

抗浮锚杆设计实践问题思考

□ 钟世晓

[摘要] 针对在实际工程设计中以抗浮锚杆设计实践，应用《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）时遇到的相关问题，从防水构造的参考、分项系数的运用、术语用词和符号的定义准确、构造措施和要求等方面进行分析，以及对该技术标准条文要求的疑惑进行探讨，供类似工程的参建人员参考。

[关键词] 抗浮锚杆；防水构造；分项系数；用词和符号；措施和要求

1 引言

曾经在做抗浮锚杆设计的工程实践中，由于没有专门规范作为依据，设计师大多参照有锚杆内容的《建筑边坡工程技术规范》《建筑基坑支护技术规程》《岩土锚杆（索）技术规程》等，但这些规范各自的系数、参数取值、安全度不尽相同，各成体系。而《建筑地基基础设计规范》的土层锚杆专用于支护结构，且岩石锚杆基础的锚杆设计内容比较简单，完全不适用于抗浮锚杆。直到《全国民用建筑工程设计技术措施：结构（地基与基础）》（2009年版）和《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086—2015）的实施，技术标准中才有专门针对抗浮锚杆的内容。但前者没有专门的检测内容，试验方法要求参照《建筑地基基础设计规范》和《高层建筑岩土工程勘察标准》的相关内容；后者的关注重点在预应力锚杆，并不全面。

虽然2017年发布的广东地方标准《建筑工程抗浮设计规程》（DBJ/ T 15—125—2017）有锚杆设计内容，但也缺试验内容。因此2020年实施的《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）有全面且成体系的抗浮锚杆内容，值得认真研读。由于该标准已经实施1年，大家仍在摸索应用，因此笔者就工程实践中遇到的一些抗浮锚杆设计问题以及对该技术标准的一些条文存在疑惑，借此分享给同行业者，以作探讨。

2 防水构造参考

关于锚杆防水，多数的规范没有提及，而边坡基坑支护类的锚杆也不需要防水，加上以前的设计图或没有或简单，因此措施是否合理、充分，没有评判标准。自从《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086—2015）实施起，规范中开始简单要求采用渗透

结晶型防水材料对锚杆节点进行处理，并在底板锚入段的锚杆杆体上设置不少于2道遇水膨胀橡胶^[1]。在《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）则列出预应力锚杆须设置3道措施，非预应力锚杆须设置2道措施，依据防水等级选做几道措施^[2]，但是该标准仍没有提供参考的做法大样，仅有《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）提供了桩与承台连接的防水构造，对于标准要求的一些措施具体怎么做，能不能实施，各人理解千差万别。

当锚杆为多根钢筋时，如采用止水钢板，数根钢筋从钢板中心穿过，环绕数根钢筋的钢板缺口使增加渗水路径的目的失去意义。即使锚杆只是单根钢筋，止水钢板嵌套含在钢筋上的施工操作复杂，不适宜现场作业。因此只有在钢筋上绕套遇水膨胀橡胶才具备可实施性。但是对于预应力锚杆，遇水膨胀橡胶要放在哪里，是锚具周边，还是钢绞线的外保护套管壁？这些都是施工中需要解决的问题。

若要将底板下的防水层做在垫层面上，在建筑施工中的一般做法是：一级防水等级采用防水卷材和防水涂料，二级防水等级采用防水卷材。尤其在《地下工程防水技术规范》（GB 50108—2008）的条文说明中，明确指出“二级及以上防水工程中单独采用水泥基渗透结晶型防水涂料防水要慎重对待”“防水砂浆不能单独用于防水等级为一至二级的地下工程的主体防水”^[3]。但建筑施工中认为涂料厚度无法保证，全凭施工良心。虽然按规范还有列出其他防水措施可搭配采用，但出于各种原因，建筑师和业主不做考虑。因此在锚杆与底板交接处，由于防水卷材无法闭合，使用水泥基渗透结晶型防水涂料进行处理，其实并不符合《地下工程防水技术

