

海口市基坑工程技术现状与发展

[摘要] 本文概述了海口市的岩土工程地质条件，简要介绍岩土锚固技术在海口市基坑工程中的应用，支护结构的主要型式及发展方向，发展中的主要经验、事故与教训。

1、概 述

1.1 海口市基本情况

海口市位于海南省北端、南渡江出海口。全市面积为 2313 平方公里，常住人口 164.6 万（2002 年）。属热带海洋季风气候。年平均气温 23.6℃，年平均降雨量 1742.5mm，主要强台风季节为 8~10 月份，最大风速 25m/s。强热带风暴风力 8~11 级，台风风力 12 或 12 级以上。根据 1986 年 9 月编制的《琼北地震烈度区划图》确定海口市地震烈度为八度区。

1.2 地形：海口市总的地势由南向北倾斜，海拔标高数米至 30 多米不等，地表平坦开阔。由于新构造运动形成 3 级海蚀阶地，多呈带状分布。台地、阶地地形有利于海口市土地资源的开发利用。目前城市建筑大部在北部靠海一、二级阶地上。海口湾及南渡江入海口堆积形成的滨海开发区、海甸岛、新埠岛开发区，为典型的滨海相、多层淤泥质软土发育区。

1.3 区域地质构造条件

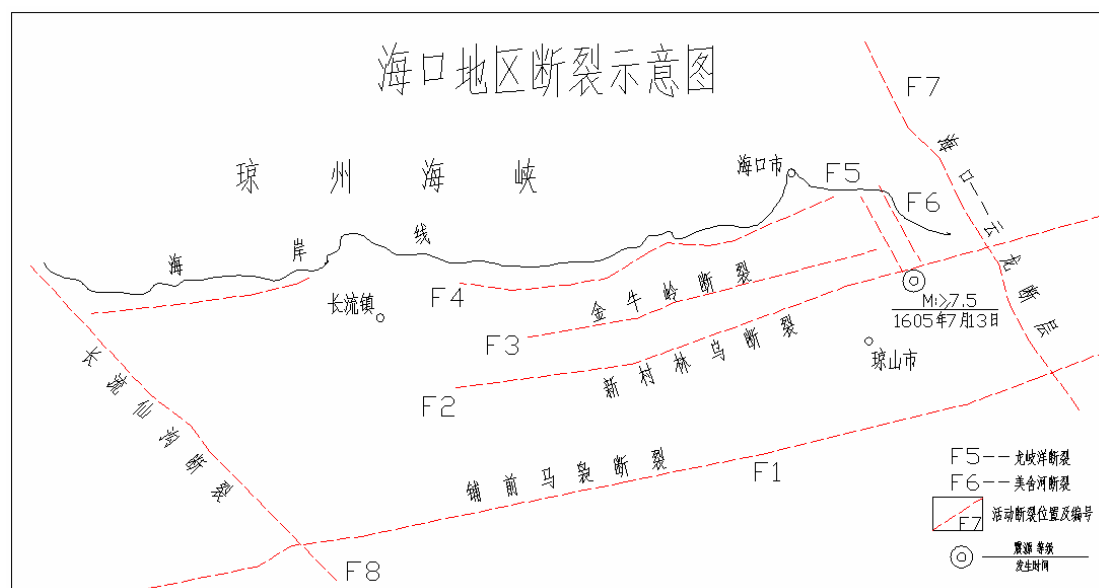
海口市为琼北断陷盆地，其基底主要受近东西向及北西向展布的断裂构造所控制，均为新生成代以后形成的新构造。

1.4 火山与地震活动

第四纪以来，海口地区发生多期次的火山活动，现代地震活动频

繁，历史记载有 5 次以上地震。1605 年 7 月 13 日子夜发生的琼州大地震，震级 7.5 级，震中位于琼山区的东寨港（光村~铺前断裂、东寨港~清润港断裂交汇处），造成琼山的北港、曲口、东寨港一带与文昌北部的北港、铺前，陆地变成海湾，断裂带北侧大面积沉降，72 个村庄全部陷入海底，形成世界罕见的“海底村庄”。此次地震几乎毁灭了整个府城镇，是我国唯一一次导致陆地沉陷入海的大地震。同年 12 月 5 日再次发生琼山大地震，震级 6 级。今后仍然存在着发生地震的危险。

