

混凝土控制拆除施工技术及其在丹江口大坝加高工程中的综合应用

周厚贵

(中国葛洲坝集团公司,湖北宜昌 443002)

[摘要] 混凝土控制拆除是水电工程续建、扩建、再建项目施工中的重点与难点问题之一。通过系统分析混凝土控制拆除的技术要求,总结了混凝土控制拆除施工常用方法的优点、适用条件和实施要点,建立了混凝土控制拆除施工方法选择标准体系。同时,将该体系应用于南水北调中线丹江口大坝加高工程的施工实践中,各项控制拆除工作实施效果良好。建立的混凝土控制拆除施工方法选择标准体系和丹江口大坝加高工程中的典型实例可供类似工程借鉴参考。

[关键词] 混凝土拆除;控制拆除施工技术;丹江口大坝

[中图分类号] TV52 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)02-0017-05

1 前言

混凝土控制拆除不仅在城市建设中广泛存在^[1],而且在水电工程的续建、扩建、再建项目中也普遍存在^[2,3]。一方面,水电扩建工程中混凝土拆除施工时,通常附近已有各类建筑物,甚至是对震动、粉尘等有严格要求的机电设备如泵机、变压器等。另一方面,对于拆除现有混凝土结构的一部分时,对保留部分的要求除对爆破震动有要求外,对保留部分的空间形态都有严格的要求,如新老混凝土结合部人工键槽的施工等。此外,水电工程续建、扩建、再建项目的混凝土拆除具有工程量大、点多、面广的特点。因此,混凝土控制拆除已成为水电扩建工程施工中的重点与难点问题之一,拆除的顺利实施对于保证工程施工质量、加快施工进度具有重要影响和意义。

为此,笔者以南水北调中线丹江口大坝加高工程为对象,通过对混凝土控制拆除施工技术体系的分析,系统总结每一类施工技术的优缺点、适用条件。并在此基础上,为丹江口大坝加高工程中的混

凝土控制拆除选择合适的施工方法,实施效果良好。

2 混凝土控制拆除的技术要求概要

混凝土控制拆除的技术要求主要根据工程类型、施工条件和环境等具体情况确定。一般可以概括为以下几个方面:a.对混凝土保留体外形轮廓的要求;包括保留混凝土的外形轮廓尺寸、平整度等要求;b.对混凝土保留体损伤的要求;包括对保留体裂缝的严格控制、对拆除体内保留钢筋的操作限制;c.对周围建筑物和设施的要求;包括对控制爆破拆除点周边一定范围的原有混凝土、新浇混凝土、灌浆区、闸墩、厂房、中控室、发电机组及其他建筑物等进行质点振动安全监测,以及对一定范围内建筑物和设施的防止飞石保护。

在具体工程的拆除中,需要根据工程特点,选择以下合适的方法,依据施工规范和专项要求,制定详细的混凝土控制拆除技术要求及措施。

3 混凝土控制拆除施工技术

混凝土的拆除方法多达数十种,但热熔切割法、

[收稿日期] 2007-12-01;修回日期 2008-09-15

[作者简介] 周厚贵(1962-),男,湖北枝江市人,中国葛洲坝集团公司副总工程师,教授级高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
E-mail:hougui@tom.com

二氧化碳气法、卡道克斯法、冰胀法、钢筋通电加热法、电介质损耗法、强磁性体诱导加热法、电化学法、电磁波照射法、激光照射法、射水切割(水刀)法、水压爆破法等方法因成本昂贵或技术未成熟等原因,目前在水电工程中还没有广泛应用。

常用的混凝土控制拆除的施工方法基本有4种,即人工拆除、机械拆除、静爆拆除、爆破拆除,也可将4种方法中的几种加以组合应用如锯割静裂法施工人工键槽等,每一种施工方法都有各自的优缺点及其相应的适用条件。在施工实践中需要根据工程实际情况选择相应的施工方法或者综合应用多种方法。以下总结了每一类施工方法的优势与不足、适用条件及其实施要点。

1)人工拆除。优势与不足:机动灵活,工艺简单,成型质量好,适用于各种复杂的施工环境,对混凝土保留部分几乎没有损坏。但是拆除效率低、劳动强度大、工期长,施工人员安全隐患较多,人工费用较高。

适用条件与实施要点:人工拆除方法主要应用于少量的拆除作业,或者其他方法难以实施的情况,通过人工辅助简易工具拆除混凝土。人工拆除混凝土时需要做好施工人员的安全防护措施,严格规划和控制施工进度。

