

分片组合钢制模板附着坡面混凝土坝体翻模施工技术

何中勇

中冶建工集团有限公司 重庆 400084

摘要：目前垃圾填埋仍然是我国大多数城市解决生活垃圾出路的最主要方法，其中利用天然山谷+混凝土坝体是较为经济的垃圾填埋场建设方式，具有储备量大、使用周期长、建设周期短、使用费用低廉等优点，还可以防止污染扩散。一般坝体主体结构横向截面两侧均为坡面，在建设过程中，其混凝土模板加工、安装、拆除、操作平台搭拆和安全防护搭拆是施工的难点，因此选择经济适宜的施工方法非常必要，本文提供了一种施工方法供读者参考。

关键词：坡面混凝土坝体；钢制模板；分片组合；隔层转换

1 前言

为了降低周转材料的一次性投入，实现模板快速周转和重复利用的目的，形成了以分片组合钢制模板附着坝体混凝土表面，利用其自身强度和刚度大的特点来控制坝体混凝土位置、尺寸、垂直度、坡率，实现较高工效，并适时将施工方法推广应用于各分段分层，以取得预期的经济技术效益和较好的社会环保效益。

2 工程概况

本工程填埋场位于石柱县下路街道白鹤村红光组火

地沟，距离下路街道约6km，距离石柱县城约7km，项目总占地面积91976.7m²，库容为70.3万m³（一期库容为25万m³），调节池库容为5000m³，设计安全等级为二级，设计使用年限为50年，抗震设防烈度为6°，在库区下游设置垃圾坝，坝后填料为生活垃圾，坝体总长164m，坝体最大高度35m，坝底最宽29m，坝顶宽4.5m，坝体竖向坝上游侧坡率为1:0.45，坝下游侧坡率为1:0.3，坝体平面如图1所示。

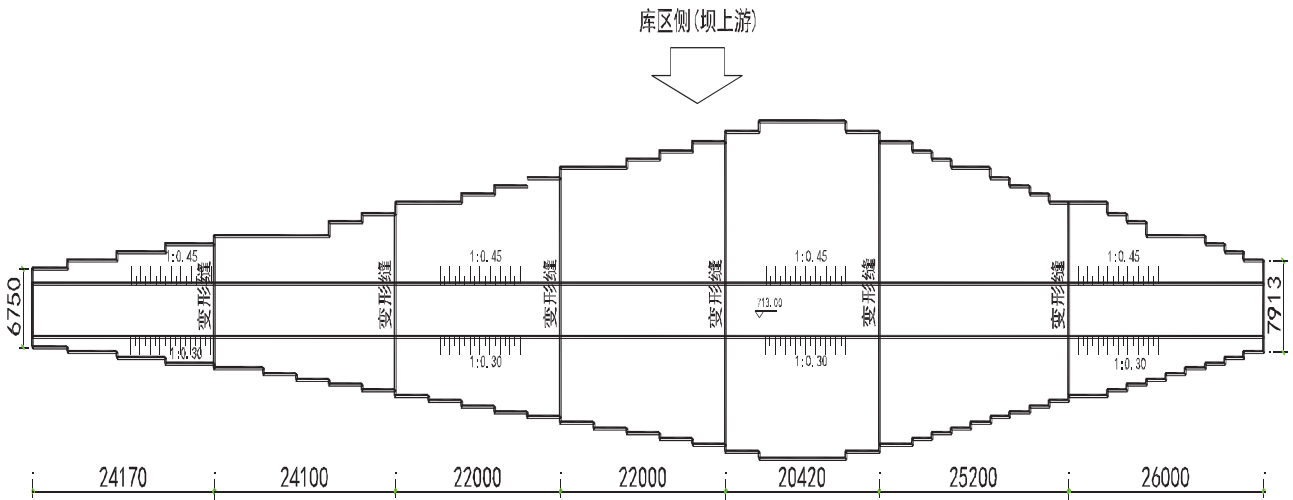


图1 垃圾坝平面图

坝体地基持力层为中风化泥岩，承载力特征值为2200KPa，坝体基础嵌岩深度不小于1m，根据地质勘察报告确定的强风化分界线，分阶梯式开挖出坝体基础，用C15素混凝土垫层封底，厚度200mm，每侧宽出坝底边缘200mm。坡面坝体为C20片石混凝土重力式坝，其混凝土环境类别为二a类，混凝土内掺入不少于2%的HEA抗裂膨胀剂，具体掺量由厂家试验配合比确定，片石成块体

状，强度不小于MU30，坡面坝体横断面如图2所示。

坝体变形缝间距15m~20m，结合地基均匀性现场确定施工缝位置，缝宽20mm~30mm，缝内沿坝体断面四周填塞沥青软木板，嵌入坝体内不小于300mm，变形缝采用CB500*12*30橡胶止水带止水，设置位置如图3垃圾坝轴线±0.000纵断面所示。