海口市为 8 度地震设防地区，建（构）筑物、永久性边坡工程，设计时必须考虑对建（构）筑物采取抗震措施。



1.4 地层结构及岩性特征（详见表 1）。

海口市综合地层表（表 1）

地 系	层 统	地层 代号	地层 序号	土层 名称	常见厚度范 围	备 注
第四系	全新统	Q ^{ml}	①	杂填土	2.00~8m	主要分布于海口湾、滨海滩涂地带，海甸岛、新埠岛、滨海金贸区、琼山府城南渡江两岸。
		Q ₄ ^m	②	淤泥、淤泥质粉土	1~10m	以海甸岛、新埠岛、桂林洋等地淤泥层发育，砂层中常见贝壳碎屑夹层。地基承载力特征值 60~120kPa（粉砂）。
		Q ₄ ^{mc}	③	浅灰色粉砂	2~20m	
	下更新统	Q ₁ ^{mc}	④	灰色粘土	5~20m	在海口市全区均有分布，第⑤层中砂、中粗砂层其间常混珊瑚贝屑，埋深在 10 米以下，其孔隙水多为无压或半承压状，单井涌水量一般可达 25m ³ /h 地基承载力特征值 180~250kPa。局部地区常见玄武岩，凝灰岩侵入。
		Q ₁ ^{mc}	⑤	中砂、粗砂	几米~30m	
第三系	上新统	N ₂ ^m	⑥	灰色页状粘土、粉质粘土、砂类土互层	几米~30 余 m	
		βN ₂	⑦	中~微风化凝灰岩、玄武岩	0~≥50m	
						在琼山区石山火山口、老城开发区、琼山，府城一带多出露地表，厚度变化较大。地基承载力受岩体结构、风化程度所制约。埋深 0~50 米不等。

2、海口市基坑支护技术现状

海南省自建省办大特区以来，随着城市建设的迅速发展，基坑工程，尤其是超过 5 米、地质条件比较复杂的深基坑工程及其岩土锚固技术也随之日益发展，其规模及深度不断加大。据不完全统计，自 1993 年~2009 年，全市共有 200 多个基坑工程，超深基坑工程在这几年的发展很快，去年设计施工的 40 层的天邑国际大厦（-14 米），前几年建成交付使用的明光大酒店（-8.5 米），海航某星级酒店大厦

2 层地下车库(-9 米),美兰国际机场附近的轻轨火车地下隧道(-20.0 米),海南商业广场第一期地下 2 层 (-8.50 米),基坑深度均超过 9 米,最大深度达 20 米。表 2 分别列出了海口市主要支护结构类型及运用范围简表(表 2)。

海口市基坑工程锚固类型及适用条件简表 (表 2)

序号	支护结构类型	适用条件	止水措施	统计个数		备注
				个	%	
1	放坡土钉墙	基坑深 $H \leq 5m$, 中砂层, 粘土层, 淤泥质土, 人工填土等。	水泥土搅拌桩, 轻型井点。	27	27	钢筋或钢管土钉、挂网喷射混凝土。
2	复合土钉墙	基坑深 $H \leq 5 \sim 6m$ 缓坡或局部直立, 淤泥质土, 砂类土, 粘性土。	搅拌桩、旋喷桩, 大井或轻型井点。	36	36	松散地层, 地下水丰富; 除土钉墙结构外, 还设置预应力锚杆或非预应力锚杆喷射混凝土。
3	桩~锚+桩预应力锚杆	基坑深 $H=7 \sim 10m$ 二级安全等级, 各种地质条件均适用, 地下水丰富。	截水措施常用高压旋喷桩或粉喷桩。	30	30	①钻(冲)孔桩, 挖孔桩, 钢板桩。 ②预应力锚杆。
4	地下连续墙、内支撑逆作法	基坑深 $H=10 \sim 14m$ 一级基坑, 各种地质条件均适用, 地下水丰富。	同上	4	4	①地连墙; ②预力锚杆; ③内支撑联合使用。
5	沉井、沉箱	基坑深 $H=12 \sim 20m$, 一级基坑, 松软地层, 地下水丰富。	同上	3	3	现浇沉井带水作业, 主要用于污水处理工程。

由上可见，在此 100 个基坑工程及其配套技术体系中，以水泥搅拌桩止水复合土钉墙支护结构为海口市一层地下室的首选支护结构，占基坑工程总数的 36%；钻孔桩+预应力锚杆采用桩间高压旋喷桩止水，为海口市 2 层地下室的一种不可替代的重要支护结构。

