

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程坑探规程

SL 166—2010

条 文 说 明

目 次

1 总则 3

3 基本规定 4

4 施工准备 5

5 探坑、探槽 6

6 探硐 8

7 探井 23

8 施工安全 27

9 施工记录与报告 28

10 施工质量及验收 29

附录 A 岩土分级 30

附录 B 爆破及爆破器材的安全管理 31

附录 C 施工记录表 33

附录 D 施工质量验收表 34

1 总 则

1.0.1~1.0.3 坑探是水利水电工程地质勘探的重要手段之一。通过坑探工程（探坑、探槽、探硐、探井等）可以直接观察、描述地层岩性、地质构造等地质现象，同时为岩（土）体试样采取和原位测试提供条件。

统一坑探工程的技术要求、技术标准，对保证坑探工程施工质量、施工安全十分必要。条文对规程编制的目的、适用范围及坑探工程的基本任务做了规定。

3 基本规定

3.0.5 通过地质巡视和施工记录，可以全面、真实地了解地质情况和施工动态，及时调整施工要求。施工记录要满足本规程第9章的有关技术要求。地质巡视随施工进度进行，了解施工情况、观察地质现象等。

3.0.6 施工现场的地质、物探、试验等配合工作，主要包括工作场地的清整、通风、照明、排水及安全防护等。

3.0.8 大型坑探工程，如长度大于500m的探硐、深度大于30m的探井及河底平硐等一般编制专题施工报告。

4 施工准备

4.0.2 地形地质资料主要包括施工现场和周边地区的地形图、地质图及相关资料。水文气象资料主要包括施工期当地降雨、降雪、冰冻及气温变化等资料。位于河流岸边的探硐、探井要特别注意收集河水流量、流速、水深、历年最高洪水位和最大冰冻雍高等资料。

4.0.3 现场查勘要了解施工现场的地形、地质条件和环境地质条件。特别是易于引发山洪、泥石流、滑坡、坍塌等有害于施工安全的地质环境以及地层岩性、地质构造、水文地质等与施工有关的地质条件。

在满足勘察目的的条件下，坑探工程的位置要选择在相对安全地带。渣（土）堆放地选择要以不影响环境、不产生水土流失和易于恢复原地形为原则。

4.0.4 坑探工程施工环境和施工条件存在诸多不确定因素，安全生产十分重要。编制施工技术计划或施工组织设计时，要贯彻安全第一的方针。

5 探 坑 、 探 槽

5.1 探 坑

5.1.1 探坑常布置于松散地层，主要用于定点查明下伏地层的产状、岩性、结构、地层界线、构造形迹、岩（土）透水性、地下水位等以及天然建筑材料勘察。

条文对探坑的施工方法做了规定。

松动爆破、无眼爆破是探坑施工中常用的爆破方法，其优点是节省凿岩时间，不需凿岩设备，可以控制爆破方向，减少抛掷散落物。使用中要注意爆破方向和药量控制，以防对周围土（岩）体稳定和环境的影响。

5.1.2 本条为新增内容，对探坑竣工做了规定。

实际勘察中，探坑竣工之后往往弃之不管。这样不仅不利于土地的保护和使用，也给后期安全留下隐患。因此，条文规定探坑竣工后要及时回填、恢复原地貌。位于工程体的探坑一般利用探坑开挖料，按工程体密实度分层夯实回填。

5.2 探 槽

5.2.1 探槽常布置于松散地层，主要用于追踪查明下伏地层产状、岩性、地层界线、构造线、破碎带、岩脉等的分布、物质组成及结构特征等。依坡向布置可分为横槽、竖槽，可视勘探目的确定。在同一地区同等条件下施工，竖槽两壁较之横槽稳定，一般采用自上而下的施工程序。横槽施工中要注意上游壁失稳，必要时增加隔墙。

抛掷爆破、松动爆破、无眼爆破也是探槽施工中常用的爆破方法，可根据地质条件、施工条件按条文规定选用。

抛掷爆破按抛掷形式可分为双侧抛掷爆破和单侧抛掷爆破，

可根据施工条件选用。采用抛掷爆破要注意地形条件，遵守露天爆破的有关规定。新进入的施工地区，要先进行试爆，根据试爆结果修正爆破参数。

探坑、探槽的开挖边坡可依据 GB 50487 附录 K 确定岩（土）体边坡坡比。

6 探 硐

6.1 一般规定

6.1.1 硐口是开挖进硐的关键部位。为确保硐口安全，防止上方岩（土）体崩落，硐口要进行支护。支护应支出洞外不少于3m，并在顶部加覆盖物。

6.1.2 拱形断面有利于自然稳定，梯形断面便于支护，施工中可根据具体情况选用。

断面规格的设计要根据本条所列的因素确定。表 6.1.2 提供了经多年勘探实践证明是经济合理的断面，供参考。

6.2 炮眼布置

6.2.1 本条规定了炮眼布置和掏槽形式的一般要求。

为了提高爆破效率，保证爆破后探硐断面形态完好，炮眼布置及掏槽形式要充分考虑岩石（体）的性质、结构以及爆破方法等因素。探硐爆破的目的是在岩体中形成所需的空间，所以布眼首先要满足断面尺寸的需要，使洞壁尽可能完好平整。

