

钢板桩在土质堤坝险情处置中的应用分析

张利荣

(中国人民武装警察部队水电第二总队,江西 南昌 330096)

摘要:堤坝险情需要快速高效的工程处置措施,但传统抢险方法的效率和可靠性很难提高。钢板桩作为紧密连续的板式刚性支护结构,具有良好的封水挡土性能,研究把钢板桩应用于土质堤坝险情处置中,针对堤坝渗水、漏洞、管涌、滑坡、决口等险情特点设计的抢险处置方案,具有技术可靠易控、抢险效率高、可永临结合、综合成本低、社会资源多等优点,是一项快捷高效的堤坝抢险新技术。要形成应用钢板桩处置堤坝险情的能力,必须要有专业队伍,并建立专项储备和社会储备相结合的战略储备体系。

关键词:钢板桩;土质堤坝;险情处置;决口;入土深度;战略储备

中图分类号:TV871.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2014)S1-0006-05

我国建有各类堤防 29.91 万 km,各类大坝 8.79 万座,这些堤坝主要是筑土而成且坐落在覆盖层基础上。受历史条件限制,这些堤坝存在防洪标准偏低、基础条件较差、堤身质量缺陷较多、维护修缮不足等隐患,以致汛期险情频发,严重威胁到生命财产安全。

堤坝险情是一类即发型突发事件,必须快速高效处置,方能扼制险情,转危为安。以往堤坝险情处置的工程措施,是以土石材料为主并辅以水泥、钢木、土工织物等进行抢险作业^[1-7],虽然行之有效,但其抢险效率和可靠性的提升空间极其有限。若要满足现代社会更快更高的抢险需求,必须研究新的抢险材料和技术措施。

钢板桩作为板式刚性支护结构,已在港口、铁路、建筑、水利、市政等工程施工中广泛应用,也作为永久防渗体在堤坝中应用^[8-10],但尚未见在堤坝抢险中应用的报道。本文从钢板桩特性和堤坝险情特点出发,研究把钢板桩应用于土质堤坝险情处置中,充分发挥其良好的封水挡土性能,从而快速高效处置堤坝的渗水、漏洞、管涌、滑坡、决口等险情,为堤坝抢险提供一项全新的技术,具有良好的推广应用前景。

1 钢板桩特性及其施工方法

1.1 钢板桩及其特性

钢板桩就是带有锁口的型钢,有热轧、冷弯两种,常用断面形式有一字形、帽形、U形、Z形及H形

等,有不同的连锁形式,常见的有拉森式、拉克万纳式等。

钢板桩交货长度一般为 6~18 m,最大长度可达 30 m 或更长;宽度一般在 270~900 mm,板厚一般为 5~30 mm。厂家可根据用户实际需要的尺寸和形状进行加工。

钢板桩可连锁形成一道紧密连续的刚体墙,拥有良好的封水挡土功能,从而广泛地应用于工程的基坑围护、围堰、挡土墙等。钢板桩耐久性好,使用期可达 50 a,可以回收重复使用。钢板桩机械化打拔技术成熟,施工方便快捷。

1.2 钢板桩打设方法

钢板桩打设基本方法有冲击法、振动法和静压法 3 种,在遇到特殊地层时,需要辅以其他技术措施。

a. 冲击法。利用冲击打桩机械把钢板桩击打贯入地层,击打锤有自由落锤、液压锤、空气锤、蒸汽锤、柴油锤等多种,为保护桩顶免受击打损坏,要在钢板桩顶部设桩帽。冲击法打桩力大,具有机动、可调节特性,施工快捷,但其噪音和振动都比较大。

b. 振动法。利用振动打桩机械把钢板桩振动挤入地层,振动打桩机既可打桩也可拔桩,常用的是在液压反铲上装上振动打拔桩锤,施工速度较快,机动灵活性好,相对冲击法的噪声小,但是对硬土层贯入性能较差。