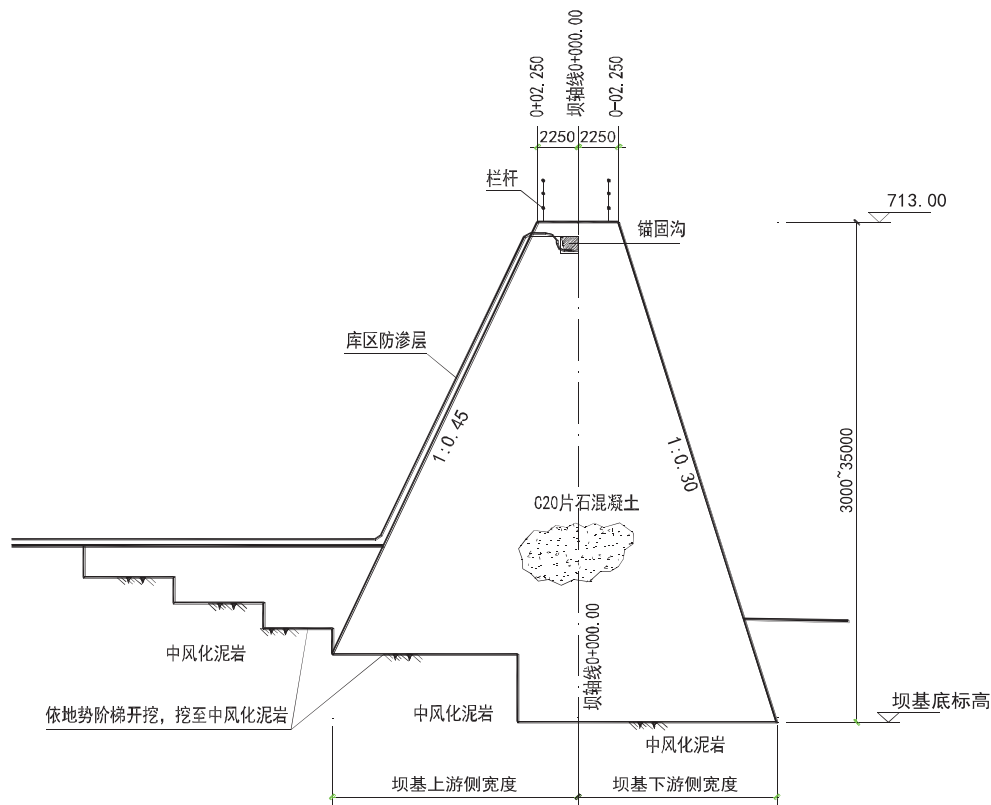


图2 垃圾坝横断面图

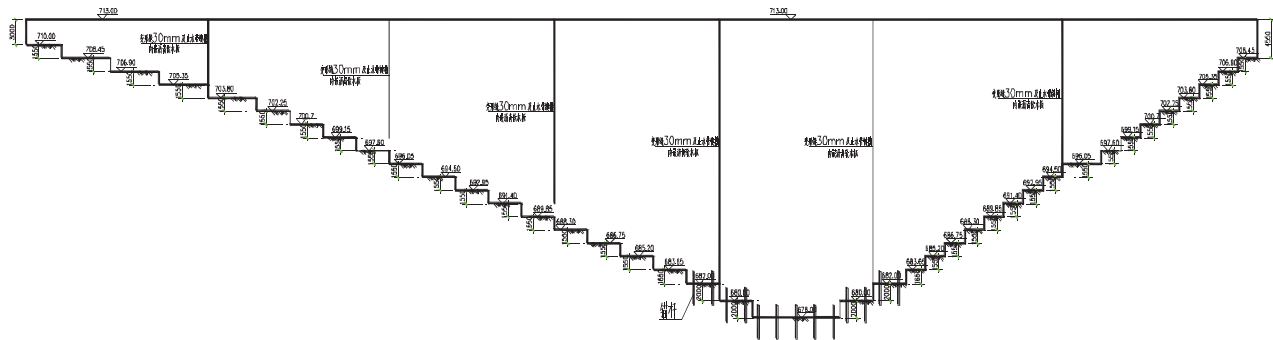


图3 轴线±0.00纵断面

3 纵向施工段划分

缝断开分为7个流水段，由深（低）到浅（高）依次流水施工，纵向施工段划分如图4所示。

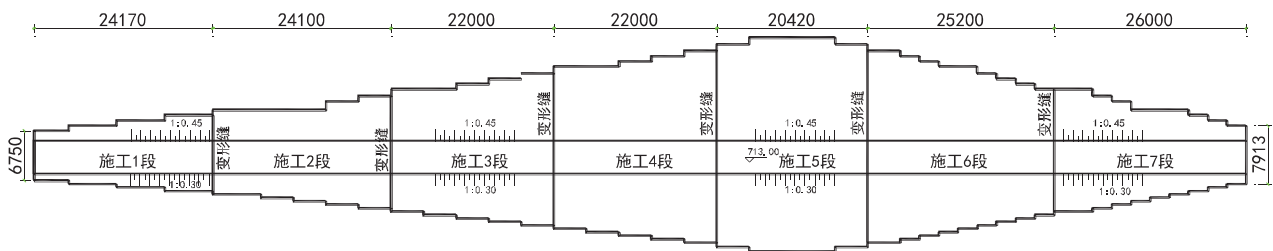


图4 垃圾坝纵向施工段划分平面图

4 竖向分层施工设计和模板设计

施工5段坝体高度为35m，是本次坝体基础最深且坝体最高的一段，此段与其他分段不同的是陡坎处采用C20毛石混凝土填筑至标高▼678.00。施工5段是本次率先实

施的第一段,也是本次施工段中工程量最大的一段,坝体竖向库区侧(坝上游)坡率为1:0.45,另一侧(坝下游)坡率为1:0.3,且坝体底部最宽处达到28.95m,分段宽度为20.42m,施工5段断面如图5所示。