岩石爆破要求被爆岩体需有两个以上的自由面。探硐爆破中槽眼的作用就是将掌子面的部份岩石首先爆破下来形成新的自由面，为其余炮眼爆破创造有利条件，以提高爆破效率。槽眼布置在掌子面中部，掏槽形式要根据岩石级别和岩体结构特征等选择。如果槽眼布置和掏槽形式选择不当，会造成整个掌子面爆破失败。因此，要合理布置槽眼，正确选择掏槽形式。

6.2.2 本条规定了角锥掏槽眼的布置原则。

掏槽中有三个以上的槽眼，分别指向中心，眼底趋于集中但不贯通形成角锥，称角锥掏槽。角锥掏槽是一种常用的、较为可靠的掏槽法，适用于任何坚固性岩石。

槽眼的数量随着岩石级别的提高而增加，角度则随之减少。

表 6.2.2 给出了角锥掏槽的技术参数，供参照。如有成熟的先进技术，可另作规定。

6.2.3 本条规定了楔形掏槽眼的布置原则。

楔形掏槽是在岩体结构面两侧适当的位置，各布一排与其平行的槽眼，角度向结构面倾斜成楔形，故称楔形掏槽。楔形掏槽是充分利用岩体结构面而增加爆破效果的一种掏槽方法，应用较广泛，适于中硬以上岩石。表 6.2.3 给出了楔形掏槽技术参数，供参照。如有成熟的先进技术，可另作规定。

6.2.4 本条规定了直线掏槽眼的布置原则。

直线掏槽是槽眼与辅助眼同时垂直于工作面，眼孔间相互平行的一种掏槽方法。掏槽眼中不装药的炮眼谓之空眼，以其做为装药眼的辅助自由面。

在中硬岩体掘进中为增加单循环进尺或采用火雷管引爆，多采用直线掏槽。

螺旋掏槽是直线掏槽常用的一种形式，其掏槽的各装药眼至空眼的距离依次递增呈螺旋布置。表 6.2.4 给出了螺旋掏槽爆破技术参数，供参照。如有成熟的先进技术，可另作规定。

6.2.5 本条规定了辅助眼与周边眼的布置原则。

辅助眼的作用是扩大掏槽效果，为周边眼成型达到设计尺寸创造条件。周边眼布置于探硐四周岩壁，其作用除了崩落岩石外，主要是控制探硐的开挖形状和大小。

辅助眼向槽眼倾斜是指非直线掏槽。

顶帮眼数量，随岩石级别而确定。 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 规格的探硐，为了保持断面尺寸，一般不少于 8 个眼。

6.2.6 炮眼深度指炮眼底到掌子面的垂直距离。

6.2.7 密集系数 M 为周边眼距 E 与周边眼最小抵抗线 W 的比值，即 $M = E/W$ 。其中，最小抵抗线 W 为药包中心至自由面的最短距离。光面爆破中光面眼的最小抵抗线指周边眼所负担爆破的那部分岩石的厚度，也称光面层。周边眼距 E 和最小抵抗线 W 是光面爆破中重要的技术参数。

6.3 凿 岩

6.3.1 探硐施工方法和设备选择受自然环境和工作条件的约束。在高山峡谷交通不便的地区施工，工程量不大，适宜采用小型或微型的凿岩、发电、通风机具，利用发泡剂节约用水的成套措施。在交通、供电、供水等条件都能满足施工需要时，要充分利用大型机械的优势。

6.3.2 爆破对围岩、支护和其他器材可能会造成松动或损坏。因此，施工的每个循环作业中，在爆破排烟工序之后、出渣工序之前，进入工作面时要进行安全检查，排除不安全因素。

6.3.3 中线指设计断面的垂直平分线，腰线指设计断面水平平分线。

6.3.4

1 开眼操作钎子不要过长是为了避免摆过大，易于定位。凿岩时先开水后开风是为了避免产生粉尘。手持凿岩机在掌子面开眼时前方没有定位装置，一般需要一个人在前手扶定位。因此，开眼作业要轻压慢转，进行定位钻进。操作时动作要准确细致，不可马虎，以免发生事故。

2 三点一线凿岩工作法在工作中往往被操作者忽视，结果造成凿岩效率低，凿岩机非正常磨损。因此，要严格按照三点一线凿岩法作业。

3 开眼定位后正常凿岩时前方严禁站人是为了防止钎杆突然折断伤人。如果前方有作业人员，则必须停止钻进。

4 炮眼与药卷之间的间隙小，装药困难，但增强了爆破效果；反之炮眼与药卷之间的间隙大，装药容易，但减弱了爆破效果。炮眼直径比药卷直径大 $5\sim 8\text{mm}$ 是合理的径向间隙，超过范围需要更换适当的药卷或进行改装。

5 本款的规定是为了控制探硐的断面。

6 炮眼的临时保护是指凿岩后装药之前对炮眼的保护，以防止泥砂、粉尘进入。

9 残眼是指上次爆破后由于某种原因，在原炮眼底部残留一段较长而完整的孔段。残眼中可能有残存的炸药与雷管，如在残眼中继续凿岩，可能会发生恶性事故。因此，严禁打残眼。

11 电动凿岩机电机散热方式为水冷式，缺水时电机可能会骤然升温而烧毁。故使用中供水量要充足。电机运行要保证供电质量，即电压、周波三相不平衡程度都要在规定范围内。不能在低电压、低周波条件下运行。

