

《水下爆破工程技术设计规范》(T/CSEB 0013-2020)

解读文件

中国爆破行业协会标准化技术委员会

2021 年 8 月 3 日

为规范水下爆破工程技术设计、促进爆破技术进步、提升爆破本质安全水平、推动爆破行业健康可持续发展，中国爆破行业协会已于 2020 年 12 月 25 日发布，并于 2021 年 3 月 25 日正式实施了《水下爆破工程技术设计规范》(T/CSEB 0013-2020)。为便于广大设计、施工、科研、教学等单位有关人员在使⤵用本标准时能够正确理解和规范执行有关条文规定，进一步促进本标准在行业内全面推广应用，特按章、节、条顺序编制了本标准的解读文件，以供参考。

一、编制目的与意义

本标准以水下爆破工程为对象，对技术设计的编制加以规范，从技术上降低爆破作业风险，提高爆破本质安全和社会公共安全，促进爆破技术进步与科学发展。本标准对技术设计的主要内容提出要求，并对具体内容的编制及编排给予指导。

编制的目的和意义：

- (1) 实现与相关法律和法规的统一；
- (2) 实现与国家强制性标准《爆破安全规程》(GB 6722-2014)的紧密衔接；

(3) 规范水下爆破工程技术设计，促进行业健康可持续发展。

二、编制依据与原则

1.编制依据

(1) 现行国家和行业的相关法律和法规。

(2) 《爆破安全规程》（GB 6722-2014）和《爆破术语》（T/CSEB 0007-2019）等现行相关标准与文献。

2.编制原则

(1) 先进性原则。瞄准水下爆破行业发展的前沿，依据实际工程情况，积极推广应用新技术、新材料、新工艺和新设备，并遵循安全可靠、技术先进、经济合理、节能高效和绿色环保原则。

(2) 实用性原则。本标准坚持实用原则，设计规范满足工程对安全、质量和进度的要求，促进水下爆破工程技术设计工作向规范化方向发展。

(3) 连贯性原则。本标准的编制坚持承上启下原则。本标准与现有的国家标准、行业标准自然衔接，与其他相关标准保持技术的一致性、连贯性。

三、标准内容与解释

为便于了解与熟悉编制目的、掌握编制方法，本标准按内容分为设计依据、原则与内容，方案论证与选择，爆破参数设计，炮孔或药包布置，装药与填塞，起爆网路设计，爆破安全设计和附录等内容。

标准在前言部分介绍了标准的起草规则、提出单位、归口部门、主要起草单位和起草人等。

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草，在编制过程中多次公开征求意见，经过反复论证和修改，最终发布了现行版本。

四、标准条文说明

3 术语与定义

GB 6722、T/CSEB 0007 界定的术语和定义适用于本标准。根据标准使用需要，本标准列出了 8 条术语和定义。

5 设计依据、原则与内容

5.2.3 应依据实际工程情况，推广应用新技术、新材料、新工艺和新设备。

水下爆破的对象均在水的覆盖之下，爆破作业具有盲目性大，受水流与风浪、气象与气候影响大，安全与质量不易控制的特点，所以，进行水下爆破工程技术设计时，应尽可能采用新技术、新材料、新工艺和新设备，以便满足安全、质量、进度和环保要求。

6 方案论证与选择

6.1 根据工程特点和周围环境，应依据安全、质量和进度要求，通过不同方案比选，确定最优设计方案。

最优方案是指安全可靠、技术先进、经济合理、节能高效和绿色环保等综合指标较高的方案。

6.2 方案论证与选择应考虑下列内容：

- 工程地理位置、爆破工程量、交通、通航条件与通讯等；
- 爆区地形地貌、工程地质与水文状况、气象与气候、流速与风浪等工程特点；
- 水下与陆上需保护对象和周围环境等；
- 设计方案安全可靠、技术可行、经济合理，并满足质量、进度和环保要求等；
- 爆区环境平面图、地形地质图等。

方案论证与选择是决定水下爆破工程成功与否的前提与基础，方案论证与选择应在充分考虑本工程地形地质特点和周围环境因素及本工程具体要求的基础上，根据自身设计施工或借鉴类似工程的成功经验，经过认

真比对后确定最佳方案。

6.3 爆区环境平面图应包括下列内容：

- 比例尺、指北针和周边特征物；
- 爆破范围、等高线（或等深线）；
- 保护对象名称、与爆破点最近直线距离等；
- 航道（临时）中心及边线、交通运输道路；
- 附近交通运输道路、主要管线分布情况；
- 其他备注或说明。

爆区环境平面图是进行爆破安全设计的重要依据，水下与陆上建（构）筑物及设施的分布、方位和距离及安全要求等是确定单响最大药量和一次起爆总药量的主要参考内容，也是进行水击波与爆破振动监测的前提，更是划定警戒范围和制定安全防护措施的前提条件。

