

镀锌格栅面板加筋土挡土墙的工艺原理与施工方法

杨 运 鹏 ， 阿 里 木 江 ， 辜 禹 峰

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:加筋土挡土墙是由镀锌钢筋格栅面板、钢条、土工产品、填筑料组成的整体复合结构,其利用拉筋条与土之间的摩擦作用改善土体变形条件并提高土体的工程特性,进而达到稳定土体的目的。介绍了尼日尔依姆铀矿项目镀锌格栅面板加筋土挡土墙的设计和施工过程,总结了其工艺原理和施工技术,对类似项目具有一定的参考和借鉴作用。
关键词:镀锌格栅面板;加筋土;钢条;施工方法;依姆铀矿
中图分类号:TV7;TV52;TV541 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)06-0087-05

Technology Principle and Construction Method of Galvanized Grid Panel Reinforced Earth Retaining Wall

YANG Yunpeng, ALI Mujiang, GU Yufeng
(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: Reinforced earth retaining wall is an integral composite structure composed of galvanized reinforcement grid panel, steel bar, geotextile products and filling materials. It takes the advantage of the friction between the reinforcement and the soil to improve the deformation conditions and engineering characteristics of the soil, so as to achieve the purpose of stabilizing the soil. This paper introduces the design and construction process of the galvanized grid panel reinforced earth retaining wall of the Imouraren Uranium Project in Niger, summarizes the technological principle and construction technology, which has certain reference value for similar projects.
Key words: galvanized grid panel; reinforced earth; steel bar; construction method; Imouraren Uranium Project

1 概 述

加筋土是 20 世纪 60 年代发展起来的一种土体加固技术。法国工程师亨利·维达尔(Henri Vidal)在模型试验中发现,当土中掺加纤维后,其强度明显提高,据此提出了加筋土概念^[1]。由于法国在应用技术上的成功,引起了世界各国的重视。加筋土挡土墙结构新颖可靠,经济效益显著,在世界各国、尤其是在欧洲被迅速推广。随着科学技术的进步和工程建设的需要,加筋土挡土墙发展迅速,近 30 年来全世界建成了数以百计各种类型的加筋土工程。

镀锌格栅面板加筋土挡土墙是利用镀锌格栅面板、钢条和回填料组成的整体复合结构,其墙内的填筑料对钢条产生垂直土压力,土的垂直压力与钢条产生的摩擦力限制钢条向外位移,摩擦阻力(钢条)对挡土墙的格栅面板向外侧膨胀和倾斜起到了限制和约束作用。垂直土压力增加时摩擦

力也增加,进而提高了钢条、挡土墙面板的约束力。钢条的足够锚固长度与填筑料之间的摩擦作用使摩擦力与侧压力得以平衡,从而保证了加筋土结构的稳定^[2]。

镀锌格栅面板加筋土挡土墙与传统的重力式挡土墙和混凝土挡土墙相比具有以下几个特点:

(1)镀锌格栅面板加筋土挡土墙为柔性结构,能够更好地适应地基轻微的变形,其墙体稳定性好,在不良地基处理中采用尤能显示其结构上的优势^[3]。

(2)施工快捷:组成加筋土的镀锌格栅面板、钢条和其它构件提前预制成型,在现场由人工拼装,施工简便、快捷,能够缩短施工工期。

(3)造型美观:成型后的镀锌格栅面板加筋土挡墙造型美观。

(4)造价低:由于其具有施工快捷、能有效节约用地和填筑用料等特点,相比同类混凝土挡土墙可节约成本 25%~35%,相比浆砌石挡墙可节

收稿日期:2019-06-19

约成本 20% 以上。

(5) 型式多样化:镀锌格栅面板加筋土挡土墙按拉筋型式分为席垫式土工合成材料、镀锌扁钢拉筋条两种;按结构型式分为单面式、双面式和台阶式^[4];按面板型式分为混凝土面板式和格栅面板式等,可根据工程需要选用。

依姆矿业工程位于西非尼日尔共和国阿加德

兹省阿尔利特市,距市区约 80 km、距国家干线公路约 10 km,矿区位于撒哈拉沙漠南缘,属热带荒漠性气候,地势较为平坦。

该项目用于连接大型运矿卡车(装载量 200 t)卸料平台和大型矿石粗碎系统的通道,采用镀锌格栅面板加筋土挡土墙,该挡土墙高 14.765 m、长 106.69 m,其典型剖面见图 1。