规范》（GB 50108—2008）的要求。

对于防水卷材在锚杆处留出的缺口，可以参照《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）建议的桩与承台连接的防水构造^[4]，沿锚杆注浆体周边用遇水膨胀橡胶条和聚硫嵌缝膏处理^[5]，但是因其构造繁复，相比桩头有更多的节点需要处理，必为施工方抵触而不会落实。根据笔者多年桩基施工现场经验，即使图纸照搬规范桩头防水大样构造，施工方也未按图施工。

在实际工程中，时常出现在锚杆处形成渗水点的情况，但却因《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）只提要求，既不如《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）给出建议的构造大样，且又与《地下工程防水技术规范》（GB 50108—2008）的要求相悖，而使设计师左右为难，无法画出同时满足两本规范要求的构造大样。

3 分项系数使用

按地基基础设计的理念，基底尺寸（桩长、桩径）由上部荷载标准值对应地基承载力特征值确定，构件尺寸（基础高度、底板厚度）和配筋才按基本组合计算。

而《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）中3.0.9-2要求，“计算抗浮结构及构件内力，确定构件长度和直径、地下结构底板厚度和配筋及验算材料强度时，作用效应应按承载力极限状态下作用的基本组合，相应的分项系数为1.35”^[2]。对于锚杆锚固体和抗浮桩的构件长度和直径用分项系数1.35的基本组合，明显不同于地基基础设计的理念。

对于上层滞水、非承压水，在水头乘分项系数1.35后，计算结果高出地坪是否合理？例如按《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）的5.3.4-1、2确定的抗浮水位，已经是室外地坪高程或室外地坪下的0.5m，因此两层地下室9m水头的1.35倍已然高出室外地坪3m。若按分项系数1.35计算配筋符合基础设计的原有理念，虽有利于控制裂缝，但用来计算抗浮桩、锚杆的直径和长度，实际操作并不合理，尤其以上所列举的情况，乘分项系数1.35的方式计算水头会远超出实际可能发生的情况。

广西地方标准《广西建筑地基基础设计规范》（DBJ 45/003—2015）的8.8.7对非承压的水头乘分项系数1.35后高出室外地坪时，调整分项系数，使承载力计算采用的设计水头齐平室外地坪^[6]。从这点看，该项地方标准的细化规定要比行业标准粗糙地“一刀切”的要求更合理。

4 术语、用词和符号

《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）里有不少术语找不到具体定义，或用词不够明确，术语符号引用也难以理解，例如：

附录E.2.10，预应力锚杆基本试验的最大加载值不应小于预估破坏荷载的1.2倍^[2]，其中“预估破坏荷载”没有给出具体解释，那么设计者只能按非预应力锚杆基本试验的最大加载值不小于设计抗拔承载力特征值2倍来实施。

附录H.1.4，使用期抗浮锚杆的最大试验荷载不宜超过抗浮锚杆轴向拉力设计值的1.5倍^[2]，“拉力设计值”也没明确给出定义，只能猜测是分项系数乘以拉力特征值，即： $1.5\times\gamma_t\times N_{ak}=1.5\times1.35N_{ak}=2.025N_{ak}$ ，作为最大加载值，也算是与主流规范要求的2倍特征值相吻合。需注意，特征值应该是考虑重要性系数 γ_0 后的取值。

但值得注意的是，《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）附录H抗浮锚杆验收试验，其最大加载值是“不宜超过”上述设定值，附录J抗浮桩验收试验的最大荷载“不宜大于”单桩竖向抗拔承载力特征值2倍，这与其他规范的要求有所不同。例如：《全国民用建筑工程设计技术措施：结构（地基与基础）》（2009年版）11.1.3，抗浮桩和锚杆的验收试验最大加载量“应不小于”承载力特征值的2倍^[7]。对比之下，《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）的要求比较令人费解，其附录J.4.4明确写了抗拔承载力特征值取极限荷载值除以2的值，如果验收试验时，加载值不等于设计要求的特征值2倍，而是小于2倍，一样满足规范的验收要求条文，但是验收检测出来的极限荷载值除以2后，必然小于设计要求的特征值，这样的验收检测毫无意义。

