

ICS 编号  
CCS 编号

# 团体标准

T/CHES XXX—20XX

## 水利水电工程钻孔可视化探测规程

Code for visual detection in borehole of water and  
hydropower projects

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布



## 前 言

根据中国水利学会团体标准制订计划安排,按照《工程建设标准编写规定》(建标〔2008〕182号)的要求,编制本标准。

本标准共分为7章和3个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、可视化探测造孔、钻孔影像采集、影像处理与解译、成果报告编制等。

本标准由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国水利学会(地址:北京市西城区白广路二条16号,邮编100053),以便今后修订时参考。

本标准主编单位:长江三峡勘测研究院有限公司(武汉)

本标准参编单位:长江勘测规划设计研究有限责任公司

新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司

吉林省水利水电勘测设计研究院

湖南省水利水电勘测设计规划研究总院有限公司

本标准主要起草人员:李会中、谢实宇、袁宜勋、王吉亮、罗飞、卢长伟、张敬东、张拥军、向家菠、肖云华、孙冠军、李红星、王传宝、符锐、李海鸥、于为、何铁汉、鹿明轩、郝文忠、陈德乾、郝才成、李汉桥。

本标准主要审查人员:高玉生、吴伯健、陈子丹、李海芳、鞠占斌、王希友、刘明寿、赵永川。

## 目 次

1 总 则 .....	1
2 术 语 .....	2
3 基本规定 .....	3
4 可视化探测造孔 .....	4
4.1 一般规定 .....	4
4.2 覆盖层可视化探测造孔 .....	4
4.3 基岩可视化探测造孔 .....	5
5 钻孔影像采集 .....	7
5.1 一般规定 .....	7
5.2 仪器设备 .....	7
5.3 准备工作 .....	8
5.4 钻孔影像采集分段方式 .....	8
5.5 图像采集 .....	9
5.6 视频采集 .....	9
6 影像处理与解译 .....	11
6.1 一般规定 .....	11
6.2 图像处理与解译 .....	11
6.3 视频处理与解译 .....	12
7 成果报告编制 .....	13
附录 A 透明套管基本要求 .....	14
附录 B 洗孔过程压水持续时间、间隔时间规定 .....	20
附录 C 净水剂水质处理与水体置换等待时间规定 .....	20
本标准用词说明 .....	22
引用标准名录 .....	23
条文说明 .....	24

## Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirements.....	3
4	Drilling of visual detection borehole.....	4
4.1	General requirements.....	4
4.2	Drilling of cover layer visual detection borehole.....	4
4.3	Drilling of bed rock visual detection borehole.....	5
5	Borehole image and video acquisition.....	7
5.1	General requirements.....	7
5.2	Instruments and equipment.....	7
5.3	Preparatory work.....	8
5.4	Segmentation method of borehole image acquisition.....	8
5.5	Image acquisition.....	9
5.6	Video acquisition.....	9
6	Image and video processing and interpretation.....	11
6.1	General requirements.....	11
6.2	Image processing and interpretation.....	11
6.3	Video processing and interpretation.....	12
7	Preparation of results report.....	13
	Appendix A Basic requirements for transparent casing.....	14
	Appendix B The duration and interval time of pressurized water during hole washing process.....	20
	Appendix C The waiting time of water purification treatment and water replacement.....	21
	Explanation of wording in this specification.....	22
	List of quoted standards.....	23
	Explanation of provisions.....	24



# 1 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程钻孔可视化探测工作，明确工作内容、方法与技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程钻孔可视化探测工作。

1.0.3 水利水电工程钻孔可视化探测工作除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 钻孔可视化探测 visual detection in borehole

利用可视化探测钻孔，通过可见光数字化摄像系统，采集孔壁图像、孔内视频，获取直观地质信息的工作。

### 2.0.2 透明套管 transparent casing

具备足够的强度、硬度、韧性等力学性能和高透明度、强透光性等光学性能的钻孔护壁管材。

### 2.0.3 一般钻孔 general borehole

影像采集时，探头在自重作用下能够到达目标孔段的钻孔，包括铅直孔、小顶角斜孔等。

### 2.0.4 特殊钻孔 special borehole

影像采集时，探头需借助辅助设备推进才能到达目标孔段的钻孔，包括上仰孔、水平孔、大顶角斜孔等。

### 2.0.5 探孔器 hand-hole instrument

影像采集前，预先探测钻孔是否通畅而采用的与探头规格和重量相当的器具。

### 3 基本规定

3.0.1 钻孔可视化探测主要应用于各类地质体、地下水活动情况的勘察,也可应用于混凝土、土石坝(堤)、灌浆等工程质量检测,以及不良地质体、工程结构变形部位的动态监测。

3.0.2 可视化探测钻孔除应符合《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定,还应符合下列要求:

- 1 钻孔结构、口径满足影像采集仪器入孔部分的尺寸规格要求。
- 2 孔壁稳定、清洁、可视。
- 3 孔内有水时,水体应清澈、无悬浮物。

3.0.3 钻孔可视化探测仪器应符合下列要求:

- 1 仪器选择应满足探测目的。
- 2 仪器应性能稳定、结构牢固可靠,防潮、防水、防震和绝缘性能良好。
- 3 仪器应在检定/校准合格有效期范围内并定期保养。

3.0.4 钻探机组应全过程配合影像采集,配合工作应包括下列内容:

- 1 应及时通知影像采集人员进场。
- 2 应提供钻孔结构、护壁方式和洗孔情况等信息。
- 3 应提供适宜的工作条件和必要的辅助设备。
- 4 孔壁不清洁、孔内水体不清澈或有悬浮物不满足影像采集要求时,应重新洗孔,必要时可更换洗孔方法。

5 探头无法顺利到达目标孔段时,应进行通孔或扫孔;探头上提过程出现孔内卡阻时,应采取针对性措施处理。

3.0.5 钻孔影像采集前应根据探测目的、孔壁稳定等情况确定连续采集或分段采集方式。

3.0.6 钻孔可视化采集影像应清晰、完整、准确,影像处理与解译应及时,成果报告编制内容应全面。

## 4 可视化探测造孔

### 4.1 一般规定

4.1.1 根据钻孔地层结构差异,可视化探测造孔宜分为覆盖层可视化探测造孔和基岩可视化探测造孔。

4.1.2 覆盖层可视化探测钻孔影像采集前,宜采用透明套管护壁,然后实施洗孔。

4.1.3 基岩可视化探测钻孔影像采集前,可直接实施洗孔;局部孔壁不稳定孔段宜参照 4.1.2 条执行。

4.1.4 混凝土、土石坝(堤)及其灌浆等工程质量检测孔与不良地质体、工程结构变形部位等动态监测孔,可视化探测应视结构特征参照 4.1.2 条、4.1.3 条执行。

### 4.2 覆盖层可视化探测造孔

4.2.1 覆盖层可视化探测造孔工序应符合下列要求:

- 1 选择钻进工艺、冲洗液及护壁方法进行造孔。
- 2 选择透明套管等特殊护壁方法进行护壁,透明套管的基本要求宜符合附录 A 的规定。
- 3 选择可视化探测洗孔方法进行洗孔。
- 4 配合钻孔影像采集工作。

4.2.2 覆盖层可视化探测造孔钻进工艺应符合下列要求:

1 钻孔结构应根据护壁钢套管或透明套管的口径、探头直径综合确定。

2 钻进方法应根据覆盖层的成因类型、物质组成与结构特征确定,宜采用金刚石或硬质合金钻进工艺。

3 采用金刚石钻进时,钻进技术参数应根据岩性、孔径、钻头结构、胎体性能和金刚石质量与粒度等因素综合确定,钻进应符合《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定。

4 采用硬质合金钻进时,钻进技术参数应根据岩性、孔径和钻头结构等因素综合确定,钻进应符合《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定。

4.2.3 覆盖层可视化探测造孔冲洗液及护壁方法选择宜符合下列要求:

- 1 孔壁稳定性较好时,冲洗液宜选择清水。
- 2 地层结构松散、孔壁稳定性较差时,冲洗液宜选择易于洗孔的低固相或无固相类泥浆,不宜选择化学浆液、惰性材料。
- 3 孔壁不稳定段长度较大时,宜采用分级下入钢套管的护壁方法。

#### 4.2.4 覆盖层可视化探测造孔洗孔作业应符合下列要求：

- 1 洗孔宜采用水泵压水正循环路径冲洗孔壁的方法，条件允许时，也可采用抽水、风水混合等洗孔方法。
- 2 采用清水冲洗液钻进且未下入钢套管护壁孔段的洗孔作业，宜先在拟实施影像采集孔段下入与孔径相匹配规格的透明套管，再进行压水洗孔。
- 3 采用清水冲洗液钻进且下入钢套管护壁孔段的洗孔作业，应先在钢套管内下入与其相匹配的透明套管，然后分次上提钢套管至露出分段长度的透明套管，再进行压水洗孔。
- 4 采用泥浆类护壁方法钻进且未下入钢套管护壁孔段的洗孔作业，宜先进行旋扫孔壁及换浆，然后下入与孔径相匹配规格的透明套管，再进行压水洗孔。
- 5 采用泥浆类护壁方法钻进且下入钢套管护壁孔段的洗孔作业，宜先连接钢套管柱采用正循环法断续式压水洗孔，然后在钢套管内下入与其规格相匹配的透明套管，分次上提钢套管柱至露出分段长度的透明套管，再进行压水洗孔。
- 6 洗孔时孔口返水的钻孔，宜选择中泵压、大泵量连续压水洗孔法，洗孔过程应达到孔口返水无杂质呈清水状，然后再持续压水洗孔一段时间，持续压水时间宜符合附录 B.0.1 的规定。
- 7 洗孔时孔口不返水的钻孔，宜选择高泵压、大泵量断续压水洗孔法，采取压水一间隔一压水的多次循环操作方式，压水持续时间、间隔时间及循环次数宜符合附录 B.0.2 的规定。
- 8 根据钻孔综合条件和不同孔段具体情况，可单独使用一种或分段使用不同的洗孔方法；必要时可调整压水技术参数重复洗孔；特殊情况下可将不同洗孔方法交叉或配合使用。
- 9 洗孔宜选择清洁水进行压水冲洗，使用含泥砂及浑浊水洗孔时，对洗孔后的孔内存留水宜进行净化沉淀处理或水体置换处理，处理等待时间宜符合附录 C 的规定。
- 10 洗孔作业结束后应做好孔口保护。

