

# 复杂地质条件下的山地工程

董 柱

(中国有色金属工业昆明勘察设计研究院, 云南昆明 650051)

**【摘要】** 山地工程的建设将产生大量的挖、填方边坡, 需要进行分析 and 治理。影响边坡稳定性和治理措施最直接的因素是场地规划和地质条件, 可以通过合理的场地规划来控制边坡工程的治理措施和投资。通过对一复杂地质条件下边坡工程的分析研究和治理, 阐述了场地规划在边坡工程中的重要作用及二者间的相互影响、相互制约关系。

**【关键词】** 山地工程; 复杂地质条件; 场地规划; 边坡; 相互关系

**【中图分类号】** TU 441.35

**【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2011.05.005

## Mountain Construction Project With Complex Geologic Conditions

Dong Zhu

(Kunming Prospecting Design Institute of China Nonferrous Metals Industry, Kunming 650051, Yunnan, China)

**【Abstract】** There are a lot of digging or filling soil slope need to be analysis and tracking in mountain construction project. The most directly factor impact on the slope stability and management measures is the site planning and the geological condition. We can control the project management and investment of the slope by reasonable site planning. Based on the study and analysis, construction of a slope project with complex geologic conditions. This paper elaborates the important role of site planning in the slope project, and the influence and restraint relationship between the two.

**【Key words】** mountain construction project; complex geologic condition; site planning; slope; relationship

### 0 引言

随着我国经济建设的发展, 尤其是近几年中国西部大开发的进行, 西南地区山地建设工程越来越多。为满足场地使用和规划要求, 对原始山地的整平过程中产生了很多挖、填方边坡需要进行分析、治理。影响边坡工程的主要因素是场地规划和地质条件, 其中场地规划决定了边坡的挖填、坡高、坡顶坡脚的建(构)筑物、荷载、放坡条件等; 地质条件则影响工程状态边坡的稳定性及治理措施的选择等。因此, 边坡工程始于规划, 尤其是在地质条件较为复杂的场地上, 在满足场地使用要求的前提下, 通过合理控制规划, 能够大大降低边坡工程难度及造价, 也能够使场地的使用条件更好。

本文以一复杂地质条件下住宅区边坡治理工程为例, 介绍了场地规划与边坡工程多次调整过程中的相互影响、相互制约, 为今后类似工程的分析、设计提供有益的借鉴和参考。

### 1 工程概况

拟建某住宅区场地位于昆明市校场中路北端的

锅盖山, 场地东西长约 600 m, 南北宽约 450 m, 总用地面积约 0.25 km<sup>2</sup>。原始地形为一孤立丘陵, 呈浑圆状的中部高四周低, 地面标高介于 1970~2045 m 之间, 相对高差 75 m。项目设计因地制宜, 设计成盘山退台建筑, 在满足建筑功能的同时, 充分利用了地形。但由于场地地质情况复杂, 稳定性较差, 为满足场地内建(构)筑物的顺利建成及安全使用, 须对场地内将形成的人工边坡进行专项的稳定性分析和治理。(见图 1)



图 1 总平面图

## 2 场地工程地质条件

### 2.1 地形地貌

拟建场地处于昆明古滇池湖积盆地北缘与低山丘陵的过渡地带,地貌上属浅切割剥蚀低山丘陵地貌类型。场区原始地形为一孤立丘陵,总体呈浑圆状的中部高而四周低,丘陵顶部地形相对平缓,四周斜坡坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,地面标高介于1970~2045 m之间。

### 2.2 地质构造

场区区域地质构造上处于扬子准地台滇东褶皱带内的昆明褶皱束之北部,南北走向构造非常发育,受此影响,拟建场地处于一小型背斜核部,该背斜轴向约 $NNW10^{\circ}$ ,轴面倾向 $NEE$ ,倾角约 $70^{\circ}$ ;西翼岩层产状 $260^{\circ}\sim 280^{\circ}/80^{\circ}$ ,东翼岩层产状 $80^{\circ}\sim 110^{\circ}/45^{\circ}$ ,南端岩层南向缓倾,形成一个北侧开口的似穹隆构造。受构造运动挤压影响,区内岩石较为破碎。

### 2.3 地层岩性

地层从上至下为第四系人工堆积( $Q^{ml}$ )层、第四系植物层( $Q^{pd}$ )、第四系坡残积( $Q^{dl+el}$ )层;下伏基岩为震旦系灯影组( $Z^{bd}$ )白云岩局部夹砂质页岩。