2)机械拆除。机械拆除中最为主要的方法:一是振动拆除如手风钻、风镐凿除,机械振动锤、气压振动锤、液压振动锤凿除等;二是锯割拆除如液压盘锯、金刚石链锯等。

优势与不足:易形成机械化流水作业,拆除效率较人工拆除高,对混凝土结构保留部分和周围保护对象影响较小。但常常易受拆除体结构体型、位置、周边地形等条件限制,且机械设备使用费用高。

适用条件与实施要点:机械拆除适用于拆除量较大,拆除要求高,拆除体周边施工环境较差,紧临发电厂、开关站等重要保护建筑物,现场不宜实施控制爆破,对拆除产生的危害控制要求严格的部位。采用机械拆除时,应根据拆除体结构体型、位置、周边地形特点,结合现场安全要求,合理选用拆除方案和相应机械设备。同时应注意采取与之配套的安全防护手段或措施。

3)静爆拆除。静态爆破是一种新型的、无污染的、安全可靠的控制爆破技术。静爆拆除通过位于孔洞内的静态破碎剂(SCA)在水化反应过程中产生的膨胀和硬化,对孔壁施加膨胀压力,从而使被破碎

体开裂、破碎。

优势与不足:静爆拆除混凝土的优势显而易见,其拆除过程无震动、无飞石、无噪声,工期短、对保留部分不造成任何损害,而且施工简便、安全。其不足之处在于:现有的静爆剂效能难以控制,效果难尽人意,一般用于少量的拆除或局部修整;对于素混凝土尚可,但对于钢筋混凝土结构往往需要先凿出钢筋并切除后再实施静爆;不能形成大规模的拆除施工;此外,施工成本较高。

适用条件与实施要点:不允许有震动、噪声,有毒有害气体、飞石、静电或电磁波辐射的部位;对混凝土结构保留部分不允许有任何损坏的部位。静爆拆除通常作为机械等其他拆除方法的一种辅助手段,通过静爆先在拆除体与保留体间形成裂隙后,再使用机械分离。在静爆拆除施工前,需要对孔径、孔深、排距、药量等做精确计算;施工中除常规安全措施外,避免施工人员与静爆剂的直接接触,特别需要防止“喷孔”对施工人员的伤害。

4)爆破拆除。爆破拆除是拆除混凝土结构的常用方法。随着控制爆破理论和技术的不断完善与施工经验的成熟,爆破在混凝土控制拆除中得到了日益广泛的应用。

优势与不足:理论上较成熟、施工经验丰富;效率高,利于缩短工期;通常情况下施工费用较低。不足之处在于:易产生震动、飞石、粉尘等爆破危害,对混凝土结构保留部分和周围环境产生一定损伤或影响。

适用条件与实施要点:如果可将爆破产生的震动、飞石、粉尘等控制在规定的范围内,该方法是大规模混凝土控制拆除的首选方法。施工中重点考虑两方面问题:一方面,通过多种爆破技术的综合应用与优化,数值模拟计算,以及现场试验的实施,选择最优化的爆破方案与参数,使爆破对环境的影响最小化且在许可范围内;另一方面,切实做好对已有建筑物和设备的安全防护措施。

4 丹江口大坝加高工程中的混凝土控制拆除

丹江口水利枢纽是南水北调中线水源工程。初期工程于1973年建成,加高工程将在原坝体的基础上培厚和加高,坝顶加高14.6 m。由于在坝体加高施工期间枢纽正常运行,施工作业、枢纽的运行、防洪度汛之间相互影响和制约,施工场地较为狭小、限

制条件多而复杂,导致加高工程在施工工艺、施工流程、施工组织与管理等方面有很多与新建工程不同的限制与要求。此外,虽然我国有大坝加高工程先例,但如此规模和复杂度的大坝加高工程还是首次实施,没有可资借鉴和成熟的经验,施工中的很多问题需要在实践中研究、探讨。

丹江口大坝加高工程中混凝土的控制拆除具有以下几方面特点:

1) 拆除量大,仅左岸大坝施工标段就将近拆除混凝土 $3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2) 拆除点多、面广,且所有拆除部位均与大坝相连;拆除施工期间整个水利枢纽均处于正常运行状态,复杂的施工边界条件对施工技术、施工组织与施工管理要求严格。

3) 拆除部位与保留部位紧密相连,施工技术复杂、拆除项目与其他施工项目相互干扰大。

4) 泄水建筑物部位的混凝土拆除不能在汛期施工,必须与坝体混凝土浇筑紧密配合,在规定的时间内完成相应坝段的混凝土拆除。

5) 混凝土拆除施工时必须采取严格的安全防护措施,以防飞石破坏或拆除体砸坏保留建筑物。

为此,丹江口大坝加高工程中的混凝土控制拆除问题也引起了各有关部门的高度重视,开展了诸多的研究工作^[4,5]。在施工过程中,针对丹江口大坝加高工程中混凝土拆除的实际情况,基于拆除的技术要求以及每一种拆除方法的适用条件,为每一个拆除部位制定了详细的技术要求和拆除方案。这些方案在施工中发挥了重要作用,实施效果良好。以下选取每一种拆除方法应用的典型实例,以期为今后类似工程的施工提供借鉴。

