

格宾挡墙发展综述

杨 浩

(中国建筑材料工业地质勘查中心湖南总队资源勘查与环境研究院,湖南 株洲 412011)

摘要:格宾挡墙是一种新型柔性支挡技术,且优于以往传统方法,具有柔性、透水性、耐用性、抗震性以及利于植被生长等优点。近年来逐渐在我国水利、航道、公路、铁路、矿业、地灾、机场等工程建设中广泛应用。回顾了格宾挡墙发展历程,分析了现阶段格宾挡墙的双绞合六边形钢丝网和多种不同填料的界面摩擦特性、格宾挡墙的破裂面形式、加筋格宾挡墙有加筋机理、加筋格宾挡墙最佳布筋方式等研究热点。最后,探讨了格宾挡墙研究理论滞后、设计规范缺失等问题,并提出了对策。

关键词:格宾挡墙;加筋格宾挡墙;支挡防护

中图分类号:TU358 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)10-0096-04

Summary of the Development of Gabion Retaining Wall/YANG Hao (Hunan Capital Group, National Geological Exploration Center of Building Materials Industry, Zhuzhou Hunan 412011, China)

Abstract: Being a new type of flexible retaining technology, Gabion retaining wall is superior to the traditional methods. It has the advantages of flexibility, permeability, durability, seismic resistance and being conducive to vegetation growth, etc. In recent years, Gabion retaining wall is gradually used widely in the construction of water conservancy, waterway, highway, railway, mining, geological disaster, airport and so on. The development course of gabion retaining wall is reviewed. The hotspots such as interface friction characteristics of double twisted hexagonal wire mesh and various fillers of Gabion retaining wall at the present stage, the rupture surface form of Gabion retaining wall, the reinforced mechanism of Gabion retaining wall, the best reinforcing arrangement of Gabion retaining wall are analyzed. Finally, this paper discusses the lag of theory and the lack of design specification in the research on Gabion retaining wall and puts forward the countermeasures.

Key words: Gabion retaining wall; reinforced Gabion retaining wall; supporting and retaining protection

格宾(Gabion)是由特殊防腐处理的低碳钢丝经机器编织而成的六边形双绞合钢丝网箱(图1)。格宾挡墙是指将满足设计要求粒径的石料填入格宾网箱中,逐层砌筑形成的一种支挡防护结构。格宾挡墙在本质上属于一种重力式挡墙,其基本稳定原理和浆砌片石挡墙、混凝土挡墙等类同,依靠挡墙自身重力保证其自身稳定,而形成一种支挡防护结构^[1]。因其优于传统方法,具有柔性、透水性、耐用性、抗震性、经济性以及利于植被生长等优点,近年来被广泛用于我国的水利、航道、公路、铁路、矿业、地灾、机场等工程建设中。

现代格宾技术从1879年兴起至今,在国外已发展130余年,取得了丰硕的理论成果和成功案例。我国引入格宾技术时间还不到30年,虽方兴未艾,

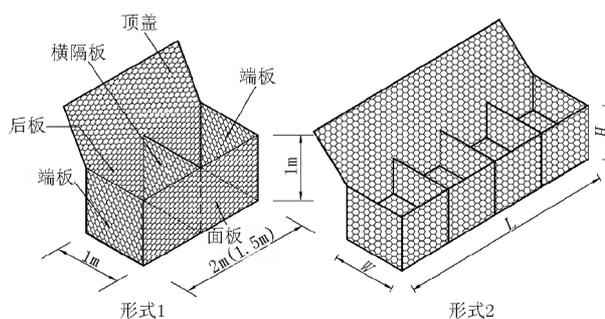


图1 格宾示意图

广受工程界的青睐,并取得了较好的应用效果,但现有的格宾挡墙设计、施工规范以及理论研究方面还有待完善,我国对其技术研究还任重道远。同时,格宾挡墙作为新型柔性支挡技术之一,其优于传统结构,具有结构设计新颖、加固效果好、施工便利、建造成本低、绿色环保、使用寿命长等特点,适应我国现代化建设发展的需求。

