

中华人民共和国水利行业指导性技术文件

水利水电工程施工质量通病防治导则

SL/Z 690—2013

条 文 说 明

## 目 次

1	总则 .....	157
2	岩土明挖 .....	159
3	地下洞室开挖 .....	160
4	锚喷支护 .....	162
5	地基加固 .....	169
6	防渗与排水 .....	171
7	灌浆 .....	180
8	混凝土 .....	186
9	土石方填筑 .....	194
10	砌体及防护工程 .....	196
11	疏浚与吹填 .....	199
12	金属结构制作及安装 .....	200
13	机电设备安装 .....	201
14	安全监测 .....	204

# 1 总 则

水利工程质量通病是指在工程施工过程中经常发生的、普遍存在的一些不符合国家或行业现行技术标准规定要求的质量问题。本标准对质量通病的发生、发展和变化的规律以及原因进行认真总结、分析，科学分类并采取必要的措施，对症下药，能更好地防范质量通病，最大限度地消除施工质量缺陷或避免导致质量事故，以达到防患于未然、确保工程质量的效果。

水利工程施工质量通病，可按以下四种方法划分：

(1) 按危害程度可划分为：

- ①可能引起一般质量缺陷的质量通病。
- ②可能引起质量隐患的质量通病。
- ③可能引起严重质量缺陷的质量通病。
- ④可能引起质量事故的质量通病。

(2) 按发生的工程部位可划分为：

- ①发生在地基基础部位的质量通病。
- ②发生在主体结构的质量通病。
- ③发生在附属工程部位的质量通病。
- ④发生在其他工程部位的质量通病。

(3) 按质量通病发生原因可划分为：

- ①因施工组织安排或施工方法不当而产生的质量通病。
- ②因施工操作不当或施工行为不规范而产生的质量通病。
- ③因施工管理不善或管理不到位而产生的质量通病。
- ④因违背现行技术法规、规范或规程而产生的质量通病。

(4) 按施工技术类型可划分为：

- ①岩土明挖质量通病。
- ②地下洞室开挖质量通病。
- ③锚喷支护质量通病。

- ④地基加固质量通病。
- ⑤防参与排水质量通病。
- ⑥灌浆质量通病。
- ⑦混凝土质量通病。
- ⑧土石方填筑质量通病。
- ⑨砌体及防护工程质量通病。
- ⑩疏浚与吹填质量通病。
- ⑪金属结构制作及安装质量通病。
- ⑫机电设备安装质量通病。
- ⑬安全监测质量通病。

为了与水利水电工程现行标准相适应，本标准采用了按施工技术类型进行划分，并分别从质量通病表现出的现象、主要原因和防治措施要点三个方面进行描述，旨在认清质量通病的现象，从质量通病发生的原因入手，采用有效的防范措施，减少或杜绝水利工程建设中质量通病的出现，做到防患于未然。

本标准中所列各工程类型的质量通病的基本原因，是从因施工组织安排或施工方法不当、施工操作不当或施工行为不规范、违背现行技术法规、规范或规程等方面进行描述的。但实际上管理和过程的质量控制十分重要，许多质量通病都是因为管理不到位，控制不到位造成的。虽然在质量通病的防治措施要素中很少涉及加强管控方面的内容，但加强建设、设计、监理、施工等各参建单位的共同管控作用也是重要措施之一，也是不可或缺的重要措施。



## 2 岩土明挖

### 2.1 岩石边坡开挖

边坡明挖可分为土层开挖和岩石开挖。土层开挖相对较为简单，技术不复杂，只要遵照自上而下分段开挖，一般不易出现质量问题。而对岩石而言，一般均采用爆破方法开挖，为保证边坡稳定，对边坡坡比，边坡体形都有较为严格的要求。如果钻孔、爆破方式、爆破药量控制不好，极易出现质量问题或质量事故，甚至会造成较大经济损失，所以控制爆破是保证边坡稳定的关键。爆破效果、预裂面的形成、爆破的岩石块径超标等都易发生质量通病。

### 2.2 基岩开挖

基岩开挖质量对上部结构影响很大，因为基岩上部建筑物对基岩的承载能力有明确的要求，开挖造成岩体破坏，承载能力降低，甚至开挖体形不满足要求，都会对上部建筑物产生不良的后果，所以一定要采取有效措施，保护基础岩面不产生破坏，做好保护层开挖，控制基槽开挖体形是基岩开挖的关键环节。

### 2.3 土基明挖

土质基础的开挖关键是防水问题和防水措施。一方面要防止周边积水进入基坑，另一方面防止地下涌水，因为不论是周边，还是地下水都会软化土层，使地基承载能力降低，甚至会发生坍塌事故，所以土基开挖一定要保证基坑排水系统有效。

## 3 地下洞室开挖

### 3.1 钻爆法开挖

地下洞室钻爆法开挖时，出现严重超挖、欠挖及残留孔痕保存率低、爆破孔壁存在爆震裂缝，是洞室施工中容易发生、经常出现的质量问题，故将洞室开挖超挖、欠挖及残留孔率低、爆破孔壁存在爆震裂缝列为地下洞室钻爆法开挖的质量通病。

地下洞室钻爆法开挖的质量通病产生的原因，往往都归列为地质条件造成的，这是不完全合适的。固然地质条件是形成超挖、甚至塌方的一个原因，但如果针对不同地质条件，选择合适的开挖参数，也完全能够避免出现上述质量缺陷。所以施工管理不到位，施工工期安排不合理，采用不符合实际情况的开挖进尺要求，开挖者只追求进度，大进尺，强爆破等是造成严重超挖、欠挖及围岩严重破坏的重要原因。

### 3.2 掘进机开挖

随着大埋深、长隧洞的增多和隧洞施工机械的不断发展，采用掘进机施工的隧洞越来越多，从已建成的万家寨引黄工程（掘进机施工隧洞长度约 110km）和大伙房引水工程以及锦屏水电站排水工程等掘进机施工隧洞的质量状况分析，隧洞的沉降或上抬以及双护盾掘进机施工隧洞的管片衬砌平整度差是易发生、经常出现的现象，造成工程施工质量不符合相关技术标准要求。

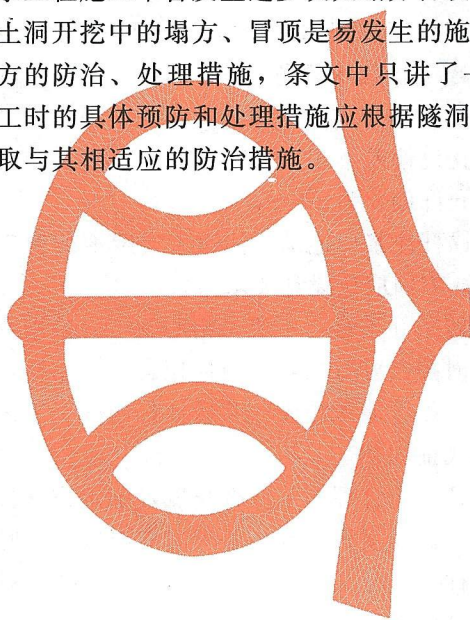
隧洞的沉降或上抬对有压隧洞的使用影响较小，只要不影响衬砌结构的稳定，一般可不作扩挖及支护处理，而对于无压隧洞沉降或上抬过大，影响过流能力，隧洞运行达不到设计的使用功能时，应进行扩挖，重新施做支护结构。

### 3.3 破碎围岩及土洞开挖

破碎围岩洞段岩体松散、自稳能力较差，在开挖过程中，易发生掉块、塌方。破碎围岩洞段出现掉块、塌方是经常出现的施工质量问题。

土洞的土质松软，松散，自稳能力差，易发生塌方冒顶事故。在某引水工程施工中曾发生过多大塌方冒顶事故，均发生在土洞段，土洞开挖中的塌方、冒顶是易发生的施工质量事故。

对大塌方的防治、处理措施，条文中只讲了一般常用的方法，实际施工时的具体预防和处理措施应根据隧洞的围岩及地下水条件，采取与其相适应的防治措施。



## 4 锚 喷 支 护

### 4.1 锚 杆 支 护

锚杆支护的主要作用是加固不稳定的岩体，锚杆的布置主要根据不稳定岩体的位置和不利结构面的组合情况确定，为了确保加固的准确性，保证加固的工程质量，保证围岩受力均匀，《水利水电工程锚喷支护技术规范》（SL 377—2007）对锚杆安装的位置做了四条明确的要求：

- (1) 锚杆孔位偏差不超过 $\pm 10\text{cm}$ 。
- (2) 孔深允许偏差为 $\pm 5\text{cm}$ 。
- (3) 砂浆锚杆注浆应饱满，注浆密实度不小于70%。
- (4) 锚杆孔方向应按设计要求布置。

做到上述四条并不难，主要是精心施工，采用测量放线布置锚杆孔，造孔时控制好方向，选择使用合适的钻杆，注浆时定量配置水泥砂浆，尽可能采用先注浆后插杆的施工工艺，有条件时也可使用药卷式锚固剂。

此外，设计也应合理确定锚杆长度，确定锚杆长度时一定要考虑施工条件，保证锚杆按设计要求方向布置。有时因洞室尺寸较小，确定锚杆长度时又考虑取较长的上限，锚杆过长，由于空间控制造成很难按规定方向布置锚杆。在设计确定锚杆长度时应优先考虑短锚杆，并加强监测，当变形较大，需要布置长锚杆时再二次增加布置长锚杆。

### 4.2 喷射混凝土

喷射混凝土是地下工程中应用最为普遍快速的加固方法，它对防止围岩软化，保存围岩的固有承载能力，限制围岩中有害变形的发展，具有不可替代的作用，再加上由于喷射混凝土的独特工艺，可以快速提供支护抗力而保证围岩稳定。



喷射混凝土设计厚度变化不很大，按围岩类别一般为 50~200mm，其强度等级也多用 C20 和 C25 两种，由于厚度和强度变幅不大，其工程质量应该比较容易控制。针对施工中喷射混凝土容易出现的质量问题，SL 377 中对喷射混凝土配合比，使用的原材料、喷射工艺、喷射厚度和强度检测都做了明确规定，也提出了质量要求。

施工中喷射混凝土最经常出现的质量问题是喷射混凝土不与围岩密贴，喷射混凝土施工滞后，和喷射厚度达不到设计要求，解决这些问题主要应采取如下措施：

(1) 解决喷射混凝土与围岩密贴的措施。

①开挖后先喷射一层混凝土，厚度一般为 50mm，布设钢筋网后再喷射第二层，当喷射厚度大于 150mm 时应分三次喷射。

②钢筋网格尺寸要大些，一般不小于 150mm×150mm；钢筋网直径视钢筋网格间距确定，钢筋网格间距小时，取 6mm 直径的材料制作，网格间距大时可取 8mm 材料制作。