3、基坑支护工程个案分析

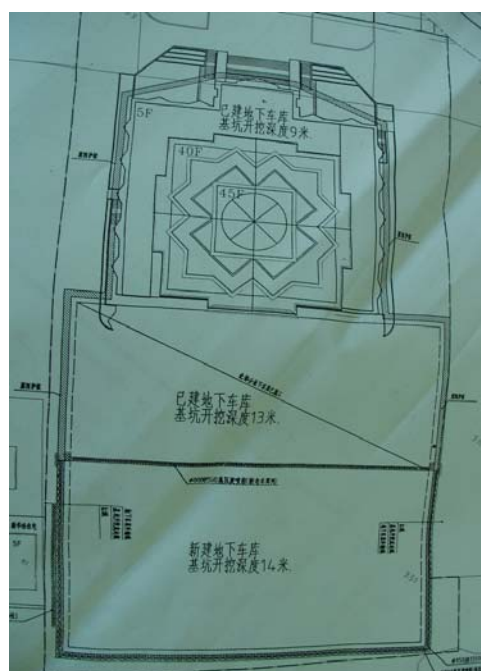
3.1 钻孔桩+内支撑支护—海口天邑国际大厦



天邑国际大厦



内支撑支护竣工全景



天邑国际基坑支护平面图

3.1.1 工程概况

海口天邑国际大厦位于金贸区滨海大道南侧，地貌单元为海成一级阶地。该大厦楼高 40 层，裙楼 5 层，建筑物高度为 155.90m，为海口金贸区中心城市一座标志性建筑，设 3 层地下室，开挖深度 14 米。该基坑属一级深基坑，周边环境比较复杂，东侧为已建的赛格大厦，西壁紧邻新华分社住宅楼，（到围墙距离仅为 1.50 米左右），如图 1 所示。基坑南侧已建成地下车库，开挖深度 9 米；新建地下车库在老车库的基础上，由一层改为 3 层，开挖深度由 9 米改为 14 米。

3.1.2 岩土工程地质条件

（1）地基土性能评价

1、第①层素填土，分布全场地，欠压实厚度 2.30~9.10m。工程性能差。

2、第②层淤泥，分布全场地，软塑。厚 2.5~9m 承载力特征值 70kPa，工程性能差。

3、第③层中砂，分布全场地，层位较稳定，松散~稍密状，局部中密状。厚 9.2~13m，粘聚力建议值 $C=13.0\text{kPa}$ ，内摩擦角建议值 $\Phi=21.8$ 度。地基承载力特征值 180kPa，工程性能一般。

4、第④层粘土，分布全场地，可塑状，层位较稳定，土体与锚固体极限摩阻力 30kPa；厚 7.2~11m。压缩模量建议值 $E_{s1-2}=7.99\text{MPa}$ ，粘聚力标准值 $C=34.9\text{kPa}$ ，内摩擦角标准值 $\Phi=9.9$ 度。地基承载力特征值 160kPa，工程性能一般。

5、第⑤层中砂，分布全场地，中密状，局部中密状，标贯击数

平均值 $N=13.7$ 击，压缩模量建议值 $E_{s1-2}=8.92\text{MPa}$ ，粘聚力建议值 $C=15.8\text{kPa}$ ，内摩擦角建议值 $\Phi=19.4$ 度。地基土承载力特征值 200kPa ，工程性能较好。

6、第⑥层粘土，分布全场地，灰色。可塑状，层位较稳定，厚 $1.5\sim 7.5\text{m}$ 均匀性较好。标贯击数平均值 14.3 击，压缩模量建议值 $E_{s1-2}=8.34\text{MPa}$ ，标准值 $C=34.6\text{kPa}$ ，内摩擦角标准值 $\Phi=14.0$ 度。承载能力高，工程性能较好。

7、第⑦层中砂，分布全场地，中密~密实状，厚 $8.80\sim 17.90\text{m}$ 。粘聚力建议值 $C=18.5\text{kPa}$ ，内摩擦角建议值 $\Phi=19.7$ 度。承载能力高，工程性能较好。

8、第⑧层粉质粘土，硬塑状，局部坚硬状，半成岩状。层位较稳定，均匀性较好，压缩模量建议值 $E_{s1-2}=16.0\text{MPa}$ ，粘聚力标准值 $C=40.5\text{kPa}$ ，内摩擦角标准值 $\Phi=22.0$ 度。承载能力高力特征值 220kPa ，工程性能较好。