6.4 爆区地形地质图或被爆体结构图应包括下列内容：

- 地形图包括比例尺、指北针、等高线（水深图）和周边特征物等；
- 地质图包括岩石类别及性质、岩层产状、断层、节理裂隙、溶洞、溶槽、覆盖或填充物等；
- 被爆体外形特征、组成物质及结构特征；
- 其他备注或说明。

爆区地形地质及被爆体结构对爆破设计、爆破效果影响较大，因此应对爆区地形地质及被爆体结构进行调查了解，以便设计采取相应措施。

7 爆破参数设计

7.1.1 应根据工程特点、被爆体材质与结构、水下和陆上环境、施工方法和施工机具及爆破器材性能，选取合适的爆破参数。

水下爆破工程技术设计应根据工程情况、爆破地点周围钻爆船等设备供应情况，确定合理可行的施工方法和爆破参数。

7.1.3 爆破参数应根据经验公式并结合施工经验数据进行选择，必要时应通过爆破试验确定。

由于被爆岩体种类的多样性、岩体构造与结构及性质的多样性，加之爆破作业环境的复杂性、爆破要求的不同性，这就决定了爆破参数不可能

是一成不变或完全相同的。所以，针对一项特定的爆破工程，其爆破参数的选取或确定，采用经验公式进行计算取值，也可参考类似爆破项目经验数据取值，也可在爆破施工前先进行爆破试验，获取准确的参数后进行爆破施工。

7.1.5 重大爆破工程或水深较大的爆破工程，爆破前应进行同工况条件下炸药雷管防水抗压性能试验或组网模拟试验。

重大或水深较大的爆破工程是一项非常复杂的系统工程，并且存在着诸多安全隐患，同时其安全、质量等要求非常高，一旦发生意外将造成严重后果。譬如当水深较大时，炸药雷管可能因水压力的不断增加而导致拒爆并造成盲炮，另因水深流速大，也有可能导致起爆网路发生故障并产生盲炮。一旦产生盲炮则检查、处理就更加困难，隐患进一步加大。

7.2.1 水下爆破单位炸药消耗量宜参考露天钻孔爆破参数设计选取，并根据炸药性能、水文地质条件、被爆体的物理力学性质、地质构造及受约束状况、爆破质量与效果要求等相应增加，同时通过现场爆破试验结果调整和修正。

水下爆破的药包一般位于一定深度的水下，甚至于饱和水状态的淤泥介质中，由于会受到深水或厚覆盖层的较大压力，药包爆炸能量的顺利释放和有效利用将产生较大影响。因此，为了确保爆破质量与效果，单位炸药消耗量应在参照露天钻孔爆破单位炸药消耗量的基础上，依据工程特点、水文与地质条件和器材性能适当增加单位炸药消耗量，并视现场试爆结果调整、修正。

7.3.2 水下钻孔爆破炮孔直径应根据爆破规模、爆破工程量、工期要求，由钻孔设备选型确定。

水下钻孔爆破炮孔直径主要依据钻爆船配置的钻机型号选定，而钻爆船的钻机一般都是固定配置钻头、冲击器，炮孔直径可选种类不多。

7.3.3 当爆破工程量大、作业区水深、周围环境较好时，应选取较大的炮孔直径；当爆破开挖边缘质量要求高和爆破振动控制要求严时，应选取较小的炮孔直径。

炮孔直径越大装药相对集中，对于爆破开挖边缘，如边坡的影响就越难控制。因此，选择炮孔直径应考虑上述条款。

7.3.4 当单位炸药消耗量确定后，孔距、排距则与孔径有关，孔径越大（小），孔距、排距越大（小）。水下钻孔爆破的孔网参数参照表 4 选取，并根据清渣设备能力调整。

表 4 水下钻孔爆破常用孔网参数

孔径 d/mm	孔距 a/m	排距 b/m	超深 $\Delta h/\text{m}$
75~95	1.5~2.0	1.5~2.0	1.0~1.5
95~115	2.0~2.5	2.0~2.5	1.5~2.5
115~150	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5