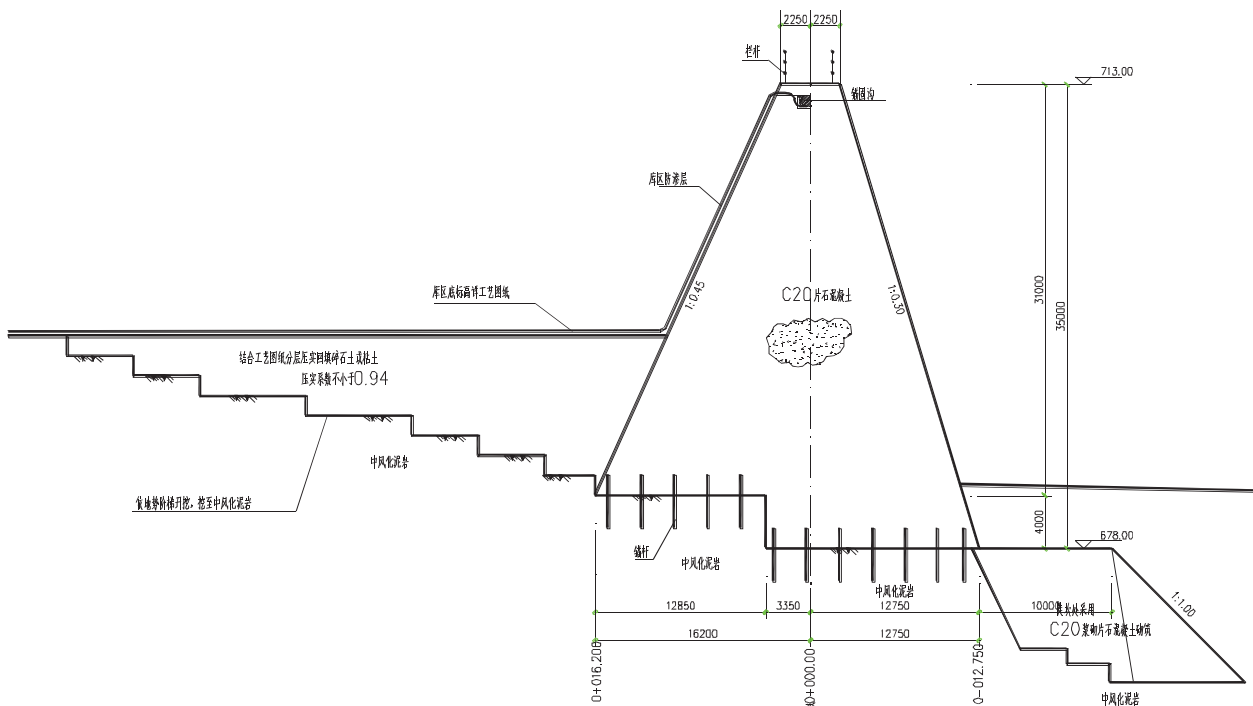


图5 施工5段断面图

坚持先深后浅,由低到高的施工顺序,优先制定施工5段施工方案,进而推广应用到其他施工分段。

为达到清水混凝土外观效果,模板需自身强度和刚度大,稳定性好,宜采用大板幅定型钢制模板;为适用于斜面附着且便于安装和拆卸,单片安装重量不宜过重,模板表面应吸附力小易脱模;为降低周转材料摊销费用,模板周转次数尽可能的多且不变形;为保障作业人员安全,应兼备为模板安装操作时的安全防护装置。因此,设计坡面坝体附着式分片组合钢制模板以满足上述施工需求。

为防止坝体产生温度裂缝,控制单段单次混凝土浇筑量非常重要,参考我国《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018里的规定,降低或减少混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩导致有害裂缝产生,结构实

体最小几何尺寸应小于1m, 而设计要求少留或不留水平施工缝而变得不现实, 考虑到片石吸收部分混凝土水化热释放的热量, 结合坝体建设地址区域的商品混凝土实际供应能力, 经设计验算, 同意各施工段竖向分层浇注厚度为1368mm, 各层水平施工缝在新混凝土浇筑之前需清除老混凝土表面的浮渣和浮浆, 凿毛后用压力水冲洗干净, 再铺一层30mm厚的水泥砂浆, 然后再浇筑上一层混凝土。

综合以上因素考虑, 主要使用钢模板板幅规格为1200mmx1500mm、1000mmx1500mm, 辅助钢模板板幅有200mmx1500mm, 100mmx1500mm, 500mmx1500mm, 300mmx1500mm, 主钢板4mm厚, 钢制模板边框为角钢L50x5, 筋板钢板6mm厚。以1200mmx1500mm为例, 其正立面和侧立面如图7所示, 平面图如图6所示。