土的物理力学性质指标设计建议值详见下表：

天邑国际大厦地基的物理力学指标设计参数建议值表(表 3)

层 序	地 层	重度	粘聚力 标准值 建议值	内摩擦角 标准值 建议值	压缩模量 建议值	压缩系数 建议值	承载力 特征值 建议值	钻孔灌注桩的设计 有关参数建议值	
		ρ	C_k	Φ_k	E_s	a_v	f_{ak}	桩的极限侧 阻力标准值	桩的极限端 阻力标准值
		KN/m ³	kPa	度	MPa	MPa ⁻¹	kPa	kPa	kPa
1	素填土	17.3	10	8			70		
2	淤 泥	17.0	9.6	5	2.71	1.03	70		
3	中 砂	19.4	13.0	21.8	10.75	0.29	180	30	
4	粘 土	17.5	34.9	9.9	7.99	0.29	160	65	
5	中 砂	19.4	15.8	19.4	8.92	0.25	200	50	
6	粘 土	18.3	34.6	14.0	8.34	0.30	200	65	
7	中 砂	19.7	18.5	19.7	11.86	0.20	230	80	
8	粉质粘土	19.3	40.5	22.0	16.0	0.29	220	80	
9	贝壳碎屑中砂	20.2	20.8	27.7	15.5	0.16	280	90	2000
10	粉质粘土	17.9	31.5	13.0	16.5	0.20	250	80	1000
11	贝壳碎屑中砂	18.9	20.4	25.7	25.0	0.16	280	90	2500

3.1.2 支护结构

- 1、内支撑坑壁采用钻孔灌注桩 $\phi 1000\text{mm}@1200\text{mm}$ 桩长 28m;
- 2、支撑、顶圈梁和围檀均采用钢筋砼,第一、二道支撑截面为 $800\times 800\text{mm}$; 第三道为 $800\times 600\text{mm}$, 压顶梁为 $1200\times 800\text{mm}$ 。
- 3、换撑采用倒数五层地下室底板和楼底换撑, 换撑(传力带)达到砼 80%设计强度方可拆除砼支撑。

3.1.2 基坑开挖

基坑开挖中的土方卸载势必引起土体的位移场变化, 因此基坑土方开挖应针对软土的流变特性应用“时空效应”理论, 严格实行限时开挖及时支撑要求, 以控制基坑变形、保护周围环境、基坑工程施工实施动态信息化施工。

(1) 基坑土方开挖、土钉墙施工原则是“分层分段限时开挖、支护”、支撑施工原则是“分层分块限时开挖、安装支撑”, 控制基坑变形。

(2) 开挖过程中必须随挖随撑(或浇捣垫层)。土方开挖必须严格控制挖土量, 严禁超挖。

(3) 顶圈梁和支撑必须达到 70%设计强度、钻孔灌注桩必须达到 28 天强度、水泥土桩必须达到 28 天或 1.0MPa 强度后, 方可进行基坑内的土方开挖。

(4) 基坑开挖及垫层施工要求严格按照设计要求进行, 严禁超挖。必须做到先撑后挖, 严禁先挖后撑。开挖后应及时做垫层须浇至围护桩。

(5) 楼层板与围护桩间采用 300 厚素砼板或等同于该层楼板厚（传力带）填实，强度等级不低于 C20.支撑拆除前确保所有传力带已经达到设计强度的 80%。

(6) 加强基坑内的排水措施，防止基坑内积水。基坑降水采用大口径及轻型井点降水措施。

(7) 机械挖土时坑底应保留 300mm 厚土层用人工挖除整平，防止坑底土扰动。

(8) 施工工况：



钢筋混凝土内支撑二层



内支撑完成后进行垫层施工情景



Φ 609×16 二层钢支撑



左侧为三道支撑，右侧为两道钢管支撑

3.1.3 基坑现场监测

(1) 施工期间应对周边环境、基坑进行跟踪监测，实行信息化施工，由业主指定监测单位编写监测方案，并将监测方案报送业主及经

理审查。

(2) 监测报表及时反馈我院及其它有关的单位，以及时采取相应的技术措施，调整施工速率和施工顺序，做到信息化施工。

(3) 报警值

序号	监测项目	累计量	备注
1	围护结构顶部的沉降与位移	35mm	2mm/d (连续 2 天)
2	围护结构测斜	30 mm	2mm/d (连续 2 天)
3	坑外地表沉降	30 mm	2mm/d (连续 2 天)
4	建筑物 (管线) 沉降	35 mm	2mm/d (连续 2 天), 以不破坏为准
5	地下水位	500 mm	
6	立柱隆沉	15 mm	3mm/d (连续 2 天)
7	第一道支撑轴力	2500 kN	
	第二道支撑轴力	4000 kN	
	第三道支撑轴力	2500 kN	

