|  |  |
| --- | --- |
|  | SL |
| ICS  CCS |
|  |

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 734—202×

替代：SL734-2016

水利工程质量检测技术规程

Hydraulic engineering quality detection technical regulations

（征求意见稿）

（**请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回**）

202×—××—××发布 202×—××—××实施

中华人民共和国水利部 发 布

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照SL/T 1—2024《水利技术标准编写规程》的要求，对SL734—2016《水利工程质量检测技术规程》进行修订，并将SL 713—2015《水工混凝土结构缺陷检测技术规程》部分内容并入。

本标准共10章和7个附录，主要技术内容有：

——总则；

——术语；

——基本规定；

——地基与基础工程；

——土石方工程；

——混凝土工程；

——金属结构；

——机械电气；

——外观测量；

——信息化系统。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：中国水利工程协会

本标准参编单位：中水淮河规划设计研究有限公司

中国水利水电科学研究院

淮河水利委员会水利科学研究院

南京水利科学研究院

中国水利水电第五工程局有限公司

北京科技大学

长江地球物理探测（武汉）有限公司

中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准主要起草人：赵存厚 伍宛生 温彦锋 潘罗平 邓中俊 张杰 肖建章

吕列民 杨虎 陈雪锋 杨清风 李庆文 蔡加兴 马智法

本标准审查会议技术负责人：

本标准体例格式审查人：

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司(通信地址:北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn；网址：http://gjkj.mwr.gov.cn/jsjdl/bzcx/)。

目 次

[1 总 则 1](#_Toc9935)

[2 术 语 4](#_Toc28621)

[3 基 本 规 定 5](#_Toc14054)

[4 地基与基础工程 6](#_Toc21968)

[4.1 一般规定 6](#_Toc19748)

[4.2 地基工程 6](#_Toc6366)

[4.3 灌浆工程 7](#_Toc22201)

[4.4 防 渗 墙 11](#_Toc22400)

[4.5 基 桩 12](#_Toc3544)

[4.6 支护工程 15](#_Toc18870)

[5 土石方工程 18](#_Toc7830)

[5.1 一般规定 18](#_Toc22266)

[5.2 土 石 坝 18](#_Toc22388)

[5.3 堤防与渠道 19](#_Toc11528)

[5.4 砌石工程 20](#_Toc27506)

[6 混凝土工程 22](#_Toc26161)

[6.1 一般规定 22](#_Toc14763)

[6.2 混凝土坝 24](#_Toc777)

[6.3 水 闸 25](#_Toc28349)

[6.4 泵站、电站 26](#_Toc23206)

[6.5 输水建筑物 27](#_Toc13967)

[6.6 通航、过鱼设施 27](#_Toc32213)

[6.7 水下建筑物表观缺陷检测 28](#_Toc10550)

[7 金属结构 29](#_Toc11496)

[7.1 一般规定 29](#_Toc13316)

[7.2 闸 门 30](#_Toc15630)

[7.3 压力钢管 31](#_Toc2051)

[7.4 启 闭 机 32](#_Toc29014)

[7.5 清 污 机 33](#_Toc8564)

[8 机 械 电 气 36](#_Toc11462)

[8.1 一般规定 36](#_Toc22529)

[8.2 水力机械及附属设备 36](#_Toc20012)

[8.3 电机及附属设备 41](#_Toc9668)

[8.4 高压电气设备 44](#_Toc19359)

[8.5 电气二次设备 45](#_Toc857)

[9 外观测量 47](#_Toc4798)

[9.1 一般规定 47](#_Toc27015)

[9.2 检测项目及布置 47](#_Toc7216)

[9.3 检测方法 49](#_Toc19796)

[9.4 结果评价 49](#_Toc21502)

[10 信息化系统 52](#_Toc20850)

[10.1 一般规定 52](#_Toc17835)

[10.2 感知系统 52](#_Toc112)

[10.3 系统和应用软件 53](#_Toc12868)

[10.4 硬件设施 53](#_Toc15632)

[10.5 数据资源 54](#_Toc10173)

[附录 A 质量检测单位检测工作流程 55](#_Toc17075)

[附录 B 水利工程质量检测报告的基本要求 56](#_Toc11343)

[附录 C 超声回弹综合法检测混凝土抗压强度 57](#_Toc7607)

[附录 D 冲击-回波法 71](#_Toc26038)

[附录 E 雷 达 法 76](#_Toc11498)

[附录 F 超声波法测混凝土表面损伤层厚度 80](#_Toc12257)

[附录 G 水下建筑物表观缺陷检测技术 82](#_Toc14935)

[附录 H 水轮发电机组(泵站机组)检测要求与评价表 85](#_Toc25480)

[标准用词说明 91](#_Toc5730)

条文说明.................................................................91

## 1 总 则

1.0.1 为加强水利工程质量检测管理，规范检测行为，保证检测工作质量，使检测工作标准化、规范化，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程的质量检测活动。

1.0.3 质量检测和结果评价主要依据如下：

1 国家和行业现行有关法律、法规、规章、规范性文件和技术标准；

2 合同文件、设计文件；

3 主要设备、产品技术说明书等。

1.0.4 本标准主要引用下列标准：

GB/T 1029 三相同步电机试验方法

GB/T 2970 厚钢板超声检测方法

GB/T 8564 水轮发电机组安装技术规范

GB/T 9652.2 水轮机控制系统试验

GB/T 14173 水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范

GB/T 14977 热轧钢板表面质量的一般要求

GB/T 15345 混凝土输水管试验方法

GB/T 15468 水轮机基本技术条件

GB/T 15613 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机模型验收试验

GB/T 18482 可逆式抽水蓄能机组启动试运行规程

GB 19212.1 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第1部分：通用要求和试验

GB/T 20043 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能现场验收试验规程

GB/T 20835 发电机定子铁芯磁化试验导则

GB/T 25442 旋转电机(牵引电机除外)确定损耗和效率的试验方法

GB/T 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准

GB 50203 砌体结构工程施工质量验收规范

SL 31 水利水电工程钻孔压水试验规程

SL 36 水工金属结构焊接通用技术条件

SL/T 105 水工金属结构防腐蚀规范

SL 197 水利水电工程测量规范

SL/T 212 水工预应力锚固技术规范

SL/T 223 水利水电建设工程验收规程

SL 235 土工合成材料测试规程

SL/T 264 水利水电工程岩石试验规程

SL/T 291.1 水利水电工程勘探规程第1部分:物探

SL 317 泵站设备安装及验收规范

SL 352 水工混凝土试验规程

SL/T 381 水利水电工程启闭机制造安装及验收规范

SL/T 432 水利工程压力钢管制造安装及验收规范

SL 434 水利信息网建设指南

SL/T 436 堤防隐患探测规程

SL 514 水工沥青混凝土施工规范

SL /T 545 铸铁闸门技术条件

SL 548 泵站现场测试与安全监测规程

SL 555 小型水电站现场效率试验规程

SL /T 582 水工金属结构制造安装质量检验通则

SL 583 泵站计算机监控与信息系统技术导则

SL/T 631.1 水利水电工程单元工程施工质量验收标准-土石方工程

SL/T 631.2 水利水电工程单元工程施工质量验收标准-混凝土工程

SL 635~637 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准

DL/T 443 水轮发电机组及其附属设备出厂检验导则

DL/T 444 反击式水轮机磨蚀评价导则

DL/T 474.2 现场绝缘试验实施导则 直流高电压试验

DL/T 474.4 现场绝缘试验实施导则 交流耐压试验

DL/T 489 大中型水轮发电机静止整流励磁系统试验规程

DL/T 507 水轮发电机组启动试验规程

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 822 水电厂计算机监控系统试验验收规程

DL/T 827 灯泡贯流式水轮发电机组启动试验规程

DL/T 5356 水电工程土工试验规程

DL/T 5406 水工建筑物化学灌浆施工规范

JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术规程

JTG E 20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JT/T 746 遥控无人潜水器协同潜水作业要求

JT/T 790 多波束测深系统测量技术要求

NB/T 10078 水轮机进水球阀选用、试验及验收规范

NB/T 10970 水轮机进水液动蝶阀选用、试验及验收规范

NB/T 35010 水力发电厂继电保护设计规范

1.0.5 水利工程质量检测除应符合本标准规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

下列术语及其定义适用于本标准。

2.0.1 工程实体 project structure

由原材料、中间产品、构（部）件按一定的工艺或技术要求施工或制造、安装形成的结构体或设备。

2.0.2 检测单元 detection unit

根据水利工程的结构或设备特点及检测工作需要，采取相应检测技术、方法划分的可独立评价其结果符合性的基本检测单位。

2.0.3 测区 detection area

按检测方法要求，在检测单元内为取得检测数据而选定的测试区。

2.0.4 测线 line of detection

按检测方法要求，在检测单元内为取得检测数据而选定的测试线段。

2.0.5 测点 detection point

按检测方法要求，在检测单元内为取得检测数据而选定的测试点。

2.0.6 结果评价 result evaluation

质量检测单位将质量检测成果与有关设计和技术标准进行比较，确定结果是否合格所进行的活动。

2.0.7 全数检测 comprehensive inspection

根据标准对全部检测单元逐个进行检测，获得全部数据以判断全部检测单元是否合格的一种检测方法。

2.0.8 抽样检测 sampling inspection

根据标准随机对部分检测单元进行检测，获得部分数据以推断全部检测单元是否合格的一种检测方法。

## 3 基 本 规 定

3.0.1　检测单元的划分应遵循下列原则：

1　检测单元划分宜与结构设计(分缝、分段、分块) 或功能相结合。

2　对于梁、柱、桩或板类的结构体，可将单根梁、柱、桩或单块板划分为一个检测单元；对于体积(面积)较大、线路较长的结构体，应根据使用的检测方法分块、分段划分检测单元。

3　对于金属结构、机电设备，以单台(套、扇)或制造段(安装段)作为一个检测单元。

3.0.2 应对原材料、中间产品和设备质量检测，检测合格后方可使用；未经检测或检测不合格，不得用于工程。

3.0.3 在对工程实体进行质量检测时，应优先选用无损检测方法，宜避免对工程实体造成损伤。必要且具备条件时应对原材料、中间产品、构（部）件进行质量检测。

3.0.4 同一个检测项目，有多种检测方法可以选择时，应优先选择成熟可靠且经过验证的检测方法。

3.0.5 工程质量检测中，检测项目出现不合格时，检测单位确认后应及时通知委托方。委托方应进一步组织有关单位确认，按照有关规定进行处理。

3.0.6 检测单位的质量检测活动应客观、公正、规范，并接受水行政主管部门的监督管理。

3.0.7 检测单位和检测人员应按相关规定开展质量检测工作，对检测数据和检测报告的真实性、准确性负责。质量检测单位检测工作流程见附录A，水利工程质量检测报告的基本要求见附录B。

3.0.8 检测原始记录、分析计算等成果资料应完整齐全，按档案管理规定永久保存。检测有不合格结果时，应建立检测不合格项台账登记备查。

3.0.9 水利工程项目中的交通、电力、建筑、市政等采用相应行业技术标准设计、施工的，工程质量检测应符合相应行业的规定及技术标准要求。

3.0.10 检测单位资质等级应与其承担质量检测业务的水利工程等级匹配。

3.0.11 从事水利工程质量检测的专业技术人员，应具备相应的质量检测知识和能力，并取得相应的从业资格。

3.0.12 质量检测单位应积极采用经试验论证其确实可靠的新技术、新材料、新工艺、新产品、新设备开展质量检测活动。

3.0.13 检测单位应进行信息化检测数据实时传输和检测流程信息化管理，保证检测作业全过程可追溯。

3.0.14 已进行数字化和信息化智慧水利平台建设的工程，应进行在线监测系统质量检测，确定质量是否合格。

*‌*

## 4 地基与基础工程

### 4.1 一般规定

4.1.1 地基与基础工程质量检测应包括为设计提供依据的试验检测、施工质量检测以及为验收提供依据的工程质量检测，需要验证承载力及变形参数的地基应按设计要求或采用载荷试验进行检测。

4.1.2 检测前应进行现场调查，应根据检测目的和要求对工程情况和现场环境条件进行资料收集和分析。

4.1.3 应根据检测目的、实施对象、工程状态、检测环境及检测指标要求等，制定检测技术方案。

4.1.4 检测工作宜采用多种检测方法相结合，多种检测方法的成果应能互相对比和验证。检测成果应真实、直观的反映工程质量状态。

### 4.2 地基工程

4.2.1 检测项目宜包括以下内容：

1 土（岩）地基宜包括检测压实度（系数）、渗透系数、承载力、贯入度（贯入阻力）。

2 复合地基宜包括检测压实度（系数）、渗透系数、承载力、桩身抗压强度、桩身搭接质量。

3 竖向增强体宜包括检测竖向承载力。

4.2.2 检测单元应根据工程特点和施工情况划分，每个检测单元的面积不宜大于25m2，应包含1根基桩，基桩位于检测单元中心附近。

4.2.3 检测方法应符合下列要求：

1 土（岩）地基：

1. 压实度（系数）检测：环刀法适用于细粒土地基的压实度检测，灌砂法适用于细粒土、砂类土和砾类土地基的压实度检测，灌水法适用于细粒土、砂类土和砾类土、块石换填/填筑等类型地基压实度检测；当堆石（土）体分层碾压施工、粒径较大（0.2m以上）、成分相对均一时，可采用附加质量法；当堆石（土）体粒径较小且厚度较小（0.4m以下）或堆积物为土体时，可采用核子水分-密度法测试。
2. 渗透系数检测：采用试坑注水试验。
3. 承载力检测：浅层地基采用浅层平板载荷试验，试验深度不小于5m的深层地基土和大直径桩的桩端土采用深层载荷试验，深层地基或地下水位以下的黏土和砂土地基可采用螺旋板载荷试验。
4. 贯入度（贯入阻力）：采用标准贯入试验、触探试验。

2 复合地基：

1. 压实度（系数）检测：采用灌水法、灌砂法。
2. 渗透系数检测：采用试坑注水试验、钻孔压水试验，高压喷射灌浆渗透系数检测优先选用围井法，也可选用钻孔压水试验或其他方法进行检查。
3. 承载力检测：采用慢速维持荷载法试验。
4. 桩身抗压强度：采用钻芯法。
5. 桩身搭接质量：采用开挖检查、弹性波等方法。

3 竖向增强体复合地基检测竖向承载力应采用慢速维持荷载法试验。

4.2.4 检测工作布置和频次应符合下列要求：

1 检测工作布置和频次应充分考虑质量评定和工程验收的要求，应符合《水利水电工程单元工程验收标准》等规程规范的规定要求。

2 压实度：根据工程特点和施工情况，每50m2～100m2或条形地基、基础、基槽宜20m～50m检测1组，每组应至少布置2个测点；若采用附加质量法或核子水分-密度法，测点布置应执行SL/T 291.1的规定。

3 渗透系数：根据工程特点和施工情况，每50m2～100m2或条形地基、基础、基槽宜20m～50m检测1组，每组应不少于1个测点。

4 承载力：根据工程特点和施工情况，每50m2～100m2或条形地基、基础、基槽宜20m～50m检测1组，每组应不少于1个测点。

5 贯入度（贯入阻力）：根据工程特点和施工情况，每50m2～100m2或条形地基、基础、基槽宜20m～50m检测1组，每组应不少于1个测点；采用换填垫层法施工的，每分层不少于1个测点；对于不加填料振冲加密处理的砂土地基和水泥土搅拌桩的桩身质量，应不少于3个测点；碎石桩桩体检测采用重型动力触探法的，每根碎石桩应不少于1个测点。

6 桩身抗压强度：每根桩不少于1组。

7 桩身搭接质量：根据检测方法布置测点。

8 竖向增强体复合地基：应不少于1个测点。

4.2.5 检测结果达到以下要求的，质量检测结果评价为合格：

1 桩身搭接质量：检测结果未发现质量缺陷。

2其他检测项目：检测结果达到设计和技术标准要求。

### 4.3 灌浆工程

4.3.1 检测项目宜包括以下内容：

1 帷幕灌浆、固结灌浆、防渗灌浆等宜包括检测孔位偏差、水泥结石充填密实度、水泥结石与岩体胶结质量、深度、渗透系数或透水率、岩体波速、弹性模量、变形模量等。帷幕灌浆、防渗灌浆增加封孔孔口封填外观质量、封孔水泥结石的密实度及芯样获得率。

2 回填灌浆宜包括检测浆液结石与围岩之间的脱空尺寸、浆液结石充填密实度、注浆量（或出浆流量）。设计不要求将空腔填满时增加浆液充填厚度。

3 接触灌浆宜包括检测钢管或钢衬与混凝土接触状况、脱空范围和程度。

4 化学灌浆宜包括检测水泥结石与岩体胶结质量、渗透系数或透水率等。

4.3.2 检测单元应根据工程特点和施工情况，按下列要求划分：

1 帷幕灌浆：沿帷幕线，每12m长度划分为1个检测单元。

2 固结灌浆、回填灌浆（包括基岩、地下洞室）：结合混凝土浇筑（衬砌）块、段或施工分区，按每50m2区域划分为1个检测单元；隧洞沿洞线长度，每8m划分为1个检测单元。

4.3.3 检测方法应符合下列要求：

1 帷幕灌浆、固结灌浆、防渗灌浆：

1. 孔位偏差：采用RTK、全站仪或钢卷尺等检测。
2. 水泥结石充填密实度、水泥结石与岩体胶结质量、深度：采用钻芯法检测，应执行SL/T 62的规定；采用单孔声波法、钻孔电视、层析成像（声波CT、电磁波CT、弹性波CT）检测应执行L/T 291.1的规定。
3. 渗透系数或透水率：采用压水试验方法检测，应执行SL/T 62的规定。
4. 波速：采用单孔声波法、跨孔声波法检测，应执行L/T 291.1的规定。
5. 弹性模量、变形模量：钻孔弹模、变模法检测，应执行L/T 291.1的规定。
6. 封孔孔口封填外观质量：采用目测法检测。

7） 封孔水泥结石的密实度及芯样获得率：采用钻芯法检测，应执行SL/T 62的规定。

8） 检查孔出现岩芯破碎、透水率(或渗透系数)严重超标等不正常的情况下，可采用钻孔电视技术或其他检测方法，检查孔壁浆液充填情况，辅助评价灌浆质量。

2 回填灌浆：

1. 浆液结石与围岩之间的脱空尺寸、浆液结石充填密实度、浆液结石充填厚度：采用钻芯法检测，应执行SL/T 62的规定，采用地质雷达法、冲击回波法、声波反射法、超声横波反射成像法检测，应执行SL/T 291.1的规定。

2） 注浆量或出浆流量：可根据工程条件采用单孔注浆试验或双孔连通试验的一种或两种检测方法，均应执行SL/T 62的规定。

3） 必要时可采用钻芯法对无损检测成果进行标定、验证，辅助检测资料解译。

3 接触灌浆：

钢管或钢衬与混凝土接触状况、脱空范围和程度采用冲击回波法、声波反射法、超声横波反射成像法检测，应执行SL/T 291.1的规定。

4 化学灌浆：

1）水泥结石与岩体胶结质量：采用钻芯法检测，应执行SL/T 62的规定。

2）渗透系数或透水率：采用压水试验方法检测，应执行DL/T 5406的规定。

4.3.4 检测工作布置应符合下列要求：

1 帷幕灌浆、固结灌浆、防渗灌浆：

1. 孔位偏差宜对全部灌浆孔进行检测。
2. 帷幕灌浆检测孔深度应深入设计防渗下限5m，孔斜不应大于孔深的1%,且宜在分析施工资料的基础上布置在以下部位：帷幕中心线，基岩破碎、断层与裂隙发育、强岩溶等地质条件复杂的部位，末序孔注入量大的孔段附近，钻孔偏斜过大、灌浆过程不正常等经分析资料认为可能对帷幕质量有影响的部位，防渗要求高的重点部位。
3. 帷幕灌浆检测孔数量可按灌浆孔数的一定比例确定，单排孔帷幕时检测孔数量可为灌浆孔总数的10%左右，多排孔帷幕时检测孔数量可为主排孔数的10%左右。检测方法以压水试验为主，钻孔电视、单孔声波法、层析成像等灌前检测孔数不宜低于灌浆孔总数的2%，灌后孔数不宜低于灌浆孔总数的5%。
4. 固结灌浆、防渗灌浆检测孔应均匀布置，构造破碎带、裂隙发育、岩溶等条件复杂部位和钻孔偏斜过大、灌浆过程不正常、末序孔注入量大、经资料分析认为可能对灌浆质量有影响的部位应布置检测孔，检测孔深度应大于灌浆孔的深度。
5. 固结灌浆、防渗灌浆宜以检测岩体弹性波波速的方法为主，每单元灌前灌后应分别布置不少于3个检测孔，灌前和灌后检测孔数量均不应少于总灌浆施工孔数的5％。所有检测孔均应进行单孔声波检测，其中跨孔声波法、钻孔变模、钻孔电视检测孔占总检测孔的比例不应少于60％、20％、60％。
6. 孔口封填外观质量：对全部孔口进行检测。
7. 封孔水泥结石的密实度和芯样获得率：宜布置1个检测孔，孔位宜根据孔口封填外观质量并尽量结合其他方法检测孔布置。
8. 弹性波测试应在灌浆结束14d后进行，压水试验应在灌浆结束3d后进行。
9. 灌后检测孔不应利用灌浆孔扫孔。

2 回填灌浆：

1. 浆液结石与围岩之间的脱空尺寸、浆液结石充填密实度、浆液结石充填厚度：采用物探无损检测方法时应沿隧洞轴线方向在拱顶、两侧拱肩、边墙各布置至少1条测线，当发现异常时可适当增加垂直洞轴方向的横测线。
2. 浆液结石充填密实度、浆液结石充填厚度：采用注浆试验和钻芯法检测时，检测孔应布置在拱顶中心线、脱空较大或灌浆情况异常的部位，孔深应穿透混凝土厚度深入围岩10cm，承受内水压力的隧洞每10m～15m宜布置1个或1对检测孔，其他隧洞的检测孔可适当减少。

3 接触灌浆：钢管或钢衬与混凝土接触状况、脱空范围和程度采用物探无损检测方法应沿隧洞轴线在隧洞底板中心线及两侧腰线以下各布置1条测线，异常位置应增加垂直洞轴线方向的横测线。

4 化学灌浆：检测孔宜在分析施工资料的基础上布置在相邻钻孔的中心部位；断层、岩体破碎带、裂隙发育带等地质条件复杂的部位；钻孔偏斜过大、灌浆过程异常等资料分析认为可能影响灌浆质量的部位。帷幕化学灌浆检测孔数量不宜少于灌浆孔总数的10%，固结化学灌浆检测孔数量不宜少于灌浆孔总数的5%。

4.3.5 检测结果达到以下要求的，质量检测结果评价为合格：

1 帷幕灌浆、固结灌浆、防渗灌浆：

1. 孔位偏差、深度：灌浆孔位与设计孔位的偏差应不大于10cm，孔深应不小于设计深度。
2. 水泥结石充填密实度、水泥结石与岩体胶结质量：检测孔钻孔取芯芯样的裂隙、空隙及破碎带部位均应被水泥结石充填饱满密实，水泥结石与岩石固结紧密。
3. 渗透系数或透水率：帷幕灌浆坝体混凝土与基岩接触段的透水率的合格率为100％，其余各段的合格率不小于90％，不合格试段的透水率不超过设计规定值的150％，且分布不集中；其他施工或测试资料基本合理。固结灌浆各段的合格率应达到85%以上，不合格孔段的透水率不超过设计规定值的150%，且分布不集中。
4. 岩体波速、弹性模量、变形模量：设计有要求时应达到设计要求，设计没有要求时对于重要工程或灌浆工程应在有代表性的部位进行岩体波速、弹性模量、变形模量试验，岩体波速提高不低3%的波速值，弹性模量、变形模量提高不低于5%的弹性模量、变形模量值作为灌浆质量评价指标。
5. 帷幕灌浆、防渗灌浆孔孔口封填外观质量密实度、水泥结石密实度、芯样获得率：全部孔口封填应密实不渗水，封孔取芯检查水泥结石应连续、较密实，芯样获得率应达到设计要求或不小于90%。

2 回填灌浆：

1. 浆液结石与围岩之间的脱空尺寸、浆液结石充填密实度：混凝土与围岩间的空隙 或空洞中浆液充填饱满密实，水泥结石与结构物胶结紧密无脱空。
2. 注浆量：设计有要求时应达到设计要求，设计没有要求时采用单孔注浆试验，初始10min内注入量不大于10L；采用双孔连通试验出浆流量小于1L/min。
3. 浆液充填厚度：对于不要求空腔充满的部位，浆液结石充填厚度应满足设计要求。