### 4.3 基岩可视化探测造孔

#### 4.3.1 基岩可视化探测造孔工序应符合下列要求：

- 1 选择钻进工艺、冲洗液及护壁方法进行造孔。
- 2 选择可视化探测洗孔方法进行洗孔。
- 3 配合钻孔影像采集工作。

#### 4.3.2 基岩可视化探测造孔钻进工艺应符合下列要求：

- 1 钻孔结构应根据地质条件、设计孔深、钻具规格、探头直径等综合确定。
- 2 钻孔宜选择金刚石钻具钻进。破碎基岩宜选择金刚石双管或半合管钻具钻进，特坚硬及打滑地层宜选择金刚石冲击回转钻进，深孔宜选择金刚石绳索钻具钻进。

3 钻进技术参数应根据岩性、孔径、钻头结构与金刚石粒度、品质、数量等综合确定，钻进应符合《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定。

4.3.3 基岩可视化探测造孔冲洗液及护壁方法选择宜符合下列要求：

1 钻孔宜采用清水冲洗液，不宜选择泥浆类冲洗液，致密坚硬岩层可选择乳化液类冲洗液。

2 软弱、破碎基岩钻孔需采取护壁措施时宜选择透明套管护壁方法。

4.3.4 基岩可视化探测造孔洗孔作业应符合下列要求：

1 洗孔时钻杆柱应下至孔段底部，采用水泵压水正循环路径洗孔方法。条件允许时，可采用抽水、风水混合等洗孔方法。

2 岩体破碎、孔壁不稳定段，宜先在孔内下入透明套管护壁，再进行压水洗孔。

3 采用乳化液冲洗液钻进的孔段，应在钻杆柱底部连接高压喷射式洗孔器，采取高泵压、大泵量，边旋转边慢速上提钻杆柱从钻孔底部由下至上分段实施洗孔。

4 采用压水洗孔时，根据孔口返水与否，洗孔作业应按 4.2.4 条 6、7 款执行。

5 压水洗孔宜选择清洁水进行，使用含泥砂及浑浊水洗孔时，应按 4.2.4 条 9 款执行。

6 洗孔作业结束后应做好孔口保护。

## 5 钻孔影像采集

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 钻孔影像采集仪器设备和采集内容应根据探测目的和钻孔条件确定。
- 5.1.2 钻孔影像采集探头直径应根据钻孔孔径和孔壁稳定性确定，探头直径宜为孔径的 $3/5\sim 4/5$ ，不宜小于孔径的 $1/3$ 。
- 5.1.3 影像采集探头应保持匀速下放或推进，图像采集时探头速度不宜大于 $2\text{m}/\text{min}$ ，视频采集时探头速度不宜大于 $0.5\text{m}/\text{min}$ 。
- 5.1.4 影像采集前应对设备的工作状态进行全面检查，影像采集过程应实时观察孔壁情况和影像效果，并校对采集记数深度、钻孔深度和探头电缆长度。
- 5.1.5 孔壁稳定的基岩钻孔影像采集宜采用全孔段连续实施，覆盖层钻孔、孔壁不稳定基岩钻孔或孔段影像采集宜采用分段方式实施，分段方式应根据钻孔具体情况确定。
- 5.1.6 现场影像采集完成后应检查现场记录和原始数据，并宜进行现场复核。

### 5.2 仪器设备

- 5.2.1 仪器主要参数和功能应符合下列要求：
- 1 地面仪器工作环境温度范围宜为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
  - 2 仪器应具备随探头同步摄影功能，动静态影像与孔深、方位等参数同步显示功能，以及编辑、三维岩心制作、参数计算功能。
  - 3 入孔设备应具有耐压、抗振、防水功能，防水耐压能力应与工作环境水压条件相适应。
  - 4 摄像分辨率应高于500万像素，可见光低照度不应大于 $0.1\text{lx}$ ，视频采样速率不应小于 $20\text{帧}/\text{s}$ 。
  - 5 电缆选择宜根据孔深、孔内情况、电缆及探头自重综合考虑，拉断力不宜小于 $2000\text{N}$ 。
  - 6 垂直孔探头应内置罗盘，水平孔与倾斜孔探头宜内置三维传感器，顶角测量最大允许偏差应控制在 $\pm 0.2^{\circ}$ ，方位角测量允许偏差应小于 $3.0^{\circ}$ 。
- 5.2.2 深度计数应符合下列要求：
- 1 深度计数装置允许偏差应小于 $2\%$ 。
  - 2 图像显示深度与电缆标记深度相对误差应小于电缆标记深度的 $1\%$ 。
  - 3 新电缆长度标记应符合《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》SL/T 291.1的规定。
- 5.2.3 仪器使用与维护应符合下列要求：

- 1 仪器应按说明书规定进行操作、维护、保养和储放。
- 2 仪器出入库应进行检查，长期不使用时应定期开机检查，确保工作状态正常。
- 3 仪器出现故障应及时维修，并进行校准和验收，记录处理过程。

### 5.3 准备工作

#### 5.3.1 资料收集与现场查勘应符合下列要求：

- 1 收集和分析工作区有关地质、钻探、物探及其他技术资料。
- 2 现场查勘宜了解工作区地形、地质、交通等工作条件，核对已收集技术资料。

#### 5.3.2 宜根据现场条件、工作内容、技术要求及工期，编制钻孔影像采集工作计划。

#### 5.3.3 影像采集前应根据钻探作业、岩心等情况，明确重点探测孔段和内容。

#### 5.3.4 影像采集前应录入工程名称、孔号、孔口高程、孔深、孔径、采集起点深度、深度计数器参数、工作区磁偏角、工作日期等内容，水上孔还应记录套管口至地面深度。

#### 5.3.5 探头防卡措施应符合下列要求：

- 1 影像采集前，应查阅钻进记录、了解孔壁稳定情况、查看岩心，判断可能发生探头卡阻部位，提出影像采集分段方式。
- 2 影像采集前宜采用探孔器探孔。
- 3 当孔壁岩体破碎时，应在探头上部安装沉淀管；探头被卡风险较高时，宜采用透明套管护壁。

#### 5.3.6 仪器安装调试应符合下列要求：

##### 1 一般钻孔：

- 1) 影像采集前应检查仪器深度计数器、电子罗盘、电池电压、灯光调节等设备，确认各项功能正常，参数设置无误。
- 2) 三脚架应架设在钻孔正上方并固定牢靠，调整三脚架使探头在孔口居中。
- 3) 宜安装探头扶正器等辅助装置，保持探头在孔内居中，防止探头快速转动。
- 4) 孔内水体存在油污时，应对探头采取防油污附着措施。
- 5) 电缆绞车应固定牢固。
- 6) 手动调焦仪器影像采集时应调整摄像头焦距，保持影像清晰。

##### 2 特殊钻孔：

- 1) 应保证推进设备或电缆与计数器滑轮紧密接触。
- 2) 应安装探头扶正器等辅助装置，保持探头在孔内居中。
- 3) 其他要求同本条第1款1)、4)、5)、6)项。

### 5.4 钻孔影像采集分段方式

#### 5.4.1 覆盖层可视化探测钻孔影像采集分段方式应符合下列要求：

- 1 宜根据覆盖层厚度、孔壁稳定性、护壁形式、洗孔方法等情况综合确定。
- 2 随钻进采取由上至下的分段方式时，分段长度宜为 1.5m~2m。
- 3 采取由下至上分段方式时，孔壁不稳定孔段分段长度宜为 2m~3m，孔壁相对稳定孔段分段长度宜为 4m~8m。
- 4 重要层位或重要地质现象宜单独分段。

5.4.2 基岩可视化探测钻孔宜采取从上至下连续采集方式；孔壁不稳定钻孔或孔段宜采用分段采集方式，先实施不稳定孔段影像采集，再进行护壁及后续作业。

## 5.5 图像采集

5.5.1 一般钻孔图像采集应符合下列要求：

- 1 图像采集过程中摄像头采集窗口应居中。
- 2 图像采集过程中应根据岩性、孔径变化，调整灯光强度、摄像头焦距。
- 3 采集过程中应实时观察孔壁和探头移动情况，探头遇阻时，应暂停采集，分析处理后再继续采集。
- 4 图像分段采集时，图像重叠长度不宜小于 0.5m。
- 5 采集结束前，应预览已保存图像，确保图像清晰、完整，必要时重新采集。

5.5.2 特殊钻孔图像采集除应符合 5.5.1 条的规定外，还应符合下列要求：

- 1 应选择具斜孔结构面定向功能的采集设备。
- 2 采集过程应注意推进设备所受阻力大小，判断探头推进是否正常，当探头卡阻时，应分析原因妥善处理，再继续采集。
- 3 操作人员应站立在安全位置，推进杆后方严禁站人。

## 5.6 视频采集

5.6.1 视频采集宜分为全孔视频采集、重点孔段视频采集、地下水活动孔段视频采集。

5.6.2 全孔视频采集宜从上至下匀速进行，采集过程中应注意观察有无重要地质现象和地下水活动情况，以确定视频采集重点孔段和地下水活动孔段。

5.6.3 重点孔段主要包括软弱夹层、断层、破碎带、岩溶、滑带等，视频采集应符合下列要求：

- 1 探头下放或上提时均应采集视频。
- 2 探头提放速度宜适当减缓。
- 3 采集时应能清晰观测到目标层特征。

5.6.4 地下水活动孔段视频采集应符合下列要求：

- 1 采集孔段应为透水结构，基岩段宜裸孔采集，覆盖层段可在花管内采集。
- 2 视频采集花管制作应符合下列要求：

- 1) 花管直径比造孔护壁套管略小。
- 2) 花管可用铁管或满足强度要求的非金属管制作。
- 3 为凸显地下水活动效果，视频采集时宜投放示踪材料，示踪材料选择、投放应符合下列要求：
  - 1) 示踪材料应选择有色、无毒、可溶的试剂或悬浮物。
  - 2) 示踪材料的投放应便于观察地下水流动。
- 4 视频采集宜包括下列内容：
  - 1) 单孔内示踪剂消散位置、方向、速率。
  - 2) 邻孔示踪剂在本孔中出现的时间、位置、消散方向与速率。
  - 3) 出水点（通道）的位置、规模、特征等。
- 5 视频采集应符合下列要求：
  - 1) 示踪剂投放后应立即进行视频采集。
  - 2) 目标段应缓慢下放探头，以减少下放探头对地下水的扰动。
  - 3) 重点段宜间隔 0.3m 静止探头，时间不宜少于 30s。
  - 4) 出水点附近宜多次重复采集。