结 语

本工程岩土工程地质条件较为复杂，滨海大道在软土地区基坑开挖深度达到 14 米为海口之最。基坑邻近建筑物及市政设施，确保安全是首要任务，基坑经受了 2008 年两次强台风暴雨的考验。由于地下障碍物很多，经过几次设计变更原因，施工工期较长 (近一年时间)，但支护结构施工比较顺利，周围建筑物安全稳定。由于采取了有效的止水措施，在长达一年时间的基坑大规模降水情况下没有引起过大的地面沉降。

3.2 疏排桩+土钉墙支护——蓝天路汇隆大酒店

3.2.1 工程概况

现以海口市汇隆大酒店为例，深基坑采用疏排桩+土钉墙组合型结构。该工程设计主楼层高为 23 层，二层地下室，基坑开挖深度为 7.8m。因南侧紧靠嘉源大酒店（层数 6 层，相距 2.6m）又是天然基础。结合场地周边建筑环境及岩土工程地质条件，为了节省工程造价，经过多次方案比较论证，最后确定采用疏排桩+土钉墙组合支护结构模式，基坑支护取得了良好效果。具体做法概述如下：

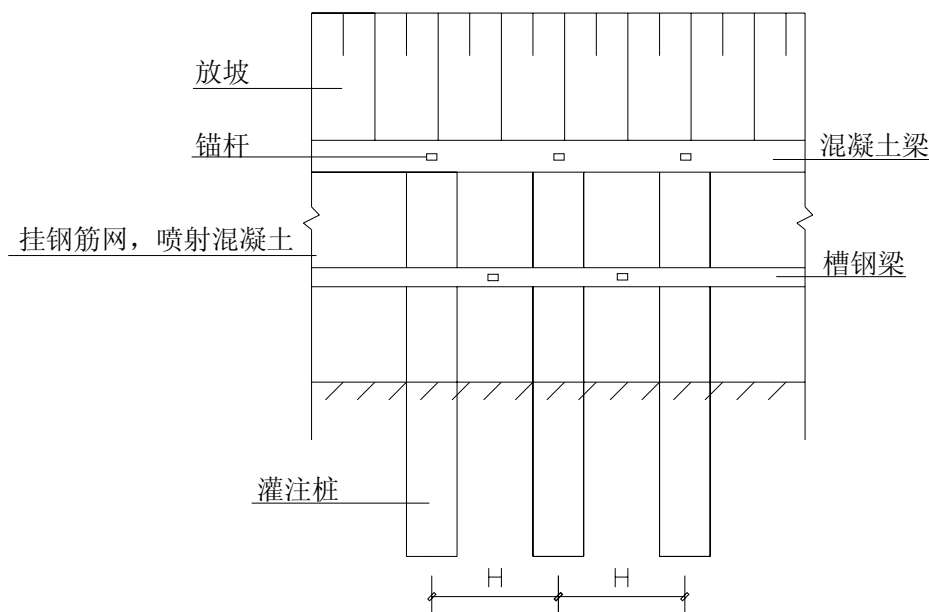
3.2.2 钢筋混凝土帽梁设计

基坑坡脚距地表 2.5m，设计钢筋混凝土盖梁与灌注桩顶部连接。

3.2.3 疏排桩钢筋混凝土灌注桩设计

由于基坑南侧紧靠 6 层楼房，且为天然条形基础，设计先打一排拉开间距的护坡桩，桩径为 800mm，桩长 13m，桩间距 1.80m，桩间净距 1.20m。（详见下图）