3 接触灌浆：钢管或钢衬与混凝土接触状况、脱空范围和程度应满足设计要求。

4化学灌浆：水泥结石与岩体胶结质量、渗透系数或透水率应满足设计要求。

### 4.4 防 渗 墙

4.4.1 检测项目宜包括以下内容：

1 混凝土防渗墙宜包括检测混凝土抗压强度、渗透系数、弹性模量，墙体抗压强度，墙体完整性（连续性）、墙体深度、厚度。

2 深层搅拌防渗墙宜包括检测墙体强度，墙体完整性（连续性）、墙体深度，桩长、桩搭接。

3 高压喷射灌浆防渗墙宜包括检测墙体防渗性能、墙体抗压强度。

4.4.2 检测单元应根据工程特点和施工情况划分，每检测单元的墙体长度不宜超过40m；以槽段为基础划分检测单元时，每个单元宜包括2个～3个槽段。

4.4.3 检测方法应符合下列要求：

1 混凝土渗透系数(抗渗等级)、抗压强度和弹性模量宜采用原位测试，墙体内布设检测孔,在检测孔中进行注水(压水)试验检测；室内试验应钻取或挖取芯样，制备试样按室内试验检测方法进行检测。抗压强度还可采用回弹法、钻芯法、超声-回弹法、原位压力试验。弹性模量还可采用动静载试验、回弹法、超声波透射法。

2 墙体完整性（连续性）应采用普查和详查相结合，普查方法宜采用垂直反射法、探地雷达法、直流电法，详查方法宜采用跨孔声波、弹性波CT、全孔壁光学成像。

3 墙体厚度宜采用开挖直接量测法、钻孔法。

4 墙体深度宜采用探地雷达法、弹性波CT、地震反射法、钻孔取芯法。

5 桩长宜采用低应变法、声波反射法、声波透射法。

6 桩搭接宜采用跨孔声波、弹性波CT、探地雷达、直流电法等。

7 防渗效果宜采用磁电阻率法、伪随机流场法、探地雷达法、直流电法，有钻孔情况下可采用全孔壁光学成像。

4.4.4 检测工作布置应符合下列要求：

1 地面检测测线应沿墙中轴线布置，测点密度应根据防渗墙类型、墙体宽度和设计要求综合考虑。

2 孔中检测的检测孔应布置在防渗墙中心线上或紧贴防渗墙，检测孔应充分利用墙体预埋管钻孔，深度应深入设计防渗下限5m，钻孔孔斜允许偏差应为孔深的±1%。

3 渗透系数(抗渗等级)、抗压强度和弹性模量测试应布置不少于2个检测孔，检测孔位置应在检测区内随机选取,在施工记录中存在异常情况的部位应增设1个检测孔。

4 墙体完整性(连续性)采用跨孔声波、弹性波CT等方法检测时,宜布置覆盖全部检测部位的CT剖面，孔距宜为2m～20m，点距宜为0.2m～1.0m；采用垂直反射波法、高密度电法、探地雷达法等方法检测时,测线应在墙头沿墙体轴线布置；采用高密度电法检测时，测线在墙头无法布置时，也可在墙头附近紧贴墙体布置。

5 墙体深度采用钻芯法应不少于1个检测孔；采用弹性波CT检测时，用于检测的钻孔应均匀布设，孔间距不宜大于20m，孔深应大于墙底深度。

6 墙体厚度应随机布置不少于2个测点。

7 防渗效果：

1. 采用全孔壁光学成像，布置1个检测孔
2. 采用探地雷达法,直流电法检测墙体两侧水位差判断防渗效果时,应在墙体两侧平行墙体各布置不少于1条测线 。
3. 磁电阻率法、伪随机流场法宜先确定渗漏点和缺陷分布情况，或在坝前水域布置测线网检查坝前渗漏入口。伪随机电流场测试时，接收探头与水底距离不宜大于10cm。磁电阻率法测线宜平行于坝体等结构的轴向，应根据任务水平定位精度要求确定测线、测点间距，线距宜为5m～20m，点距宜为5m～10m，所有测点应进行测量放样并标识，水平位置和高程允许偏差应为点距的±5%。

8 桩长、桩搭接检测采用低应变法时应不少于1个测点；采用钻孔法时布置1个检测孔；采用声波透射法时,测管不少于3根，测点覆盖全测管,测点距不大于20cm。

9 应利用CT孔进行压水试验，并布置一定量的孔壁数字成像孔、单孔声波测试孔，钻孔心墙段压水试验压力不应过大，以免破坏心墙。

4.4.5 检测结果达到以下要求的，质量检测结果评价为合格：

1 完整性(连续性)：检测结果未发现不完整缺陷。

2 防渗效果:检测结果未发现渗漏缺陷。

3 其他检测项目：检测结果达到设计和技术标准要求。

### 4.5 基 桩

4.5.1 检测项目宜包括以下内容：

1 混凝土灌注桩宜包括检测基桩的承载力、桩身完整性、桩长、成孔质量（孔深、孔径、垂直度、沉渣厚度等）及混凝土的强度。

2 混凝土预制桩（包括预应力管桩）宜包括检测基桩的承载力及桩身完整性。

3 钢桩宜包括检测基桩的承载力。

4.5.2 检测单元划分：每根基桩为1个检测单元。

4.5.3 检测方法应符合下列要求：

1 混凝土灌注桩：

1. 单桩承载力宜根据桩类型、工程特点等，选择采用单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验、高应变法或自平衡法。
2. 桩身完整性宜根据桩材质、桩周条件等，选择采用低应变法、声波透射法、高应变法或钻芯法检测。
3. 桩长宜根据桩材质、桩周条件选择采用钻芯法、磁测井法或充电法检测。
4. 灌注桩成孔质量宜根据灌注桩成孔工艺、成孔尺寸及形状、检测方法适用性、现场具体条件等，选择采用不同检测方法及仪器设备，如超声波成孔检测仪或伞形孔径仪，沉渣厚度检测应采用电阻率沉渣检测仪或探针沉渣检测仪。
5. 桩身混凝土强度宜采用钻芯法检测。

2 混凝土预制桩：

1. 单桩承载力宜根据桩类型、工程特点等，选择采用单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验或高应变法。
2. 桩身完整性宜采用低应变法。

3 钢桩：单桩承载力宜根据桩类型、工程特点等，选择采用单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验或高应变法。

4.5.4 检测工作布置应符合下列要求：

1 单桩承载力：

1. 为设计提供依据的试验桩检测，采用相应的静载试验方法确定单桩极限承载力，且在同一条件下不应少于3根；当预计工程桩总数小于50根时，检测数量不应少于2根。
2. 设计等级为甲级或地质条件复杂、桩施工质量可靠性低时，应采用单桩竖向抗压静载试验进行承载力验收检验。检测数量应满足设计要求，不应少于同一条件下桩基分项工程总桩数的1%，且不应少于3根；当总桩数小于50根时，检测数量不应少于2根。当在其他情况下，采用单桩竖向抗压静载试验作为验收检测方法时，检测数量宜符合本条的规定；当采用单桩竖向抗拔或单桩水平静载试验作为 验收检测方法时，检测数量应符合本条的规定。
3. 设计等级为乙级、丙级的桩基、满足高应变法适用范围的灌注桩或预制桩，可采用高应变法检测单桩竖向抗压承载力，检测数量不宜少于总桩数的5%，且不得少于10根。
4. 自平衡静载试验的检测数量应满足设计要求，不应少于同一条件下桩基分项工程总桩数的1%，且不应少于3根；当总桩数小于50根时，检测数量不应少于2根。对于大直径灌注桩，应先进行桩身声波透射法完整性检测，后进行承载力检测。

2 桩身完整性：

1. 建筑桩基设计等级为甲级，或地基条件复杂、成桩质量可靠性较低的灌注桩工程，检测数量不应少于总桩数的30%，且不应少于20根；其他桩基工程，检测数量不应少于总桩数的20%，且不应少于10根；另外，每个柱下承台检测桩数不应少于1根。
2. 大直径嵌岩灌注桩或设计等级为甲级的大直径灌注桩，应在本条第1款规定的检测桩数范围内，按不少于总桩数10%的比例采用声波透射法或钻芯法检测。
3. 桩身完整性检测，应在保证准确全面判定的原则上，首选适用、快速、经济的检测方法。当一种方法不能全面评判基桩完整性时，应采用两种或多种检测方法组合进行检测。
4. 采用低应变法时，每根受检桩应根据桩径大小，桩心对称布置2个～4个检测点。
5. 采用声波透射法时，每根受检桩预埋声测管应不少于2根，测点覆盖全管，测点距不应大于20cm。
6. 采用高应变法时，每根受检桩应布置1个测点。
7. 采用钻芯法时，桩径小于1.2m的桩的钻孔数量可为1个～2个孔；桩径为1.2m～1.6m的桩的钻孔数量宜为2个孔，桩径大于1.6m的桩的钻孔数量宜为3个孔。当钻芯孔为1个时，宜在距桩中心10cm～15cm的位置开孔；当钻芯孔为2个或以上时，开孔位置宜在距桩中心0.15倍～0.25倍桩径范围内均匀对称布置。

3 桩长：

1. 采用钻芯法时，每根受检桩应布置不少于1个检测孔。
2. 采用磁测井法时，钻孔布置在距灌注桩外侧边缘不大于0.5m的土中，且钻孔中心线应平行于桩身中心线，钻孔深度宜大于钢筋笼底设计长度3m；测点覆盖全孔，测点距不应大于25cm；最终依据钢筋笼长度检测结果推测实际桩长。

4 成孔质量检测：灌注桩成孔质量（孔深、孔径、垂直度、沉渣厚度等）检测宜对全数孔进行检测；必要时，可采用2种或2种以上的检测方法相互补充、验证。

5 混凝土的强度：

1. 基桩桩身混凝土钻芯检测，应采用单动双管钻具钻取芯样，严禁使用单动单管钻具。
2. 当桩长小于10m时，每孔应截取2组芯样；当桩长为10m～30m时，每孔应截取3组芯样；当桩长大于30m时，每孔应截取芯样不少于4组；每组混凝土芯样应制作3个抗压试件，试件的加工和测量，以及混凝土芯样试件的抗压强度试验应执行相关规范的规定。

4.5.5 检测结果达到以下要求的，质量检测结果评价为合格：

1 混凝土灌注桩的承载力、桩身完整性、桩长、成孔质量及混凝土的强度：检测结果应达到设计和技术标准要求。

2 混凝土预制桩（包括预应力管桩）的承载力及桩身完整性：检测结果应达到设计和技术标准要求。

3 钢桩的承载力：检测结果应达到设计和技术标准要求。

4 其他类型基桩检测项目的检测结果应达到设计和技术标准要求。

### 4.6 支护工程

4.6.1 检测项目宜包括以下内容：

1 锚杆检测宜包括检测锚杆长度、注浆饱满度、锚固质量检测。

2 锚筋桩检测宜包括检测锚筋桩长度、注浆饱满度。

3 锚索检测宜包括检测锚索孔的孔位、孔径、孔斜、孔深，锚索孔锚固段岩体质量检测；锚索长度、锚索锚固质量检测。

4 喷射混凝土检测宜应包括抗压强度、厚度、与围岩黏结程度、挂网位置和范围。

4.6.2 检测单元应根据工程特点和施工情况划分：

1 锚杆应以锚固面不大于30m2作为1个检测单元。

2 锚筋桩、锚索应以单桩、单索作为1个检测单元。

3 喷射混凝土每个检测单元面积应不大于50m2。

4.6.3 检测方法应符合下列要求：

1 锚杆：

1. 锚杆长度：锚杆外露长度应采用钢尺量测，锚固长度应采用声波反射法。
2. 注浆饱满度应采用声波反射法。
3. 锚固质量检测应采用拉拔试验。预应力锚杆应采用单循环张拉验收试验或多循环张拉验收试验。

2 锚筋桩：

1. 长度：锚杆外露长度应采用采用钢尺量测，锚固长度应采用声波反射法。
2. 注浆饱满度应采用声波反射法。

3 锚索

1. 锚索孔：孔位宜采用RTK、全站仪、钢卷尺等检测；孔径宜采用游标卡尺、直尺等检测；孔斜应采用测斜仪检测；孔深宜采用探孔设备、测深仪、直尺等检测；锚固段岩体质量宜采用钻孔电视、单孔声波等检测。
2. 锚索长度应采用卷尺等检测
3. 锚固质量检测：锚索锚固质量检测包括基本试验、蠕变试验和验收试验。基本试验应采用多循环张拉，分5～8级加载到最大试验载荷；蠕变试验应采用多循环张拉，分6级进行加载到1.2倍设计载荷，每级荷载应按持荷时间间隔1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330、360min记录蠕变量；验收试验应采用锚索单循环张拉验收试验或锚索多循环张拉验收试验。

4 喷射混凝土：

1） 抗压强度检测宜采用现场切割或钻芯取样的方法。

2） 厚度检测应根据喷射混凝土材料和工程情况采用切割或钻芯尺量法、探地雷达法或声波反射法。

3） 与围岩黏结强度试验采用可在现场采用对被钻芯隔离的混凝土试件进行拉拔试验完成，也可在试验室采用对钻取的芯样进行拉力试验完成。

4） 挂网位置和范围检测应采用探地雷达法。

4.6.4 检测工作布置应符合下列要求：

1 锚杆、锚筋桩长度及密实检测：

1. 常规部位永久锚杆（锚筋桩）抽检比例不应小于锚杆总数的10%，且不少于10根。
2. 岩锚梁等关键部位的锚杆应100%检测。
3. 临时工程锚杆检测抽样比例不应低于锚杆总数的3%，且应不少于5根。
4. 当出现不合格锚杆、锚筋桩时，应扩大抽检，扩大抽检的数量应为不合格锚杆、锚筋桩数量的2倍。
5. 锚杆锚固质量检测：普通锚杆锚固质量检测抽检比例为锚杆总数的1%，且不少于3根；预应力锚杆必须进行验收试验，其中占预应力锚杆总量5%且不少于3根的锚杆应进行多循环张拉验收试验，占预应力锚杆总量95%的锚杆应进行单循环张拉验收试验。

2 锚索：

1. 锚索孔的孔位、孔径、孔斜、孔深应全部检测，锚索孔锚固段岩体质量按不少于锚索孔总数的10%进行抽检。
2. 锚索长度应全部检测。
3. 锚固质量检测：锚索基本试验地层条件、参数、杆体、施工工艺应与工程锚索相同，且试验数量不应少于3根；塑性指数大于17的土层、强风化的泥岩或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的锚索应进行蠕变试验，蠕变试验的锚索数量不得少于3根；工程锚索必须进行验收试验，其中占锚索总量5%且不少于3根的锚索应进行多循环张拉验收试验，占锚索总量95%的锚索应进行单循环张拉验收试验。试验方法应执行GB 50086的规定。

3 喷射混凝土：

1. 检测抗压强度应随机布置3个测点，每个测点取样1组，每组不少于3个试件。
2. 检测厚度采用切割或钻芯尺量法时，应均匀间隔布置不少于3个测点，可结合抗压强度现场取样同步进行；采用雷达法或声波反射法检测时,可与挂网位置和范围检测同步进行。探地雷达法检测宜沿测线采用连续模式进行，如因工程条件限制，无法进行连续模式检测时，也可沿测线进行点测，点测间距不宜大于0.05m；声波反射法测点间距与雷达法相同。

3) 检测与围岩黏结强度应随机布置3个测点，每个测点取样1组，每组不少于3个试件。

4) 检测挂网位置和范围应在喷射混凝土表面布设纵向或横向或垂直交叉的测线，测线间距不大于1m，均匀覆盖全部检测面。

4.6.5 检测结果达到以下要求的，质量检测结果评价为合格：

1 锚杆、锚筋桩的钢筋数量、位置偏差、钢筋直径、拉拔力：检测结果应达到设计和技术标准要求。

2 锚杆长度、饱满度：检测结果应达到设计和规范要求。

3 锚筋桩长度、饱满度：检测结果应达到设计和规范要求。

4 锚索的锚索孔的孔位、孔径、孔斜、孔深及锚固段岩体质量满足设计及规范要求；锚索的长度、基本试验、蠕变试验以及验收试验检测结果应达到设计和技术标准要求，依据GB 50086相应规定进行评价。

5 喷射混凝土强度及厚度：检测结果应满足设计要求。

## 5 土石方工程

### 5.1 一般规定

5.1.1 土石方工程及其开挖、回填相关检测项目的检测方法应符合下列要求：

1 颗粒级配、含水率、密度等物理性质指标，压实度、相对密度、小于5mm颗粒含量检测应执行GB/T 50123的规定。

2 渗透系数的室内检测或现场检测应执行GB/T 50123的规定。

3 内部缺陷(隐患)：堤身(渠身)应执行SL 436的规定；坝体内部应执行SL/T 291.1的规定。

4 沥青及沥青混合料的延度、针入度、软化点、密度、马歇尔稳定度及流值：应执行SL 514的规定。

5.1.2 现场检测前应根据工程部位、地质情况、施工进度将需检测的区域划分，检测项目满足下列要求的,质量检测结果评价为合格：

1 渗透系数：检测结果达到设计要求,未发现渗漏等缺陷。

2 内部缺陷(隐患)：检测结果未发现内部有缺陷(隐患)。

3 其他检测项目：检测结果达到设计和技术标准要求。

### 5.2 土 石 坝

5.2.1 检测项目宜包括下列内容：

1 均质坝：坝体土料的颗粒级配、含水率、干密度、液塑限等物理性指标以及压实度，反滤料和排水体料的颗粒级配、干密度、相对密度（或孔隙率）、渗透系数。

2 心墙堆石坝：坝壳堆石料、反滤料的颗粒级配、干密度、孔隙率（或相对密度）等物理性指标，渗透系数；面板堆石坝：主（次）堆石料、过渡料、垫层料的颗粒级配、干密度、孔隙率（或相对密度）等物理性指标，渗透系数。

3 黏性土、砾质土防渗体：颗粒级配、含水率、干密度、液塑限、压实度、渗透系数等。

4 混凝土防渗体：抗压强度、渗透系数(抗渗性能)、裂缝。

5 沥青混凝土防渗体：抗压强度、密度、孔隙率、渗透系数、沥青马歇尔稳定度及流值。

6 高密度聚乙烯、聚氯乙烯和复合土工膜等土工合成防渗材料:密度、单位面积质量、厚度（及其与法向应力的关系）、拉伸强度、伸长率、撕裂强力、顶破强力、直剪摩擦、拉拔摩擦、渗透系数、老化性能、焊接或黏结接缝强度。

7 各类土石坝体：内部缺陷(隐患)。

8 各类土石坝体：断面尺寸、平整度等。

5.2.2 检测单元应根据工程特点和施工情况按下列要求划分：

1 根据坝体材料分区，按每10m（长）×10m（宽） ×5m（深）划分为1个检测单元。

2 对于防渗体，按沿坝轴线方向每10m（长）×10m（宽）×3m（深）为1个检测单元。

5.2.3 检测方法应符合下列要求：

1 坝体土料的颗粒级配、含水率、干密度、液塑限、压实度、渗透系数、相对密度、渗透系数检测：应执行GB/T 50123的规定。堆石料、反滤料、过渡料、垫层料的颗粒级配、干密度、孔隙率（或相对密度）检测：应执行DL/T 5356的规定。

2 混凝土抗压强度、渗透系数(抗渗性能)：应执行SL 352的规定。

3 裂缝：长度、宽度检测采用尺量方法,深度检测采用超声波方法，应执行SL 352规定。

4 高密度聚乙烯、聚氯乙烯和复合土工膜等土工合成防渗材料：密度、单位面积质量、厚度（及其与法向应力的关系）、拉伸强度、伸长率、撕裂强力、顶破强力、直剪摩擦、拉拔摩擦、渗透系数、老化性能、焊接或黏结接缝强度：应执行SL 235规定。

5 其他检测项目及其检测方法：可按本标准5.1.1款的有关要求执行。

5.2.4 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 坝体土料、堆石料、反滤料、过渡料、垫层料测区(测线、测点)布置和数量应在工程的重要部位、建设过程中发生过质量问题部位、在各类检查中提出过问题的部位、质量监督机构认为应重点检查的部位、完工后发现质量缺陷等部位适当增加相应的检测项目、内容和数量。

2 采用波速法、附加质量法等检测,纵横布置测线,对于以测点读数方法则在每条测线上等分3点采集数据。

3 采用雷达法、电测法等检测：测网(线)布置应执行SL/T 291.1的规定。

### 5.3 堤防与渠道

5.3.1 检测项目宜包括下列内容：

1 堤身(渠身)（土料或改性土）：土物理性指标、压实度或相对密度、渗透系数、内部缺陷(隐患)，改性土的水泥剂量和均匀性。堤身(渠身)反滤料或排水体料的检测项目应按5.2节执行。

2 堤顶(渠顶)道路：路面混凝土抗压强度、路面沥青马歇尔稳定度及流值、钢筋数量、钢筋间距、路面宽度、路面厚度、路面平整度、路肩石砌筑。

3 堤基(渠基)应按4.2节执行。

4 护坡(渠坡)应按5.4节和6.5节执行。

5 穿堤(渠)建筑物应按6.3节和6.5节执行。

6 防渗处理应按4.3节和4.4节执行。

7 堤防及河道（渠道）工程外观质量与外观尺寸：应按SL/T 223的规定执行。

5.3.2 检测单元应根据工程特点和施工情况划分，可沿堤（渠）轴线每50m一段划分为1个检测单元。

5.3.3 检测方法应符合下列要求：

1 堤身(渠身)（土料或改性土）：土物理性指标、压实度或相对密度、渗透系数，改性土的水泥剂量和均匀性检测：应执行GB/T 50123的规定；内部缺陷(隐患)检测：应执行SL/T 291.1的规定；路面混凝土抗压强度：应执行SL 352的规定。

2 堤顶(渠顶)道路中钢筋数量、钢筋间距、面层厚度：采用探地雷达法应执行SL/T 291.1的规定,采用钢筋探测仪应执行JGJ/T 152的规定；面层厚度可采用取芯量测。

3 路面宽度、路面平整度：采用直尺和2m靠尺量测方法。

4 路肩石砌筑：采用目测和尺量方法。

5 轮廓线、表面平整度、曲面与平面联结、排水、上堤马道等应执行SL/T 223的规定。

6 其他检测项目：可按本标准5.1.1条的有关要求执行。

5.3.4 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求:

1 堤身(渠身)（土料或改性土）土物理性指标、压实度或相对密度：土物理性指标分析不少于1组，压实度或相对密度不少于3组。

2 堤身(渠身)（土料或改性土）渗透系数：现场测试沿堤(渠)轴线长度每10m布置1个测区；室内测试则沿堤(渠)轴线长度每20m～30m布置1个测区进行现场取样。

3 内部缺陷(隐患)：测线布置应根据堤防工程宽度、走向进行规划，并确定定位结果与堤防管理桩号的对应关系。

4 路面混凝土抗压强度、路面沥青马歇尔稳定度及流值、钢筋数量、钢筋间距：抗压强度按断面方向间距均匀布置1组3个试样；沥青马歇尔稳定度及流值取样应执行SL514的规定；钢筋数量、钢筋间距测线沿钢筋布置方向垂直设置。

5 堤顶(渠顶)的道路宽度、面层厚度、道路平整度检测应执行SL/T 223的规定：每500m～1000m至少抽检1组，每组3个点，每个单位工程至少抽检2组。或每500m抽检一点，每个单位工程至少抽检9个点。

### 5.4 砌石工程

5.4.1 检测项目宜包括下列内容：

1 干砌石：抗压强度、软化系数、砌筑质量、垫层厚度、砌石厚度、表面平整度、腹石砌筑、坡度、块石尺寸。

2 浆砌石：砌缝饱满度与密实度、砌缝宽度、排水孔反滤、排水孔位置，必要时可增加孔隙率检测。

5.4.2 检测单元应根据工程特点和施工情况按下列要求划分：

1 可沿长度或轴线方向每10m或按面积不超过50m2划分为1个检测单元。

2 小于该尺寸的砌石体可独立成为1个检测单元或与相邻检测单元合并等分为2个检测单元。

5.4.3 检测方法应符合下列要求：

1 抗压强度、软化系数：采用的检测方法应执行SL/T 264的规定。

2 砌筑质量、垫层厚度、砌石厚度、表面平整度、腹石砌筑、坡度、砌缝饱满度与密实度、砌缝宽度、排水孔反滤、排水孔位置：采用目测、尺量检测,应执行SL/T 631.1、GB 50203的规定。

3 块石尺寸：采用钢直尺量测块石各边长及最小边长。

4 孔隙率：采用试坑法检测,应执行GB/T 50123的规定。

5.4.4 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 抗压强度、软化系数、块石尺寸、坡度：布置不少于3个测点，每点取样数量应满足有关技术标准规定。