## 6 影像处理与解译

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 影像处理应包括影像编辑和图像亮度、颜色、畸变等校正。
- 6.1.2 影像解译应结合探测对象其他相关资料，进行影像观察、综合分析和系统解译，以表格、图示或视频形式展示各类地质现象分布位置、规模及性状等。
- 6.1.3 影像处理与解译应及时，现场宜对采集影像进行初步处理和解译。

### 6.2 图像处理与解译

#### 6.2.1 图像处理应符合下列要求：

- 1 钻孔孔壁全景图像应明确展开方位。
- 2 同一钻孔分段采集时，图像应根据孔深依次进行拼接，形成完整连续的孔壁图像。
- 3 图像局部亮度不均、颜色失真、畸变明显时，应进行校正。
- 4 钻孔孔壁图像应按一定长度分段，每段长度宜为 2m~5m。
- 5 特殊钻孔结构面产状应利用测斜数据进行校正。

#### 6.2.2 图像解译应包括下列内容：

- 1 覆盖层图像解译应包括下列内容：
  - 1) 土的结构特征及分布。
  - 2) 土的定名、颜色、颗粒组成、颗粒形态、架空情况等，粗粒土的原岩成分、胶结情况等。
- 2 基岩图像解译应包括下列内容：
  - 1) 地层岩性，应包括岩石名称、颜色、结构构造等，层状地层还应包括层厚、产状等。
  - 2) 地质构造，应包括断层、裂隙、层间剪切带等的发育特征、厚度、产状等。
  - 3) 岩体风化，宜包括岩石颜色、光泽与结构构造变化、破碎情况等，以及风化带划分。
  - 4) 岩体卸荷，宜包括卸荷裂隙的分布、产状、宽度、形态、充填特征等，初步划分岩体卸荷带。
  - 5) 岩溶，宜包括溶蚀裂隙、孔洞的分布、规模、形态及充填特征等。
- 3 其他图像解译应包括下列内容：
  - 1) 混凝土质量检测解译应包括骨料粒径、级配、胶结情况，气孔大小、深度，裂缝宽度、长度等。

- 2) 灌浆效果检测解译应包括裂隙、破碎带和孔洞等的浆材充填情况等。
- 3) 不良地质体、工程结构变形监测解译宜包括孔壁扭曲、孔径变化、位错、裂缝、掉块等变形破坏情况。

6.2.3 图像解译方法应符合下列要求：

- 1 根据地质学理论与工程经验建立解译标志。
- 2 收集班报记录和岩心编录资料，分析岩土体特征及重要地质现象。
- 3 确定目标层的地质特征，描述地质属性、量测几何特征。

6.2.4 图像解译成果应包括探测对象的特征表格、典型图像等文件。

### 6.3 视频处理与解译

6.3.1 视频处理应符合下列要求：

- 1 原始视频应进行片头编辑，并剪除无效视频段。
- 2 视频片头编辑内容应包括工程名称、钻孔位置、钻孔编号、影像起始和终止孔深、摄像日期等。

6.3.2 视频解译应符合下列要求：

- 1 地下水活动视频解译应包括出水点位置、流向、流速等。
- 2 岩溶洞穴视频解译应包括洞穴位置、规模、形态、充填特征、地下水活动情况等。
- 3 其它地质现象的视频解译应包括分布位置、规模、物质组成及结构等。

6.3.3 视频处理与解译成果应包括探测对象的特征表格、典型视频等文件。

## 7 成果报告编制

7.0.1 钻孔可视化探测成果包括报告和影像文件。

7.0.2 探测成果作为单项任务时，应编写单项成果报告，当作为物探项目的一部分时，应作为物探成果的一个章节进行编写。

7.0.3 成果报告应包括正文、附图两部分，宜包括但不限于以下内容：

1 正文宜包括概述、地质简况、采集方法与技术、影像解译与成果分析、结论与建议等章节。并宜符合下列要求：

- 1) 概述宜包括工程概况、任务由来及目的、工作依据、工作布置、质量控制、工作进展（任务解决的程度）、完成工作量等。
- 2) 地质简况宜包括与钻孔可视化探测影像采集工作有关的地形地貌、地层岩性及地质构造等地质条件。
- 3) 采集方法与技术宜包括方法原理简述、现场试验情况、工作布置、使用仪器设备、仪器性能及仪器参数选取、技术措施等。
- 4) 影像解译与成果分析宜包括影像处理与解译方法、解译成果及其统计分析等。
- 5) 结论与建议宜包括钻孔可视化探测成果结论、与其它探测方法及前期探测成果的经验对比情况、工作中尚未解决的问题及需要补充验证的工作建议和资料使用注意事项等。
- 6) 报告插图可包括方法原理图、典型现象的三维截图、视频采集截图等；插表可包括工作量表、仪器技术参数、解译成果表、数据统计表等。

2 附图宜包括孔壁图像解译成果图。

7.0.4 影像文件应包括原始图像视频资料及其解译成果。

## 附录 A 透明套管基本要求

A.0.1 透明套管应满足影像采集期间钻孔护壁要求，不应影响影像采集清晰度。

A.0.2 透明套管材质和性能应符合下列要求：

- 1 透明套管材质应具有足够的强度、硬度、韧性、耐磨性。
- 2 透明套管材质应具有高透明度和强透光性能。
- 3 透明套管材质应具有良好的耐温、耐油、耐腐蚀性，且在运输、加工、存放、使用等过程中能保持性能稳定。
- 4 透明管成品应具备良好的圆度、同心度与合适的长度、厚度，并满足套管柱同轴度和连接要求。

A.0.3 透明套管安装前准备工作应包括下列内容：

- 1 选择与钻孔口径或钢套管内径相匹配的透明套管规格。
- 2 确定钻孔透明套管柱组合形式及透明套管连接长度。
- 3 确定透明套管柱连接方式和加工方法。
- 4 加工与配置复合套管柱。
- 5 配备透明套管安装专用器材与工具。

A.0.4 透明套管外径应与钻孔口径或护壁钢套管内径相匹配，壁厚应与透明套管连接方式和加工方法相匹配。常用透明管的规格可参照表 A.0.4-1，钻孔（套管）与透明套管规格匹配及加工方法可参照表 A.0.4-2。

表 A.0.4-1 常用透明管成品规格

单位: mm

生产方法	规格	外径	内径	壁厚	生产方法	规格	外径	内径	壁厚
冷拔成型管	Φ60~ Φ69	60~69	50~63	5、3	浇铸成型管	Φ60	60	50、52	5、4
	Φ70~ Φ79	70~79	54~71	8、6、 5、4		Φ70	70	54、58、 60、62	8、6、 5、4
	Φ80	80	64、68、 70、72	8、6、 5、4		Φ80	80	64、70、 72	8、5、 4
	Φ85	85	69、73、 75、77	8、6、 5、4		Φ90	90	70、74、 80、82	10、8 、 5、4
	Φ90	90	70、74、 80	10、8 、 5		Φ100	100	80、84、 90、92	10、8 、 5、4
	Φ95	95	85、87	5、4		Φ105	105	85、89、 95、97	10、8 、 5、4
	Φ100	100	80、84、 90	10、8 、 5		Φ110	110	90、94、 100	10、8 、 5
	Φ105	105	95、97	5、4		Φ115	115	95、99、 105	10、8 、 5
	Φ110	110	90、94、 100	10、8 、 5		Φ120	120	100、104 、110	10、8 、 5
	Φ115	115	105、107	5、4		Φ125	125	105、109 、115	10、8 、 5
	Φ120	120	110、112	5、4		Φ130	130	106、110 、 114、120	12、10 、 8、5
	Φ125	125	115、117	5、4		Φ135	135	111、115 、 119、125	12、10 、 8、5
	Φ130	130	120、122	5、4		Φ140	140	116、120 、 124、130	12、10 、 8、5
	Φ135	135	125、127	5、4		Φ145	145	121、125 、129、13 5	12、10 、 8、5
	Φ140	140	130、132	5、4		Φ150	150	126、130 、 134、140	12、10 、 8、5
	Φ145	145	135、137	5、4					
	Φ150	150	140、142	5、4					

注 1: 冷拔成型管单节长度——1m、1.5m、2m。

2: 浇铸成型管单节长度——1m、1.5m、2m、3m、4m。

表 A.0.4-2 钻孔（套管）与透明套管规格匹配及加工方法

钻孔（套管） 规格	透明套管规格		透明套管连接方式			连接处加工方法		
	外径 (mm)	壁厚 S(mm)	丝扣	插销	胶粘	公母扣	内外圆 及钻眼	内外圆 或端面
钻孔 Φ150	Φ140	8≤S≤10	√			√		
		6≤S≤8		√			√	
		6			√			√
（套管） Φ146	Φ130 a (Φ120)	7≤S≤10	√			√		
		5≤S≤7		√			√	
		5			√			√
钻孔 Φ130	Φ120	7≤S≤10	√			√		
		5≤S≤7		√			√	
		5			√			√
（套管） Φ127	Φ110 b (Φ100)	7≤S≤10	√			√		
		5≤S≤7		√			√	
		5			√			√
钻孔 Φ110	Φ100	7≤S≤9	√			√		
		5≤S≤7		√			√	
		5			√			√
（套管） Φ108	Φ90	7≤S≤9	√			√		
		5≤S≤7		√			√	
		5			√			√
钻孔 Φ91	Φ80	6≤S≤8	√			√		
		5、6		√			√	
		5			√			√
（套管） Φ89	Φ75 Φ70	6≤S≤8	√			√		
		5、6		√			√	
		5			√			√
钻孔 Φ75	Φ70 (Φ60)	6≤S≤8	√			√		
		5、6		√			√	
		(5、4)			√			√