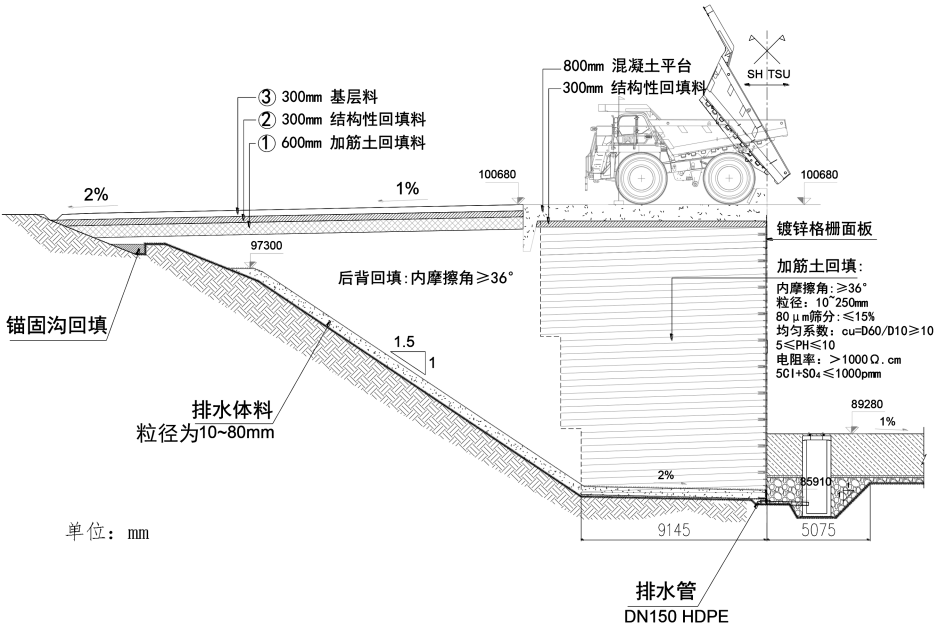


图 1 镀锌格栅面板加筋土挡土墙典型剖面图

2 挡土墙的组成材料及要求

2.1 镀锌格栅面板

该面板由直径 8 mm、10 mm 和 14 mm 的镀锌钢筋焊接成型,屈服强度为 500 MPa,网格面积一般为 100 mm×100 mm,高 0.7~1.5 m、长 3 m,单块重量为 30~60 kg,主要作用是形成挡土墙的面板,与钢条和回填土形成整体。

2.2 钢条

钢条采用 50 mm×4 mm 镀锌带肋扁钢制作成型,屈服强度为 500 MPa,长度一般为 3~12 m,是回填土体中的加强材料,主要承受拉力,具有较好的柔韧性以适应轻微变形,具有良好的抗疲劳性能;具有抗老化、耐腐蚀等特征。

2.3 系点

系点是钢条和镀锌格栅面板连接的主要构件,利用系点与 M12 螺栓进行连接。

2.4 回填料

加筋土挡土墙的主体材料应易于填筑和压

实,与钢条之间具有可靠的摩擦力,以控制其对钢条的腐蚀作用,其包括以下主要技术指标:

- (1)力学性能:内摩擦角 $\geq 36^{\circ}$;
- (2)粒径要求: $10\text{ mm} < D < 250\text{ mm}$, $80\text{ }\mu\text{m}$ 筛分通过率 $\leq 15\%$,均匀系数 $C_u = D_{60}/D_{10} \geq 10$;
- (3)化学性能: $5 \leq \text{pH} \leq 10$, $5\text{Cl} + \text{SO}_4 \leq 1\text{ }000\text{ ppm}$,电阻率 $> 1\text{ }000\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ 。

2.5 土工织物/土工布

作为格栅面板和回填料之间的隔离层,其主要作用是防止回填料从格栅掉落;土工布应具备防晒、防紫外线及抗腐蚀性能,一般采用无纺土工布(300 g/m^2)。根据挡土墙的使用功能,一般临时挡土墙不需要设置土工布,永久性挡土墙则必须设置土工布。该项目挡土墙设置了三层土工布。

2.6 排水设施

排水管沿挡土墙面板内侧设置并在其外侧设置集水井,挡土墙底部的积水通过排水管汇入集

水井,然后在集水井设置水泵抽排,及时排除积水以确保挡土墙的稳定,排水管采用 DN150 HDPE 排水花管,设计荷载为 20 m 高回填土压力。

3 施工设备与材料

3.1 施工设备

(1)吊运设备:吊车与平板车;