c. 静压法。利用静力压桩机械把钢板桩静力

作者简介:张利荣(1964—),男,江西上饶人,高级工程师,主要从事水利水电工程技术管理工作。E-mail: wjzlr@qq.com

压入地层,以液压驱动,从先前沉入的一片或多片钢板桩获得反作用力,静压打桩机也打桩和拔桩均可,具有低噪音、低振动优点。

上述3种方法还能组合或辅以其他技术措施,如振动冲击法,在振动打桩机的机体与夹具间设置冲击机构,在激振机产生上下振动的同时产生冲击力,使施工效率大大提高。当土质较硬或非常密实,采用振动锤或静压很难打入时,可在钢板桩底部设置喷射装置,喷射水流形成“水刀”搅动或切割地层,减少入桩阻力^[9]。当遇到地下孤石时,可采用“钻机跟进造孔、深孔装药爆破”方法,从而破解孤石阻力。在土质坚硬或含有硬岩层上沉桩时,可采用“先钻孔、再沉桩”的方法。

2 钢板桩在堤坝各种险情处置中的应用

2.1 渗水、漏洞、管涌险情处置

当作用于堤坝的渗透压力加大,或其结构受外界作用而受损时,容易导致堤坝产生渗水、漏洞、管涌险情。

传统上,渗水处理主要采用临水截渗、背水导渗、透水压渗等方法,漏洞处理主要采用塞堵、盖堵、戗堤、筑围井等方法,管涌处理主要采用反滤围井、反滤层压盖、蓄水反压、筑围井等方法。

堤坝的渗水、漏洞、管涌3种险情,其共同特征是水流从临水侧穿过体身或基础从背水侧逸出。应用钢板桩处置这3种险情,就是在险情段一定范围的堤坝内打设一道连续的钢板桩墙,成为堤坝的结构组成,由于钢板桩良好的封水性能,能彻底消除堤坝的渗漏缺陷,险情得以解除,如图1所示。

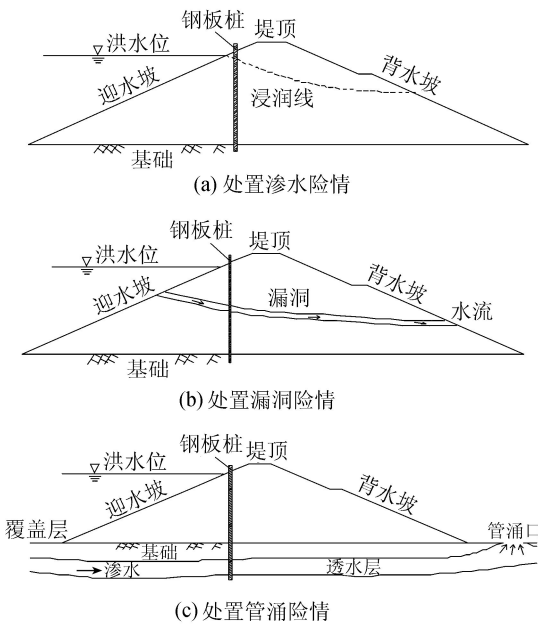


图1 钢板桩处置堤坝渗水、漏洞、管涌险情示意图

钢板桩墙优先布置在迎水坡上部适当位置,当条件受限时,可布置在顶部甚至背水坡上部;线长度应在险情区段两侧各加长2~5m安全值;钢板桩深度则根据堤坝结构参数和险情情况科学确定,不能短,但也不宜太长。

在渗水、漏洞、管涌险情处置中,钢板桩连续墙主要发挥封闭水流通道作用,承受侧压力为辅,故优选一字形或帽形钢板桩,U形、Z形钢板桩为次选。

抢险作业可选用振动打桩法。堤坝顶部具备交通条件时,选用反铲振动打桩机站在顶部作业;堤坝顶部不具备交通条件时,可配置组合钢浮箱、作业船等作为反铲振动打桩机工作平台,在迎水面邻近堤坝区域作业。

当堤坝顶部和水上都不具备作业条件时,可在险情段附近形成一个作业平台,再采用静力GRB系统(Giken reaction base system)完成打桩作业。

2.2 滑坡险情处置

处置堤坝滑坡时,原则是“减少滑动力,增加抗滑力”,传统抢险方法是“上部削坡减载”“下部筑镇压重”,对渗流采取“前堵后排”的措施;但效率较低,特别对迎水侧坡随水位下降的滑坡险情处置效果不好。

钢板桩具有良好的挡土阻滑功能,应用钢板桩处置滑坡险情,就是在滑坡体上打设钢板桩深入滑移层以下地层,形成刚性的阻滑墙,从而解除堤坝滑坡险情。由于可采用水上沉桩方法,是迎水侧滑坡险情非常有效的处置技术措施,如图2所示。