注 1: a (Φ120) —采用Φ146 厚壁套管时, 匹配透明套管为Φ120。

注 2: b (Φ100) —采用Φ127 厚壁套管时, 匹配透明套管为Φ100。

**A.0.5 钻孔透明套管柱组合形式及透明套管连接长度宜符合下列要求：**

1 钻孔深度不大、影像采集孔段长度接近时，宜全部采用透明套管相互连接，形成全孔透明套管的单一套管柱组合形式。

2 钻孔深度较大、影像采集孔段较长且在钻孔下部时，宜采用全孔上部钢套管连接下部透明套管的复合套管柱组合形式，其中透明套管长度宜与一次洗孔过程能达到洗净效果的孔段长度一致。

3 钻孔深度较大、影像采集孔段在钻孔中部时，宜采用全孔上部和下部钢套管连接中部透明套管的复合套管柱组合形式，其中透明套管长度宜与影像采集的孔段长度一致。

4 钻孔深度大、影像采集孔段长度不大且在钻孔底部时，宜采用将透明套管从钢套管柱内投入孔底的方法（飞管），形成上部护壁钢套管与孔底段透明套管的非连接复合套管柱组合形式，透明套管宜插入钢套管管脚内。

**A.0.6 透明套管连接方式和加工方法除应参照表 A.0.6 外，尚宜符合下列要求：**

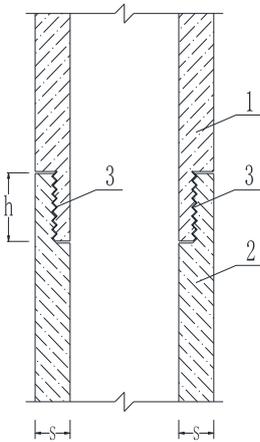
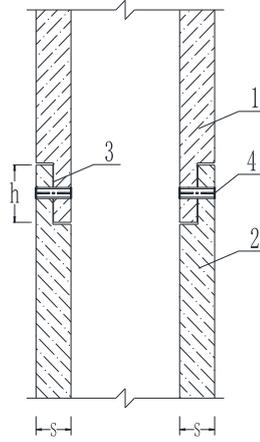
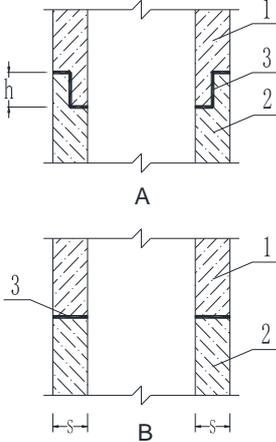
1 采取多根透明套管连接使用时，宜选择丝扣连接方式及自接式公母扣加工方法。

2 不具备车床丝扣加工条件时，宜选择销钉连接方式及内外圆、插入、钻眼等加工方法。

3 不具备机械加工条件时，宜选择强力胶粘连接方式，利用透明管的内外圆插入、端面接触进行胶粘。

4 具备特定器具和条件时，也可选择其他连接方式。

表 A.0.6 透明套管常用连接方式

连接方式	公母扣丝扣连接	内外圆及钻眼销钉连接	内外圆或端面胶粘连接
结构示意图			
说明	<p>1—上透明套管；</p> <p>2—下透明套管；</p> <p>3—上、下透明套管分别加工公扣和母扣，自接式公母扣连接；</p> <p>h—丝扣长度<math>\geq 40\text{mm}</math>、方形扣；</p> <p>S—透明管壁厚</p>	<p>1—上透明套管；</p> <p>2—下透明套管；</p> <p>3—上、下透明套管分别加工外圆、内圆；</p> <p>4—插入后钻3组或4组小直径对穿眼，采用穿销钉连接；</p> <p>h—内外圆长度<math>\geq 30\text{mm}</math>；</p> <p>S—透明管壁厚</p>	<p>A:</p> <p>1、2—上、下透明套管；</p> <p>3—加工内外圆，插入后采用化学胶粘合；</p> <p>h—内外圆长度<math>\geq 20\text{mm}</math></p> <p>B:</p> <p>1、2—上、下透明套管；</p> <p>3—上、下管壁的端面采用适宜的化学胶粘合；</p> <p>S—透明管壁厚</p>

## A.0.7 复合套管柱连接方式、加工方法与配置应符合下列要求：

1 复合套管柱组合形式中，钢套管之间可采用原套管的丝扣连接方式，透明套管之间连接方式可参照表 A.0.6。

2 复合套管柱组合形式中，钢套管与透明套管之间宜采用变径接头连接，变径接头可选择适宜规格钢套管或透明套管加工。

3 按确定的透明套管柱组合形式，配置与加工全孔复合套管柱。

## A.0.8 透明套管连接安装专用器材与工具的配备应符合下列要求：

- 1 透明套管的安装应配置提引器、三环钳及夹板等。
- 2 透明套管采用销钉连接的安装应配置销钉，并使用易于安装和拆卸的销固方式。
- 3 透明套管采用胶粘连接的安装应配置速干、粘贴牢固的粘合剂。

A.0.9 透明套管安装使用应符合下列要求：

- 1 透明套管入孔前应做好检查工作，发现破损、变形、裂纹及外表磨痕过多时不应使用。
- 2 透明套管组合管柱下入和上提过程，应采用合适的提引方式或专用提引器；宜使用匹配的套管夹板和三环钳，并在咬合处加垫胶皮类软质垫圈。
- 3 透明套管组合管柱下入和上提过程，应针对透明套管柱不同的连接方式，做好对应的连接与拆除。
- 4 透明套管柱下入时应先了解孔内状况，操作过程中应匀速慢放，轻触到位。
- 5 钻孔套管组合管柱中上部连接钢套管柱过重或分段上提透明套管柱底部无支撑时，应在孔口组合套管柱处加持套管夹板。
- 6 透明套管运输、加工、存放宜水平放置，并采取防护措施。
- 7 透明套管重复使用时，应对小裂纹、外表磨损、丝扣、钻眼、胶粘口等部位进行处理，确认透明度和完好性均符合要求。

## 附录 B 洗孔过程压水持续时间、间隔时间规定

B.0.1 连续压水洗孔法孔口呈清水后持续压水时间宜符合表 B.0.1 的要求。

表 B.0.1 连续洗孔法持续压水时间

单位: min

冲洗液	孔壁完整性	洗孔深度 (m)					
		<50	50~100	100~150	150~200	200~300	>300
清水	完整、较完整	10	20	30	40	50	≥50
	较破碎	20	30	40	50	60	≥60
	破碎、极破碎	30	40	50	60	80	≥80
非清水	完整、较完整	30	40	50	60	70	≥70
	较破碎	40	50	60	70	80	≥80
	破碎、极破碎	50	60	70	80	90	≥90

B.0.2 断续压水洗孔法的压水持续时间、间隔时间以及循环次数宜符合表 B.0.2 的要求。

表 B.0.2 断续洗孔法压水持续时间、间隔时间及循环次数

单位: min/min [次]

冲洗液	孔壁完整性	洗孔深度 (m)					
		<50	50~100	100~150	150~200	200~300	>300
清水	完整、较完整	10/10 [2]	20/10 [2]	30/20 [3]	40/20 [3]	60/30 [4]	60/30 [≥4]
	较破碎	20/10 [2]	30/10 [2]	40/20 [3]	50/20 [3]	70/30 [4]	70/30 [≥4]
	破碎、极破碎	30/10 [2]	40/10 [2]	50/20 [3]	60/20 [3]	80/30 [4]	80/30 [≥4]
非清水	完整、较完整	30/10 [2]	40/10 [2]	50/20 [3]	60/20 [3]	80/30 [4]	80/30 [≥4]
	较破碎	40/10 [2]	50/10 [2]	60/20 [3]	70/20 [3]	100/30 [4]	100/30 [≥4]
	破碎、极破碎	50/20 [2]	60/20 [2]	80/30 [3]	90/30 [3]	120/40 [4]	120/40 [≥4]

注:表中各参数分别表示压水持续时间/间隔时间 [循环次数]

## 附录 C 净水剂水质处理与水体置换等待时间规定

C.0.1 净水剂水质处理的等待时间宜符合表 C.0.1 的要求。

表 C.0.1 净水剂水质处理等待时间

单位：h

冲洗液类型	孔壁完整性	洗孔深度 (m)					
		<50	50~100	100~150	150~200	200~300	> 300
清水	完整、较完整	4	6	8	12	16	≥16
	较破碎	5	6	8	12	16	≥16
	破碎、极破碎	6	8	10	14	18	≥18
非清水	完整、较完整	6	8	10	14	18	≥18
	较破碎	8	10	14	18	24	≥24
	破碎、极破碎	10	12	16	24	36	≥36

C.0.2 水体置换的等待时间宜符合表 C.0.2 的要求。

表 C.0.2 水体置换等待时间

单位：h

冲洗液类型	孔壁完整性	洗孔深度 (m)					
		<50	50~100	100~150	150~200	200~300	> 300
清水	完整、较完整	0.5	0.5	0.5	1	1	≥1
	较破碎	0.5	0.5	1	1	2	≥2
	破碎、极破碎	1	1	2	2	3	≥3
非清水	完整、较完整	1	1	2	2	3	≥3
	较破碎	2	2	3	3	4	≥4
	破碎、极破碎	3	3	4	4	5	≥5

## 本标准用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《水利水电工程钻探规程》SL/T 291
- 2 《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》SL/T 291.1

团体标准

# 水利水电工程钻孔可视化探测规程

T/CHES XXXXX-20XX

条文说明

## 制订说明

《水利水电工程钻孔可视化探测规程》T/CHES XXXXX-20XX（以下简称本标准），经中国水利学会 20XX 年 X 月 XX 日发布。

本标准编制过程中，编写组经调查研究、搜集资料，总结近 20 年来我国水利水电工程钻孔可视化探测实践经验，汲取国内有关单位和专家的建议，参考大量国内外相关法律法规、技术标准，并与相关国家、行业标准相衔接，数次易稿编制而成。