③对凹陷较大的深坑，先用喷射混凝土分数次填塞，并注意喷射角度与岩石垂直。

(2) 关于解决喷射滞后问题的措施。喷射支护滞后是普遍的问题，滞后带来的危害是严重的，要采取措施，认真地加以控制，主要采取以下措施：

①根据围岩类别，确定合理的支护时机，Ⅲ类及Ⅲ类以上围岩可适当滞后 2~3 个开挖循环，Ⅳ类及Ⅴ类围岩开挖后须立即支护。

②合理安排施工工艺，做到有条不紊，平行作业。

③施工组织者要从根本上解决重开挖，轻支护的思想，喷射混凝土支护不及时，会带来影响安全，影响施工进度的严重后果。

(3) 关于控制喷射混凝土厚度的措施。喷射混凝土达到设计要求厚度是重要的质量指标，应严格控制，否则会出现安全问题，主要从以下几个方面采取措施：

①喷射前利用钢筋网和锚杆外露长度，也可以埋设标志桩，控制喷射厚度。

②合理配制混合料数量，保证每层喷射厚度。

③按规范要求，由质量检查部门，定期安排厚度检查，监理应将控制喷射混凝土厚度，并列入监理规划，制定实施细则。厚度检查方法有两种：一为在喷射完成后采用风钻或手提钻钻孔检查，测量实际厚度；二为钻孔取芯法，重要工程两种方法都要采用。

④控制厚度的质量标准为：平均厚度等于或大于设计厚度；最小厚度不小于设计厚度的  $1/2$ ；小于设计厚度的点数不超过总点数的 30%。

### 4.3 格栅与钢拱架

格栅拱架和钢拱架的主要作用是以它的刚度和强度以及较大的承载能力，加固周围岩体后与围岩一起限制围岩有害变形的发展，防止塌方。如果大部分部位不与围岩接触，就起不到限制围岩变形的作用，这一点使用者必须有足够的认识。

格栅拱架或钢拱架主要应用于Ⅳ类和Ⅴ类开挖后不稳定或极不稳定的围岩，这种围岩自稳时间很短，开挖后必须立即支护，较为坚硬的岩体或由于构造引起的不稳定岩体不宜使用格栅拱架或钢拱架，因为钢拱架或格栅拱架在这种围岩条件使用很难保证与围岩密贴，如果不能保证格栅拱架或钢拱架与围岩密贴或大部分与围岩接触，安设格栅拱架将无任何意义。

钢拱架或格栅拱架一般情况下均与锚杆、钢筋网和喷射混凝土联合使用，作为综合支护，这四种支护的关系是要连成整体，形成支护体系，才能起到事半功倍的作用。钢拱架或格栅拱架与锚杆连接的作用是扩大拱架的受力范围，与围岩、锚杆形成一个强大的承载拱圈，无形中加大了拱架的刚度和承载能力；拱架与喷射混凝土和钢筋网连接是保证表层围岩稳定，使拱架均匀受力；拱架与围岩之间的空隙用喷射混凝土充填，目的是使拱架全



部接受来自围岩的压力；拱架的横向连接也十分重要，一般采用钢筋连接，一方面为保证整体受力，另一方面也可保证横向稳定性。

拱架施工中一般易于出现质量问题主要有拱架安装不垂直、与围岩之间空隙过大、没有与其他支护连接成整体、在软岩中柱脚底部垫墩尺寸不足，承载能力不足，垂直方向变形过大，解决上述问题应采取如下措施：

(1) 拱架使用部位为Ⅳ类和Ⅴ类围岩，开挖进尺不能过大，按《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL 378—2007)第5.3.4条的规定，Ⅳ类围岩开挖进尺为1.0~2.0m，Ⅴ类围岩为0.5~1.0m，且岩体软弱，能采用人工开挖的，尽可能不采用爆破方式，主要是按设计要求控制开挖轮廓线，避免超挖过大，这样易于保证拱架安装后与围岩密贴。

(2) 开挖一个循环，安装一榀格栅拱架，并尽可能靠近开挖工作面，保证限制围岩有害变形的发展，安装后立即进行连接筋的施工，拱架与锚杆的焊接，最后再喷射混凝土，喷射混凝土时首先填塞拱架与围岩之间的空隙，然后再对拱架之间的部位进行喷射。

(3) 对局部空隙较大部位的凹陷，采用型钢或粗钢筋支撑于岩面，虽不能用喷射混凝土填满，但也能保证有效受力。

(4) 拱架底部应置于较为坚硬的岩石上，如果岩体软弱，柱脚部位应挖一深50cm，长宽各为50cm方形基础，拱架安装后再浇注强度等级不低于C20的混凝土垫墩，保证不因围岩变形而下沉，以抵抗上部的变形。

(5) 在Ⅴ类围岩中拱架往往和拱部的超前管棚联合使用，此时超前管棚前端插入未开挖的岩体中，尾部应和拱架拱部搭接，以防拱部岩体塌落，超前管棚与拱架搭接部应焊接，并在拱架上部通过。

#### 4.4 预应力锚索

预应力锚索(杆)主要是加固不稳定的边坡，大型地下洞室

的边墙、顶拱，岩锚吊车梁，坝基及闸墩等，主要作用是防止围岩滑动，抑制洞室变形超限，以及改善围岩或水工建筑物的应力状态等。预应力锚索造价较高，作用较大，施工工序繁杂，对施工质量要求严格，一旦出现质量缺陷，或达不到要求的质量标准，会带来严重的后果，危害极大。

施加预应力的锚索（杆）主要为两种类型：用高强、低松弛材料制作，可以施加较高预应力的预应力锚索，这种锚索常用钢丝或钢绞线制作，其张拉吨位一般 1000kN 以上，长度大于 20m；用普通碳素钢制成的张拉锚杆，施加的张拉力小于 200kN，长度小于 20m。

(1) 张拉锚杆的质量要求和保证施工质量的主要措施：

①张拉锚杆一般配合预应力锚索使用，在预应力锚索中间布置，为此，要求孔位一定较为准确，而且各根张拉锚杆间距应相等。应采用测量仪器确定孔位，按设计孔位造孔，一般情况下不得移动孔位，如受地质条件或其他因素限制必须移动时应由设计和监理批准。

②造孔时应严格控制钻孔方向，钻孔过程中采用控制孔斜的措施，防止孔斜超过质量要求，由于张拉锚杆较长，一根钻杆很难完成，需要多次接长钻杆，为此，钻进过程中应经常测量孔斜和钻孔深度，保证达到设计深度。

③锚杆注浆时，多采用两种不同凝结时间的砂浆，在锚头部位使用早凝砂浆，在自由段内采用缓凝砂浆，一定要按各自需要的注浆长度定量填塞不同凝结时间的水泥药卷。

④合理确定张拉时间，张拉时锚固段的早凝砂浆要达到设计强度，而缓凝砂浆尚未凝固。

⑤张拉锚杆的孔口一定要在注浆后用止浆环或止浆板封好孔口，防止尚未凝结的水泥砂浆外溢。

⑥张拉设备宜选择小型空心千斤顶或适合的力矩扳手，张拉至设计要求的张拉力。

(2) 预应力锚索的质量要求和保证施工质量的措施：

① 预应锚索对孔位、孔斜、孔深都有严格要求，因此必须选择专用钻机造孔，专用钻机使用前应对钻机的技术指标、性能进行检验，确认各项技术指标达到使用说明书的质量要求。

② 规范要求锚索孔口坐标误差不大于 $\pm 10\text{cm}$ ，由于使用专用钻机造孔，任何岩面情况不影响开孔，只要定准孔位，一般不会偏移。由于孔深，钻孔过程中控制钻孔角度和孔斜十分重要，规范要求孔斜偏差不大于 $3\%$ ，有特殊要求时不得大于 $0.8\%$ ，孔斜过大，锚头偏差较大，对锚索加固效果有影响；如果钻孔不直，锚索拉直后与孔壁产生摩阻力，预应力损失加大，因而影响锚固力，所以规范规定“严格校验开孔时钻具倾角和方位角”以及“钻孔过程中加强钻具的导向作用，及时检测孔斜误差，并视需要，合理采用纠偏措施。”

③ 锚固段注浆质量十分重要，它是保证提供设计锚固力的关键，注浆不饱满将带来如下危害：张拉时锚固段滑移，不能承受设计要求的张拉荷载；内锚头易产生腐蚀而使预应力锚索失效，尤其对无黏结锚索影响更大。

为此，采取以下措施保证锚固段注浆效果：合理选择锚固段注浆配比，提高自密实能力；设置止浆环，注意排气管安装质量，采用压力注浆；加强注浆效果的检测。

④ 锚索预张拉注意的质量问题：预应力锚索安装后，张拉之前，要实行预张拉，预张拉的目的是使各股钢绞线在同一长度上同步张拉受力，因而可保证每股钢丝或钢绞线受力均匀；预张拉应逐股钢绞线进行，并逐股锁定，预张拉力按设计张拉力的 $10\%$ 控制。

⑤ 锚索张拉注意下列质量问题：

a. 张拉力分级施加，一般分五级张拉至超张拉荷载，主要作用是使张拉力缓慢升至超张荷载，并在设计荷载下锁定，使各股钢绞线均匀受力。

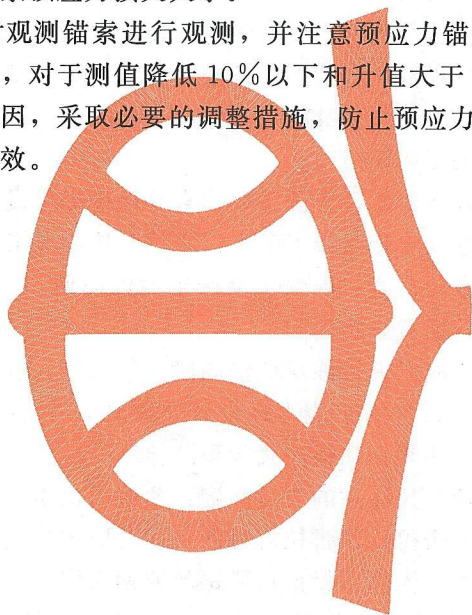
b. 每级张拉力施加时缓慢升压，缓慢锁定，《水工预应力锚固施工规范》(DL/T 5083—2010)规定“升荷速率每分钟不宜