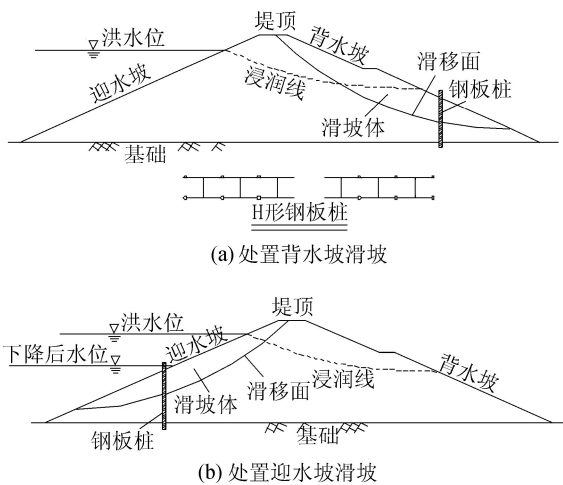


图2 钢板桩处置堤坝滑坡险情示意图

应用钢板桩处置堤坝滑坡险情,应布置不连续的钢板桩墙,以保留滑坡体内的渗流通道。对小型滑坡体,在滑坡体下部适当位置打设一排钢板桩即可;对大型滑坡体,可酌情打设两排或多排钢板桩。

滑坡险情处置,主要是利用钢板桩墙进行阻滑

作用,由于要承受侧压力,故优选惯性矩更高的 H 形钢板桩或钢管桩,以增强钢板桩墙的刚度,Z 形、U 形钢板桩为次选。

要求科学计算确定钢板桩深入滑移面以下的深度,原则上要大于在滑坡体内的深度,以确保阻滑效果。滑坡抢险作业尽量采用静压打桩法,次选冲击法,尽量不用振动法,以减少对滑坡体的扰动。在处置迎水面滑坡险情时,应先考虑在水上平台进行打桩作业。

2.3 决口险情处置

堤坝一旦决口,需要快速抢堵。传统决口封堵均采用土石料为主,少量辅以钢木、钢筋笼、编织袋等,酌情选用立堵、平堵或混合堵方法进行。

由于决口水流冲力,较大块径的石渣料就成为决口封堵的关键。但在大江大河的中下游地区,特别是长江、黄河、淮河下游地区,土料来源十分丰富,但块石料源少、运距远,给决口封堵造成先天不足。如唱凯堤决口封堵时,就动员集中了周边 50 km 范围内所有石料场的石渣料^[7]。

应用钢板桩处置决口险情,技术思路是在两侧堤头先打固定定位桩,再单向或双向向决口另一侧稳步连续打桩直至合拢,从而在堤坝决口处形成一道连续的钢板桩刚性墙,达到封堵决口的目的。这是一个全新的决口封堵方法。

如果决口上下游水位差小,仅钢板桩墙即可实现封堵目标。如果决口上下游水位差大,则可在钢板桩墙后填筑戗堤跟进,形成封堵复合体,如图 3 所示。由于有钢板桩墙保护,戗堤填筑料可以是任意料。条件许可,应采用戗堤跟进方案。

应用钢板桩处置堤坝决口险情,必须先判明决口处基础是否可以打设钢板桩,必要时可进行试桩,否则选用其他堵口方案。

钢板桩墙必须紧密连续,轴线既可以是原堤坝轴线,也可以向临水侧拱曲。钢板桩入土深度应计算确定,以确保钢板桩墙在水流作用下不会倾覆;要考虑决口处基础被冲刷的可能,必要时抛投砂土袋包或其他软式材料进行护底。

以两侧已成桩墙为基础,在水面上安装并延伸悬臂式双层导向支撑架,一方面保持后续钢板桩的轴线,另一方面作为新桩入水沉桩过程的支撑,与前一根桩锁口咬合联合抵御动水冲力(参见图 3)。

钢板桩用于决口险情处置,要承受上下游水位差的压力和水流冲击力,故应根据决口水力学参数进行酌情选型,当水位差较大时,应选用 H 形钢板桩,水位差不大时,可选用 Z 形、U 形钢板桩。钢板桩还可以组合成复合桩,为提高阻挡或防渗能力,可