为便于广大技术人员和科研人员在使用本标准时能准确理解条文要义，编写组按章、节、条、款、项等顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，供读者作为理解和把握标准规定的参考。

限于编写时间和水平有限，本标准难免有疏漏之处，希望广大读者批评指正，以便再版修订时加以改进。

## 目 次

1 总 则 .....	27
3 基本规定 .....	28
4 可视化探测造孔 .....	30
4.1 一般规定 .....	30
4.2 覆盖层可视化探测造孔 .....	30
4.3 基岩可视化探测造孔 .....	33
5 钻孔影像采集 .....	35
5.1 一般规定 .....	35
5.2 仪器设备 .....	35
5.3 准备工作 .....	35
5.4 钻孔影像采集分段方式 .....	36
5.5 图像采集 .....	36
5.6 视频采集 .....	36
6 影像处理与解译 .....	38
6.1 一般规定 .....	38
6.2 图像处理与解译 .....	38
7 成果报告编制 .....	39
附录 A 透明套管基本要求 .....	40

# 1 总 则

在水利水电工程建设过程中，如何准确查明岩土层空间分布、物质组成、结构特征、物理力学性状等是地质勘察工作的重要任务。传统做法是采用钻探手段来获得岩土层心样，通过观察心样来获得地层信息。但这一方法存在一定的制约条件，首先需“钻得进”，例如对松散砂砾石层和破碎岩体，需采取合适的钻探工艺、护壁措施才能钻进；其次是心样需“取得出”，对于复杂地层，往往难以获得原状完整心样，造成判断标的物的物质组成、结构特征的分析出现偏差；最后还需“看得见”，取出的心样固然一目了然，由于取心过程中不可避免产生扰动，实际岩心与原始地层的真实状况并不一定完全吻合。因此，通过借助可视化探测技术可以直观的获取钻孔内部的影像信息，从而进一步获取地质信息。

随着长江葛洲坝水利枢纽工程、三峡水利枢纽工程、金沙江乌东德水电站工程、白鹤滩水电站、溪洛渡水电站、向家坝水电站、旭龙水电站工程、云南滇中引水工程等一批大型水利水电工程的建设，项目各参建单位都十分重视钻孔可视化探测技术的研发，使得该项技术在水利水电工程勘察领域得到了长足发展。特别是覆盖层钻孔可视化探测技术的研究成果的成功实施应用，例如在乌东德水电站深厚覆盖层（河床覆盖层深度超过 70m、金坪子滑坡体覆盖层深度超过 280m）、旭龙水电站深厚覆盖层（深度超过 110m），为可视化探测技术在水利水电工程勘察中推广应用积累了宝贵的经验。

钻孔可视化探测技术已在水利水电工程勘察中成功应用几十年，但目前在国内尚无相应标准。通过编制本规程，一方面可以总结新技术成果，进一步规范钻孔可视化探测技术工作内容、方法与技术要求，提升勘察成果质量；另一方面通过对可视化探测技术推广应用，又可以促进钻孔可视化探测技术的进步，因此，制定本标准十分必要。

### 3 基本规定

3.0.1 钻孔可视化探测技术是充分利用钻孔收集地质信息的一种有效手段,可以较好地弥补因钻孔取心不良而带来的地质信息的缺失,达到提高钻孔资料完整性和勘察成果质量之目的,目前在水利水电工程地质勘察中已得到广泛的应用。在各类工程质量检测及不良地质体、工程结构变形动态监测中,也逐渐成为一种常用手段。

3.0.2 可视化探测钻孔是指为实施可视化探测,采取适宜的钻进工艺、洗孔、护壁而完成的钻孔。为了确保可视化探测影像采集质量,本条明确规定钻孔的结构、口径需要与入孔探头规格匹配,孔壁需要保持稳定并清洁可视,孔内水体则需要清澈透明、无悬浮物。

3.0.4 钻孔可视化探测影像采集工作是需要钻探机组给予密切配合、提供必要的条件方能完成的一项工作,故本条对钻探机组需要配合的工作内容作出了明确规定。

1 钻探机组需要根据钻探作业进展情况,适时通知影像采集人员进场开展工作,避免窝工或相互影响。

2 钻孔结构、护壁方式和洗孔情况等信息是影像采集人员配备仪器设备、确定分段方式与长度的依据。

3 工作条件包括提供大小合适并整洁的工作场地;辅助设备包括电源、照明、辅助工具,以及挡风、避雨、遮光等器具。

4 孔壁不清洁有附着物、水体浑浊不透明、水中有杂质或悬浮物等情况,可能影响影像采集清晰度,当不满足影像采集质量要求时,需重新洗孔或更换洗孔方式重新洗孔。

5 探头无法顺利到达目标孔段的主要原因有缩径、掉块、坍塌、探头石、孔径轴线弯曲、变径台阶、涌砂、沉淀过多等,需分析原因选择适宜的器具进行通孔或扫孔排除阻碍。探头在上提过程中出现卡阻时,切不可盲目强行拉拔提升,需分析原因、找准症结、采取适当措施处理。常用处理措施如下:

(1) 以小于探头牵引绳(钢绳、电缆、含钢丝绳)抗拉强度的拉力,向上静拉拔或反复上拉下放动拉拔。

(2) 条件适宜时以导管或袋装方式,向卡阻处或探头顶部送入具有润滑性能(如植物胶类)的冲洗液,再尝试拉拔。

(3) 采用合适长度及重量的导管套着探头牵引绳下滑冲击卡阻处或探头顶部。

(4) 采用带细绳的导管套着探头牵引绳进行反复提放冲击卡阻处或探头顶部。

(5) 探头连接带有安全接头或安全绳的牵引绳时,先拉断并提出牵引绳,再采用合适薄壁钻具冲洗、扫除卡阻物或进行扫孔、扩孔,而后再用打捞钻头(钢丝钻头、卡簧钻头等)套取探头。

(6) 上述处理方法均无效时,可以采用强力拉断并提出断开的部分牵引绳,再使用合

适钻具进行扫孔或扩孔，扫除或捞取剩余牵引绳，而后用打捞钻头（钢丝钻头、卡簧钻头等）套取探头。

处理方法的选择和使用需遵循先易后难、不加重事故、不扩大影响的原则。

## 4 可视化探测造孔

### 4.1 一般规定

4.1.1 覆盖层一般结构松散，孔壁易发生掉块、坍塌等情况，而基岩钻孔孔壁岩体相对完整、稳定，两者可视化探测造孔工序、护壁方法、洗孔方法、分段方式等均存在较大差异，因此将可视化探测造孔分为覆盖层可视化探测造孔和基岩可视化探测造孔两类。

4.1.2 覆盖层钻孔孔壁稳定性一般较差，实施影像采集前，推荐采用下入透明套管的方法护壁，然后再进行洗孔。对于部分土层结构密实、孔壁稳定性好的钻孔或孔段，可不护壁、直接洗孔。

4.1.3 基岩钻孔孔壁一般较稳定，钻进过程中无需护壁，影像采集前，可直接实施洗孔。局部孔段岩体破碎、出现掉块、坍塌等情况时，一般按照覆盖层可视化探测造孔要求采用下入透明套管的方法护壁。

### 4.2 覆盖层可视化探测造孔

4.2.1 覆盖层一般具有结构松散、胶结差的特点，在钻进过程中通常需要采取泥浆冲洗液、钢套管等护壁措施，因而无法直接实施影像采集；若直接洗孔或起拔钢套管，又容易发生掉块、坍塌、垮孔、卡塞仪器等事故，因此钻孔影像采集技术难以在覆盖层中推广与应用。近年来，国内一些水利水电工程勘测单位开展了大量覆盖层钻孔可视化探测的技术研究工作，并取得了一些研究成果与技术进步，如在松散覆盖层钻孔中下入透明套管来分段替换钢质套管的方法，既保持了影像采集期间的护壁作用，同时，其高透光性能又避免了对孔内影像造成干扰和影响，实现了影像采集技术方法在覆盖层钻孔内的推广应用，能够清晰、直观地反映覆盖层孔段的物质组成、颗粒级配及结构特性。因此，覆盖层可视化探测造孔与覆盖层普通造孔相比，需增加使用透明套管的工序。

4.2.2 覆盖层可视化探测造孔钻进工艺需尽量保持孔壁地层结构原状，孔径均匀，孔壁完整、光滑。

1 钻探口径系列是钻探工程最基础的规定，多年来，水利水电工程钻探覆盖层造孔主要采用口径系列为91mm、110mm、130mm、150mm、172mm、198mm、223mm，根据《水利水电工程钻探规程》SL/T 291的规定，为了统一钻孔公称口径，结合水利水电工程钻探实践现状，钻孔公称口径系列调整为96mm、122mm、150mm、175mm、200mm。

公称口径只代表理论钻孔口径尺寸，以便于统一钻具的规格系列，实际的钻头、扩孔器外径尺寸可根据不同的钻进方法和地层情况在合理范围内确定。

鉴于各单位现有钻探管材情况，原钻孔口径系列可根据实际情况继续使用。

2 随着金刚石钻进方法及配套技术的发展,包括金刚石单管、双管、三重管及半合管钻进、金刚石绳索钻进、金刚石冲击回转钻进、金刚石随钻跟管钻进等技术,对各类型覆盖层造孔已具备采用金刚石钻进工艺方法的技术条件。金刚石硬度高及耐磨性强,钻进效率高,孔壁规整,钻孔质量好,条件允许时优先选择金刚石钻进,现场不具备采用金刚石钻进条件时,也可以采用硬质合金钻进工艺。

3、4 覆盖层钻进需要选择合理的钻压、转速、泵量等技术参数组合,可视化探测钻孔除了需满足普通钻孔保持合理的钻进速度和取心要求外,还要保持孔壁完整性,达到孔壁光滑度和均一性要求。