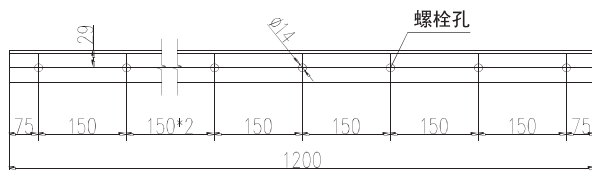


图6 平面图

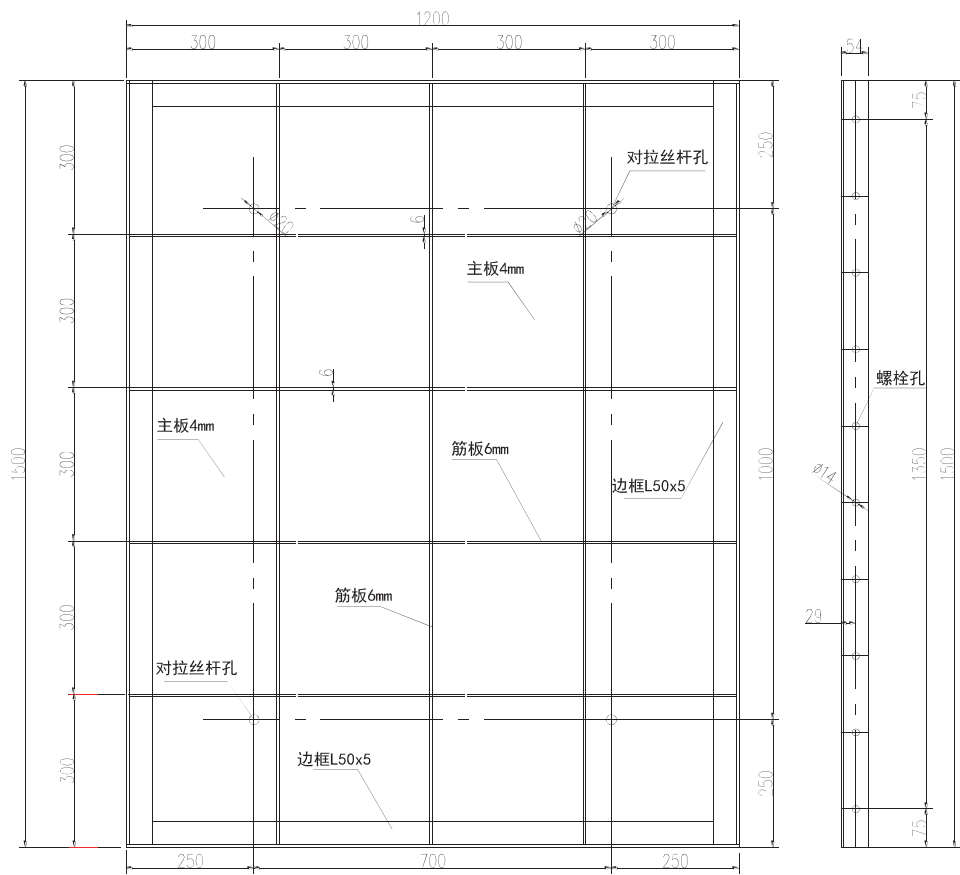


图7 正立面图和侧立面图

5 主要施工工艺

5.1 坝体各分段施工工艺流程

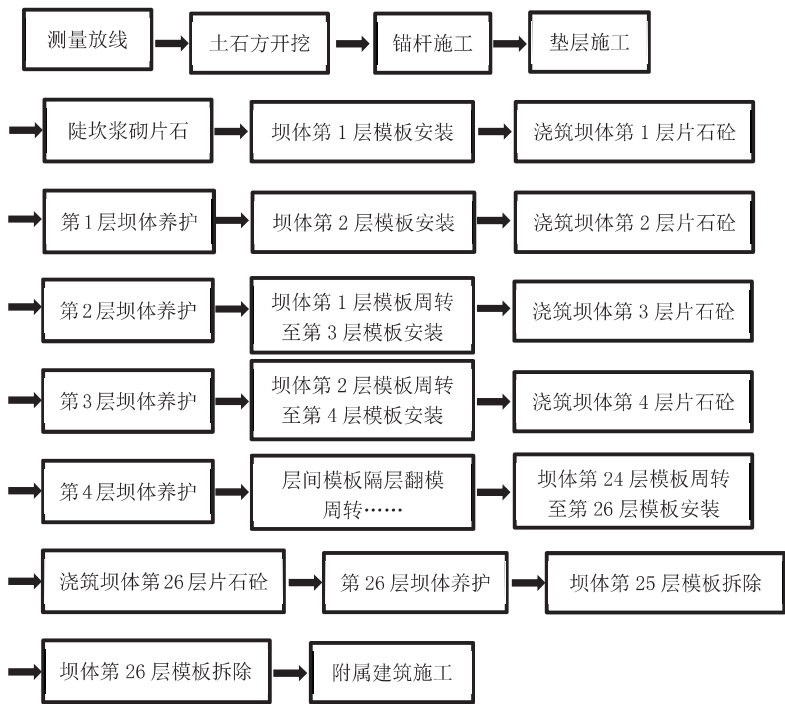


图8 坝体各分段施工工艺流程图

5.2 坝体各层安全防护装置施工流程

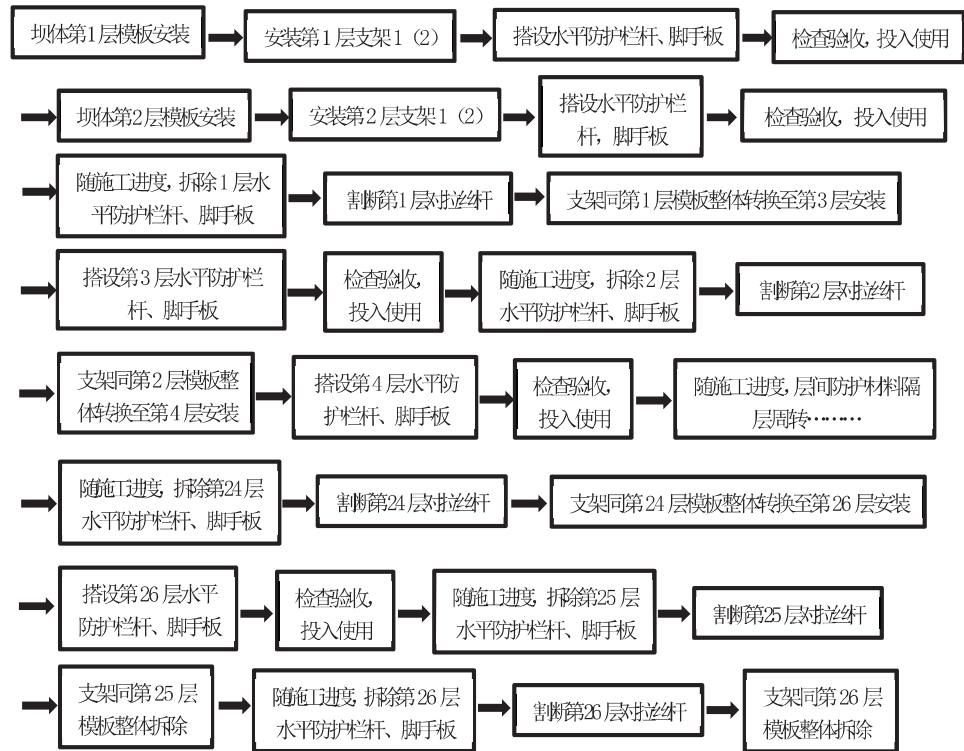


图9 坝体各层安全防护装置施工流程图

6 主要施工方法

6.1 现场拼装组合坝体坡面第1层模板

各施工段距纵向模板底口线627mm处搭设双排钢管脚手架，用以辅助支撑模板。用M12*30螺栓将支架固定于模

板上，库区侧(坝上游)组装支架1，坝下游组装支架2。沿模板底口线和坝体坡率分片安装钢模板并用扣件固定于钢管脚手架上，分片钢模板斜面组织长度为1500mm，垂直高度1368mm，坝体第1层模板安装图如10所示。