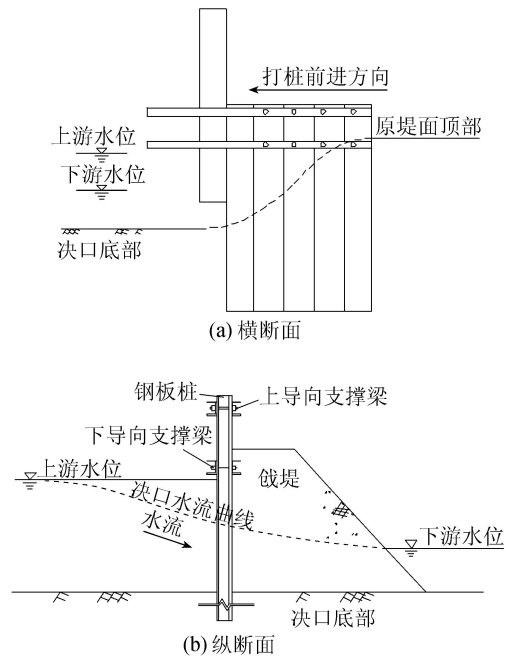


图 3 钢板桩处置决口险情示意图

根据需要设计使用复合桩。

决口抢险作业优选安全可靠且效率高的打桩法,当决口处地层土质较硬或非常密实时,应选用效率高的冲击打桩机,确定地质松软时可选用施工轻便的振动打桩机。采用戗堤跟进方案时,在戗堤上布置打桩机;水上平台具备锚固条件并容易实现时,可优先在水上平台布置打桩机。若决口邻近区域狭小,同时无法布置水上作业平台时,选用静力 GRB 系统完成打桩作业,以实现决口封堵。

还可以应用钢板桩作为决口封堵的辅助手段,如提前在合拢龙口戗堤的坡脚处打一排过水的低位钢板桩,能较大幅度降低决口合龙阶段的封堵难度;如决口封堵后,可打设钢板桩墙进行龙口闭气;等等。

2.4 其他险情处置

由于钢板桩能形成紧密连续的刚体墙,也可用于处置堤坝漫溢、风浪、裂缝、崩岸等险情,虽然相对成本较高,但情况紧急时,可以作为处置方案之一在关键部位使用。

- a. 处置漫溢险情,可在堤坝顶部插打紧密连续的钢板桩形成防洪子堤。
- b. 处置风浪险情,可在近堤水面上插打不连续的钢板桩形成消浪堤。
- c. 处置裂缝、崩岸险情,可参照滑坡险情处置布设钢板桩。
- d. 还可在处置穿堤坝建筑物基础或接触部位渗透破坏等险情使用钢板桩。

采用钢板桩处置漫溢、冲刷、裂缝、崩岸和穿堤坝建筑物等险情时,按其受力、阻水需要酌情选用不同规格型号的钢板桩。

3 钢板桩处置堤坝各类险情的技术特点

3.1 堤坝抢险使用钢板桩适用性分析

钢板桩的自身强度高,借助外力能较快打入黏性土、砂类土、碎石土和淤泥等地层中,应用钢板桩处置堤坝险情具有广泛的适用性和可行性。

就堤坝体身而言,我国堤防工程绝大多数为就地取材填筑的土堤类型,土坝本身就是用土料填筑而成的建筑物,非常适合钢板桩打入。

就堤坝基础而言,我国七大江河及支流的堤防工程主要修筑在第四系地层上,以长江中下游为例,主要是第四系全新统(Q_4)冲积、湖积层,黄河、淮河的堤防全部修筑在第四系地层上,非常适合钢板桩打入。土石坝基础,除防渗部位外,一般仅作表层处理,很多部位适宜钢板桩打入。