4.2.3 除清水冲洗液外,其他种类冲洗液对钻孔影像采集的清晰度可能带来不同程度的影响,在此规定覆盖层可视化探测造孔对冲洗液及护壁方法的基本要求。

1 孔壁稳定性较好时,覆盖层可视化探测造孔最好选择清水钻进,可以降低洗孔难度、提高洗孔效果。

2 采用低固相或无固相类泥浆护壁可减少孔壁泥皮厚度、降低泥皮固结程度,从而提高洗孔效果。由于使用化学浆液、惰性材料后基本难以通过洗孔方法洗净,将严重影响影像采集成果,故不推荐使用。

3 为了获得完整的影像采集成果(不丢段),覆盖层可视化探测造孔优先选择分级下入钢套管的护壁方法,避免采用浓泥浆、泥球堵漏、水泥封孔等护壁手段,特殊孔段无法避免情况下,可以采取先下入透明套管完成此孔段的影像采集,然后再采用此类护壁手段继续钻进的办法。

4.2.4 此处所述“洗孔作业”与钻进过程中冲洗液携带岩粉冷却钻头的“冲洗钻孔”作用及方法完全不同。钻进过程中孔内存留冲洗液中含有铁锈、油污、泥沙、岩粉等杂物,使用泥浆类冲洗液时,孔壁上还会粘附一层泥皮,这些均会对影像采集成果造成影响,因此,需要采取适宜的洗孔方法清除,以达到孔内水质清澈、孔壁干净的要求。本规定“压水洗孔”是指一定泵压的水进行孔内循环,实施清洁钻孔孔壁及净化孔内水体的作业。

1 水泵压水正循环路径洗孔方法:洗孔作业时,根据孔内有无钢套管、透明套管等,采取在孔口水泵分别连接钻杆柱或钢套管柱、透明套管柱,组成相对应的送水管路,通过不同管路流向孔底,然后沿着不同管路与孔壁环状间隙上返至孔口流出。有条件时可尝试抽水洗孔、风水混合洗孔,以及其他不同洗孔方法,以洗净孔壁为目的。

2 在透明套管柱脚口加工三角形水口或在底部加工水眼作为出水口,下入钻杆柱至试段底部或水泵孔口连接透明套管柱,采用压水正循环路径进行洗孔作业。洗孔后沿透明套管由下至上连续实施钻孔影像采集,实施过程中若出现某段水质不够清晰,上提透明套管柱至此孔段,重复压水洗孔,再实施影像采集,如此循环完成影像采集工作。

3 使用与孔径相适应且形式合适的旋转扫刷孔壁洗孔器,并配制易于洗孔的清泥浆液循环,从下至上缓慢回转旋扫孔壁,起到扫刷刮除孔壁原陈旧泥皮和置换孔内原浓泥浆液

作用，有利于提高后续下入透明套管后再进行洗孔作业的效果。

4 护壁钢套管内下入透明套管柱后，可以先尝试水泵在孔口连接护壁钢套管柱进行一次高压水洗孔，然后上提钢套管柱至露出分段长度的透明套管，下入钻杆柱至试段底部或水泵孔口连接透明套管柱进行管内压水洗孔，再实施影像采集；重复上提钢套管柱至露出合适分段长度的透明套管，再次进行管内压水洗孔和影像采集，如此循环完成影像采集工作。

5 采用孔口水泵连接钢套管柱进行断续式压水洗孔，若钻机动力足够带动套管柱，在高压水洗孔的同时，使用钻机带动钢套管柱回转的方法扫刷孔壁，有利于冲刷洗净孔壁上的泥皮。

6 返水钻孔指水泵压水洗孔时，水流沿着钻杆柱与孔壁的环状间隙上返到孔口流出，且流出水量与泵入水量相当的钻孔。

连续压水洗孔法：水泵将清水向孔内正循环路径压入，并以连续不间断的压水方式进行洗孔的方法。返水钻孔采用连续压水洗孔法洗孔，待孔口返水达到与压入的水质清洁度基本一致后，仍需综合钻孔洗孔深度、地层情况、孔壁完整及光滑程度、冲洗液种类、洗孔方法等因素，综合考虑，再继续保持一段压水洗孔时间，以达到洗净和稳固洗孔效果。

7 不返水钻孔指采用大泵量进行压水洗孔时，水流沿着钻杆柱与孔壁的环状间隙上返到孔口流出，但孔口流出水量明显少于泵入水量或返水只能达到孔内一定深度而不能直接从孔口流出的钻孔。

断续压水洗孔法：水泵将清水向孔内正循环路径压入，压水一段时间后停水间隔一段时间，再压水一段时间后停水间隔一段时间，多次间断进行压水洗孔的方法，该法便于更好地洗净孔壁周边裂隙内杂质。

不返水钻孔采用断续压水洗孔法时，需要根据洗孔深度、地层情况、回水最大上返孔深段长度、孔壁裂隙或破碎程度、冲洗液种类、洗孔方法等因素进行综合考虑，确定每回次压水洗孔时间、停水间隔时间、压水回次等。洗孔过程中也可以根据孔内返水实际位置，采取变换钻杆柱洗孔深度位置、改变断续压水方式或调整泵压泵量参数等其他技术措施。

8 针对不同孔段的实际情况及具体要求，可以选择全孔或分段使用各种洗孔方法；若洗孔效果不佳时，还可以进一步调整技术参数和操作方式重复洗孔，也可以采用不同洗孔方法交叉配合实施，确保洗孔效果。

9 受现场条件限制只能使用浑浊水源（沟塘水、积水、江河水等）洗孔时，则需要对钻孔内洗孔存留水进行净化沉淀处理或水体置换处理。

净化沉淀孔内水体的方法：一般采用孔内添加净水剂的方法，目前常用和行之有效的净水沉淀方法是采取向孔内倒入溶解好的明矾水或漂白水，使孔内存留水中的杂质产生絮凝作用并缓慢沉淀，达到澄清水质的效果。

常用净水剂除了明矾、漂白水外，还可选择化学净水处理剂，常用的化学净水剂有聚合氯化铝（PAC）、聚合氯化铝铁（PAFC）、聚丙烯酰胺（PAM）、硫酸亚铁、硫酸铝等。

目前化学净水剂产品主要有液体和固体两大类，推荐采用液体净水剂，其主要优点：水质适用性广、操作容易、溶解充分且时间短、净化效果好。

水体置换处理的方法：准备洗孔段两倍容积以上的蓄水容器（水池、储水罐等），提前向蓄水中加入适量的净水剂，使蓄水容器内的水质清洁；洗孔作业后，再将蓄水容器内清洁水泵入孔底，使孔内的洗孔存留水上返并流出孔口，如此进行水体置换。采用净化清洁水置换孔内存留水的方法效果显著且可靠。

10 孔口防护常用砂袋、软泥、胶皮、水泥、棕绳圈、橡胶圈以及套管接头、盖头、孔口盖等方法或其他有效措施。

### 4.3 基岩可视化探测造孔

4.3.1 基岩可视化探测造孔与普通基岩造孔相比，需增加一道洗孔作业工序，以满足实施影像采集时孔内水质清澈、孔壁清洁的要求。

4.3.2 基岩可视化探测造孔钻进工艺除需满足钻进和取心要求外，还要有利于影像采集。

1 根据国内常规地勘管材标准及各单位广泛使用习惯，多年来，水利水电工程钻探基岩造孔主要采用口径系列为 59mm、75mm、91mm、110mm、130mm，根据《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定，为了统一钻孔公称口径，结合水利水电工程钻探实践现状，钻孔公称口径系列调整为 60mm、76mm、96mm、122mm、150mm。为了与常用摄像探头外径匹配，保证钻孔影像采集效果，通常选择 76mm~122mm 孔径，最小终孔直径一般不小于 60mm。

鉴于各单位现有钻探管材情况，原钻孔口径系列可根据实际情况继续使用。

2 采用金刚石钻进可较好保持地层结构原状，达到孔径均匀、孔壁完整的要求。较软基岩亦可采用硬质合金钻进方法。

3 钻进需要合理选择钻压、转速、泵量等技术参数组合，以保持正常钻进速度和孔壁完整程度为基本原则，达到提高及保持孔壁的光滑度和均一性要求。

4.3.3 规定了基岩可视化探测造孔对冲洗液和护壁措施的要求。

1 基岩地层常规造孔冲洗液主要采用清水、泥浆、低固相、无固相、泡沫剂等。为减小洗孔难度及工作量，提高影像采集质量，基岩可视化探测造孔通常选择清水，而不选择泥浆类冲洗液。

致密坚硬基岩钻进选择乳化液冲洗液有利于提高转速和效率，如三峡大坝坝址区是致密坚硬的花岗岩地层，使用清水冲洗液金刚石双管钻具时开不起高转速，严重影响钻头寿命和钻进效率，改用乳化液冲洗液后钻头寿命和效率均有较大幅度提高，但会在孔壁上粘附形成一层薄油膜，且乳化物经过一段时间将分离产生细微颗粒或絮状杂物，对钻孔影像采集清晰度会造成影响，需采取相应洗孔措施。

近年来，各勘察设计单位加强了对乳化液冲洗液试验工作，逐渐总结了使用乳化液钻孔

的洗孔方法，详细洗孔方法参见 4.3.4 条 3 款。

2 软弱、破碎的基岩孔段，可视地层破碎程度、需护壁长度、孔径等情况选择护壁方法，优先推荐采用透明套管护壁，其使用方法与技术要求参照附录 A。

4.3.4 洗孔作业是基岩可视化探测造孔的一个重要环节，故对洗孔方法及工艺提出相关要求。

1 水泵压水正循环路径洗孔方法：洗孔时将钻杆柱下至底部，水泵压水自钻杆柱内径通道流向孔底，沿着钻杆柱与孔壁环状间隙上返到孔口流出。一定流速的清水在上返途中可冲洗孔壁和置换孔内杂质水。孔内条件适宜或对洗孔效果有特殊要求时，可以尝试抽水洗孔、风水混合洗孔或其他洗孔方法，也可采取调整参数和操作方式重复洗孔，还可采用不同洗孔方法交叉配合使用达到洗孔效果。