1) 人工拆除典型实例。施工部位:19号~24号坝段初期工程闸墩墩顶混凝土、初期工程坝顶运行管理房。

拆除方法选择:上述部位拆除量相对较小,拆除体位置和体型特殊,受保护对象安全控制要求、现场交通、场地等条件限制,无法实施机械拆除和控制爆破拆除,因此采用人工配小型机具拆除。

主要施工方案:进行可靠的安全防护,采用人工配风镐、铁锤或铁钎等小型机具拆除。

2) 机械拆除典型实例。施工部位:厂房坝段老坝体下游坡面牛腿、电梯井现浇外伸梁板、左联坝段值班房。

拆除方法选择:上述部位拆除量较大,周边环境

复杂,保护对象对震动、安全质点振动速度控制标准要求高,不宜进行控制爆破,采用机械拆除。根据拆除体结构体型、位置、周地形特点及安全要求,合理选用拆除机械设备。

主要施工方案:厂房坝段下游布置有电厂厂房,安全防护要求高,拆除实施前,沿整个厂房外墙搭设钢管防护排架,表面铺竹跳板封闭。老坝体下游坡面牛腿拆除以分裂机为主,静裂分离辅助,拆除部位下方设置碎石减震阻弹带。电梯井现浇外伸梁板采用电动钻石线锯拆除,起吊设备吊运。左联坝段坝脚值班室采用液压混凝土破碎机拆除。

实施效果:进度满足工期要求,拆除轮廓、拆除面质量等控制指标符合设计要求,几乎未对周边保护对象产生影响,未发生质量安全事故,拆除效果良好。

3) 静爆拆除典型实例。施工部位:26号~31号坝段初期工程遗留的栈桥墩及31号、32号坝段老坝体下游结构混凝土拆除。

拆除方法选择分析:实施过程既不能损伤大坝主体结构,也不能影响电厂的正常运行(距离厂房及中控楼约22m,距厂坝平台高差17m),拆除量较大,拟采用静态爆破的方法进行拆除。

主要施工方案:静爆前,根据起吊、运输手段和安全控制等要求,进行布孔计算,控制混凝土块的大小和静裂方向。按布孔要求沿设计拆除边线钻孔,装入高效静态爆破剂进行静爆分裂。拆除体下方设置碎石减震阻弹带,拆除后的渣料通过坝体斜坡面滑至厂坝平台。通过起吊设备或装载机装自卸车后运至指定渣场。由于栈桥墩距厂房及中控楼较近,为避免拆除对电厂运行产生影响,拆除时使用两种不同粗细的钢丝绳编制成安全网进行围兜防护,防止破碎过程中小碎块的坠落。

实施效果:拆除进度满足工期要求,拆除轮廓、拆除面质量等控制指标符合设计要求,未发生质量安全事故。

4) 爆破拆除典型实例。施工部位:34号~44号坝段坝体下游三角体混凝土平台,该平台宽约7.9m,高约8.7m,与大坝混凝土同时浇筑而成。

拆除方法选择分析:该部分混凝土由于尺寸大、体积大,人工撬挖和机械切割均较困难,为提高生产效率,在经过现场生产性爆破试验的基础上采用小药量控制爆破法拆除。

主要施工方案:分为3~4层拆除,一次爆破拆

除长度可按坝段分区,采用 YH24 手持式凿岩机钻孔,人工装药,拆除体与保留体之间轮廓面采用预裂或光面爆破,采用小区孔间微差爆破网络分段起爆。由于爆区周边环境复杂,紧邻电站厂房、电厂办公楼中控室、微波楼、抽水泵房及供水管、电厂办公楼交通桥、110 kV 高压电线、输变电线塔及开关站等,故需严格控制单段起爆药量,并进行全方位的立体防护(主要采用爆区表面水平防护、保护对象周边立体防护和特殊防护),震动和安全质点振动速度控制在允许范围内,保证周边初期工程建筑物运行安全。爆破参数根据爆破试验成果确定并经优化调整,现场主要爆破实施参数如表 1 所示。