(2)挖填设备:挖掘机、装载机、振动碾、自卸车、水车、平地机等。

3.2 主要试验设备

(1)旁压试验检测仪:试验控制地基承载力 $>5\text{ MPa}$ 、检测深度为 5 m;

(2)核子密度仪:试验控制回填土压实度为 95%、最优含水率偏差为 $\pm 2\%$;

(3)板荷载检测仪:试验检测板荷载 $EV2\geq 120\text{ MPa}$ 、 $EV2/EV1<2$;

(4)剪切仪:试验控制回填料内摩擦角 $\geq 36^\circ$ 。

3.3 材料及工具

(1)板条:板条为宽 10~20 cm、厚 5~10 cm、长 7~10 m 的标准木条,用于稳固镀锌格栅面板,确保整个面板的平整度满足要求。

(2)支撑架:其为用于支撑和固定板条的架子,一般采用特制、可调节的钢管架或木条架。

(3)楔子块:其为长 10 cm、宽 5 cm、高 5 cm 的三角形木块,用于调节两层格栅间的距离。

(4)其他材料和工具:扳手、锤子、电子水平尺、铅锤线、光线、钉子、扎丝、手持切割机、土工布焊机、镀锌喷漆等。

4 施工工艺和施工方法

4.1 施工工艺流程

施工准备→基础施工→搭设支撑→安装面板→系点和钢条的安装→土工布的安装→排水设施的施工→回填及碾压→附属工程。

4.2 施工方法

(1)基础施工。挡土墙后背需进行基础开挖和坡面修整处理,采用挖掘机与自卸汽车完成。基础开挖完成后,按设计要求进行基础承载力的试验检测,承载力试验采用旁压试验检测仪。

由于该工程区域属于膨胀土地质条件,在承载力试验检测结果满足设计要求后,采用铺设“土工布/土工膜/土工布”的方式进行基础防渗处理,“土工布/土工膜/土工布”的铺设由人工完成,采用专门的土工产品焊接设备。

(2)基础混凝土施工。测量放样确定挡土墙轴线的位置,以挡土墙轴线作为基础混凝土中心进行立模浇筑,基础混凝土宽 500 mm、高 200 mm、C15 素混凝土,应确保基础面平整,允许偏差为 $\pm 5\text{ mm}$ 。

为便于格栅面板的安装,从起点开始,每隔 3 m 对基础混凝土进行标记打桩,浇筑过程中,在标记处埋设 $\Phi 20$ 钢筋、长度为 400 mm,钢筋与格栅面板轴线的距离根据支撑材料的厚度确定,每 10 m 基础混凝土设置沉降缝。

(3)支撑的搭设。镀锌格栅面板的支撑采用宽 50 mm $\times$ 200 mm 的木材,支撑采用木条架子结合脚手架的方式。支撑的搭设是施工中的关键,一个准确而牢固的支撑搭设对保障施工进度至关重要,板条的间距根据格栅面板的长度确定。

在回填料压实过程中,将造成格栅面板出现向外挤压的情况,故在搭设板条时应保持 1% 的坡度向内倾斜,板条间采用木条连接加固,板条的搭设采用电子水平尺、铅垂及光线控制其垂直度和水平。

(4)面板的安装。脚手架搭设和支撑工作结束后,应进一步对支撑进行检查,确定所有的支撑牢固且结构准确无误后进行格栅面板的安装,安装由人工完成。

安装时,根据格栅面板的类型准确就位,水平方向的安装由一端向另一端推进并保持相邻格栅面板安装的间距为 2 cm,两块面板安装就位后,用长 50 cm、直径 10 mm 的镀锌钢筋条进行连接,两块面板之间至少用 3 根镀锌钢筋条连接,采用扎丝捆绑,将钢筋条放在格栅面板水平钢筋的下方,避免其影响上部格栅面板的安装。

上一层的安装方向与下一层相反,上下层安装时其水平间隙错开布置,两层之间的垂直间隙为 4 cm,采用制作好的楔子块进行调节。所有的格栅面板在拐角处需要切割时,采用手持切割机进行切除,应对格栅面板切口处进行镀锌喷漆处理,面板安装步骤见图 2。