收稿日期:2016-07-19; 修回日期:2016-09-06

作者简介:杨浩,男,汉族,1989年生,助理工程师,硕士,研究方向为地质灾害评估与防治,湖南省株洲市红旗南路86号,473051827@qq.com。

1 发展历程

回顾国内外格宾挡墙发展历程,可简分为3个主要阶段。

1.1 起步探索阶段

格宾为音译词,石笼之意。该词来源于意大利语“gabbione”,意为大笼子,最初用于堤坝、军事防御或挡墙的修建。我国早在战国时期修建都江堰(始建于秦昭王末年(约公元前256—前251))时就有“其作堰破竹为笼,以石累其中”的护坡记载^[2]。但是长期以来,格宾都仅限于用天然材料(如竹子、木材等)制作,这在很大程度上限制了其使用寿命,也使得这一结构的发展大受阻碍^[3]。直到1879年,意大利某企业率先采用钢丝网制造石笼,开创了现代格宾结构的先河。之后由于第一次和第二次世界大战,生产制造的钢丝网等网产品主要用于堡垒防御和其他军事目的,导致格宾技术发展缓慢。

1.2 快速发展阶段

第二次世界大战结束后,直到1950—1960年,格宾技术才再次受到关注。但人们对格宾使用寿命提出了更高要求,格宾技术亟待创新。双绞合钢丝网、PVC涂层等防锈加固改进工艺应运而生。第一次使用覆塑(PVC)的格宾挡墙可以追溯到1956年,应用在英格兰坎布里亚郡(Skinburness)的海岸防护工程中^[4],60年过去了,结构如今依然完好。

20世纪80年代,格宾挡墙在国外发展成型,被广泛用于河道护坡、土体支挡、桥台修筑等工程中。例如,美国加利福尼亚州的一号公路蒙特利的挡墙,加拿大安大略省用来支撑路旁切割坡的挡墙。

1.3 巩固深化阶段

20世纪90年代,随着格宾挡墙技术的推广,格宾挡墙向加筋土技术延伸,更加完善的格宾技术脱颖而出——加筋格宾挡墙,并迅速取得成功。在马来西亚班吉至赛满义公路建设项目中,世人第一次将防护领域的格宾构件大量应用于路肩的加筋挡土墙中,取得了非常满意的效果。加筋格宾单元采用镀锌覆膜或镀高尔凡覆塑的低碳钢丝经机器编织而成的六边形双绞合金属网面构成,其面墙为格宾,拉筋为钢丝网面,拉筋与面墙网面为同一网面的无节点连接(图2、图3)。它能刚柔并济,给施工带来了方便。与普通格宾挡墙结构相比,加筋格宾挡墙由于格宾墙和加筋土共同作用,可以使其边坡的高度

增加很多,且可形成很陡甚至垂直的坡面,极大地减少了占地面积。特别是在一些填料缺乏、放坡困难地区,比如城市道路和土地资源稀缺珍贵的地区,其应用具有巨大经济意义或战略意义。

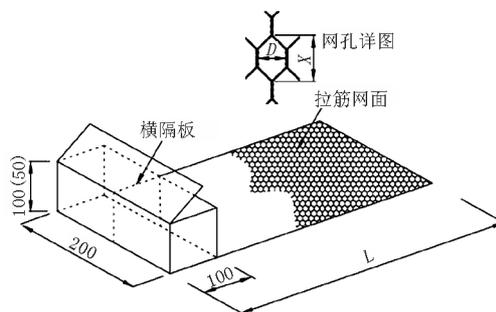


图2 加筋格宾单元



图3 加筋格宾挡墙示意图

20世纪90年代末,格宾技术引入我国^[5]。这种新型的支挡技术在国内也日趋成熟,成功用于沈吉高速公路土质边坡、京广铁路湖北广水改造工程K1027+911~K1028+047段孝子店滑坡、靖西至那坡高速公路K27+800~960段右侧滑塌、宜昌市夷陵区杨家湾码头至黄陵庙段长江岸坡塌岸、长江三峡三斗坪镇护岸等固坡工程。2010年,我国修筑第一座高速公路加筋格宾挡墙(湖南省湘潭至衡阳西线高速公路第十二合同段K124+300~89)。

21世纪以来,随着时代进步,人们对环境保护、生态恢复、景观营造等生态因素日渐重视,边坡的生态功能和稳定性已具有同等重要的意义,生态型的护坡技术受到人们越来越多的关注。意大利某企业率先在加筋格宾挡墙基础上,开发了一种集加筋与生态绿化于一体的新型支挡技术——绿色加筋格宾挡墙^[6],有效地使工程和环境完美结合(图4、图5)。

