

有机废弃物填埋场自然坝体消险加固方案研究

王晓磊

(南京市燃气服务站, 江苏 南京 210024)

摘要:某有机废弃物填埋场封场之前存在岩溶和滑坡、崩塌等地质灾害,通过对场地条件和地质条件进行分析,对边坡稳定性进行计算,提出边坡加固方案,对于不稳定、欠稳定的楔形体区域采用框架梁+锚杆的支护,对于边坡整体稳定性较好的区域采用喷锚支护,确保填埋场封场后坡体自身安全并提高其抗渗能力。

关键词: 填埋场; 坝体; 加固

中图分类号: TU993.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)03-0207-04

1 基本情况

某垃圾填埋场原为采石矿坑,自1987年至2014年共分两期堆填形成,总占地面积26.33 hm²,最大填埋深度30 m,设计日均填埋规模600 t/d,停用前近三年日均垃圾填埋量约1 000 t/d。地势总体呈西北高、东南低,高程约25~70 m,最低点位于东侧调节池。场地山体岩石属灰岩,柱状缝和裂隙发育,库区填埋高度已超出设计填埋边线,库区渗滤液水位不断增高。填埋库区西侧天然岩石坝体发生多处渗漏,库区东南人工垃圾坝体上的道路未进行路基处理,且没有防渗设计,渗沥液从路堤下的渗水通道渗出,如图1所示。西南1#库区坡脚也有渗沥液渗漏现象,亟需对坝体进行加固并进行防渗处理。防渗处理另文研究,本文主要对坝体加固进行研究。

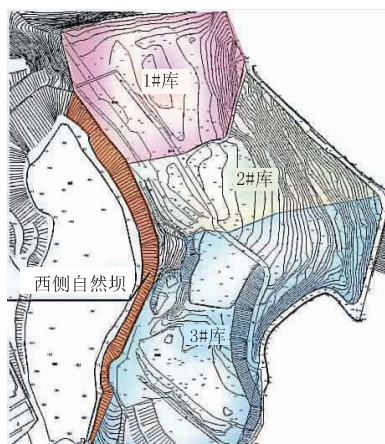


图1 库区平面布置图

2 边坡稳定性分析

如图2、图3所示,该工程地质灾害类型为岩溶和滑坡、崩塌。岩溶发育直接影响边坡和整个填埋场的稳定性。因此需要对边坡岩溶发育情况做进一步探查。对边坡裂隙发育区危岩体的稳定性和边坡整体稳定性进行复核,并针对不稳定区域增加必要的加固措施。



图2 典型渗透点现状图

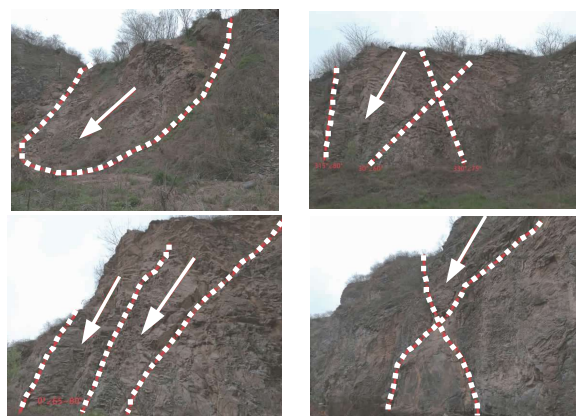


图3 滑坡体和边坡危岩体示意图

2.1 场地条件

填埋场场地地层隶属于下扬子地层分区之宁镇—江浦地层小区,受构造运动影响,区内大部分为第四系覆盖,以黄褐色填土、生活垃圾、建筑垃圾为主。场地位于大顶山—龙洞山复背斜东南翼,且场区内分布

收稿日期: 2020-08-26

作者简介: 王晓磊(1982—),男,硕士,高级工程师,主要从事政府投资城建项目的管理工作。

北西向断裂(F1)走向 290~305°,倾向西南,倾角较陡,正断层,断裂地表无出露,仅在钻孔中揭露,地形显示为山谷。该断裂为一条较新断裂。该场地构造位于二顶山向斜和龙王山背斜的交汇部位。西侧山坡地层产状较平缓、略有波状起伏,总体倾向南西。受区域构造影响,裂隙较发育。西侧坡体露头处,未见明显溶蚀现象,勘探孔内揭露有溶孔、溶洞等岩溶现象。