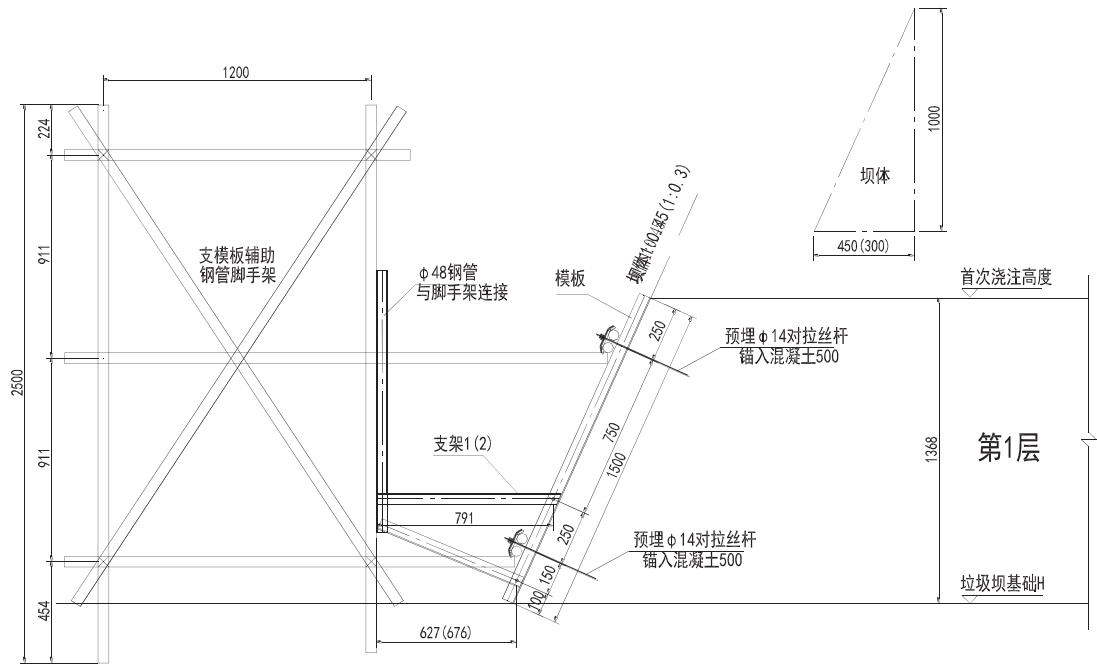


图10 各施工段坡面坝体第1层模板安装图

根据各施工段长度不同，由不同宽度的分片钢模组合而成，以施工5段为例，该段纵向长度20420mm，平面模板将由17块1200mm分片或15块1200mm+2块1000mm+2块200mm分片组合而成，在制作各分片钢模板的边框上预留了φ14的螺栓孔，用M12*30螺栓穿过预留孔连接固定各分片，为保证组合缝隙不漏浆，在各分片模板间贴上防漏浆胶条。浇筑第1层混凝土前需预埋500mm长φ14的对拉丝杆，其中坝体纵向设置间距为700mm，坝体竖向斜向设置间距为1000mm。对拉丝杆承受模板体系自

重、辅助材料自重、人员及设备荷载，还承受浇筑上层混凝土时的侧压力，是整个模板体系的核心，应进行对拉丝杆强度和拉拔验算。在第1层混凝土强度达到2.4Mpa时，拆除辅助脚手架，对模板体系进行现场载荷试验，以实际工况进行检验，以验证使用要求，并记录相关数据用于指导和优化施工。