水下清渣比较困难，可选的清渣设备也有限，炮孔的孔距、排距选择不当时易造成清渣困难，宜按上述数值选取孔距、排距后，试爆试挖确定。

7.3.5 水下钻孔爆破的钻孔深度 L 等于爆破厚度加超深 Δh ，炮孔超深应略大于露天爆破的炮孔超深。

水下钻孔爆破受水压影响，故超深大于露天爆破，宜尽可能创造侧向自由面，改善爆破效果。

8 炮孔或药包布置

8.2.2 药包加工分为普通药包和聚能药包两种。普通药包一般为长方体的扁平药包，其长、宽、高之比宜为 3:1.5:1；聚能药包宜将聚能穴加工成锥形或半球形。

普通药包按长、宽、高之比为 3:1.5:1，比较好加工、绑扎，爆破效果较好。加工聚能药包时应用锥形或半球形模具将药卷加工成具有聚能穴的药包。

8.2.3 药包两端应加配重，配重比参照表 5。

表 5 水下裸露爆破药包配重比参考值

布药点水流速度/ (m/s)	2.5~3.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0 及以上
配重比	2.0	2.0~2.5	3.0~4.0	5.0~6.0	6.0~7.0	7.0~7.5

药包配重是水下爆破的一大特点，为按设计要求固定水下药包，包括药包的水平和与岩体及水面的上下位置，则需要对水下药包进行配重，配重随水流速度的增加而加大，流速越大配重就越重，表 5 给出了流速、药包与配重的参考值，现场使用时宜根据实际效果选定。

8.3.2 炮孔布置应满足下列要求：

- 水下炸礁分横断面进行时，横断面之间的距离为炮孔孔距的 1.0 倍~1.2 倍；岩体节理裂隙、风化发育取较大值，不发育取较小值；
- 底部设计标高相同时，同排炮孔孔底高程应一致，炮孔装药长度宜为孔深的 2/3~4/5，软岩宜取较小值，硬岩宜取较大值。
- 炮孔分次起爆时，后起爆的前排炮孔与已爆炮孔排距应增加，排距宜为 1.1 倍~1.5 倍，薄岩层宜取较小值，厚岩层宜取较大值。
- 炮孔分次起爆时，后起爆的前排炮孔应增加超深，超深宜为 1.1 倍~1.5 倍，薄岩层宜取较小值，厚岩层宜取较大值。

水下钻孔爆破炮孔布置受施工分段、分区、底部设计标高、炮孔分次起爆等影响，故炮孔布置应满足上述要求。

8.4.6 药包布置位置水平、垂直允许误差±0.3m。

药包布置的精确度会影响爆破效果，故规定了上述误差范围。

8.4.7 两炮抛填进尺与设计进尺之差应不大于 0.5m。

实际抛填进尺与设计进尺应一致，才能达到爆破效果，如果实际数值与设计数值相差太大，则需要调整设计参数，因此要控制误差的大小。

8.4.8 药包埋深应包括淤泥包的隆起高度和覆盖水深折算的淤泥厚度，一般为折算后淤泥总厚度的二分之一，覆盖水深的折算淤泥厚度按公式(8)计算：

$$H_{mw} = H_m + \left(\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\right)H_w \dots\dots\dots (8)$$

覆盖水深的折算淤泥厚度与水密度、淤泥密度有关，故按此公式计算覆盖水深的折算淤泥厚度。

8.4.9 当覆盖水深大于泥厚的 1.6 倍，药包应布置在堤头前沿泥石交界面的淤泥表面。

水深大于泥厚一定倍数后，水可以作为覆盖药包的配重，药包布置在淤泥表面也能获得较好的爆破效果。

8.5.4 爆后岩面平整度要求不高或被爆岩层底部为非岩石地基时，药包宜布置在岩层顶面。

药包布置在压密层顶面，爆炸能量直接作用于压密层，更有利于岩层密实。

8.5.5 分段爆夯时应在相邻区段搭接一排药包。

分段爆夯时，为了避免漏夯，故相邻区段搭接一排药包。

8.5.6 局部补抛石层平均厚度大于 0.5m 且范围大于一个布药网格时，应减半装药在原位补爆一次。

补抛石层厚度、范围超过一定范围后会影晌压密层密实度，故需要补爆。

9 装药与填塞

9.1.1 水下钻孔爆破装药结构，按装药连续性分为连续装药和间隔装药；按孔径与药径关系分为耦合装药和不耦合装药。

由于水下爆破作业环境和操作的复杂性，水下钻孔爆破装药结构应简单便于操作，根据不同的安全防护、爆破要求采取不同的装药结构。

9.1.2 水下钻孔爆破时，应根据被爆介质厚度、岩石硬度系数与可爆性及周围环境，采用不耦合装药或耦合装药。

水下钻孔爆破采用成品炸药加工药柱，药柱直径一般都会小于炮孔直径，很难做到耦合装药结构。只有采用现场混装炸药时才能做到耦合装药结构。

9.1.3 当装药长度大于 3m 时，应适当增加起爆体数量或采用防水处理的导爆索起爆。

当装药长度过大时，为了增强药柱完全爆炸的可靠性，适当增加起爆体数量或采用防水处理的导爆索起爆。

9.2.3 水中冲击波防护要求较高时，可采取沙石混合填塞。

采用沙石混合材料进行炮孔填塞,有利于增加填塞物与炮孔壁的摩擦阻力,从而提高炮孔填塞质量,减少爆炸能量扩散到水中形成水中冲击波,降低水中冲击波的强度。

9.2.4 流速较大的水域炮孔应填塞到孔口。

炮孔不填满时,流速较大的水体经过孔口产生涡流,会淘空填塞材料,造成浮药的安全隐患。

9.2.5 应根据工程实际情况,绘制装药和填塞结构图,内容包括:

- 钻孔直径;
- 钻孔角度;
- 孔深及超深;
- 药卷直径及长度;
- 填塞位置与填塞长度。

装药结构也是水下爆破工程技术设计的另一重要参数,对爆破效果具有较大影响,装药和填塞结构图是进行装药和填塞施工的指导书和说明书,爆破作业人员必须严格按其进行操作。

9.2.6 采用间隔装药、底部加强装药时,装药和填塞结构图除符合 9.2.5 规定外,还应标明间隔长度、填塞间隔介质、填塞位置、各间隔段药量、雷管数量等。

装药和填塞结构图是进行装药和填塞施工的指导书和说明书,图上表明间隔长度、填塞间隔介质、填塞位置、各间隔段药量、雷管数量等参数,可有效指导爆破作业人员按图进行操作。

10 起爆网路设计

10.1.1 水下爆破宜采用非电起爆方法,包括导爆管起爆和导爆索起爆。

水是导体,水下爆破不宜采用电爆网路,采用非电起爆方法更有利于爆破安全。

10.2.1 导爆管起爆时,炮孔至水面的网路不应有导爆管接头和接点;导爆索起爆时,在主爆线上应加系浮标,使其悬吊。

导爆管网路在水中有接头和接点容易受潮影响传爆。导爆索起爆网路加系浮标使其悬吊防止其打结、打折而影响传爆。

10.2.3 当水流速度较大时，应采用高强度导爆管雷管起爆网路，并对起爆网路采取有效的防护措施。

当水流速度较大时，一般采用高强度导爆管雷管起爆网路或采用伸缩性较小高强度尼龙绳做起爆网路受力线，导爆管起爆网路松弛的缠绕在受力线上，确保起爆网路安全。

10.2.4 水下爆破起爆导线、导爆管和导爆索的长度应根据水深、流速情况确定，不宜小于孔深与水深之和的 1.5 倍。

起爆导线、导爆管和导爆索应预留一定长度，在水流的作用下网路在水中形成一定的弧度，避免孔内引出的线路受力过大。

10.2.7 起爆网路宜顺水流方向分组连接，并自药包开始依次向主线顺序进行。

起爆网路均应采用后退式连接顺序，顺水流方向连接有利于确保起爆网路不因受水流影响而发生故障。

10.2.8 起爆网路敷设与起爆顺序图应包括：

- 起爆网路类型；
- 起爆网路连线示意图；
- 孔内、外雷管段别；
- 起爆顺序编号；
- 其他备注或说明。

起爆网路敷设与起爆顺序图是指导爆破作业的说明书和指导书，故各种数据应标明清楚、齐全。

11 爆破安全设计

11.3.3 应根据工程实际情况，编制爆破安全防护图，内容包括：

- 防护对象、方位及与爆破点的直线距离；
- 防护部位及范围；
- 防护工程量；
- 防护方法；
- 防护材料、防护参数；
- 其他备注或说明。

爆破安全防护是控制爆破飞石影响、确保爆破安全的最后一道屏障，也是指导爆破作业人员进行安全防护的指南，因此，爆破安全防护图的内容应尽可能地具体与详尽。

11.4.1 应根据爆区位置、周围环境和要求等情况，编制爆破安全警戒图，并在警戒区边界设置明显标识。

爆破安全警戒是防止爆破飞散物造成人员伤亡和财产损失的有效手段，也是指导爆破安全警戒的说明书和指导书，爆破作业人员按照此图进行警戒才能有效防止爆破危害影响，确保爆破本质安全。

11.5 爆破应急预案

复杂环境水下爆破工程技术设计应制定应对复杂环境的方法、措施及应急预案，应急预案应包括：

- 应急救援指挥机构及组织；
- 应急救援处置的工作流程；
- 应急救援机构人员之间的通信联络方式；
- 事故应急措施及处理方案。

为快速、及时、妥善地处理施工现场发生的生产安全事故，做好应急处置和抢险工作，最大限度地减少事故造成的人员伤亡、财产损失和社会危害，制定现场事故应急预案，一旦出现应急事件，现场作业人员将参照处置。

该标准如在宣贯及执行过程中，发现有需修改、补充和完善之处，请与中国爆破行业协会标准化技术委员会联系。

中国爆破行业协会标准化技术委员会