

# 坡顶高挡墙的基坑支护方法

吴铭炳，俞 强

(福建省建筑设计研究院, 福建 福州 350002)

**摘要：**通过某工程实例，阐述了坡顶为石砌挡土墙，中部为永久边坡，底部为深基坑的混合高边坡的支护方法，计算时，应根据不同工况、采用不同参数，进行至基坑底的基坑支护计算和至地面（基坑回填后）的永久边坡支护计算，支护结构需满足临时边坡和永久边坡。

**关键词：**边坡；基坑；排桩；锚索

中图分类号：TU473 文献标识码：A 文章编号：1000-4548(2012)S0-0315-04

**作者简介：**吴铭炳(1962- )，男，福建龙岩人，硕士研究生毕业于建设部综合勘察研究院，现任福建省建筑设计研究院岩土工程专业总工程师，教授级高级工程师。E-mail: wu-mb@vip.sina.com。

## Supporting method for excavations with high retaining wall on slope top

WU Ming-bing, YU Qiang

(Fujian provincial Institute of Architectural Design and Research, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Based on an engineering example, a supporting method for a mixed high slope, which has stone retaining wall on the top and permanent slope in the middle and deep excavation at the bottom, is introduced. According to different working conditions and by using different parameters, calculations of excavation support at the pit bottom and permanent slope support on the ground (after the backfill of excavation) should be carried out. Supporting structures should satisfy the requirements of both temporary and permanent slopes.

**Key words:** slope; excavation; row pile; anchor cable

## 1 概 述

福建地处我国东南沿海丘陵地带，山地多、平地少。不同时期的工程建设，由于场地整平标高不同，常常会形成复杂的边坡条件，即在不同高度，出现不同类型的边坡，即混合边坡。如福州某中学位于小山包上，该小山包为花岗岩风化残丘，当年，为了学校建设，整平了山顶，削高填低，山顶周边的山坡上修建了高度5~12 m的石砌挡土墙，挡土墙坡脚为坡度20°~30°的自然山坡，山顶挡土墙已有十几年的历史，坡顶为学校运动场。

某房地产公司购买了该中学北侧挡土墙以北的地块，兴建三座38层高层住宅楼，并设置两层联体地下室。坡顶挡土墙墙趾与地下室外墙水平距离8~14 m，挡土墙坡脚与场地整平标高高差6.5~13 m，基坑深度8.7 m（从整平地面标高算起），挡土墙顶与地下室底板底高差为22.3~31.2 m，形成顶部为重力式挡土墙，中部为永久挖方边坡，底部为临时基坑边坡的复杂的高陡边坡，基坑位于边坡最底部，基坑支护必须考虑与其上永久边坡的相互影响。

## 2 场地地质条件

拟建场地边坡原始地貌单元属剥蚀残丘坡积裙地貌，场地土层自上而下为①素填土：灰褐色，松散—稍密，以黏性土为主，分布于山坡一带，层厚0.6（挡土墙外侧）~9.90 m（挡土墙内侧）；②坡积粉质黏土：褐红色，硬塑为主，为坡积成因，分布于场地西段，层厚约0.90~8.60 m；③残积砂质黏性土：母岩为中粗粒花岗岩。灰黄等色，饱和，可塑—硬塑，分布于场地西段，层厚为0.7~4.1 m；④全风化花岗岩：浅黄色，层厚0.80~5.80 m；⑤砂土状强风化花岗岩：灰黄、灰白色，层厚1.10~5.800 m；⑥碎裂状强风化花岗岩：浅灰黄、灰白色，层厚0.70~11.50 m；⑦中风化花岗岩：浅灰色，揭示层厚度3.6~23.7 m。

根据勘察报告，各岩土层指标见表1。场地地下水主要为填土中的上层滞水，风化岩中的孔隙—裂隙水和基岩裂隙水，主要接受大气降水和学校生活用水补给，地下水位埋深较大，含水层富水性差，永久边