2.2 工程地质条件

勘探揭示边坡上部第四系松散层为人工填土及上更新世沉积土体,下伏基岩为震旦系陡山沱组灰岩、角砾状灰岩等。按照《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2018),依据岩土体的成因、时代、埋藏分布等特征,并结合物理力学性质指标,分为 6 个工程地质层,该场地⑤、⑥层分别可分为 2 个亚层,具体见表 1、表 2。其中①层主要为人工堆填物;②层该场地缺失;③、④层为上更系统土层;⑤、⑥层为基岩。

2.3 边坡稳定性分析

综合计算结果和地勘现场调查,自然坝体边坡受区域构造影响,各类结构面较发育,多处发育 X 型节理,各结构面倾角较陡,并大于岩层倾角。西侧边坡前缘基本处于临空状态,在风化、降雨、地下水等对坡体稳定性有不利影响,存在至少 5 处不稳定或

欠稳定楔形体需要加固,如图 4 所示。

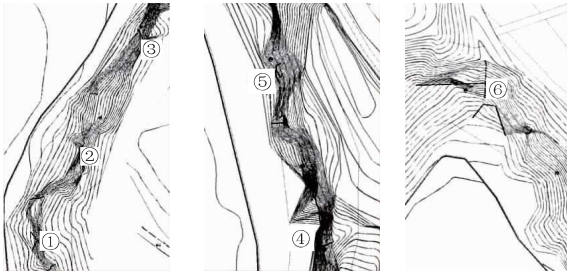


图 4 楔形体平面布置图

地勘资料中边坡软弱结构面分布情况,对可能发生崩塌或崩滑的位置进行区划和稳定验算,计算方法采用三维楔形体稳定分析。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013),边坡工程安全等级为二级,稳定安全系数一般工况取 1.30,地震工况取 1.10,结果见表 3。

表 3 边坡稳定性计算结果

楔形体位置编号	楔形体标高范围 /m	楔形体高度 /m	坡面倾角 / (°)	安全系数 (一般工况)	安全系数 (地震工况)	边坡稳定性状态
1	46.0~51.0	5.0	58	2.387	2.299	稳定
2	49.0~56.0	7.0	73	1.194	1.149	基本稳定
3	44.0~54.0	14.0	71	1.140	1.096	基本稳定
4	37.7~58.7	21.0	83	0.761	0.731	不稳定
5	46.0~58.0	12.0	70	0.800	0.769	不稳定
6	53.0~63.0	10.0	49	1.225	1.161	基本稳定

表 1 地层特征描述与分布情况

层号	岩土名称	特性描述	分布情况
① ₁	杂填土	杂色,结构松散,以人类生活垃圾为主,具臭味。填龄超过 10 a	普遍分布
③	黏土	褐黄色,硬塑,含少量铁锰结核。无摇振反应,切面有光泽,干强度、韧性高	局部分布
④	含碎石粉质黏土	黄褐色,硬塑。含 10~20%碎石等,碎石粒径 1~3 cm,灰质为主,少量石英质等	局部分布
⑤ ₂	中等风化灰岩	灰、深灰色。隐晶质结构,中厚层状构造。夹薄层状泥灰岩。裂隙较发育,一般有方解石充填,局部课件溶蚀现象。岩芯呈短柱、柱状,少量碎块状。岩体基本质量等级为Ⅳ级。灰岩强度较高,锤击不易碎,所夹薄层状泥灰岩强度较低,锤击易碎	普遍分布
⑤ _{2a}	岩溶发育段	主要以溶洞为主要形式,无充填,钻进时掉钻、漏浆	岩溶发育分布
⑥ ₁	强风化角砾状灰岩	灰色,岩芯已前列风化呈“黏性土”状,夹少量硬块,手掰易碎,遇水易软化。属极破碎、极软岩你,岩体基本质量等级为Ⅴ级	仅东侧边坡揭露
⑥ ₂	中等风化角砾状灰岩	灰色,钙质胶结,角砾状结构,中厚层—厚层状构造。岩芯总体呈短柱、柱状,强度较高,锤击可碎。较完整,属较软岩,岩体基本质量等级为Ⅳ级	仅东侧边坡揭露