(5)系点与钢条的安装。格栅面板安装结束后,根据设计图纸进行系点(扣件)的安装,安装过程中若出现掉漆,应立即进行镀锌喷漆处理。

在压实的回填料上放置钢条,钢条放置要垂直于格栅面板,将钢条的末端插入系点间隙,对准

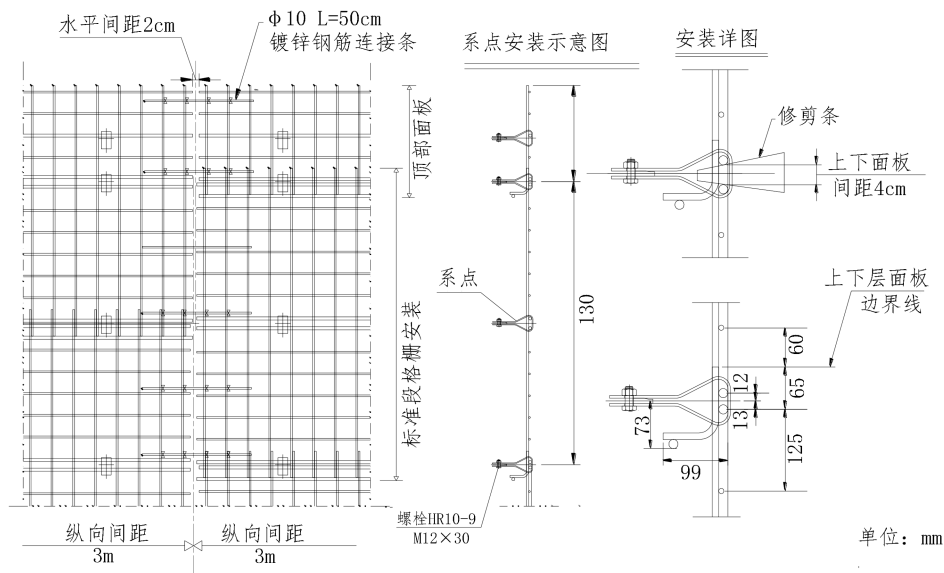


图 2 镀锌格栅面板安装示意图

螺孔,将一个螺丝从底部穿过并套上螺母,使用活动扳手拧紧螺栓完成连接,钢条应平顺铺设于已压实平整的回填面,不能有弯曲和扭曲。

(6)土工布的安装。格栅面板和所有系点安装结束后,进行面板后侧三层土工布的铺设,根据面板尺寸进行土工布的裁剪,每边加宽 10 cm 以便于焊接。土工布安装时,需在系点处剪出宽 5~6 cm 的缝隙用于连接钢条,土工布的上下边采用扎丝进行临时固定,下一层面板安装时,去掉扎丝进行土工布的焊接。

(7)排水管的安装和排水料的回填。基础第一层格栅面板及土工布安装结束后,进行 HDPE 排水花管的安装,排水管的直径为 150 mm、外侧包裹一层土工布,采用人工安装就位。

排水管准确就位后,进行筋带和 500 mm 厚排水体料的回填,排水体料的粒径为 10~80 mm,沿整个开挖面铺设的厚度为 500 mm,排水体料采用人工配合装载机和挖掘机完成。排水体料回填过程中,不允许机械设备在排水体料上行走,避免排水体料被污染和下部土工产品破坏,回填完成后,及时铺设一层土工布用以与回填料进行隔离。

(8)回填及碾压。回填料的选择、摊铺和压实极为重要,施工过程中必须严格控制,回填料应具有较好的渗水性能,需提前进行回填料试验、配合比设计和模拟碾压试验。

回填料的填筑施工与面板安装、钢条铺设等工序交替进行,循环作业施工至挡土墙顶部。回填作业采用自卸汽车运送回填料、平地机摊铺、振动碾压实,采取自下而上分层填筑的方式,分层厚度一般不大于 350 mm,可以根据筋带间距适当调节。回填料摊铺时,应在靠近面板处预留 1 m。

回填碾压次序为:筋带中部→筋带尾部→筋带前部(靠近面板位置)。回填次序见图 3。第一遍速度宜慢,以免壅土将筋带推起,第二遍以后速度可稍快。碾压时应先轻后重,不能用羊足碾碾压,以防凸轮对筋带造成损伤,禁止在未经压实的填料上急剧改变运行方向和急刹车,以免筋带被拉动变位和产生超量变形。

在面板附近 1.5~2 m 范围内,尤其是靠近面板背部不允许用大、中型压路机进行碾压,应使用小型机械并配以人工方式压实。

(9)变形观测。施工过程中的变形观测:在挡土墙施工过程中,每安装两层格栅面板后需要进行变形观测一次,变形观测主要采用全站仪、电子水平尺和锤球,主要目的是控制整个格栅面板的平整度,确保格栅面板安装轴线位置符合设计要求。

