

DB22

吉林省工程建设地方标准

DB/T XXXXX-XXXX

变径笼扩体锚杆（索）技术标准

Technical standards for variable diameter cage expansion anchor rods (cables)

（公示稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

吉林省住房和城乡建设厅

吉林省市场监督管理厅

联合发布

吉林省工程建设地方标准

变径笼扩体锚杆（索）技术标准

Technical standards for variable diameter cage expansion
anchor rods (cables)

DB/T XXXXX- XX XX

主编部门：吉林省建设标准化管理办公室

批准部门：吉林省住房和城乡建设厅

吉林省市场监督管理厅

施行日期：××××年××月××日

2025 · 长春

前 言

根据吉林省住房和城乡建设厅《关于下达〈2024 年全省工程建设地方标准制定（修订）计划（一）〉的通知》吉建设[2024]9 号文件的要求，编制组会同有关单位，在总结变径笼扩体锚杆（索）的试验及研究成果基础上，通过大量的工程应用，借鉴国内外的相关标准，本着“安全耐久、技术先进、经济合理、保证质量”的理念，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料与组件；5 设计；6 施工；7 试验、质量检验及验收。

请注意本标准的某些内容涉及“一种锚杆或桩基用变直径钢筋笼及其应用”（ZL201710316124.4）、“一种克服抗浮固定直径锚头或扩大头锚杆体系变形的工法”（ZL201710363883.6）的专利。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本标准主编单位及专利人（江苏景源万河环境科技有限公司）协商处理。除此之外，部分内容仍可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由吉林省建设标准化管理办公室负责管理，由吉林省交通科学研究所负责具体技术内容的解释。

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给吉林省建设标准化管理办公室（地址：长春市贵阳街 287 号，邮编：130051，Email：jljsbz126.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：吉林省交通科学研究所

江苏景源万河环境科技有限公司

本标准参编单位：东南大学

河海大学

安徽聚鑫至善科技有限公司

江苏交水建智能装备研究院有限公司

本标准主要起草人员：刘 扬 戴国亮 郭 庆 黄 挺 翟 钱 李舰航 王 林
吕东冶 李莎白 杨 斌 刘国庆 王 军 刘松梅 吴 燕
赵仲新 郭 晶 王 东 刘文涛 王立波 王 峥 丁鹏翔
王彦峰 张海诚 郝 强 邢 龙 马明星 刘继川 潘 腾

本标准主要审查人员：谢玉田 陶乐然 孙福申 王永光 李建国 博 坤 常 鹤

目 次

1	总 则.....	1
2	术语和符号.....	2
	2.1 术 语	2
	2.2 符 号	2
3	基本规定.....	5
4	材料与组件.....	6
	4.1 一般规定	6
	4.2 杆 体	6
	4.3 变径钢筋笼	6
	4.4 锚 具	7
	4.5 注浆材料	7
	4.6 其他材料	7
5	设 计.....	9
	5.1 一般规定	9
	5.2 锚杆选型	9
	5.3 变径笼扩体锚杆抗拔承载力计算.....	10
	5.4 锚固体稳定性验算	13
	5.5 抗浮变径笼扩体锚杆.....	14
	5.6 基坑与边坡支护锚杆.....	16
	5.7 防腐设计	18
6	施 工.....	20
	6.1 一般规定	20
	6.2 成 孔	21
	6.3 制作与安装	22
	6.4 注 浆	22
	6.5 张拉和锁定	23
7	试验、质量检验及验收.....	25

7.1 一般规定	25
7.2 试 验	25
7.3 质量检验及验收	25
7.4 不合格锚杆处理	27
附录 A 变径笼扩体锚杆杆体材料力学性能	28
附录 B 变径笼常用规格型号	32
附录 C 抗浮变径笼扩体锚杆防腐构造	33
本标准用词说明.....	36
引用标准名录.....	37
附：条文说明.....	38

1 总 则

1.0.1 为规范变径笼扩体锚杆（索）的工程应用，做到安全耐久、技术先进、经济合理、保证质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于结构抗浮、基坑支护、边坡支护等岩土锚固工程应用变径笼扩体锚杆(索)的设计、施工及质量检验与验收等。

1.0.4 变径笼扩体锚杆的设计与施工，应综合考虑场地周边环境、工程地质和水文地质条件、建（构）筑物结构类型和功能要求等因素，结合地域特点，因地制宜、精心设计、精细施工，加强质量控制。

1.0.5 变径笼扩体锚杆工程除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 变径笼扩体锚杆（索） variable diameter cage expansion anchor rods (cables)

在锚孔底部按设计长度实施扩孔并灌注锚固浆液，扩体段的杆体采用变径笼骨架，形成底部直径较大的圆柱状注浆体锚杆。

2.1.2 锚头 anchor head

锚杆杆体出露在锚孔孔口以外，连接外部承载构件的外端头及其连接件。

2.1.3 锚杆杆体 anchor tendon

由锚筋与护套、定位架、注浆管、排气管等零部件组装而成的杆件。

2.1.4 自由段 free anchor length

杆体不与注浆体和地层粘结，且能自由变形的部分。

2.1.5 锚固段 fixed anchor length

锚杆中通过固结体将拉力传递给周围岩土体的部分。

2.1.6 注浆体 grouting body

水泥浆（水泥砂浆）或合成树脂等胶结材料凝固后位于稳定岩土体中用于为锚杆提供抗拔承载力的那部分固结体。

2.1.7 锚固体 anchorage body

锚固段注浆体与嵌固注浆体的土体所组成的受力共同体。

2.1.8 张拉锁定值 lock-off load

锚杆杆体张拉后锁定完成时的拉力值。

2.1.9 锚杆抗拔力极限值 ultimate bearing capacity

锚杆在轴向拉力作用下达到破坏状态前或出现超容许位移变形时所对应的最大拉力值。

2.2 符号

2.2.1 作用与作用效应

F_1 ——局部荷载设计值或集中反力设计值；

F_f ——地下水浮力标准值；

G ——结构自重及其他永久荷载标准值之和；

N_k ——锚杆拉力标准值；

W ——基础下抗浮锚杆范围内总的土体重量，计算时采用浮重度；

W' ——锚杆与四周相邻锚杆间距的中心线所围成范围内土体按浮重度计算的土体自重标准值。

2.2.2 抗力与材料性能

c ——土体的黏聚力；

e ——孔隙比；

E_s ——锚杆杆体弹性模量；

F_m ——整根钢绞线的最大力；

F_{py} ——整根钢绞线的设计力；

f_{ck} ——浆体轴心抗压强度标准值；

f_{pk} 、 f_{py} ——钢筋、钢绞线的抗拉强度标准值、设计值；

f_{mg1} 、 f_{mg2} ——锚杆普通锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值、扩体锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值；

f_{ik} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；

I_L ——黏性土的液性指数；

N ——标准贯入击数；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探击数；

p_D ——扩体锚固段前端土体对扩体段的抗力强度值；

R_{ct} ——注浆体受压承载力标准值；

T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值；

T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值；

$\sigma_{pc,m}$ ——计算截面周长上两个方向混凝土有效预压应力按长度的加权平均值；

γ ——扩体锚固段上覆土体的重度；

γ' ——土体浮容重；

φ ——土体的内摩擦角。

2.2.3 几何参数

a, b ——锚杆两个方向上的间距；

A_s ——截面面积；

A_m ——浆体受压净面积；

d ——钢筋直径；

D_1 ——锚杆钻孔直径；
 D_2 ——锚杆扩体段直径；
 D_n ——钢绞线公称直径；
 h ——扩体段上覆土体的厚度；
 h_0 ——截面有效高度，取两个方向配筋的有效高度平均值；
 h_1 ——锚杆锚头中点至基坑底面的距离；
 h_2 ——净土压力零点（主动土压力等于被动土压力）到基坑底面的深度；
 H ——锚杆长度；
 L_c ——锚杆杆体的变形计算长度；
 L_D 、 L_d 、 L_f ——锚杆的扩体锚固段长度、非扩体锚固段长度、自由段长度；
 L_t ——锚杆杆体与注浆体的粘结长度；
 μ_m ——计算截面的周长；
 β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸的比值。

2.2.4 计算系数

K ——锚杆抗拔安全系数，即锚固段注浆体与地层的抗拔安全系数；
 K_a 、 K_p 、 K_0 ——土体的主动土压力系数、被动土压力系数、静止土压力系数；
 K_f ——抗浮稳定安全系数；
 K_s ——锚杆杆体与注浆体的粘结安全系数；
 K_T ——锚杆的轴向刚度系数；
 K_t ——锚杆杆体的抗拉断综合安全系数；
 α_s ——柱位置影响系数；
 β_h ——截面高度影响系数；
 ζ ——锚杆在拉力作用下扩体锚固段向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数；
 η ——浆体强度侧限增大系数；
 η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；
 η_2 ——计算截面周长与板截面有效高度之比的影响系数。