超过  $0.1\sigma_{con}$ ”，“卸荷速率为每分钟不宜超过  $0.2\sigma_{con}$ ”。这一规定的目的是在升压和卸压过程中给予足够的时间进行各股钢丝和钢绞线的应力调整，保证每股钢丝和钢绞线均匀受力。

c. 每级荷载下稳压 5min，其目的也是为了各股钢丝和钢绞线进行应力调整，同时也给一定时间测定钢材的实际伸长值和安排的观测项目的实施。

d. 锚索锁定后要测定钢丝或钢绞线回缩量，其主要作用是控制锁定时锚索预应力损失大小。

e. 定期对观测锚索进行观测，并注意预应力锚索压力传感器的测值变化，对于测值降低 10% 以下和升值大于 20% 的情况都应研究其原因，采取必要的调整措施，防止预应力不足和超载造成的锚索失效。





## 5 地基加固

### 5.1 岩基地质构造处理

在充分清理岩溶内充填物的基础上,应做好溶沟、溶洞及槽穴的排水工作。混凝土浇筑时要做好截引、排走地面和洞、沟底的水流。防止积水随混凝土浇筑升高,沿岩壁流淌,带走水泥浆或稀释混凝土。渗水较大时,可利用岩壁浅孔固结灌浆堵漏,或临渗水面设置暗沟,将水引至邻近坝段积水坑抽排。

断层破碎带开挖完毕后,如有积水,处理方法同岩溶排水处理。断层破碎带岩石开挖完毕后,应尽快回填混凝土,避免岩石长期暴露。混凝土运输设备和运输能力应与拌和、浇筑能力相适应,尽量缩短运输时间,减少转运次数,避免混凝土在运输过程中发生分离、漏浆、泌水过多,以保证断层混凝土的质量及浇筑工作顺利进行。

### 5.2 灌注桩

本节只考虑了坍孔、钻孔漏浆、桩孔偏斜、缩孔、钢筋笼放置与设计要求不符。因为灌注桩施工设备、工艺较多。本节只考虑了回转钻机施工和冲击钻机施工。

### 5.3 振冲碎石桩

本标准适用于振冲法施工处理深度 20m 以内的工程,处理深度超过 20m 时可参照本标准执行;对于不排水抗剪强度小于 20kPa 的软黏土采用振冲法处理,应通过试验确定其适用范围。

### 5.4 沉井

沉井是修建深基础、地下建筑物广泛应用的施工方法。适用于场地狭窄、软弱土层和不稳定含水土层的施工。根据工程和地

质条件，沉井施工方法主要有排水下沉和不排水下沉两种，如果施工不精心，会发生一系列质量通病，其主要表现为沉井偏斜，封底质量不好造成沉井渗水，失稳上浮等。

### 5.5 高压旋喷桩

高压喷射注浆（旋喷）加固地基是利用高压泵通过特制的喷嘴，把浆液（一般为水泥浆）喷射到土层之中。浆液喷射流依靠自身的能量，把一定范围土层射穿，使原状土破坏，并因喷嘴做旋转运动，使水泥浆与原地层切削破坏的土拌和均匀，待硬化后形成加固地层的作用。使用该种方法加固地基时最关键的是保证旋喷桩连续，强度均匀，结合密实。

### 5.6 强 夯

强夯法又名动力固结法或动力压实法。这种方法是反复将夯锤（质量一般为10~40t）提到一定高度使其自由落下（落距一般为10~40m），给地基以冲击和振动能量，从而提高地基的承载力并降低其压缩性，改善地基性能。

### 5.7 置 换 加 固

置换加固也是经常采用的加固地基的一种方法，其质量控制要点主要为保证换填厚度和换填后的压实度指标应满足设计要求，为保证压实度指标满足设计要求，就要认真控制换填土品质及含水量，并按规定进行质量检测。



## 6 防渗与排水

### 6.1 混凝土防渗墙

混凝土防渗墙是在第三系和第四系地层上修建挡水建筑物经常采用的坝基防渗措施，防渗墙质量的好坏直接影响防渗效果。在建造防渗墙施工过程中，经常出现的质量通病是，导墙变形、槽壁坍塌、槽孔偏斜、钢筋笼下设不到位，孔序之间接头漏水、输送混凝土管接头堵塞和混凝土低强等。

**6.1.1** 导墙变形会直接导致槽孔顶部坍塌、成槽机具不能顺利下入槽孔或浇筑过程异常、中断等问题。槽孔两侧导墙在修筑、成槽、浇筑、接头管（板）起拔等施工期间，可能会出现下沉、裂缝、倾斜、倒塌、断裂等情况。

产生上述情况的原因较多，主要原因有：在进行冲击造孔、起拔接头管（板）等作业时，导墙需要承受一定的冲击或稳定荷载；当断面尺寸、配筋或混凝土标号存在不足时，导墙上往往会出现裂纹甚至断裂情况；施工作业时，软弱地基自身发生沉降变形或向槽孔内坍塌，从而导致上部导墙随之沉降甚至断裂、坍塌；两侧导墙内侧未采取填土或用方木进行支撑，因瞬时冲击荷载、接头管起拔或处理卡管等问题时，施加给导墙的施工荷载过度集中或超载，从而造成处于临空状态的导墙发生损坏等。针对发生导墙变形产生的原因，可采取以下处理措施：

(1) 针对不同的成槽、成墙施工方法，应充分考虑施加于导墙上的各种静、动荷载，并预留安全系数后对导墙断面、混凝土强度等级和配筋进行验算。一旦选定合理结构后，按相关要求施工，避免缺筋、低强度混凝土和冷缝等缺陷发生。

(2) 导墙断面的垂直向尺寸是关系到导墙刚度的关键要素，可以通过适当提高导墙顶高程或增加导墙深度而提高导墙的刚度。

(3) 可以采取灌浆、深搅、夯实、垫层等措施，对导墙下一定深度内的软弱地基和基础进行预先加固处理，具体的处理方法应和下部的地基、导墙的荷载要求相适应。

(4) 在地下水位较高时，为了降低周围的地下水位，可增加槽孔内泥浆柱的净压力，避免槽孔上部坍塌，提高导墙基础的稳定性，也可以在施工平台周围设置排水沟或降水井、坑，采取排水和降水的方法。

(5) 为避免导墙倾倒，导墙浇筑成型后应在导墙内侧加设木、土支撑。

(6) 应该采用铺设方木、钢轨、钢板等设施，以增大机具和设备作用在导墙上的接触面积，从而有效分散施工和机械的荷载，使导墙和周围施工工作面均匀受力。

**6.1.2 槽孔坍塌**是防渗墙施工中经常遇到的现象，在槽孔主孔或者副孔施工期间，清孔、下设钢筋笼或浇筑混凝土时都会发生。槽孔两侧和两段上的孔壁会发生各种形状不规则的、方量不一的坍塌。如坍塌发生在槽孔内液面以下，坍塌的时候可以在孔口观察到大量的细密的水泡和气泡；大量的坍塌土体一旦滑落到槽孔底部后，不仅槽孔深度显著变浅，而且会掩埋或者卡阻下部的各种施工机具，钢筋笼和钻具亦不能顺利下入到设计位置；少量塌方发生时，虽用抽筒或反循环等不断连续出渣，但仍然出现钻孔速度变慢甚至无进尺、孔内密度显著加大，钻机负荷明显增加等非正常现象。

产生上述情况的主要原因是：地层软弱，存在流沙、淤泥地层；护壁泥浆质量差，不能有效护壁；槽壁内外侧地下水存在压差；钻进速度过快；提钻速度也过快；造孔后放置时间过久及地面附加荷载大等。为防止槽壁坍塌，可采取如下措施：

(1) 在软弱土层中造孔，适当加大泥浆密度，提高槽段内液面高程，加固槽孔附近的软弱地层，并控制进尺速度。

(2) 密度、黏度和失水率、含砂率等关键性能指标应该与地层条件相适应，一般情况下，应选用黏性好、失水率低、含沙量

少的优质泥浆。

(3) 对周围较高地下水位的防治措施是适当提高导墙顶高程、采用加重泥浆或对周围水源实行降水、排水等措施。

(4) 造孔成槽机具在槽内提升速度不应过快以避免抽吸现象，钻具和机具提出时要及时向槽孔内注入泥浆使其液面保持在槽孔口下。

(5) 为避免放置时间过长，槽段成孔后尽快下设钢筋笼并浇筑混凝土。

(6) 为防止成槽过程中突然大量漏浆而导致槽孔瞬时严重坍塌的问题，对严重架空的强漏水地层，在成槽前可以考虑采取灌注一定体积的浓黏土浆、水泥黏土浆或水泥膨润土浆等措施，使部分漏浆通道予以堵塞，一旦发生槽孔漏浆，应立即采取回填锯末、黏土、砂砾料等堵漏材料进行堵漏处理。

(7) 当预报大、暴雨或附近河道将通过超标水量前，采用黏土、砂砾料等材料回填槽孔。

(8) 根据地质条件和槽孔最大深度确定单元槽段最大长度，地质条件好的、孔浅的、施工周期短的槽孔可以采用较长的槽段长度。

(9) 施工的重型施工机械应尽量远离槽孔口，并采用下垫方木、钢板等措施分散施工机械荷载，减轻震动、冲击对槽孔孔壁稳定的不利影响。

**6.1.3 槽孔偏斜将影响防渗墙位置和走向，还影响相邻两槽孔的搭接质量，控制槽孔偏斜是保证防渗墙施工质量的重要环节。造成槽孔偏斜的主要原因是造孔机具安装质量差，重心形心不在同一线上；基座不稳，支撑不牢；地质条件复杂，存在孤石、探头石；抓斗体两侧受力不均等。一般可采取如下措施，防止孔斜超标：**

(1) 开钻前，调整钢丝绳悬吊的位置，使钻头或抓斗斗体和孔中心在一条直线上，并使设备坐落在水平、坚固、稳定的基础上。



(2) 针对大孤石、探头石或坚硬地层，最有效的方法是小冲程冲击钻进，也可以采用孔内定向爆破或者聚能爆破的方法对孤石等进行解体。

(3) 在软硬换层界面或扩孔、塌孔严重部位，采用慢速钻孔，穿过后再恢复正常造孔，经常测量孔斜可以及时掌握偏斜情况以便尽快实施纠偏处理。

(4) 一般的槽孔尽可能采用Ⅰ序、Ⅱ序成墙顺序，两侧Ⅰ序孔施工完成后先施工中间的Ⅱ序孔。

(5) 一旦发现孔斜超偏，可以采取上下往复扫孔，回填后二次造孔等措施。

**6.1.4 钢筋笼位置安装不到位**，一般有两方面的原因：一方面为钢筋笼重量轻，加工误差大，焊接质量不好，运输过程中扭曲、变形；另一方面为槽孔不平直，有突变，或孤石未清除。可采取如下措施：

(1) 多节钢筋笼下设时，要避免上、下节钢筋笼连接后形成垂直方向上的弯曲。

(2) 保证清孔质量。

(3) 在导墙上设置地锚或重型压杠将钢筋笼顶部限制不高于孔口。

(4) 钢筋笼底部混凝土的浇筑速度应适当放缓，并及时提升导管以控制埋深。

**6.1.5 墙体接头处漏水的主要原因**是：Ⅱ序孔端头清孔刷洗不干净、泥浆质量差以及混凝土絮凝等因素都会造成接头部位存在残留泥浆等杂物。

为使墙体结合部位满足防渗要求，可以采取如下措施：Ⅱ序孔墙体混凝土浇筑之前，清洗干净Ⅰ序孔墙体与Ⅱ序孔墙体的结合处；泥浆的密度、黏度和含砂率三项指标要满足规范要求；有条件优先使用膨润土浆。

