

拉压复合型锚杆技术规程

条文说明

目 录

1 总则	36
2 术语与符号	37
2.1 术语	37
3 基本规定	38
4 构造	39
4.1 锚杆构造	39
4.2 材料	40
4.3 防腐	40
4.4 防水	41
5 设计计算	42
5.1 一般规定	42
5.2 承载力计算	42
5.3 抗浮设计	44
6 施工	46
6.1 一般规定	46
6.2 成孔	46
6.3 杆体制作	46
6.4 注浆	46
6.5 张拉	47
7 试验	48
7.1 一般规定	48
7.2 试验装置及要求	49
7.3 基本试验	49
7.4 验收试验	51
7.5 持有荷载试验	52
8 质量检验与监测	53
8.1 一般规定	53
8.2 质量检验	53
8.3 监测	53

1 总则

1.0.2-1.0.3 锚杆的应用十分广泛，拉压复合型锚杆推广应用至今，主要集中在临时性基坑工程，永久性的边坡工程和抗浮工程领域的推广应用，总体包含了临时锚固和永久锚固工程。因此，本规程条文主要适用于基坑工程、边坡工程和抗浮工程，而当拉压复合型锚杆应用其它工程时，可以结合本规范对临时性和永久性工程的规定，参考国家相关标准的规定，综合考虑进行拉压复合型锚杆的设计、施工、试验与验收。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 国内外对锚杆的定义各不相同，但并不影响锚杆的设计和应用。锚杆的狭义概念可以指由传递拉力的筋体和能将拉力传递至岩土体的浆体组合的结构，锚杆的广义概念可以指由传递拉力的筋体、将拉力传递至岩土体的浆体及附着在筋体上的构件，以及锚头传力机构（如：垫墩、梁、板等传力结构；锚具、夹具等锁定结构）共同组成的锚固系统。本条只重点对拉压复合型锚杆的典型结构特征进行规定，以和传统拉力型、压力型及荷载分散型等锚杆进行区分。

2.1.2-2.1.6 承载体是拉压复合型锚杆重要的传力构件，拉压复合型锚杆受到的荷载在承载体处进行分解，一部分荷载挤压承压锚固段筋体，一部分荷载拉动受拉锚固段筋体，最终通过浆体与岩土体界面的粘结力传递至稳定的岩土层中。因此，承载体与筋体必需有足够的连接承载力。

自由段是指不计算抗拔承载力的浆体段，这部分长度段一般位于岩土层潜在滑动区，或处于设计考虑，不予考虑这部分抗拔承载力，理论上需要与锚固段采取隔离措施。

承压锚固段筋体必需设置隔离措施，保证拉压复合型锚杆端头的荷载直接传递至承压板。

2.1.10 筋体自由段指筋体表面未采取隔离措施，与浆体不发生粘结或粘结力可以忽略的筋体长度段。筋体自由段可以只包含承压锚固段，也可以包含承压锚固段和自由段。

3 基本规定

3.0.2 结合拉压复合型锚杆的结构特征以及目前推广应用案例，本条规定了拉压复合型锚杆锚固段不得直接设置的地层。特殊情况需要设置时，应进行专项技术研究，并对地层进行必要的处理。

3.0.5 本规程主要结合基坑工程、边坡工程与抗浮工程进行了条文规定，拉压复合型锚杆的设计安全等级与相应工程相一致。拉压复合型锚杆设计使用期限小于1年时，为临时性锚杆；超过1年时为永久性锚杆，且永久性拉压复合型锚杆的设计使用期限不应低于被锚固或直接服务对象的设计使用年限。

3.0.6 拉压复合型锚杆应用地层可能发生蠕变时，应开展蠕变试验。对永久性拉压复合型锚杆，应结合蠕变试验结果对拉压复合型锚杆设计方案进行校对和优化。

4 构造

4.1 锚杆构造

4.1.1 锚杆的筋体种类比较多，但是由于拉压复合型锚杆在锚固段位置的筋体上必须设置承压板，为便于施工，目前推广应用主要采用钢绞线和精轧螺纹钢。当采用钢绞线时，承载体应设置挤压套，且挤压套和钢板进行可靠连接。当采用精轧螺纹钢筋时，可以采用配套螺帽和钢板焊接，也可以采用一体式承载体。无论采用何种方式，承载体都必须和筋体具有足够的连接力。