表 1 场地岩土层设计计算指标

Table 1 Parameters of soil and rock for design calculation

岩土层名称	重度/(kN·m <sup>-3</sup> )		黏聚力/kPa		内摩擦角 $\varphi$ /( $^{\circ}$ )		锚固体黏结强度/kPa	
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和	极限值 $q_{sk}$	特征值 $f_{rb}$
素填土	17.0	20.2	8.0	5.0	13.0	12.0	30.0	20.0
粉质黏土	19.5	19.9	35.0	12.9	21.0	20.1	40.0	25.0
全风化岩	20.0	20.5	25.0	20.0	28.0	24.0	110.0	55.0
砂土状强风化岩	21.0	22.0	30.0	25.0	30.0	28.0	160.0	80.0
碎块状强风化岩	21.5	22.5	37.0	35.0	36.0	35.0	200.0	100.0
中等风化花岗岩	25.0	25.0	67.0	65.0	42.0	40.0	360.0	180.0

坡位于地下水位以上。

由于旧挡土墙年代已久,无法取得当年的设计资料,经对旧挡土墙墙趾多处开挖检查:东段、中段高挡墙基础为全风化岩或强风化岩,西段较低挡墙以坡积土为持力层,旧挡土墙基本完好。

### 3 边坡支护难点

①基坑环境条件较复杂,坡顶为学校操场和道路,影响敏感,本边坡支护施工,不得影响学校正常教学;②边坡坡顶为高度较大的旧重力式挡土墙,挡土墙具体参数不祥,据调查,高挡土墙厚度至少3m以上,本边坡支护不得拆除和破坏坡顶已有挡土墙,本边坡开挖必然会对其产生影响,稍有不慎,可能造成坡顶旧挡墙倒塌,故应对旧挡土墙采取加固措施;③挡土墙坡脚需开挖15.2~21.7 m深,且受场地条件限制,开挖的边坡高且陡;④边坡组成复杂,顶部为旧挡土墙,中部为永久边坡,底部为临时的基坑边坡,边坡支护需满足不同条件的要求;⑤场地土层厚度变化较大,特别是西侧,土层厚度大,土层性质相对较差,岩土层起伏变化较大;⑥场地西侧局部分布有防空洞,防空洞洞高3 m,纵深达50 m以上。

### 4 基坑与边坡支护方法

#### (1) 坡顶挡土墙加固

由于开挖挡土墙坡脚,必然影响已有挡土墙,故应对坡顶挡土墙采取加固措施。加固方法有两种,一是在挡土墙墙面加设框架+预应力锚索加固,二是采用钢筋混凝土结构加固挡土墙下部及墙趾,由于挡土墙厚度大,其后填土宽度大、且回填有块石,方法一的锚索加固效果不理想且挡土墙和填土中成孔难度较大,方法二的加固方法便于与中部永久支护相结合,故选用方法二,考虑到挡土墙高度较大,荷重大,故墙趾设置排桩,采用排桩+锚索+框架挡板加固挡土墙下部及墙趾。

#### (2) 中部永久边坡支护

场地东侧及中段,中等风化岩埋藏较浅,挡土墙

与地下室距离较远,对旧挡土墙加固后,采用分台阶式框架+锚索(杆)支护,可分层开挖,分层施工支护结构;西侧场地窄,土层厚度大,土层性质相对较差,故采用排桩+预应力锚索支护,有防空洞的位置,通过调整锚索角度避开。

#### (3) 下部基坑支护

场地东侧及中段对应的基坑侧壁为强—中等风化花岗岩,采用岩石喷锚支护;西侧永久边坡由于直立开挖,使下部基坑边坡有空间采用喷锚支护,对排桩而言,底部增加了反压土,有利于排桩底部的稳定性。

不同位置边坡与基坑支护剖面如图1所示。

### 5 基坑与边坡支护设计与计算

旧挡土墙参数虽然不详,但已经使用多年,挡土墙无异常现象,地面也没有开裂现象,说明挡土墙处于稳定或基本稳定状态,但本次边坡支护不能削弱挡土墙安全度,还应提高其安全系数,通过对旧挡土墙采用排桩+锚索+框架挡板(高3 m)的支护,挡土墙稳定性大大提高,从而提高挡土墙安全系数,其整体性大大加强,将旧挡土墙墙趾以上按挡土墙自重和操场地面荷载(走车按20 kPa)作为地面均布超载进行边坡稳定性分析。

#### (1) 基坑边坡整体稳定性验算

本建筑有两层地下室,开挖至基坑底,整个边坡高度最大,是最危险的状态,应进行整个边坡(混合边坡)的整体稳定性验算,满足基坑工程要求,结合中部永久边坡锚杆(索)布置,进行临时支护结构计算,岩土取天然重度、取天然抗剪强度指标,各剖面计算结果见表2,稳定性系数>1.3,满足要求<sup>[1]</sup>。