**6.1.6 接头管起拔时**，接头管被卡、摩阻力过大、机械损坏或支撑体系破坏都有可能导致起拔中断而形成堵管事故。接头管被

卡、摩阻力增加的原因有接头管管体弯曲、混凝土已经凝固将接头管胶结、孔内有探头石、严重扩孔或弯曲部位、混凝土进入接头管内或管底部活门未有效开启而造成管底部真空产生负压；机械原因有：接头管连接部位强度不足、拔管机故障或起拔力不足；支撑体系失稳导墙严重变形或断裂。避免接头管堵管措施为：

(1) 使用性能优良的拔管机和精度高、强度满足要求的接头管及其连接件，底阀动作应可靠，以消除负压作用。

(2) 要控制好接头孔的造孔质量，孔壁平顺无急弯和严重弯曲部位，保证接头管在接头孔内处于垂直状态。

(3) 起拔操作时，采用微动程序轻微活动接头管以有效地削减起拔力。

**6.1.7** 浇筑时，混凝土与槽内泥浆混合后形成强度较低的絮凝物以及因清孔换浆不彻底遗留孔底的沉渣、泥浆及砂粒等，且其范围较大，使墙体出现空洞。混凝土浇筑时槽壁发生坍塌也会使墙体出现孔洞。

杜绝墙体出现孔洞的主要措施有：首先要保证混凝土拌合物具有良好的和易性与流动性能；其次是保证导管的平顺畅通，采用孔口挡板等保护措施是杜绝混凝土从孔口直接漏进槽内的有效手段。

浇筑时发现塌孔，应将混凝土上部的泥土吸出，并清除干净，再继续浇筑。

## 6.2 高喷防渗墙

**6.2.1** 高喷防渗墙喷嘴堵塞主要原因是水泥块、砂石等杂物堵塞了相应的管路或喷嘴，其防治措施关键是检查和彻底清洗所有的管路、喷管、机械等，必要时拔出喷管、拆卸喷管或喷嘴，进行清洗或更换。

**6.2.2** 当地层十分松散、有较多或大的空洞，高喷浆液就很难出现冒浆现象或冒浆量偏少；当水泥浆、高压水的流量不足，或

者喷管外侧环状间隙因颗粒包裹通道不畅时，也会造成冒浆量偏少的现象；地层中地下水含量丰富，气压高时，孔口冒浆量有时会出现过大的问题，此外，提升速度、旋转速度较慢时，破坏地层结构，单位延长米内注入的液体量偏大，也会出现孔口冒浆相对偏大的现象。当发生上述现象时，可采取如下措施：

(1) 非地下建筑空洞原因的不冒浆，一般采取原位停止提升的办法处理，也可以在孔口倒入适量的水玻璃、速凝剂或在高压水中掺入适量液态速凝剂，缩短浆液凝固时间，也可在造孔时灌注一定体积的浓浆或者用其他孔的孔口冒浆浆液堵塞大部分强漏失通道。

(2) 如冒浆量过大，可适当降低风压或减少风量，在保证桩径满足要求的情况下，也可以适当提高提升速度和旋转速度。

**6.2.3 高喷时水泥浆液与土体混合后形成的水泥石物质**，由于析水、凝固，在顶部会出现凝固收缩，出现高喷体凹穴，这时可利用原有的高喷孔或经人工清理出顶部凹穴后，用其他高喷孔孔口冒浆或新拌浆液进行回填处理。

**6.2.4 高喷时因种种原因造成高喷水泥用量不足或用量不均匀而导致固体体内水泥含量偏少**；在淤泥质和粉砂质地层中也会使固体强度偏低。为此，应采用新鲜无结块、高标号水泥，并保证水泥使用均匀。在软弱地层中，适当加大水泥浆用量以提高水泥土中水泥成分的含量，必要时可用浓浆置换。

**6.2.5 墙体产生集中渗漏**，主要是未形成连续的高喷防渗墙体。其防治措施为：由现场试验确定高喷各项技术参数；严格控制孔斜；高喷墙施工时，认真检查相关仪表与喷管、喷嘴等机具，确保各项参数满足设计要求。

## 6.3 振动板墙

**6.3.1 当地层中有障碍物、孤石、卵砾石较致密、振动锤振动力不足或机械性能差都会产生振动板墙达不到设计深度的问题。**遇有上述情况时，可采取以下措施：



(1) 查清地质条件，避开地下障碍物、孤石或卵砾石层；或改用其他防渗形式。

(2) 选用振动力较大、模板长度与处理深度相符的振动锤和桩机。

(3) 保持机械各导向、传动部件充分润滑。

**6.3.2** 造成板桩不连续的机械原因是模板弯曲、机座不平、模板偏斜、导向装置严重磨损、间隙过大或者存在撕裂现象；施工工艺原因为相邻板桩施工期间中断时间过长，后施工的墙体与已凝固的墙体不能很好咬合。保证板桩连续的主要措施为：首先要保证模板加工精度、刚性和导向连接装置可靠；其次是施工操作中要注意控制混凝土或砂浆的拌制均匀性和拔板速度；另外，要尽可能缩短相邻桩间的间隔施工时间，争取初凝前邻幅墙体施工完成。

**6.3.3** 板桩内夹泥主要是振动模板提升速度过快，模板底部会混入部分原地层的泥土或造孔时注入的泥浆；另外混凝土拌和物和易性不好也会导致土体填充的质量问题。保证板桩质量的主要措施是控制模板起拔速度与混凝土灌注速度相一致；保证混凝土或砂浆搅拌的均匀性。

## 6.4 深层搅拌防渗墙

**6.4.1** 机械搅拌法很难把整根桩搅拌的十分均匀，快速搅拌和单次搅拌则会让此问题表现更为严重；另外，搅拌或注浆机械在搅拌过程中发生故障，致使浆液不能输送至头部，搅拌翼提升或旋转速度不均匀也会造成进浆量不均匀、甚至没有浆液的问题。

解决上述问题可采用多次上下搅拌成桩工艺和慢速低转的搅拌参数，加强设备的保养和维修，保证充分拌制水泥浆并连续均匀输送水泥浆液。

**6.4.2** 由于搅拌头直径会因磨损而减小，从而成桩直径也不断减小；另外孔位与桩体偏斜过大、注浆中断时间长等均会造成搅拌不到位或无水泥浆液充填的情况。遇到上述情况，可采取以下

措施：

(1) 根据试验结果验证水泥掺量、水灰比、搅拌工艺和施工参数的合理性。

(2) 定期测量搅拌头的直径，当其偏差超过规定时应立即补焊。

(3) 为保证开孔精确度，要严格按测量放线位置开孔，并将搅拌机调成水平，机座稳固不晃动，保证搅拌管在铅垂状态下作业。

(4) 及时维修和保养各种机械设备，并采用滤网过滤、喷浆口安装单向阀等措施防止堵塞；搅拌头提升和注入水泥浆应保持同步，一旦出现缺浆，应立即停止提升；将搅拌头下沉 0.5m，恢复注浆后再提升，尽可能连续均匀输送水泥浆液。

**6.4.3** 地层中有障碍物、孤石或卵砾石层，机械高度或扭矩不足，电流过大，搅拌头难以搅拌到要求深度会出现处理不到位的情况。

要保证处理到位，首先要查清地质条件，避开地下障碍物、孤石或卵砾石层，必要时应改用其他防渗形式；其次选用扭矩大、高度与处理深度相符的搅拌桩机并且加强机械各导向、传动部件的充分润滑。

**6.4.4** 搅拌头不断磨损或搅拌翼折断、喷浆压力低，都可使桩径不足。其处理措施为：施工期间定期测量搅拌头的直径，超过偏差或搅拌翼折断时应立即补焊；加强注浆设备和管路、通道的检查，提高注浆压力。

## 6.5 防渗土工膜铺设

**6.5.1** 土工膜损伤是由于采用了劣质的土工合成材料，或者在包装、运送和存储期间未认真采取保护措施，存放超过有效期；土工膜下的垫层没有进行认真清理、压实或者夯实，表面不平整，遗留有坚硬的块石、尖角杂物，土工膜就位后就会受到损伤；铺设土工织物时，拉扯不匀或受风吹影响，铺设不平整也会

因折皱而损伤。为保证施工中不损伤土工膜，应选用合格的土工合成材料并按规范要求包装、运输、存储；平整压实地地、设置砾石、碎石或砂垫层，并修整平顺，清除全部杂物；土工膜铺设前要进行试铺；铺设一般从一端向另一端进行，端部必须精心铺设并锚固。

**6.5.2** 因为部分胶料可溶于水容易脱胶；接缝下的基面不平整、气候突然变化导致黏结温度变化、土工布余量不足和风吹等都会造成松紧程度不均、接缝质量差异大。

为此应采用合格的黏结胶料；拼接后目测有无疏漏接缝、烫伤、褶皱，然后借助仪器检测；处理好地基、在干燥和温度适宜的天气拼接；留有足够余幅、随铺随压重以防风吹掀膜；还要有防火等措施。

**6.5.3** 黏结不牢靠、黏结长度小、接缝处凹凸不平、受力不均造成可能松脱的原因；斜坡上端头未锚固，也会在上部填料和自身重力作用下出现滑动。

## 6.6 排水管（孔）

对基础与边坡排水管（孔）的质量要求是排水要通畅，孔口位置要正确，孔向要符合规范和设计要求，孔口装置与排水孔体连接要牢固，做到上述要求，才能保证坝基、边坡排水有效。所以，将管（孔）堵塞，钻孔方向偏差超标和管口装置松脱列为质量通病，按照本标准所列防治措施要点要求进行质量控制，就可防止上述质量通病的发生。

## 6.7 软基反滤材料及敷设（含天然合成材料）

软基反滤材料敷设主要质量通病有两条，即反滤材料级配不良和反滤料敷设不当，这两个问题均可造成反滤效果差。实际做到反滤材料级配合理，敷设均匀并不难，只要对加工的反滤料按要求级配配制和混合，在敷设中精心施工，严格按设计要求厚度施工是完全可以保证其质量的。