2 砌筑质量、垫层厚度、砌石厚度、表面平整度、腹石砌筑、砌缝饱满度与密实度、砌缝宽度：采用网格法布置测点，每检验批抽查不应少于5处。

3 排水孔反滤、排水孔位置：应不少于2个测点。

4 孔隙率：应不少于1个测点。

## 6 混凝土工程

### 6.1 一般规定

6.1.1 混凝土工程相关检测项目的检测方法应符合下列要求：

1 抗压强度：采用回弹法，应执行SL/T 352、JGJ/T 23的规定；采用超声回弹综合法，应执行附录C的规定；采用钻芯法，应执行SL/T 352的规定。

2 抗渗性能：应执行SL/T 352的规定。

3 抗冻性能：应执行SL/T 352的规定。

4 钢筋间距和保护层厚度：采用电磁感应法、雷达法，应执行JGJ/T 152的规定。

5 裂缝：长度、宽度检测采用尺量方法；深度检测采用超声波法、冲击-回波法。采用超声波法，应执行SL/T 352的规定；采用冲击-回波法，应执行附录D.1的规定。

6 连接缝止水：应进行外观检测。

7 内部缺陷：采用超声波法，应执行SL/T 352的规定；采用冲击-回波法，应执行附录C的规定；采用雷达法，应执行附录E.1的规定。

8 抗拉强度、弹性模量、表观密度、抗弯性能、抗剪性能、抗冲耐磨性能：应执行SL/T 352的规定。

9 透水率：碾压混凝土采用钻孔压水检测，应执行SL 31的规定；涵、管、倒虹吸采用水压或压注水检测，应执行GB/T 15345的规定。

10 碾压混凝土表观密度：应执行SL/T 352的规定。

11 脱空：采用雷达法，应执行SLT 291.1的规定；采用冲击-回波法，应执行附录D的规定。

12 承载力、挠度、抗裂度：应执行GB/T 50152的规定。

13 预应力筋(索)张拉力：应执行SL 46的规定。

14 结构尺寸：采用尺量方法。

15 墙体完整性：应执行4.3节规定，墙体有临空面时，可在临空面布设测线，采用雷达法，应执行SL/T 291.1的规定；采用冲击-回波法，应执行附录D的规定。

16 平整度：采用直尺和2m靠尺测量。

17 厚度：采用钻孔法，钻孔不少于3孔；采用冲击-回波法，应执行附录D.3的规定；采用雷达法，应执行附录E.2的规定。

18 搭接和固定方式：采用目测、尺量方法。

19 外观缺陷：外观缺陷检查宜包括蜂窝、麻面、孔洞、露筋、裂缝、疏松区的分布情况，裂缝性状，混凝土的剥蚀及冲蚀程度，混凝土渗漏情况，伸缩缝的状态及变形情况等内容。应根据缺陷的性态、范围、数量做好详细检查记录，绘制缺陷分布图。

1. 蜂窝、麻面、孔洞、露筋、疏松区等外观质量缺陷的检查内容见表6.1.1。

表6.1.1 外观缺陷检查内容

|  |  |
| --- | --- |
| 缺陷类别 | 检查内容 |
| 蜂窝、麻面 | 结构部位，蜂窝、麻面面积等 |
| 孔洞 | 结构部位，孔洞深度、大小等 |
| 露筋 | 结构部位、钢筋分布，外露钢筋数量、状态、锈蚀情况等 |
| 疏松 | 结构部位，疏松面积等 |

1. 裂缝检查应包括裂缝宽度、长度、表面析出物等。
2. 混凝土剥蚀及冲蚀检查应包括面积、深度等。
3. 渗漏检查应包括渗漏位置、形态、渗漏量等。

5） 伸缩缝检查内容应包括接缝处错位、嵌缝材料性状、渗漏等。

20 混凝土损伤层厚度检测宜采用超声波法，应执行附录F的规定。

6.1.2 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 抗压强度：构件或批混凝土强度推定值不小于设计要求。

2 抗渗性能、抗冻性能：检测结果达到设计要求。

3 钢筋间距：主筋间距允许偏差±10mm，箍筋间距允许偏差±20mm；保护层厚度不小于50mm，允许偏差±15mm；保护层厚度小于50mm，允许偏差±10mm，其中最小保护层厚度不小于10mm。

4 裂缝长度、宽度、深度：检测结果无贯穿裂缝，符合SL/T 631.2要求。

5 连接缝止水：检测结果达到技术标准要求。

6 内部缺陷：检测结果无明显不密实区和空洞。

7 抗拉强度、抗弯性能、抗剪性能、弹性模量：检测结果达到设计要求。

8 碾压混凝土：表观密度不小于配合比设计值的97%，轴向拉伸、层间抗剪性能不小于设计要求；透水率不大于设计要求；层间结合质量达到技术标准要求。

9 脱空：检测结果无脱空。

10 抗冲耐磨性能：检测结果达到设计和技术标准要求。

11 承载力、预应力筋(索)张拉力、挠度、抗裂度：检测结果达到设计和技术标准要求。

12 接缝止水、连接装置：检测结果达到技术标准要求，且无爆裂、局部凸起、渗漏或变形超标等缺陷。

13 平整度、排水孔反滤、排水孔位置、搭接和固定方式：检测结果达到设计和技术标准要求。

14 厚度：检测结果不小于设计要求。

15 外观质量评定：检测结果达到设计和技术标准要求。

6.1.3 护坡、挡墙的检测应符合下列规定。

1 检测项目宜包括：抗压强度、墙体完整性、坡面平整度、厚度、排水孔反滤、排水孔位置，钢筋间距、保护层厚度，内部缺陷、外观缺陷。其中混凝土预制块、模袋混凝土、预制连锁板护坡应增加检测搭接和固定方式。

2 检测单元应根据工程特点和施工情况，以不大于20m长或50m2面积的墙体划分为1个检测单元。

3 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1. 抗压强度：现浇混凝土板护坡、挡墙，采用回弹法**、**超声回弹综合法，每构件或检测段不少于10个测区，应均匀布置，测区间距不宜大于1.0m；钻芯取样检测1组3件。
2. 墙体完整性应全部检测。
3. 坡面平整度、厚度：每构件或检测段应不少于3个测点。
4. 排水孔反滤、排水孔位置：应不少于2个测点。
5. 钢筋间距、保护层厚度：每构件或检测段应不少于2个测区。
6. 内部缺陷：沿墙体长度方向布置3条测线。
7. 搭接和固定方式应全部检测。

### 6.2 混凝土坝

6.2.1 检测项目宜包括下列内容：

1 各类混凝土坝：抗压强度、抗渗性能、抗冻性能，钢筋间距和保护层厚度，裂缝、连接缝止水、内部缺陷、外观缺陷。

2 拱坝坝体：除1检测项目外，宜增加抗拉强度、抗弯性能、弹性模量。

3 碾压混凝土坝：除1检测项目外，宜增加表观密度、抗拉强度、抗剪性能、透水率、层间结合质量。

4 混凝土面板坝：除1检测项目外，宜增加面板厚度、脱空。

5 过水建筑物结构体：除1检测项目外，可增加抗冲耐磨性能。

6.2.2 检测单元应根据工程特点和施工情况按下列要求划分：

1 重力坝、拱坝和碾压混凝土坝可按坝体段结构体和过水建筑物结构体两部分分别进行划分。

1）坝体段结构体可沿大坝轴线方向30m长、50m高及相应位置断面宽度划分为1个检测单元；坝体高度不足50m，可按实际高度划分为1个检测单元。

2）坝体溢流面部位、引输水建筑物导(侧)墙等过水建筑物结构体，可按顶或侧表面不超过200m2划分为1个检测单元。

2 混凝土面板坝可沿面板拉模方向按滑模宽度每12m长划分为1个检测单元。

3 与坝体连接的厂房，其混凝土结构体的检测单元可按6.4节进行划分。

4 过水建筑物上、下游段和闸室段的墩、墙、板等结构体的检测单元可按6.3节进行划分。

6.2.3 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 抗压强度：采用回弹法或超声回弹综合法，应均匀布置不少于10个测区，相邻两测区的中心点距离不宜大于2m，测区边缘距结构端部或结构缝不应小于0.5m；采用钻芯法，布置的测点数不少于2个，1组芯样标准试件3个，可以从一根长芯样截取，也可以3个测点不同芯样上截取。取芯长度依据结构尺寸确定。

2 钢筋间距和保护层厚度：每个检测构件或检测段应布置2个测区，测线应与被测钢筋分布方向垂直。

3 裂缝：应对所有长度、宽度进行检测，深度宜选择不少于裂缝总数10%且不少于3条裂缝进行检测。

4 连接缝止水：应逐缝进行检测。

5 内部缺陷：测线沿纵横方向垂直布置，测线间距宜不大于50cm，各测线的长度与检测单元同向等长。

6 抗拉强度、抗弯性能、弹性模量、表观密度、抗剪性能、透水率、层间结合质量：钻芯取样点随机布置，芯样数量不少于2个。

7 混凝土面板厚度、脱空：采用雷达法、冲击-回波法检测，测线沿拉模方向距面板侧端应不大于0.5m布置，不少于2条，测线间距不宜大于3m；根据初测结果需追溯检测时，加密测线的方向、长度、间距应依追溯需要确定；钻孔验证测点位置和数量应根据前面的检测结果确定。

8 抗冲耐磨性能检测，随机布置取样测点3个。

9 外观缺陷的检验数量应满足SL/T 631.2的要求。

### 6.3 水 闸

6.3.1 检测项目宜包括下列内容：

1 闸体：抗压强度、抗渗性能、抗冻性能，钢筋间距和保护层厚度，裂缝、连接缝止水、内部缺陷、外观缺陷。

2 混凝土墩、墙结构体：除1检测项目外，宜增加厚度。

3 混凝土板、梁结构体：除1检测项目外，可增加抗拉强度、抗弯性能、抗剪性能、弹性模量，承载力、挠度、抗裂度，预应力筋(索)张拉力。

4 过水建筑物结构体：除1检测项目外，可增加抗冲耐磨性能。

6.3.2 检测单元应根据工程特点和施工情况，按下列要求划分：

1 水闸按结构体功能分类，上游连结段(进口段)、闸室段、下游联结段(出口段)等可独立划分检测单元。

2 闸室段的闸墩、导(侧)墙、底板等检测单元不宜大于50m2。

3 梁(不含吊车梁)、梁格内板和节点柱可按单跨、单块、单根为1个检测单元；对于吊车梁等动态承重受力结构体可按设计结构整体为1个检测单元，预应力筋(索)可按单根为1个检测单元。

6.3.3 检测项目的测区(测线、测点)布置和数量：承载力、挠度和抗裂度应按照技术要求布置；预应力筋(索)张拉力应全数检测；其他检测项目可参照6.2.3条的有关要求布置。

### 6.4 泵站、电站

6.4.1 检测项目宜包括下列内容：

1 主体结构：抗压强度、抗渗性能、抗冻性能，钢筋间距和保护层厚度，裂缝、连接缝止水、内部缺陷、外观缺陷。

2 楼板、梁、墙、柱结构体：除1检测项目外，可增加抗拉强度、抗弯性能、抗剪性能、弹性模量，承载力，挠度、抗裂度，预应力筋(索)张拉力。

3 地下厂房顶拱衬砌：除1检测项目外，可增加混凝土与围岩接触面脱空。

4 过水建筑物结构体：除1检测项目外，可增加抗冲耐磨性能。

6.4.2 检测单元应根据工程特点和施工情况，按下列要求划分：

1 进出水建筑物可参照6.3节的有关要求进行划分。

2 厂房内的机墩、机座、蜗壳、水轮机室按单机划分检测单元，楼板、墙板、缓台、踏步、楼梯、电梯井以及顶拱作为独立结构体划分检测单元。根据每楼层上、下游顺序按每不超过12m长、12m宽划分为1个检测单元，小于1/2的可并入相邻检测单元也可独立划为1个检测单元，面积不宜大于50m2。

3 每单根梁、柱划分为1个检测单元。当检测单元与其他功能结构体交叉时，可调整检测单元位置以避开。

4 吊车梁或岩锚梁，有支撑柱的按柱间梁跨长度划分为1个检测单元，无支撑柱的按梁的长度每7m～9m划分为1个检测单元，对于动态承重受力结构体可按设计结构整体为1个检测单元。

5 桥梁参照吊车梁或上述相类似结构体划分检测单元。

6.4.3 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 抗压强度、抗渗性能、抗冻性能、钢筋间距和保护层厚度、内部缺陷、裂缝长度、宽度与深度：可参照6.2.3条的有关要求布置。

2 吊车梁(岩锚梁)混凝土内部缺陷：应布置不少于2条测线，测线长度与检测单元同向等长，测线间距为梁立面尺寸的1/3。

3 混凝土与围岩接触面脱空：测线沿轴向布置时，拱部不少于3条、两侧墙各不少于1条，底部不少于1条，地下洞室测线间距宜不大于2m，测线长度应与检测单元同向等长。沿横向布置时，每10米布置一个测试断面，每个断面不少于6个测点。

4 其他检测项目：可参照6.2节、6.3节的有关要求布置。

### 6.5 输水建筑物

6.5.1 输水建筑物的混凝土结构包括涵、管、倒虹吸、渡槽、洞室衬砌、渠道衬砌。

6.5.2 输水建筑物检测项目宜包括下列内容：

1 主体结构：抗压强度、抗渗性能、抗冻性能，钢筋间距和保护层厚度、裂缝、连接缝止水、透水率、内部缺陷、外部缺陷。

2 渡槽结构：除1检测项目外，可增加弹性模量、承载力、挠度、抗裂度、预应力筋(索)张拉力。

3 洞室、渠道衬砌：除1检测项目外，可增加混凝土与围岩接触面脱空、衬砌厚度。

4 预应力钢筒混凝土管（PCCP）、聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）等复合材质管：宜包括连接装置及连接质量。

6.5.3 检测单元应根据工程特点和施工情况按下列要求划分：

1 现浇的涵、管、倒虹吸、渡槽，按浇筑仓段划分为1个检测单元；预制的涵、管、倒虹吸，渡槽，按每预制节(段)单独为1个检测单元。

2 对于墩(桩)、排架、柱、梁，以单根（个）划分1个检测单元。

3 洞室衬砌、渠道衬砌可按浇筑仓段划分为1个检测单元；洞室衬砌预制按环片组合划分检测单元。

6.5.4 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 抗压强度：应布置不少于10个测区，相邻两测区的中心点距离不宜大于2m，测区边缘距结构端部或结构缝不应小于0.5m。

2 钢筋间距和保护层厚度，混凝土裂缝长度、宽度和深度，内部缺陷，抗渗性能、抗冻性能：可按 6.2.3条的有关要求布置 。

3 连接缝止水、连接装置及连接质量：应全部检测。

4 透水率：采用水压或压(注)水，检测长度可按拼装节(段)或按设计要求确定。

5 承载力、挠度、抗裂度、预应力筋(索)张拉力：可按本标准6.3.3节的有关要求布置。

6 衬砌厚度、混凝土与围岩接触面脱空：可按6.4.3节的有关要求布置。

### 6.6 通航、过鱼设施

6.6.1 通航、过鱼设施的混凝土结构包括通航建筑物、升船机建筑物和过鱼设施。

6.6.2 检测项目宜包括下列内容：

1 主体结构: 抗压强度、抗渗性能、抗冻性能、钢筋间距和保护层厚度、裂缝、连接缝止水、内部缺陷、外观缺陷。

2 混凝土墩、墙结构体：除1检测项目外，可增加锚杆（索）锚固力。

3 混凝土板、梁结构体：除1检测项目外，可增加抗拉强度、抗弯性能、抗剪性能。

4 过水混凝土结构体：除1检测项目外，可增加抗冲耐磨性能。

6.6.3 检测单元划分应符合下列规定：

1 闸体、混凝土板类结构体，按浇筑分缝（节、段）划分1个检测单元。

2 梁、柱、墩类结构体，可将单根（个）划分1个检测单元。

6.6.4 测区(测线、测点)布置和数量应符合下列要求：

1 抗冲耐磨性能：溢流堰面、坡降突变部位各布置不少于1个测点。

2 其他检测项目可参照6.2.3节的有关要求布置。

### 6.7 水下建筑物表观缺陷检测

6.7.1 检测项目宜包括下列内容：渗漏、蜂窝、孔洞、露筋、裂缝、破碎、剥蚀、脱落、空蚀、错台、凹陷、塌陷、冲蚀等。

6.7.2 水下表观缺陷检测技术宜采用多波束声呐技术、成像声呐技术、光学成像技术。

6.7.3 水下检测技术的水域宜满足下列要求：

1 流速不宜大于1m/s。

2 水深、水质应满足设备使用技术指标。

3 对复杂水域空间，应复核场地环境，并满足设备工作空间的要求。

6.7.4 检测单元划分与6.2～6.6相同。

6.7.5 测线布置、检测方法按附录G执行。

## 7 金属结构

### 7.1 一般规定

7.1.1 金属结构质量检测分为制造质量检测和安装质量检测。制造质量检测包括钢板质量检测、铸锻件质量检测、主要零（部）件质量检测、焊接质量检测、组装质量检测、几何尺寸检测、防腐蚀质量检测、厂内运行试验等。安装质量检测包括安装位置与尺寸检测、焊接质量检测、防腐蚀质量检测、现场运行试验等。

7.1.2 钢板质量检测方法应符合下列规定：

1 钢板厚度检测应采用超声测厚法，厚度检测位置距钢板边缘不小于25mm。

2 钢板表面质量检测方法应按照GB/T 14977的规定执行。

3 钢板内部质量检测方法应按照GB/T 2970的规定执行。

4 钢板化学成分检测应采用光谱法或化学分析法。

5 钢板力学性能应按照现行国家标准的规定检测拉伸、弯曲及冲击性能；无法取样的，应采用仪器化压入法测定钢板的拉伸性能。

7.1.3 铸锻件质量检测方法应符合下列规定：

1 铸锻件表面质量无损检测应采用磁粉检测或渗透检测方法。

2 铸锻件内部质量无损检测应采用超声检测方法。

7.1.4 焊接质量检测方法应符合下列规定：

1 焊缝外观质量应按照SL/T 582的规定进行全面目视检查，并采用焊缝检验尺、钢直尺等量具进行检测。

2 焊缝表面质量检测应采用磁粉检测或渗透检测方法，铁磁性材料宜优先选用磁粉检测方法。

3 焊缝内部质量检测应采用脉冲反射法超声检测、相控阵超声检测、衍射时差法超声检测或射线检测方法。

7.1.5 防腐蚀质量检测方法应符合下列规定：

1 表面预处理质量应检测表面清洁度和表面粗糙度，检测方法应按照SL/T 105的规定执行。

2 防腐涂层质量应检测涂层外观、涂层厚度和涂层附着力，检测方法应按照SL/T 105的规定执行。

7.1.6 除钢板外金属结构设备其他原材料检测、主要零（部）件质量检测、组装质量检测、几何尺寸检测、厂内运行试验、安装位置与尺寸检测、现场运行试验等的检测方法应按照SL/T 582和SL/T 635的有关规定执行。

7.1.7 升船机在制造和安装阶段应根据设计的结构型式，分别对承船厢、驱动提升装置、支承导向结构、安全保护装置等进行检测，安装后还应对其整体性能进行检测。检测方法可参照本标准和SL/T 582的相关规定执行。

7.1.8 金属结构设备制造质量检测的所有检测项目均符合设计文件及相应产品标准的规定，产品制造质量检测结果评价为合格；设备安装质量检测的所有检测项目均符合设计文件及SL 635的规定，产品安装质量检测结果评价为合格。

### 7.2 闸 门

7.2.1 闸门（含拦污栅）检测项目宜包括下列内容：

1 钢闸门门体制造质量检测项目包括钢板质量、铸锻件质量、止水橡皮质量、焊接质量、几何尺寸、防腐蚀质量等。

2 钢闸门埋件制造质量检测项目包括铸钢主轨质量、几何尺寸、防腐蚀质量等。

3 钢闸门埋件安装质量检测项目包括安装位置与尺寸、工作面及过流面外观质量等。

4 钢闸门门体安装质量检测项目包括安装尺寸、安装焊缝质量、防腐蚀质量、现场运行试验等。

5 铸铁闸门及埋件制造质量检测项目包括铸造外观质量、几何尺寸等。

6 铸铁闸门及埋件安装质量检测项目包括安装位置与尺寸、现场运行试验等。

7 拦污栅制造质量检测项目包括钢板质量、焊接质量、几何尺寸、防腐蚀质量等。

8 拦污栅安装质量检测项目包括安装位置与尺寸、焊接质量、防腐蚀质量等。

7.2.2 闸门（含拦污栅）检测单元按下列要求划分：

1 每扇（套）闸门门体在制造阶段和安装阶段分别作为1个检测单元。

2 每套闸门埋件在制造阶段和安装阶段分别作为1个检测单元。

3 每套铸铁闸门门体及埋件在制造阶段和安装阶段分别作为1个检测单元。

4 每套拦污栅（含埋件）在制造阶段作为1个检测单元。

5 每套拦污栅（含埋件）在安装阶段作为1个检测单元。

7.2.3 闸门（含拦污栅）各检测项目的检测方法应符合下列要求 ：

1 止水橡皮质量：止水橡皮硬度应采用邵氏A型硬度计按压入硬度试验方法进行检测；止水橡皮截面尺寸采用钢直尺 、游标卡尺等量具检测。

2 工作面及过流面外观质量：应按照SL 635的规定进行目视检查，并采用焊缝检验尺、钢直尺等量具进行检测。

3 其他检测项目：可按 7.1条的有关检测方法要求执行 。

7.2.4 闸门（含拦污栅）各检测项目的检测（抽检）数量应符合下列要求：

1 对闸门主梁、边梁、支臂、面板、吊耳板等主要受力构件进行钢板厚度检测，每种规格至少抽检一张钢板。钢板标号不清或对材质有疑问时，应复验钢板化学成分和力学性能。

2 一类铸锻件的检测数量不低于50%，二类铸锻件的检测数量不低于20%。

3 止水橡皮的橡胶硬度按每种规格每条均布3个测点。

4 焊缝外观应进行100%的目视检查；焊缝内部无损检测比例按照GB/T 14173的规定执行。

5 闸门门体和埋件几何尺寸应逐个进行检测。

6 防腐蚀质量检测的数量按照SL/T 105的规定执行。

7 闸门门体和埋件的安装质量应逐孔进行检测。

8 闸门现场运行试验应逐孔进行3次全行程运行试验。

7.2.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 钢板厚度符合设计文件和热轧钢板国家标准的规定。

2 铸锻件质量、止水橡皮的橡胶硬度、焊缝外观和焊缝内部质量、钢闸门门体和埋件几何尺寸符合设计文件和GB/T 14173的规定。

3 铸铁闸门门体和埋件制造质量符合设计文件和SL/T 545的规定。

4 防腐蚀质量符合设计文件和SL/T 105的规定。

5 闸门门体和埋件的安装质量符合设计文件和SL 635的规定。

6 闸门现场运行试验符合设计文件和SL 635的规定。

### 7.3 压力钢管

7.3.1 压力钢管检测项目宜包括下列内容：

1 压力钢管制造质量检测项目包括钢板质量、焊接质量、几何尺寸、防腐蚀质量检测等。

2 压力钢管安装质量检测项目包括安装位置与尺寸、焊接质量、防腐蚀质量、水压试验等。

7.3.2 压力钢管检测单元按下列要求划分：

1 一个压力钢管段或一个岔管或一个伸缩节在制造阶段作为1个检测单元。

2 一个安装单元或一个混凝土浇筑段或一个钢管段的钢管安装作为1个检测单元。

7.3.3 压力钢管各检测项目的检测方法应符合下列要求：

1 水压试验：采用在试验管段装设压力表分级加压来进行试验，通过应力、变形及声发射监测等手段监控水压试验安全。

2 其他检测项目：可按7.1条的有关检测方法要求执行。

7.3.4 压力钢管各检测项目的检测（抽检）数量应符合下列要求：

1 对钢板厚度和表面质量进行检测，每种规格至少抽检10%的钢板。高强钢板、板厚大于60 mm的钢板和钢岔管、弯管、厂房明管用钢板应进行内部质量超声检测。钢板标号不清或对材质有疑问时，应复验钢板化学成分和力学性能。

2 焊缝外观应进行100%的目视检查；焊缝内部无损检测比例按照SL/T 432规定执行。

3 压力钢管制造几何尺寸应逐节进行检测。

4 防腐蚀质量检测的数量按照SL/T 105的规定执行。

5 压力钢管安装位置与尺寸应逐段进行检测。

6 压力钢管水压试验应符合设计文件规定。

7.3.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 钢板厚度符合设计文件和热轧钢板国家标准的规定。