表 2 岩土设计参数

层号	岩土名称	承载力特征值 f_{ak} /kPa	重度		抗剪强度标准值					
			天然	饱和	土体		软弱结构面		硬性结构面	
			$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$		c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$
① ₁	杂填土		12.0	16.0	10	8				
③	黏土	200	19.0	19.5	40	15				
⑤ ₂	中等风化灰岩	3 500	26.0				15	10	100	30
									600	38

如图 5 所示,根据施工勘察揭示的地层信息,选取 13 个剖面进行稳定性复核,计算结果见表 4。

由计算结果可知,除 2-2、7-7 和 10-10 剖面外,其余剖面边坡稳定性安全系数满足规范,边坡整体稳定。

2-2 和 7-7 剖面溶洞发育,溶洞内无填充物,形成了穿过溶洞的滑动面,从而影响岩体整体稳定性;10-10 剖面直立岩体宽度较小,抗滑力不足,边坡处于欠稳定状态。2-2 和 7-7 剖面,后期对溶洞进行灌浆处理。如图 6 所示,考虑溶洞受灌浆作用,对边坡稳定性重新进行计算,10-10 剖面附近填埋有大量污泥,考虑对污泥进行固化处理,提高土体强度,增加边坡稳定性安全储备,并进行了边坡稳定性计算,

结果见表 5。

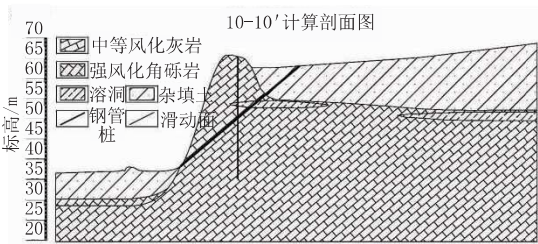


图 6 典型剖面(以 10-10 为例)加固后计算剖面示意图

通过计算结果可知,填土污泥固化边坡稳定性系数得到提升,10-10 边坡稳定性满足计算要求;2-2、7-7 坡面岩溶发育段注浆之后溶洞串联剖面不再是软弱结构面,整体稳定系数有大幅提升,安全系