## 7 灌 浆

### 7.1 浆液与造孔

灌浆工程都有造孔和使用浆液问题，为此把造孔与浆液列为单独一节。在造孔与灌浆使用的浆液中经常出现的质量通病为浆液密度不符合要求、灌浆孔斜率超标、孔深不满足设计要求、灌浆孔冲洗不净或裂隙冲洗不合格等问题。

**7.1.1** 浆液密度与浆液所用浆材的配比直接相关，只要知道浆材配比，使用绝对容积的原理，就可以计算出浆液密度。实施灌浆过程中，往往浆液密度测量不及时，甚至不配备测量仪器，造成浆液密度不符合要求。施工现场一定配备比重计，定时检测，控制好浆液的密度也就可以控制好浆液的质量。

**7.1.2** 如果各灌浆孔偏斜情况严重，且偏斜方向各异，灌浆后，很难保证帷幕的连续性、完整性和密实性，因而将会降低防渗效果。钻孔下部偏斜越大，钻孔间距则大，由钻孔中灌注的浆液，其有效的扩散范围未能相互搭接，有时还会遗留未经灌到的空白区，称其为“天窗”，形成漏水通路，对帷幕防渗作用不利。因此，钻孔偏斜程度是个重要的问题，它直接影响帷幕质量。特别是深孔，对其偏斜率允许值的规定更为严格。此外，应该制定保证钻孔方向偏差不超出允许值的有效的专门措施，以保证灌浆质量。

**7.1.3** 在进行灌浆工程设计时，坝基灌浆帷幕深度一般深入基岩的相对不透水岩层，若相对不透水岩层埋藏很深，宜选用悬挂式帷幕，悬挂式帷幕深度可根据地质条件、地层的透水性、坝基扬压力允许值、坝基排水措施等因素，结合大坝工程实际需要，参照渗流计算成果及其他类似工程的实践经验，综合考虑来确定；固结灌浆孔的深度一般都根据地质条件（如岩石的破碎程度、风化深度、裂隙大小）、大坝坝型和高度以及基础应力的分

布和大小等多种条件综合考虑而定。造孔时要确保达到设计孔深。

**7.1.4** 钻孔冲洗的目的是将残存在孔底和黏附在孔壁处的岩粉、碎屑等杂质冲出孔外，以免堵塞裂隙，影响液浆灌入。为了提高灌浆质量，取得良好的灌浆效果，在灌浆前必须清除钻孔中残积的岩粉，清除裂隙或空洞中所充填的黏土杂质等物。

**7.1.5** 裂隙冲洗的目的是用压力水将岩石裂隙或空洞中所充填的松软的、风化的泥质充填物冲出孔外，或是将充填物推移到灌浆处理的范围以外，这样将裂隙冲洗干净后，利于浆液流进并与裂隙接触面胶结坚固，起到防渗和固结作用。

## 7.2 固结灌浆

**7.2.1** 有混凝土板盖重条件下的固结灌浆，主要是担心由于使用灌浆压力不当，引起混凝土板上抬而导致盖板产生裂缝。

**7.2.2** 灌注浆液的连续性是取得良好灌浆质量的重要条件之一。在灌浆过程中，当发生灌浆设备故障、停电、停水、输浆管爆裂、仪表失灵等问题，以及诸如冒浆、串浆、绕塞渗漏、岩体抬动、吸浆量大而难以结束灌浆等特殊情况，造成暂时停灌，如果发生中断的时间较短，而灌的又是较稀的浆液，中断后可及时采取有效的冲洗措施；如果中断历时较长，且已灌至较浓的浆液，中断后又未及时采取有效冲洗措施，则会严重地影响灌浆质量，当无法冲洗或冲洗无效时应重新扫孔，而后再恢复灌注。

**7.2.3** 在灌浆施工中，基础岩石中钻孔很多，也比较深，因此，在各孔灌完后，均应很好地进行回填封孔，将灌浆孔严密填实。封孔应注意两个问题：一是要使回填料与孔壁紧密胶结，不漏水；另外，钻孔内的回填料本身应填密压实，封孔后，孔内不应留有大的洞穴，也不应有小孔。

## 7.3 帷幕灌浆

帷幕灌浆经常发生的质量问题主要有：孔口段灌浆不符合要

求；射浆管或灌浆管被浆液凝结及下射深度不够和水灰比变换不当等。

**7.3.1** 孔口段一般岩层裂隙多，又比较破碎，而且灌浆时容易产生地表冒浆、地表抬动等现象，影响灌浆连续进行，从而影响灌浆质量。

**7.3.2** 射浆管或灌浆管被水泥浆凝固在孔中，会影响下一灌浆段的钻孔和灌浆，如已经发现此征兆，应立即采取如下措施：

(1) 立即放开回浆阀门，使用稀浆或清水冲孔，如此时钻杆尚能转动，应继续保持转动不得停止。

(2) 使用钻机油缸、卷扬或其他起吊设备强力提升钻杆；如无效，则应按孔内事故处理或报废。

**7.3.4** 射浆管必须深入灌浆孔底部，离孔底的距离不得大于50cm。这是形成循环式灌浆的必要条件。

**7.3.5** 在灌浆过程中，浆液浓度的使用一般是由稀浆开始，逐级变浓，直到结束标准。过早地换成浓浆，会将细小裂隙进口堵塞，致使未能填满灌实，影响灌浆效果；灌注稀浆过多，浆液过度扩散，造成材料浪费，也不利于结石的密实性。因此，根据岩石的实际情况，恰当地控制浆液浓度的变换是保证灌浆质量的一个重要因素。一般灌浆段内的细小裂隙多时，稀浆灌注的时间应长一些；反之，如果灌浆段中的大裂隙多时，则应较快换成较浓的浆液，灌注浓浆的历时应长一些。

## 7.4 隧洞回填灌浆

隧洞顶拱回填灌浆经常发生的质量通病是预埋管堵塞、顶拱回填不饱满和封孔不密实等。

**7.4.1** 采用预埋管路系统进行回填灌浆时，灌区封闭、管路畅通是必要条件，管路的质量控制应当从加工和安装开始，尤其是在混凝土浇筑过程中要防止碎石、砂浆堵塞管路。

**7.4.2** 由于隧洞顶部脱空区总是在最高处，注入浆液析水后剩余的空隙也总是在最高处，所以隧洞顶部的混凝土衬砌与围岩易



脱空，或灌浆后充填不密实。要特别注意这些部位的回填灌浆质量，确保全部空腔充填饱满密实，为保证回填灌浆质量应对孔位合理布置，且做好检查孔的检查。

**7.4.3** 结束灌浆时应先关闭孔口闸阀，再拆除管路，防止灌入孔内浆液倒流；待孔内浆液初凝后，再拆除灌浆塞，同时将孔口空余部分使用干硬性水泥砂浆封填密实，压抹齐平。对于采用预埋管路系统进行回填灌浆，灌浆完成后一般情况下进、回浆管也被水泥浆封死了，如果没有封堵严密则可用水泥砂浆补封妥当。

有时，回填灌浆孔需要继续利用此孔进行固结灌浆时，封孔可留待固结灌浆后进行。

## 7.5 岸坡接触灌浆

采用预埋管路系统进行接触灌浆时，灌浆管路畅通是必要条件，管路的质量控制应当从加工和安装开始，尤其是在混凝土浇筑过程中要确保灌浆管路不被破坏，并防止碎石、砂浆进入管中。排气管单开流量达到要求是接触灌浆开灌的必要条件，说明灌浆管路畅通。

## 7.6 混凝土坝接缝灌浆

**7.6.1** 采用预埋管路系统进行接灌浆时，灌浆管路畅通是必要条件，管路的质量控制应当从加工和安装开始，尤其是在混凝土浇筑过程中要确保灌浆管路不被破坏，并防止碎石、砂浆进入管中。

**7.6.2** 在接缝灌浆工程中，缝面张开度达到要求是开灌的必要条件。接缝张开度大于或等于 0.5mm 时，采用普通水泥浆液可以进浆；而张开度小于 0.5mm 时，需采取化学灌浆等其他特殊措施施灌。

**7.6.3** 接缝灌浆只能进行一次有效的灌注，若失败了再进行补救，不仅非常困难，而且效果不会理想。为此，尽量避免在灌浆过程中发生串浆、外漏等特殊情况。

发现外漏，不要采用间歇灌浆的方法。间歇后，灌浆管路和缝面易于堵塞，很难或无法从原管路复灌。

串、漏的情况要在灌浆前压水检查中发现，在灌浆前予以解决。

**7.6.4** 灌浆过程中，当进浆管和备用进浆管均发生堵塞，先打开所有管口放浆，然后在缝面增开度限值内尽量提高进浆压力，疏通进浆管路；若无效可再换用回浆管进行灌注或采取其他措施。

**7.6.5** 灌浆因故中断，立即用清水冲洗管路和灌区，保持灌浆系统通畅。恢复灌浆前，应再做一次压水检查，若发现灌浆管路不通畅或排气管单开出水量明显减少，应采取补救措施。

## 7.7 钢衬接触灌浆

对采用钢板衬砌的压力隧洞，钢板与围岩之间回填混凝土完成后，对钢板与混凝土之间的空隙，应进行接触灌浆，以保证钢板与混凝土的有效结合。为合理确定灌浆部位，可采用锤击法确定空腔位置，根据空腔面积、位置布孔，并合理确定排气孔位置；为保证灌浆饱满，根据钢板厚度确定灌浆压力，一般不大于0.1MPa；根据空腔面积大小确定浆液比级；停止吸浆后延续灌注时间不小于5min。在灌注7~14d后再次锤击检查。

## 7.8 压水试验及灌浆质量检查

压水试验需要连续进行，并达到压入流量的稳定标准，因此这就使得压水试验的设备装置要满足要求。否则，所做出的压水试验结果不准确。

在水利水电工程中，压水试验的作用主要是：了解岩层的渗透性，以评价岩层的透水程度；论证水工建筑物基础和库区岩层的透水情况；为确定防渗方案与坝基处理措施提供基本资料；为进行灌浆试验选用技术参数（如孔距、排距、灌浆深度等）和制定灌浆施工工艺提供主要参考资料；为了检验灌浆材料和灌浆工

艺是否适合和评价灌浆效果。如果压水试验数据有误，则影响评价岩层的透水性；影响灌浆材料、灌浆参数和灌浆工艺的选择以及灌浆技术要求的制定，也影响灌浆效果的质量检查。



## 8 混 凝 土

混凝土是水利水电建设中一个主要施工项目，应用非常普遍，是所有水工建筑物必不可少的施工内容，所以混凝土的工程质量是最为重要的。混凝土可划分为普通混凝土、碾压混凝土、预制混凝土、预应力混凝土、水下混凝土等类型，但无论是何种类型混凝土的质量均与模板，钢筋，混凝土制备、运输、浇筑与养护的质量有关，这是混凝土工程带有共性的问题，所以在本章混凝土的质量通病中，将模板、钢筋、止水及埋件和混凝土制备、运输、浇筑及养护分别列为 8.1 节、8.2 节、8.3 节和 8.4 节，将预应力混凝土、预制构件混凝土、碾压混凝土和水下混凝土中的个性问题列为 8.5 节、8.6 节、8.7 节和 8.8 节。