3 基本规定

3.0.1 变径笼扩体锚杆按不同受力形式可分为：拉力型、拉压型和压力型（图 3.0.1）。

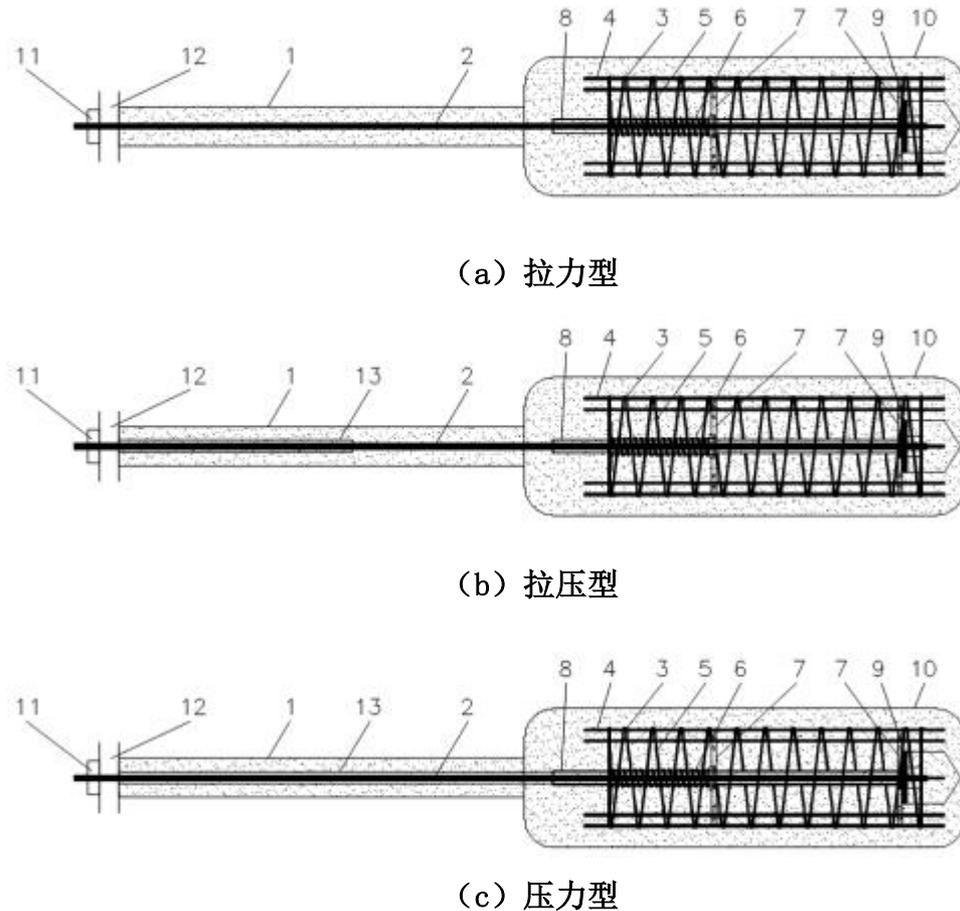


图 3.0.1 变径笼扩体锚杆

1-普通段；2-杆体；3-变直径钢筋笼；4-竖筋；5-螺旋箍筋；6-动力弹簧；7-活络；8-锚座；9-套管；10-扩体段；

11-承压板；12-锚具

3.0.2 变径笼扩体锚杆设计和施工前，应具备岩土工程勘察资料、设计文件、拟建场地环境条件与施工条件等资料。

3.0.3 变径笼扩体锚杆的扩体锚固段不应设在有机质土、淤泥或淤泥质土及未经压实或改良的回填土中。

3.0.4 变径笼扩体锚杆防腐保护等级 I 级、II 级、III 级的分级，可按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》 50086 规定执行。

3.0.5 当变径笼扩体锚杆正常使用期间出现防腐体系破坏或失效时，应对变径笼扩体锚杆的防腐采取补救措施。

4 材料与组件

4.1 一般规定

4.1.1 变径笼扩体锚杆主要由锚杆杆体、变径钢筋笼、锚具、注浆材料、锚杆自由段隔离套管、锚杆杆体定位器、注浆管等部件组成。

4.1.2 变径笼扩体锚杆施工采用的材料和部件应满足锚杆的设计要求,变径笼扩体锚杆采用的材料和部件应具有良好的稳定性,相互之间不得产生不良影响。

4.2 杆体

4.2.1 变径笼扩体锚杆杆体的钢筋宜采用预应力混凝土用热轧带肋钢筋、热处理钢筋、环氧涂层钢筋及普通热轧带肋钢筋,其力学性能指标除符合本标准附录 A 的规定外,尚应满足现行国家标准《预应力混凝土热处理钢筋》GB 4463、《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》GB/T 25826 的有关规定。

4.2.2 变径笼扩体锚杆杆体采用预应力筋时,宜采用预应力混凝土用热轧带肋钢筋;当锚杆极限承载力小于 200kN 且锚杆长度小于 200mm 时,可采用普通钢筋。

4.2.3 变径笼扩体锚杆杆体采用钢绞线、环氧涂层钢绞线、无粘结钢绞线时,其力学性能指标除应符合本标准附录 A 的规定外,尚应满足现行国家标准《环氧涂层预应力钢绞线》JG/T 387、《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 的有关规定。

4.2.4 变径笼扩体锚杆杆体采用的纤维增强复合(FRP)材料,其质量与性能应符合现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 的有关规定。

4.2.5 变径笼扩体锚杆连接部件的承载力不应低于其杆体极限抗拉设计值。

4.3 变径钢筋笼

4.3.1 钢筋笼的型号、尺寸应与变径笼扩体锚杆设计参数相匹配,并宜按本标准附录 B 的规定选用。

4.3.2 钢筋笼的竖筋应采用热轧带肋钢筋,其质量与性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB 1499 的规定。

4.3.3 钢筋笼采用的螺旋箍筋,其质量与性能应符合现行国家标准《钢丝绳通用技术条件》GB/T 20118。

4.3.4 当钢筋笼的竖筋、螺旋箍筋采用纤维增强复合(FRP)材料时,其质量与性能应符合现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 的有关规定。

4.3.5 钢筋笼的承压板宜由钢板制作,宜具有与锚杆所受最大拉力相适应的力学性能并满足与锚具及锚座的连接构造要求;钢板的质量与性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《优质碳素结构钢》GB/T 699、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。承压板规格可按照本标准附录 B 的规定选用。

4.4 锚具

4.4.1 变径笼扩体锚杆的锚具,应符合下列规定:

1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的质量与性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定;

2 预应力锚具的锚固力不应小于预应力杆体极限抗拉力的 95%,且当实测其极限抗拉力时,杆体总应变值不应小于 2%。

4.4.2 变径笼扩体锚杆锚头与外部承载构件的梁、板、台座的连接,以及相关结构的尺寸和配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。锚杆顶部和底板及格构梁等结构的锚固方式可选用法兰螺母或螺母套件(螺母+钢板+螺旋弹簧、螺母+钢板+螺母)等。

4.5 注浆材料

4.5.1 水泥基灌注材料宜采用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥,其质量与性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定;当对锚杆有防腐要求时,可采用抗硫酸盐水泥,但不宜采用高铝水泥。

4.5.2 合成树脂类注浆材料,应符合下列规定:

1 应满足锚固体强度和耐久性的要求;

2 材料的胶凝时间、养护时间、黏度及储存期应满足施工要求。

4.5.3 注浆材料中使用的外加剂,应符合国家现行有关标准的规定。

4.6 其他材料

4.6.1 变径笼扩体锚杆自由段应设置不透水的隔离套管,套管内应充填防腐润滑油脂。当采用热缩管时,变径笼扩体锚杆杆体应设置防腐涂层,热缩管相应性能应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 的有关规定。

4.6.2 变径笼扩体锚杆锚固段和自由段设置的杆体定位器应采用钢、塑料材料制成,不得采用木质材料。定位器的形状和大小不得阻碍注浆浆液的自由流动。

4.6.3 注浆管的内径、耐压能力、注浆性能应满足施工要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 变径笼扩体锚杆的设计，应包括下列内容：

- 1 锚杆的选型与抗拔承载力计算；
- 2 锚杆的筋体、锚具、注浆材料的类型；
- 3 锚固扩体段的设计长度、直径、空间布置、浆体材料及强度等设计参数及构造要求；
- 4 锚杆的防腐要求；
- 5 锚杆的质量检验要求等。

5.1.2 变径笼扩体锚杆的选型应根据工程要求、锚固地层性质、锚杆承载力、施工条件与施工方法等综合确定土层锚杆扩体段直径、变径笼直径、锚杆杆体主筋直径等数据。

5.1.3 变径笼扩体锚杆的设计工作年限应满足岩土锚固工程的需要。

5.1.4 变径笼扩体锚杆应根据其设计工作年限和地下水水质分析进行防腐设计。

5.1.5 变径笼扩体锚杆设计时，所采用的作用效应组合应符合所锚固主体结构的设计要求。

5.1.6 变径笼扩体锚杆的钻孔直径应满足锚杆抗拔承载力和防腐要求。

5.1.7 变径笼扩体锚杆布置应根据荷载情况、场地岩土工程条件、结构受力及变形要求等综合确定。

5.1.8 变径笼扩体锚杆的轴向拉力可按国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的有关规定确定。

5.1.9 变径笼扩体锚杆的极限抗拔承载力，应根据现场基本试验确定。

5.2 锚杆选型

5.2.1 土层锚杆的扩体段直径应根据土质和施工工艺参数，并通过现场试验或试验性施工验证试验确定。当无试验资料时，可按表 5.2.1 的规定选用。

表 5.2.1 锚杆扩体段直径参考值

土质		扩体段直径 D_2 (m)		
		水泥浆扩孔	水和水泥浆扩孔	水和水泥浆复喷扩孔
黏性土	$0.5 \leq I_L < 0.75$	0.4~0.7	0.6~0.9	0.7~1.1
	$0.25 \leq I_L < 0.5$	—	0.5~0.8	0.6~1.0
黏性土	$0 \leq I_L < 0.25$	—	0.4~0.7	0.45~0.9
砂土	$0 < N < 10$	0.6~1.0	1.0~1.4	1.1~1.6
	$11 < N < 20$	0.5~0.9	0.9~1.3	1.0~1.5
	$21 < N < 30$	0.4~0.8	0.8~1.2	0.9~1.4
土质		扩体段直径 D_2 (m)		
		水泥浆扩孔	水和水泥浆扩孔	水和水泥浆复喷扩孔
砾砂	$N < 30$	0.4~0.9	0.6~1.0	0.7~1.2

注：1 I_L 为黏性土液性指数， N 为标准贯入锤击数；

2 扩孔压力为（25~30）MPa；喷嘴移动速度为（10~25）cm/min；转速为（5~15）r/min；

3 风化岩层可按相应的土类参数取值。

5.2.2 变径笼锚杆选型应根据扩体段设计孔径要求，宜按表 5.2.2 的规定选用。

表 5.2.2 变径笼锚杆选型

普通段孔径 (mm)	扩体段孔径 (mm)	变径笼 初始直径/展开直径	锚杆杆体主筋选择 (mm)
150	≤ 600	130/280	1 根钢筋，直径 25/32
200	≤ 750	150/350	1 根钢筋，直径 25/32/36/40
250	≤ 800	200/350 或 200/450	1 根钢筋，直径 32/36/40
250	≤ 750	200/350	2 根或 3 根钢筋，直径不大于 32
250	≤ 800	200/350 或 200/450	2 根或 3 根钢筋，直径不大于 32

5.3 变径笼扩体锚杆抗拔承载力计算

5.3.1 变径笼扩体锚杆的抗拔力极限值，可按式估算：

$$T_{uk} = \pi[D_1 L_d f_{mg1} + D_2 L_D f_{mg2} + (D_2^2 - D_1^2) p_D / 4] \quad (5.3.1)$$

式中：

T_{uk} ——变径笼扩体锚杆抗拔力极限值（kN）；

D_1 ——变径笼扩体锚杆钻孔直径（m）；

L_d ——变径笼扩体锚杆普通锚固段的计算长度（m），可按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定取值，对非预应力锚杆，取实际长度减去两倍扩体段直径；对预应力锚杆取 $L_d=0$ ；

f_{mg1} ——变径笼扩体锚杆普通锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值（kPa），通过