2 钢板表面质量符合GB/T 14977的规定。

3 月牙肋岔管的肋梁板内部质量符合GB/T 2970的Ⅰ级，高强钢钢板内部质量不低于GB/T 2970的Ⅱ级，其他钢板内部质量不低于GB/T 2970的Ⅲ级。

4 焊缝外观和焊缝内部质量符合设计文件和SL/T 432的规定。

5 压力钢管制造几何尺寸符合设计文件和SL/T 432的规定。

6 防腐蚀质量符合设计文件和SL/T 105的规定。

7 压力钢管安装位置与尺寸符合设计文件和SL 635的规定。

8 压力钢管水压试验符合设计文件和SL/T 432的规定。

### 7.4 启 闭 机

7.4.1 启闭机检测项目宜包括下列内容：

1 螺杆式启闭机制造质量检测项目包括螺杆、螺母、蜗轮、蜗杆、机箱、机座、电气控制柜（箱）等主要零部件质量和厂内运行试验。

2 螺杆式启闭机安装质量检测项目包括安装平台的高程和里程、启闭机安装位置、机座与基础板的间隙和接触面积检测，以及线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、限位开关性能、开度指示准确性、荷载控制功能等现场运行试验项目。

3 固定卷扬式启闭机制造质量检测项目包括机架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳和电气控制柜等主要零部件制造及整机组装质量和厂内运行试验等。

4 固定卷扬式启闭机安装质量检测项目包括安装平台的高程和里程、启闭机安装位置、组装质量检测，以及线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、限位开关性能、开度指示准确性、荷载控制功能等现场运行试验项目。

5 移动式启闭机制造质量检测项目包括门（桥）架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳、车轮和电气控制柜等主要零部件制造质量，起升机构及大、小车运行机构的组装质量，防腐蚀质量和厂内运行试验等。

6 移动式启闭机安装质量检测项目包括轨道安装质量、门（桥）架组装与安装质量、运行机构组装与安装质量、起升机构组装与安装质量检测，以及线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、限位开关性能、开度指示准确性、荷载控制功能等现场运行试验项目。

7 液压式启闭机制造质量检测项目包括缸体和活塞杆的制造质量、泵站质量、电气控制柜质量、防腐蚀质量、厂内运行试验等。

8 液压式启闭机安装质量检测项目包括埋件和油缸的安装位置检测、线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、限位开关性能、开度指示准确性、荷载控制功能等现场运行试验项目。

7.4.2 启闭机检测单元按下列要求划分：

1 每台（套）启闭机在制造阶段作为一个检测单元。

2 每台（套）启闭机在安装阶段作为一个检测单元。

7.4.3 启闭机应进行制造质量检测、厂内运行试验和安装运行检测，检测方法应符合SL/T 582的要求。启闭机其他检测项目可按 7.1规定的检测方法执行。

7.4.4 启闭机各检测项目的检测（抽检）数量应符合下列要求：

1 螺杆式启闭机螺杆、螺母、蜗轮、蜗杆、机箱、机座、电气控制柜（箱）等主要零部件在制造厂内应全部检测，出厂前配套的螺杆和螺母应逐对进行厂内运行试验。

2 固定卷扬式启闭机机架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳和电气控制柜等主要零部件在制造厂内应全部检测，机架焊接质量无损检测数量和比例应符合SL 36的规定；每台启闭机均应在厂内进行整体组装检测和厂内运行试验。

3 移动式启闭机门（桥）架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳、车轮和电气控制柜等主要零部件在制造厂内应全部检测，门（桥）架焊接质量无损检测数量和比例应符合SL 36的规定；起升机构、运行机构应在厂内分别进行组装检测和运行试验，台车式启闭机应在厂内进行整体组装检测和运行试验，门式和桥式启闭机整体组装检测和运行试验应符合合同文件和设计文件的规定。

4 液压式启闭机缸体、活塞杆、泵站、电气控制柜等主要零部件在制造厂内应全部检测，缸体对接焊缝应100%无损检测，液压缸应在制造厂内逐个进行最低启动压力、耐压、行程、内外泄漏等试验，液压泵站应在制造厂内逐台进行保压、耐压、保护功能等试验，同型号液压启闭机至少抽检1台（套）进行机电液联调试验。

5 螺杆式启闭机、固定卷扬式启闭机、移动式启闭机和液压式启闭机安装检测项目的检测数量应按照SL 635的规定执行。

7.4.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

螺杆式启闭机、固定卷扬式启闭机、移动式启闭机和液压式启闭机制造质量符合设计文件和SL/T 381的规定，启闭机制造质量检测结果可评价为合格。螺杆式启闭机、固定卷扬式启闭机、移动式启闭机和液压式启闭机安装质量符合设计文件和SL 635的规定，启闭机安装质量检测结果可评价为合格。

### 7.5 清 污 机

7.5.1 清污机检测项目宜包括下列内容：

1 回转式清污机制造质量检测项目包括机架、栅体、齿耙、链轮轴、链轮、链条和电气控制柜等主要零部件制造及整机组装质量和厂内运行试验等。

2 回转式清污机安装质量检测项目包括安装位置与尺寸、组装质量检测，以及线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、荷载限制功能、电气保护功能、急停保护功能等现场运行试验项目。

3 耙（抓）斗式清污机制造质量检测项目包括门（机）架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳、车轮、自动挂脱梁、耙（抓）斗和电气控制柜等主要零部件制造质量，耙（抓）斗控制机构及运行机构的组装质量，防腐蚀质量和厂内运行试验等。

4 耙（抓）斗式清污机安装质量检测项目包括轨道安装质量、门（机）架组装与安装质量、运行机构组装与安装质量、耙（抓）斗控制机构组装与安装质量检测，以及线路绝缘电阻、电动机三相电流不平衡度、行程限制器功能、荷载控制功能等现场运行试验项目。

7.5.2 清污机检测单元按下列要求划分：

1 每台清污机在制造阶段作为一个检测单元。

2 每台清污机在安装阶段作为一个检测单元。

7.5.3 清污机各检测项目的检测方法应符合下列要求：

1 回转式清污机制造质量检测：参照SL/T 582中对回转式清污机厂内制造及试运行的检测方法。

2 回转式清污机安装质量检测：参照SL/T 582中对回转式清污机安装质量最终检验和试验方法。

3 耙（抓）斗式清污机制造质量检测：参照SL/T 582中对回转式清污机厂内制造及试运行的检测方法。

4 耙（抓）斗式清污机安装质量检测：参照SL/T 582中对耙（抓）斗式清污机安装后质量最终检验和试验方法。

5 其他检测项目：可按 7.1条的有关检测方法要求执行。

7.5.4 清污机各检测项目的检测（抽检）数量应符合下列要求：

1 回转式清污机制造质量检测项目包括机架、栅体、齿耙、链轮轴、链轮、链条和电气控制柜等主要零部件在制造厂内应全部检测，栅体焊接质量无损检测数量和比例应符合SL 36的规定；每台回转式清污机应在厂内进行整机组装检测和运行试验。

2 耙（抓）斗式清污机门（机）架、卷筒、开式齿轮、减速器、制动器、电动机、滑轮组、联轴器、钢丝绳、车轮、自动挂脱梁、耙（抓）斗和电气控制柜等主要零部件在制造厂内应全部检测，门（机）架焊接质量无损检测数量和比例应符合SL 36的规定；每台耙（抓）斗控制机构、运行机构应在厂内分别进行组装检测和运行试验，清污机整体组装检测和运行试验应符合合同文件和设计文件的规定。

3 回转式清污机和耙（抓）斗式清污机安装检测项目的检测数量应按照SL/T 635的规定执行。

7.5.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 清污机制造质量符合设计文件和相关标准的规定，清污机制造质量检测结果可评价为合格。

2 清污机安装质量符合设计文件和SL 635的规定，清污机安装质量检测结果可评价为合格。

## 8 机 械 电 气

### 8.1 一般规定

8.1.1 机械电气质量检测分为设备制造质量检测、设备安装质量检测、设备性能参数质量检测。

1 水轮发电机组及其附属设备制造质量检测按DL/T 443有关规定执行。

2 水轮发电机组安装质量检测按SL 636有关规定执行。

3 水力机械附属设备安装质量检测按SL 637有关规定执行。

4 水轮发电机组启动试运行质量检测按DL/T 507、DL/T 827、GB/T 18482有关规定执行。

5 泵站机电设备安装及启动试运行质量检测按SL 317有关规定执行。

6 高压电气设备交接试验按GB 50150有关规定执行。

7 电力设备预防性试验按DL/T 596有关规定执行。

8 电站/泵站机电设备性能保证质量检测按合同要求执行。

8.1.2 检测前，应完成检测大纲或实施方案的编制、审核和批准工作，并制定安全保护措施。

8.1.3 应根据电站/泵站现场条件选择符合测量不确定度要求、对电站/泵站设施设备破坏小、检测成本低的检测方法。

8.1.4 检测用的仪器、仪表和设备，宜使所测数值在其满量程的30%～95%范围内，并应经法定计量检定机构校准或检定合格，且在规定的有效期内。对于某些专业仪器、仪表和设备，当检定机构不能检定时，可采用实验室间比对的方法校准。

8.1.5  检测过程中，检测人员应严格遵守电站/泵站的安全规程制度，保证人身、电站/泵站设施设备和检测仪器设备的安全。

8.1.6 检测过程中，应实时观察测量仪器、仪表和设备的工作状态，判定数据的有效性。

8.1.7 检测工作完成后，检测单位应及时清理并恢复现场，并将原始检测记录整理归档，提交检测报告。检测报告的内容宜包括工程概况、检测目的与任务、检测人员、检测依据、检测内容、检测方法、检测数据、检测成果及分析评价等。

### 8.2 水力机械及附属设备

8.2.1 检测项目宜包括下列内容：

1 水轮机/水泵水轮机制造及安装质量检测项目宜包括：通流部件的几何型线及尺寸、波浪度、粗糙度、硬度、平面度、圆度、同轴度、垂直度、中心偏差、高程。必要时，可增加材料力学性能、焊缝质量、残余应力、止漏环间隙。

2 水轮机/水泵水轮机性能参数质量检测项目宜包括：水头/扬程、流量、出力（轴功率）、效率、顶盖振动、水导摆度、压力脉动、转速、噪声、应力、空蚀和磨蚀、导叶漏水量。

3 水泵制造及安装质量检测项目宜包括：几何尺寸、粗糙度、平面度、圆度、同轴度、垂直度、中心偏差、高程。必要时，可增加材料力学性能、焊缝质量。

4 水泵性能参数质量检测项目宜包括：流量、扬程、转速、轴功率、效率、振动、摆度、压力脉动、噪声、空蚀和磨蚀。

5 调速系统质量检测项目宜包括：调速系统静态及动态特性。

6 进水阀质量检测项目宜包括：静水动作试验和动水关闭试验。

7 水轮发电机组综合性能检测：机组启动试运行试验、水轮机性能试验、水轮发电机性能试验。

8 水泵机组综合性能检测：流量、扬程、转速、输入功率、装置效率。

8.2.2 检测单元划分：

1 每台水轮机、水泵、调速系统、进水阀为1个检测单元。

2 水轮发电机组综合性能检测：每整台(套)水轮发电机组为1个检测单元。

3 水泵机组综合性能检测：每台(套)水泵机组为1个检测单元。

8.2.3 检测数量布置：检测单元内的检测项目均应进行检测。对于性能检测项目应至少选择1台水轮机/水泵水轮机进行检测。

8.2.4 检测方法应符合下列要求：

1 水轮机/水泵水轮机制造及安装质量检测方法应符合下列要求：

1) 通流部件几何型线及尺寸：使用CMM(坐标测量仪)光学测量系统、样板等方法检测。

2) 波浪度：采用挠性尺进行检测，挠性尺与叶片表面两个接触峰点之间最小距离不应小于10mm。

3) 粗糙度：采用粗糙度仪或表面粗糙度比较样块进行检测。

4) 硬度：采用里氏硬度计进行检测，每个测点应至少进行三次试验，并计算其算术平均值。如果硬度值相互之差超过20HL，应增加试验次数，并计算算术平均值。

5) 平面度：采用平衡梁、方型水平仪或水准仪或全站仪检测。

圆度/同轴度：采用挂钢琴线，用测杆方法检测。

垂直度：采用方型水平仪检测。

中心偏差：采用挂钢琴线，用钢板尺方法检测。

高程：采用水准仪、钢板尺检测。

止漏环间隙：采用塞尺检测。

6) 残余应力：采用钻孔应变法检测。

7) 材料力学性能、焊缝质量按7.1.2条和7.1.4条有关规定执行。

2 水轮机/水泵水轮机性能参数检测方法应符合下列要求：

1) 水头/扬程、流量、出力（轴功率）、效率：应执行GB/T 20043的规定；小型水轮机应执行SL 555的规定。

2) 顶盖振动：采用振动传感器检测。

3) 水导摆度：采用电涡流传感器检测。

4) 压力脉动：采用压力传感器检测。

5) 转速：宜采用数字式转速仪直接检测，或通过测量转速脉冲计算得到转速值。

6) 噪声：采用声级计进行检测，声级计采用A计权声级。

7) 应力：采用应变片电桥法检测。

8) 空蚀和磨蚀：

1. 最大空蚀或磨蚀深度*Si*：将样板支撑在未受损坏的叶片表面，用深度尺或测 针，测量空蚀磨蚀最深点到样板的距离。测量误差应不大于最大深度的±10%或±1mm。

b） 单个空蚀或磨蚀面积*Ai*：在空蚀或磨蚀损坏面的周围用油漆或其它办法划出边界线。在涂料未干前用透明纸印下边界线，然后用求积仪或方格纸放在透明纸下面计算得到面积，测量误差应小于10%。

c） 空蚀或磨蚀剥落体积*Vi*、失重量*Mi*：

直接测量法：采用橡皮泥涂抹在转轮空蚀或磨蚀损坏的部位，使叶片恢复到未损坏以前的形状，然后将橡皮泥取下，测量其体积，再换算成金属的失重。当损坏面位于三维曲面时，其表面形状应采用叶片样板或其他适当工具检验，测量误差应不大于15%。

近似计算法：通过所测得的每个空蚀或磨蚀区域的空蚀深度和面积，用计算方法确定空蚀或磨蚀量。

9) 导叶漏水量：宜采用容积法检测，即关闭水轮机进水工作闸门（无工作闸门的电站应关闭进水检修闸门）和导叶后，通过导叶及工作闸门之间压力管道内水体体积变化速率计算得到导叶漏水量。对于配置有进水阀旁通管路的机组可采用超声流量计或电磁流量计进行测量。

3 水泵检测方法应符合下列要求：

1. 水泵制造及安装质量检测应执行SL 317的规定。
2. 水泵流量、扬程、转速、轴功率、效率：应执行SL 548的规定。
3. 振动：采用振动传感器检测。
4. 噪声：采用声级计进行检测，声级计采用A计权声级。
5. 压力脉动：采用压力传感器检测。

4 调速系统静态特性试验及动态特性试验：应执行GB/T 9652.2的规定。

5 进水阀静水动作试验和动水关闭试验：应执行NB/T 10078、NB/T 10970的规定。

6 水轮发电机组综合性能检测

1. 机组启动试运行试验
2. 混流和轴流式机组应执行DL/T 507的规定。
3. 灯泡贯流式机组应执行DL/T 827的规定。
4. 抽水蓄能机组应执行GB/T 18482的规定。
5. 水轮机性能试验
6. 出力和效率应执行GB/T 20043的规定。大型轴流转桨式或灯泡贯流式水轮机，宜开展相对效率试验，用于修正导叶开口与叶片转角间的协联关系。
7. 振动、摆度、压力脉动：参照本条第2款的检测方法执行。
8. 噪声采用声级计进行检测，声级计采用A计权声级。
9. 空蚀和磨蚀：参照本条第2款的检测方法执行。
10. 导叶漏水量宜采用容积法检测，配置进水阀旁通管的机组可采用超声或电磁流量计进行测量。

3) 水轮发电机性能试验

a） 效率及损耗测定应执行GB/T 25442的规定。

b） 发电机振动和摆度：参照本节水轮机的检测方法。

c） 温升试验应执行GB/T 1029的规定。

d） 电抗和时间常数测定应执行GB/T 1029的规定。

e） 电压波形全谐波畸变因数（THD）测定应执行GB/T 1029的规定。

f） 飞轮力矩（GD2）测量应执行GB/T 1029的规定。

7 水泵机组综合性能检测：检测方法应执行SL 548的规定。

8.2.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 水轮机/水泵水轮机

1) 水头/扬程、流量、出力（轴功率）、效率：应符合设计要求及合同保证值。

2) 通流部件的几何型线及尺寸、波浪度、粗糙度应符合GB/T 15613的规定。

3) 硬度应符合设计要求及合同保证值。

4) 平面度、圆度、同轴度、垂直度、中心偏差、高程应符合SL 636的规定。

5) 顶盖振动、水导摆度、压力脉动、噪声、导叶漏水量应符合附录H.1.1的要求和GB/T 15468的规定或合同保证值要求。

6) 转速：机组甩负荷时的最大转速上升率宜按以下不同情况选取：

a) 当机组容量占电力系统工作总容量的比重较大，或担负调频任务时，宜小于50%。

b) 当机组容量占系统工作总容量的比重不大，或不担负调频任务时，宜小于60%。

c) 贯流式机组最大转速升高率宜小于65%。

d) 冲击式机组最大转速升高率宜小于30%。

7) 空蚀和磨蚀：应符合附录H.1.2的要求。

2 水泵

1) 水泵制造及安装质量应符合SL 317的规定。

2) 水泵流量、扬程、转速、轴功率、效率、压力脉动：应符合设计及合同要求。

3) 振动：应符合附录H.2.1的要求。

4) 噪声：应符合附录H.2.2的要求。

5) 其他检测项目：应符合SL 317的规定，且满足泵站设计要求和合同文件规定的技术要求。

6) 空蚀和磨蚀：蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定应符合附录H.1.2的要求。水泵磨蚀应符合合同保证值要求。

3 调速系统静态及动态特性：应符合GB/T 9652.2规定。

4 进水阀静水动作试验和动水关闭试验：应符合NB/T 10078、NB/T 10970的规定。

5 水轮发电机组综合性能检测：整机综合结果评价，水轮发电机组整机检测结果满足下列要求，且各检测单元结果评价为合格，该台(套)水轮发电机组整机综合结果评价为合格。

1) 机组启动试运行试验

1. 混流和轴流式机组：应符合DL/T 507的规定。
2. 灯泡贯流式机组：应符合DL/T 827的规定。
3. 抽水蓄能机组：应符合GB/T 18482的规定。

2) 水轮机性能试验

1. 水轮机出力和效率应符合设计要求及合同保证值。

b） 顶盖振动、水导摆度、压力脉动、噪声、导叶漏水量应符合附录H.1.1的要求和GB/T 15468的规定。

c） 空蚀和磨蚀：应符合附录H.1.2的要求。

3) 水轮发电机性能试验

a) 水轮发电机效率及损耗应符合设计要求及合同保证值。

b） 发电机振动和摆度应符合附录H.1.1的要求。

c） 绕组温升应符合附录H.1.3的要求。

d） 电抗和时间常数应符合设计要求。

e） 电压波形全谐波畸变因数应符合以下规定：

水轮发电机定子绕组接成正常工作接法时,在空载及额定电压下,线电压波形正弦性畸变率不应超过5%。

水轮发电机在空载额定电压和额定转速时，线电压的电压谐波因数(THF)不应超过1.5%。

1. 飞轮力矩（GD2）应符合设计要求。

6 水泵机组综合性能检测：整机综合结果评价，水泵机组综合性能检测项目的检测结果符合设计和技术标准要求，且各检测单元结果评价为合格，该台(套)水泵机组综合结果评价为合格。

### 8.3 电机及附属设备

8.3.1 检测项目宜包括下列内容：

1 发电机/发电电动机安装质量检测项目宜包括：平面度、水平度、波浪度、中心偏差、高程、转子圆度、定子圆度、空气间隙。必要时，可增加材料力学性能、焊缝质量、残余应力。

2 发电机/发电电动机机械性能检测项目宜包括：振动和摆度、轴承温度、噪声。

3 发电机/发电电动机电气性能检测项目宜包括：绝缘电阻、直流电阻、交流耐压、定子绕组直流耐压、定子绕组泄漏电流、定子绕组吸收比或极化指数、定子铁心磁化、相序、轴电压、短时过电流、短时升高电压、空载特性、三相稳态短路特性、绕组电抗和时间常数、温升。必要时，可以增加电压波形畸变率、 电话谐波因数、三相突然短路、效率和损耗。

4 主电动机的机械部分：空气间隙、转子磁极圆度、水平度、垂直度、中心偏差、高程、轴线调整、振动和摆度。

5 主电动机的电气部分：绝缘电阻及吸收比、直流电阻、直流耐压 、交流耐压、泄漏电流。

6 励磁系统

1） 励磁变压器：绝缘和耐压试验、三相不对称试验。

2） 磁场断路器及灭磁开关：绝缘和耐压试验、导电性能试验、操作性能试验、同步性能测试、分断电流试验。

3） 非线性电阻及过电压保护器部件：绝缘和耐压试验、灭磁电阻试验、跨接器试验。

4） 功率整流器和励磁调节器：绝缘和耐压试验。

5） 励磁系统试验：开环小电流试验、零起升压、自动升压、软起励试验、升降压及逆变灭磁特性试验、调节通道的切换试验、10%阶跃响应试验、电压给定值整定范围测试、励磁调节器的发电机电压-频率特性测试、电压/频率限制试验、电压互感器(VT)断线模拟试验、发电机无功负荷调整试验及甩负荷试验、发电机在空载和负载工况下的灭磁试验、限制及保护试验。

8.3.2 检测单元划分：每台发电机/发电电动机、主电动机、励磁系统为1个检测单元。

8.3.3 检测数量布置：检测单元内的检测项目均应进行检测。对于性能检测项目应至少选择1台发电机/发电电动机、主电动机、励磁系统进行检测。

8.3.4 检测方法应符合下列要求：

1 发电机/发电电动机

1) 发电机/发电电动机安装质量检测应按SL 636、GB/T 8564的规定。

2) 发电机/发电电动机振动和摆度：分别采用振动传感器和电涡流传感器检测。

3) 轴承温度：采用埋置检温计法检测。

4) 噪声：采用声级计进行检测，声级计采用A计权声级。

5) 绝缘电阻：采用兆欧表检测。

6) 直流电阻、轴电压、短时过电流、短时升高电压试验、空载特性、三相稳态短路特性、绕组电抗和时间参数、温升试验、电压波形畸变率、电话谐波因数、三相突然短路：应执行GB/T 1029的规定。

7) 交流耐压：应执行DL/T 474.4的规定。

8) 定子绕组直流耐压、定子绕组泄漏电流：应执行DL/T 474.2的规定。

9) 定子绕组吸收比或极化指数：采用兆欧表检测。

10) 定子铁心磁化：应执行GB/T 20835的规定。

11) 相序：采用相序仪在电压互感器低压侧进行检测。

12) 效率和损耗：应执行GB/T 25442的规定。

2 主电动机

1) 主电动机机械部分

a) 空气间隙、转子磁极圆度、水平度、垂直度、中心偏差、高程、轴线调整应执行SL 317的规定。

b) 振动：采用振动传感器检测。

2) 主电动机电气部分

所有检测项目应执行SL 548的规定。

3 励磁系统：应执行DL/T 489的规定。

8.3.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 发电机/发电电动机

1) 平面度、水平度、波浪度、中心偏差、高程、转子圆度、定子圆度、空气间隙应符合SL 636的规定。

2) 振动和摆度：应符合附录H.1.1的要求。

3) 轴承温度：不应超过下列数值：a)推力轴承巴氏合金瓦：80℃；b)推力轴承塑料瓦体：55℃；c)导轴承巴氏合金瓦：75℃。

4) 绝缘电阻：转子单个磁极挂装前及挂装后在室温10℃～30℃用1000V 兆欧表测量时，其绝缘电阻值不应小于5MΩ。挂装后转子整体绕组的绝缘电阻值不应小于0.5MΩ。有绝缘要求的水轮发电机推力轴承、导轴承及埋置检温计均应对地绝缘。其绝缘电阻值在10~30℃测量时应为下列数值：

a) 在推力轴承、导轴承装入温度计注入润滑油前，用1000V兆欧表测得的绝缘电阻值不小于1.0MΩ，注入润滑油后，用500V兆欧表测得的绝缘电阻值不小于0.5MΩ。

b) 用250V兆欧表测得埋入式温度检测计和其他自动化元件的绝缘电阻值不小于1.0MΩ。

5） 直流电阻：实际冷态下，定子绕组直流电阻最大与最小两相间的差值，在校正了由于引线长度不同引起的误差后，不应超过最小值的2%。

6） 交流耐压试验、定子绕组直流耐压试验、定子绕组泄漏电流、定子绕组吸收比或极化数：应符合GB 50150的规定。

7） 相序：水轮发电机旋转方向，从非传动端看规定为顺时针方向，相序排列应为面对水轮发电机出线端从左至右排列的顺序为U、V、W。旋转方向如有特殊要求，应在专用技术协议或合同中规定。