4.1.2-4.1.4 目前在抗浮锚杆工程中，当地层为土层时，200mm-250mm 的钻孔直径越来越多，且钻孔直径一般不小于 150mm。筋体采用精轧螺纹钢筋时，一般都采用一根筋体。筋体采用钢绞线时，需要控制筋体间的净距离，保证挤压套能顺利安装并固定。适当规定承压锚固段与受拉锚固段长度是基于临界锚固长度概念，为了充分发挥单位锚固段长度段的承载力，也是基于大量的拉压复合型锚杆现场试验结果。

4.1.5 承压锚固段在承载体处浆体的抗压承载力是保证拉压复合型锚杆承压锚固段与受拉锚固段协同承载的关键，因此，本条规定了浆体强度不应低于 30Mpa，主要是防止浆体在抗拔承载力尚未达到设计要求时发生受压破坏。由于水泥净浆收缩性较大，建议采用水泥砂浆，条件较好时，水泥砂浆可以采用一次注浆，尤其是抗浮锚杆工程。

4.1.7 在抗浮锚杆工程中，锚杆筋体的对中效果对于筋体与浆体的粘结力存在不同程度的影响，尤其是水下施工、泥浆护壁成孔时，筋体表面不可避免地存在泥浆层，会削弱筋浆粘结力。当筋体在钻孔内偏离中心距离较大时，尤其靠近钻孔孔壁时，筋浆的粘结力会大幅降低。因此，抗浮锚杆杆体的居中十分重要。现有常规支架等措施由于直径较小，居中效果不佳，且都按一定间距安装在杆体上，施工效率较低。而采用端帽时，只需要安装在抗浮锚杆底部，尤其是采用装配式端帽时，施工十分便捷，且对中效果较好。另外，当钻孔内存在较厚沉渣时，端帽会形成较大的阻力，导致难以强力下杆，在一定程度上也对施工质量提出了较高的要求。

在垫层处的钻孔内设置止水筒，可以同时满足水平方向和垂直方向的防水需求，对防水卷材在筋体处的铺装作业也大大简化，施工效率和质量都会得到较大的提高。

筋体在底板中的锚固质量和承载力是保证抗浮锚杆发挥作用的重要因素，当采用考虑钢筋屈服强度充分发挥时的节点锚固长度计算时，筋体在底板的锚固长度较长，一般底板

厚度难以满足要求。精轧螺纹钢筋的锚固措施一般采用螺母和钢垫板，钢绞线的锚固措施一般采用挤压套筒钢垫板。当在底板内筋体顶部增加锚固措施后，需要验算钢垫板作用下的底板抗冲切承载力，锚固节点承载力验算相对合理。当不满足时，可以在钢垫板底部增加弯起钢筋。

4.2 材料

4.2.1 承载体是拉压复合型锚杆的关键构件，要实现锚杆受到的外部荷载通过承载体进行分解，承载力与筋体的连接必须有足够的承载力，需要对其连接质量进行检验。在目前的推广应用，拉压复合型锚杆的承载力主要有三种：（1）筋体采用精轧螺纹钢筋时，承载体采用其配套螺母和钢板焊接组合；（2）筋体采用钢绞线，承载体采用挤压套和钢板连接组合；（3）筋体采用钢筋时，承载体采用对称双面帮条钢筋焊接钢板组合。随着推广规模的逐渐扩大，筋体采用钢筋的施工工艺逐渐在淘汰。

4.2.2 拉压复合型锚杆护套的作用是对承压锚固段筋体与自由段筋体进行隔离。精轧螺纹钢筋和钢绞线都已实现在工厂批量生产带护套的筋体，生产的精轧螺纹钢筋主要采用热缩管，热缩管内还可以铺设环氧涂层；生产的钢绞线主要采用套管，内部也可以敷设充填油脂。实际应用表明，无论采用何种套管隔离措施，受浆体固化对套管的挤压作用、筋体表面肋纹凸起的咬合作用等影响，锚杆端部的荷载传递至承载体处时，都存在一定的衰减，尤其是荷载水平较低时。目前测试结果表明，承压锚固段的荷载传递损失总体不超过 10%。承压锚固段的荷载传递损失对拉压复合型锚杆承载是有利的，因为承压锚固段浆体的荷载理论上是承压体挤压浆体，浆土界面的剪应力是从承载体向锚杆端头方向传递，并逐渐递减而荷载损失表明从承压锚固段端头向承压板方向的侧阻力在逐渐发挥作用，可以适当调动远离承压板的浆土界面侧摩阻力。

4.2.3-4.2.10 拉压复合型锚杆各组成材料的质量是保证拉压复合型锚杆施工质量和抗拔承载力的基本条件，由于拉压复合型锚杆所用材料均为土木工程领域较为成熟的通用材料，因此，本条对拉压复合型锚杆部分材料进行了约定，并要求其满足现行相应规范要求。