试验确定；无试验资料时，可按表 5.3.1 的规定取值；

D_2 ——扩体段直径（m）；

L_D ——扩体锚固段长度（m）；

f_{mg2} ——扩体段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值（kPa），通过试验确定；无试验资料时，可按表 5.3.1 取值；

p_D ——扩体锚固段前端面土体对扩体段的抗力强度值（kPa）。

表 5.3.1 注浆体与岩土层间的极限摩阻强度标准值 (f_{mg1} , f_{mg2})

土质	土的状态	摩阻强度标准值 (kPa)
淤泥质土	—	16~20
黏性土	$I_L > 1$	16~20
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65
	$0 < I_L \leq 0.25$	65~73
粉土	$I_L < 0$	73~90
	$e > 0.90$	22~44
	$0.75 < I_L \leq 0.90$	44~64
粉细砂	$I_L < 0.75$	64~100
	稍密	22~42
	中密	42~63
中砂	密实	63~85
	稍密	54~74
	中密	74~90
粗砂	密实	90~120
	稍密	80~120
	中密	100~130
砾砂	密实	120~150
全风化软质岩	中密、密实	140~180
全风化硬质岩	$30 < N \leq 50$	80~100
强风化软质岩	$30 < N \leq 50$	120~140
强风化硬质岩	$N_{63.5} > 10$	140~200
极软岩	$N_{63.5} > 10$	160~240
软岩	$f_{rk} \leq 5 \text{ MPa}$	210~280
较软岩	$5 \text{ MPa} \leq f_{rk} < 15 \text{ MPa}$	280~600
	$15 \text{ MPa} \leq f_{rk} < 30 \text{ MPa}$	600~9600

注： I_L 为黏性土的液性指数； e 为粉土的孔隙比； N 为标准贯入击数； $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15 \text{ MPa}$ 、 $f_{rk} > 30 \text{ MPa}$ 的岩石。

5.3.2 扩体段前端面土体对扩体段的抗力强度值，对竖直变径笼扩体锚杆应按式（5.3.2-1）计算；对水平或倾斜向变径笼扩体锚杆应按式（5.3.2-2）计算：

$$p_D = [(K_0 - \xi) K_p \gamma h + 2c \sqrt{K_p}] / (1 - \xi K_p) \quad (5.3.2-1)$$

$$p_D = [(1 - \xi) K_0 K_p \gamma h + 2c \sqrt{K_p}] / (1 - \xi K_p) \quad (5.3.2-2)$$

式中：

K_0 ——扩体段端前土体的静止土压力系数，可由试验确定；无试验资料时，可按有关地区经验取值，或取 $K_0 = 1 - \sin \varphi'$ （ φ' 为土体的有效内摩擦角）；

ξ ——扩体段向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数，对非预应力锚杆可取 $\xi = (0.50 \sim 0.90) K_a$ ，对预应力锚杆可取 $\xi = (0.85 \sim 0.95) K_a$ ， K_a 为主动土压力系数；

K_p ——扩体段端前土体的被动土压力系数；

γ ——扩体段上覆土体的重度（ kN/m^3 ）；

h ——扩体段上覆土体的厚度（ m ）；

c ——扩体段端前土体的黏聚力（ kPa ）。

5.3.3 变径笼扩体锚杆抗拔力特征值，应按下式计算确定：

$$T_{ak} = T_{uk} / K > N_k \quad (5.3.3)$$

式中：

T_{ak} ——变径笼扩体锚杆抗拔力特征值（ kN ）；

T_{uk} ——变径笼扩体锚杆抗拔力极限值（ kN ）；

K ——变径笼扩体锚杆抗拔安全系数，可按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规范》JGJ/T 282 的规定取值；

N_k ——荷载效应标准组合计算的变径笼扩体锚杆拉力标准值（ kN ）。

5.3.4 变径笼扩体锚杆杆体的截面面积，应满足下列公式要求：

$$A_s \geq K_t T_{ak} / f_y \quad (5.3.4-1)$$

$$A_s \geq K_t T_{ak} / f_{py} \quad (5.3.4-2)$$

式中：

K_t ——变径笼扩体锚杆杆体的抗拉断综合安全系数，对于抗浮锚杆，取 $K_t = 2$ ；对于基坑及边坡支护锚杆中的临时性锚杆取 $K_t = 1.1 \sim 1.2$ ，永久性锚杆取 $K_t = 1.5 \sim 1.6$ ；其中，I级防腐应取上限值，II级防腐应取中值，III级防腐应取下限值；

T_{ak} ——变径笼扩体锚杆的抗拔力特征值 (kN)；

f_y 、 f_{py} ——预应力混凝土用螺纹钢和普通热轧钢筋的抗拉强度标准值、热处理钢筋的抗拉强度标准值 (kPa)。

5.3.5 压力型变径笼扩体锚杆注浆体受压承载力，应按下列公式计算确定：

$$N_k \leq R_{ck} / 2 \quad (5.3.5-1)$$

$$R_{ck} = \eta f_{ck} A_{ln} \quad (5.3.5-2)$$

式中：

R_{ck} ——注浆体受压承载力标准值 (kN)；

η ——浆体强度侧限增大系数，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定中混凝土局部受压时的强度提高系数取值；

f_{ck} ——浆体轴心抗压强度标准值 (MPa)，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定中混凝土轴心抗压强度标准值取值；

A_{ln} ——浆体受压净面积 (m²)。

5.4 锚固体稳定性验算

5.4.1 土层抗浮锚杆稳定性验算，应符合下列规定：

- 1 锚固体稳定性验算应根据各不同长度的变径笼扩体锚杆分别进行局部稳定性验算；
- 2 当所有局部稳定性验算均满足要求时，应视为整体稳定性满足要求；
- 3 对于不同长度的变径笼扩体锚杆，应分别选取间距最小的进行局部稳定性验算，且其长度及其与相邻锚杆的间距应满足下列公式要求：

$$W' \geq 1.05 N_k \quad (5.4.1-1)$$

$$W' = \gamma' ab [H - 0.289(a + b)] \quad (5.4.1-2)$$

式中：

W' ——变径笼扩体锚杆与四周相邻锚杆间距的中心线所围成范围 (图 5.4.1) 内土体按浮重度计算的土体自重标准值 (kN)；

N_k ——变径笼扩体锚杆的拉力标准值 (kN)；

γ' ——土体浮容重 (kN/m³)；

a, b ——变径笼扩体锚杆两个方向上的间距 (m)；

H ——变径笼扩体锚杆长度（m）。

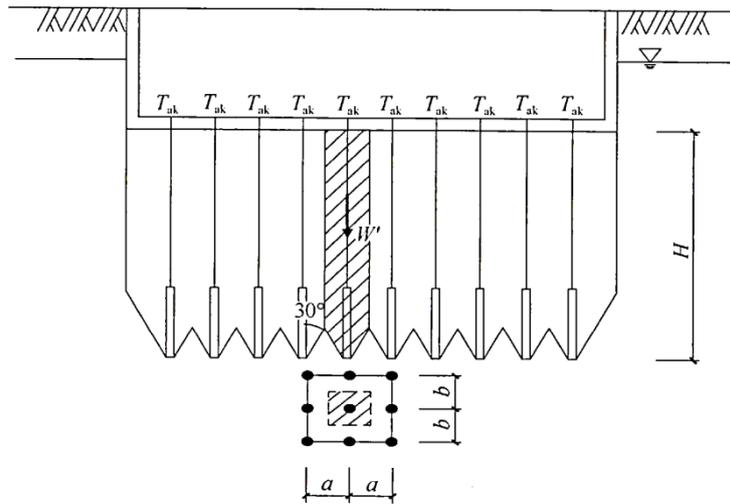


图 5.4.1 抗浮锚杆固体整体稳定计算示意图

5.4.2 抗浮变径笼扩体锚杆应进行整体抗浮稳定验算，其抗浮稳定安全系数可按下式计算确定：

$$K_f = (W + G) / F_t \quad (5.4.2)$$

式中：

K_f ——抗浮稳定安全系数，应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定取值；

W ——基础下抗浮锚杆范围内总的土体重量，计算时采用浮重度（kN）；

G ——结构自重及其他永久荷载标准值之和（kN）；

F_t ——地下水浮力标准值（kN）。

5.4.3 边坡与基坑支护采用的变径笼扩体锚杆除应满足支护体系结构计算要求外，其锚固体的整体稳定性尚应按照圆弧滑动法或 Kranz 方法进行验算，且永久性工程的稳定安全系数不应小于 1.5；对于存在不利结构面的岩土体，尚应按沿结构面滑移进行验算。

5.5 抗浮变径笼扩体锚杆

5.5.1 抗浮变径笼扩体锚杆宜采用压力型锚杆。

5.5.2 变径笼扩体锚杆的防水等级及构造应满足建（构）筑物防水设防的要求，应按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 规定执行。

5.5.3 抗浮变径笼扩体锚杆与地下结构底板连接部位的防水等级不应低于地下结构防水等

级，并应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的规定。

5.5.4 腐蚀环境中的永久性变径笼扩体锚杆杆体应采用 I 级防腐保护构造设计；非腐蚀环境中的永久性变径笼扩体锚杆及腐蚀环境中的临时性变径笼扩体锚杆杆体应采用 II 级防腐保护构造设计。变径笼扩体锚杆的防腐保护构造设计宜按本标准附录 C 的规定采用。

5.5.5 变径笼扩体锚杆钢筋伸入混凝土梁板内的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；钢筋伸入混凝土内的垂直长度不应小于基础梁高度或板厚度的一半，且不应小于 300mm。

5.5.6 抗浮变径笼扩体锚杆的平面布置，应根据浮力大小的区域变化和底板结构形式确定，抗浮变径笼扩体锚杆可采用集中布置和分散布置，并应符合下列规定：

- 1 锚固体系承载力合力作用点宜与上部抗浮荷载作用点重合；
- 2 锚杆间距不应小于 2.0m；
- 3 扩体段长度不宜小于 2.0m。

5.5.7 抗浮变径笼扩体锚杆与底板的锚固形式，可按表 5.5.7 的规定采用。

表 5.5.7 锚固形式选择

底板厚度 (mm)	锚固形式
$400 \leq h < 500$	法兰螺母
$500 \leq h$	法兰螺母、套件（螺母+钢板+螺旋弹簧、螺母+钢板+螺母）

注：可以根据工程需要选择其他符合相关规范的锚固形式。

5.5.8 抗浮变径笼扩体锚杆与地下室底板连接强度除应满足锚杆锚固端底板抗冲切要求外，尚应按下列公式计算：

$$F_1 \leq (0.7\beta_h f_t + 0.25\sigma_{pc,m})\eta\mu_m h_0 \quad (5.5.8-1)$$

$$\eta_1 = 0.4 + 1.2 / \beta_s \quad (5.5.8-2)$$

$$\eta_2 = 0.5 + \alpha_s h_o / 4\mu_m \quad (5.5.8-3)$$

式中：

F_1 ——局部荷载设计值或集中反力设计值；

β_h ——截面高度影响系数：当 h 小于等于 800mm 时，取值为 1；当 h 大于 2000mm 时，取值为 0.9，其间接线性内插法取用；

$\sigma_{pc,m}$ ——计算截面周长上两个方向混凝土有效预压应力按长度的加权平均值，其值宜控制在 $1.0\text{N/mm}^2 \sim 3.5\text{N/mm}^2$ 范围内；