其中防护支架1、支架2均由L50x5和直径48钢管焊接而成，连接部预留了φ14的螺栓孔，防护支架如图11所示。

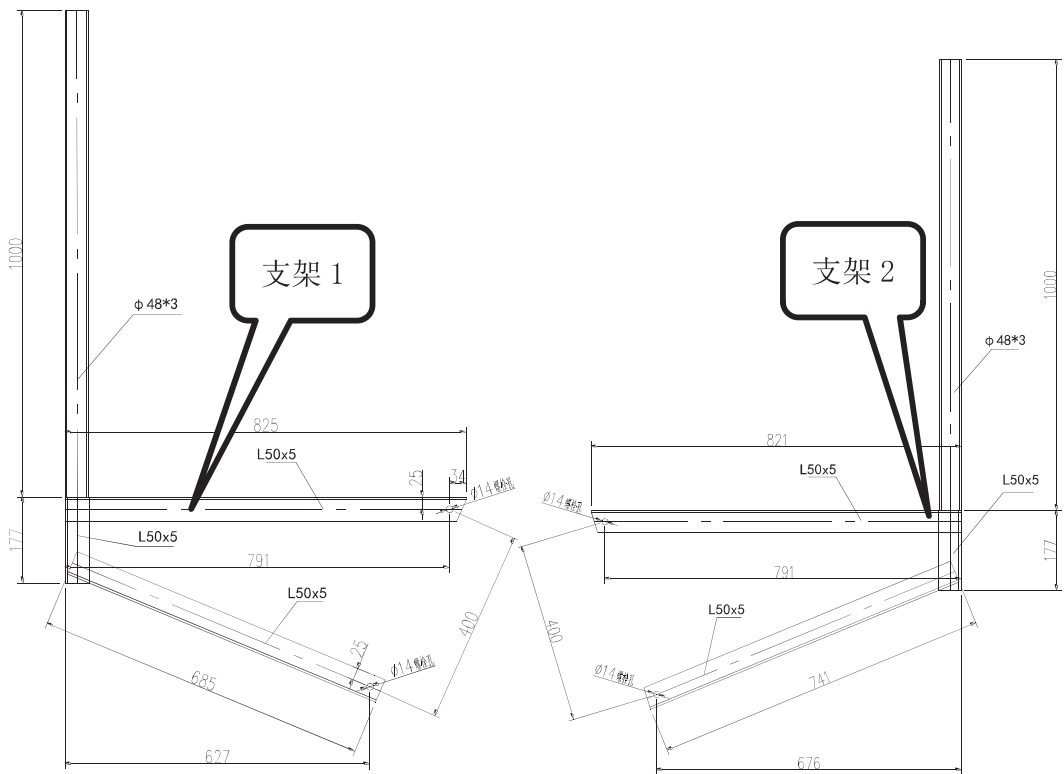


图11 防护支架1、防护支架2详图

6.2 各施工段坝体横向模板安装

由于各施工段间设置了变形缝，为保证流水施工顺畅，应首先施工第5段，第5段施工完成向两端延伸，即第5段→第6段→第7段，第5段→第4段→第3段→第2段→第1段，各施工段间高度差为1368mm。施工过程中，应确保第5段排在施工顺序的最前面，这样做的优点是便于坝体变形缝的留置，减少横向模板配置数量，且易于横向模板安装。以第4段和第5段分层交替施工为例，当第5段浇筑完成需浇筑第4段时，在位于第5段侧面横向变形缝处粘贴固定30mm厚聚苯板以替代模板安装，有效解决变形缝30mm宽模板难以安装和拆除的问题，横向变形缝留置如图12所示。

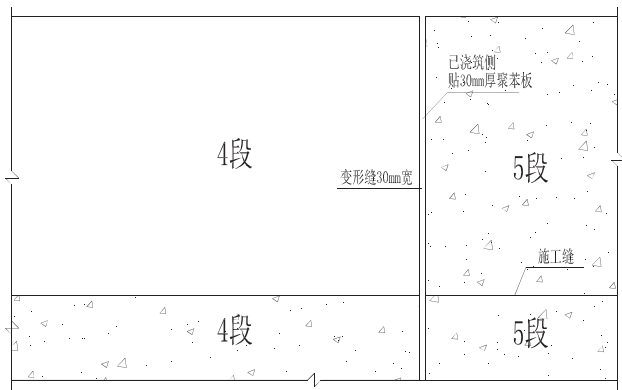


图12 横向变形缝留置与处理

横向模板配置数量也相应减少，第5段横向两侧

各配置1套模板,除备用部分外其他段则可周转使用。即当第4段与第5段混凝土浇筑齐平后,在第4段一侧立1000mmx1500mm模板,用 $\phi 48$ 钢管做斜支撑,以保证钢模板垂直度、平整度和稳定性,横向模板安装如图13所示。

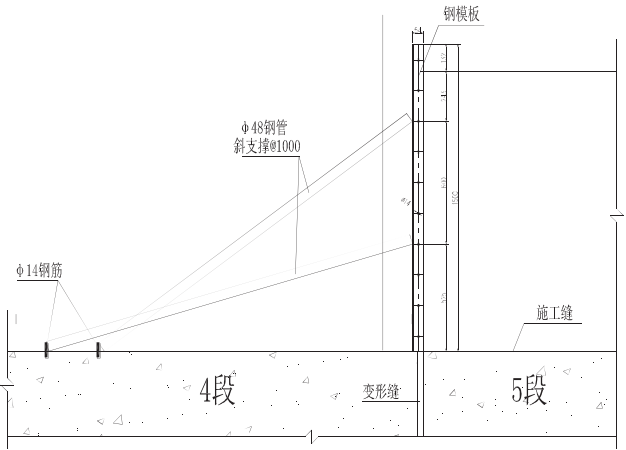


图13 横向模板安装图

6.3 坝体第2层模板安装

采用东风随车吊安装第2层定型组合钢模板,1200mmx1500mm钢模分片重量为98.8kg,支架9.9kg,合计108.7kg,组合模板如图14所示。

本次采用的随车吊最大起吊重量3.2T,最大工作半径

5.35m,最大举升高度6m,因此保证了现场模板的起吊、安装、拆卸、转运工作。

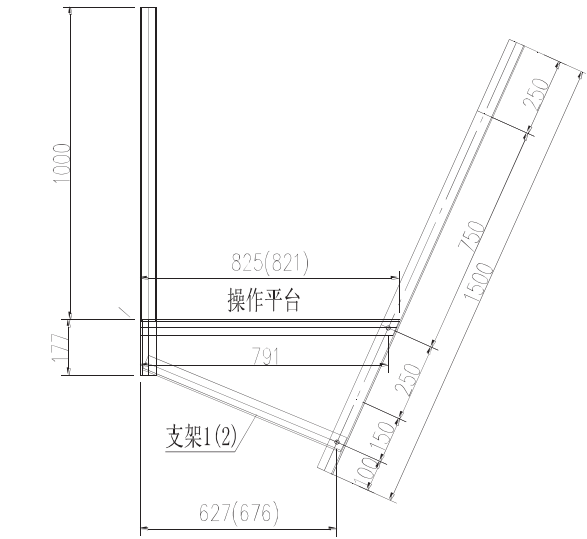


图14 组合钢模板侧面图

组合模板就位后,用M12*30螺栓固定上下两片组合模板,根据坝体坡率用 $\phi 48$ 钢管辅助支撑,调整就位后固定牢靠,随后搭设操作平台防护栏杆,铺设操作平台脚手板,在防护栏杆外侧挂设密目网,具体如图15所示。