①人工填土,褐红、褐黄、褐色,由粘性土混碎石及角砾 $20\%\sim 30\%$ 组成,不均匀,结构松散;①<sub>1</sub>植物层,主要由粘性土组成,结构松散;②含角砾粉质粘土,褐红—褐黄、局部褐色,硬塑状态,稍湿,含角砾及碎石 $20\%\sim 30\%$ ;③角砾,灰白—灰黄色,成分主要为白云岩,棱角形,粒径 $1\sim 3$  cm,稍密—中密,稍湿,充填少量粘性土;④白云岩,灰—灰白色,泥晶结构,薄—中厚层状,强风化,节理裂隙发育,岩石破碎;④<sub>1</sub>砂质页岩,灰黄—灰绿色,砂泥质结构,薄层状,强风化,节理裂隙发育,岩石破碎;⑤白云岩,灰—灰白色,泥晶结构,薄—中厚层状,中等风化,节理裂隙发育。

### 2.4 水文地质

场地地下水类型主要为基岩裂隙水,赋存于中等风化白云岩中,靠大气降水获得补给,水量不大,埋藏较深。场地地下水受地形及岩土性质控制,由于岩石裂隙发育、地势较高,地下水排泄条件良好。场地内土对混凝土及混凝土中的钢筋无腐蚀性,对钢结构有弱腐蚀性。

### 2.5 不良地质现象

场地东侧有一古滑坡,近年由于当地村民在前缘坡脚取土,古滑体有所变形,已经导致场地围墙局部垮塌;场地内冲沟较发育。

## 3 场地边坡分析

根据场地规划设计,结合现场实际地形地貌、地质情况,进行工程状态下的边坡稳定性分析、治理。

### 3.1 原场地规划设计

1)原场地规划方案主要考虑挖、填相对平衡,场平土石方费用相对较低。

#### 2)规划形成的场地内边坡

①建筑物倚山而建,最大高差24 m,场地内建筑物下将普遍形成 $1:1.5$ 左右的边坡,呈上缓下陡的坡形。边坡大多位于含砾粉质粘土中、或需在原地形上新填土形成台阶状边坡(场地冲沟位置填方较厚,局部填方高度达30 m),稳定性非常差;②场地内规划道路的部分地段与建筑物间形成挖、填方边坡。

#### 3)场地周边边坡

①场地南侧、东南侧及东北侧将形成最高达17 m的外挖方边坡,受场地使用及红线控制,边坡坡度非常陡;②场地西侧存在 $3\sim 6$  m高的填方边坡;③场地北侧将形成 $3\sim 10$  m的挖方边坡。

4)场地东侧古滑坡地段因规划需要在滑坡后缘地段大量填方,有加剧滑坡失稳可能,需进行工程状态下的滑坡治理。

### 3.2 边坡地质情况

1)场地东、南、西三侧岩层产状均与斜坡坡面倾向一致,对边坡稳定性不利。

2)根据地质报告,场地地层均具遇水软化特性,特别是上部含角砾粉质粘土(②层),该层孔隙大,更易饱水软化。

3)场地内将形成岩质边坡、土质边坡、人工填土边坡及岩土混和边坡。应注意岩体破碎、顺层及工程建设的扰动对岩质边坡的长期稳定性存在不良影响。还应考虑土层滑移、地层交界面稳定性问题。

### 3.3 边坡稳定性分析

结合规划边坡高度、坡度、地层情况以及坡顶、坡底建(构)筑物情况,确定本工程边坡安全等级为一级<sup>[1]</sup>。(见图2、表1)

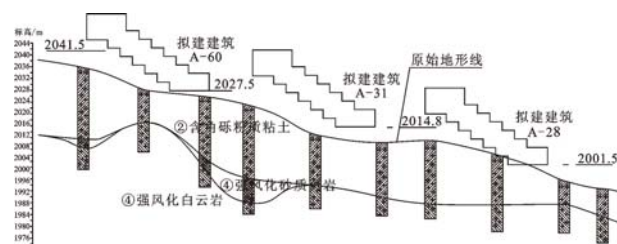


图2 典型剖面图

表1 主要地层参数指标

岩土	天然状态			浸水饱和状态		
	重度 $\gamma$ / ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi/(\text{^\circ})$	重度 $\gamma$ / ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi/(\text{^\circ})$
②	18.5	40	15	19	30	10
③	19	15	20	19.5	10	15
④	25	60	30	26	50	25
④ <sub>1</sub>	23	50	25	24	40	20