硐内凿岩作业运行条件非常恶劣，机身内外都受水的侵袭，绝缘要求必须可靠。因此每次使用前都要进行检测，当低于规定电阻值时，需进行烘干处理。

不同距离、不同线径的输送功率可参照表 1 确定。

表 1 不同距离、不同线径输送功率

线 号	距离 (m)						安全电流 (A)
	200	400	600	800	1000	1500	
	输送功率 (kW)						
LJ—16	20.0	10.0	6.6	5.0	4.0	2.6	105
LJ—25	31.0	15.6	10.0	7.8	6.0	4.0	135
LJ—35	43.0	19.6	14.5	10.9	8.8	5.8	170
LJ—50	62.5	31.3	20.8	15.6	12.5	8.3	215
LJ—70	87.5	43.8	29.0	21.8	17.5	11.6	265
TJ—4	8.3	4.2	2.7	2.0	1.6	1.0	50
TJ—6	12.0	6.2	4.0	3.1	2.4	1.6	70
TJ—10	20.7	10.3	6.9	5.1	4.1	2.7	95
TJ—16	33.2	16.6	11.0	8.3	6.6	4.4	130
TJ—25	51.0	25.0	17.0	13.0	10.0	6.9	180
TJ—35	72.6	36.3	24.0	18.0	14.5	9.7	220
注：电压降不大于 5%，400V 输电线路。							

6.3.5 一般凿岩机钎尾标准长度为 108mm。钎尾长度误差超过 1mm，称之过长或过短。钎尾过长，提前冲击钎尾导致活塞下

行速度不足，减少了冲击功。**钎尾过短，当钎尾受冲击时**，气缸上部已经排气下部开始充气，活塞运行速度已经减慢，同样减少了冲击功。

钎尾端面淬火硬度超过 **HRC60** 时易产生脆性破裂，低于 **HRC55** 时易产生塑性变形。

6.4 爆 破

6.4.1 爆破是探硐挖掘的重要工序之一。爆破效果好坏，对探硐工程的质量，施工安全与效率影响极大。因此，要根据岩石条件、炸药性能、探硐断面形状规格，合理选择爆破材料、爆破参数，认真按照爆破设计进行爆破作业。尤其是软弱破碎岩带要严格控制在装药量，尽量降低因爆炸震动造成围岩失稳坍塌。

表 6.4.1—1 炸药规格和性能中，仅列出了 2 号岩石炸药的化学成分、炸药性能和抗水性等，尚有 1 号、3 号岩石炸药没有列出。1 号、2 号、3 号岩石炸药其化学组成主要为硝酸铵，含少量 **TNT** 以增加炸药的感度和威力。1~3 号岩石炸药硝酸铵含量逐渐增多，而 **TNT** 含量逐渐减少，对冲击、摩擦和火花等的敏感度就逐渐降低。因而调整硝酸铵和 **TNT** 在炸药中的不同含量，再加入适量的食盐、石蜡和沥青等添加剂，可制成防水和防瓦斯爆炸的 1 号、3 号岩石炸药。

探硐挖掘对爆破工艺的要求主要为：

- (1) 开挖线内的岩石，爆破后没有残留。
- (2) 开挖线整齐，尺寸在要求范围内。
- (3) 开挖线以外的岩石不因爆破产生破坏和失稳。
- (4) 爆破后的岩渣块度集中于工作面利于装岩。
- (5) 硐内的支护、轨道和其他设施不受损坏。
- (6) 爆破后没有残存的炸药和雷管。

6.4.2 爆破材料加工、使用前的质量、安全检查。要按类别分别进行，不可混同一起。检查雷管时要设置安全隔板。

6.4.3 对本条作如下说明：

(1) 要根据探硐岩石条件、**环境特点，正确选择爆破材料**。

(2) 硝铵类炸药使用较安全。甘油类炸药较敏感，使用时要防止冲击和注意环境温度。

(3) 库存炸药、雷管、导火线，使用前要进行爆破试验和鉴定，该报废的不得发放使用。

(4) 通过试验可以更好地掌握爆破材料的性能。试验项目主要包括炸药的殉爆、爆力值试验，导火线的燃速、耐水及火力试验，雷管的猛烈度试验等。

6.4.4 爆破材料加工

1 爆破材料加工房可以在施工场地附近临时修建或利用废弃的民房、窑洞设置。加工房要采取防爆、防火等安全措施。加工房内只能进行起爆药包的加工，雷管导火线的检查与测试以及药卷改装等工作，不得进行与加工、检查无关的工作。

2 作业人员应穿棉质工作服，以防烧伤。

3 导火线、雷管加工要注意：

(1) 导火线与雷管需在桌上进行装配，桌子四周要有凸缘，以防雷管落地爆炸。

(2) 导火线要用锋利的刀切割。禁止用铁铲、石头等物敲断。要避免切割不齐，造成导火线与加强帽接触不良而产生拒爆。

(3) 导火线与雷管联接一端要垂直方向切割，另一端切成斜面，以增加火药暴露面积，便于点火。

(4) 导火线插入雷管与加强帽接触后，要紧密不得转动，以免因剧烈的摩擦引起爆炸。

(5) 火雷管与导火线的固定方法随管壳材料各异。金属雷管用雷管钳在管口缘 5mm 内夹紧，使导火线固定在雷管上；纸皮雷管用胶布缠紧固定导火线。

4 起爆药卷加工要注意：

(1) 起爆药卷的制作加工应在装药前进行，不能事先制成成品备用。

(2) 起爆药卷要选用未受潮，质量好的药卷制作。

(3) 起爆药卷加工后已具备引爆条件，要妥善保管。

6.4.5 本条规定了装炮及炮眼堵塞的一般要求。

2 由于各类炮眼的位置、作用不同，故而分配的药量亦有所不同。掏槽眼位于爆破面中部，爆破困难，因而要多装 10%~20%，辅助眼、周边眼则次之。

具体分配每个炮眼的装药量，可按照经验的装药系数由式

(1) 算出：

$$Q_{\uparrow} = \frac{L_{\uparrow} a_{\uparrow} G}{h} \approx n_{\uparrow} G \quad (1)$$