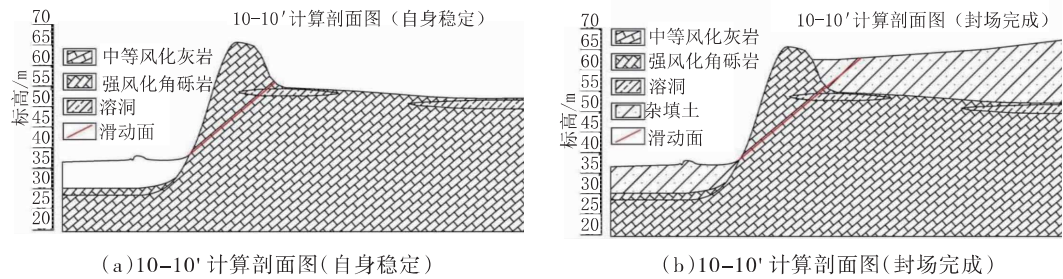


图 5 典型剖面(以 10-10 为例)计算模型

表 4 边坡稳定性复核结果

断面编号	岩层面倾角 $\beta/(^{\circ})$	岩层面参数		无填土岩体稳定性		封场后有填土稳定性		边坡稳定性 状态
		c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	一般工况	地震工况	一般工况	地震工况	
1-1	25	100	30	3.159	2.982	3.035	2.866	稳定
2-2	25	100	30	1.673	1.503	1.219	1.116	基本稳定
3-3	25	100	30	3.747	3.539	3.751	3.542	稳定
4-4	25	100	30	2.880	2.734	2.812	2.655	稳定
5-5	25	100	30	2.414	2.279	2.315	2.185	稳定
6-6	39	100	30	1.766	1.667	1.358	1.307	稳定
7-7	39	100	30	1.186	1.128	1.179	1.122	基本稳定
8-8	39	100	30	1.580	1.519	1.657	1.594	稳定
9-9	40	100	30	1.301	1.252	1.302	1.253	稳定
10-10	40	100	30	1.289	1.241	1.284	1.235	基本稳定
11-11	40	100	30	1.585	1.520	1.520	1.464	稳定
12-12	40	100	30	3.262	3.140	2.965	2.845	稳定
13-13	40	100	30	2.509	2.415	2.298	2.212	稳定

表 5 危险剖面加固后稳定性计算结果

断面编号	滑裂面倾角 $\beta/(^{\circ})$	岩层面参数		封场后稳定性		加固后稳定性		备注
		c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	一般工况	地震工况	一般工况	地震工况	
2-2	25	100	30	1.219	1.116	2.686	2.455	溶洞注浆
7-7	39	100	30	1.179	1.122	1.308	1.255	溶洞注浆
10-10	40	100	30	1.284	1.235	1.335	1.284	污泥固化

数满足规范要求。

3 边坡加固方案

3.1 方案比选

西侧自然坝体外侧边坡为采石场遗留边坡,坡高15~30 m,总长为460 m。西侧山坡地层产状较平缓、略有波状起伏,总体倾向南西,为强~中风化灰岩边坡。受区域构造影响,裂隙较发育;根据勘察资料成果及前面分析,西侧坡体(自然坝体外边坡)出现几处不稳定楔形体,主要受节理裂隙不利组合结构面控制,破坏形式为崩塌或崩滑。根据施工勘察资料计算2-2和7-7剖面由于岩溶发育,边坡处于欠稳定状态,注浆加固之后边坡整体处于稳定状态;10-10剖面处于欠稳定状态,考虑注浆加固结合填土固化的方式。除此3个剖面以外的其余剖面均处于稳定状态。考虑到裸露边坡体在自然条件下基岩裂隙水和垃圾渗滤液的长期潜蚀和腐蚀作用,未来可能会处于不稳定状态,故需对边坡进行加固设计。

岩质边坡常规支护方案主要有喷锚支护、锚杆(锚索)支护、预应力锚索、锚索肋梁喷射混凝土、主动防护网、框架梁等支护型式。

该工程边坡即要作为垃圾填埋场的护壁边坡,不仅要保证边坡自身的稳定还要保证边坡在墙背填埋物的土压力下处于稳定状态,同时完整岩体为天然的不透水层,作为填埋场阻止渗滤液外渗的天然隔水帷幕。因此,本边坡支护要考虑保证边坡稳定性的同时,避免采用较长锚杆以形成新的渗漏通道。同时该边坡位于风景区内部,边坡支护需要考虑绿化和美观生态环境的要求。

最终确定对于不稳定、欠稳定的楔形体区域采用框架梁+锚杆的支护方案;对于边坡整体稳定性较好的边坡区域采用喷锚支护。

3.2 具体做法

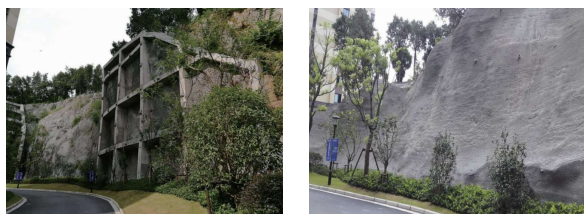
3.2.1 框架梁支护

对于不稳定楔形体(楔形体2、3、4、5、6),拟采用框架梁+锚杆支护。拟采用600 mm×500 mm的C30混凝土梁,格构框架间距3 m×3 m。格构间隔为150 mm厚C25细石喷射混凝土面层,支护锚杆采用12 m长 $\phi 32@5\ 000$ 岩石锚杆,钻孔直径不小于110 mm,角度15°。最上面一排锚杆根据实际情况采用贯通连接。边坡坡顶外缘2 m外设置截水天沟,截水沟可结合渗漏液抽排系统统一考虑,但尺寸不得