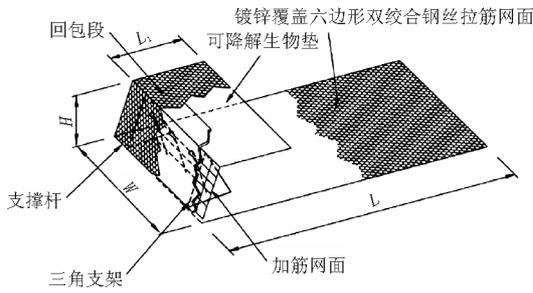


图4 绿色加筋格宾单元



图5 绿色加筋格宾挡墙示意图

2 研究热点

目前,双绞合六边形钢丝网和多种不同填料的界面摩擦特性、格宾挡墙的破裂面形式、加筋格宾挡墙的加筋机理、加筋格宾挡墙最佳布筋方式等是格宾挡墙技术的研究热点。期间,比较著名的有泰国的 Bergado D. T. 教授,他带领的团队在格宾筋材岩土力学分析和格宾挡墙加筋机理等方面的研究获得了重大进展;Kabiling 对镀锌和覆塑 2 种格宾筋材在不同的填料中进行拉拔试验;Wongsanon T. 等人进行大量模型试验和现场试验对曼谷地区的格宾加筋挡墙进行了加筋机理的研究;Voottipruex P. 等人利用拉拔试验研究了双绞合六边形钢丝网和粉砂填料的界面摩擦特性;Bergado D. T. 对双绞合六边形钢丝网和粉砂填料进行拉拔试验后,认为双绞合六边形钢丝网的抗拔力由摩擦阻力和承载阻力组成,承载阻力均大于摩擦阻力,抗拔力随着法向压力的增大而增大,镀锌的钢丝网比覆塑的抗拔力要大,同时他还建立了抗拔阻力计算公式^[7-9]。

我国格宾挡墙技术理论研究虽起步较晚,但也取得了一定的成果。如:刘泽等人通过对浙江省绍诸(绍兴—诸暨)高速公路 K38 + 398 断面的绿色加筋格宾挡土墙进行现场试验,测试竖向土压力、水平土压力、筋材拉应变和加筋体侧向变形的分布规律,发现面墙后的水平土压力在施工期先增加后减小,沿墙高呈非线性分布,最大值发生在 $1/3H$ (H 为墙高)处^[10];彭立介绍了 Rosenblueth 矩估计方法的基

本原理及其在加筋格宾挡墙内部稳定性分析中的应用,提出了加筋格宾挡墙内部稳定性可靠度分析方法,同时也基于 Rosenblueth 方法开发了相应计算程序^[11];朱春华通过材料试验,对场地土体的物理力学性质进行了对比分析,综合各种原材料的物理力学性质进行配合优选,提出了格宾加固体体系填土材料最佳配合方案。同时,采用 FLAC^{3D} 软件,对格宾体系的高填方边坡的稳定性进行了数值模拟,分析了边坡应力、应变和位移的变化规律,对格宾结构进行了优化设计,提出了复合格宾加固结构体系^[12]。段书苏通过振动台实验模拟在地震工况下格宾挡墙的动土压力和加速度沿墙高的变化曲线。结果表明,地震过程中,格宾柔性挡墙具有优越的变形消能作用,土压力沿墙高基本上呈左凹型分布,挡墙的中部土压力比较小^[13]。谢飞等人通过对湖南裕新多金属矿床新建选矿厂旁边坡设计发现,矿区采用绿色加筋格宾挡墙能成功克服传统挡墙生态景观性差、工程造价贵、占地面积大等缺点。同时发现,在未考虑地基处理费用的前提下,绿色加筋格宾挡墙的方案建造成本相对于浆砌石挡墙节约 22%,对比钢筋混凝土挡墙造价节约 48%^[14]。

3 存在问题与对策

3.1 存在问题

格宾挡墙技术是一项应用于建设工程中的加固技术,由于其成本低廉、使用方便简单、稳定性好等优点,因而发展迅速。近些年我国虽然在理论研究方面取得了丰硕成果,但是在工程基础设施快速发展的今天,其理论研究仍然大大滞后于实践,其规范和规程仍有待健全。格宾挡墙应该适用于什么形式的边坡,设计以什么为技术标准,施工后按什么标准验收?如今我国也还没有一个权威的答案。例如,目前加筋格宾挡墙设计软件是把加筋格宾挡墙完全看成一种刚性挡土构筑物而没有考虑其柔性特点,从有关文献资料分析来看,加筋格宾挡土墙墙面的水平土压力与墙高成非线性分布的。除此之外,加筋格宾挡土墙的土压力的作用点和作用位置与一般的刚性挡土墙也有很大差别^[15]。显然柔性格宾挡墙按刚性挡土构筑物设计是不利于其大面积的推广和应用的。国家相关部门至今也未出台格宾挡墙技术的设计、施工规范,仅根据国内外厂家有关资料及经验,不可避免地存在一定的不合理性^[16],也容易

