矩的计算

通常情况下,在桩帽或承台标高处 x, y 方向都设有基础梁或拉梁。将柱底弯矩在基础梁或拉梁、桩、柱之间按线刚度进行分配(桩底按固端考虑),可得到桩顶弯矩值。由于基础梁或拉梁的刚度往往较大,所以分配到桩顶的弯矩较小。另外,桩所承受的垂直力往往很大,而弯矩与垂直力的比值较小,多属小偏心,在通常情况下进行设计时,不考虑弯矩的影响。

3.4 桩身轴压比

按材料强度计算桩的垂直承载力时,还必须满足桩身的轴压比要求,桩身轴压比不宜大于 0.5 ,因此桩身最大轴力^[2]

$$N_{\max} \leq 0.5 f_c A \quad (4)$$

式中 $A = \pi D^2 / 4$, 则

$$N_{\max} \leq 0.39 f_c D^2 \quad (5)$$

比较式(1)与式(5)可知,以轴压比控制的桩不必按材料强度验算桩的垂直承载力。

3.5 桩身配筋

桩身纵筋由计算确定,纵筋配筋率不小于桩身面积的 0.4% ,且数量不小于 8 根,直径不小于 $\varnothing 10$,并沿桩周边均匀布置。纵筋须锚入桩帽或承台内 $45d$ (d 为纵筋直径)。对变电站建筑,由于其相当重要,是城市的生命线工程,抗震设防标准较高,因而需将全部钢筋直通到桩底。

箍筋采用螺旋箍筋或焊接环式箍筋,并不小于 $\varnothing 8 @ 200$ 。在纵筋伸入承台或桩帽的 $45d$ 内以及桩顶 $(3 \sim 5)d$ 范围内箍筋应适当加密,以提高桩的水

平承载力。为加强纵筋的刚度和整体性,每隔 $2m$ 焊一道 $\varnothing 12 \sim \varnothing 18$ 的横向加劲箍筋。

3.6 桩的沉降计算

当选择基岩作为桩端持力层时,由于孔底浮土得到清理,桩受荷后沉降很小,此种情况下往往不做沉降计算。

当选择砂、卵石层或硬塑状粘土层作持力层时,需做桩的沉降计算。桩基的沉降计算方法与天然地基类同,只是将桩与桩间土看作一个整体,桩底看作基底,附加应力从桩底开始计算。桩底压缩层的计算厚度,目前多按附加应力等于土自重应力 20% 处的深度来考虑,或直接按 $3D_0$ (D_0 为桩端扩大头直径)计算。

3.7 桩护壁设计

当土质情况良好时,可不作护壁或仅做素混凝土护壁。但一般情况下,为防止土体坍塌,确保施工安全,需要设计钢筋混凝土护壁。护壁的混凝土强度等级不应低于 $C15$,水下灌注时不得低于 $C20$ 。

4 构造要求

a. 桩身混凝土强度等级不低于 $C20$,桩径 $D \geq 800mm$,桩身纵筋的保护层厚度不得小于 $35 \sim 50mm$ 。桩端扩大头直径 D_0 与桩身直径 D 之比不应大于 3 。为提高桩的承载力,不论桩底有无扩大头($D = 800mm$ 的桩不必扩底),桩底都应挖成锅底形。

b. 单桩顶部一般设桩帽,群桩顶应设承台。桩顶嵌入桩帽或承台内 $100mm$,桩帽厚不小于 $1000mm$,其平面每边比桩边大 $200mm$,上下及侧边配以不小于 $\varnothing 10 @ 200$ 的双向钢筋笼。桩承台的尺寸及配筋由计算确定。桩帽或承台的混凝土强度等级不小于 $C20$ (一般同桩),钢筋的保护层厚度不小于 $70mm$ 。

c. 当有基础梁或有地下室底板时,不另设拉梁,但须在桩顶沿柱轴线于底板内增配不小于 $4\varnothing 18$ 的双向通长拉筋,各拉筋伸入桩身的长度不宜小于 $1m$,并在距桩边缘 $1m$ 范围内设抗剪箍筋不小于 $\varnothing 8 @ 200$ 。除上述情况外,应于桩顶处设置双向拉梁。拉梁的高度按计算确定,但不小于相邻桩帽中心距的 $1/15$,宽不小于 $200mm$ 。拉梁顶面宜与承台顶或桩帽顶位于同一标高。拉梁纵向受拉钢筋面积按所连接柱子最大轴力的 10% 作为拉力计算确定,上下钢筋不得小于 $2\varnothing 14$,箍筋不得小于 $\varnothing 8 @ 300$ 。

d. 当持力层为硬粘土和中密砂土,桩端进入持力层的深度不宜小于 $(2 \sim 3)D$;当持力层为碎石土,桩端进入持力层的深度不宜小于 $(1 \sim 2)D$;当持力层为基岩时,则桩端进入岩层的深度不小于 $1m$ 。

(下转第 46 页)