8） 短时过电流试验：水轮发电机在事故条件下允许短时过电流，但不应发生有害变形及接头开焊等情况。

9） 温升试验：应符合附录H.1.3的要求。

10） 电压波形畸变率：水轮发电机定子绕组接成正常工作接法时，在空载及额定电压下，线电压波形正弦性畸变率不应超过5%。

11） 电话谐波因数：水轮发电机在空载额定电压和额定转速时，线电压的电压谐波因数(THF)不应超过1.5%。

12) 噪声：在水轮发电机盖板外缘上方垂直距离1m处，水轮发电机噪声(声压级)不宜超过80dB(A)。

13) 定子铁心磁化试验、绕组电抗和时间参数、气隙、三相突然短路试验、效率和损耗：应符合设计要求。

14) 轴电压：应在2V以下。

15) 短时升高电压试验：试验应对电机无损害。

16) 空载特性和三相稳态短路特性：应符合附录H.1.4的要求。

2 主电动机

1) 振动：应符合附录H.2.1的要求。

2) 机械部分其他检测项目：应符合SL 317的规定，且满足泵站设计要求和合同文件规定的技术要求。

3) 电气部分检测项目：应符合附录H.2.3、H2.2.4的要求。

3 励磁系统：应符合DL/T 583的规定。

### 8.4 高压电气设备

8.4.1 检测项目宜包括下列内容：

1 电站高压电气设备：

1) 电力变压器：绕组连同套管的直流电阻、绝缘电阻、吸收比或极化指数、交流耐压、变比及组别测量、介质损耗因数、有载调压切换装置的检查和试验、冲击合闸试验、相位、绝缘油试验或SF6气体试验。

2) 真空断路器：绝缘电阻、每相导电回路的电阻、交流耐压、断路器的分合闸时间、分合闸的同期性、合闸时触头的弹跳时间、分合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻和直流电阻、断路器操动机构试验。

3) 六氟化硫断路器：绝缘电阻、每相导电回路的电阻、交流耐压、断路器均压电容器试验、断路器的分合闸时间和速度、断路器主、辅触头分合闸的同期性及配合时间、断路器合闸电阻的投入时间及电阻值、断路器分合闸线圈绝缘电阻及直流电阻、断路器操动机构试验、套管式电流互感器试验、断路器内六氟化硫气体的含水量、密封性试验、气体密度继电器、压力表和压力动作阀的检查。

4) 互感器：绕组的绝缘电阻、35kV及以上电压等级互感器的介质损耗因数（tanδ）、局部放电、交流耐压、绝缘介质性能、绕组的直流电阻、接线组别和极性、误差及变比、电流互感器的励磁特性曲线、电磁式电压互感器的励磁特性、电容式电压互感器(CVT)、密封性能。

5) 气体绝缘开关设备：主回路的导电电阻、主回路的交流耐压、密封性、六氟化硫气体含水量、封闭式组合电器内各元件、组合电器的操动、气体密度继电器、压力表和压力动作阀的检查。

6) 隔离开关、负荷开关及高压熔断器：绝缘电阻、高压限流熔丝管熔丝的直流电阻、负荷开关导电回路的电阻、交流耐压、操动机构线圈的最低动作电压、操动机构试验。

7) 套管：绝缘电阻、20kV及以上非纯瓷套管的介质损耗因数（tanδ）和电容值、交流耐压、绝缘油、六氟化硫套管气体。

8) 悬式绝缘子和支柱绝缘子：绝缘电阻、交流耐压。

9) 电力电缆线路：绝缘电阻、直流耐压试验及泄漏电流测量、交流耐压、金属屏蔽层电阻和导体电阻比、电缆线路两端的相位、充油电缆的绝缘油、交叉互联系统试验。

10) 电容器：绝缘电阻、耦合电容器、断路器电容器的介质损耗因数（tanδ）及电容值、耦合电容器的局部放电、并联电容器交流耐压、冲击合闸试验。

11) 绝缘油和六氟化硫气体：水溶性酸、酸值、闪点（闭口）、水分、界面张力、介质损耗因数（tanδ）、击穿电压、体积电阻率、油中含气量、油泥与沉淀物、油中溶解气体组分含量色谱分析；SF6气体纯度、湿度、气体泄漏。

12) 避雷器：金属氧化物避雷器及基座绝缘电阻、金属氧化物避雷器的工频参考电压和持续电流、金属氧化物避雷器直流参考电压和0.75倍直流参考电压下的泄漏电流、放电记数器动作情况及监视电流表指示、工频放电电压。

13) 接地装置：接地网电气完整性、接地阻抗。

14) 爬电距离和电气间隙。

2 泵站电气设备：

1）电力变压器：绕组连同套管的直流电阻、绕组连同套管的绝缘电阻和吸收比或极化指数、绕组连同套管的介质损耗因数tanδ、绕组连同套管的直流泄漏电流、绕组连同套管的交流耐压、所有分接头的变压比、绝缘油击穿电压。

2） 高压开关设备：绝缘电阻、开关导电回路的电阻、交流耐压。

3） 低压电器：低压电器连同所连接电缆及二次回路的绝缘电阻、阻器和变阻器的直流电阻、低压电器连同所连接电缆及二次回路的交流耐压。

4） 电力电缆：绝缘电阻、直流耐压和泄漏电流、交流耐压。

5） 接地装置：接地网电气完整性、接地阻抗。

8.4.2 检测单元划分：每台(套)设备为1个检测单元。

8.4.3 检测数量布置：不同厂不同型号、不同厂同型号、同厂不同型号的，各至少选择1台(套)进行检测。

8.4.4 检测方法应符合下列要求：

1 电站高压电气设备

1) 爬电距离和电气间隙：应执行GB 19212.1的规定。

2) 六氟化硫气体：采用电解式、冷凝露点式、电阻电容式湿度计检测。

3) 其他检测项目：应执行GB 50150的规定。

2 泵站高压电气设备：所有检测项目应执行SL 548的规定。

8.4.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 爬电距离和电气间隙：应符合GB 19212.1的规定。

2 其他检测项目：应符合GB 50150的规定。

### 8.5 电气二次设备

8.5.1 检测项目宜包括下列内容：

1 水电站计算机监控系统：绝缘电阻、模拟量数据采集与处理、数字量数据采集与处理、计算量数据采集与处理、数据输出通道、其他数据处理、控制功能、功率调节、AGC、AVC、人机接口、系统时钟、时间同步、外部通信、系统自诊断及自恢复。

2 水电站继电保护系统：二次回路绝缘电阻、开关输入回路、采样精度，对发电机主保护、过电流保护、低电压保护、定子接地保护、失磁保护、转子接地保护、过电压保护、过负荷保护、负序过流保护、差动保护、发电机失灵保护、励磁主保护、励磁后备与异常保护进行整定及校核。

3 泵站计算机监控系统：一般性能测试、针对性功能测试（模拟量数据采集与处理功能测试、数字量数据采集与处理功能测试、数据输出通道测试、网络通信功能测试、控制功能测试、实时性及负荷率测试、纠错性能测试）。

4 泵站继电保护系统：对速断保护、过电流保护、低电压保护、转子接地保护、过负荷保护、失磁保护、失步保护、过电压保护、差动保护、高频(载波)保护进行整定及校核。

8.5.2 检测单元划分：每台(套)独立的电气二次设备为1个检测单元。

8.5.3 检测数量布置：检测单元内的检测项目均应进行检测。

8.5.4 检测方法应符合下列要求：

1 水电站计算机监控系统：应执行DL/T 822的规定。

2 水电站继电保护系统：应执行NB/T 35010的规定。

3 泵站计算机监控系统：应执行SL 583的规定。

4 泵站继电保护系统：应执行NB/T 35010的规定。

8.5.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 水电站计算机监控系统：应符合DL/T 822的规定。

2 水电站继电保护系统：应符合NB/T 35010的规定。

3 泵站计算机监控系统：应符合SL 583的规定。

4 泵站继电保护系统：应符合NB/T 35010的规定。

## 9 外观测量

### 9.1 一般规定

9.1.1 高程控制测量和平面控制测量应符合SL 197的规定，采用的控制起始点和精度应与施工测量一致。

9.1.2 检测点的布置应采用随机布点的原则。

9.1.3 测量记录及签证应完整齐全，宜使用单项检测项目结果及评价表，见表9.1.3。

表9.1.3 单项检测项目结果及评价表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检 测 成 果 | 序号 | 测点 | 设计值或规定值 | 实测值 | 偏差值 | 允许偏差值 | 结果 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |  |  |
| 测点总数 |  | | 合格点数 |  | |  |
| 评 价 | 检测 结果 | 1. 共检测 点 , 合格 点 , 合格率 % ;  2. 不合格点不集中 □ 不集中为√ , 集中为 ×。 | | | | |  |
| 结论 | 不合格 □  合格 □  评价结论选择其一 , 用 “√ ” 表示 | | | | |  |
| 测量人 | |  | | 审核人 |  | |  |
| 注 : 结果评定为栏合格打 “√ ”, 不合格打 “× ”。 | | | | | | | |

### 9.2 检测项目及布置

9.2.1 检测项目宜包括：高程、平面位置、建筑物纵横轴线、建筑物断面几何尺寸（、结构构件几何尺寸、角度、坡度及平整度。

9.2.2 挡水建筑物的测区布置和数量应符合下列要求：

1 坝顶和马道高程测点按长度布置，长度小于500m，应按每20m～50m布置1个测点；长度500m～1000m，应按每50m～100m布置1个测点；长度大于1000m，应按每100m～150m布置1个测点。总测点数量不少于10个。

2 坝顶长度测点和坝轴线坐标测点沿坝顶轴线布置，包括起始点、转折点和终点。

3 坝顶和马道宽度以及坝坡坡度测点按断面布置，坝长小于500m，应按每50m～100m布置1个断面，坝长500m～1000m，应按每100m～200m布置1个断面，总断面数量不少于3个；坝长大于1000m，应按每200m～300m布置1个断面，总断面数量不少于5个。

9.2.3 泄洪建筑物的测区布置和数量应符合下列要求：

1 进口段：每孔底板、翼墙（含闸墩）顶高程总测点数量不少于10个；宽度、墙厚各布置2～3个断面，底板、翼墙及闸墩长度各布置测点数量不少于10个。

2 消力池：底板、挡墙顶高程总测点数量不少于10个；底板的长度及宽度各布置5～10个断面，挡墙的长度总测点数量不少于10个。

3 连接段陡坡坡度测点按长度方向布置，每10m～50m布置1～3个断面，陡坡宽度及墙高各布置3～5个断面。

9.2.4 堤防、渠道、河道疏浚的测区布置和数量应符合下列要求：

1 堤顶、渠顶、渠底及河道河底高程测点按长度布置，小于等于1000m的，应按每100m布置1个测点；大于1000m的，应按每100～300m布置1个测点。总测点数量不少于10个。

2 堤防、渠道的长度测点和轴线坐标测点沿轴线布置，包括起始点、转折点和终点。

3 堤顶、渠顶宽度以及边坡坡度测点按断面布置。堤防、渠道的长度不大于500m，应按每50m～100m布置1个断面；长度500m～1000m，应按每100m～200m布置1个断面，长度不小于1000m，应按每500m～800m布置1个断面。宽度和坡度有变化的，应增加断面布置。

4 渠道及河道河床纵坡测点按长度布置，每300m～500m布置1个测点。

5 护坡长度测点沿轴线每20m布置不少于1个测点、每2000m布置不少于3个测点。

9.2.5 水闸、渡槽、涵管、倒虹吸的测点布置和数量应符合下列要求：

1 闸底板、闸顶、渡槽、涵管高程测点按长度布置，每100m～300m布置1个测点；倒虹吸底部高程测量在进出口分别布置3～5个测点。

2 水闸长度测点布置在两端点，渡槽、涵管、倒虹吸长度测点和纵坡测点布置在进出口处。

3 渡槽、涵管、倒虹吸高度、宽度测点按断面布置，长度小于等于500m，应布置1个断面；长度大于500m，应按每200m～300m布置1个断面，进出口应分别布置1个断面，总断面不少于5个；单孔水闸宽度布置2～3个断面。

4 水闸、渡槽、涵管、倒虹吸轴线坐标测点布置在两端点和转折点。

9.2.6 隧洞的测区布置和数量应符合下列要求：

1 高程和纵坡测点按长度布置，每300m～500m布置1个测点。

2 断面几何尺寸测点按长度布置，长度小于等于500m，应布置1个断面，长度大于500m，每500m～800m布置1个断面，进出口应分别布置1个断面。

3 轴线坐标测点布置在进出口和转折点。

9.2.7 电站、泵站厂房测点布置和数量应符合下列要求：

1 地面高程测量按每10m2布置1个测点，总测点数量不少于10个；机组安装高程每台机组布置1～3个测点。

2 长度、宽度和高度测量分别按断面布置，总断面数量不少于3个。

9.2.8 一般建（构）筑物的测区布置和数量应符合下列要求：

1 高程测点布置数量不少于2个。

2 长度、宽度、高度测量分别按断面布置，总断面数量不少于3个。

### 9.3 检测方法

9.3.1 高程控制测量应采用水准仪或全站仪。

9.3.2 几何尺寸测量应采用全站仪、经纬仪、钢卷尺、钢直尺、测距仪等。

9.3.3 轴线坐标应采用全站仪或GNSS设备，按照设计已明确其坐标位置的特征点进行测量。

9.3.4 坡度应采用坡度仪进行测量，或采用全站仪测量顶部和底部的高程、坐标，通过计算得出。

9.3.5 角度应采用经纬仪、全站仪测量相交的两条直线在同一水平面上的投影所夹的角度，或同一竖直面内仪器中心至目标的倾斜视线与水平视线所夹的锐角。

9.3.6 检测使用的仪器设备见表 9.3.6。

表9.3.6 检测使用的仪器设备表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 单位 | 用 途 | 备注 |
| 1 | 全站仪 | 台 | 平面位置、建筑物纵横轴线、建筑物几何尺寸、高程、坡度、角度测量 | 含三脚架 、梭镜 、觇牌 |
| 2 | GNSS | 台 |  |
| 3 | 经纬仪 | 台 | 平面位置、建筑物纵横轴线、角度测量 |  |
| 4 | 水准仪 | 台 | 高程测量 |  |
| 5 | 钢卷尺 | 个 | 建筑物几何尺寸、结构构件几何尺寸测量 | 2m、5m、20m、50m |
| 6 | 直尺 | 个 | 建筑物几何尺寸、结构构件几何尺寸测量 | 30cm、50cm |
| 7 | 坡度仪 | 个 | 坡度、平整度测量 | 配 2m靠尺 |
| ~~8~~ | 测距仪 | 台 | 建筑物几何尺寸测量、结构构件几何尺寸测量 |  |

### 9.4 结果评价

9.4.1 高程允许偏差见表 9.4.1。

表9.4.1 高程允许偏差表

| 序号 | 检测项目 | | | | 允许偏差/cm |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 挡水建筑物 | | 混凝土坝 | 坝顶 | 0～+3 |
| 2 | 土石坝 | 坝顶 | 0～+10 |
| 3 | 马道 | 顶部 | ±3 |
| 4 | 泄洪建筑物 | | 进口 | 墙顶 | 0～+3 |
| 5 | 底板(溢流堰顶部) | 0～+2 |
| 6 | 消力池 | 墙顶 | 0～+20 |
| 7 | 底板 | - 5～+3 |
| 8 | 引水建筑物 | | 进口 | 墙顶 | 0～+10 |
| 9 | 底板 | ±0.5 |
| 10 | 过水建筑物 | | 渠道 | 渠顶 | 0～+10 |
| 11 | 底板 | ±1 |
| 12 | 渡槽、涵管、  倒虹吸、  隧洞 | 进、 出口底板 | - 2～+1 |
| 13 | 电站、泵站 | | | 前池底板 | 0～+2 |
| 14 | 厂(站)房地面 | ±1 |
| 15 | 堤防 | 河堤 | 堤身 | 堤顶 | 0～+10 |
| 16 | 平(戗)台顶 | - 10～+10 |
| 17 | 防浪墙 | 干砌石墙顶 | 0～+5 |
| 18 | 浆砌石墙顶 | 0～+4 |
| 19 | 混凝土墙顶 | 0～+3 |
| 20 | 海堤 | 堤身 | 堤顶 | 0～+20 |
| 21 | 平(戗)台顶 | - 15～+15 |
| 22 | 防浪墙 | 干砌石墙顶 | - 3～+10 |
| 23 | 浆砌石墙顶 | - 3～+8 |
| 24 | 混凝土墙顶 | - 3～+5 |
| 25 | 河道疏浚 | | | 平均底高程 | 设计高程 ±5 |

9.4.2 几何尺寸允许偏差见表9.4.2。

表9.4.2 几何尺寸允许偏差表

| 序号 | 检测项目 | | | 允许偏差/cm |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 挡水建筑物 | 混凝土坝 | 坝顶宽度 | ±3 |
| 2 | 土石坝 | 坝顶宽度 | - 5～+15 |
| 3 | 马道 | 宽度 | ±2 |
| 4 | 泄洪建筑物 | 进口 | 宽度 | ±1/200设计值 |
| 5 | 长度 | 0～+20 |
| 6 | 消力池 | 宽度 | 0～+10 |
| 7 | 长度 | 0～+20 |
| 8 | 引水建筑物 | 进口 | 宽度 | 0～+10 |
| 9 | 长度 | ±10 |
| 10 | 过水建筑物 | 渡槽、涵管、 倒虹吸、隧洞 | 过流断面尺寸 | ±1/200设计值 |
| 11 | 宽度 | ±4 |
| 12 | 渠道 | 渠顶(底)宽 | ±1/200设计值 |
| 13 | 堤防 | 堤顶宽度 | | - 5～+15 |
| 14 | 平(戗)台顶 | | - 10～+15 |

表9.4.2 几何尺寸允许偏差表（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | 允许偏差/cm |
| 15 |  | 马道 | ±2 |
| 16 | 平整度 | 毛石护坡，不大于10cm  干砌石护坡，不大于5cm  浆砌石护坡，不大于1cm |
| 17 | 河道疏浚 | 河道过水断面面积 | 不小于设计断面面积 |
| 18 | 局部欠挖 | 深度小于 0.3m,面积小于5.0m2 |
| 19 | 开挖横断面每边最大超宽值、 最大超深值 | 小于设计值×0.05，且不应危及堤防、护坡岸建筑物的安全 |
| 20 | 一般建筑物 | 尺寸在50cm以内的，允许偏差在±1cm；50～200cm的，允许偏差在±2.5cm；200cm上的，允许偏差在±5cm | |

9.4.3 轴线坐标的允许偏差应符合下列要求：

1 混凝土坝、水闸为±1cm。

2 土石坝为±2cm。

3 渠道、渡槽、涵管、倒虹吸、隧洞为±1.5cm。

4 其他建筑物为±3cm。

9.4.4 坡度的允许偏差应符合下列要求：

1 大坝、堤防、渠道等的边坡坡度不应大于设计值。

2 过水建筑物纵坡坡度允许偏差为设计值±0.05。

9.4.5 质量加测结果评价

1 检测项目的测点实测值与设计值的误差在允许偏差范围内为合格点，合格点数除以总测点数为该项的合格率，合格率达到80%及以上，检测资料齐全，该检测项目质量检测结果评价为合格。

2 检测项目第一次检测合格率小于80%，可按原测点数的2倍数量复测。复测合格率达到70%及以上，检测资料齐全，则该检测项目质量检测结果评价为合格。

9.4.6 建筑物尺寸测量结果评价：全部测量项目评价为合格，且检测资料齐全，则结果评价为合格。

## 10 信息化系统

### 10.1 一般规定

10.1.1 信息化系统由感知系统、网络和硬件设施、系统和应用软件、数据资源等部分构成。

10.1.2 检测对象主要包括水情、雨情、气象以及安全监测等自动监测站点的信息交换，工程运行期监视和控制、调度、预警、决策分析、统计查询、巡检等各类工程业务及支撑系统（平台）。

10.1.3 全过程检测和抽检时，应编制工程信息化系统专项检测方案，其合格指标和要求应基于设计、合同条款和相关标准。方案编制时应重点涵盖以下内容：

1 信息系统主要建设内容；

2 信息系统开发的约束性要求；

3 信息系统主要功能；

4 系统建设的重点、难点及关键技术。

10.1.4 信息化系统集成部分应检测各子系统间的互操作性及整体功能是否满足设计要求。

10.1.5 网络类设施、设备及系统的检查，应参照SL 434执行。

10.1.6 信息化系统中涉密部分的检测，需按国家保密法规和标准执行，通过涉密检测后方可进行后续验收。

10.1.7 信息化系统的关键性功能、性能和安全指标的确认测试以及等级保护测评，应由行政部门认可的第三方机构实施。

### 10.2 感知系统

10.2.1 检测项目宜包括采集功能、设备防护、系统性能等。

10.2.2 由独立自动化采集装置和软件组成的感知系统应作为一个检测单元。

10.2.3 检测方法应符合下列要求：

1 采集功能：测试自动巡测、人工选测、远程采集等。

2 设备防护：检查防雷、防潮、防锈、抗振、抗电磁干扰、数据掉电保护等。

3 系统性能：计算有效数据缺失率、年平均无故障工作时间、平均维修时间等。

10.2.4 检测数量应符合下列要求：

1 采集功能：全面自动巡测，每一独立的采集模块选取一个人工选测和远程采集。

2 设备防护：抽样20%的监测设施进行防护检查。

3 系统性能：全面计算有效数据缺失率、年平均无故障工作时间、平均维修时间。

10.2.5 检测项目满足下列要求的，质量检测结果评价为合格：

1 采集功能：自动巡测正常测值率≥95%，人工选测和远程采集正常测值率≥90%。

2 设备防护和系统性能：均满足设计和技术标准要求。

### 10.3 系统和应用软件

10.3.1 检测项目宜包括系统软件、工具软件、业务软件功能及性能等。

10.3.2 由单独的数据库组成的信息化系统所涉及的系统软件、工具软件和业务应用软件应作为一个检测单元。

10.3.3 检测方法应符合下列要求：

1 系统软件：检查技术参数和版本，测试主要技术参数。

2 工具软件：检查工具软件的清单和应用。

3 业务软件功能：验证需求规格说明中的功能。

4 业务软件性能：验证设计要求的性能指标，宜包括响应速度、稳定性、容错性。

10.3.4 检测数量应符合下列要求：

1 系统软件：全面检查技术参数和版本，测试3～5个主要技术参数。

2 工具软件：全面检查工具软件的清单，抽取50%的工具软件检查其应用效果。

3 业务软件功能：验证需求规格说明中的60%的功能。

4 业务软件性能：设计5～10个案例，验证响应速度、稳定性、容错性。

10.3.5 检测单元内全部检测项目均满足相应的设计和技术标准要求，质量检测结果评价为合格。

### 10.4 硬件设施

10.4.1 检测项目宜包括性能指标、安装部署、网络连接等 。

10.4.2 由单独的数据库组成的信息化系统所涉及的所有相关硬件设备应作为一个检测单元。

10.4.3 检测方法应符合下列要求 :

1 性能指标：检查主要技术参数。

2 安装：检查部署位置和运行环境。

3 网络连接：测试和确认网络拓扑关系。

10.4.4 检测数量应符合下列要求：

1 性能指标：检查5～10个主要技术参数。

2 安装：全面检查部署位置和运行环境。

3 网络连接：全面测试网络拓扑关系。

10.4.5 检测单元内全部检测项目均满足相应的设计和技术标准要求，质量检测结果评价为合格。

### 10.5 数据资源

10.5.1 检测项目宜包括：数据库、数据库模型、数据数量与质量等。

10.5.2 单独的数据库应作为一个检测单元。

10.5.3 检测方法应符合下列要求：

1 数据库：检查主要技术参数、安装、运行环境、权限控制，测试数据备份。

2 数据库模型：验证和确认逻辑结构、物理结构的合理性和有效性。

3 数据数量和质量：检查数据数量的完整，检查和评价主要关键业务的数据质量。

10.5.4 检测方法应符合下列要求:

1 数据库：全面检查主要技术参数、安装、运行环境、权限控制，测试1次数据备份。

2 数据库模型:全面检查数据库冗余字段，设计3～5个实例验证操作数据库的正常有效。

3 数据数量和质量:全面检查数据数量的完整，检查和评价2～3个关键业务的数据质量。

10.5.5 检测单元内全部检测项目均满足相应的设计和技术标准要求，质量检测结果评价为合格。

## 附录 A 质量检测单位检测工作流程

A.0.1 质量检测单位应与委托人签订质量检测合同，明确检测内容、检测项目、数量和检测费用及双方的责任和义务。

A.0.2 根据质量检测合同或任务要求，组织确定符合要求的检测人员，确定检测应依据的法规和技术标准，编制检测方案，选择检测仪器设备，做好检测准备工作。

A.0.3 签发检测任务书，明确检测专业负责人及检测具体技术要求。

A.0.4 如由委托人负责取样、送样，检测单位则负责检查样品，在送样登记表上给样品编号登记并签字盖章。如由检测单位负责取样，检测人员应按照委托人的要求，依据本标准划分检测单元，布设测区、测点、测线，按有关标准的规定取样，并对样品逐一进行编号标记并予以登记。

A.0.5 检测人员依据试验检测方法标准及作业指导书实施检测，记录原始数据，由检测人员、校核人员签字。

A.0.6 整理、统计、分析检测成果数据，审查人员按照规定在检测结果表格上签字。

A.0.7 相关人员编制、审核、批准检测报告，按照规定在检测报告上签字。

A.0.8 质量检测单位在合同约定的时间内向委托人发送正式检测报告。

A.0.9 如委托人对检测报告中的检测结果有异议，可按合同中约定的方式进行处理。

## 附录 B 水利工程质量检测报告的基本要求

B.0.1 检测报告的内容应包括以下信息：

1 检测报告名称。

2 委托单位名称、工程名称、检测范围。

3 报告的唯一性标识和每页及总页数的标识。

4 样品接收日期、检测日期及报告日期。

5 样品名称、生产单位、规格型号、等级、代表批量。

6 检验样品的状态。

7 取样单应注明取样人姓名及单位。

8 检测依据或执行标准。

9 检测项目及检测方法 (必要时)。

10 检测使用的主要仪器设备。

11 必要的检测说明和声明等。

12 编制、审核、批准人签名。

13 检测单位的名称、地址及通信信息。

B.0.2 当需对检测结果做出解释时，检测报告中还应包括下列内容：

1 对检测方法的偏离、增添或删减，以及特殊检测条件的信息。

2 需要时，符合 (或不符合) 要求或规范的说明。

3 适用时，提供检测结果不确定度的声明。

4 对所采用的任何非标准方法的明确说明。

B.0.3 检测报告的编制、审核、批准：

1 检测报告应结论准确、客观公正、信息齐全、用词规范、文字简练。

2 检测报告由检测人员编制，检测人员应对检测结果的真实性、准确性负责。

3 检测单位应明确报告审核人员，审核人员应对报告准确性、规范性负责。

4 检测报告由检测单位的负责人批准，批准人应对检测报告最终结果负责。

5 检测报告应加盖质量检测资质章、检测单位公章或检测专用章，多页检测报告应加盖骑缝章。

B.0.4 检测报告的发放应按检测项目、编号逐一进行登记，经办人应签名确认。

## 附录C 超声回弹综合法检测混凝土抗压强度

C.0.1 本方法适用于符合下列条件的普通混凝土：

1 采用的原材料符合国家现行标准的有关规定；

2 自然养护或蒸汽养护后经自然养护7d以上，且表面呈干燥状态；

3 龄期为7d~2000d；

4 抗压强度为10MPa~70MPa。

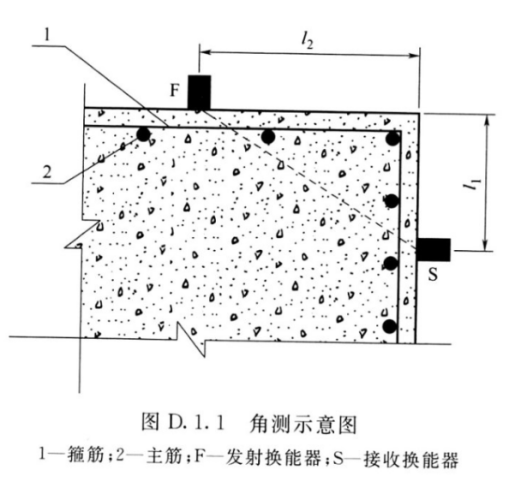
C.0.2 回弹测试及回弹值计算应执行JGJ/T 23的规定。

C.0.3 超声测试及声速值计算应符合下列要求：

1 超声测点应布置在回弹测试的同一测区内，每一测区应布置3个测点。超声测试宜采用对测，当被测构件不具备对测条件时，可采用角测或平测。

2 超声角测和声速计算方法应符合下列要求：

1. 当构件只有两个相邻测试面可供检测，可采用角测法（图C.0.3-1）测量混凝土中的声速。每个测区应布置3个测点，并应与相应测试面对应的3个测点的测距保持基本一致。



图C.0.3-1 角测示意图

1——箍筋；2——主筋；F——发射换能器；S——接收换能器

1. 布置超声测点时，换能器中心与构件边缘的距离 、不宜小于300mm，且两者相差不宜大于1.5倍。
2. 超声测距应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-1） |

式中：——第i个测点的超声测距 （mm）；

、——第i个测点换能器与构件边缘的距离（mm）。

1. 角测测区混凝土中声速代表值应按下式计算：：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-2） |

式中：—— 角测测区混凝土中声速代表值（km/s）；

—— 第i个测点的声时读数（μs）；

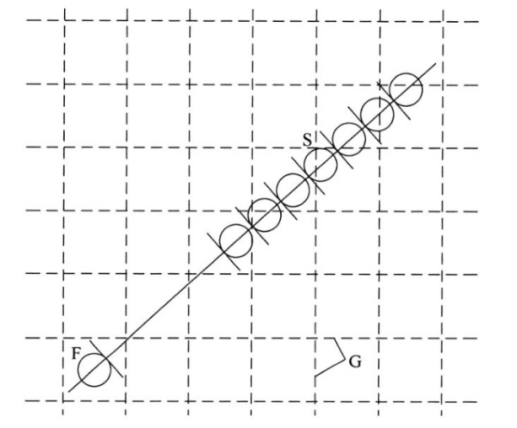
—— 声时初读数（μs）。

3 超声平测和计算方法应符合下列要求：

1. 当构件只有一个测试面可供检测时，可采用平测法测量混凝土中的声速。
2. 布置平测测点时，每个测区应布置一排超声测点，发射和接收换能器的连线与 附近钢筋轴线宜呈40º～50º（图C.0.3-2）。应以两个换能器内边距分别为200mm、250mm、300mm、350mm、400mm、450mm、500mm 进行平测，逐点测读相应声时值（t），并用回归分析方法求出下列直线方程：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-3） |

式中：—— 平测测区混凝土中声速代表值（）。



图C.0.3-2 平测示意图

F——发射换能器；S——接收换能器；G——钢筋轴线

1. 应选取有代表性且具有对测条件的构件，将平测测区混凝土中声速代表值（）修正为对测测区混凝土中声速代表值（）。在构件上采用对测法得到对测测区混凝土中声速代表值（），并采用平测法得到平测时代表性构件混凝土中平测声速（），按下式计算平测声速修正系数：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-4） |

式中：—— 对测测区混凝土中声速代表值（km/s）；

—— 平测时代表性构件混凝土中平测声速（km/s）；

—— 平测声速修正系数。

1. 平测法修正后的测区混凝土中声速代表值应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-5） |

式中：—— 修正后的测区混凝土中声速代表值（km/s）；

—— 平测测区混凝土中声速代表值（km/s）；

—— 平测声速修正系数。

4 超声测试还应符合下列要求：

1. 应在混凝土超声波检测仪上配置满足要求的换能器和高频电缆；
2. 换能器辐射面应与混凝土测试面耦合；
3. 应先测定声时初读数（），再进行声时测量，读数应精确至0.1μs；
4. 超声测距（*l*）测量应精确至1mm，且测量允许误差应在±1%；
5. 检测过程中若更换换能器或高频电缆，应重新测定声时初读数（）；
6. 声速计算值应精确至0.01km/s。

5 当在混凝土浇筑方向的侧面对测时，测区混凝土中声速代表值应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-6） |

式中：—— 对测测区混凝土中声速代表值（km/s）;

—— 第i个测点的超声测距 （mm）；

—— 第i个测点的声时读数（μs）；

—— 声时初读数（μs）。

6 当在混凝土浇筑的表面或底面对测时，测区声速代表值应按下式修正：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.3-7） |

式中：—— 修正后的测区混凝土中声速代表值（km/s）；

—— 超声测试面的声速修正系数，取1.034。

C.0.4 混凝土抗压强度换算值可采用专用测强曲线、地区测强曲线或全国测强曲线计算。

C.0.5 使用超声回弹综合法检测混凝土抗压强度的地区和部门，宜制定专用测强曲线或地区测强曲线，经审定和批准后实施。各检测单位应按专用测强曲线、地区测强曲线、全国测强曲线的次序选用测强曲线。

C.0.6 全国测强曲线的计算应符合下列要求：

1 全国统一测区混凝土抗压强度换算可按下式计算：

（C.0.6-1）

式中：—— 第*i*个测区的混凝土抗压强度换算值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 第*i*个测区修正后的测区回弹代表值；

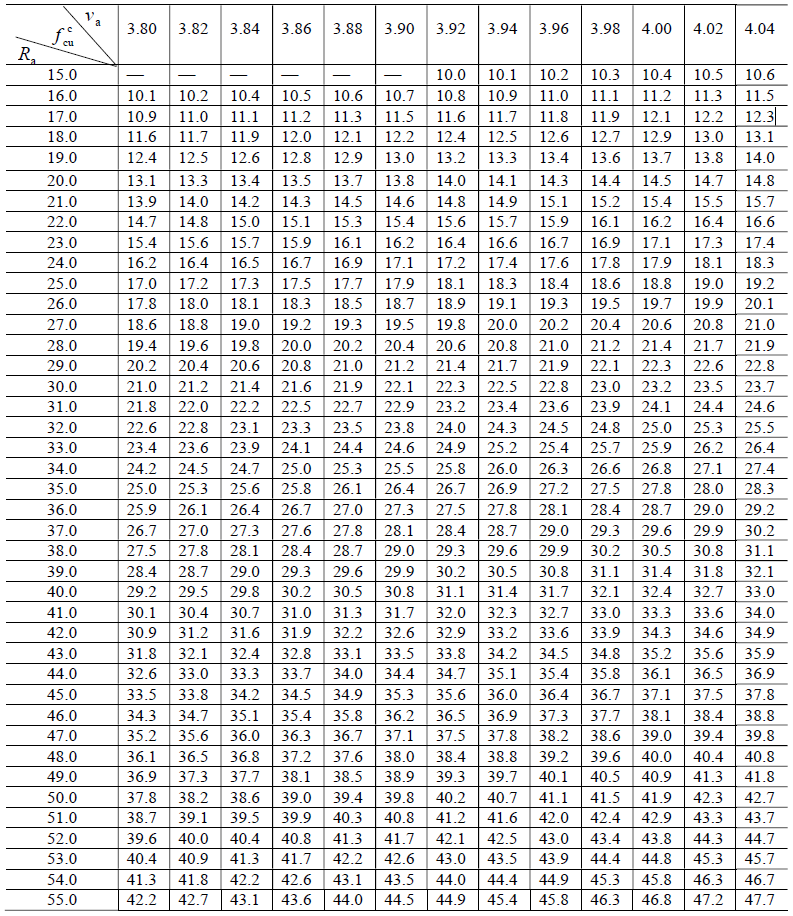
—— 第*i*个测区修正后的测区声速代表值。

2 当无专用测强曲线或地区测强曲线时，按C.0.6.3的有关规定通过验证后，可按C.0.6.4对测区混凝土抗压强度进行换算，也可按C.0.6.1规定进行计算。

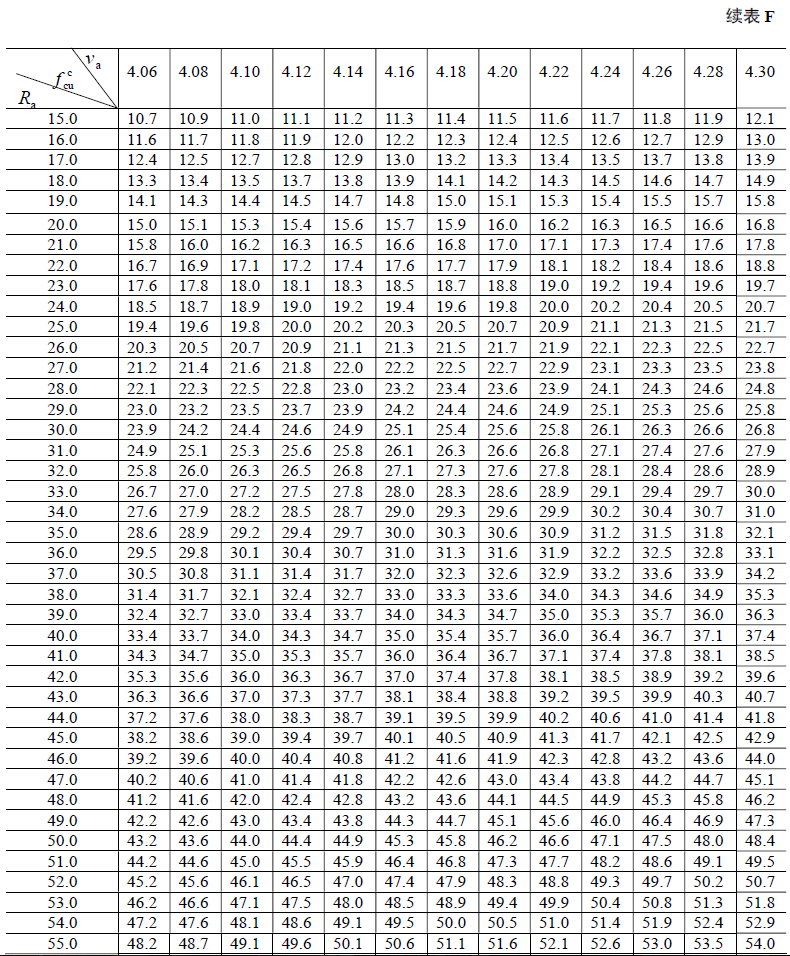
3 测强曲线可按下列方法进行验证：

1. 选用本地区常用的混凝土原材料，按常用配合比配制强度等级为C15、C20、C30、C40、C50、C60的混凝土，制作边长为150mm的立方体试件各3组，采用自然养护；
2. 采用符合现行标准要求的中型回弹仪和混凝土超声波检测仪；
3. 按龄期为28d、60d 和90d进行超声回弹综合法测试和试件混凝土抗压试验；
4. 根据每个试件测得的回弹值和声速值，按表C.0.6查得试件的混凝土抗压强度换算值；

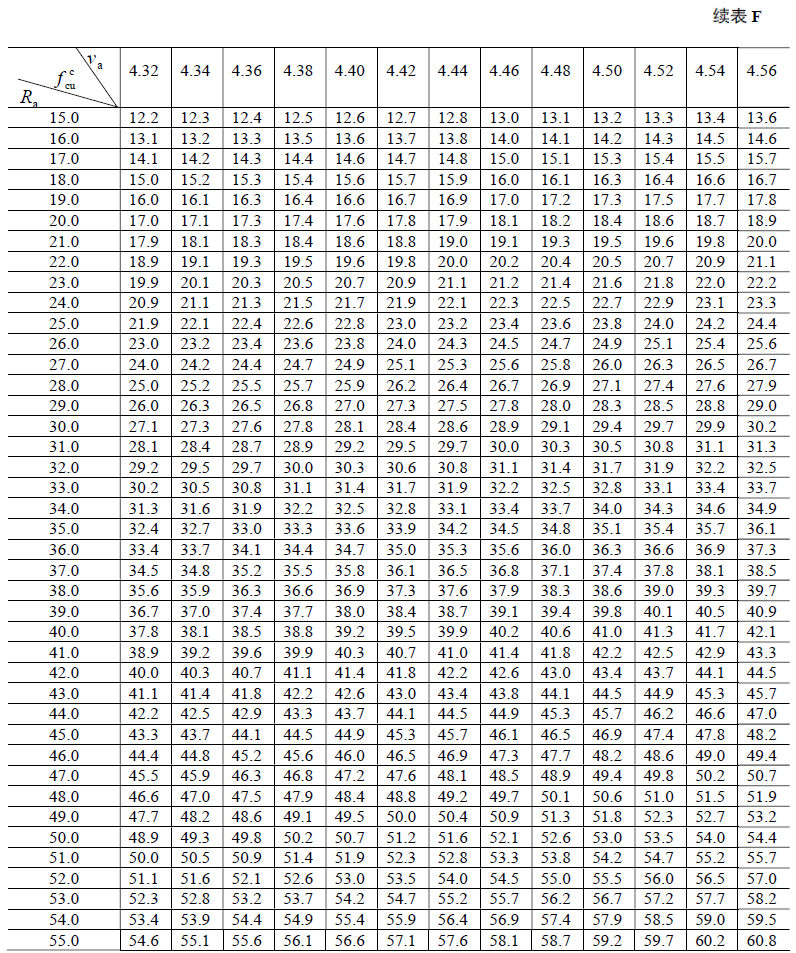
表C.0.6 混凝土抗压强度换算表



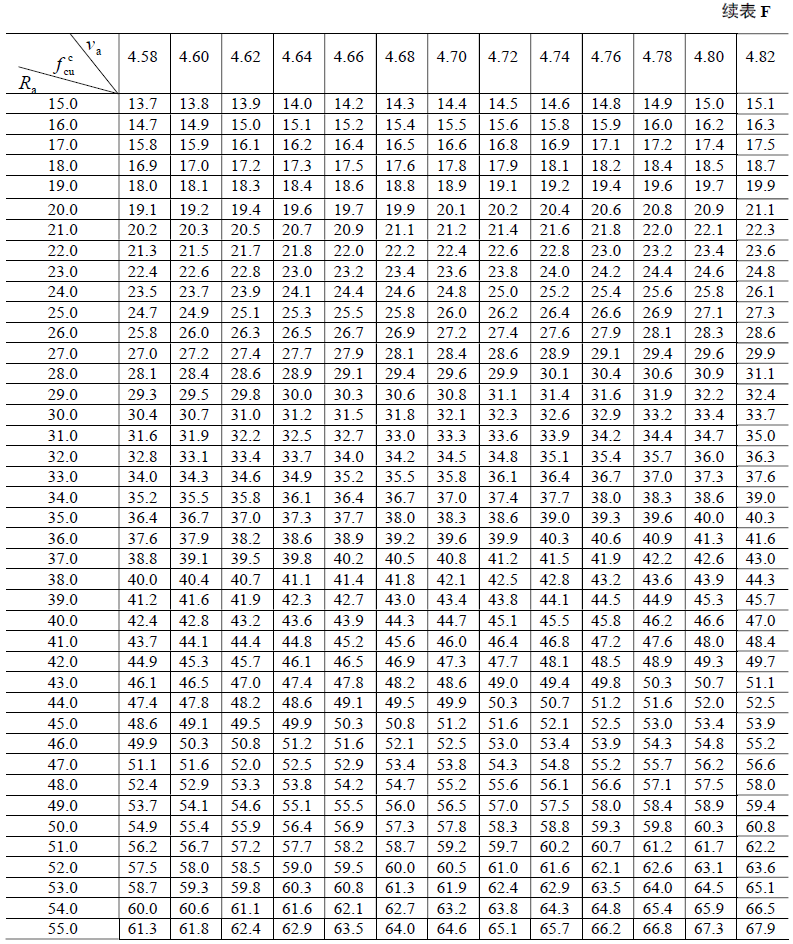
表C.0.6 （续）



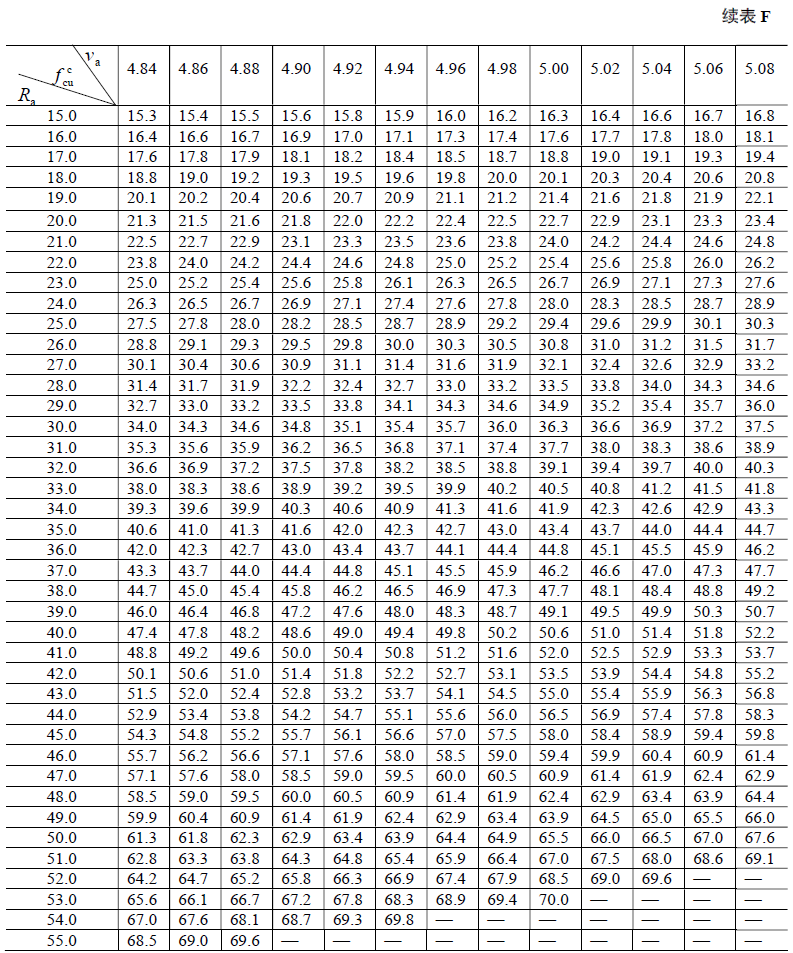
表C.0.6 （续）



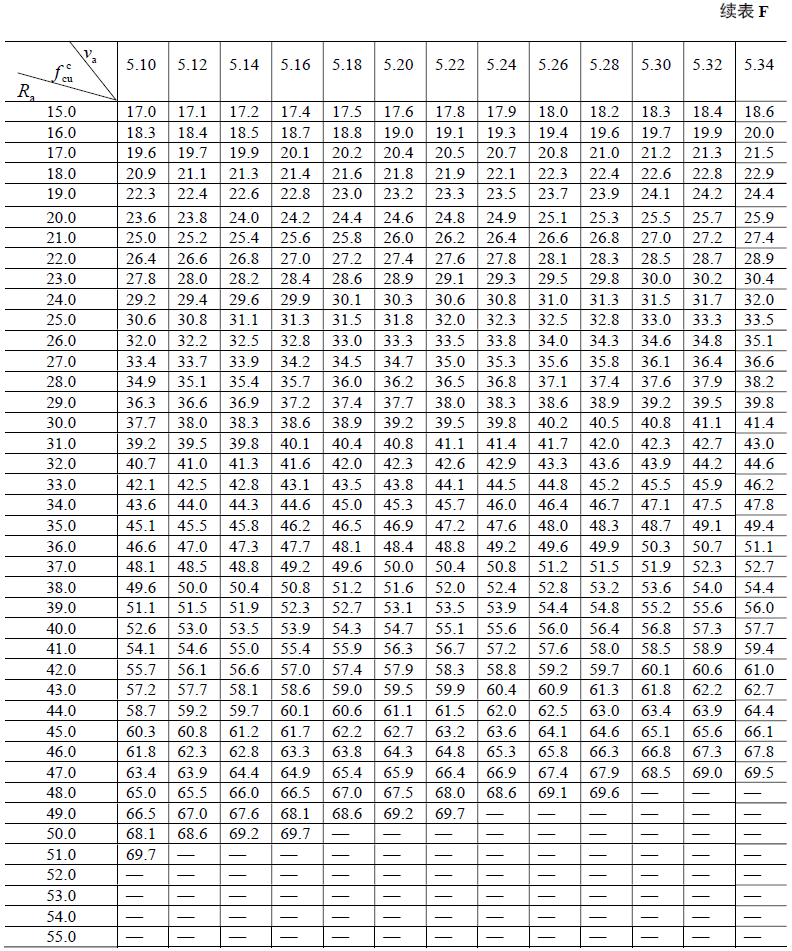
表C.0.6 （续）



表C.0.6 （续）



表C.0.6 （续）



注：1 表内未列数值可采用内插法求得，精确至0.1MPa；

2 表中为修正后的测区声速代表值，为修正后的测区回弹代表值；

3 采用对测和角测时，表中用代替；当在侧面水平回弹时，表中用代替；

4 也可按式（C.0.6-1）计算。

1. 将试件的混凝土抗压强度换算值和混凝土抗压强度实测值代入式（C.0.6-2）~式（C.0.6-5）进行计算，若所得平均相对误差（*δ*）不大于12%，且相对标准差（）不大于15%，则可使用本规程规定的全国测强曲线。否则，应另行建立专用测强曲线或地区测强曲线。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.6-2） |
|  |  | （C.0.6-3） |
|  |  | （C.0.6-4） |
|  |  | （C.0.6-5） |