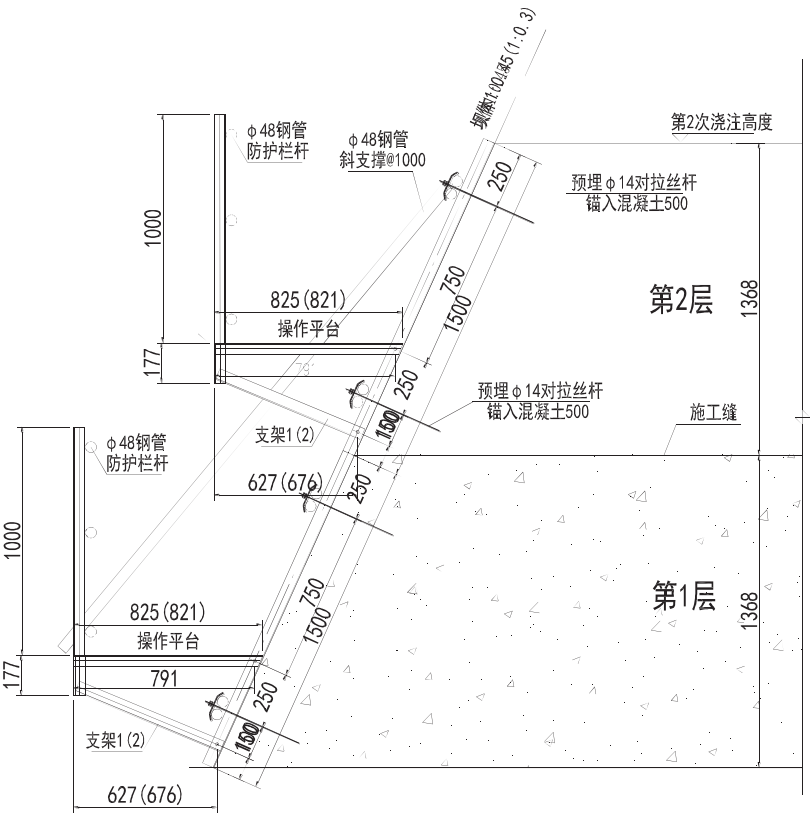


图15 坝体第2层模板安装图

6.4 单片组合钢模板间转换

待下一层混凝土终凝后且混凝土强度不小于2.4Mpa（现场实时混凝土回弹数据），开始分片转换下部组合钢模板。以第1层模板转换至第3层为例，分几片为一个拆除单元（以随车吊作业半径5m来确定），先拆除密目网、脚手板和防护栏杆，再拧松拆除分片间的M12*30螺栓，随车吊坐落在已浇筑坝体上面，起钩稳住分片模板，拧松φ14对拉丝杆卡片，拆除斜支撑钢管和水平辅助用钢管，切除对拉丝杆，撬松模板脱离混凝土面，调运

分片组合钢模板至第3层安装固定，具体如图16所示。第2层模板转换至第4层也采用这种方法。这是一种间隔一层模板翻转方式并随混凝土浇筑进度持续循环交替，直至坝体主体结构最后一层混凝土浇筑完成。

每层模板安装完成后，对立好的模板表面进行清理，刷脱膜剂，保证模板表面光洁平整，对个别歪曲、变形处进行修整，确保接缝严密、不漏浆，保证混凝土表面的质量符合设计及规范要求。