疏排桩+土钉墙支护结构正视图

疏排桩+土钉墙照片

3.2.4 土层锚杆设计

在护坡桩之间分别于-2.80m 和-4.80m 处打两排土层锚杆，其长度分别为 15 及 18m，锚杆采用 $\phi 32$ 螺纹钢筋制作。

3.2.5 桩间止水采用土钉+喷射砼封闭

在边坡顶部 2m 放坡及桩间土体出露部位，采用喷射细石混凝土封闭，并铺设一层钢筋网。

3.2.6 开挖方式与顺序

分三层开挖，遇到流砂或流塑状淤泥时，开挖深度 0.5~1.0m，并超前设置土层锚杆、挂网和迅速喷射混凝土封闭，同时加大速度凝剂量，提高快速凝固和喷射效果。

3.2.7 坑内降水

为了防止嘉源大酒店基础沉降变形及基坑周围道路、地下通讯电缆线和地下排污管的破坏，所有降水井点均在坑内进行，并设计专用

回灌井进行回灌。

3.2.8 地面监控量测

自基坑降水开始就设置沉降及水平位移观测点，进行严格的监控量测。观测结果表明：紧靠基坑南壁的嘉源大酒店，沉降变形仅在10~30mm 之间。基坑开挖到设计标高后，护坡桩顶最大位移量为17~20mm。观测资料表明：本支护结构能够有效控制基坑土体变形和沉降，确保基坑周围已有建筑物、城市道路和地下管线的安全，并为基础施工工程缩短了三分之一的时间。

3.2.9 技术优点

综上所述，疏排桩+土钉墙组合支护结构，由于应用范围比较广泛，从而使该项技术具有较大的应用价值。它的主要技术优点是：

(1) 适用于各种沉积相砂类土、粉土、粘土等。

(2) 一般适用于基坑开挖深度 5~7m，基坑周边建筑施工环境条件中等的场地。

(3) 这种组合型支护技术，把灌注桩的间距拉开，要比密排桩减少桩量 1/3~1/4。因此，施工工期缩短。一个护壁面积为 800~1000m²的基坑，一般施工工期 45 天左右，仅为密排钻孔桩 1/4，因此深得房地产商的青睐和有关建设单位的欢迎。

3.2.10 经济效益比较（详见表 3）

经济效益比较表（表 3）

工程名称	密排桩支护 造价/万元	疏排桩+土钉 墙造价/万元	比较节约 /万元	比率/(%)	地质条件
汇隆大酒店	280	120	160	42.85	粘土，中密 砂土
南亚商业广场	1740	770	970	44.30	同上
三友国际大厦	120	73.5	64	61.00	砂土，粘土
海南省动植物 检验局综合楼	230	190	70	82.00	中密土、可塑 性粘土

结束语

①本组合型支护结构是在基坑开挖前主动进行加固的支护技术，在地质条件较好，一层地下室基坑支护情况下，它是比较经济、安全、解决挡土和止水的一项有效技术措施。

②桩的入土深度、抗弯矩、单根土层锚杆或预应力锚杆的抗拔力、桩拉开的净空距离等重要设计参数的选择，必须经过理论计算确定。施工中，坚持动态跟踪观测，用信息反馈法指导施工。如有异常情况应及时调整设计参数，以求得更好的支护效果

③本支护结构在淤泥和淤泥质软土较厚的场地，地下水丰富，开挖降水易引起管涌。流砂的场地不宜采用。

3.3 基坑工程事故及教训

3.3.1 海口市沿江五路的海景仕德富大酒店，设二层地下室，基坑深 7.50m，属典型的海相沉积软土（淤泥、淤泥质粘土）发育地区，淤泥层厚 6~8m，整个基坑底板以上为全软土地基，基底埋置于含水丰富的中粗砂层之上。该基坑周边虽无重要建构筑物，但地势低洼，

岩土工程地质条件复杂，某设计施工单位采用水泥土深层搅拌桩作支挡结构。采用这种水泥土搅拌桩的抗剪强度低，悬臂式支护结构过大内倾变位，首先导致基坑发生整体或局部土体滑塌失稳。正当施工单位组织全力加固处理（补打降水井，坡顶缺荷等）时，刚好又遇上了1996年9月20日12级热带飓风的袭击，伴有430mm以上的大暴雨，整个基坑被暴雨淹没，水泥搅拌桩倒塌，造成了近200万元的经济损失。

3.3.2 海口市丽晶路某商住楼，设一层地下室，开挖深度4.70m。该场地层为近期人工充填土，以下为厚10~12米淤泥质土，基础底板坐落于软塑的淤泥层之上。该基坑北侧有居民楼分布，其中长27米一段坑壁，距供水供电机房仅1.50米。该基坑未进行专门设计，施工采用水泥土深层搅拌桩+树根桩及钢管锚杆作支挡结构。施工中，已发现多处土体开裂变形迹象，但未引起施工单位注意。2009年9月上旬，因遇连降大暴雨，北侧水泥搅拌桩全部断裂倒塌，东侧土钉墙沉陷失稳。造成与基坑紧邻的水电机房受损，直接经济损失近100万左右。发生该事故的主要原因是基坑支护方案选择不当有关。此外，业主压低工程造价，施工过程失误，思想麻痹大意，也是造成事故的重要原因。