### 8.1 模 板

模板是混凝土工程的一个最重要工序，模板型式、使用材料、模板的制作与模板的安装，对保证混凝土、钢筋混凝土结构与构件的外观平整度和几何尺寸的准确性，以及结构的强度和刚度都起重要作用。由于使用材料、模板型式、模板制作、模板的平整度、模板的安装精度、支撑结构的强度都直接影响混凝土的外观质量和几何尺寸，模板的拆除、保养、运输又直接影响模板的使用周期，所以应高度重视模板的质量，严格按相关规范要求进行模板选型、选材，精工制作，保证安装质量，认真拆卸、精心保养，提高模板使用效率。

### 8.2 钢 筋

混凝土工程离不开钢筋，他不仅是混凝土结构物承受外载的关键，也是防止混凝土裂缝的主要措施，所以钢筋的安装质量就



特别重要，一些工程失事的主要原因就是因为钢筋材料低劣、安装数量不足、尺寸不合理、焊接和连接质量差造成的。

在钢筋工程中，对钢筋材质只要使用有资质的正规厂家生产的，具有合格证，经过质量抽检，其质量容易保证。但对进场后钢筋的保管、堆放不当造成的钢筋表面有浮锈和表面污染确是容易忽视的问题。

在钢筋混凝土结构中，钢筋的间排距，受力钢筋的安装位置、保护层厚度，钢筋的焊接质量和机械连接质量，以及混凝土浇筑过程中钢筋的位置错动及变形都是经常发生的质量通病，他们的施工质量也直接关系到钢筋混凝土的承受荷载的能力。

关于钢筋的焊接，常用的方法有电弧焊、闪光对接焊、气压焊和电渣压力焊；机械连接的方法主要有钢筋挤压套筒连接、钢筋锥螺纹连接和钢筋直螺纹连接。上述焊接与机械连接在钢筋安装中均有采用，不同焊接和连接都有不同的质量要求，为防止质量通病发生，一定要按相应的要求进行质量控制并做到控制到位和检查到位。

### 8.3 止水及埋件

止水安装是水工混凝土结构中特有工序，关系到水工结构是否漏水、渗水的关键。

止水材料主要有三种：第一种为金属材料制成的止水片；第二种为橡胶或聚氯乙烯制成的止水带；第三种为近几年来生产的新的、合成的膨胀性止水条。这三种止水材料的生产质量、保管、安装及封闭性连接质量都影响止水效果。特别是安装位置不准确，连接方法不合适是经常和极易发生的质量问题，所以要高度重视，并且对质量不符合规范要求的现象要在混凝土浇筑前得到纠正。

在水工混凝土结构中，埋件主要指供、排水管，测压管，观测穿线管以及闸门槽埋件等，其经常发生的质量通病是埋设位置不正确或局部堵塞造成不通畅，影响工程的使用。

## 8.4 混凝土制备、运输、浇筑及养护

混凝土制备、运输、浇筑和养护是所有品种混凝土共同的工序环节，所以在混凝土工程中将其共性问题作为单独一节列出容易产生质量通病。本节共归纳质量通病 16 条，其中属于原材料检测和混凝土配合比 2 条，混凝土制备 5 条，混凝土浇筑 5 条，养护 1 条，混凝土外观及质量检查 3 条。

**8.4.1~8.4.2** 关于混凝土原材料方面的质量通病。主要有：施工前未进行配合比试验或配合比试验结果未经监理审核、原材料未检测或检测频次不足。这两个问题发生的频次较高，尤其是中、小型工程，混凝土设计强度等级多，工程量少，因此多采用经验配合比，对使用的原材料也只象征性的取几个样品进行检测，未按《水工混凝土施工规范》（DL/T 5144—2001）第 5.1.5 节、第 11.2.5 节、第 5.4.7 节的规定“同厂家、同品种、同强度等级”，“不足规定进场检测数量的材料也要检测一组”等要求进行检测。严格来讲这都是规范所不允许的，这不仅给正确评定工程质量带来困难，也会使工程存在不可预见隐患。

**8.4.3~8.4.7** 关于混凝土制备的质量通病。主要有：拌和站计量器具未定期校验，配料系统称重误差超标；骨料含水量变化时未调整用水量；混凝土和易性差，力学性能不满足设计要求；出机口各种检测项目检测频次不足，记录不完整；未按规范和设计要求对混凝土力学指标检测。这 5 条通病都直接影响混凝土的浇筑质量和混凝土内在质量，混凝土力学指标不满足要求，浇筑质量不能从源头保证，将直接影响工程安全，要从源头开始进行混凝土工程的质量控制，就必须对上述 5 个质量通病认真进行防范，杜绝和减少上述质量通病的发生。

实际上防止上述通病发生并不难，就是认真将《水工混凝土施工规范》（DL/T 5144—2001）第 7.1 节和第 11.1~11.5 节的规定内容，认真落实，明确责任人，检查到位，发现问题及时改正。

**8.4.8~8.4.12** 关于混凝土运输及浇筑的质量通病。主要有：浇筑温度超过规定；辅料厚度过大，以振捣代替平仓；振捣器插入深度不足，布点不合理；建基面及二次浇筑结合面处理不符合规定；浇筑间歇时间超过规定。这5条都是浇筑过程中容易出现的质量问题。

浇筑温度、铺筑厚度、平仓、振捣、允许间歇时间、建基面及二次浇筑结合面的处理，《水工混凝土施工规范》（DL/T 5144—2001）都有明确规定，这些规定是保证混凝土浇筑质量最基本的质量要求，是必须做到的，所以在混凝土浇筑工序中是必须认真执行的，不得疏忽。

**8.4.13** 关于混凝土养护问题。关于混凝土的养护问题是最为简单，也是最经常出现的质量通病。混凝土浇筑后的养护，是减少混凝土裂缝，提高外观质量最为有效的措施。养护不到位的主要原因是管理不到位，检查不到位，提高对养护重要性的认识，加强检查就可以避免此类问题的发生。

关于对混凝土质量的评价。混凝土工程的质量好坏是综合因素的反映，包括模板，钢筋，原材料，混凝土拌制、运输、浇筑和养护多种工序的质量控制。评价混凝土质量主要从两个方面：一是内在质量，即混凝土的各种力学指标，一定要达到设计要求，并满足规范规定；二是其外观质量，包括外形尺寸、表面有无蜂窝、麻面、狗洞，结构缝施工缝是否渗水，是否存在表层或深层裂缝等。

(1) 关于混凝土的内在质量。主要评价标准是混凝土力学指标是否满足设计要求，检测频次是否满足规范规定，这两条都必须满足。力学指标满足设计要求可从两个方面来分析：

①混凝土配制质量，用机口取样结果评价，包括平均强度要达到设计值，且满足保证率要求，用统计分析结果判定混凝土的生产水平。

②混凝土工程的实体质量用仓面取样结果和设计龄期检测结果评价。往往容易忽视的是仓面的取样，主要表现是取样频次不



足，甚至不在仓面取样。

关于混凝土实体质量的控制，DL/T 5144—2001 的第 11.3～11.5 节和附录 A 都有详细规定，应认真执行。

(2) 关于混凝土的外观质量。外观质量的好坏，不仅是外表是否美观，更主要的是否影响工程使用，混凝土工程施工完成后，要进行体型测量，进行缺陷调查，做好备案记录，进行外观质量评定等。这些工作都是规范要求进行的必不可少的工作，也是质量评定最关键的项目。

所谓混凝土缺陷是指构成对结构物使用、耐久性、防渗性、几何尺寸、受力状况、美观等不满足设计要求的不可接受的事件。混凝土缺陷修补，指为恢复水工混凝土结构因缺陷造成损伤的工作，但不包含恢复结构承载力的工作。混凝土补强加固，指恢复水工混凝土结构物承载能力、满足水力学性能的工作。

混凝土结构缺陷处理主要有如下几个方面的工作：

① 结构物尺寸和位置的偏差。结构物的类型和用途不同，对体形尺寸误差的要求是不一样的，相应的规范都有明确要求。结构物混凝土施工完成后，必须进行体形测量。体形尺寸控制应从立模开始，在混凝土浇筑过程中，平仓、振捣，特别是靠近模板部位要小心振捣，要有专人负责，随时检查模板及其支架、钢筋、预埋件及预留孔洞的情况，并调整模板、钢筋的形状和位置，使其满足设计要求。当模板、钢筋出现不正常的变形、位移、松动时，应及时采取措施进行处理，必要时停止混凝土浇筑。严禁混凝土入仓下料时直接冲击模板。

② 表面缺陷。表面缺陷包括蜂窝、麻面、狗洞、错台、挂帘、伸缩缝、结构缝体形突变等。施工过程中尽可能避免出现上述情况。出现上述情况要进行处理，处理部位、处理方法、处理结果要备案，处理完成后要经过验收。对表面缺陷一般采用如下处理措施：

a. 对于表面突变，错台、挂帘等缺陷，应凿除体型尺寸超出设计允许值部分的混凝土，并打磨光滑。对处理体型尺寸小于



设计允许值的欠浇筑混凝土，应凿已浇混凝土乳皮至外层钢筋，再补填高一强度等级的一级配混凝土至设计体型尺寸。

在过水面、挡水面、水位变化区，出露于混凝土表面的钢筋头必须切割掉，不应外露，切割时不宜采用电气焊，模板拉筋孔也采用此方法处理。

b. 对于过水面混凝土的麻面，还应用砂轮打磨平凸凹面。其他部位的混凝土麻面可视对建筑物的影响决定是否处理。

对表层混凝土爆裂，应视混凝土爆裂深度决定处理方法。爆裂深度不足以影响混凝土钢筋时，以砂轮打磨平爆裂面为主；当爆裂深度影响到钢筋时，应将爆裂混凝土凿至表层钢筋下3~4cm后，回填同标号小级配干硬性混凝土，或预缩水泥砂浆，也宜用膨胀混凝土或膨胀砂浆。

c. 当表面蜂窝较小时，针对混凝土所处部位，可用同标号预缩水泥砂浆、环氧砂浆压填抹平处理；表面蜂窝较大时，凿除蜂窝内松散颗粒，并凿成倒楔型，压填抹平预缩水泥砂浆、环氧砂浆，或立模浇筑同标号混凝土。