考虑到项目的重要性及永久性,边坡开挖,产生一定变形,随着水的入渗,地层强度指标会有所降低。故根据以往的工程实践经验,采取地层的浸水指标进行边坡稳定性分析<sup>[2]</sup>。

场地边坡在规划坡形状态下,土质边坡稳定系数为 0.85 左右,岩质边坡稳定系数为 0.97~1.14,不能满足要求,需进行治理。

#### 4 边坡治理初步设计

根据上述分析,进行场地内的边坡治理设计,采用抗滑桩、锚索、挡土墙综合治理。但由于陡坡上大量填土,严重加剧边坡的不稳定因素,导致边坡治理费用较大。而且场地内新填土将逐渐固结,产生沉降、不均匀沉降;坡面填土难以压实,在场地使用过程中易产生局部坍塌、掉块等,严重影响场地的正常使用。

为满足场地安全及使用功能,也为使边坡工程更加经济、可行,有必要对规划进行优化调整。

#### 5 场地规划调整

规划调整的总思路:①由于场地位于一相对孤立山头上,可考虑将整个场地的规划路网高程、各栋建筑物高程下调,建筑物下尽量避免填土;②减少场地填土高度,降低填方边坡高度;③周边挖方边坡较高位置,与红线外用地单位协调,适当占地放坡;④对场地内局部地段形成的高陡边坡,结合规划进行相应优化调整。

采用该思路调整后,场地内挖、填不能平衡,将产生大量外运土石方。经了解,业主的另一块邻近场地需填土,可以容纳大量的土石方,土石方外运成本不高,该调整思路可实施性较强。

场地规划调整后,原设计挖方 40 万  $\text{m}^3$ 、填方 43 万  $\text{m}^3$ ,调整后挖方 91 万  $\text{m}^3$ 、填方 5 万  $\text{m}^3$ 。

### 6 边坡治理优化设计

#### 6.1 场地内边坡

考虑规划退台建筑工程状态下的边坡整体、局部稳定性分析、抗滑桩治理<sup>[3]</sup>。(见图 3)

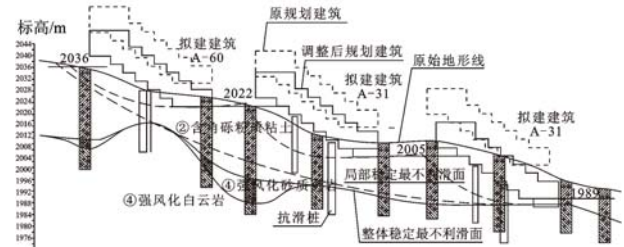


图3 治理剖面图

#### 6.2 场地周边边坡

①场地南侧高的挖方边坡基岩出露,采用挂网喷锚护坡;②东南侧高达 17 m 的挖方边坡地层较差,经业主与红线外用地单位协商,采用占地放缓坡处理;③北侧、东北侧将形成的最高达 16 m 的外挖方边坡,受场地使用及红线控制,边坡坡度非常陡,采用分层开挖预应力锚索治理;④场地西侧存在 3~6 m 高的填方边坡采用重力式挡土墙。

其中东北侧边坡附近的建筑部分有一层地下室(-3.0 m),在方案考虑时,支挡位置尽量靠近红线、少分台、角度陡,最终形成的坡脚线离建筑 5.0 m 以上,可不考虑地下室临时开挖对边坡整体稳定的影响,同时,高边坡离建筑距离拉大后,居住环境也有所改善。但要求施工中分段开挖,开挖后迅速组织锚索、锚垫板的施工,在开挖后土体强度下降、应力释放前形成开挖面的支挡结构,保证施工过程中的边坡安全<sup>[4]</sup>。(见图 4)

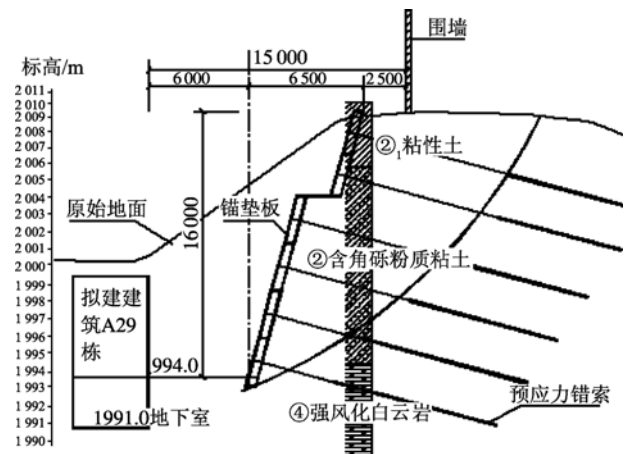


图4 东北侧边坡治理剖面图

### 6.3 场地东侧古滑坡

场地东侧古滑坡地段充分考虑其上道路填土、荷载的影响,采用抗滑桩+预应力锚索方案进行支挡。(见图5)