η ——可按 η_1 、 η_2 计算中，取其较小值；

μ_m ——计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长计算截面的周长；

h_0 ——截面有效高度，取两个方向配筋的有效高度平均值，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取值；

η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；

η_2 ——计算截面周长与板截面有效高度之比的影响系数；

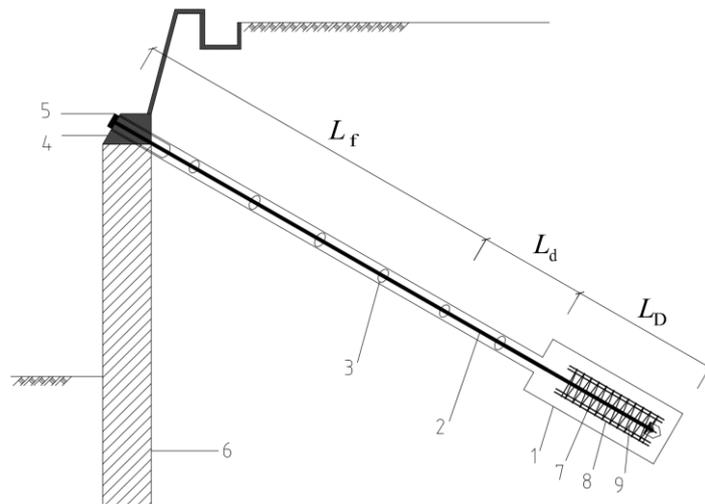
α_s ——柱位置影响系数：中柱取 40；边柱取 30；角柱取 20；

β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸的比值，其值不宜大于 4；当小于 2 时取 2；对圆形冲切面取 2。

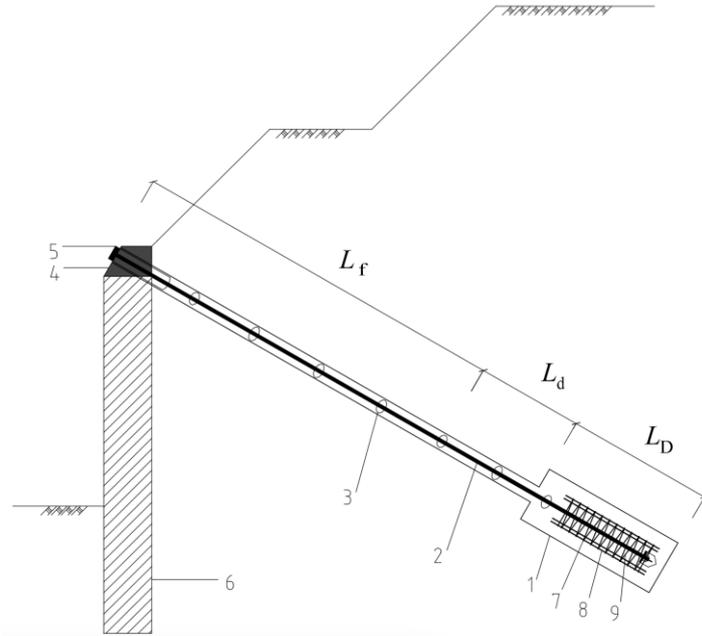
5.6 基坑与边坡支护锚杆

5.6.1 基坑及边坡支护锚拉排桩、锚拉地下连续墙，或与其他支护结构联合使用可采用变径笼扩体锚杆。

5.6.2 可根据使用要求和地质条件，选用永久性非预应力或预应力变径笼扩体锚杆，支护型式见图 5.6.2。



(a) 基坑支护变径笼扩体锚杆



(b) 边坡支护变径笼扩体锚杆

图 5.6.2 支护锚杆结构示意图

1—锚杆扩体段；2—锚杆杆体；3—杆体定位器；4—过渡管；5—锚头；6—支护结构；7—变径笼；8—竖筋；9—螺旋箍筋； L_f —自由段； L_d —非扩体段锚固段； L_D —扩体段

5.6.3 变径笼扩体锚杆自由段长度的确定，应符合下列规定：

- 1 应按穿过潜在破裂面之后不小于锚孔孔口到基坑底距离的要求来确定；
- 2 可按式 (5.6.3) 计算 (图 5.6.3)，且不宜小于 10.0m；

$$L_f = \frac{(h_1 + h_2) \sin(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{\sin(45^\circ + \frac{\varphi}{2} + \alpha)} + h_1 \quad (5.6.3)$$

式中：

L_f ——变径笼扩体锚杆自由段长度；

h_1 ——变径笼扩体锚杆锚头中点至基坑底面的距离 (m)；

h_2 ——净土压力零点 (主动土压力等于被动土压力) 到基坑底面的深度 (m)；

φ ——土体的内摩擦角 (°)；对非均质土，可取净土压力零点至地面各土层的厚度加权平均值。

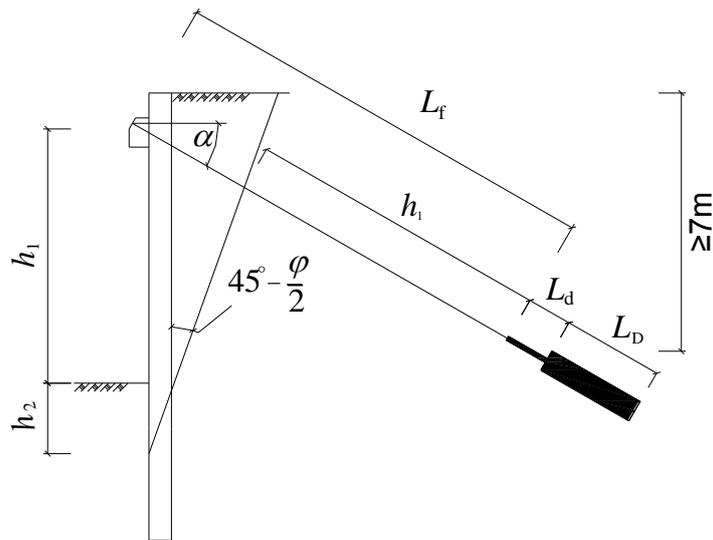


图 5.6.3 变径笼扩体锚杆自由段长度计算简图

3 当扩体段前端有软土时，锚杆自由段长度应穿过软土层。

5.6.4 变径笼扩体锚杆的倾角宜为 $15^\circ \sim 45^\circ$ ；倾倒型边坡锚杆宜与竖向支护结构面垂直。

5.6.5 变径笼扩体锚杆的扩体锚固段长度应按本标准第 5.3.1 条的规定计算确定；锚固段总长（含扩体锚固段长度）宜为 6.0m~10.0m，非扩体锚固段长度宜为 1.0m~4.0m。

5.6.6 变径笼扩体锚杆间距应符合下列规定：

1 水平间距不应小于 1.8m，竖向间距不应小于 3.0m；

2 扩体段的水平净距不应小于扩体段直径的 1 倍，且不应小于 1.0m；竖向净距不应小于扩体段直径的 2 倍。

5.6.7 基坑和边坡支护变径笼扩体锚杆选用预应力锚杆时，其初始预应力应根据地层条件和支护结构变形要求确定，并宜取拉力设计值的 60%~85%。

5.7 防腐设计

5.7.1 变径笼扩体锚杆的防腐保护等级和构造措施，应根据锚杆的设计使用年限和所处环境类别确定。

5.7.2 当场地岩土层存在下列情况之一时，应判定场地岩土层具有腐蚀性：

1 pH 值小于 4.5；

2 电阻率小于 $2000 \Omega \cdot \text{cm}$ ；

3 检测出硫化物；

4 检测出杂散电流，或出现对水泥浆体和混凝土的化学腐蚀。

5.7.3 岩土层介质对变径笼扩体锚杆的腐蚀性评价，可根据所处环境类型、锚杆所处地层的渗透性、地下水位变化状态和地层介质中腐蚀成分的含量等，按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定进行评价。

5.7.4 变径笼扩体锚杆杆体所用防腐材料宜采用专用防腐油脂，且宜符合现行行业标准《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》JG/T 430 的有关规定。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 变径笼扩体锚杆的各项施工工艺均应符合设计要求。

6.1.2 变径笼扩体锚杆施工前，应根据设计文件、地质条件、环境条件、施工方法、现场工艺试验及技术参数等编制专项施工方案。专项施工方案应包括下列内容：

1 案编制依据：法律依据、项目文件(包括施工合同、勘察文件、施工图纸及其他技术文件)、施工组织设计等；

2 工程概况：工程基本情况、工程地质与水文气象、周边环境、施工平面及立面布置、施工要求和技术保证条件、风险辨识与分级、相关参建单位；

3 施工计划：包括施工进度计划、劳动力计划、材料与设备计划、安全生产费用使用计划；

4 现场工艺试验：确定施工工艺参数、扩体段直径，复核锚杆抗拔承载力等；

5 施工工艺技术：标准化工序工艺流程、变径笼扩体锚杆张拉和锁定要求、施工方法及操作要求、检查要求等；

6 安全保证措施：组织保障、技术保证措施、检查与验收、监测监控措施、应急处置措施等；

7 质量保证措施：质量目标、质量保证体系、质量控制程序与具体措施等；

8 环境保证措施：环境保护及文明施工措施等；

9 施工管理人员配备及分工：施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等；

10 验收要求：验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等；

11 其他资料：计算书及相关图纸。

6.1.3 锚杆施工钻机应具有自动监测记录钻头钻进和提升速度、钻头深度以及扩孔过程中水或浆的压力和流量的功能，并宜对锚杆施工过程进行全程监测。

6.1.4 变径笼扩体锚杆施工用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

6.1.5 应在前一道工序质量检查合格后方可进行后续施工。变径笼扩体锚杆施工完成后，应对变径笼扩体锚杆成品进行保护。

6.1.6 应防止振动、噪声、扬尘、废水、废弃物及有毒有害物质对工程周边环境的影响和对人身健康的危害。

6.1.7 变径笼扩体锚杆施工完成后,应进行锚杆的抗拔承载力和锚杆质量检验,并宜在其施工及使用期间进行工程监测。

6.1.8 变径笼扩体锚杆施工及正常使用期间,锚杆所采用的防腐材料与杆体构造在允许工作温度范围内和张拉过程中,不得出现损坏、开裂、变脆或成为流体等质量缺陷。

6.2 成 孔

6.2.1 变径笼扩体锚杆钻孔应符合下列规定:

- 1 钻孔前,应根据设计要求和地层条件,确定出孔位并作出标记;
- 2 钻头直径不小于设计钻孔直径;锚杆水平、垂直方向的孔距允许误差为 100mm;
- 3 钻孔角度允许偏差为 2°;
- 4 变径笼扩体锚杆钻孔的深度不应小于设计长度,且不宜大于设计长度 500mm。

6.2.2 当地层岩土层存在下列情况时,宜采用套管护壁钻孔:

- 1 不稳定地层;
- 2 受扰动易出现涌砂流土的粉土;
- 3 易塌孔的砂层;
- 4 易缩颈的淤泥等软土地层。

6.2.3 采用高压旋喷施工的变径笼扩体锚杆,应符合现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定。

6.2.4 变径笼扩体锚杆扩孔时,其施工工艺参数应根据岩土土质条件和扩体段设计直径,并通过试验确定。

6.2.5 当采用水泥浆液高压旋喷钻孔时,浆体的水灰比应按施工工艺和设备要求确定,宜为 1.0~1.5。

6.2.6 扩孔的喷射压力不应小于 20MPa,喷嘴提升速度可取 (10~25) cm/min,喷嘴转速可取 (5~15) r/min。

6.2.7 当使用干钻扩孔时,扩孔钻展开直径应比变径笼扩体直径大 3mm;收缩时,扩孔钻直径不应大于非变径笼扩体段直径的 90%。

6.2.8 钻孔完成后,应清孔并将孔内残渣和泥浆清洗干净。清孔可采用清水、浆液或高压风。

6.3 制作与安装

6.3.1 变径笼扩体锚杆杆体的制作，应符合下列规定：

- 1 杆体制作前，应对钢筋调直、除锈；
- 2 普通螺纹钢筋接长可采用焊接或机械连接；当采用双面焊接时，焊缝长度不应小于 5 倍钢筋直径；
- 3 沿杆体轴线方向每隔 1.0m~2.0m 应设置一个杆体定位器，注浆管应采用非镀锌材料与杆体绑扎牢固；
- 4 施加预应力的杆体接长应采用专用连接器不得焊接。

6.3.2 变径笼扩体锚杆杆体的储存，应符合下列规定：

- 1 杆体不得露天存放，宜存放在干燥清洁的场所；
- 2 当杆体存放环境相对湿度超过 85% 时，对外露部分应进行防潮处理。

6.3.3 变径笼的制作，应符合下列规定：

- 1 构件表面应光洁，无毛刺、结疤、裂纹缺陷及机械损伤；
- 2 焊接连接点表面不得有裂纹、孔穴、固体类夹渣、未熔合和未焊透等质量缺陷，且焊渣应清理干净，焊接点应饱满；
- 3 变径笼的展开应灵活可靠，不应有卡滞，且应达到设计要求的直径。

6.3.4 变径笼扩体锚杆安装前，应完成杆体与变径笼的装配。

6.3.5 变径笼扩体锚杆杆体安装，应符合下列规定：

- 1 杆体放入锚孔前，杆体的尺寸、质量应满足设计要求；
- 2 杆体安装时，应采取防止扭结和弯曲的措施，注浆管宜绑扎到杆体一同放入锚孔；
- 3 安装杆体时，不得损坏防腐层，且不得影响正常的注浆；
- 4 变径笼扩体锚杆杆体插入孔内的深度不应小于设计长度；
- 5 杆体放入孔内应与钻孔角度保持一致，杆体角度允许偏差为 2%；
- 6 杆体安装后，不得敲击和悬挂重物。

6.3.6 当锚杆体系安放到位，拉出锁定插销，打开变径笼。

6.4 注 浆

6.4.1 变径笼扩体锚杆注浆额定压力应符合《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定，注浆施工应符合下列规定：

- 1 注浆管的出浆口至孔底的距离不应大于 300mm，浆液应自下而上连续灌注；
 - 2 采用的注浆管应能在 1h 内完成单根锚杆的连续注浆；
 - 3 当孔口溢出浆液与注入浆液状态一致时，方可停止注浆；
 - 4 注浆后，不得敲击和悬挂重物。
- 6.4.2 当遇软弱岩层或土层时，可进行二次高压劈裂注浆。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 预应力锚杆的张拉和锁定，应符合下列规定：

- 1 锚杆张拉台座的承压面应平整，并与锚杆轴线方向垂直；
- 2 张拉前，应对张拉设备进行标定；
- 3 张拉应在同批次锚杆检查验收试验合格后进行，且张拉台座的抗压强度值应达到设计值以上；
- 4 杆体为钢绞线的锚杆张拉前，应按设计抗拔力特征值 T_{ak} 的 10% ~ 20% 对锚杆预张拉（1~2）次；
- 5 压力型锚杆张拉宜在锚固体强度大于 30MPa，且其达到设计强度的 80% 后进行。

6.5.2 变径笼扩体锚杆张拉控制应力宜为 $1.10T_{ak} \sim 1.25T_{ak}$ ，且不宜超过 0.65 倍钢筋或钢绞线的强度标准值；对砂性土层应持荷 10min，对黏性土层应持荷 15min，其后卸荷至设计要求的张拉锁定值进行锁定。

6.5.3 变径笼扩体锚杆张拉荷载的分级和位移观测时间，应按表 6.5.3 的规定采用。

表 6.5.3 锚杆张拉荷载分级和位移观测时间

荷载分级	位移观测时间 (min)	加荷速率 (kN/min)
$0.10T_{ak}$	1	不大于 100
$0.50T_{ak}$	1	
$0.75T_{ak}$	1	
$1.00T_{ak}$	1	不大于 50
$1.25T_{ak}$	15	

6.5.4 预应力变径笼扩体锚杆锁定时间的确定，应考虑现场条件和后续主体结构施工对预应力值的影响。

6.5.5 预留注浆管对锚头和锚杆自由段间的空隙应进行补浆，注浆管应插到预留钢管底部，注浆应饱满。

6.5.6 变径笼扩体锚杆施工完毕后，应对其张拉力和外观进行检验，合格后进行锁定，再切割锚具外超长部分预应力筋。锚头部分涂防腐剂后，进行封锚。

7 试验、质量检验及验收

7.1 一般规定

7.1.1 变径笼扩体锚杆施工前应对杆体、钢筋笼、锚具、注浆材料、机械设备等进行检验。

7.1.2 变径笼扩体锚杆施工中，应按设计要求和专项施工方案，对锚杆位置，钻孔直径、长度及角度，锚杆杆体长度，注浆配比、注浆压力及注浆量等进行质量检验。

7.1.3 变径笼扩体锚杆施工所用材料、半成品和成品进场时，应对其规格、型号、外观和质量证明文件进行检查，并按规定对其进行进场检验。

7.2 试验

7.2.1 变径笼扩体锚杆试验应包括基本试验、验收试验和蠕变试验。

7.2.2 变径笼扩体锚杆基本试验数量不应少于 3 根；变径笼扩体锚杆验收试验数量不应少于同类型锚杆总数的 5%，且不应少于 5 根。

7.2.3 试验锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后，应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定对其进行抗拔承载力基本试验。

7.2.4 变径笼扩体锚杆的蠕变试验应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定进行。

7.2.5 工程锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后，应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定进行抗拔承载力验收试验。当扩体段直径和长度的检测结果与抗拔力验收试验的检测结果不符时，应采用抗拔承载力验收试验作为判定标准。

7.3 质量检验及验收

7.3.1 变径笼扩体锚杆施工质量检验应包括施工前检验、施工中检验和竣工检验。

7.3.2 变径笼扩体锚杆施工质量检验所使用的仪器设备，应在检定或校准有效期内。

7.3.3 变径笼扩体锚杆材料与组件的质量检验，应包括下列内容：

- 1 材料与组件的质量证明文件；
- 2 材料与组件的进场检验报告；
- 3 锚杆浆体试块强度检验报告；

4 变径笼的型式检验合格报告。

7.3.4 变径笼扩体锚杆注浆应进行浆体强度检验，且其检验用的试块数量每 30 根锚杆不应少于一组，每组试块的数量不应少于 6 个。

7.3.5 变径笼扩体锚杆应进行抗拔承载力质量检验，检验数量不应少于锚杆总数的 5%，且同一土层中的锚杆检验数量不应少于 3 根。

7.3.6 变径笼扩体锚杆施工质量的检验与验收标准，应符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 变径笼扩体锚杆施工质量检验与验收标准

序号	检验项目	检验方法
1	抗拔力特征值 (kN)	按本标准第 7.2 节的规定执行
2	注浆体强度 (MPa)	试样送检
3	锚杆总长度 (mm)	用钢尺量
4	钻孔深度 (mm)	测量钻杆长度
5	钢筋笼长度 (mm)	用钢尺量
6	承压板直径 (mm)	用卡尺量
7	承压板厚度 (mm)	用卡尺量
8	竖筋直径 (mm)	用卡尺量
9	箍筋直径 (mm)	用卡尺量
10	锚孔注浆	孔口观察
11	锚杆位置 (mm)	用钢尺量
12	杆体角度 (°)	测斜仪
13	钻孔直径	测量钻头直径
14	防腐涂层	目测
15	隔离管	目测
16	防腐油脂	目测、手捏

7.3.7 变径笼扩体锚杆工程验收应取得以下资料：

- 1 工程勘察及工程设计文件；
- 2 工程用原材料的质量合格证和质量鉴定文件；
- 3 变径笼扩体锚杆施工记录；
- 4 变径笼扩体锚杆基本试验、验收试验记录及相关报告；
- 5 设计变更文件；
- 6 工程重大问题处理文件；
- 7 竣工图。

7.4 不合格锚杆处理

7.4.1 对抗拔力不合格的锚杆，应废弃或降低标准使用。

7.4.2 锚杆抗拔力验收试验出现不合格锚杆时，在不影响结构整体受力的条件下，可分区按力学效用相同的不合格锚杆占总量的比率推算锚杆实际总抗拔力与设计总抗拔力的差值，按不小于差值的原则增补锚杆。

附录 A 变径笼扩体锚杆杆体材料力学性能

A.0.1 预应力混凝土用螺纹钢筋的力学特性，应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 预应力混凝土用螺纹钢筋力学特性

级别	屈服强度 f_y (MPa)	抗拉强度标准值 f_y (MPa)	断后伸长率 A (%)	最大力下总伸长率 A_{gt} (%)	应力松弛性能		
					初始应力	1000h 后应力松弛率 (%)	
不小于					3.5	$0.8f_y$	≤ 3
PSB785	785	980	7				
PSB830	830	1030	6				
PSB930	930	1080	6				
PSB1080	1080	1230	6				
PSB1200	1200	1330	6				