《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）第4页，符号 N_{wk} 定义为“浮力标准值总和”；第10页抗浮稳定性验算公式中，符号 $N_{w,k}$ 定义为“浮力设计值”。虽然按照3.0.9-1规定，抗浮稳定性验算时，分项系数取1.0，可以推断 $N_{w,k}=N_{wk}$ 。但是按习惯，符号后缀 k 一般都是指标准值，统一定义的符号 N_{wk} 在标准中未见使用，因而在抗浮稳定验算公式中，要么直接采用标准值 N_{wk} ，要么采用浮力设计值定义 $N_w=\gamma_t\times N_{wk}=1.0\times N_{wk}$ ，与验算公式分子的用词对应。

《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）附录H.1.4要求抗浮锚杆验收试验的最大加载不宜超过锚杆杆体承载力标准值的0.9倍^[2]，按《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）的要求，钢筋有屈服强度标准

[作者简介] 钟世晓，南宁市建筑设计院南宁市建筑设计院一所，院副总工程师、所总工程师，高级工程师。

值 f_{yk} 、 f_{pyk} 和极限强度标准值 f_{stk} 、 f_{ptk} ^[8]，而对于钢绞线，包括《无粘结预应力钢绞线》（JG/T 161—2016）和《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224—2014）则只有极限强度标准值 f_{ptk} ^[9-10]。虽然按惯例，标准值一般按屈服强度标准值取值，当无屈服强度标准值的，按极限强度标准值取值，但事有例外，《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330—2013）的表E.0.2-1就给出了钢绞线屈服强度标准值（需注意，其个别极限强度标准值与其他规范有细微出入）^[11]。

相比之下，其他规范用词则更具体、精准。例如，《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011），对土层锚杆要求试验加载不超过杆体承载力标准值0.9倍（ $0.9 \times f_{yk} \times A_s$ ），而在验收试验时，考虑到试验后锚杆还要继续使用，其最大加载值降低为 $0.85f_y \times A_s$ ^[5]；《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086—2015）对预应力锚杆的最大试验荷载，取杆体极限抗拉强度标准值 f_{ptk} 的75%或屈服强度标准值 f_{pyk} 的85%中的较小值^[1]，以上用词较为准确、不含糊。

5 构造措施和要求

作为最新编撰出版的技术标准，《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）没能完全吸收已有规范的精华，有些构造措施和要求还不够完备，甚至有些内容相互矛盾，例如：

（1）该标准对抗浮锚杆的试验前提，只要求注浆体灌浆强度达到设计强度的90%。实际上，抗浮桩、抗浮锚杆施工期间对土体是有扰动的，在浇捣混凝土、注浆后到开始试验，应该留出土体恢复的休止时间。可参照《高层建筑岩土工程勘察标准》（JGJ/T 72—2017）附录G.0.4，对于砂土和粉土不应少于10d，对于非饱和黏性土不应少于15d，对于饱和黏性土不应少于28d，对于泥浆护壁灌注桩宜适当延长休止时间^[12]。

（2）该标准对抗浮锚杆的杆体仅简单要求应设有居中装置，其他规范则会提出具体要求。例如，《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）要求土层锚杆的杆体居中隔离架间距 $1m \sim 2m$ ^[5]；《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086—2015）要求低预应力或非预应力锚杆的杆体居中隔离架间距不应大于 $2m$ ^[1]；《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330—2013）要求隔离架间距 $1m \sim 3m$ ^[11]；《建筑工程抗浮设计规程》（DBJ/ T 15—125—2017）要求对中支架间隔 $1m \sim 3m$ ，土层取小值，岩层取大值^[13]。

（3）该标准提出很多检测和监测要求，但没有具体

做法，实际操作困难，或现有检测手段不具备普适性。例如：抗浮锚杆的检查方法要求无损检测杆体长度和注浆饱满度，但在工程实践中，各检测单位都没有相应的检测设备。虽然《锚杆锚固质量无损检测技术规程》（JGJ/T 182—2009）早已发布，但各涉及锚杆的规范均未要求采用无损检测杆体长度和注浆饱满度，设计文件自然不会提及该检测要求，因而检测单位也不会就此开展这方面的业务。而且《锚杆锚固质量无损检测技术规程》（JGJ/T 182—2009）在1.0.2和5.1.1都明确指出适用于全长粘结锚杆锚固质量的无损检测^[14]，除此之外的预应力锚杆、扩大段（端）锚杆、囊式锚杆均没有无损检测手段。