小于0.8 m×0.8 m,坡脚设置排水沟,兼做截污沟,排水沟做好防渗措施,尺寸不得小于0.8 m×0.8 m,排水沟上面覆混凝土透水篦板。排水沟以外1 m处设拦石挡墙,挡墙高1.8 m,拦石挡墙兼做围栏,防止游客误入。

3.2.2 喷锚支护

坡面清除浮石、松动岩石碎块(不得采取爆破方法),砍伐无特殊保留价值的树木至根部。锚杆采用6 m长 $\phi 25$ 岩石锚杆,钻孔直径不小于 $\phi 110$,锚杆竖向及水平间距均为3 m,角度15°。边坡角度与清理后岩石边坡面基本一致,坡面设置 $\phi 10@200\times 200$ 钢筋网片,并喷射150 mm厚C25细石混凝土面层。图7为项目完成图。



(a)框架梁支护

(b)喷锚支护

图7 类似项目完成图

3.2.3 注浆固化

10-10剖面区段,边坡后面现存两个污泥池,拟采用灌注水泥浆的方式对其进行固化,一方面可以减少墙背水压力,提高填土的强度指标,增加边坡的稳定性,另一方面可以降低渗滤液面水位高度,减少渗滤量。采用规格 $\phi 219\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 钢管,按3 m×3 m间距梅花形布孔,钢管插入至岩层顶面,注浆压力0.2~0.5 MPa,注浆量不小于加固体总体量的30%。加固体表面覆盖200 mm厚钢筋混凝土压顶,注浆结束后注浆管作为加筋体留在加固体内,顶端锚入压顶。压顶钢筋混凝土浇筑至坡体边缘,并与岩体进行锚固连接。此外,钢筋混凝土压顶还能防止雨水下渗。

4 结 论

该工程主要地质灾害类型为岩溶和滑坡、崩塌。通过边坡稳定性核算,裂隙发育区有5处危岩体处于基本稳定或欠稳定状态,有3个剖面边坡整体稳定性处于基本稳定状态,其余10个计算剖面处于稳定状态。针对不同的边坡状态采取不同的支护方案,危岩体采用框架梁+锚杆的支护方案,岩溶导致的欠稳定剖面(2-2和7-7剖面)采用溶洞注浆方案,10-10剖面采用墙背填土污泥固化结合注浆的方案。

(下转第214页)

2021 年 2 月实施的工程建设标准

序号	标准名称	标准编号	实施日期	替代情况
国家标准				
1	城市污水再生利用 城市杂用水水质	GB/T 18920—2020	2021-02-01	替代 GB/T 18920—2002
行业标准				
2	市域(郊)铁路设计规范	TB 10624—2020	2021-02-01	
3	水运工程静力触探技术规程	JTS/T 242—2020	2021-02-01	
4	水工隧洞设计规范	NB/T 10391—2020	2021-02-01	替代 DL/T 5195—2004
5	变电站监控系统设计规程	DL/T 5149—2020	2021-02-01	替代 DL/T 5149—2001
地方标准				
6	木结构加固技术标准	DG/TJ 08-2332—2020	2021-02-01	
7	屋顶绿化技术规范	DB31/T 493—2020	2021-02-01	替代 DB31/T 493—2010

来源:住房和城乡建设部官网

(上接第 210 页)

参考文献:

[1] 席本强.废弃矿山垃圾填埋场边坡稳定性及加固防渗研究[D].沈阳: 辽宁工程技术大学,2010.

[2] 韩正平,刘树峰,靳俊平,等.大型填埋场垃圾坝加固改造工程方案

分析与探讨[J]. 环境卫生工程, 2013,21(2):36-38.

[3] 银秋实. 某城市污泥填埋场加固处置方案研究[D]. 成都:西南交通大学,2015.

[4] 管仁秋. 城市固体废弃物填埋体边坡稳定分析及工程控制措施[D]. 杭州:浙江大学,2010.