#### (2) 永久边坡稳定性验算

地下室施工完成后,基坑侧壁与地下室外墙之间回填夯实,地面硬化,从挡土墙以下至地面的边坡高度,应进行永久边坡支护计算和稳定性验算,边坡支护为永久性支护结构,应考虑地震荷载和雨季等各种不利因素,岩土取饱和重度、取饱和抗剪强度指标,并考虑7度设防的地震荷载,各剖面计算结果见表3,

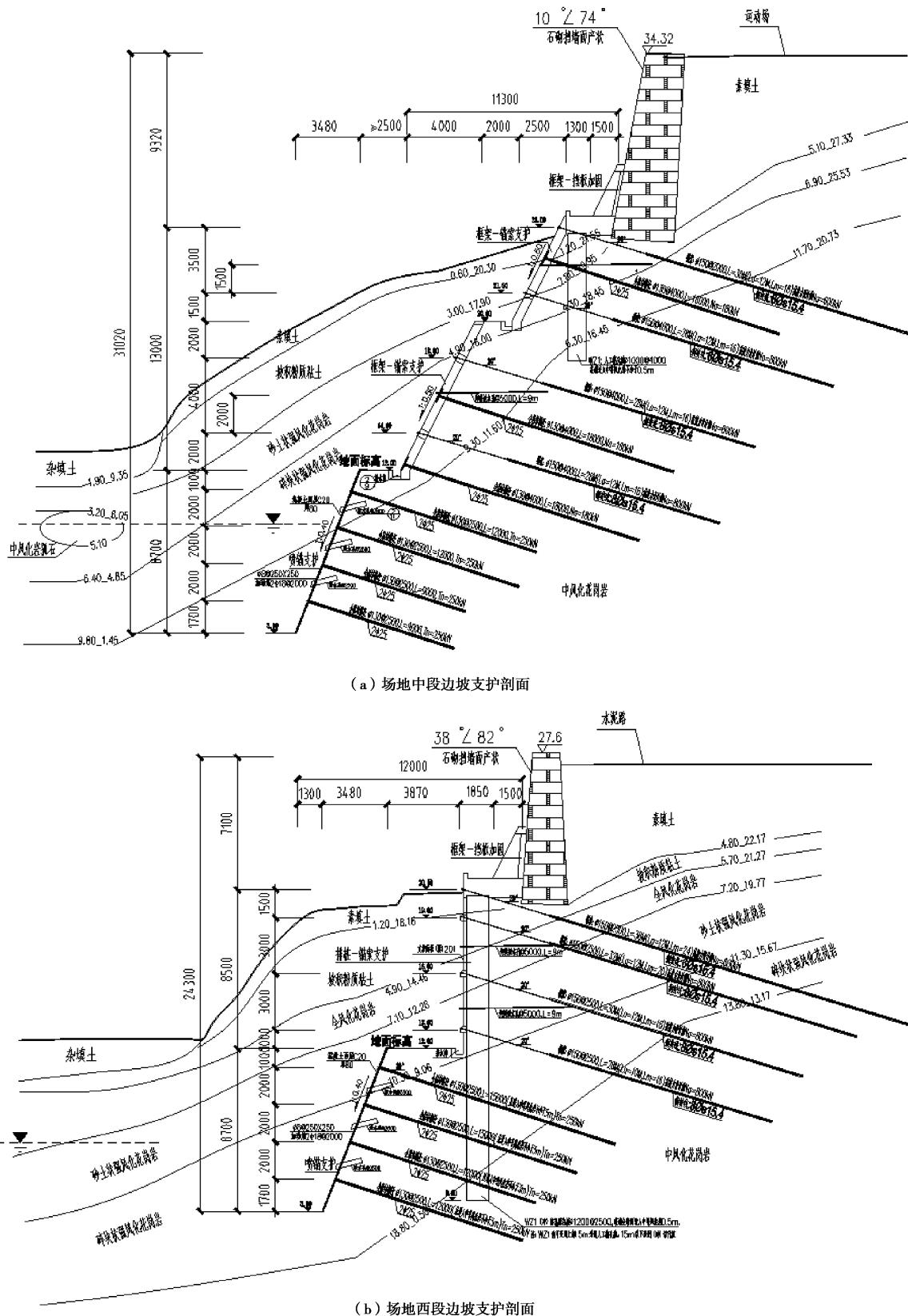


图 1 边坡与基坑支护剖面  
Fig. 1 Supporting section of slope and excavation

表 2 边坡与基坑整体稳定性验算

Table 2 Stability calculation for whole slope and excavation

支护位置	超载取值/kPa	边坡高度/m	锚索(杆)抗拔力 $N_a/kN$	稳定性系数
西段(防空洞)	189.4	15.2	114.25~682.39	1.445
西段	176.2	17.2	120.65~617.01	1.376
中段	182.8	21.7	180.0~600.0	1.439