2 孔壁不稳定的基岩孔段进行洗孔和实施钻孔影像采集时，可能发生孔壁掉块或坍塌，进而发生探头被卡事故。针对这类孔段，可参照覆盖层造孔实施可视化探测方法，采取先行下入透明套管的方法解决洗孔和影像采集时的护壁问题。

3 乳化液冲洗液钻进易在孔壁上粘附一薄层油膜及产生絮状杂物，选择的洗孔方法需要能够清洁孔壁油膜。

高压喷射式洗孔器的制作方法：洗孔器底端封闭，沿周边加工 5mm 左右直径梅花形孔眼，然后选用棉纱、布条、粗棕、麻绳、细钢丝球等软材质作为捆绑物（洗孔器外径大小需要与洗孔段钻孔直径相匹配），洗孔器与孔壁需要紧密接触并扫刷自如。洗孔过程中，泵压清水从洗孔器周边小孔以高压喷射状冲洗孔壁后上返，并将钻杆柱由下至上缓慢提动，使孔壁四周均受到高压水的冲洗，同时旋转扫孔，回转方向与钻杆正转方向一致，防止钻杆脱扣，还要保持低转速回转、缓慢上提。洗孔工序一般采取从孔底由下至上方式，泵压送水同时宜操作钻机一边缓慢旋转，一边在回转行程内上下活动数次，如此循环并逐步倒杆上行，这样由下至上逐行程回次逐孔段的完成扫刷孔壁及冲洗钻孔，达到洗孔器旋转式扫刷孔壁与高压水冲洗孔壁并上返置换孔内污水。

4 压水洗孔按孔口返水与不返水的情况，洗孔作业分别参照覆盖层可视化探测造孔洗孔作业条文说明 4.2.4 条 6、7 款执行。

5 一般使用杂质少、清澈的水洗孔，可减少洗孔后水质净化处理的工作量。受现场条件限制只能使用浑浊的水源（沟塘水、积水、江河水等）洗孔时，可以采用净水剂对洗孔存留水进行净化沉淀处理，也可以对洗孔存留水进行水质置换的方法。具体操作可参见条文说明 4.2.4 条 9 款执行。

6 孔口防护可参照条文说明 4.2.4 条 10 款执行。

## 5 钻孔影像采集

### 5.1 一般规定

5.1.1 钻孔影像采集分为视频采集和图像采集,不同厂家生产的钻孔影像采集仪器的功能有较大差别,有些仪器只能采集孔壁图像,如探测目的需要采集动态视频影像,就不能使用。同样,有些仪器只具备测试垂直向下的钻孔,对于非垂直向下的钻孔则不适用,因此需要根据测试孔的钻孔情况选择具备相应功能的仪器。

5.1.2 影像采集探头的直径除依据孔径选择外,还要考虑使用环境的安全和设备的性能;视频采集还要考虑是否对水流造成影响,由于视频采集通常要求探头直径在保证清晰度的情况下越小越好,但直径太小时会对导致影像采集质量变差,根据经验探头直径为孔径的  $3/5 \sim 4/5$  最为理想,最小不小于孔径的  $1/3$ 。

5.1.3 钻孔影像采集方法不同,精度要求也不同,再加上设备性能的差异,探头下放速度也有差别。探头下放速度是依据市场主要设备的性能参数和工作经验综合确定,随着设备性能的提高,在保证影像质量的前提下也可适当提高下放速度。借助推杆或其他辅助推进设备进行特殊孔影像采集时,推进速度原则上比一般孔影像采集速度小。

5.1.4 影像采集前重点检查设备的工作状态是否正常,深度计算器、电子罗盘等能否正常启用;影像采集过程中要实时观察,一方面是保证影像效果良好,不能满足要求及时终止采集,另一方面也能随时看清孔壁完整情况,遇到掉块风险较大时,采取应急措施,避免出现探头被卡事故。

### 5.2 仪器设备

5.2.1 对仪器主要参数和功能进行了规定。

1 仪器工作环境温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ,当工作环境温度超出该范围时,需要采取保暖或降温措施,使仪器处于适宜工作环境中。

3 仪器防水耐压能力需与工作环境、水压等条件相适应,当进行超深孔探测时,需要特别注意探头的防水耐压值与钻孔水压力相适应。

### 5.3 准备工作

5.3.1 准备工作不仅包括需要输入物探设备中的相关参数的搜集,而且还要了解工程区的基本地质条件,特别是可视化探测钻孔的基本情况,提前制定分段采集方式,遇特殊情况还需要制定应急预案。

## 5.4 钻孔影像采集分段方式

5.4.1 覆盖层可视化钻孔影像采集通常不能采取连续采集的方式，需通过分段逐步进行。一般通过造孔、下透明套管、提钢套管、洗孔等辅助工序，才能完成一定长度段孔壁的影像采集，而且分段方式还要考虑岩土性状、钻进方法、冲洗液种类、护壁形式、洗孔方法、工期等因素，故本规程对覆盖层钻孔影像采集的分段方式提出基本要求。

1 覆盖层可视化探测钻孔的影像采集分段方式，与透明套管套管柱组合形式、分次实施长度、后续钻孔及影像采集计划也存在紧密关系，故每次影像采集实施前均需视具体情况，综合考虑选择合适的分段方式。

2 随钻进分段长度过短，影响工作效率，分段长度过长钻孔垮塌风险增大，综合钻具长度、透明套管长度及工作经验，一般分段长度 1.5m~2m 较为合适，与钻进回次长度相匹配。

3 采取由下至上实施的分段方式时，下入透明套管柱后，再上提钢套管至露出全部透明套管，根据工作经验，在覆盖层较松散时分段长度 2m~3m 较为合适；在覆盖层较密实时分段长度 4m~8m 较为合适。

4 对重要层位或关键地质结构的孔段，结合孔段具体情况确定合适支护方法、洗孔方法及透明套管套管柱组合形式、分段长度等，并对该孔段单独实施影像采集。重要部位重复影像采集一次，有利于提高影像成果的精确度和可靠性。

5.4.2 孔壁稳定的基岩钻孔影像采集通常采取从上至下连续实施的方式，孔壁不稳定孔段，若要求必须获得连续的孔壁影像，可以选择透明套管临时护壁，先实施此孔段影像采集工作，完成影像采集后提出透明套管，再采取下护壁套管、水泥封孔等护壁措施，继续造孔的后续工作。

## 5.5 图像采集

5.5.1 对探头可以在重力作用下自动下滑的一般钻孔图像采集的要求进行了规定。

1 图像采集时需根据孔内情况及时调整采集窗口，保持试采集窗口的圆环与探头同心，以免采集图像发生畸变。

5.5.2 常规钻孔影像采集仪器一般适用于垂直孔结构面产状解译，如需通过图像资料获取非垂直孔结构面的产状，那么就需要使用具备相应功能的钻孔影像采集仪器，通过获取结构面的位置参数结合钻孔方位角、顶角等计算出结构面的产状数值。

## 5.6 视频采集

5.6.1 钻孔视频采集受地下水渗流速度的制约，主要适用于示踪条件下可视的地下水渗流速度、流向及途径观测；一般孔内地质现象可用图像采集达到勘探目的，主要适用有高精度要

求的特殊地质体细部特征观察或动态特征观测。

5.6.4 对地下水活动视频采集的基本要求进行了规定。

2 花管是在管材上均匀制作一定数量的透水孔，透水孔孔径一般 5mm 左右，为保证地下水顺畅通过花管，透水孔面积一般要占管材总表面积的 1/3 以上。此外，如果地下水流速较大，且孔外砂砾料的颗粒直径多数小于 5mm，安装花管前则需要用网眼直径小于 2mm 的纱窗网进行保护。花管可用铁质和非金属管材制作，如对观察对象有测量方位要求时，需要采用非磁性材料；目前市场上的非金属管材较多，常见的有 PVC、PPR 等，只要管材在管径、厚度、强度能达到要求，便于现场实施即可。

3 悬浮物是指悬浮在水中的固体物质，可以是不溶于水的无机物、有机物及泥砂、黏土等材料，颗粒状不溶性材料的投放，一般采用和比重较大的泥浆等可溶物混合后投入孔中，可以保持在孔中分布均匀。示踪剂投放方法，一般用薄纱布等容易渗透的材料将示踪剂包裹起来，用测绳放入孔中，入水后以 0.1m/s 的速度匀速下放至孔底后再提出孔外；示踪剂投入量不能过大，一般不超过 0.5g/m（孔深按实际有水的孔段计算），当地下水流动较快时，可采用边观察边投示踪剂的方法，即将示踪剂包三至五层纱布，降低其在水中的溶解速度，与探头一起下放，有条件时也可加工专用示踪剂投放设备，需要时进行定点定量投放。

5 示踪剂投放后，如果是在投放孔中观测，一般要求立即进行。如果地下水流速较慢，示踪剂数小时才会消散或者观测相近钻孔的渗流情况，观测时间需要根据具体情况来确定。当视频采集观测到有地下水活动时，则需要在此处上下一定孔段缓慢（速度不大于 0.5m/min）移动探头反复观测出水点所处孔段及地下水流速最大的孔深。

## 6 影像处理与解译

### 6.1 一般规定

6.1.1 视频编辑一般包括片头编辑、配音、剪除无效影像、添加文字说明等，图像处理是对局部异常的校正，主要包括图像的亮度、颜色、畸变等内容。

6.1.2 影像解译需要结合钻孔岩心、现场试验资料及项目相关的地质和物探成果综合进行，解译人员需要具备具有较丰富的地质工作经验。

6.1.3 影像处理和资料初步解译需在外业数据采集后在现场及时完成，这样一旦发现问题可以及时采取补救措施。

### 6.2 图像处理与解译

6.2.1 对钻孔图像处理的基本要求进行了规定。

1 垂直孔采集图像一般沿北按顺时针展开，成图从左到右按 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 显示，特殊孔还要标注图像展开方法或指示其含义。

4 图片分段长度以能清晰显示和实际需要为原则，根据工作经验，正常打印纸张大小以 $2\text{m} \sim 5\text{m}$ 长度分段较为合适，有特殊需要时，可自行确定分段长度；典型三维图像的制作根据实际情况选择较好的展示角度，有不同视角对比效果会更好。