式中 Q_{\uparrow} ——每个炮眼的装药量，kg；

L_{\uparrow} ——每个炮眼的长度，m；

a_{\uparrow} ——每个炮眼的装药系数；

G ——每个药包的重量，kg；

h ——每个药包的长度，m；

n_{\uparrow} ——每个炮眼装入的药包个数（应取一个或半个的药包倍数）。

当采用炮眼的装药直径为 32mm 时，各类炮眼的装药系数可参考表 2 的数值选取。

表 2 装药系数 a_{\uparrow}

炮眼名称	岩石坚固性系数 f						
	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~14	15~20
掏槽眼	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9
辅助眼	0.45	0.5	0.55	0.60	0.65	0.7	0.8
周边眼	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7

4 根据起爆药包在炮眼内的位置不同，起爆方法有三种：一是起爆药包位于眼底装药位置（常放在眼底的第二个药包位置），并将雷管聚能穴朝向眼口，称为反向起爆；二是起爆药包放在眼口装药位置（常放在眼口的第二个药包处），雷管聚能穴

朝向眼底，称为正向起爆；三是起爆药包放在炮眼装药中间位置，称为双向起爆。

过去多用正向起爆，近年来根据国内外的实践证明，反向起爆可提高炮眼利用率、减小岩石的破碎块度、增大抛碴距离及降低炸药消耗量。此外，在有瓦斯或粉尘爆炸危险的探硐中，反向爆破比正向爆破安全，堵塞影响小，处理瞎炮也较安全。

5 炮眼堵塞的质量对爆破效果有较大的影响，堵塞质量主要在于选择合适的堵塞材料和堵塞长度，以获得堵塞物与炮眼之间所必须的摩阻力。

6.4.6 炸药起爆的方法，根据使用的器材不同分为火雷管起爆法、电雷管起爆法、导爆索起爆法以及联合起爆法。

火雷管起爆法是利用点燃导火索产生的火焰，先引起火雷管爆炸，再引起炸药爆轰的方法。所用的起爆器材包括火雷管、导火索及点火器材。火雷管起爆法具有操作简单、成本较低等优点。其缺点是需在爆破工作面点火安全性差，无法在起爆前用仪表检查起爆准备工作的质量，不能精确地控制起爆时间，导火索燃烧时增加了工作面的有毒气体量。

电雷管起爆法是利用电能先引起电雷管爆炸，再引起炸药爆轰的方法。所需的起爆器材包括电雷管、起爆电源，以及检测仪表。电雷管按通电后起爆时间的差别，分为瞬发电雷管和延期电雷管，后者又分为秒延期和毫秒延期两种。此外，还有抗杂毫秒电雷管。电雷管起爆法应用范围很广，其优点是操作安全，可同时起爆大量雷管，可准确控制起爆时间和起爆顺序，可在爆破前用仪表检查电雷管和电爆网路的质量确保起爆效果。缺点是操作较复杂，作业时间长，需要有足够的电源和消耗电线较多，成本比火爆高。

6.4.7 瞎炮又称拒爆或盲炮，它是指炮眼中的起爆药包经点火或通电后，雷管与炸药全未爆或雷管爆了而炸药未爆的现象。如果雷管与部分炸药爆了但眼底尚有剩留未爆药包，则称为半爆或残炮。瞎炮是掘进中经常发生的一种爆破事故，必须采取措施竭

力避免。一旦发生，要认真分析原因，采取有效方法处理。

6.4.8 光面爆破技术对控制断面尺寸、提高探硐质量、保障硐室安全、降低成本均有重要作用。现对有关参数作如下说明：

(1) 眼距：影响眼距的要素与孔径大小，岩体强度有关。孔径小取小值，孔径大取大值；岩体强度高取小值，强底低取大值。一般眼距与孔径比值为 1:5~1:15。

(2) 孔径：一般采用 30~40mm，采用小孔径、小眼距，光爆效果更佳。

(3) 不耦合系数即炮眼直径与药卷直径之比，与岩体强度及炸药品种有关。坚硬岩石取小值，反之取大值。

(4) 线装药密度系指每米炮眼装药量。影响线装药密度的因素有岩石抗压强度、炮眼直径、孔距，其经验关系式为式 (2)、式 (3)：

$$Q = 5.55 \delta_c r \quad (2)$$

$$Q = 1.52 \delta_c E \quad (3)$$

式中 Q ——线装药密度，g/m；

δ_c ——岩石抗压强度，MPa；

r ——炮眼半径，cm；

E ——炮眼间距，cm。

(5) 密集系数、最小抵抗线见 6.2.7 条文说明

6.4.9 探硐露天爆破一般用于硐口开挖和施工场地平整，常用的方法有无眼爆破（表面爆破）、凿岩钻孔爆破、小型硐室爆破等。采用凿岩钻孔爆破要遵守本章的有关规定。本条规定的安全距离限于炮眼直径 $\phi 42\text{mm}$ 以内，其他爆破方法在一次装药量超限时，要另行规定。