d. 对缺陷处理后的混凝土，应加强巡检，检查处理因环境变化或因缺陷处理质量引起的二次缺陷。

### ③混凝土裂缝。

a. 近年来随着高性能、高标号混凝土使用的越来越多，混凝土拌和物塑性裂缝问题已较为突出。由于高性能、高强度等级混凝土中胶凝材料用量相对较多，加之仓面收面时间过长、混凝土养护不及时，夏季在强暴露区的混凝土较易产生塑性裂缝。

b. 深、浅层混凝土裂缝的划分尚无严格的界线，应视混凝土浇筑块体薄厚程度、裂缝所处结构的部位、程度以及挡、过水面、水位变化区域等予以划分。本条款中的深、浅层混凝土裂缝均是按挡、过水面情况下的划分，浅层混凝土裂缝指裂缝深度为表层或受拉钢筋处；深层混凝土裂缝指裂缝深度超过表层或受拉钢筋；贯穿性裂缝指已贯穿混凝土浇筑块体。

c. 本章节中，将水位变化区的混凝土缺陷处理作为重点，

是因为水位变化区也多是冻融变化区，该区域的混凝土缺陷变化速度较快，性质也较严重。

d. 对于裂缝处理应包括裂缝调查、裂缝原因分析、水力学性能对该裂缝部位混凝土作用程度等，论证确定处理方案及处理后评价。

e. 混凝土表面网格状龟裂，不宜再进行处理。过流面、水位变化区的混凝土表面网格状龟裂，如有剥离情况时，应对其修补。修补材料应与混凝土有较相近的线胀系数，且有较强的粘接性能。修补时不宜凿除较深的混凝土，在凿除或用钢丝刷处理松动的剥离面后，即可覆盖修补材料并加强养护。

f. 对于浅层、深层和贯穿性裂缝的处理应视其所处部位，受力状况区别对待，应分修补和补强加固两种处理标准。对于内、外水压力较大的衬砌混凝土、受力程度较高的梁、板、柱及埋件混凝土、过流面、水位变化区等部位的混凝土，应采用补强加固处理。其他部位，应从功效、作用、经济等方面评估，决定是否修补处理。

从保护钢筋不受侵蚀、封堵渗漏水角度，可采用外表面封堵裂缝，也可采用灌浆的方法修补混凝土裂缝；对混凝土补强加固时，应采用裂缝灌浆的方法进行混凝土裂缝补强加固处理，并结合箍、锚等方法恢复混凝土的性能。灌浆材料一般采用无机材料，补强加固的浆材与混凝土的粘接强度，不小于混凝土自身的抗拉强度。

混凝土裂缝灌浆处理需在环境温度较低、裂缝开度较大的季节进行。

## 8.5 预制构件混凝土

预制混凝土使用不很多，主要为预制件，如预制模板、预制板块、预制梁板等构件，其质量通病为外观不平整，表面不光滑，有蜂窝、麻面；拆模过早，边、角损坏和铺装质量差等。其防治措施应从模板下功夫，保证模板质量和通过试验确定拆模时

间等，就从根本上杜绝此类通病的发生。

## 8.6 预应力混凝土构件

预应力混凝土除与普通混凝土共性的质量通病以外，其特殊问题就是由于施加预应力而容易出现的质量通病。其主要表现为：预应力筋布置、尺寸超标；张拉端承压面不平整，偏斜度超标；注浆孔道注浆不密实；张拉设备未校验；张拉损失大等。这些质量通病与预应力锚索的质量通病基本相同，其预防和防治可参照本标准 4.4 节的规定执行。

## 8.7 碾压混凝土

碾压混凝土的质量通病与碾压混凝土的特殊性有关，如控制可碾性的指标  $V_c$  值超标；使用的人工骨料超逊径大，未进行二次筛分；人工砂石粉含量不稳定，碾压混凝土和易性不好；未进行仓面设计，施工无序；运输道路不规范；皮带机、负压溜槽落差超标，骨料分离；变态混凝土加浆不规范，任意性大和碾压施工不到位，压实容重未达到设计要求等。

随着科学技术的进步，碾压机械、运输设备的改进和更新，碾压混凝土应用越来越多，工程量也不断加大，即保证快速施工，又做到质量优良，在施工过程中控制其施工质量就显得更加重要。所以，施工前一定要制定好碾压混凝土施工工法，详细规定质量指标和控制措施，并在施工中认真落实和认真执行，尽可能采用先进的检测方法，加强检查，以保证碾压混凝土的施工质量。

## 8.8 水下混凝土

水下混凝土应用较少，是特殊环境下的混凝土施工，其保证施工质量的关键是控制好基础面的质量，保证水下混凝土浇筑顺利，防止动水冲刷几个关键环节。



## 9 土石方填筑

### 9.1 基础面清理与基础处理

在堤防加固和水库大坝除险加固工程中，基础防渗加固是常见的工程项目。本条目中，堤防工程防范基础渗透破坏的措施系依据《堤防工程施工规范》（SL 260—98）的第 2.2.2 条、第 5.5.3 条、第 5.6.1 条及第 5.4 节相关规范编写。土石坝工程防范基础渗透破坏的措施可按《碾压式土石坝施工规范》（DL/T 5129—2001）的第 6.0.3 条、第 6.0.11 条、第 6.0.12 条、第 6.0.13 条、第 6.0.15 条、第 6.0.19 条及第 6.0.23 条等相关规定执行。

堤、坝等填筑体在填筑过程中或填筑完成后发生沉降是正常现象，但超过允许沉降幅度和不均匀沉降则为质量隐患。主要原因是堤防长度大，地质勘测工作不可能查的十分清楚，对软弱地基处理较为简单。

### 9.2 填筑施工工艺试验

防渗土料填筑试验包括确定压实质量指标的室内击实试验和确定压实参数的现场碾压试验。本节中，击实试验采用中国标准击实试验程序；碾压试验执行 SL 260—98 及 DL/T 5129—2001 附录 B 的规定。

### 9.3 土料填筑

影响土料压实质量的因素很多，在 SL 260—98 及 DL/T 5129—2001 第 10.1~10.4 节中均有具体要求。部分设计单位或施工单位在确定土料质量指标时直接沿用干容重或干密度作为指标：一是未按规范要求论证采用的干密度值相应的压实度，二是未根据不同的料源确定不同的施工控制干密度指标。



## 9.4 堆石料填筑

堆石料常见于心墙式堆石坝和面板式堆石坝中。本条目中,防范堆石体压实质量不合格的措施系依据《混凝土面板堆石坝施工规范》(SL 49—94)第 4.2.1 条和第 5.1 节、第 5.2 节相关条目的规定编写。其质量检查要求执行 SL 49—94 第 A1.2.2 条;压实质量的施工监测项目执行《水利水电工程质量评定表填表说明与示例》中表 7.10。

堆石坝的下游堆石区需具有良好的透水性,否则需设置滤水坝址。为防范堆石体透水不良,本条目依据 SL 49—94 第 3.2.4 条、第 4.1.5 条和第 4.2.2 条规定进行质量控制。

## 9.5 反滤料填筑

反滤层设计在《碾压式土石坝设计规范》(SL 274—2001)的第 4.1.15 条及附录 B 中有所规定。为防范反滤料级配不好,铺设不均匀,可依据 SL 260—98 及 DL/T 5129—2001 第 12.1.1 条、第 12.1.2 条、第 12.1.5 条及第 12.1.7 条的规定进行质量控制。

## 9.6 结合部填筑

防范填筑体内裂缝和不同料区结合部裂缝,应根据 SL 260—98 第 6.8.1 条、第 6.8.2 条和 DL/T 5129—2001 第 10.2 节的相关规定进行质量控制。

接触渗流破坏是堤、坝工程中易于发生、出现较多的险情,是堤、坝失事最重要的原因。为防范接触渗流破坏,应按 SL 260—98 第 6.8.3 条及 DL/T 5129—2001 第 11 章相关规定进行质量控制。

## 10 砌体及防护工程

### 10.1 浆 砌 石

水利水电工程中，浆砌石常用于大坝、溢洪道、水闸、桥梁、堤防及河道工程。在砌石重力坝、砌石拱坝、砌石支墩坝、溢洪道、水闸等工程中，浆砌石结构通常作为工程的主体，施工质量通病产生的机遇相对较少，因而，本节内容主要针对浆砌石挡土墙和浆砌石护坡编写。

浆砌石工程用于水工建筑物的不同部位，其抗滑、抗冲、防渗、排水等功能是不完全相同的，因而有不同的施工质量要求。其质量通病有石料质量不合格、砂浆质量不合格、砌筑质量不满足设计要求、砌体表面不平整等。主要防治措施包括：砌筑石料应满足规范要求，在砌体外冲洗去污并保持石料湿润；砂浆按照检验机构提供的配合比配制，不得在砌筑现场随意加水；在浆砌石设计断面内，全面均匀铺浆、灌浆、塞缝并有次序地进行插捣，使砌缝密实，无架空、漏插情况。

### 10.2 干 砌 石

干砌石工程除了作为挡土墙外，经常用于土坝、堤防迎水坡、背水坡的护坡。背水坡护坡以防止雨水冲蚀作为主要功能；迎水坡护坡则以防止风浪淘刷作为主要功能。由于河流、水库、湖泊、海涂的风浪强度不同，对于堤、坝迎水坡护坡的强度要求有较大差异。为了防止风浪在退水过程中产生负压，带走护坡中的石块，引发垫层破坏。对于护坡石料的块径、重量、砌筑的紧密度等在施工规范和质量评定规程中都提出了要求。

干砌石工程施工质量通病主要是砌筑质量不合格。

干砌石的面石，单块重量、最小边长要满足规范要求。砌筑过程中主要有两个施工工艺影响工程质量：

(1) 面石和腹石要匹配。由于毛石块径通常不等于设计厚度，这就要求在面石下边铺填腹石，使面石加上腹石达到设计厚度。腹石要求单层铺砌，防止叠砌；腹石要紧密排列，被压在面石下，不得架空出现空洞。

(2) 面石之间的嵌缝石要稳固，不能移动。面石要经过试放挑选；用手锤敲打修改面石，使面石之间尽可能吻合；对于不能吻合缝隙，要选择适当的嵌缝石填充，嵌缝石块数要少，防止小石集中；填筑时应将嵌缝石牢固地压在面石的下边，不能取出，禁止先排好大块石，再用小石充填缝隙，形成可以随意取出的“浮石”。

### 10.3 混凝土预制块

为防治混凝土预制块铺砌的施工质量通病的发生，首先要保证混凝土预制块的质量，其强度、形状、尺寸、平整度都要控制在允许误差的范围内；其次是做好垫层，垫层要平整、稳定，满足反滤要求；铺砌应缝线规则，块体排列紧凑、稳定、平整。