式中：—— 试件混凝土中声速代表值（km/s），精确至0.01km/s；

—— 第i个测点超声测距（mm），精确至1mm；

—— 第i个测点的声时读数（μs），精确至0.1μs；

—— 声时初读数（μs）；

—— 试件混凝土抗压强度换算值（MPa）；

*a* —— 常数项；

*b 、c* —— 回归系数；

*R*—— 试件测试所得的混凝土回弹代表值。先将试件超声测试面的耦合剂擦拭干净，再置于压力机上下承压板之间，使另外一对侧面朝向便于回弹测试的方向，然后加压至60kN～80kN并保持压力。在试件两个相对侧面上按水平测试方法各测5点回弹值，精确至1。剔除1个最大值和1个最小值，应用剩余8个有效回弹值的平均值作为试件的回弹代表值（*R*）。精确至0.1；

*δ*——平均相对误差（%），精确至0.1%；

——相对标准差（%），精确至0.1%；

——第*i*个立方体试件按式（C.0.6-3）计算的混凝土抗压强度换算值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 第*i*个立方体试件混凝土抗压强度实测值（MPa），精确至0.1MPa；

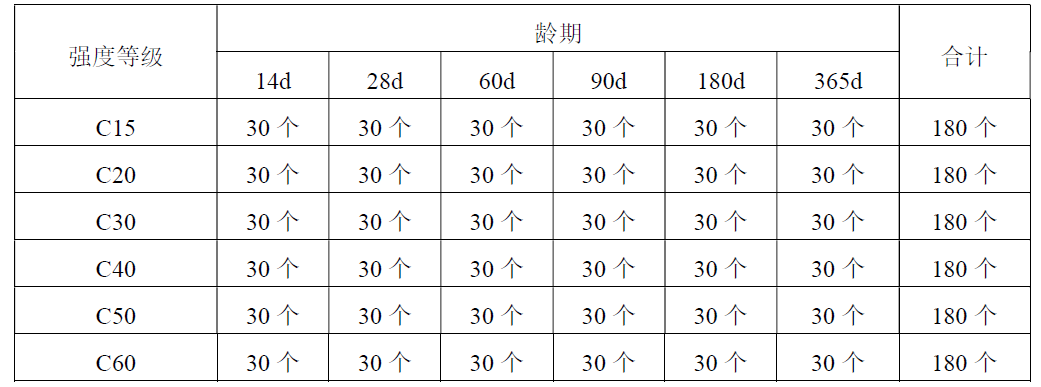
*n* —— 制定回归方程式的试件数。

C.0.7 专用测强曲线或地区测强曲线的计算应符合下列要求：

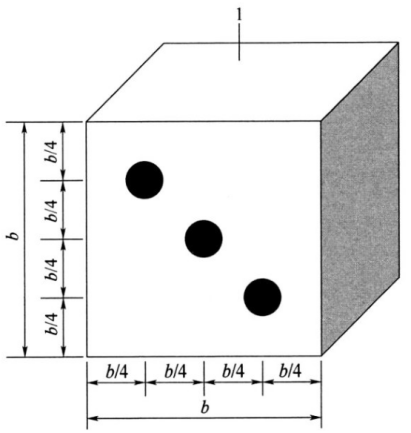
1 专用测强曲线或地区测强曲线应符合下列要求：

1. 建立专用测强曲线或地区测强曲线时，采用的仪器设备应符合技术标准要求；
2. 建立专用测强曲线时，混凝土试件应采用与被检测混凝土相同的原材料和成型养护工艺及强度等级；
3. 建立地区测强曲线时，混凝土采用的水泥、砂石、外加剂、掺合料、拌合用水应符合国家对相关产品的质量规定；
4. 建立地区测强曲线时，应选用本地区常用水泥、粗骨料、细骨料，按常用配合比制作混凝土强度等级为C15、C20、C30、C40、C50、C60 的标准试件；
5. 试件成型和养护应符合技术标准要求。试件的测试龄期宜分为14d、28d、60d、90d、180d 和365d。建立专用测强曲线和地区测强曲线的混凝土试件制作最小数量和测试时间要求应符合表C.0.7规定，其中建立专用测强曲线试件应按实际使用强度等级制作；

表C.0.7 混凝土试件制作最小数量和测试时间要求



1. 整理试件。将被测试件四个浇筑侧面上的尘土、污物等擦拭干净，以同一强度等级混凝土的3个试件作为一组，依次编号；
2. 标注测点。在试件测试面上标示超声测点（图C.0.7），取试件浇筑方向的侧面为测试面，在两个相对测试面上分别画出相对应的3个测点；



图C.0.7 声时测量测点布置示意图

1——浇筑面

1. 测量试件的超声测距（*l*）。采用钢卷尺或钢板尺，在两个超声测试面的两侧边缘处逐点测量两测试面的垂直距离，取两边缘对应垂直距离的平均值作为测点的超声测距（、、）；
2. 测量试件的声时值。在试件两个测试面的对应测点位置涂抹耦合剂，将一对发射和接收换能器耦合在对应测点上，并始终保持两个换能器的轴线在同一直线上。逐点测读声时读数（、、），精确至0.1μs；
3. 按式（C.0.6-2）~式（C.0.6-5）计算试件的混凝土中声速代表值、试件混凝土抗压强度换算值（）、测强曲线的平均相对误差（δ）、相对标准差（）；
4. 回归方程式的误差若符合C.0.7.2的要求，则经有关部门批准后，可作为专用测强曲线或地区测强曲线。

2 专用测强曲线或地区测强曲线的抗压强度平均相对误差（δ）、相对标准差（）应符合下列要求：

1. 专用测强曲线的平均相对误差（δ）不应大于10%，相对标准差（）不应大于12%；
2. 地区测强曲线的平均相对误差（δ）不应大于11%，相对标准差（）不应大于14%；
3. 平均相对误差（δ）、相对标准差（）应按式（C.0.6-4）、式（C.0.6-5）计算。

3 专用测强曲线或地区测强曲线应与制定测强曲线相同的混凝土相适应，不得超出测强曲线的适用范围。

C.0.8 混凝土抗压强度推定应符合下列要求：

1 构件第*i*个测区的混凝土抗压强度换算值（），可按C.0.2和C.0.3的有关规定求得修正后的测区回弹代表值（）和声速代表值（）后，采用C.0.6规定的测强曲线换算而得。

2 当构件所采用的材料及龄期与制定测强曲线所采用的材料及龄期有较大差异时，可采用在构件上钻取混凝土芯样或同条件立方体试件对测区混凝土抗压强度换算值进行修正。

3 混凝土芯样修正时，芯样数量不应少于4个，公称直径宜为100mm，高径比应为1。芯样应在测区内钻取，每个芯样应只加工1个试件，并应符合JGJ/T 384的有关规定。

4 同条件立方体试件修正时，试件数量不应少于4个，试件边长应为150mm，并应符合GB/T 50081的有关规定。

5 计算时，测区混凝土抗压强度修正量及测区混凝土抗压强度换算值的修正应符合下列要求：

1）修正量应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.8-1） |
|  |  | （C.0.8-2） |
|  |  | （C.0.8-3） |
|  |  | （C.0.8-4） |
|  |  | （C.0.8-5） |

式中： —— 测区混凝土抗压强度修正量（MPa），精确至0.1MPa；

—— 芯样试件混凝土抗压强度平均值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 同条件试件混凝土抗压强度平均值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 对应于芯样部位或同条件立方体试件测区混凝土抗压强度换算值的平均值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 第*i*个混凝土芯样试件的抗压强度；

—— 第*i*个混凝土立方体试件的抗压强度；

—— 对应于第*i*个芯样部位或同条件立方体试件测区回弹值和声速值的混凝土抗压强度换算值，按表C.0.6取值；

*n* —— 芯样或试件数量。

2）测区混凝土抗压强度换算值的修正应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.8-2） |

式中： —— 第*i*个测区修正后的混凝土强度换算值（MPa），精确至0.1MPa；

—— 第*i*个测区修正前的混凝土强度换算值（MPa），精确至0.1MPa。

3 构件混凝土抗压强度推定值（）的确定，应符合下列要求：

1）当构件的测区混凝土抗压强度换算值中出现小于10.0MPa 的值时，构件的混凝土抗压强度推定值（）应为小于10.0MPa。

2）当构件中测区数少于10个时，应按下式计算：

（C.0.8-1）

式中：——构件混凝土抗压强度推定值；

——构件最小的测区混凝土抗压强度换算值（MPa），精确至0.1MPa。

3）当构件中测区数不少于10个或按批量检测时，应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （C.0.8-2） |
|  |  | （C.0.8-3） |
|  |  | （C.0.8-4） |

式中： —— 测区混凝土抗压强度换算值的平均值（MPa），精确至0.1MPa；

——测区混凝土抗压强度换算值的标准差（MPa），精确至0.01MPa；

—— 测区数。对于单个检测的构件，取构件的测区数；对批量检测的构件，取所有被抽检构件测区数之总和。

C.0.9 对按批量检测的构件，当测区混凝土抗压强度标准差出现下列情况之一时，构件应全部按单个构件进行强度推定：

1 测区混凝土抗压强度换算值的平均值（）小于25.0MPa，测区混凝土抗压强度换算值的标准差（）大于4.50MPa；

2 测区混凝土抗压强度换算值的平均值（）不小于25.0MPa且不大于50.0MPa，测区混凝土抗压强度换算值的标准差（）大于5.50MPa；

3 测区混凝土抗压强度换算值的平均值（）大于50.0MPa，测区混凝土抗压强度换算值的标准差（）大于6.50MPa。

## 附录D 冲击-回波法

### D.1 混凝土结构深层裂缝检测

D.1.1 本方法适用于检测形状规则、测试面较大的混凝土内部的深层裂缝。

D.1.2 主要检测仪器和设备应包括：冲击器、传感器、数据采样分析系统、游标卡尺、钢卷尺等。

D.1.3 检测仪器和设备应符合下列要求：

1 冲击头应根据检测缺陷深度选择并可更换。

2 传感器应采用具有接收表面垂直位移响应的宽带换能器，应能够检测到由冲击产生的沿着表面传播的P波到达时的微小位移信号。

3 数据采样分析系统应具有功能查询、信号触发、数据采集、滤波、快速傅立叶变换（FFT）。

4 采集系统须具有预触发功能，触发信号到达前应能采集不少于100个数据记录。

5 接收器与数据采集仪的连接电缆应无电噪声干扰，外表应屏蔽、密封，与插头连接应牢固。

D.1.4测点布置应符合下列要求：



1

2

图D.1.5 裂缝深度测定示意图

0—冲击器；

1、2—传感器；

*d*0—冲击点与传感器1距离；

*d*—传感器裂缝距离。

*h*—裂缝深度；

0



1 应避开混凝土表面蜂窝、结构缝位置。

2 测线宜与裂缝走向正交。

D.1.5 裂缝深度检测应符合下列要求：

1. 测点表面应平整，传感器应垂直于检测表面。
2. 应采用“一发双收”测试方式。接收点应跨缝等距离布置，冲击点与一接收点应置于裂缝同侧。各点应处在同一测线上。如图D.1.5所示。
3. 冲击点与接收点间距、接收点与裂缝间距应大于激发的面波波长，可取1～2倍，*λ*值可按（D.1.5-1）式估算：

 （D.1.5-1）

式中 *t*c——冲击持续时间，s；

*CR*——混凝土面波波速，m/s，估算时可取2000m/s；

1. 冲击产生的面波传递至裂缝另一侧传感器的振幅比应按式（D.1.5-2）计算：

 （D.1.5-2）

式中 *x*——振幅比；

*A*1——传感器1测试得到的面波最大振幅；

*A*2——传感器2测试得到的面波最大振幅；

*d*0——冲击点与传感器1距离，m；

*d*——传感器1和2与裂缝距离，m。

1. 当裂缝面穿过钢筋时，振幅比可按式（D.1.5-3）修正：

 （D.1.5-3）

式中 ——修正后振幅比；

*n*——钢筋率。

1. 裂缝深度应按式（D.1.5-4）计算：

 （D.1.5-4）

式中 *h*——裂缝深度，m。

——常数，宜通过标定得出。

D.1.6检测结果应按下列规定进行校核：

1 裂缝深度检测结果*h*不应大于1.3倍面波波长*λ*，否则应更换击振钢球的大小重复测试；

2 当*h*满足上述要求时，应按D.1.7条对面波波长*λ*进行复核，并按式（D.1.5-4）进行修正。

D.1.7 面波波长*λ*复核步骤应符合下列规定：

1 选取与裂缝测线相近的、完整的混凝土结构。

2 按照与裂缝深度测试相同的布点方式选取同样的冲击器。

3 冲击产生的面波波速*CR*应按式（D.1.7-1）进行计算：

 （D.1.7-1）

式中 *t*1——面波到达传感器1的时间；

*t*2——面波到达传感器2的时间；

4 面波的波长应按式（D.2.6-2）计算：

 （D.1.7-2）

式中 *f*1——在裂缝测试时传感器1测试面波的卓越频率，可通过快速傅立叶变换（FFT）得到。

### D.2 混凝土结构浅层缺陷检测

D.2.1 本方法适用于仅具备单面测试条件混凝土结构的浅层缺陷检测。

D.2.2 主要检测仪器及技术要求应符合第D.1.2条、第D.1.3条规定。

D.2.3 组成测试系统的精度要求应满足厚度测量相对误差不超过5%。

D.2.4 应先进行被检测混凝土结构无缺陷部位的P波波速测试，其波速值作为缺陷深度计算的基本参数。

D.2.5 P波波速测试应符合下列要求：

1 被测试的混凝土应均匀、密实、无缺陷，其P波波速值应具有代表性。当检测部位的混凝土材料及配比、施工方法等发生变化时，应重新进行P波波速的测试。

图D.2.5-1 冲击时间估测示意图

时间（μs）

150

200

250

300

冲击持续时间

1.5

1.0

0.5

0

-0.5

-1.0

电压(V）

2 宜采用“一发双收”式测试方法。冲击点、固定接收点、移动接收点应处在同一测线上。固定接收点与冲击点的间距宜为（150±10）mm。移动接收点不宜少于4个，间距宜为100mm。距离量测应精确到1mm。

3 冲击操作时，应有足够的能量产生表面位移响应，其冲击持续时间宜为（30±10）μs。冲击持续时间可从表面到达波的相应部分波形测量验证，如图D.2.5-1所示。

4 应逐一测试每次激振时固定点和移动点的P波首波到达时*t*01、*t*02，如图D.2.5-2。

5 P波波速值宜通过各移动接收点到固定接收点的距离与弹性波在两点之间的传播时间回归关系获得，图D.2.5-3所示，其直线斜率即为P波波速值。

D.2.6 混凝土缺陷检测应符合下列要求：

700

600

500

400

300

200

Δ*t*4

Δ*t*1

Δ*t*2

Δ*t*3

时程（s）

图D.2.5-3 回归曲线示意图

回归直线

距离(cm）

0.10

0.05

0

-0.05

-0.10

-0.15

200

140

160

180

60

1 测点宜呈网状布置，间排距不宜大于30cm，测试宜按某一方向逐点进行。

2 冲击点距接收点（测点）不宜大于0.4倍预估的缺陷深度。

3 冲击持续时间应小于P波往返传播时间，可按（D.2.6）式估算：

 （D.2.6）

式中 *tc*——冲击持续时间，s；

*Cp*——混凝土P波波速，m/s；

*hc*——被测部位混凝土结构缺陷预估深度（m）。

4 每一测点应测试两次，结果相同进行下一点测试，否则应查明原因后复测。

5 应对采集的波形进行快速傅里叶变换，当所得的振幅谱无明显峰值时，应查明原因或改变激振球的大小重复测试；当只有一个峰值时应判定混凝土无缺陷；当有两个及以上的峰值时，应判定混凝土存在缺陷，并重复测试进行验证。