注：预应力混凝土用螺纹钢筋抗拉强度设计值采用表中屈服强度除以 1.2。

A.0.2 变径笼扩体锚杆杆体用预应力主筋可按现行国家标准《弹簧钢》GB/T 1222 的有关规定进行选用，且预应力主筋的力学特性宜符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 热处理钢筋力学特性

钢筋种类	钢筋直径 d (mm)	抗拉强度标准值 f_{py} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)
40Si2Mn	6	1470	1040
48Si2Mn	8.2		
45Si2Cr	10		

A.0.3 普通螺纹钢筋的力学特性应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 普通螺纹钢筋力学特性

钢筋种类		钢筋直径 d (mm)	抗拉强度标准值 f_{py} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)
热轧 钢筋	HRB400 (20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi)	6~50	400	360
	RRB400 (K20MnSi)	8~40	400	360

A.0.4 1×2 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 1×2 结构钢绞线力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
1×2	5.00	9.82	1570	1110	15.4	10.9
			1720	1220	16.9	12.0
			1860	1320	18.3	13.0

续表 A.0.4

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)	
1×2	5.00	9.82	1960	1400	19.2	13.7	
			1570	1110	20.7	14.6	
	5.80	13.2	1720	1220	22.7	16.1	
			1860	1320	24.6	17.5	
			1960	1400	25.9	18.5	
			1470	1040	36.9	26.0	
	8.00	25.1	1570	1110	39.4	27.9	
			1720	1220	43.2	30.6	
			1860	1320	46.7	33.2	
			1960	1400	49.2	35.1	
	10.00	39.3	1470	1040	57.8	40.7	
			1570	1110	61.7	43.6	
			1720	1220	67.6	47.9	
			1860	1320	78.1	52.0	
	12.00	56.5	1960	1400	77.0	54.9	
			1470	1040	83.1	58.6	
			1570	1110	88.7	62.7	
			1720	1220	97.2	68.9	
				1860	1320	105.0	74.7

注：钢绞线公称直径指钢绞线外接圆直径的名义尺寸。

A.0.5 1×3 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 1×3 结构钢绞线力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
1×3	6.20	19.8	1570	1110	31.1	22.0
			1720	1220	34.1	24.2
			1860	1320	36.8	26.1
			1960	1400	38.8	27.7
	6.50	21.2	1570	1110	33.3	23.5
			1720	1220	36.5	25.9
			1860	1320	39.4	28.0
			1960	1400	41.6	29.7

续表 A.0.5

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
1×3	8.60	37.7	1470	1040	55.4	39.1
			1570	1110	59.2	41.9
			1720	1220	64.8	45.9
			1860	1320	70.1	49.8
			1960	1400	73.9	52.7
	8.74	38.6	1570	1110	60.5	42.8
			1670	1180	64.5	45.7
			1860	1320	71.8	51.0
	10.80	58.9	1470	1040	86.6	61.1
			1570	1110	92.5	65.4
			1720	1220	101.0	71.6
			1860	1320	110.0	78.1
			1960	1400	115.0	82.0
	12.90	84.8	1470	1040	125.0	88.1
			1570	1110	133.0	94.0
1720			1220	146.0	103.5	
1860			1320	158.0	112.2	
1960			1400	166.0	118.4	
(1×3) I	8.74	38.5	1570	1110	60.6	42.8
			1670	1180	64.5	45.7
			1860	1320	71.8	51.0

注：(1×3) I 结构为用 3 根刻痕钢丝捻制的钢绞线。

A.0.6 1×7 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 1×7 结构钢绞线力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
(1×7) C	9.50	54.8	1720	1220	94.3	66.9
			1860	1320	102.0	72.4
			1960	1400	107.0	76.3
	11.10	74.2	1720	1220	128.0	90.8
			1860	1320	138.0	98.0
			1960	1400	145.0	103.4

续表 A.0.6

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考 截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最 大力 F_m (MPa)	整根钢绞线 的设计力 F_{py} (kN)
(1×7) C	12.70	98.7	1720	1220	170.0	120.5
			1860	1320	184.0	130.6
			1960	1400	193.0	137.6
	15.20	140.0	1470	1040	206.0	145.2
			1570	1110	220.0	155.5
			1670	1180	234.0	165.7
			1720	1220	241.0	170.9
			1860	1320	260.0	184.6
			1960	1400	274.0	195.4
	15.70	150.0	1720	1220	266.0	188.6
			1860	1320	279.0	198.1
	17.80	191.0	1720	1220	327.0	231.8
			1860	1320	353.0	250.6
	12.70	112.0	1860	1320	208.0	147.7
	15.20	165.0	1820	1290	300.0	213.0
	18.00	223.0	1720	1220	384.0	272.3

注：(1×7) C 结构为用 7 根刻痕钢丝捻制又经模拔的钢绞线。

附录 B 变径笼常用规格型号

表 B 变径笼常用规格型号

序号	规格	初始直径 (mm)	展开直径 (mm)	竖筋间隔 (mm)	螺旋箍筋 间隔 (mm)	竖筋 数量 (根)	承压板 直径 (mm)
1	MBL-130/280	130±10	280±10	100-200	100±10	6	125±3
2	MBL-150/350	150±10	350±10	100-200	100±10	8	145±3
3	MBL-200/350	200±10	350±10	100-200	100±10	8	180±3
4	MBL-200/400	200±10	400±10	100-200	100±10	8	180±3
5	MBL-200/450	200±10	450±10	100-200	100±10	8	180±3

注：1 钢筋笼配筋及承压板应与钢筋笼规格尺寸相匹配。钢筋笼的竖筋牌号为 HRB400，

直径 10mm，展开距离为（100~200）mm；螺旋箍筋材质为钢丝绳，直径为（5±0.5）mm；

承压板钢级为≥Q235 或 Q460，厚度为 18mm。

2 表 B 中未涉及的钢筋笼型号为特制型号。

附录 C 抗浮变径笼扩体锚杆防腐构造

C.0.1 I级防腐等级的抗浮变径笼扩体锚杆，杆体可采用预应力混凝土用螺纹钢筋；设计荷载较小时，可采用钢绞线（图 C.0.1）。

C.0.2 II级防腐等级的抗浮变径笼扩体锚杆，杆体可采用非预应力钢筋，防腐涂层进入扩体段的搭接长度不应小于 500mm（图 C.0.2）。

C.0.3 III级防腐等级的抗浮变径笼扩体锚杆，杆体可采用非预应力钢筋；锚头至地下室底板底面以下 2.0m 范围内的锚杆杆体，应采用防腐涂层保护（图 C.0.3）。

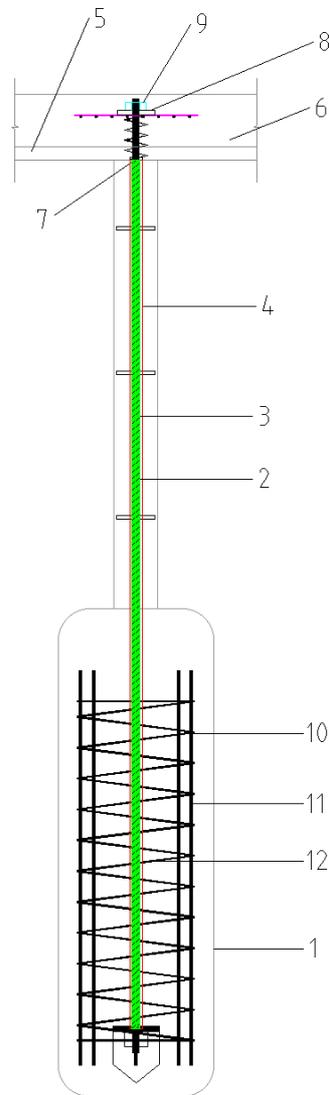


图 C.0.1 I级防腐抗浮预应力螺纹钢筋变径笼扩体锚杆构造

1—扩体段；2—锚杆杆体；3—防腐油脂；4—热缩管或套管；5—混凝土垫层；6—地下室底板；

7—水密性构造；8—锚板；9—锚具；10—变径笼；11—竖筋；

12—螺旋箍筋（应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）

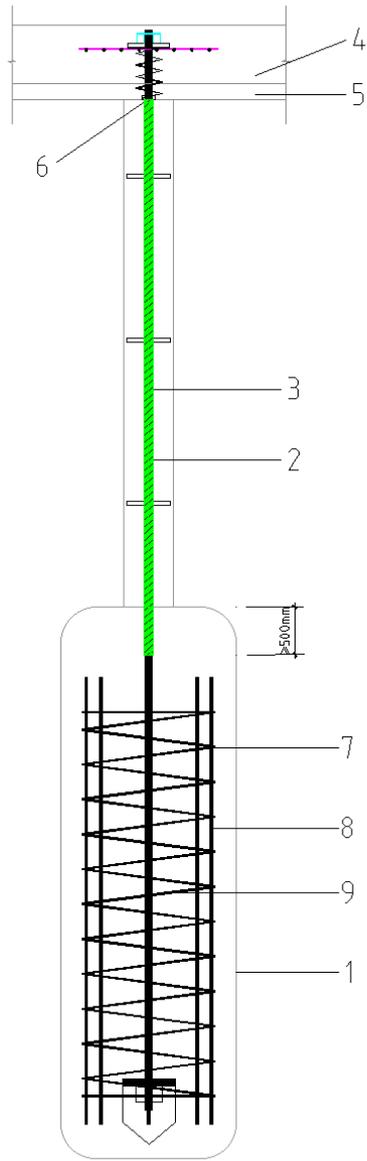


图 C.0.2 II 级防腐抗浮非预应力钢筋变径笼扩体锚杆构造 (单位 mm)