### 10.4 防冲体护脚

河流、湖泊、海涂的堤防、护岸，其上部为护坡，下部为护脚。海堤护脚多采用质量很大的异形体；河湖堤岸防护工程的护脚还使用抛石、抛枕、抛石笼、抛土工模袋等作为防冲体。

抛投防冲体施工，要求防冲抛投体制作质量合格，抛投位置和数量符合设计要求。

### 10.5 河道软体排

河道堤岸防护工程常用软体排护脚。软体排的施工质量通病是排体在重力和水力的作用下，发生部分或整体位移、变形及破坏，局部或全部丧失防护功能，河床局部冲刷引发崩岸、溃堤等险情。

挂排桩应有足够的强度和埋置深度，挂排框梁应有足够的强

度和良好系索结构，防止滑排。

系排的绳索、铰链应有足够的强度和抗老化性能，做好排、桩之间连接，防止脱排。

排体必须使用合格的材料，其强度应满足设计要求，压块质量合格并与排体连接良好，防止断排。

各块排体在河道中应自下游向上游铺放，每块排体的上游边缘应有足够压重或锚固力，防止掀排。

排体铺放应做好测量放样；铺放中应使排面展开，均匀铺放到床面，防止排面变形；各排体之间有效搭接宽度应满足设计要求，防止漏排。



## 11 疏浚与吹填

### 11.1 河湖疏浚

河湖疏浚工程施工质量通病主要是未按照设计的尺度施工；未挖到设计高程，欠挖；开挖危及堤防、护岸或岸边建筑物的安全。这些通病只要加强管理，按照设计施工，是不难防治的。

### 11.2 吹填

在不少工程中，吹填和疏浚是结合进行的。

吹填工程施工质量通病一般表现为排泥区高程或平整度未达到设计要求。防治措施是加强吹填施工管理；及时合理地变换排泥管出口位置；吹填高程预留固结沉降量；采取补充吹填或机械整平等措施。

## 12 金属结构制作及安装

### 12.1 制 作

金属结构制作中，经常出现的主要质量通病为：闸门制作材料及外购件质量、闸门焊接质量、闸门、启闭机的防腐质量、电机、减速器、制动器等外购件质量不符合要求，以及压力钢管焊接返工率高，闸门、压力钢管运输中变形等。

金属结构制作时，安装单位应熟悉设计文件和图纸，按照《水工金属结构焊接通用技术条件》(SL 36)、《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105)、《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(SL 381)、《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》(SL 432)、《水电水利工程钢闸门制造安装验收规范》(DL/T 5018)的要求，制定详细的制作工艺、制作方法和制作质量标准，提出金属结构制作质量控制措施。

### 12.2 安 装

在金属结构安装中，经常出现的主要质量通病是：闸门止水平面度及支承平面度不满足要求；闸门自由状态垂直度超标；闸门开度显示器与荷载显示器不准确；门槽埋件安装，结构发生变形、位移、裂纹及混凝土回填不密实；液压启闭机启闭时不同步等。

金属结构安装时，安装单位应熟悉设计文件和图纸，按照 SL 36、SL 381 和水工金属结构单元工程施工质量验收评定标准的要求，制定详细的安装工艺、安装方法和安装质量标准，严格按工序检查，加强安装、调试、检验、检测等过程控制，并及时记录。

## 13 机电设备安装

### 13.1 水轮机、水泵安装

大中型水电站水轮机、水泵安装中，经常出现的主要质量通病表现在：接力器推拉联动不协调，剪断销拉断、控制环上抬，轴流转浆水轮机转动部分上窜等。

机组安装时，安装单位应熟悉设备制造厂家技术文件和图纸，根据水轮机结构特点，按照《水轮发电机组安装技术规范》(GB/T 8564)的要求，制定详细的安装工艺、安装方法和安装质量标准，提出水轮机安装质量控制措施。

值得注意的是，当制造厂不允许接力器解体时，建设单位应派出设备监理工程师驻厂监造，设置质量控制点，加强检查，保证接力器装配质量。

安装单位应严格实行“三检制”，严格按工序检查，加强安装、调试、检验、检测等过程控制，并及时记录，保证水轮机安装质量。

### 13.2 辅助设备安装

水电站和水泵站辅助设备安装中，经常出现的质量通病是，辅助设备和油气水管道内部存在杂物，辅助设备系统试运转不符合要求。安装单位应在辅助设备安装前，进行必要的解体检查，将管道内遗留的铁屑、棉丝等杂物清理干净。按照有关标准、设计和合同要求，以及水力机械辅助设备系统单元工程施工质量验收评定标准的规定，严格按工序检查，加强安装、调试、检验、检测等过程控制，并及时记录，保证辅助设备安装质量。

轴流水泵安装中，经常出现转轮擦壳、受油器串油现象。安装单位应根据设备制造厂家技术文件和设计要求，以及《泵站安装及验收规范》(SL 317)的规定，制定详细的安装工艺、安装

方法、安装质量标准，并及时进行技术交底，提出水泵安装质量控制措施。

### 13.3 发电机安装

发电机安装中，经常出现的质量通病有：定子铁心叠片压紧度不够，定子线圈整体耐压不合格，定子机座内部清理不合格，转子磁极极靴与线圈间清理不合格，轴承瓦温异常，组合件间隙、错牙超标，螺栓预紧力不符合要求等。

发电机定子制造、组装和安装过程中，机座内经常存在铁磁性等杂质，必须在机组试运行前清扫干净。有几座电站曾因机座内存在杂物出现过烧毁定子的事故，教训深刻。其原因就是机座内的铁磁性杂物在机组试运行时被气流吹动，又在磁场作用下聚集在穿心螺杆和绝缘套间，造成穿心螺杆与硅钢片短路。

发电机转子磁极极靴与线圈间的清理和试验，一般是在磁极水平状态下进行。而磁极是在垂直状态运行。有少量残留杂质时，并不影响通过试验检查，但在机组试运行时杂质会集中在磁极下部，出现匝间短路和接地。因此，安装单位应在机组试运行前，将转子磁极极靴与线圈间的杂物清扫干净。

通常情况下，机组制造商对主轴连接螺栓等大型螺栓和高强螺栓有预紧力要求，但对其他螺栓无预紧力要求。目前对这些无预紧力要求的螺栓大都是凭操作者经验进行预紧，极易出现预紧力不足或预紧力过大的现象。在多座电站运行中已发生螺栓断裂事故，出现更多的是检修时螺栓拆卸困难，原因是螺纹变形过大。因此，对制造商无预紧力要求的螺栓，应由安装单位自行制定安装工艺，明确各类螺栓的预紧力要求。

### 13.4 主变压器安装

主变压器安装中，经常出现的质量缺陷是，主变压器受潮，主变压器渗、漏油等。安装单位应在主变压器安装时，检查运输、保管，充油、充氮，以及油箱外表情况，检测绝缘电阻值和



绝缘吸收比等。严格执行铁心、线圈的检查、安装措施，保证铁心、线圈暴露时间不超出环境允许时间。对受潮的变压器进行干燥处理。制定螺栓、盘根的连接紧固、检查措施。按照有关标准、设计和合同要求，以及变压器单元工程安装质量验收评定标准的规定，严格按工序检查，加强安装、调试、检验、检测等过程控制，并及时记录，保证变压器安装质量。

### 13.5 其他电气设备安装

电气一次设备安装中，经常出现的质量通病是，充油（气）设备渗漏，隔离开关垂直及水平拉杆连接不可靠等。安装单位应在电气设备安装时，根据设备制造厂家技术文件和图纸，以及电气设备单元工程安装质量验收评定标准的规定，制定详细的安装工艺、安装方法、安装质量标准，并及时进行技术交底，提出电气设备安装质量控制措施。

GIS设备安装中，经常出现的质量通病是，GIS整体工频耐压不合格，GIS室通风不畅等。特别是GIS设备制造时内部存在金属遗留物的问题屡见不鲜，应加强设备监造和检查力度。安装单位应在GIS设备安装时，根据设备制造厂家技术文件和图纸，以及GIS设备单元工程安装质量验收评定标准的规定，制定详细的安装工艺、安装方法、安装质量标准，并及时进行技术交底，提出GIS设备安装质量控制措施。

防雷接地装置安装中，经常出现的质量通病是，屏、柜安装固定和接地网安装不符合要求等。安装单位应在防雷接地装置安装中，根据设备制造厂家技术文件和设计要求，以及防雷接地装置单元工程安装质量验收评定标准的规定，制定详细的安装工艺、安装方法、安装质量标准，并及时进行技术交底，提出防雷接地装置安装质量控制措施。

## 14 安全监测

### 14.1 仪器设备检验及率定

对安全监测系统仪器、设备和电缆进行检验和率定，是在安装施工前和安装过程中必不可少的重要工作环节，控制好此环节安装和调试工作将事半功倍。本节条文主要是根据《大坝安全监测系统验收规范》（GB/T 22385—2008）第 6.2.1.5 条、第 6.2.1.6 条和第 9.2.2.1 条等条款，同时结合现场调查发现的问题进行梳理、分类和分析，将主要常见的通病列在条文中。

### 14.2 仪器设备安装埋设

严格按照规程规范要求，进行仪器设备安装埋设与维护是监测系统正常工作和顺利通过验收的主要手段。现场调查发现，系统仪器设备漏装漏埋、选型不合理、安装埋设方法不当等现象发生几率较高。本节条文重点是针对上述主要问题分析其主要原因和提出防治措施要点。同时依据国家及行业现行规程规范的相关规定，针对混凝土坝和土石坝常用的变形监测仪器设备安装埋设通病提出具体的防治措施。

### 14.3 电缆连接与敷设

系统电缆是连接观测设备仪器的主要纽带，电缆连接、敷设与保护等不到位，直接涉及系统正常运行。因电缆接头的搭接与封闭不满足规范及设计要求、埋设的电缆预留长度不足及线路保护不当等问题，造成连接系统设备线路断路，无法采集观测对象物理量的情况时有发生。本节条文依据现行规程规范要求，结合目前较为成熟的施工安装经验，就上述质量通病提出原因分析和具体的防治措施。

#### 14.4 施工期观测

关于观测数据初始值采集方面，其质量通病一般表现为：未获取内观仪器设备的初始值和施工期结构关键时段的初始值。本节条文着重分析原因和提出具体的防治措施。

施工期监测问题时常被安装单位所忽视。本节条文就主要通病进行了原因分析和提出具体的防治措施。

#### 14.5 监测资料整编和分析

关于施工期监测资料整理整编和分析问题，部分安装单位，只重视安装施工，忽视资料整编和分析工作。其主要表现为：资料管理混乱、分析不及时和分析成果与实际情况不符等问题。本节条文就上述问题进行了原因分析和提出具体的防治措施。