3.2 钢板桩处置堤坝险情的优势

与传统方法相比,应用钢板桩处置堤坝险情,主要有以下优势:

a. 钢板桩可连锁形成一道紧密连续的刚体墙,结构简洁,质量可靠易控,封水性能卓越,自身强度高可以形成挡墙,对处置堤坝各类险情具有较为广泛的适用性。

b. 钢板桩打拔全部是机械化施工,既可在堤坝体身上作业,也可在水上平台作业,抢险效率更高。

c. 钢板桩用于堤坝抢险时,可永临结合,抢险施工形成的桩体结构,既可以事后拆除回收,也可计算复核后作为堤坝工程结构组成部分,不再拆除,如钢板桩防渗墙。

d. 钢板桩是高值耐久品,虽然初期投入大,但其使用期可长达 50 a,并且可回收重复使用,生命周期的综合成本反而更低。

e. 钢板桩已在我国工程建设中广泛应用,其理论基础和应用技术都比较成熟,市场的品类已经比较丰富,作业队伍和打拔机械的资源丰富。

3.3 使用钢板桩处置堤坝险情应注意的几个问题

a. 准确判明险情及堤坝结构。首先是准确查明堤坝险情的基本情况,特别是渗漏发生在堤坝的基础还是体身,并分清险情类别;其次是堤坝基础的地质结构和体身的结构材料,以及形体结构;三是道路交通、水文气象等外围条件。为能否采用钢板桩、采用何种钢板桩、如何布置结构等抢险方案制定提供基础条件。

b. 钢板桩的选型与现场焊接。堤坝抢险储备钢板桩各品类型号的数量是已定的,往往与处置险情需求不匹配,这就要求:一是险情处置选用钢板桩时,要综合考虑可投入抢险的钢板桩品类型号问题;

二是在处置堤坝基础等险情时,需要长钢板桩,但钢板桩由于生产、储存、运输等因素达不到需要长度时,可用同种钢板桩现场焊接接长;三是当单种钢板桩无法满足险情处置需要时,可以把同种或两种以上的钢板桩进行组合以实现所需,如把两个帽形或 U 形钢板桩对面焊接,从而增大其抗弯断面和惯性矩,用于处置滑坡险情等。

c. 制定科学的抢险施工方案。堤坝险情情况非常复杂,采用钢板桩进行处置,需要科学而又迅速地制定抢险施工方案,对钢板桩选型、轴线布置、入土深度等确定,要科学计算以确保其刚度和抗倾覆能力;对打桩方法、作业平台等选择,要根据险情本况和外围条件综合考虑;方案选择还应考虑抢险队伍能力状况和装备配置,以达到快速高效的抢险目标。

d. 制约应用于堤坝抢险因素。虽然钢板桩的综合成本低,但毕竟其一次投入大,并且要建立钢板桩资源储备使用体系,需要提高认识并下大决心,另抢险需要专业队伍,一定程度上制约了钢板桩的使用发展。

4 钢板桩的战略储备管理

与普通抢险物资不同,钢板桩及打拔设备是高值耐久品,前期建设投入大,但为满足堤坝抢险的突发性需要,必须要有足量储备并可随时使用。为此,必须建立战略储备及其管理体系,形成堤坝险情处置能力的物质基础。

4.1 战略储备策略

钢板桩及打拔设备作为堤坝抢险的关键物资,更多时间是处于战略储备状态,需要在保障抢险使用和减少储备库存之间取得平衡。钢板桩及打拔设备属高值耐久品,社会资源比较丰富,故应采用专项储备和社会储备相结合的储备策略。

专项储备,即专门为堤坝抢险救援的战略储备。与其他低值易耗品不同,钢板桩耐久性好、可回收重复使用、一次性投入大,应考虑建立流域性或全国性的联储联供机制。

社会储备,即利用社会上部分钢板桩及打拔设备资源作为抢险战略储备。社会储备是抢险部门向企业购买钢板桩在抢险需要阶段的使用权,而钢板桩平常是在企业中周转使用,这样就可大幅降低储备成本。

4.2 专项储备库存管理

专项储备要统筹堤坝险情地域分布,并综合考虑运距、便捷性、可靠性等优化选择建库地址,并科学确定储备量。专项储备要求库场地面硬化,能防

雨、防潮,并可机械化装卸。

a. 入库检测。对新进或回收的钢板桩,入库时必须进行检测,外观检测主要包括长度、宽度、厚度、表面缺陷、端部矩形比、平直度以及锁口形状等几个方面;材质检测主要包括母材化学成分以及机械性能。通过检测,剔除严重不合格的钢板桩,对有缺陷的钢板桩进行校正或修复,之后再进行分类、编号、入库。