露天爆破为避免产生瞎炮，可采用眼底起爆方法。

6.5 装岩与运输

6.5.1 人工与机车同时使用的工地，可采用 8kg/m 钢轨。钢轨距工作面超过 3m 会降低装岩效率，反之频繁接轨会增加铺设时

间。为解决这一矛盾，一般在**原轨扣上临时活动短轨**来解决。

轨距 600mm 的矿车，实际轮距为 598mm。轮距偏差小于 2mm 会发生卡轨现象，大于 5mm 矿车运行中会增加摆动。因此，条文规定了轨道直线段轨距偏差为 2~5mm。

6.6 支 护

6.6.1 支护是探硐施工中一项重要的工序，支护的根本目的是充分满足硐内施工、作业的安全要求。因此，支护的形式和材料选择及支护的作业、检查、加固、修复等都要以安全为最大原则。

6.6.2 支架支护是探硐施工中常用的支护形式。

1 对支架形式的选择做了规定。其中：

(1) 不完全支架为支架组合有顶梁一根和两跟立柱的支架。

(2) 完全支架为在不完全支架两根立柱的底部设置一根底梁，承受两根立柱的载荷。

(3) 加强支架为在顶梁与立柱两个夹角间加斜支撑的支架。

此外，在适宜的条件下可利用废旧材料设计并制成活动装配式支架，组合使用。

2 “立柱应大头向上，小头向下”的要求是为了改善接榫后的受力情况。底板松软地层采用完全支架时，要将底梁完全嵌入底板，以防底梁产生位移。

3 对木质支架的接榫形式做了规定。其中：

(1) 平头榫为立柱顶平面不露出顶梁的接榫形式。

(2) 露头榫为立柱顶平面 2/3 露出顶梁。

(3) 斜交榫为综合平头榫与露头榫的形式，使顶梁与立柱成 45° 联接。

6.6.3 锚杆支护在水电工程施工中已广泛应用，近几年经过技术改造引入勘探硐室施工，用以临时加固围岩代替木材支护。探硐对锚杆支护的要求是快速、灵活、简便。在野外条件下可利用现行的机具、设备进行加工和组装。可供选择的锚杆形式有：

(1) 金属机械锚杆。这种锚杆种类形式很多，需用优质钢材制作，工艺复杂成本相对较高。由于使用灵活、快速、安装简便，适宜在一定的范围内使用。

(2) 水泥卷锚杆：这种锚杆加工制作容易，成本低廉，应用范围广。该种锚杆是在水泥砂浆锚杆的基础上发展演变而成，装配组合不需专用的锚杆机具，在探硐施工中使用方便。其方法是用高标号水泥掺入一定数量速凝剂，制成水泥卷后备用。使用时在水中浸泡后用炮棍送入锚孔中，再用凿岩机将成品锚杆插入待初凝后使用。这种锚杆由于加工简便成本低廉，很有应用发展前途。

6.7 通 风

本次修订将“通风”为单独一节做了规定。

6.7.1 为改善施工环境，保护施工作业人员的身体健康，探硐开挖特别是硐深大于 30 米的探硐要搞好施工通风。本条有关通风风速和通风量的要求，仍沿用原规程的规定。

6.7.2 通风方式可以分为自然通风、压入式通风、抽出式通风和混合式通风四种。小断面勘探平硐的通风方式可根据平硐深度，结合通风机具性能进行选择。

自然通风是利用空气自然温差产生对流进行通风的方法。

压入式通风是利用鼓风机及配套风管将新鲜空气由硐外送入工作面的通风方法。

抽出式通风是鼓风机安装在距工作面不超过 6m 的位置，通过风管将混浊空气排出硐外，新鲜空气从硐口吸入硐内的通风方法。

混合式通风是采用抽出通风的同时，在硐内适当的位置安装鼓风机将新鲜的空气强行送至工作面的通风方法。这种方法具有压入式和抽出式通风的优点。

根据生产实践的经验，对硐深的分级作了修订。原规定将硐深分为小于 30m、不超过 100m、200m 以上、300m 以上四级，

这次修订将硐深分为 30m 以 内、30m~200m、200m~300m 和 300m 以上四级，这样使硐深的范围更加宽广便于选择通风方式。

本次修订增加了不应使用分段扩散局部通风的要求。因为分段扩散局部通风，会造成硐内空气局部循环，达不到供给硐内新鲜空气的目的。

6.7.3 本次修订按硐深规定了通风设备选择的要求。当硐深小于 200m，可选用拆装简便的通风机和折叠式软管；当硐深大于 200m 时，为降低风阻提高单机送风距离，要采用硬管。

6.7.4 为防止硐内混浊空气被二次吸入硐内，压入通风机的进口处要求空气流通。本次修订规定了抽出通风时风口要距硐口 3m 以外。

通风筒分软硬两种，硬风筒风阻小，适宜硐深超过 500m 的长硐；软风筒风阻大，适宜硐深 50m 以内短硐。

6.8 有害气体、粉尘、噪声及放射性防护

本次修订将有害气体、粉尘、噪声及放射性的监测、防护、保健等单成一节做了规定。

6.8.2 原规程中关于有害气体、粉尘、噪声等安全卫生标准的规定是合理的，且与《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL 378—2007) 等有关标准的规定相一致。因此，本次修订仍使用了原规程的规定，仅对结构进行了调整。