注: 挡土墙自重及地面荷载 (20 Pa) 按超载考虑。

表 3 边坡稳定性验算

Table 3 Stability calculation for slope

支护位置	超载取值/kPa	边坡高度/m	锚索(杆)抗拔力 $N_a/kN$	稳定性系数
西段(防空洞)	189.4	7.0	576.8~621.3	1.412
西段	176.2	8.5	574.2~682.7	1.377
中段	182.8	13.0	180.0~800.0	1.514
东段	20.0	16.0	180.0~600.0	1.400

注: 挡土墙自重及地面荷载 (20 Pa) 按超载考虑。

边坡支护稳定性系数  $>1.3$ , 满足要求<sup>[2]</sup>。

中部永久支护既要满足深基坑的支护要求, 又要满足永久支护要求, 并综合确定其设计参数, 详见图 1 剖面图中锚索(杆)抗拔力标注值。

## 6 边坡支护施工与检测监测

边坡支护施工自上而下进行: 先进行顶部旧挡土墙加固, 然后进行中部永久支护施工, 最后进行基坑开挖与支护。

### (1) 坡顶挡土墙加固施工

在墙趾外侧先施工排桩, 要求间隔跳打, 排桩施工完成后, 适当整平墙趾地面(不得向下开挖)后, 进行圈梁(高 1 m)和框架挡板(高 2 m)施工, 圈梁中按设计要求的位置预留锚索孔, 加固挡土墙的钢筋混凝土浇筑后, 再施工锚索。根据施工监测成果, 排桩施工时, 挡土墙产生 3~5 mm 位移, 当圈梁上的锚索施工并锁定后, 旧挡土墙基本上不产生位移(增量<3 mm), 也没有产生新的裂缝, 挡土墙加固效果好。

### (2) 永久支护施工

根据不同地质条件, 进行了预应力锚索基本试验, 锚索抗拔力满足设计要求。

完成坡顶挡土墙加固后, 永久边坡采用分层开挖、分层施工锚索(杆): 每层开挖深度至下层锚索(杆)位置, 锚索(杆)施工后, 施工腰梁或框架梁, 其强度和锚索锚固体强度达到设计强度 80%以上, 锁定锚索, 以此类推, 完成永久支护施工。

### (3) 基坑支护施工

永久支护施工完成后, 进行基坑开挖和喷锚支护施工, 亦采用分层分段开挖、分层分段施工锚杆和面层, 直至基坑设计深度, 然后进行基坑封底和地下室

底板、地下室施工, 再回填, 完成整个边坡支护。

本边坡高度较大, 支护较复杂, 风险大, 成败关键在于施工顺序和施工质量, 故要求相当严格, 从而保证边坡安全。

基坑施工完成后, 边坡位移小于 15 mm。

## 7 结 论

(1) 混合边坡应根据不同条件, 采用不同的支护形式。对旧支护应进行必要的加固, 提高其强度和整体性以及安全系数, 以抵抗边坡开挖和支护施工可能造成的影响。

(2) 应考虑开挖基坑对边坡的影响, 支护结构应满足永久边坡和基坑开挖形成的高边坡的支护要求, 岩土参数取天然强度指标。

(3) 应进行基坑回填后的永久边坡支护验算, 永久边坡支护结构应满足基坑开挖时临时支护要求, 又要满足各种不利条件下, 永久支护的要求, 岩土参数取饱和抗剪强度指标。

## 参考文献:

- [1] JGJ120—99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. (JGJ120—99 Technical specification for retaining and protection for building foundation excavation[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1999. (in Chinese))
- [2] GB50330—2002 建筑边坡工程技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. (GB50330—2002 Technical code for building slope engineering[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002. (in Chinese))

(本文责编 明经平)