b. 缺陷修复。一是对影响钢板桩打入的附焊件进行割除,对桩体挠曲、锁口不合的钢板桩进行矫正修整;二是对于断面缺损、破口割孔进行补焊,对严重锈蚀进行测量评估,或修补或剔除;三是对长度不足的钢板桩,采用同型焊接接长。

c. 分类堆放。对每根钢板桩进行内部编号;按钢板桩的型号、规格、长度等进行分类堆码,可采用三五堆码法,即每堆5垛、每垛5层、每层5根;垛间间距50 cm,以便于穿抽钢丝绳作业;地面及层间垫放枕木,一字形钢板桩枕木间距300 cm,其他形钢板桩枕木间距350~400 cm,并确保上下层枕木在同一条垂直线上。

d. 动态管理。每根钢板桩的规格型号、技术参数、位置数据等均录入电子数据库,以便迅速查找;堆放现场按规定做好标识牌,标明钢板桩的型号、规格、长度等关键参数,便于迅速查找定位。

4.3 社会储备动态管理

由于钢板桩在港口、铁路、建筑等工程中广泛应用,拥有较为丰富的社会资源,具备了建立社会储备的基础条件,社会储备还能拓展技术人员和作业队伍。社会储备具有基础广泛、成本较低、规模可调等优点,但需要加强动态管理,提高可靠性。

钢板桩及打拔设备的社会储备,当前宜建立省内统筹的区域储备。先是由各县市级应急办或防办与在其境内从事经营活动的相关企业签订准备征用合同,再是上报省级应急办或防办进行统筹,尔后根据汛情险情需要进行科学调用。

社会储备需要建立动态管理机制,建筑商、供货商、生产商等企业的钢板桩及打拔设备始终处于动态变化之中,必须建立以合同为基础的使用协调机制,以网络平台为基础的信息互通机制,实现平常能掌握动态情况,汛前可整理调配备用,抢险即快速运到现场。

5 结 语

钢板桩可连锁形成一道紧密连续的刚体墙,应用于土质堤坝渗水、漏洞、管涌、滑坡、决口等险情处置中,具有技术可靠易控、抢险效率高、可永临结合、

综合成本低、社会资源多等优点,与传统以土石材料为主的抢险技术措施相比,在可靠性、高效率上优势明显,可与其他抢险方法结合使用。为保障应用钢板桩处置堤坝险情的能力,必须建立专项储备和社会储备相结合的战略储备体系。但由于钢板桩一次性投入大,抢险需要专业队伍,建立储备使用体系尚未启动,制约了使用发展。综合而言,应用钢板桩处置堤坝险情的技术优势明显,具有广泛的应用前景。

然而,钢板桩在堤坝决口、滑坡等险情处置中,受力情况非常复杂,需要研究快速计算确定其入土深度等关键参数;另外要形成抢险战斗力,需要建立战略储备体系并在实践中改进提高。

参考文献:

- [1] 李继业,张庆华,郗忠梅.河道堤防工程抢险防护实用技术[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [2] 张跃年,张利荣.应急救援实用教程[M].长沙:国防科技大学出版社,2013.
- [3] 朱太顺.防汛抢险关键技术研究[J].人民黄河,2003,25(3):1-2.
- [4] 张利荣,刘祥恒.基于突发事件爆发时间特性的应急救援策略研究[J].水利水电技术,2011,42(9):16-19.
- [5] 张利荣,胡继峰,刘剑.河道中在建工程抗洪抢险的关键技术措施[J].水利水电技术,2013,44(3):17-21.
- [6] 刘祥恒,张利荣.彭泽芳湖圩堤应急抢险的主要技术措施[J].水利水电技术,2011,42(9):41-43.
- [7] 张利荣,严匡柠,张海英.唱凯堤决口封堵抢险方案及关键技术措施[J].施工技术,2014,43(12):26-28.
- [8] 张骏.深水基础钢板桩围堰最小入土深度分析[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2013,26(3):37-42.
- [9] 刘其园,张利荣.钢板桩静压施工技术及其在螺河特大桥的应用[J].水利水电技术,2013,44(3):37-38.
- [10] 胡维忠.钢板桩在我国堤防基础防渗中的首次应用[J].中国水利,2002(12):75-76.

(收稿日期:2014-10-09 编辑:熊水斌)