1—扩体段；2—锚杆杆体；3—杆体防腐涂层；4—地下室底板；5—混凝土垫层；

6—水密性构造；7—变径笼；8—竖筋；

9-螺旋箍筋（应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）

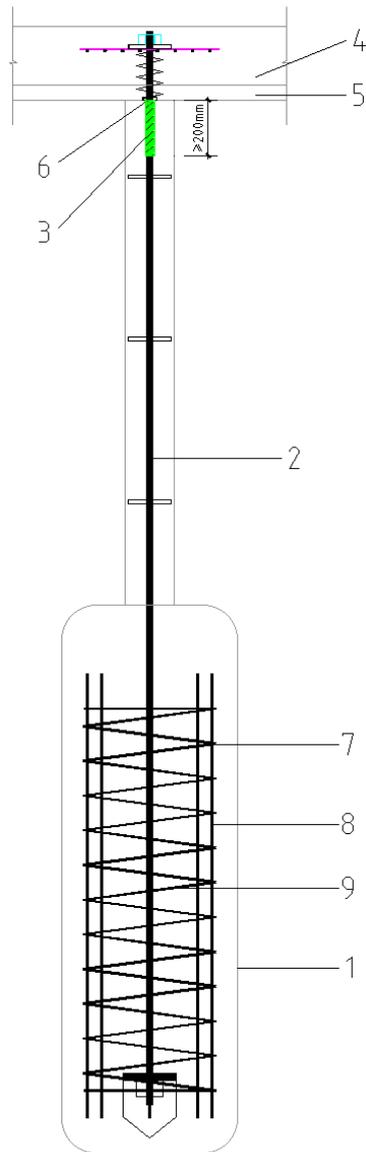


图 C.0.3 III 级防腐抗浮非预应力钢筋变径笼扩体锚杆构造 (单位 mm)

1—扩体段；2—锚杆杆体；3—杆体防腐涂层；4—地下室底板；5—混凝土垫层；

6—水密性构造；7—变径笼；8—竖筋；

9—螺旋箍筋 (应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等)

本标准用词说明

1 为便于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) 表示很严格，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”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》 GB 50086
- 6 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 7 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 8 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 9 《钢筋混凝土用钢》 GB 1499
- 10 《预应力混凝土热处理钢筋》 GB 4463
- 11 《纤维增强复合材料工程应用技术标准》 GB 50608
- 12 《优质碳素结构钢》 GB/T 699
- 13 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 14 《弹簧钢》 GB/T 1222
- 15 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 16 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
- 17 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 18 《钢丝绳通用技术条件》 GB/T 20118
- 19 《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》 GB/T 25826
- 20 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 21 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 22 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
- 23 《无粘结预应力钢绞线》 JG/T 161
- 24 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》 JGJ/T 282
- 25 《环氧涂层预应力钢绞线》 JG/T 387
- 26 《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》 JG/T 430
- 27 《制绳用圆钢丝》 YB/T 5343

吉林省工程建设地方标准

变径笼扩体锚杆（索）技术标准

Technical standard for variable diameter cage expansion bolt
(cable)

DB/T XXXXX- XX XX

条文说明

制订说明

《变径笼扩体锚杆（索）技术标准》DB22/TXXXXX-XX XX 经吉林省住房和城乡建设厅、吉林省市场监督管理局 2025 年 XX 月 XX 日，以 XXX 号公告批准、发布。

随着城市基础设施、交通、水利、能源建设的快速发展，岩土锚固技术已突显重要应用前景。变径笼扩体锚杆在整体受力、锚固稳定性以及抗拔承载力性能等方面都有较大的提高，但现有规范尚不能为变径笼扩体锚杆的设计应用提供足够的支撑。本标准制定过程中，编制组进行了变径笼扩体锚杆设计、施工和检验的调查研究，总结了我国变径笼扩体锚杆工程建设的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过大量工程实践取得了变径笼扩体锚杆的设计、施工和检验技术参数。本标准适用于地下室抗浮、基坑支护、边坡支护等工程中应用变径笼扩体锚杆的设计、施工和检验。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文的目的是、依据和执行中需注意的有关事项进行了说明，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

请注意本标准的某些内容涉及“一种锚杆或桩基用变直径钢筋笼及其应用”（ZL201710316124.4）、“一种克服抗浮固定直径锚头或扩大头锚杆体系变形的工法”（ZL201710363883.6）的专利。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本标准主编单位及专利人（江苏景源万河环境科技有限公司）协商处理。除此之外，部分内容仍可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

目 次

1	总 则.....	41
2	术语和符号.....	42
2.1	术 语.....	42
3	基本规定.....	43
4	材料与组件.....	44
4.2	杆 体.....	44
4.3	变径钢筋笼.....	44
4.4	锚 具.....	44
5	设 计.....	45
5.1	一般规定.....	45
5.2	锚杆选型.....	45
5.3	变径笼扩体锚杆抗拔力计算.....	45
5.4	锚固体稳定性验算.....	46
5.5	抗浮变径笼扩体锚杆.....	46
5.6	基坑与边坡支护锚杆.....	46
5.7	防腐设计.....	47
6	施 工.....	48
6.1	一般规定.....	48
6.2	成 孔.....	48
6.3	制作与安装.....	48
6.4	注 浆.....	48
6.5	张拉和锁定.....	49
7	试验、质量检验及验收.....	50
7.1	一般规定.....	50

1 总 则

1.0.1 变径笼扩体锚杆是一种新型岩土锚杆，在安全性、稳定性、经济性、技术性、节能环保性、耐久性、便捷性以及抗拔承载力性能等方面都有显著的比较优势，自本技术发明以来，已在地下室抗浮、基坑支护、边坡支护等领域得到众多应用，在总结已有工程经验的基础上，制定相关条文以进一步规范和指导工程应用、发挥其技术优势。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 变径笼扩体锚杆在扩体段内设置变径笼，形成了钢筋笼骨架的混凝土扩大头短桩，相比素混凝土或素浆体扩大头锚杆，在拉拔荷载作用下扩体段整体受力更加合理并且承载力可以得到充分发挥，显著提高扩体段承载性能与锚杆抗拔承载力。适用于砂土、黏性土、砾(碎)石、风化岩等岩土层及改良土体。变径笼直径可变，现场组装和下放施工前呈收缩状态，下放至钻孔扩体段后可展开，打开释锁销(释放锁定插销)的锁定后，钢筋笼展开，展开后的钢筋笼直径小于扩体段扩孔内径，如图1所示。

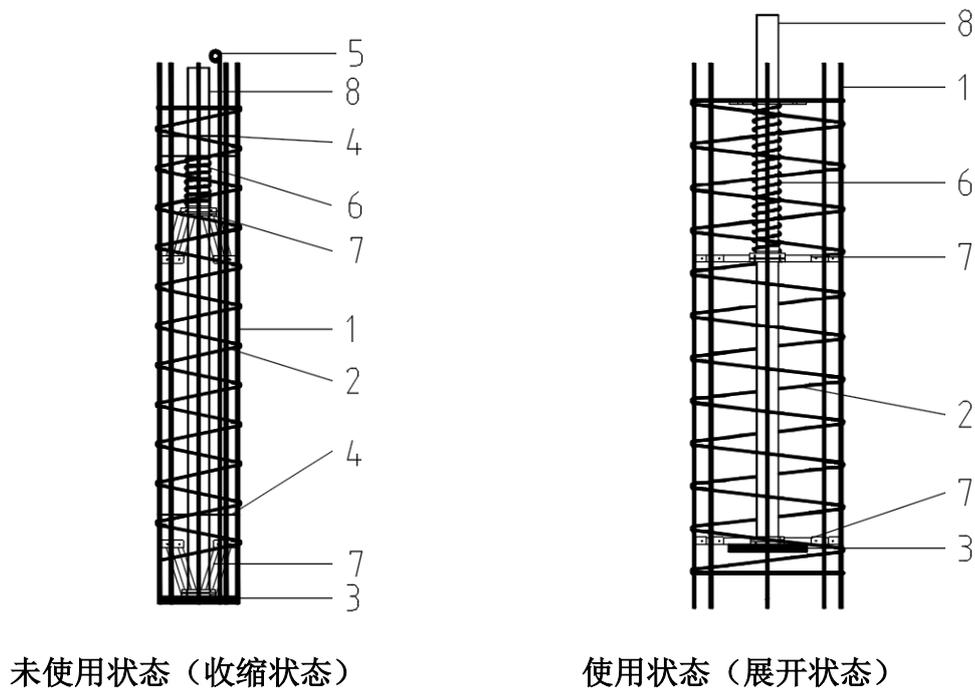


图1 变径笼状态

1—竖筋；2—螺旋箍筋(应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等)；3—承压板；4—锁定绳；
5—释锁销(释放锁定插销)；6—动力弹簧；7—活络；8—轴向杆

2.1.3 变径笼扩体锚杆部件均为工厂化生产的预制产品，各部件与杆体相互匹配，可以在现场进行组装，施工操作便捷。

2.1.6 注浆体的强度是发挥变径笼扩体锚杆承载性能的重要因素，应选择性能满足工程需求的注浆材料。目前注浆材料研发、更新速度快，在新型注浆材料的使用之前应开展有效的试验研究，明确其固化后强度和与杆体的配合效果。

3 基本规定

3.0.1 压力型变径笼扩体锚杆是指杆体通过设置套管使其全长无粘结,受力时锚固段处于压剪状态的锚杆,常用于甲级和乙级地下(硐)室抗浮。拉力型变径笼扩体锚杆是指杆体与浆液全长粘结,受力时锚固段处于拉剪状态的锚杆,可用于丙级地下(硐)室抗浮、基坑与边坡支护。拉压型变径笼扩体锚杆是指介于压力型和拉力型之间的锚杆,受力时锚固段一部分处于拉剪状态、一部分处于压剪状态。在满足裂缝验算的基础上,拉压型与拉力型可应用于不同等级的抗浮工程。

3.0.2 工程地质与水文地质勘察成果,尚应包括下列内容:

1 基坑及边坡工程应提出边壁及边坡主要破坏形式和稳定性评价,对于地质条件特别复杂的工程,宜在勘察工作期间开展结构变形和地下水动态监测;

2 抗浮工程应分析建(构)筑物所在区域环境条件、地质条件、实测水位及历史资料,结合建筑物埋深及地下水位预测,提出抗浮设防水位。

4 材料与组件

4.2 杆体

4.2.1 变径笼扩体锚杆杆体是锚杆体系里重要的荷载传递部件,与其他结构或者部件设置可靠的连接对于有效发挥锚杆承载性能至关重要。在工程应用中应从设计、施工等方面加以重视。

4.3 变径钢筋笼

4.3.1 变径笼的某些型号、尺寸、技术特征与设计参数等涉及“一种锚杆或桩基用变径笼及其应用”(专利号: ZL201710316124.4)专利的使用。

4.3.3 变径笼的螺旋箍筋在锚杆扩体段注浆体承载过程中起到重要侧向约束作用,有效增强注浆体的整体性,因此应采用不间断的钢丝绳或纤维增强复合(FRP)材料。

4.4 锚具

4.4.2 锚固方式的选择应充分考虑底板及格构梁等结构强度,尤其是设置预应力锚杆时,可适当扩大三件套中钢板尺寸,避免过大的局部应力以及渗漏水问题,锚固节点如图2所示。