（4）该标准在6.5.5-4要求基底不得设置透水性较强材料的垫层，这与7.4章节排水限压法和泄水降压法中用满铺一定厚度的沙砾石层形成的滤水层相矛盾。还与其他规范要求相悖，如采用地基处理CFG桩必须铺设砂褥垫层，在岩溶地区常遇到多层建筑基础可以土层为持力层，开挖基底为半土半岩的情况，若要完全把土清除，则因土层太深、操作空间狭小而难以实施，也无必要。为缓冲变形避免基底应力集中，多采用砂褥垫层处理。

《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）的12.3.2也要求在嵌入硬质岩石的基础周边及地面设置砂质褥垫层^[15]。

（5）虽然抗浮结构构件属于地基基础构件，但抗浮设计考虑的水文地质条件与承受上部结构的基础设计考虑的工程地质条件并不完全等同，且侧重点不同，失效危害也不等同。若按《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）的3.0.1要求：建筑抗浮工程设计等级不低于基础设计等级，相当于把上述问题强行等同，那么在工程实践中就会出现与经多年践行并证明合理有效做法相矛盾的地方。

例如：广西常见的岩溶发育地区，上覆土为红黏土，属于膨胀土，相应地基基础设计等级不低于乙级，由于地下室基底已到石灰岩，因此抗浮采用全长粘结锚杆，该方式经济实用、施工便捷，根据多年工程实践证明其安全有效，也符合《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）的7.5.1的适用条件。如果仅是控制裂缝不大于0.2mm，无非是加大杆体钢筋面积，但是《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）的7.5.8要求抗浮设计等级为乙级（同基础设计等级）的工程，锚固浆体中拉应力不应大于其轴心受拉强度，相当于否定全长粘结锚杆只能用压力型预应力锚杆，且会产生底

板要加厚加强、锚杆要加长且需留够自由段长度、施工工艺和节点构造复杂、工期拉长、费用增加等问题。

6 结语

很多已有规范、标准多次再版后，仍会调整修改补充勘误，在应用实践中完善，直至再次更新版本。《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476—2019）作为全新的技术标准，也需要工程师们在工程应用实践中多研究、多思考。

参考文献

- [1]中国冶金建设协会.岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范：GB 50086—2015[S].北京:中国计划出版社,2015.
- [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑工程抗浮技术标准：JGJ 476—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [3]国家人民防空办公室.地下工程防水技术规范：GB 50108—2008[S].北京:中国计划出版社,2009.
- [4]中国建筑科学研究院.建筑桩基技术规范：JGJ 94—2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [5]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑地基基础设计规范：GB 50007—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [6]华蓝设计（集团）有限公司,广西华蓝岩土工程有限公司.广西建筑地基基础设计规范：DBJ 45/003—2015[S/OL].(2015-12-2)[2021-3-8].http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/84207/2392125.shtml.

- [7]住房和城乡建设部工程质量安全监督司,中国建筑标准设计研究院.全国民用建筑工程设计技术措施：结构（地基与基础）（2009年版）[M].北京:中国计划出版社,2009.
- [8]中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构设计规范：GB 50010—2010（2015年版）[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [9]中国建筑科学研究院,等.无粘结预应力钢绞线：JG/T 161—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [10]冶金工业信息标准研究院,等.预应力混凝土用钢绞线：GB/T 5224—2014[S].北京:中国质检出版社、中国标准出版社,2014.
- [11]重庆市城乡建设委员会.建筑边坡工程技术规范：GB 50330—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [12]中华人民共和国住房和城乡建设部.高层建筑岩土工程勘察标准：JGJ/T 72—2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [13]广东省建筑科学研究院集团股份有限公司,华南理工大学土木与交通学院.建筑工程抗浮设计规程：DBJ/T 15—125—2017[S].北京:中国城市出版社,2017.
- [14]中华人民共和国住房和城乡建设部.锚杆锚固质量无损检测技术规程：JGJ/T 182—2009[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [15]中华人民共和国住房和城乡建设部.高层建筑混凝土结构技术规程：JGJ 3—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.