5 特殊钻孔可视化图像采集时其展开方向因仪器而异，资料解释前需要确定图像展开方位，再根据测量的钻孔方位角、顶角数据，结合孔壁图像量测的结构面产状数据计算出真产状。

6.2.2 图像解译成果的基本内容一般是依据水利水电工程不同勘察阶段、工程部位及勘探目的有所侧重，在提交基本地质信息的基础上，根据勘察目的突出重点。成果内容和格式在满足行业规范要求的前提下，可根据用户要求作适当调整；若设计提出了明确要求时，则以满足设计要求为目标。

1 覆盖层土的结构特征主要指土的分层、层厚等。

2 基岩的影像特征与岩石的颜色、矿物成分、结构构造、水文地质等因素有关，受孔壁情况、光照、含水量和风化作用影响，在影像上显示的色调往往有差异，需要根据地质资料、钻孔岩芯、直接解译标志和间接解译标志综合分析确定。

3 孔壁变形情况主要指孔壁扭曲、孔径变化、位错，以及层面、结构缝等标志物位置、方位、形态的变化等；孔壁破坏情况主要指孔壁裂缝、掉块、垮塌的位置、规模、形态等情况。

## 7 成果报告编制

7.0.3 钻孔可视化探测报告的内容是根据物探规程和钻孔影像采集主要工作内容制定,对于影像采集工作中应用较少的方法,使用过程中可根据实际对相应条款进行增减,以满足工程实际需要。

- 1 主要对成果报告正文的主要内容进行了规定。
- 4) 统计分析内容主要包括断层、裂隙、软弱夹层或层间剪切带、岩溶等重要地质现象,如裂隙线密度、岩溶线岩溶率与裂隙走向、倾向、倾角玫瑰花图等。

## 附录 A 透明套管基本要求

A.0.1 透明套管是钻孔可视化探测技术在松散覆盖层孔段取得成功的基础条件，能够同时满足钻孔护壁和摄像成果清晰度的需求，从而达到钻孔可视化探测技术方法在松散覆盖层孔段得到推广应用的目的。

A.0.2 透明套管是覆盖层钻孔可视化探测技术应用中的重要环节，对其材质、综合性能、连接方式等方面进行了规定。水利水电勘测单位在持续开展“覆盖层可视化探测钻孔技术”研究工作中，通过对所需透明套管材质的调研、比选、研制以及逐步的试验、改进、应用，确定了性能适宜且具备各种规格的国内成熟产品——高透明 PMMA 有机玻璃管，作为钻孔可视化探测技术方法的专用透明套管。

1 PMMA 材质（加工专用透明套管）的重量较轻，同样大小的材料，其重量只有普通玻璃的一半，而 PMMA 管的机械强度却较高，抗拉伸和抗冲击的能力比普通玻璃高 7 倍~18 倍；同时具有足够的表面硬度，表现出一定的耐磨损性。正常使用情况下，透明套管可多次重复使用。

2 PMMA 材质是目前比较优良的高分子透明材料，高透明 PMMA 管其透明度好，透光率达到 92% 以上，高于玻璃的透光度。本条是对透明套管的管材提出了性能要求，一般情况下，无色、高透明度、强透光性的物体就是纯透明管，定的标准太高，在现场生产很难做到，因此，本条没有规定“无色”作为透明套管性能控制指标之一。

3 PMMA 材质的熔点 130℃~140℃，耐温性一般，最高使用温度为 90℃ 左右；耐紫外线、耐腐蚀和抗老化性能均较好，可长久不褪色不变形，保管及使用年限可达 5 年以上。

A.0.3 透明套管安装前的准备工作：透明套管需要提前购置且备有裕量，将不同规格、不同长度的透明套管按不同连接方式和对应的加工方法，提前加工。现场使用时，可视需要随时选取或及时更换。

A.0.4 透明套管 PMMA 管材按加工成型方法可分为：冷拔成型管（冷成型）和浇铸成型管（热成型）。在研发中经过试用、改进及完善和对比试验证明，浇铸成型管材质相比挤出成型管，具有较高机械强度，同时可达到良好韧性，具备更好的后加工和抗变形性能，机械加工和使用中不易发生裂纹、断裂、破碎和折断等意外损坏，其圆度及同心度更好，有利于加工丝扣的成型质量和保证连接成管柱后的同轴度高，综合性能更具优势，一般优先选择采用热成型方法制成的 PMMA 管材成品。冷拔成型管因其韧性、圆度及同心度相比较略逊一筹，一般采用销钉连接或胶粘连接方式及相应条件时使用。浇铸成型管成品单根长度根据模具可加工为 1m~4m，壁厚为 4mm~12mm；冷拔成型管成品常规单根长度一般为 1m~2m，壁厚为 2mm~10mm。受钻孔结构、管材材质、孔内情况等条件限制，需使用非常规长度、壁厚的透明套管时，可向厂家专门订制。

**A.0.5 单一套管柱组合形式：**指钻孔内单独一种材质（钢质或有机玻璃或塑料等）套管连续连接组成的一定长度的圆柱体。**复合套管柱组合形式：**指钻孔内有几种材质（钢质、有机玻璃、塑料等）套管混合连接组成的一定长度的圆柱体。

选择透明套管柱组合形式时，在满足分段实施的前提下，尽量减少整个管柱中透明套管的连接长度为原则，可以改善透明套管工作环境并提高其使用寿命。故实施影像采集前，需要根据不同的孔内条件和实际情况，选择采取不同的分段实施方法，包括分段方式与分段长度，并确定相应的透明套管柱组合形式。

1 钻孔深度不大、影像采集孔段长度接近：一般指钻孔深度、影像采集长度在 0m~20m。全孔透明套管的单一套管柱组合形式，具有洗孔容易洗净、无需分段上提透明套管、可连续实施影像采集等优点。

2 钻孔深度较大、影像采集孔段较长：一般指钻孔深度 70m 左右、影像采集长度 4m~20m 左右范围。全孔上部钢套管连接下部透明套管的复合套管柱组合形式，一般采用由下至上分段实施影像采集的情况下使用，其下部连接的透明套管长度主要根据一次洗孔易达到洗净效果的孔段长度来确定，以尽量加长和满足每次实施影像采集的分段长度为原则。

3 全孔上部和下部钢套管连接中部透明套管的复合套管柱组合形式，在进行影像采集孔段处于中部位置，下部钻孔需要在洗孔和影像采集期间保持护壁作用，便于在完成此孔段影像采集工作后继续进行其他工作的情况下使用。且需在中部透明套管处采取如喷射式洗孔器等合适方式的洗孔方法。

4 钻孔的深度大、影像采集孔段长度不大：一般指钻孔深度大于 70m、影像采集孔段长度 2m~4m。钻孔上部护壁钢套管与孔底段透明套管（飞管）式的复合套管柱组合形式，主要适用于在孔底局部孔段进行单次影像采集的情况下使用，投入飞管后上提护壁钢套管（透明套管一般要插入钢套管管脚内 0.5m 左右），再下入钻杆至孔底进行洗孔。其投入的透明套管飞管不能上提，完成影像采集后若须继续进行下部钻孔其他工作，则需采用公锥或制作打捞器打捞透明套管，也可采用钻具钻破磨压成碎片、碎块的方法对透明套管（飞管）进行处理。

**A.0.6 主要对透明套管相互之间常用的连接方式和加工方法进行规定。**

1 丝扣连接方式的特点是连接强度较好，能承受透明套管柱在孔内的反复上提和下放移动，且易方便的进行连接与拆卸操作，可提高透明套管重复使用次数。主要选择较厚的透明套管，热成型管加工丝扣透明套管壁厚一般不小于 7mm，冷成型管加工丝扣透明套管壁厚一般不小于 8mm。

2 销钉连接方式的特点是在不具备相关加工条件时使用，且连接强度较好，并易较方便的进行连接与拆卸操作，可多次使用。不具备丝扣加工条件时可加工成内外圆台阶配合插入，用手电钻加工钻眼后再使用销钉连接；不具备加工条件时可采用两根规格不同且内外径配合适宜的透明套管插入，用手电钻加工钻眼后再使用销钉连接。

3 胶粘连接方式的特点是在不具备相应加工条件时使用，但拆卸操作不便，适合在单次连接操作时使用，或使用切割机切断方法拆卸。不具备丝扣加工条件时可加工内外圆后用胶粘连接；不具备加工条件时，也可用两根规格相同的透明套管采取端面胶粘连接或用两根规格不同的透明套管（适宜的口径级配）采取插入式胶粘连接。

4 需要具备相关专用加工器具或技术手段的其他连接方式还有：热压法、热煨法、熔接法、镶嵌法等。

A.0.7 复合套管柱的连接包括钢套管之间的连接、透明套管之间的连接、透明套管与钢套管之间的连接等。

1 钢套管之间一般保持原套管丝扣连接方式，便于安装、拆卸。

2 透明套管与钢套管之间可采用合适规格的钢套管接头或透明套管加工特制的变径接头，根据接头的尺寸和壁厚选择加工自接公母扣、内接箍扣或外接箍扣；不具备丝扣加工条件时，可采用焊接、胶粘连接等方式。

3 根据选择确定的透明套管柱组合形式，对各类套管所需规格及数量进行复合套管柱的材料配置及加工等。

A.0.8 透明套管连接安装专用器材与工具包含：提升下放器具、夹持器具、连接拆卸器具、固定固结器具等。根据连接方式、管柱长度与重量、现场条件等情况，可选择采用丝扣式、绳索外套式、穿杆式提引器等提升下放器具，绳套、卷扬绳、夹板等夹持器具；三环钳、热焊枪、销钉枪、钢锯、切割机等连接拆卸器具，各种销钉、强力胶带、速干胶剂等固定固结器具，以及各种相配套的工具。

A.0.9 透明套管的安装和使用过程也是钻孔可视化探测工作的重要环节，此处所列基本要求的内容，是相关水利水电勘测单位在开展“覆盖层钻孔可视化探测技术”研究和应用工作中取得的经验积累，以供借鉴和参照执行。