关于有害气体监测：

(1) 初期进点的施工探硐，从岩性及区域构造分析不太可能存在有害气体时，仍需进行必要的监测。当掘进一定深度后，经监测确认不存在有害气体，经项目负责人批准可取消后期监测。

(2) 从地质构造及岩性判定并经实测确认存在有害气体，但监测结果未超标情况下，每班仍要至少监测两次。

(3) 瓦斯是一种无色、无味、无臭的气体，比重轻，极易扩散，当浓度达到 5%~10% 时，遇到较高温度或火源会产生爆

炸，直接威胁着施工作业人员的生命安全。因此，要特别注意对瓦斯的监测。

条文规定的有害气体、粉尘监测仪器是施工单位及施工管理单位要配备的最主要、最基本的监测仪器，其类型和数量可根据具体施工条件和施工需要配置。在有瓦斯和其他有毒气体突出的部位建立安全自动报警系统，是为了掌握其变化规律和特点，以便采取防范措施。探硐有毒有害气体的浓度与通风强度有关，配备风表与监测仪器并用，以便分析判断，采取措施。粉尘防护是探硐安全卫生工作的主要内容，要配备必要的粉尘测定仪器监测工作面的粉尘含量，以便采取相应的防尘措施。喷射混凝土施工场所一般粉尘浓度较高，要按规定配备专用除尘器械和防尘专用的压风呼吸器。

粉尘对人体健康损害极大，长时间吸入过量粉尘会造成矽肺。探硐开挖中，凿岩造孔、放炮爆破、装岩运输都会产生大量的粉尘。湿式凿岩、放炮喷雾、装岩洒水、冲洗岩帮等是降低环境粉尘，减少矽肺的行之有效的措施，施工作业中要坚持实施，确保作业人员的健康。

6.8.3 本条为新增内容，是针对在存在放射性射线和气体的地区进行水利水电工程地质勘察（包括探坑、探硐工程），需要进行监测及防护而制定的。

该条内容主要是根据《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB 15848—2009）编制的。

6.8.4 本条文为新增内容，对救护装备的配备数量和使用要求做了具体规定。救护装备通常在有害气体突发、停电、停风、塌方等情况发生时用于自救。救护装备要根据使用说明书定期进行检查及操作演练。

6.9 照明与排水

探硐照明要采用 36V 以内的安全电压。在行灯变压器进线电源 380V 或 220V 时，要用电缆线或有皮电线连接，不能使用

裸线进硐。井硐施工如为自备电源，三相四线制线路要采用接零不接地的措施。

6.10 河底平硐

河底平硐也称过河平硐，是由斜井或竖井为施工导井，以平硐为主硐的探硐，主要用于探查坝基河床部位的工程地质条件。河底平硐布置在河流岸边及河床之下，环境条件、地质条件复杂，施工难度大。因此，除应遵守探硐的有关规定，尚应遵守本节的规定。

6.10.1、6.10.2 条文规定了河底平硐施工准备及硐口、断面选择的要求。

地质资料收集要特别注意河床地层的透水性及有无钻孔穿过硐段，以确保施工排水，防止钻孔贯通河水造成大量涌水。水文资料收集要特别注意历年最高洪水位和最大冰冻雍高，以便做好防洪、防凌，确保硐口安全。

导井井位要选在施工期河流最高洪水位及最大冰冻雍高以上。导井形式要根据地形条件确定，地形较开阔宜选用斜井，坡度宜不超过 45° ，受地形限制布置斜井有困难可选用竖井作导井。导井开口最好选在基岩上，如在第四系地层开口，覆盖层井段的支护需采用混凝土衬砌，以确保后续施工的顺利进行。

导井井位确定后，以井位中心为基点布置修建内外交通、运输设施，提升机械、供风供电机械场地以及修理间和临时工棚。

6.10.3 条文规定了河底平硐施工尚应符合的要求。其中：

(1) 导井为竖井时，工作面要采用阶梯开挖，以创造自由面，利于爆破、出渣和排水。

(2) 排水沟可一侧或两侧开挖，断面要满足排水要求。

(3) 平硐段涌水进入集水池前要修一测流段，安装水尺定期观测涌水量变化。

(4) 备用水泵要定期启动运转和维护保养，以备急需时能正常工作。

(5) 备用电源的启动与运行性能要可靠，专人负责，确保随时启动以应急需。

6.11 探 硐 竣 工

本节为新增内容，对探硐竣工后的清理及安全防护做了规定。

7 探 井

探井按设计开挖断面中心线与水平面夹角可分为竖井和斜井。设计开挖中心线与水平面夹角呈 90° 为竖井，设计开挖断面中心线与水平面夹角呈 $4^\circ \sim 60^\circ$ 为斜井。

7.1 浅 井

7.1.1 探井深度大于 3m 小于 10m 者为浅井，断面一般呈方形或圆形。

浅井施工中的无眼爆破是指被破碎的岩体不需凿孔，将炸药包直接贴在岩体表面，引爆后由炸药爆炸产生的冲击力破碎岩石的一种方法。该种方法的优点是节省凿岩时间，不需凿岩设备，可控制爆破方向和减少抛掷散落物，适用于高度分散的地区。