3.4 对基坑支护技术发展的几点思考与体会

3.4.1 复合土钉支护技术问题

复合土钉墙在海口地区这几年的发展势头很迅猛。根据地层条件，周边环境和开挖深度，海口市应用复合土钉墙技术分为两大类：

一类为加强型复合土钉墙，主要技术要素由钢筋土钉或钢花管土钉，预应力锚杆，挂网（单或双层）喷射砼面层组成。多数应用于无水环境，地质条件较好（三级阶地）的场地；另一类为“截水—加强”型复合土钉墙，某结构要素由钢花管土钉，微型桩，粉喷桩止水、挂网喷射砼面层组成。复合土钉墙具有以下优点：

①形成封闭的防渗止水作用。

②改善了开挖土体的物理力学性质，提高土体与锚固体的粒结强度，使之有一定的自稳能力。

③水泥土搅拌桩有一定的插入挤密作用，可避点软弱地层基坑底部的隆起，渗流，管涌等坑底稳定问题。

④多用于一层地下室的浅基坑，深度 4~6m 不等，水泥搅拌桩多数插入淤泥质粘土或含水层以下的相对隔水层。

⑤锚杆（土钉）长度一般取 1.5 倍的开挖深度，第一道及第二道加长到 2 倍的开挖深度。

⑥基坑变形（位移及沉降）都满足 3 级基坑的要求，（墙顶一般位移是在 50~100mm，地底最大沉降 60~120mm）。

⑦土钉施工工艺根据地层情况选择。对于可塑~硬塑的粘性土可用钻孔法；对于较强的含水层宜用冲击打入法。

3.4.2 岩土工程概念设计

既然岩土工程不确定性十分显著，那么引入概率论、统计学、模糊数学以及其他非传统的分析方法是顺理成章的。但是，必须从实际出发，要有助于更好地解决工程问题，要在正确概念的框架内与传统

方法结合，绝对不能忘记甚至背离业已确立的基本概念，绝对不能无视勘察、设计、施工过程中的实际情况，做“数字游戏”。在解决问题在可能条件下应尽量复杂问题简单化，绝对不要将简单问题复杂化。因此，概念设计受到工程师们的普遍重视。

（1）从场地和工程的实际出发

岩土工程概念设计讲究针对性，针对性就是要“对症下药”，从实际出发。岩土工程的设计要求有的由业主提出，有的由结构工程师提出，地基基础设计必须满足上部结构的安全和正常使用。岩土工程师应充分掌握上部结构的特点和具体数据，才能使自己的设计达到既定目标。尤其是高低层连成一体，既有建筑邻近开挖建地下室等复杂情况，更需特别注意，地质条件这一头就更加重要了。地质条件不能直接见到，只能通过勘察才能知道，“下头”是否吃透是做好岩土工程设计的关键。我国多数情况是勘察和设计分家，设计人员如果不去现场，不细阅勘察报告，只看一看地基承载力是多少，这一头就很难吃透，也很难做出好的设计。

（2）抓住关键，突出难点和重点

概念设计要大处着眼，这里所说的“大处”，就是抓难点、重点，抓关键。关键问题，难点和重点问题解决了，工程的安全问题一般也就是基本上解决了。所谓难点，就是工程地质和岩土工程的疑难科技问题；所谓重点，就是工程安全有重大影响的问题。如厚层松软土、尚未降解的生活垃圾，高边坡、高填方、岩溶塌陷、活动断裂，有些特殊岩土和特殊地质问题从未遇到过。这些问题作为关键问题抓，人

所共知的。但有些问题可能被勘察设计人员忽略，如既有建筑接建工程，基坑工程的坑中坑，同一基础下的不均匀地基，饱和软土的挤土效应，邻近可能发生不良地质作用和地质灾害等等，勘察或设计时忽略，都可能带来后期工作的麻烦。