施工结束后的变形观测:施工结束后,为了检查挡土墙施工质量和对挡土墙在工作情况下的变形情况,工程竣工后应进行一次全面的变形观测并作好记录,在以后三个月内每个月观测一次、雨

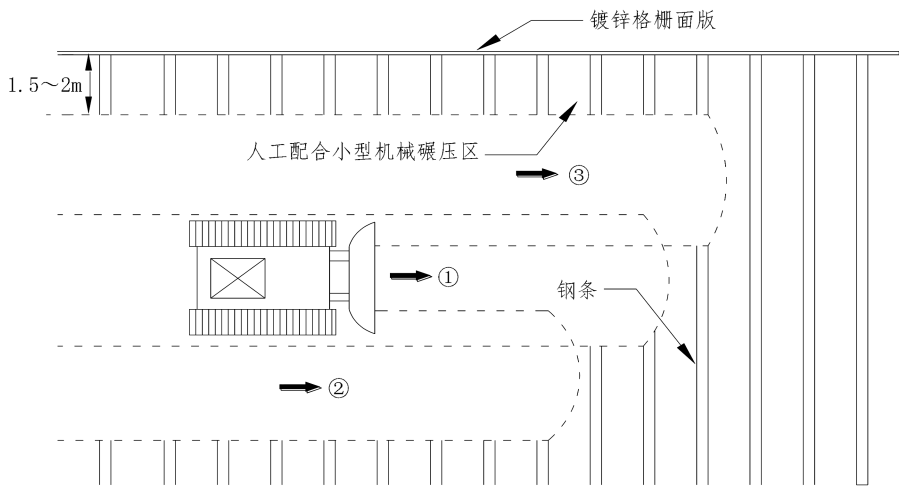


图 3 回填碾压次序示意图

季前后各观测一次。

5 结 语

笔者对镀锌格栅面板加筋土挡土墙的设计理论和施工技术进行研究的结果表明:该挡土墙具有结构新颖、造型美观的特点,同时还具有较重力式挡土墙和其他形式的加筋土挡土墙造价低、施工快捷等特点。

在地形、地质构造复杂的道路、桥梁、水电、矿山以及市政等工程建设中,软基等经常会遇到,镀锌格栅面板加筋土挡土墙为柔性体,具有一定的变形能力。另外,在石料缺乏的地段修建该型式的挡土墙也不受限制,且更能突出其优越性^[3]。对镀锌格栅面板加筋土挡土墙进行推广应用具有十分重大的意义,亦将会带来较大的社会和经济效益。

(上接第 68 页)

在创造开挖时间最短的同时,施工过程中的各种施工质量均满足设计要求,亦符合国家相关规范,监测数据显示:整个厂房的洞室变形在允许范围内,处于可控状态;施工期间,也未因快速施工发生重大安全事故。总之,依托该工程,安全、优质、快速、经济地完成了开挖任务,为同类工程工期设计标准的制定提供了重要技术依据,亦为类似大型、特大型地下厂房工程施工提供了很好的借鉴。

参考文献:

[1] DL/T5135—2013 水电水利工程爆破施工技术规范[S].

参考文献:

[1] 郑 华.加筋土挡土墙的应用[J].交通世界(建养·机械) 2011,18(5):104—105.
[2] 谢浩鸣,张 鸢.加筋土挡土墙施工技术应用[J].经济技术协作信息,2010,27(4):74.
[3] 李 鹏.浅谈加筋土挡土墙设计[J].工业设计,2012,8(3): 29 .
[4] 吴春陆.浅谈加筋土挡土墙在道路工程中的应用[J].建材技术与应用,2017,24(4):17—20.

作者简介:

杨运鹏(1976-),男,山东肥城人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
阿里木江(1985-),男,新疆喀什人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;
辜禹峰(1980-),男,四川仁寿人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

[2] 杨正云,李世春,柳富强.鲁地拉水电站地下厂房岩锚梁基础开挖爆破技术浅析[J].云南水力发电,2010,26(5):32—36.
[3] 陈桂闵,陈 翔,邓雨露.白鹤滩水电站左岸地下厂房岩锚梁爆破试验参数研究[J].水利水电技术,2017,59(增 2): 14—16.
[4] 赵利鹏.预应力锚索钢垫板锚墩结构设计[J].云南水力发电,2012,28(4):58—60.

作者简介:

陈仁峰(1978-),男,四川遂宁人,总工程师兼工程技术部部长,高级工程师,学士,从事水电工程建设施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)