7.1.2 间隔支护的支框间距为 0.5 ~ 1.5 m，框距小于 0.5 m 为紧密支护。

吊框支护为框架通过螺栓或吊钩挂在基框上的支护方法。

插板支护适用于流砂砾石地层，即用宽 70~100mm，厚 30~40mm，长度等于支框间距的两倍，一头削尖的木板，从上框内侧插向下框外侧的支护方法。

7.2 竖 井

7.2.1 条文规定了井口及其选择应符合的要求。

竖井开挖为自上而下施工，为确保井下作业安全，井口选择和支护、防护十分重要。布置于河流岸边的竖井井口防护圈的构筑标准要根据施工期最高洪水位或冰冻最大雍高确定。

7.2.2 竖井断面规格除特殊要求外，主要依据井深、施工方法和施工设备而定。

一般施工断面采用矩形而不采用圆形是因为矩形断面便于支

护，利于安全施工。在滑坡体上布置竖井时，采用矩形断面其长边要垂直可能滑移方向，以防止滑动。表 7.2.2 给出了常用的竖井断面规格，供参照。

7.2.3 井口台基需采取措施保证其稳固可靠，特别是在第四纪地层开口的竖井，要防止产生沉陷。

施工中的风、水、电、管线路需在井框内固定，不允许发生移动。

7.2.4 为了控制爆破烈度，使断面整齐，基岩竖井周边眼可以适当密布。

为了防止岩渣板结，炮眼深度以不超过 1m 为宜。

覆盖层开挖遇有孤石需凿岩爆破时，要采用控制爆破，以减少炮震。

爆破工作中严禁使用火雷管引爆，是为了防止点炮后由于某种原因作业人员不能安全撤离而发生意外。

7.2.5 井口基框是竖井开挖延伸的基础，同时要承载下面框架传递上来的荷载。所以，井口基框设置与安装的质量非常重要。施工中要随时注意其变形或位移，发现问题及时纠正。

施工中基础井框按规定规格不能减少，否则将加重井口基框的荷载，导致变形或位移。

井框安装必须保持与井壁在一个垂直平面上，避免出现扭曲，以使各框架受力均匀。

7.2.6 吊框是支撑竖井井壁的骨架，要有足够的强度。木质吊框可在施工现场制作安装，金属吊框可在工厂用槽钢或工字钢制作在现场安装使用。吊框安装后，在吊框与地层间须铺设被板，防止岩石落入井内。

7.2.7 插板支护是超前支护的一种方法。在第四纪不稳定地层开挖中，如遇边挖边垮无法进尺时，可采用插板支护方法。

7.2.9 沉井是竖井开挖中一种特殊的支护形式。主要用于地下水丰富、砂砾石层大量涌水、涌砂，排水、支护困难的第四纪地层，特别是位于河床、河漫滩的竖井开挖。沉井由井靴、井筒组

成，多以混凝土或钢板预制，随竖井开挖而下沉形成井形支护。

条文规定了沉井的规格、结构、质量及下沉作业的基本要求。

井靴位于沉井的底部，其作用是使沉井顺利进入地层并保护井筒在施工中不受损坏。因此，要按规定做好选材、加工。

井筒的结构设计和质量主要依据：

(1) 沉井主要依靠自重下沉，井筒的自重应大于与地层的摩阻力。

(2) 井筒在承受地层水平压力的同时，还要承受由于井筒下沉而产生的拉力。因此，要保证井筒混凝土的壁厚及混凝土中的横筋和竖筋的数量，确保井筒质量。

导井的作用是便于安放井靴、井筒，并保证竖井开挖方向。导井要与施工盖板同时施工，用混凝土制作联成一体。导井混凝土标号可采用 150~200 号，盖板混凝土标号采用 100 号。

砂砾石地层采用砂石泵排渣的优点是设备简单，但要采取回灌措施维持井内一定的水位。需采用气举反循环效果优于砂石泵，但设备比较复杂。使用上述两种方法井筒沉降速度较快，要特别注意随时纠斜。

沉井下沉开挖防斜措施主要为井口设置导井，井底周围均匀排渣达到均匀沉降；纠斜方法主要是顺井筒倾斜方向，先上后下的顺序开挖。

7.2.10 竖井开挖采用压入式通风，有利于废气和烟雾向井外排放。

7.2.11 条文规定了提升作业的一般要求。

起重卷扬机选择应满足下列要求：

- (1) 有足够的起重能力。
- (2) 卷筒有足够的容量。
- (3) 有两速以上的变速范围。

钢丝绳、吊钩、吊桶、罐笼要安全可靠，要定期检查及时修理与更换配件。

每次爆破后和作业前，要对竖井各部位进行一次安全检查并及时排除隐患。

7.2.12 在地下水丰富的地层中开挖施工，排水设施可靠程度是竖井能否延深的关键。本条的规定系常规的泵排方法，施工中遇有涌水量特大，井内排水不能满足要求时，可在井外钻凿降水井排水。

7.3 斜井

斜井与平硐的区别在于硐内能否行驶水平运输车辆，车辆需由提升设备牵引的为斜井，考虑到公路最大纵坡规定为 9%（即近 6°），依此规定 6°为平硐与斜井的区分界线，纵坡 $<6^{\circ}$ 为平硐， $6^{\circ}\leq$ 纵坡 $\leq 75^{\circ}$ 为斜井，纵坡 $>75^{\circ}$ 为竖井。