4.2.11 拉压复合型锚杆设计一定对水平向夹角时，在自重作用下，杆体会下垂而偏离钻孔中心，严重时会使底至钻孔孔壁，对筋浆粘结力影响较大。因此，必要时，应适当布置定位架、对中架等辅助配件。筋体底部的端帽兼具对中、导向、清理等作用，应予设置。对于竖向布置的抗浮锚杆，可以适当简化配件的设置。

4.3 防腐

4.3.3 拉压复合型锚杆的最低防腐等级参照了《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476-2019），环境作用等级为强腐蚀等级时，不适用采用金属基材料的拉压复合型锚杆，必要时可以非金属基材料的拉压复合型锚杆方案进行论证。

4.3.4 锚头的防腐是拉压复合型锚杆用于永久性锚固工程的重要环节，本条关于锚头的防腐保护要求主要参考了国内外现行技术规范，选择了较为成熟和通用的防腐方法。筋体自由段的全长范围筋体设置有护套，且浆体理论上处于受压状态，对防腐较为有利。由于承载体分解了荷载，相同锚固段长度及拉力条件下，受拉锚固段受到的拉力相比普通全黏结锚杆或拉力型锚杆要小的多，计算结果表明受拉锚固段浆体的拉应力可以降低达 90%，而且通过拉压长度比的优化设计，可以进一步调控浆体的拉应力大小。另外，在抗浮锚杆领域，目前采用波纹管的案例相对较少，且考虑锚杆钻孔直径较小，施工条件相对较差，波纹管的设置会带来新的问题，如波纹管对中质量、筋体在波纹管内的居中质量、波纹管和浆体间的粘结力以及波纹管的质量要求等。因此，本条对受拉锚固段没有要求采用波纹管等增强措施，采用普通注浆基本能满足工程质量要求。

4.3.5 由于拉压复合型锚杆杆体中部设置了承载体，对杆体有很好的架立效果，结合底部的端帽，对于抗浮锚杆承载体保护层厚度满足要求时，杆体也自然满足要求；对于非垂直布置的拉压复合型锚杆，因考虑筋体的下垂按合理间距布置对中支架等辅助配件，以保证杆体的保护层厚度。

4.4 防水

4.4.1 向钻孔内注浆时，一次注浆不可避免产生泌水收缩，需要补浆，为使浆体充满钻孔，有时需要多次补浆。先后补浆会在孔口浆体内部沿径向产生界面，形成渗流通道。另外，垫层处孔口的浆体质量一般相对差一些，也会诱发垫层底部的地下水沿浆体与垫层界面渗流而上。因此，抗浮锚杆在垫层处的防水应特别重视。现有抗浮锚杆在垫层处的防水构造有波纹管材、凹坑法、隔离法等，但是在实际施工时，工艺相对繁琐，施工较为不便。采用插入钻孔内的止水筒时，可以同时隔离地下水沿水平方向和垂直方向渗流。另外，由于止水筒设置有水平方向的环向板，可以直接将防水卷材铺装粘结在环向板上即可，不仅大大简化了防水施工工艺，而且显著提高了防水质量。

5 设计计算

5.1 一般规定

5.1.3 理论分析与现场测试结果都表明，拉压复合型锚杆抗拔承载力相比拉力型锚杆和压力型锚杆都有提高，但是，提高的倍数受锚固段长度和拉压长度比影响。结合理论分析成果，一般而言，受拉锚固段长度系数较小或较大时，拉压复合型锚杆抗拔承载力提高幅度相对较小；受拉锚固段长度系数适中时，抗拔承载力提高较大。另外，总锚固段长度段对拉压复合型锚杆抗拔承载力提高值也有较大影响，当锚固段较小时，拉压复合型锚杆抗拔承载力提高不明显；当锚固段长度达到临界锚固长度时，拉压复合型锚杆抗拔承载力最高可以达到拉力型锚杆的 1.5 倍；当锚固段长度达到临界锚固长度 2 倍时，拉压复合型锚杆抗拔承载力最高可以达到拉力型锚杆的 2.0 倍；当锚固段长度超过临界锚固长度 2 倍时，拉压复合型锚杆抗拔承载力最高也仅达到拉力型锚杆的 2.0 倍，但相应的受拉锚固段长度系数的取值随锚固段长度的增加而增加，也就是承载体可以设置在更大的范围，仍能满足抗拔承载力达到拉力型锚杆的 2.0 倍，如图 5.1.3 所示。因此，为了在相同锚固段长度下，充分发挥拉压复合型锚杆的抗拔承载力，也兼顾其它设计因素影响，本条规定了拉压复合型锚杆的受拉锚固段长度系数的取值区间。