表 1 控制爆破实施参数

Table 1 Construction parameters of controlled blasting

	主爆孔	缓冲孔	预裂孔
孔排距/m	1.2×0.8	0.6	0.2×0.4
孔径/mm	φ42	φ42	φ42
孔深/m	2	2	2.5
孔型	梅花型	梅花型	两端各布置 2 个空导向孔
药卷/mm	φ32	φ32, φ25	φ25
单位耗药量	0.25~0.36	0.20~0.25	100~125
	kg/m ³	kg/m ³	g/m

注:最大单段药量不大于 2 kg

爆渣采用液压反铲装车,15 t 自卸汽车经进厂公路和原上坝公路运渣至土石坝上游压脚区。拆除施工前对拆除体下部混凝土坝面、电站进厂公路、电站厂房等用胶管帘、竹跳板等做好平面和立体防护,并重点做好炮孔孔口封堵和孔口沙包覆盖,防止拆除的混凝土渣、块砸坏下部结构和电站厂房。

实施效果:爆破效果良好,各项指标符合设计要求,基础开挖工作顺利完成。混凝土破碎程度、爆破方向及爆破危害等均控制在允许范围内,达到了预期的控制爆破效果,保证了丹江口水利枢纽工程周边初期工程建筑物运行安全,为下阶段混凝土施工提供了良好的施工条件。

5) 盘锯切割法与静爆拆除法的联合应用^[6]。

施工部位:新老混凝土结合面人工键槽。

拆除方法选择:此工程中的人工键槽施工工程量较大、不能损伤混凝土保留体、对空间轮廓外形尺寸

要求高,不能使用控制爆破拆除。人工凿除和钻排孔拆除不能满足进度要求;静爆拆除的外形尺寸不易控制且工期也较紧张;盘锯切割的设备昂贵,且金刚石锯片消耗量大,施工成本过高。因此,经多方案比较研究与现场试验验证,联合采用盘锯切割法与静爆拆除法进行人工键槽的施工。

主要施工方案:主要施工流程包括 a. 盘锯固定导轨安装;b. 盘锯切割;c. 钻无声破碎孔;d. 静裂膨胀剥离混凝土;e. 混凝土块吊除。详细的施工方案已在文献[6]中做了论述。

实施效果:键槽外形尺寸精确满足要求,混凝土体未受任何损伤,工程进度满足要求,施工费用较为节约,为保证坝体新老混凝土的结合创造了有利条件。

5 结语

混凝土的控制拆除是水电工程续建、扩建、再建项目中普遍存在的问题,是施工中的难点与重点问题之一,对于工程质量和进度的保证具有重要影响。

笔者以南水北调中线丹江口大坝加高工程为背景,通过对混凝土控制拆除施工技术体系的系统分析,总结每一类施工技术的优缺点、适用条件,并以此为基础为丹江口大坝加高工程中的混凝土控制拆除施工选择合适的方法。笔者建立的混凝土控制拆除施工方法选择标准体系和丹江口大坝加高工程中的典型实例,必将为今后类似的工程建设提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 冯叔瑜,吕毅,杨杰昌,等.城市控制爆破(第二版)[M].北京:中国铁道出版社,1996
- [2] 周厚贵.水电站扩建工程的施工问题与对策[J].湖北水力发电,2005,(2):1-3
- [3] 郭武山.南水北调中线及丹江口大坝加高工程施工难点[J].湖北水力发电,2006,(4):8-11
- [4] 郭熙灵,程展林.南水北调中线工程科研综述[J].人民长江,2005,36(12):13-15,30
- [5] 倪锦初,严裕圣.丹江口大坝老混凝土拆除爆破试验研究[J].水利水电快报,2002,23(9):3-4
- [6] 周厚贵.丹江口大坝加高新老混凝土结合面人工键槽施工技术研究[J].南水北调与水利科技,2006,4(4):8-10

Construction technologies of controlled demolition of concrete and their comprehensive applications in Danjiangkou Dam heighting project

Zhou Hougui

(*China Gezhouba Group Corporation, Yichang, Hubei 443002, China*)

[**Abstract**] Controlled demolition of concrete is one of the important and difficult problems in construction of reconstruction projects and expansion projects of hydropower projects. Based on systematic analysis of technologic requirements of controlled demolition of concrete, advantages, application conditions and implementation key points are summarized. That's the selection criterion system of construction methods for controlled demolition of concrete. And the system is applied in Danjiangkou Dam heighting project of median-line of South-to-North Water Transfer Project. The final implementation effect is satisfying. The selection criterion system of construction methods for controlled demolition of concrete and representative successful implementation cases in Danjiangkou Dam heighting project will be helpful for similar projects in the future.

[**Key words**] concrete demolition; controlled demolition construction technology; Danjiangkou Dam