7.3.6 铺长轨和轨道接头处插筋是为了轨道防滑。出渣前要对轨道进行检查和测量以及时发现和纠正出现的问题。

7.3.8 提升需用专用提升设备，不得使用其他代用机械。提升钢丝绳安全系数要大于 8.0。操作人员上岗前要进行培训。

7.3.9 活动水车适宜涌水量较小的工作面，通过提升机排至地面。当涌水量超过 $3\text{m}^3/\text{s}$ 时，要采用泵排。

排水备用水泵是指安装在井段内随时可以启用的井泵，不是未安装的备用设备。

8 施 工 安 全

坑探施工环境和作业条件存在许多不安全因素，因而施工安全特别重要。施工安全源于良好的安全管理，要想搞好施工安全，必须搞好施工安全管理。

本章对坑探施工安全管理做了基本规定，包括贯彻执行“安全第一、预防为主”的安全生产方针、建立健全安全生产机构和岗位责任制、制定安全生产技术措施、进行安全生产岗位培训等。施工中要结合具体施工任务、施工环境和作业条件，认真执行。

8.0.9 长期放置的井、硐，可能存在许多不安全因素，如支护损坏、缺氧、有害气体聚集等。对长期放置的井、硐进行查勘等作业时，要特别注意做好安全检查和通风。

8.0.10 条文规定的“后期安全管理”，是指大型坑探工程的井口、硐口的封堵、栅栏及警示管理，以防止发生人身安全事故。

9 施工记录与报告

坑探工作是直接观察各种地质现象的主要手段之一。为能收集到更多翔实的地质资料，开挖过程中要认真做好施工记录。开挖结束后，要编制总结报告。

本章规定了施工记录及大型坑探工程施工总结报告编制的要求，执行时可根据具体情况进行调整。

10 施工质量与验收

本章根据原规程第 3 章的内容，对坑探工程的质量要求和验收做了规定。

10.1 施工 质量 要求

10.1.2 中线是指设计断面的垂直平分线。

10.1.4 平整度是指硐壁、硐底、硐顶、井壁沿开挖平面出现的最大起伏差。

10.2 验 收

本节未对施工质量验收的形式做出规定，一般情况下宜由项目负责人主持、施工负责人和地质人员参加，共同于现场验收。

附录 A 岩土分级

表 A.0.1、表 A.0.2、表 A.0.3 是根据《水利水电工程地质勘察规范》（GB 50487—2008）、《水利水电工程钻探规程》（SL 291—2003）及《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL 378—2007）的规定编制的。

附录 B 爆破及爆破器材的安全管理

爆破及爆破器材的安全管理对于坑探工程施工以及周围地区的安全十分重要。附录根据有关法规结合坑探工程作业特点，对爆破及爆破器材的安全管理做了规定。

B.1 基本规定

2006 年国务院第 466 号令公布了《民用爆炸物品安全管理条例》。本规程涉及的爆破物品、器材的购买、运输储存以及爆破作业的安全管理必须严格按《条例》执行。

《爆破安全规程》(GB 6722) 对民用工程的爆破作业和爆破器材安全管理的技术要求作了规定，要结合坑探工程爆破的实际认真执行。

B.2 爆破器材的运送

B.2.1 爆破器材的远距离运送要向运达地公安机关申领《爆炸物器运输证》，凭证在有效期内，按指定路线运输。

运输车的结构、机械性能和防盗、防火、防热、防雨、防静电等性能以及运输行驶、停靠等要符合有关运输安全的技术要求。押运人员要熟悉所运爆破器材的性能，严格遵守押运安全规定。

B.2.2 爆破器材的现场运送是坑探工程施工现场经常发生的，因此要严格执行现场运送的有关规定。

B.3 爆破器材的保管和领用

B.3.1 爆破器材库的设置要报主管单位批准，并报当地公安机关审查同意，严禁非法储存爆破器材。

根据实际情况定期、不定期有选择的进行爆破试验，可以更

好地掌握所使用的爆破材料的性能。比如，做殉爆试验可以检验炸药的基本特性，以 2 号硝铵炸药为例：殉爆距离小于 30mm 时不能使用。导火线、火雷管的检查与试验，可以多做一些项目，如导火线的燃速、耐水、喷火强度试验，燃速应为 100~120s/m，耐水不少于 2h，喷火强度不少于 40mm。达不到标准的不合格产品不得使用。

爆破试验一般要在野外进行。

表 B.3.1 引自《爆破安全规程》(GB 6722—2003)。

B.4 爆破材料的销毁

爆破器材销毁报告要说明销毁爆破器材的名称、数量、原因、方法、地点、时间等，并由两名以上销毁人员签名。

销毁爆破器材的方法有爆炸法、焚烧法、溶解法、化学分解法等。采用爆炸法时，要清除销毁场地周围半径 50m 范围内的易燃物、杂草和碎石。

附录 C 施 工 记 录 表

为便于施工记录的填、报，附录对施工记录表的格式、内容做了规定。执行中，可根据具体情况进行调整。

表中未尽事项可另行记录。

附录 D 施工质量验收表

附录根据第 10 章有关坑探施工质量和验收的要求，规定了施工质量验收表的格式、内容。执行中，可根据具体情况进行调整。

表中未尽事项可另行说明。