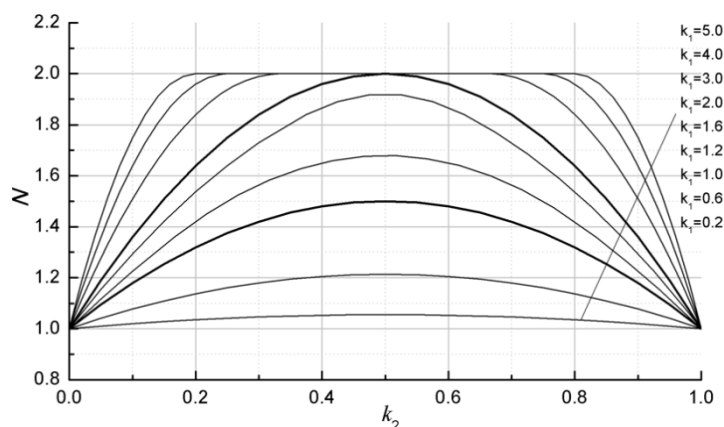


图 5.1.3 拉压复合型锚杆与拉力型锚杆抗拔承载力比值随受拉锚固段长度系数的变化规律

图中， N 为拉压复合型锚杆与拉力型锚杆抗拔承载力比值； k_1 为锚固段长度系数，即锚固段长度与临界锚固段长度之比； k_2 为受拉锚固段长度系数，即受拉锚固段长度与锚固段长度之比。

5.2 承载力计算

5.2.1 单一安全系数法又称为总安全系数设计法，具有形式简单、应用方便等优点，在岩土

工程设计中被大量采用，长期的应用使业界积累了丰富的资料和经验，是目前国内岩土工程中应用最多的设计计算方法。《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008 将之定义为：使结构或地基的抗力标准值与作用标准值的效应之比不低于某一规定安全系数的设计方法。

对于锚杆锚固体抗拔安全系数的取值，本条参考了《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013、《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019，拉压复合型锚杆应用于除基坑工程、边坡工程、抗浮工程以外的其它工程时，可参考具体项目所属行业相关规程对锚固体抗拔安全系数进行取值。

5.2.2 锚固段长度相同时，依靠承载体两侧的承压锚固段和受拉锚固段协同承载，拉压复合型锚杆抗拔承载力比相同锚固段长度的拉力型和压力型锚杆均有提高。尽管现场试验结果测试出拉压复合型锚杆抗拔承载力超过拉力型抗拔承载力 2.0 倍的数据，但是，理论计算结果最高只达到拉力型锚杆的 2.0 倍，且考虑全国地层差异及检测数据样本的区域局限性，以及拉压复合型锚杆现有应用案例及测试的最长锚固段均未超过 12m，极限抗拔承载力最高 1300kN。目前，初步设计计算时，考虑了一定的冗余度。

拉压复合锚杆承压锚固段与受拉锚固段协同承载机理较为复杂，尤其是锚固段位于软硬或土岩组合地层时，其极限抗拔承载力理论上比拉力型锚杆更高，但是计算更为复杂。为了便于拉压复合型锚杆的设计，本条基于目前浆土极限黏结强度，采取了简化的提高系数法。

同时，本规程暂时按锚固长度不超过临界锚固长度考虑，按理论计算结果，拉压复合型锚杆抗拔承载力最高为拉力型锚杆的 1.5 倍。因此，本条确定了承压锚固段和受拉锚固段的灌浆体与岩土体界面粘黏结强度提高系数取值范围为 1.0-1.5。

5.2.4 承压锚固段与受拉锚固段协同承载是拉压复合型锚杆充分发挥灌浆体与岩土体界面黏结力的关键，因此，本条规定了对承压锚固段在承载体处的浆体的抗压强度验算。管浆体强度增大系数受地层影响较大，可结合地方经验取值，必要时，可以单独进行灌浆体抗压承载力检测试验。

5.2.5 受拉锚固段位于土层时，可不进行受拉锚固段筋体抗拔极限承载力验算。但是，当受拉锚固段位于岩层时，可能会发生筋体拔出破坏现象。因此，本条规定主要针对岩层时要进行筋体抗拔承载力验算。由于在岩层中，拉压复合型锚杆总锚固段长度也比较短，受拉锚固段长度更短，为防止施工过程中，注浆管直接绑扎在筋体上削弱筋浆黏结效果，可以在受拉锚固段筋体上按一定间距增设铸铁支架，一方面可以架开注浆管，另一方面可以形

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/135043131341011122>