（3）坚持设计理性，避免盲目

概念是一种理性认识，理性就是不要盲目，理性设计是概念设计的核心。盲目性有两种表现；一种是盲目相信计算，设计时只是知道“规范+计算”或者“规范+电脑”。另一种是盲目相信经验，照搬其它工程的做法，把局部经验误为普遍真理，以致犯概念性原则性的错误。概念设计要求设计者对原理有深刻的理解，同时有丰富的工作经验，从框架设计到细部设计，即符合科学原理，又清楚计算模式、计算参数、计算结果与工程实际的差别，这就是理念设计。以地基变形计算为例，有位设计者简单地利用勘察报告给出的压缩模量代入规范公式计算，算出的结果连他自己也不敢相信。岩土工程师在充分认识计算原理、规范背景并掌握工程经验的基础上进行变形分析，才能取得良好的效果。

（4）注重综合判断和现场试验

岩土工程概念设计需要经验，原因主要在于单纯的计算不可靠。“不求计算精确，只求判断正确”，已是岩土工程界的共识。岩土工程师的能力主要在于综合判断的能力，包括设计基础资料完整性和可靠性的判断；设计重点问题和关键问题的判断；设计方案适用性、有效性和经济性的判断；计算参数、计算方法和计算软件合理性的判断；

计算与实际偏差的判断；工程实施过程中可能发生问题的判断等等。判断是否正确，岩土工程师的理论基础和工程经验是决定性的。概念是具体事物的抽象，具有普遍性，只有植根于理论基础上的经验才有生命力。

如果既没有可靠的计算方法，又没有现成的经验，怎么办？只有依靠现场试验。天然地基、桩基、复合地基做载荷试验；锚杆做抗拔试验；堤坝做堆载试验；试打、试钻、试挖是常用的手段；有时甚至做试验性工程，验证技术的可行性，确定有关设计参数。还常常采用信息化施工和反分析方法，利用反馈信息，不断完善设计。

（5） 统筹兼顾，协调配合，注意总体效果

基坑工程可能涉及支护设计、地下水控制、周边工程保护、既有建筑加固等等；滑坡治理可能涉及支挡、锚固、地表排水、地下排水、护面、绿化等等；各子项之间、地上地下之间、上游下游之间、前后工序之间，都要统筹兼顾，协调配合，注意总体效果。总体效果满足目标功能要求，满足规定的安全和耐久性要求，满足卫生、生态环境保护的要求。岩土工程有时需大量挖方填方，蓄水排水，造成地形、地质和水文地质条件的改变，有时甚至营造巨大的人工地质体（围海造陆、废弃物填埋），进而改善生态环境，岩土工程师在考虑总体效果时应精心预测和评估。这些年来，人们十分重视地基基础和上部结构的协同作用：桩基设计方面提出了变刚度调平设计；在支挡方面注意了支挡或锚固刚度与岩土压力之间的相互影响，软土基坑设计提出了“小步开挖，及时支撑”的时空效应概念等等，都是围绕岩土与结

构之间的位移协调和应力重分布做文章，以求取得最佳效果。这方面在计算方法、计算机软件方面已经取得长足进步，但岩土工程师仍应首先掌握概念，掌握概念才能自觉而不是盲目地使用计算机软件。

（6） 设置多道防线，确保工程安全

为了确保工程安全，需要设置多道防线，全过程层层把关。岩土工程勘察报告的审查和质量控制；设计软件和计算成果的校核；设计安全度的掌握；设计决策的论证；施工质量的检验；施工和使用期间的监测、维修和保养；各种应急预案的启动等等。

岩土工程迄今还是一门不严密、不完善、不够成熟的科学技术，还处在“发展中”，因而存在相当大的风险性。从概念上选择一个或几个方案，进行必要的计算和验算，逐步优化和完善设计。

广义的概念设计是一种设计思想，是建立在理性基础上的设计，不仅在设计的初始阶段是必要的，而且要将概念设计的思想贯彻工程的始终。做概念设计，必须对原理有深刻的理解，有丰富的工程经验，有灵活的运作能力，总览全局，透过现象，看到本质，举一反三，不犯概念性错误。应从大处着眼，抓住难点、重点和关键问题；应提倡设计理性，既不盲目相信计算，也不要盲目照搬局部经验；应注意综合判断，善于将经验与理论有机结合，必要时通过现场试验解决计算和经验难以解决的问题；应统筹兼顾，处理好上下工序之间、本工程与周边环境之间的关系，特别是岩土与结构之间的相互作用；为确保工程安全，应设置多道防线，特别是质量检验和监测，利用反馈信息不断校核和完善设计。