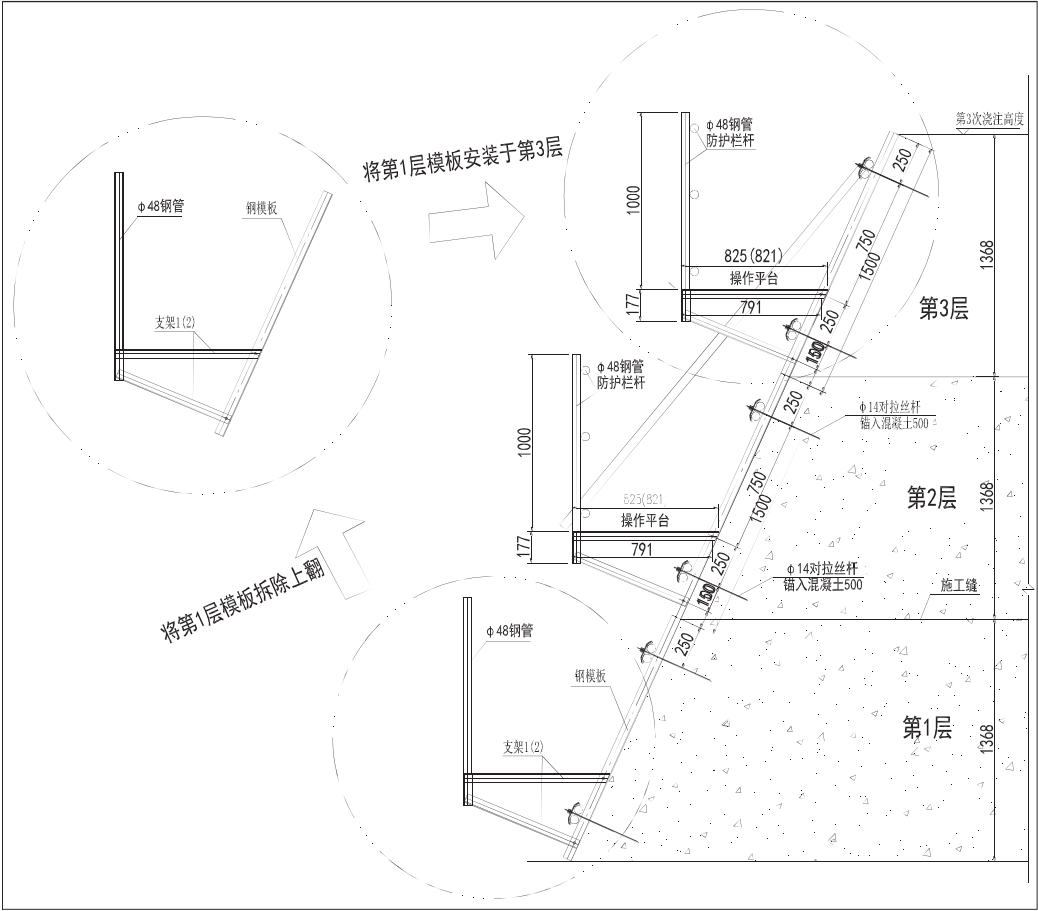


图16 坝体第1（2）层模板翻转到第3（4）层示意图

6.5 片石混凝土浇筑

浇筑混凝土前，必须确保模板已加固牢靠，施工缝和伸缩缝已处理完毕。本工程坝体主体结构混凝土为C20商品混凝土，其中混凝土掺入不小于2%HEA抗裂膨胀剂，采用65m臂架泵浇筑，随着混凝土泵入模内厚度达到500mm时分散均匀投入片石，片石采用强度不小于MU30，块体中厚不小于200mm且不大于300mm的成块石，70型振动棒在块石周边振捣均匀，以混凝土不显著沉降、不冒泡，表面出现一层浆体后停止振捣。再向模

内泵入500mm厚混凝土，再分散均匀投入成块石，70型振动棒在块石周边振捣密实，最后一层浇筑至模板顶面，投料方式不变，块石掺量满足片石混凝土占比不大于20%要求，振捣密实收面，之后进行混凝土养护。施工中需注意的是垂直运输块石需借助吊车提升，浇筑前的堆料点需在吊车覆盖提升能力范围之内，采用装载机和挖掘机来解决材料水平运输。

6.6 各层间混凝土施工缝处理

坝体各施工段各层间因分层浇筑，留置了水平施工

缝,在浇筑上一层混凝土前,对表面进行凿(冲)毛处理,清除底层混凝土浮渣、浮浆和松散石子,利用压力水冲洗干净。各层间混凝土施工缝面处理方法及适用范围,如表1所示。

表1 施工缝处理方法及适用范围

处理方法		适用范围
凿毛	人工、电动工具	小面积,局部处理
冲毛	压力水	大面积,混凝土强度不小于 $3\sim 5\text{kgf/cm}^2$
	高压冲毛机	大面积,混凝土强度 $50\sim 100\text{kgf/cm}^2$

浇筑混凝土时,先在接缝面处泵送摊铺30mm厚同混凝土标号配合比砂浆,之后再行C20混凝土浇筑和片石投料。

6.7 混凝土养护

坝体各施工段各层混凝土终凝后,顶面覆盖麻袋淋水养护,保持混凝土表面处于湿润状态。坝体斜面混凝土终凝后,沿操作平台铺设胶水管,胶水管上钻有小孔,水管通水后,经小孔流出淋湿混凝土表面,保证斜面混凝土湿润,持续养护通水时间不少于14天。严格控制拆模时间,以不造成混凝土表面和棱角受损为准,模板转换时应注意成品保护。

6.8 人员上下通道

在坝体纵向一端搭设临时施工通道,通道宽度为1000mm,栏杆高度1200mm,内侧满挂密目安全网,防护外侧设置200mm高踢脚板。防护栏杆和踢脚板刷警戒色。随着坝体不断升高,施工通道应结合纵向基础阶段地形搭设,供作业人员上下。

6.9 安全管理

每层循环交替翻转安装模板前,应采用回弹仪测试混凝土强度应满足方案要求,采用拉拔计测试对拉丝杆抗拔值应满足方案要求,两项主控测试应由施工部、技术部和安保部共同确认后方可进入下一道工序。

操作平台使用前,应对表面附着的混凝土进行清理,同时检查支架各焊接部位是否存在裂纹或脱焊情况,以及连接螺栓是否存在滑丝或拧不紧的情况,该项合格后检查铺装的脚手板是否严密和固定牢靠;操作平台严禁堆载超限,进而造成平台坍塌及人员伤亡。

起吊安装上一层模板时,应避免交叉作业,难以回避时应采取警戒和隔离措施,避免周转模板不慎坠落伤人;在模板或材料吊运过程中,应检查起重设备安全装置,防范安全装置不全或不灵可能导致的起重伤害、

碰撞伤害、断绳脱钩伤害以及吊物坠落伤害等事故;起重机械司机应杜绝违章作业或起重指挥失误,指挥信号和口令应统一;作业人员固定上下层模板时,应在牢靠固定点系挂安全带,在操作平台作业时严禁违章违规作业;在施工过程中,临时用电严格执行“一机、一闸、一漏、一箱”的规定,配电箱内漏电保护器为3C认证产品,杜绝使用不合格产品;固定式设备使用专用开关箱,小型机具应设漏电保护装置,手持电动工具不得随意接长电源线;雷雨、大风等恶劣天气应停止作业,露天设备应陈放在地势较高处,坝体上的柴油发电机应可靠连接临时防雷装置。

7 结束语

分片钢制模板组合成大板面模板,适用于有坡率的坝体,单片钢模板和支架自身具有足够的强度、刚度和稳定性,各分片钢模组合后附着在坝体斜面辅助混凝土浇筑,安装拆除方便且速度快,安全有保障,做到了工具化、定型化、标准化施工,为坝体混凝土快速施工创造了有利条件,缩短了施工工期,大大节约了施工成本,经济效益非常显著,为垃圾填埋场早日投入使用产生经济效益和环保效益打下了基础。同时,分片组合钢制模板附着坡面混凝土翻模施工方法创新和优化了常规施工方法,对同类型坝体施工具有很强的实践指导作用,也具有一定的技术应用推广示范作用。



图17 石柱县垃圾坝实景图

参考文献

[1]金洪志,宗剑.翻模固坡新技术在蒲石河面板堆石坝工程中的应用及其质量控制[J].建筑工程技术,2024(5):0014-0016.
[2]刘辉,张伟.分片组合式模板在大型建筑结构施工中的应用研究[J].施工技术,2023,52(15):102-106
[3]杨军,刘华.钢制模板在高层建筑施工中的应用技术研究[J].建筑技术,2022,53(12):1513-1516