1/8^[1]。防洪墙在建设使用过程中,往往会因水泥的收缩硬化、温度升降、水位起落而在墙体中产生拉应力,一旦拉应力超过其抗拉强度,裂缝即产生并扩展,这是水利工程的致命伤害。如果在混凝土中加入钢纤维,则在受拉工况下,钢纤维与混凝土共同承担拉应力。由于钢受拉时的弹性模量大约为混凝土的10倍^[1],在相同的变形时,钢纤维承受的拉应力是混凝土的10倍,故钢纤维的加入大大地缓解了混凝土基体受拉劣势,从而阻止或延缓了微裂缝的产生。当拉应力的增大而使混凝土基体出现微裂缝时,跨越在裂缝处的钢纤维仍能承接由基体与钢纤维接触界面传递的拉应力,缓和了裂缝尖端应力的集中程度^[2],这时钢纤维与混凝土基体承受的荷载进行重分配,继续承受更大的荷载,并产生弹塑性变形,同时阻碍原有裂缝的扩展和减少新增微裂缝。另外,温度升降、水位起落与冬季的冻融循环都会产生重复性荷载,普通混凝土的裂缝只有增加与扩展而无愈合,而钢纤维混凝土中的钢纤维则如同裂缝间的弹簧,随拉力增减而伸缩,这也具有阻裂效果。

钢纤维混凝土抗渗能力强的根本原因也在于其优异的抗裂性能。

在水流冲磨作用下,普通混凝土表层集料与水泥浆体界面区逐渐松动,直至集料脱离基体,形成凹凸不平的结构表面又进一步加大了水流冲磨力,致使更多的混凝土集料与胶凝体被冲刷掉。而钢纤维混凝土中纵横交错的纤维网状结构对集料和水泥浆体的粘结起到了加固作用,使集料难以发生位移,水泥浆体界面区亦难以松动,此外,裂缝的少与窄也有助于基体的整体性,故钢纤维混凝土比普通混凝土更耐冲磨。

尽管钢纤维混凝土的单价比普通混凝土要稍贵

一些,但由于防洪墙面板随着施工及蓄水过程呈现较复杂的受力变形状态,采用钢纤维混凝土后,可以很好地阻止裂缝的形成及扩展,比普通钢筋混凝土具有更好的适应变形的能力,可适当减小面板的厚度和水泥用量,温控要求相对较低,可取消或减少钢筋使用量,从而可大大避免或减少在陡坡上进行钢筋绑扎作业的潜在危险;喷射钢纤维混凝土施工安全、质量好控制、速度快、生产效率高。更重要的是,由于提高了面板的抗裂能力和耐久性,可减少后期维修费用,大幅度提高水利工程的安全可靠程度。因此,其综合效益优于普通混凝土。

5 结 论

a. 钢纤维混凝土中乱向分布的钢纤维主要作用在于阻碍混凝土内部裂缝的产生与扩展,极大地提高了混凝土的抗渗性能,纵横交错的纤维网状结构对集料和水泥浆体的粘结起到了加固作用,使钢纤维混凝土比普通混凝土更耐冲磨。而优异的抗渗与耐冲磨性能使钢纤维混凝土在水利工程中有着极其良好的应用前景。

b. 喷射钢纤维混凝土施工安全、质量好控制、速度快、生产效率高,结构使用寿命长、后期维修费用少,因此在考虑喷射钢纤维混凝土的应用时,不应只计一次性投资,而应考虑其多种优越性而带来的综合效益。

参考文献:

[1] 天津大学, 同济大学, 东南大学. 混凝土结构(上册) [M]. 第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 19 369~372.
[2] 赵国藩, 彭少民, 黄承逵. 钢纤维混凝土结构 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. 59

(收稿日期 2003-11-25 编辑 熊水斌)

(上接第 42 页)

5 结 语

大直径人工挖孔扩底桩在南京地区的变电站建筑基础中应用较广,它既很好地满足了变电站建筑对单桩承载力要求高的设计要求,又满足了小型施工队施工、机械化程度不高的施工要求。但是,尽管人工挖孔扩底桩的施工方法相对简单,但在施工过程中,也常常遇到一些棘手的问题,如地下水、淤泥、流沙、坍孔等。因此,在桩成孔过程中,为使孔底始终处于无水状态,使施工得以继续进行,就必须采取相应的措施,降低孔内的地下水位。通常采用的方法有:①直接在抽水机孔内抽水(此方法最简单也最常用);②根据水文地质勘察资料所提供的渗水量,采

用井点降水法,使地下水位降至孔底以下 0.5~1.0 m 处;③将桩孔分为若干组进行成孔,每组选 1~2 个挖得最深的孔作为该组挖孔的集水井,利用抽水机对集水井进行抽水,以降低地下水位。当遇到流沙、淤泥和松散的土层时,桩成孔比较困难,为避免坍孔,往往采用有足够刚度的钢筒护壁代替钢筋混凝土护壁,钢筒随挖随沉。但钢筒护壁的设计比较复杂。

参考文献:

[1] DB32/112-95 南京地区地基基础设计规范 [S].
[2] JGJ94-94 建筑桩基技术规范 [S].

(收稿日期 2003-07-24 编辑 熊水斌)