造成施工过程中存在质量漏洞和工程事故责任的划分不清。而国外对于格宾的材料使用、组合规程等均制定了行业标准,如:美国材料与试验协会(ASTM)于2010年颁布《双绞合线网眼格宾和堤岸覆面钢筋网的组装与放置规程》(ASTM D7014—2010),于2011年更新审议《双层扭曲六边形网眼筐和护坡钢筋网(金属镀层钢丝或带聚氯乙烯(PVC)敷层的金属镀层钢丝)规格》(ASTM A975—2011)取代《双层扭转网眼金属筐和护墙垫金属和涂层钢线或聚氯乙烯(PVC)金属涂层钢线》(ASTM A975—2003);日本工业标准调查会(JISC)于2002年制定《镀锌低碳钢丝格宾网标准》(JIS A 5513—2002),2011年更新审议了《格宾标准(修改件1)》(JIS A5513 AMD 1—2011)等等。

3.2 对策

格宾挡墙结构同常规刚性浆砌体或钢筋混凝土体的受力和变形特点有所不同,仅用重力式挡土墙的设计计算方法显然是不太适宜,故还需对格宾挡墙的设计方法和设计理论进行深入的研究,建议进一步加强对格宾挡墙的抗震性能、加筋机理、变形特征、稳定性能、工作原理等方面研究,找出既安全又兼顾经济效益的科学方法,这对于发展格宾挡墙技术而言具有重要的理论意义和实用价值。同时,建议国家有关部门汲取国外经验,进一步完善格宾挡墙技术的设计理论和施工规范,出台国家技术标准。

4 展望

随着我国可持续发展战略的贯彻,我国对环境保护、生态恢复要求越来越高。格宾挡墙作为一种经济、环保、实用的新型柔性支挡技术,在将来航道、公路、矿业、基建等边坡防护与加固工程建设中会占据越来越重要的位置。同时,地球已进入强震活跃期,格宾挡墙作为一种柔性结构,具有较好的抗震性和固坡能力,对于我国地震活动频繁的西部山区滑坡治理、泥石流预防,其应用前景广阔。通过本文对

格宾挡墙技术的回顾与展望,希望能将其作进一步的推广与发展。

参考文献:

- [1] 杨果林. 加筋土结构分析理论与工程应用新技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [2] 伏永朋, 赵欣, 潘伟, 等. 格宾技术在长江三峡三斗坪镇护岸防治工程中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 2006, 17(2): 49-53.
- [3] 李昉. 格宾加筋挡土墙动力特性试验研究及数值分析[D]. 湖南长沙: 中南大学, 2010.
- [4] 张洪庆, 吴玺, 滕怀群, 等. 格宾系列结构在海岸防护工程中的应用[J]. 海河水利, 2009, (6): 65-67.
- [5] 徐恒, 谷彤江. 格宾柔性防护材料结构综述[J]. 黑龙江水利科技, 2006, 4(34): 191-192.
- [6] 刘泽, 杨果林, 申超, 等. 绿色加筋格宾挡墙现场试验研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(2): 709-716.
- [7] Bergado D. T., Teerawattanasuk C., Wongsanon T., et al. Interaction between hexagonal wire mesh reinforcement and silty sand backfill [J]. Geotechnical Testing Journal, ASTM, 2001, 24(1): 23-38.
- [8] Bergado D. T., Vootipruex P, Srikongsri A., et al. Analytical model of interaction between hexagonal wire mesh and silty sand backfill [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2001, 38(4): 782-795.
- [9] Bergado D. T., Youwai S., Teerawattanasuk C., et al. The interaction mechanism and behavior of hexagonal wire mesh reinforced embankment with silty sand backfill on soft clay [J]. Computers & Geotechnics, 2003, 30(6): 517-534.
- [10] 程林林. 格宾加筋挡土墙的稳定性和综合评价[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.
- [11] 彭立. Rosenblueth 方法在加筋格宾挡墙内部稳定可靠度分析中的应用[J]. 公路工程, 2010, 35(4): 47-53.
- [12] 朱春华. 公路高填方边坡格宾体系加固技术应用研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- [13] 段书苏. 格宾加筋挡土墙抗震设计技术初探[D]. 四川成都: 西南交通大学, 2012.
- [14] 谢飞, 许福丁, 唐文波. 新型绿色加筋格宾挡墙在湖南裕新多金属矿床技术改造工程中的应用实例分析[J]. 中国矿业, 2013, (7): 107-110.
- [15] 韩冬. 低等级公路新型廉价支挡结构物开发[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2011.
- [16] 刘敬霜. 格宾挡土墙在公路边坡滑塌处理中的应用研究[D]. 陕西西安: 长安大学, 2015.