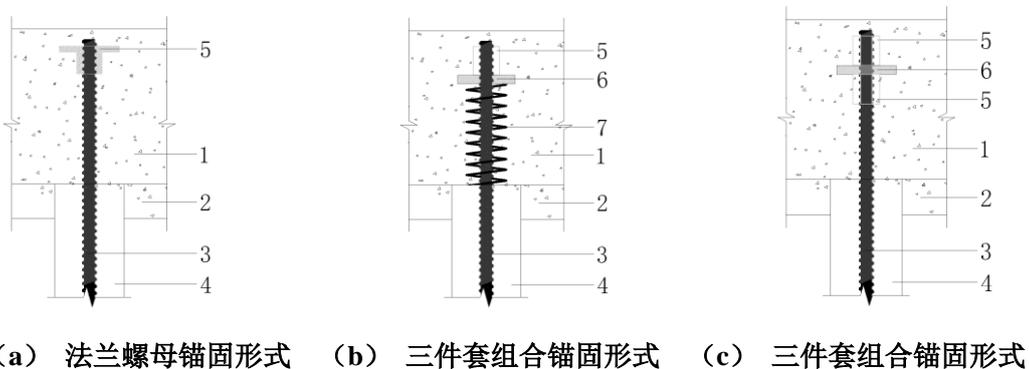


图2 锚固节点图

1-外部承载结构构件; 2-外部承载结构构件垫层; 3-锚杆筋体; 4-锚杆浆体;

5-筋体配套螺母; 6-钢板(锚固用); 7-螺旋箍筋(支撑钢板用)

5 设计

5.1 一般规定

5.1.3 变径笼扩体锚杆设计工作年限应与变径笼扩体锚杆应用工程使用年限相同,即抗浮变径笼扩体锚杆与其所锚固的主体结构设计工作年限相同;边坡变径笼扩体锚杆与边坡设计工作年限相同;基坑变径笼扩体锚杆应与基坑支护工程的设计工作年限相同。

5.1.6 变径笼扩体锚杆的钻孔直径应与锚杆杆体型号相匹配,除了满足抗拔承载力的要求外,尚应留有足够的注浆体保护层厚度,避免在腐蚀性地下水环境中出现影响锚杆的耐久性问题。

5.1.7 土层中锚杆施工图设计过程中可能对临近建(构)筑物基础(特别是浅基础)产生影响,必要时应开展专项影响分析和工程监测。

5.1.8 相比建筑结构领域材料,岩土材料力学性能离散性较大,并且现行岩土工程勘察报告给出的岩土物理力学指标大多采用标准值,本条规定仍采用目前业界广泛使用的安全系数法。

5.2 锚杆选型

5.2.1 目前设置于岩层中的变径笼扩体锚杆扩体段尺寸主要受钻孔施工机具的性能影响。对于强度较高、完整性较好的岩层,过大的扩体段直径并不经济有效,变径笼扩体锚杆承载力可能受锚杆体系自身抗拉强度控制。

5.2.2 已有的工程实践表明,扩体段直径不大于 600mm 的变径笼锚杆主要适用于护坡。采用 1 根钢筋作为主筋的变径笼锚杆,当扩体段直径小于等于 750mm 时,其抗拔力特征值小于等于 550kN;扩体段直径大于 750mm 时,其抗拔力特征值小于等于 700kN。采用 2 根或 3 根钢筋作为主筋的变径笼锚杆,其抗拔力特征值小于等于 700kN。

5.3 变径笼扩体锚杆抗拔力计算

5.3.1 若岩土工程勘察报告中有摩阻强度标准值,可按勘察报告取值,若岩土工程勘察报告中无摩阻强度标准值,可按表 5.3.1 的规定取值。

5.3.2 式(5.3.2-1)与式(5.3.2-2)是针对土层扩体锚杆顶部土体受力条件推导而来,当计算嵌入完整、高强岩层的变径笼扩体锚杆承载力时,建议采用基于整体滑移破裂面假设的理论并特别关注杆体自身强度。根据室内试验与现场试验成果,建议对非预应力锚杆可取 $\zeta=$

(0.85~0.90) K_a ，对预应力锚杆可取 $\zeta = (0.93\sim 0.95) K_a$ 。强度较好的黏性土和较密实的砂性土 ζ 可取上限值，对强度较低的土应 ζ 取下限值。

5.3.5 A_m 为承载体与浆体的接触面积扣除筋体截面积之后的面积。

5.4 锚固体稳定性验算

5.4.1 当变径笼扩体锚杆布置短而密时，可能会出现“群锚现象”，即相邻锚杆锚固区土体主要受力范围重叠，导致群锚的抗拔力小于锚杆单独使用时抗拔力之和。在布置锚杆时应注意合理选择锚杆间距和长度。式 (5.4.1-1) N_k 为锚杆的拉力标准值，一般小于或等于拉力特征值，应加以区分，避免设计过度保守。考虑到施工期上部结构尚未建成，出于工程安全考虑，式 (5.4.1-1) 未计入上部结构的重力。对于一些特殊的工法或者情况，可根据相关规范考虑上部结构重力。

5.5 抗浮变径笼扩体锚杆

5.5.1 采用压力型变径笼扩体锚杆可以有效控制注浆体受拉开裂。是否采用预应力抗浮变径笼扩体锚杆，应根据注浆体三级裂缝控制要求，并应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的有关规定。预应力变径笼扩体锚杆应综合考虑建筑物工作条件下地下水位变幅、地基承载能力和锚头承载结构状况等因素，按预期的预应力值确定的初始预应力（张拉锁定值），并按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定考虑预应力损失。

根据现场条件和工程需求，可分三种情况施加预应力：充分施加预应力、施加部分预应力、不施加预应力。

在满足裂缝控制要求时，抗浮变径笼扩体锚杆也可采用拉力型或拉压型变径笼扩体锚杆。

5.5.5 钢筋直径较大不宜弯折时，可采用锚板锚固在梁板混凝土内。预应力混凝土用螺纹钢严禁采用焊接接长，其杆体定位器严禁采用焊接安装。

5.6 基坑与边坡支护锚杆

5.6.3 变径笼扩体锚杆自由段应穿过软、不稳定土层，扩体锚固段应布置在土层质量好、稳定地层中。

5.6.6 当间距较小时，应加大变径笼扩体锚杆长度、加大扩体段埋深，并将扩体段合理错开

布置。

5.7 防腐设计

5.7.3 在正常使用期间若关键部位变径笼扩体锚杆防腐体系发生破坏或失效,应及时按位移控制要求补设锚杆,锚杆宜选用预应力锚杆以减少自身变形,补设锚杆应能够满足锚固段土体的工后位移限值。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.2 扩体段成孔质量影响后续变径笼展开施工,较差的成孔质量可能导致变径笼展开困难或者注浆体保护层厚度不足。因此应在正式施工前开展试验性施工,通过可靠的施工质量检验方法明确合适的扩孔施工机具。

6.2 成 孔

6.2.2 采用套管护壁钻孔,对后续杆体安放有利,因此,除土层稳定的竖向锚杆以外,均推荐采用套管护壁钻孔;对于回转型锚杆,因杆体安放时对孔壁有挤压作用,应采用套管护壁钻孔。

也可采用土体改良后达到稳定地层条件再直接钻杆钻孔,包括高压旋喷钻孔和非高压旋喷的机械钻孔。

6.2.6 有工期要求时,可采用同强度等级的早强水泥,但不推荐掺入速凝剂、早强剂等外加剂。连接高压注浆泵和钻机的输送高压喷射液体的高压管的长度不宜大于 50m,以免产生过大的压力损失。高压喷射扩孔应由上而下或由下而上进行,并注意扩孔效果一致性。高压喷射扩孔浆液可采用水或水泥浆。采用清水扩孔工艺时,最后还应采用水泥浆液扩孔一遍;采用水泥浆液扩孔工艺时,应至少上下往返扩孔两遍。

6.3 制作与安装

6.3.1 变径笼扩体锚杆所用的精轧螺纹钢和钢绞线不得采用电弧切割、电焊等方式进行加工操作。普通螺纹钢筋接长可采用帮条焊。避免钢绞线发生刮擦、碰撞、锤击等机械损害。

6.3.3 变径笼扩体锚杆扩体段是提供锚杆抗力的主要部位,受力状态相对复杂。钢筋笼作为扩体段内的核心承载部件,其制作质量应严格控制;在下放作业时可采用护罩对钢筋笼进行保护,护罩的材质可以是铁皮或纤维材质。

6.3.5 对于泥浆护壁的钻孔,当变径笼扩体锚杆扩孔完成后应立即取出喷管并将锚杆杆体放入锚孔到设计深度。采用套管护壁钻孔时,应在杆体放入钻孔到设计深度后再将套管拔出。

6.3.6 工程施工中已经有相对成熟的间接或者直接观察的方式,对钢筋笼打开效果进行测量。

6.4 注 浆

6.4.1 下锚完成后应立即进行锚孔注浆。为保证将孔底的泥浆和水泥浆置换出来,注浆管的出浆口应插入孔底并保持连续灌注。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 变径笼扩体锚杆张拉和锁定是锚杆施工的最后一道工序，对台座、锚具的检查控制是十分必要的。由于变径笼扩体锚杆的自由段一般较长，应重视在正式张拉前取 10%~20% 抗拔力特征值进行的预张拉。为调平摆正自由段，必要时还可以在预张拉过程卸下千斤顶重新安装夹片。基坑支护预应力锚杆的锁定，应在该层锚杆孔口高程以下土方开挖之前完成。

6.5.2 锁定时，为了达到设计要求的张拉锁定值，锁定荷载应高于张拉锁定值，根据经验一般可取张拉锁定值的 1.10 倍~1.15 倍，必要时可采用拉力传感器和油压千斤顶现场对比测试确定。

对于抗浮变径笼扩体锚杆的预应力施加，应按照以下原则进行：

(1) 杆体通长加套管后，锚杆受力时锚固浆体是受压的，可不施加预应力；

(2) 为改善杆体变形，锚杆总变形量宜控制在 20mm 以内，可施加预应力，预应力锁定值不宜小于特征值的 30%。

6.5.4 在主体结构施工期间，结构竖向荷载（包括建筑物的自重、上覆土重以及其他恒载）的增加对预应力锚杆的锁定是有影响的，设计时应充分考虑，确定合理的锁定时间和张拉锁定值。

7 试验、质量检验及验收

7.1 一般规定

7.1.2 扩体段直径的检验可采用下列方法：

1 有条件时可在相同地质单元或土层中进行扩孔试验，通过探孔器和电子测量仪等设备进行现场量测和现场开挖量测；

2 在正式施工前，应在变径笼扩体锚杆设计位置进行试验性施工，计量水泥浆灌浆量和细石混凝土的用量，通过灌浆量计算扩体段直径；

3 在施工中应对每一根工程变径笼扩体锚杆现场实时计量水泥浆灌浆量并通过灌浆量计算扩体段直径。