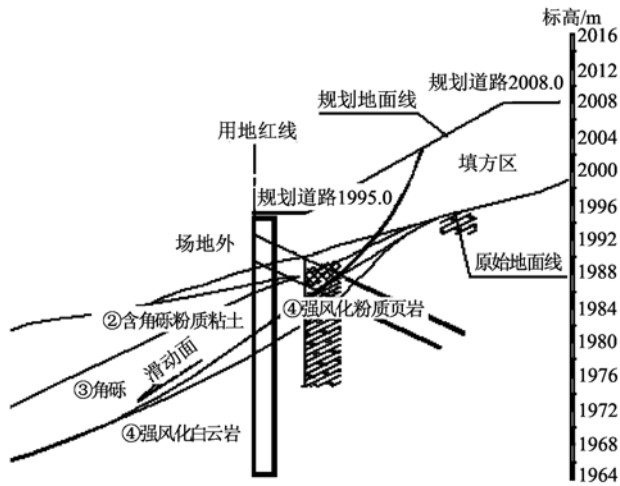


图5 古滑坡位置治理剖面图

### 6.4 局部地方的细部调整

东侧古滑坡上方规划有一小区绿化景观,有三条小区道路在此相交,由于原始地形低洼,为达到设计高程需有20.0m左右高度的填方。该处填方边坡较高,平面布置紧凑,支护结构容易相互影响,经对局部道路的适当调整后,采用抗滑桩+预应力锚索方案进行支挡。(见图6)

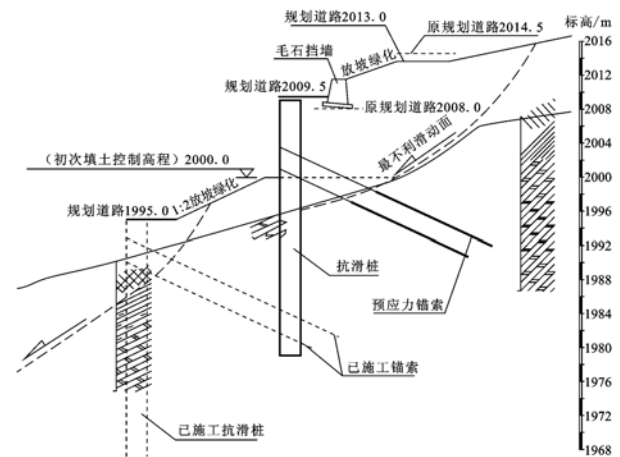


图6 景观位置调整治理剖面图

### 7 治理效果

该小区边坡治理施工于2010年4月结束,至今已一年多了,小区建(构)筑物都已建成,只等绿化、道路完成就可以入住。在这一年多的时间里,通过对预设的数十个建筑物、边坡的变形观测点20余期的变形观测表明,建筑物只产生2~4mm的沉降,水平位移没有;边坡坡顶变形最大的位置在东侧古滑坡上方景观道路边坡支挡结构顶部,为8mm,且集中在填土施工期间,后期基本没有变形,分析该变形主要是受振动压路机的影响;其余部位基本没有测到变形。治理效果较好。

### 8 结语

岩土工程是为满足工程建设需要而产生的与地质相关的工程活动,在保证安全的前提下满足场地规划、使用要求,同时还应考虑经济、施工等方面的因素。好的岩土工程不能只是想尽一切办法满足规划,尤其是在地质条件较为复杂的场地,应在建筑工程和地质工程间起到一个桥梁作用,通过对工程地质等的研究,及其在工程建设后的可能变化,反过来对建筑工程提出更合理的建议,通过来回的结合,寻找一条既安全可靠、又经济合理的工程建设之路。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部,GB 50021—2001 岩土工程勘察规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 《工程地质手册》编委会.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [3] 交通部第二公路勘察设计院.公路设计手册—路基(第二版)[M].北京:人民交通出版社,1997.
- [4] 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.

收稿日期:2011-07-20