6 存在缺陷的混凝土部位应加密测点，其间距不宜大于原测点间距的1/2。

D.2.7 测试记录应符合下列要求：

1 接收的波形应全面完整，波幅大小应适宜，不应有削峰现象。

2 应记录测试系统所使用的采集参数，包括采样间隔、电压范围、电压解析度，在波形中点的数量，以及在振幅谱中的频率间隔。

3 应记录每个测点的位置，描述测试表面条件等。

D.2.8 测试成果及整理应符合下列要求：

1 应给出时间域的波形图和频率域的振幅谱。

2 应对振幅谱中各峰值进行分析，给出缺陷振幅峰值所对应的频率值。

3 混凝土结构缺陷深度应按式D.2.8计算：

 （D.2.8）

式中 *hc*——混凝土结构缺陷顶部深度，m；

*f*——缺陷振幅峰值所对应的频率值，Hz；

*Cp*——混凝土P波波速，m/s；

*β*——结构截面的几何形状系数，一般取0.96。

4 应根据测试结果所确定的缺陷位置绘制缺陷平面图。

### D.3 混凝土结构厚度检测

D.3.1 冲击-回波法适用于检测混凝土结构厚度。

D.3.2 主要检测仪器和设备及其技术要求应符合第D.1.2和第D.1.3条规定。

D.3.3 结构厚度检测应符合下列要求：

1 检测表面应平整干燥。测线宜与纵、横向钢筋成45°布设。

2 冲击点距传感器的距离应小于0.4倍被测混凝土结构厚度。

3 应重复测试以验证波形的再现性。

D.3.4 混凝土结构厚度确定应符合下列要求：

1 应通过快速傅立叶变换，确定频谱图中振幅峰值相对应的频率值。

2 低频振幅峰值应为结构厚度响应频率，结构厚度应按式（D.2.8）计算。

## 附录E 雷 达 法

### E.1 雷达法内部缺陷检测

E.1.1 本方法适用于混凝土结构内部空洞、疏松区、脱空区等缺陷的平面位置和埋深检测。

E.1.2 主要检测仪器和设备应包括雷达主机、雷达天线、数据采集分析处理系统等。

E.1.3 雷达系统技术要求应符合《水利水电工程物探规程》（SL 326）有关规定。

E.1.4 雷达天线的选择可采用不同频率或不同频率组合，并应符合下列要求：

1应具有屏蔽功能，探测的最大深度应大于缺陷体埋深，垂直分辨率宜优于2cm。

2 应根据检测的缺陷深度和现场具体条件，选择相应频率天线。在满足检测深度要求下，宜使用中心频率较高的天线。

3 根据中心频率估算出的检测深度小于缺陷体埋深时，应适当降低中心频率以获得适宜的探测深度。

E.1.5 检测前应对混凝土的相对介电常数或电磁波波速做现场标定，标定方法应符合下列要求：

1 可采用在材料和工作环境相同的混凝土结构或钻取的芯样上进行测试。

2 测试的目标体已知厚度或长度应不小于15cm。

3 记录中的雷达影像图界面反射信号应清楚、准确。

4 测值应不少于三次，单值与平均值的相对误差应小于5%，其计算结果的平均值作为标定值。

5相对介电常数或电磁波波速应按式E.1.5-1或式E.1.5-2计算：

 （E.1.5-1）

 （E.1.5-2）

式中 *εr*——混凝土相对介电常数；

*v*——混凝土介质中的电磁波速，m/s；

*c*——真空中的电磁波速度，3×108m/s；

*t*——电磁波从顶面到达底面再返回双程走时时间，s；

*h*——已知的混凝土结构厚度，m。

E.1.6 测线和测点的布置应符合下列要求：

1 对于较大尺寸的混凝土结构，宜采用与结构物长度方向一致的平行测线布置，间距宜为100cm～500cm。

2 较小尺寸的宜采用网格布置，网格间距宜为10cm~100cm。

3 进行点测时，测点间距宜为10cm～50cm，并应满足式E.1.6要求。

 （E.1.6）

式中 *ΔX*——相邻测点间距，m；

*c*——真空中的电磁波速度，3×108m/s；

*fT*——天线中心频率，Hz；

*εr*——混凝土相对介电常数。

E.1.7 混凝土缺陷检测应符合下列要求：

1 检查主机、雷达天线，使之处于正常状态。

2 应根据电缆、天线连接的测量方式，在主机上选择相应的测量模式。

3 设置仪器参数，并应符合式E.1.7-1～E.1.7-3要求。

1. 时窗长度估算

 （E.1.7-1）

式中 *w*——时窗长度，s；

*h*max——拟检测目标体的最大深度，m；

*v*——混凝土介质中电磁波速度，m/s

α——调整系数，混凝土介质电磁波速度与目标深度变化所留出的残余值。一般取1.3～2.0。

1. 每道雷达波形最小采样点数

 （E.1.7-2）

式中 *Sp*——雷达波形最小采样点数；

*w*——时窗长度，s；

*f*——天线中心频率，Hz。

1. 时间采样率

 （E.1.7-3）

式中 Δ*t*——时间采样率，s；

*f——*天线中心频率，MHz；

4 应标出被测结构表面反射波起始零点。雷达天线应与混凝土表面贴壁良好，并沿测线匀速、平稳滑行。移动速度宜符合式E.1.7-4要求。

 （E.1.7-4）

式中 *Vx*——天线速度，m/s；

*Sc*——天线扫描速率，Hz；

*d*min——检测目标体最小尺度，m。

5 宜采用连续测量方式，特殊地段或条件不允许时可采用点测方式。

6 当需要分段测量时，相邻测量段接头重复长度不应小于1m。

E.1.8 记录应满足下列要求：

1记录应包括记录测线号、方向、标记间隔以及天线中心频率等。

2 应随时记录可能对测量产生电磁影响的物体及其位置。

3数据记录应完整，信号清晰，里程标记准确。

4 应准确标记测量位置。

E.1.9 检测数据处理应符合下列规定：

1原始数据处理前应回放检验。

2标记位置应准确无误。

3单个雷达图谱应做下列特征分析：

1）确定反射波组的界面特征；

2）识别地表干扰反射波组；

3）识别正常介质界面反射波组；

4）确定反射层信息。

E.1.10 雷达图像数据的解释应在掌握测区内物性参数和混凝土结构的基础上，应按由已知到未知，定性指导定量的原则进行。

E.1.11 混凝土结构缺陷埋深应按式E.1.11确定：

 （E.1.11）

式中 *h*——混凝土内缺陷深度，m；

*t*——电磁波自混凝土表面至目标体双程历时，s；

*v*——混凝土介质中的电磁波波速，m/s。

E.1.12 混凝土缺陷初步判定特征如下：

1密实。信号幅度较弱，甚至没有界面反射信号。

2 不密实。混凝土界面的强反射信号同相轴呈绕射弧形，且不连续、较分散。

3空洞。混凝土界面反射信号强，三振相明显，在其下部仍有强反射界面信号，两组信号时程差较大。

### E.2 雷达法混凝土结构厚度检测

E.2.1雷达法适用于检测无筋或少筋的混凝土结构厚度。

E.2.2主要检测仪器和设备及其技术要求应符合第E.1.2条～条E.1.4条规定。

E.2.3雷达现场检测参数设置应符合下列要求：

1雷达主机天线中心频率应根据混凝土结构预估厚度、介质特性等因素综合确定。

2仪器的信号增益应保持信号幅值不超出信号监视窗口的3/4，天线静止时信号应稳定。

3采样率宜为雷达天线中心频率的6~10倍。

E.2.4 雷达天线中心频率范围宜为100MHz~1600MHz，当满足检测要求时，宜选择频率相对较高的天线。

E.2.5 测线宜均匀分布，与构件外边缘距离不小于100mm，线距为500mm~1000mm。

E.2.6 测试记录应符合第E.1.8条规定。

E.2.7 检测数据处理应符合下列要求。

1混凝土材料相对介电常数的标定应符合第E.1.5条规定。

2绘制雷达灰度图或色谱剖面图。

3依据雷达剖面图确定混凝土结构厚度分层界面，根据测定的电磁波在各结构层中的双程传播时间*t*，按式（E.2.7）计算混凝土结构厚度。

×1000 （E.2.7）

式中 *H*——混凝土结构厚度，mm；

*v*——电磁波在混凝土介质中的传播速度，m/s；

*t*——电磁波在混凝土中的双程传播时间，s。

## 附录F 超声波法测混凝土表面损伤层厚度

F.0.1本方法适用于检测混凝土表面损伤层厚度和结构厚度。

F.0.2 仪器设备及其技术要求应符合SL/T 352有关规定。

F.0.3 表面损伤层厚度检测应符合下列要求：

1测线布置

1）被测区测线布置不少于三条，且不得穿过接缝。

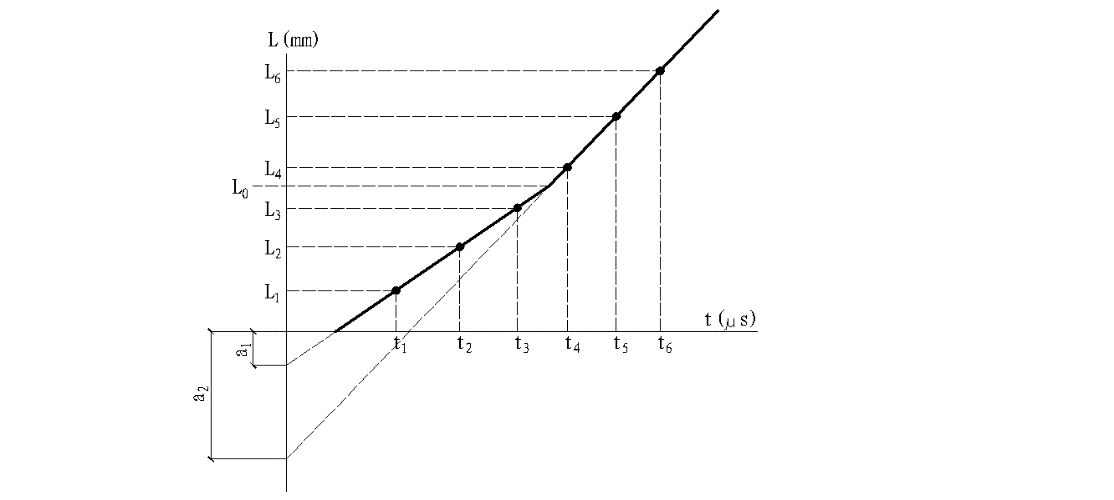
2）测线投影不应与主钢筋重合。

3）测试表面应平整，且无饰面层。

2一条测线内的测点不宜少于10个，且间距不宜大于10cm。

F.0.4 表面损伤层厚度检测数据处理应按以下规定执行：

1绘制“时间-距离”关系曲线图，如图F.0.4所示。



图F.0.4 损伤层厚度检测“时间-距离”关系曲线图

2用回归分析方法分别求出损伤、未损伤混凝土测距（L）与声时（t）的回归直线方程。

损伤混凝土*Lf*按公式（F.0.4-1）计算：

 （F.0.4-1）

未损伤混凝土按公式（F.0.4-2）计算：

 （F.0.4-2）

式中 *Lf*——拐点前各测点的测距（mm），对应于图F.0.4中的L1、L2、L3；

*tf*——对应于图F.0.4中L1、L2、L3的声时（µs）t1、t2、t3；

*La*——拐点后各测点的测距（mm），对应于图E.0.4中的L4、L5、L6；

*ta*——对应于测距L4、L5、L6的声时（µs）t4、t5、t6；

*a*1、*b*1——回归系数，即图F.0.4中损伤混凝土直线的截距和斜率；

*a*2、*b*2——回归系数，即图F.0.4中未损伤混凝土直线的截距和斜率。

3混凝土表面损伤层厚度应按式（F.0.4-3）和（F.0.4-4）计算：

 （F.0.4-3）

 （F.0.4-4）

式中 *L*0——拐点的测距，mm。

——损伤层厚度，mm。

F.0.5结构厚度检测应符合下列要求：

1 具有一对相对平行的测试面；

2 在测试面上均匀划出网格线，网格边长亦为20cm～100cm。

F.0.6 结构厚度检测结果应按以下规定执行：

1绘制图形及网格分布，将波速标于图中的各测点处。

2结构厚度应按式（F.0.6）计算：

×1000 （F.0.6）

式中 *H*——混凝土结构厚度，mm；

*V*——混凝土声速值，m/s；

*t*——超声波在混凝土结构上的传播时间，s。

## 附录G 水下建筑物表观缺陷检测技术

### G.1 多波束声呐技术

G.1.1 多波束声呐技术宜用于水工建筑物水下外观缺陷检测。

G.1.2 系统配置要求可参照JT/T 790的相关要求，并应符合下列规定：

1量程分辨率宜不大于1°×2°。

2 距离分辨率应不大于2cm。

G.1.3 工作布置可参照JT/T 790的相关要求，并应符合下列规定**:**

1测线布置应覆盖全部待检测区域，测量船速宜不大于2.5m/s。

2测线布置应涵盖测量测线、校准测线的布置。

3测线布置方向宜选择平行于等深线走向、建筑物轴线方向或测区的长边等。

4 测线应平直，可随水工建筑物的形状变化而平缓弯曲，调转方向时应暂停数据采集。

5 移动式多波束声呐测线间距不宜大于有效测深宽度的80%。在重点检测水域，测深线的间距不应大于有效测深宽度的50%，相邻测线重合覆盖宜不小于20%。

6 测站式多波束声呐应控制测站间距，采集数据重合度宜不小于30%。

7 测线长度应综合考虑水域水流情况、定位数据稳定接收情况和姿态补偿数据等因素。

8 校准测线为2条往返测线重合覆盖宜不小于50%，应垂直于等深线方向或地形地貌起伏的方向，不应平行于测线。

9 针对不同水域环境应调整声呐检测信号的激发能量、增益、强度及滤波参数。

10 针对不同深度、相对多波束换能器距离不同的水工建筑物应及时调整声呐测程，如发现覆盖不足或水深漏空等情况，应及时增加测站或测线。

11 针对水工建筑物的陡立面、拐角、垂角等水下结构的数据采集，应适当调整声呐采集信号的参数，测线覆盖不宜少于3条。

12针对发现的水下结构异常部位应加密测线或多次覆盖。

G.1.4 数据处理、图件制作除应符合JT/T 790的规定外，还应符合下列规定：

1 每条测线信息、数据处理参数及异常区域处理，应做好过程记录。

2 宜与工程资料及历次检测资料对比，分析外观缺陷或异常部位形态、体量变化。

3 水下检测成果图应标注水流方向、结构物名称、里程桩号、高程等信息。水下典型剖面宜包括外观缺陷部位，剖面处形态变化特征。

4 成果图件宜根据制图比例尺和项目要求，对符合质量要 求的多波束水深数据进行抽稀，水深点图上间距不宜大于5mm。

G.1.5 根据数据处理结果，发现测区内相邻测量测线的重叠带宽度不符合规定，或测区范围不满足要求，应进行补测。

G.1.6 检测过程中发现下列问题时应进行重测：

1相邻测量测线或不同测量日期所测水深拼接误差超过限值，经校正修正后仍无法拼接重合。

2 探测数据精度无法达到分辨最小外观缺陷的要求。

3 水位控制、潮位数据资料不符合有关测量规范的要求。

4 水深异常、数据质量不满足精度要求。

5 水深测量测线与校准测线水深比对时，超过限值的点数超过比对总点数的15%。

### G.2 成像声呐技术

G.2.1 成像声呐技术宜用于水工建筑物水下表观状态、外观缺陷详查。

G.2.2 系统配置要求应符合下列规定：

1 成像声呐定位可采用水面或水下作业载具的定位系统，也可根据声呐影像识别的周边结构物的相对位置关系判定。

2 成像声呐的最大探测距离不宜大于100m，距离分辨率应不大于1.5cm。

G.2.3工作布置和现场工作应符合下列规定：

1应遵循由远及近、由整体至局部的布置原则。

2 应根据测区水域环境，调整声速、强度、伽马值，保证能够分辨最小目标。

3应根据目标物体形态，将声呐传感器的安装角度朝向被测面，并使被测物在最佳量程范围内。

4 对于水质浑浊的水域，应采用成像声呐辅助导引载具定位水下外观缺陷。

G.2.4 成像声呐数据采集时应记录测线走向、长度、位置及时间，标记并描述外观缺陷出现的时间及性状，采集影像应清晰反应目标物的结构形态及表观特征。

G.2.5 数据处理、图件制作应符合下列规定：

1 根据现场记录，按检测部位整理成像声呐影像、视频、数据资料。

2成果图件应包括：建筑物典型结构影像成果图、局部外观缺陷影像解释成果图、目标物影像拼接镶嵌成果图，图中应标注尺度、水流方向、形态、与周边结构物的位置关系。

3 宜根据检测成果剪辑成像声呐影像视频。

G.2.6 发现下列问题时应重测：

1成像不清晰。

2无法识别外观缺陷影像。

### G.3 光学成像技术

G.3.1 光学成像技术宜用于水工建筑物水下外观缺陷抵近观察。

G.3.2 系统配置影像像素精度不宜小于200万像素。

G.3.3工作布置和现场工作可参照JT/T 746的相关要求，并应符合下列规定：

1 应遵循由远及近的布置原则，测线、测点布置宜根据外观缺陷的形态、走势确定。

2 根据测区水域环境，应调整光源亮度和与目标物的间距使其能清晰成像。

G.3.4 光学成像数据采集时应做好测线记录，标记并描述外观缺陷或异常出现的时间及性状。

G.3.5数据处理、图件制作应符合下列规定：

1应根据现场记录，按检测部位整理并归档光学成像视频资料。

2 绘制外观缺陷光学成像解释成果图，应标明相对建筑物位置关系。

3 宜通过光学成像视频描述水下详查状态。

G.3.6 发现下列问题时应进行补测或重测：

1光学成像不清晰、未能反应水下表观状态或外观缺陷。

2光学成像视频录制异常或故障。

3 检测对象表面被附着物遮挡，导致采集的影像数据无法反映外观缺陷状态。

## 附录 H 水轮发电机组(泵站机组)检测要求与评价表

### H.1 水轮发电机组

H.1.1 水轮发电机组各部位振动允许值见表H.1.1。

表 H.1.1 水轮发电机组各部位振动允许值 单位: mm

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 机组型式 | 项 目 | | 额定转速 n/(r/min) | | | |
| n＜100 | 100≤n＜250 | 250≤n＜375 | 375≤n＜750 |
| 立式机组 | 水轮机 | 顶盖水平振动 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| 顶盖垂直振动 | 0.11 | 0.09 | 0.06 | 0.05 |
| 水轮  发电机 | 带推力轴承支架的垂直振动 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| 带导轴承支架的水平振动 | 0.10 | 0.09 | 0.07 | 0.05 |
| 定子铁心部位机座水平振动 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 |
| 定子铁心振动 (100Hz极频双幅值) | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 卧式机组 | 各部轴承垂直振动 | | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.05 |
| 各部轴承水平振动 | | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| 灯泡贯流式  机组 | 推力支架的轴向振动 | | 0.10 | 0.08 | | |
| 各导轴承的径向振动 | | 0.12 | 0.10 | | |
| 灯泡头的径向振动 | | 0.12 | 0.10 | | |
| 注1：振动值系指机组在除过速运行以外的各种稳定运行工况下的双振幅值 。  注2：灯泡贯流式机组扇形支撑水导轴承结构的，仅考核Y向（垂直）径向振动、X向（水平）可供参考。 | | | | | | |

H.1.2 空蚀和磨蚀评定

H.1.2.1 空蚀保证值

空蚀保证值可以由最大深度*S*、剥落体积*V*或质量损失*M*来限定。

对于整个转轮/叶轮的空蚀保证，一个叶片的空蚀体积*Vi*或质量损失*Mi*不应超出整个转轮空蚀保证体积或质量的*Y*倍。对于轴流式和贯流式水轮机、轴流式蓄能泵和水泵水轮机，*Y*取0.4；对于混流式和斜流式水轮机、离心式蓄能泵、混流式水泵水轮机和斜流式水泵水轮机，*Y*取0.3。对于轴流式、贯流式、斜流式水轮机、轴流式蓄能泵和水泵水轮机、斜流式蓄能泵和水泵水轮机的固定部件，空蚀深度*S*和体积*V*或质量*M*的值与转轮空蚀保证值一致。对于混流式水轮机、离心式蓄能泵和混流式水泵水轮机的固定部件，空蚀体积*V*或质量*M*为转轮空蚀保证值的一半，而空蚀深度*S*与转轮空蚀保证值相等。

H.1.2.2 空蚀评定

为了确定空蚀保证值，以及评估空蚀是否满足保证值要求，应根据水力比能（水头）、功率和净正吸出比能（吸出高度），明确规定水轮机在相应的基准运行时间内的运行范围。在保证期内，应记录机组的功率、水力比能（或水头）、上游水位，净正吸出比能（吸出高度）或尾水位及运行小时，以检查运行条件是否与合同一致。

在规定的运行范围和时间内运行一段时间后，测量出相关部件的空蚀量（已考虑了测量的不确定度）不超过按下式换算的空蚀保证量*CA*, 则认为空蚀保证满足要求。

式中：

*CA* ——空蚀评定时运行时间内空蚀保证值；

*CR* ——基准运行时间内空蚀保证值；

*tA* ——实际运行时间，空蚀考核时水力机械实际运行小时数；

*tR*——基准运行时间，用来作为确定空蚀保证基准值的小时数。

检测时，水力机械的实际运行时间与基准运行时间之间的差值应尽可能小。带有保护层的过流表面的空蚀保证应在专门技术协议中规定。在任何情况下空蚀保证都应在NPSE≥NPSEL的条件下有效。

H.1.2.3 磨蚀评估

1 转轮的磨蚀评估

1） 水轮机转轮允许磨蚀深度宜取4mm～8mm。多泥沙河流电站水轮机转轮的允许磨蚀深度应根据设计条件确定，最大不应超过8mm。

2） 叶片出水边磨蚀深度不应大于出水边厚度的2/3。

3） 除叶片外，转轮其他部位磨蚀深度应不大于该部位设计厚度的1/4。

4） 转轮单个叶片磨蚀面积应不超过单个叶片表面积的15%。

5） 对于采用涂层的部件，涂层破坏处母材的磨蚀深度不应大于4mm，涂层破坏面积应不超过该部件涂覆面积的10%～20%，小型水轮机宜取较大值。

6） 转轮叶片最大磨蚀深度大于3mm时，应计算每个叶片的磨蚀质量。轴流、贯流式水轮机单个叶片的磨蚀质量不应大于转轮叶片平均磨蚀质量的20%；混流、斜流式水轮机单个叶片的磨蚀质量不应大于转轮叶片平均磨蚀质量的10%。

7） 因磨蚀造成机组运行指标变化时，机组振动、摆度应不超过运行允许值，水轮机的效率或功率降低值应不超过4%～8%，小型水轮机宜取较大值。

8） 水轮机转轮实际磨蚀量未超过磨蚀允许值，但依据下次检修计划时间预测的磨蚀量将超过水轮机转轮磨蚀允许值的，宜对磨蚀部位进行修复。预测磨蚀量应按下式进行计算。

*Cf*=*Crtf/tr*

式中：

Cf ——预测的磨蚀量（指质量深度）；

Cr ——实际磨蚀量（指质量、深度）；

tf ——上次修复后投运日期至下次检修计划日期的时间，单位为年（a）；

tr ——上次修复后投运日期至本次评估日期的时间，单位为年（a）。

2 固定通流部件的磨蚀损坏评估

1） 水轮机固定通流部件普遍磨蚀深度不应大于4 mm。

2） 水轮机固定通流部件局部磨蚀深度不应大于该部位设计厚度的1/4。

3） 导水机构底环、顶盖抗磨板局部磨蚀深度不应大于6 mm；导叶上、下端面局部磨蚀深度不应大于5mm；顶盖局部磨蚀深度不应大于10 mm。

4） 水轮机各类止漏装置的间隙因磨蚀扩大后，实际间隙值不应大于设计间隙值的3倍。

5） 对于采用涂层的部件，涂层破坏处母材的最大磨蚀深度不应大于4 mm, 涂层破坏面积不应超过该部件涂覆面积的5%～10%,小型水轮机宜取较大值。

6） 水轮机固定通流部件的磨蚀量影响水轮机安全运行时，应根据经济性的原则修复或更换磨蚀部件。

7） 水轮机固定通流部件未完全解体时，宜在固定通流部件的背面间接测量、计算出磨蚀深度，确定下一步检修计划。

H.1.3 绕组、定子铁心等部件允许温升限值

水轮发电机定子绕组、转子绕组和定子铁心等部件的温升限值应不超过表H.1.2的规定。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表H.1.2 定子绕组、转子绕组和定子铁心等部件允许温升限值 单位：K | | | | | | |
| 水轮发电机部件 | 不同等级绝缘材料的最高允许温升限值 | | | | | |
| B级 | | | F级 | | |
| 温度计法 | 电阻法 | 检温计法 | 温度计法 | 电阻法 | 检温计法 |
| 空气冷却的定子绕组 | — | 80 | 85 | — | 100 | 105 |
| 定子铁心 | 80 | — | 85 | 100 | — | 105 |
| 水直接冷却定子绕组、转子绕组和定子铁心的出水 | 25 | — | 25 | 25 | 一 | 25 |
| 两层及以上的转子绕组 | 一 | 80 | — | — | 100 | — |
| 表面裸露的单层转子绕组 | — | 90 | — | — | 110 | — |
| 不与绕组接触的其他部件 | 这些部件的温升应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘 | | | | | |
| 集电环 | 80 | — | — | 90 | 一 | — |

H.1.4 发电机空载特性和三相稳态短路特性

容量为6MW及以上的同步发电机空载特性、三相稳态短路特性的试验周期和要求见表H.1.3，6MW以下者可参照执行。

表H.1.3 同步发电机空载特性和短路特性实验要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 空载特性 | 1)A级检修后  2)更换绕组后 | 1)与制造厂(或以前测得的)数据比较，应在测量误差的范围以内；  2)在额定转速下的定子电压最高值：水轮发电机为1.3UN(带变压器时为1.05 UN,以不超过额定励磁电流为限)；  3)对于有匝间绝缘的电机最高电压为1.3UN,持续时间为5min。 | 对于发电机变压器组，可只做带主变压器的整组空载特性试验。 |
| 2 | 三相稳定短路特性 | 1)更换绕组后 | 与制造厂出厂(或以前测得的)数据比较，其差别应在测量误差的范围以内。 | 1)对于发电机变压器组，可只做带主变压器的整组短路特性试验；  2)最大短路电流不低于额定电流。 |

### H.2 水泵机组

H.2.1 泵的振动评价

H.2.1.1 泵的振动级别分别为A、B、C、D四级，D 为不合格。

H.2.1.2 泵的振动级别评价方法先按泵的中心高和转速查表H.2.1确定泵的类别，再按泵振动烈度级和类别查表H.2.2评价泵的振动级别。

H.2.1.3 杂质泵的振动评价方法，将表H.2.1所确定的泵的类别向后推1类，如按表H.2.1第一类的泵，用表H.2.2中的第二类评价它的振动级别，依此类推。

表H.2.1 泵的分类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 中心高（mm）及转速（r/min） | | |
| ≤225mm | 大于225m～550mm | ＞550mm |
| 第一类 | ≤1800 r/min | ≤1000 r/min | — |
| 第二类 | ＞1800 r/min～4500 r/min | ＞1000 r/min～1800 r/min | ＞600 r/min～1500 r/min |
| 第三类 | ＞4500 r/min～12000 r/min | ＞1800 r/min～4500 r/min | ＞1500 r/min～3600 r/min |
| 第四类 | — | ＞4500 r/min～12000 r/min | ＞3600 r/min～12000 r/min |

表H.2.2 评价泵的振动级别

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 振动烈度范围 | | 评价泵的振动级别 | | | |
| 振动烈度级 | 振动烈度分级界线 | 第一类 | 第二类 | 第三类 | 第四类 |
| 0.28 | 0.71  0.28  0.45 | A | A | A | A |
| 0.45 |  |
| 0.71 |  |
| 1.12 |  | B |
| 1.80 |  | B |
| 2.80 | 2.80  1.12  1.80 | C | B |
| 4.50 | 11.20  4.50  7.10 | D | C | B |
| 7.10 |  | D | C |
| 11.20 |  | D | C |
| 18.00 |  | D |
| 28.00 |  |
| 45.00 | 18.00  28.00 |

H.2.2 泵的噪声评价

用3个限值*LA*、*LB*、*LC*把泵的噪声划分为ABCD四个级别，D级为不合格。

按式（H.1）、式（H.2）、式（H.3）确定泵的噪声限值：

…………..….………………（G.1）

…………..…………………（G.2）

…………..…………………（G.3）

式中：

*LA*，*LB*，*LC*——划分泵的噪声级别的限值，单位为分贝（dB）；

*Pu*   ——泵的输出功率，单位为千瓦（kW）；

*n* ——泵的规定转速，单位为转每分钟（r/min）。

按式（H.1）～式（H.3）绘制的泵的噪声评价线图见图H.1。

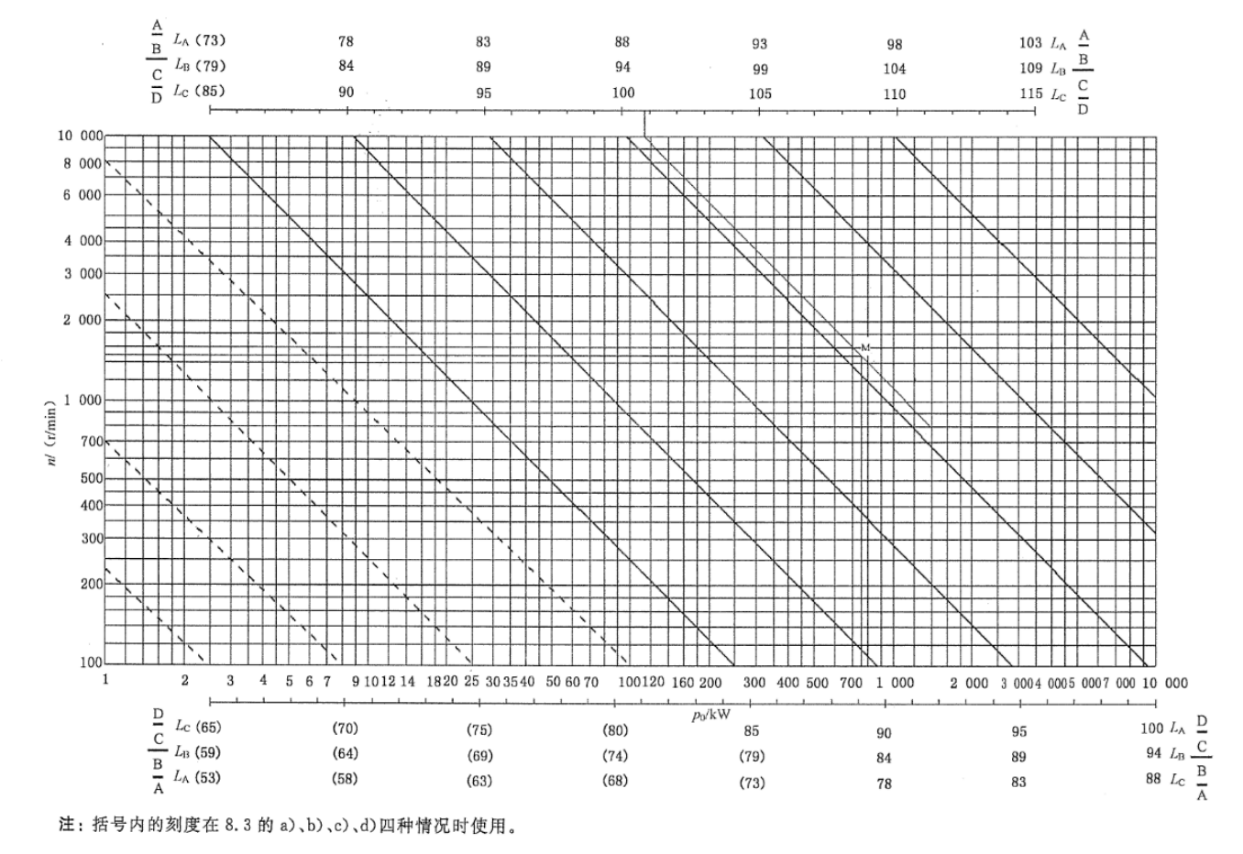


图 H.1 泵的噪声评价线图

当满足：

——*LpA*或≤*LA*的泵噪声评价为A级；

——*LA*＜*LpA*或≤*LB*的泵噪声评价为B级；

——*LB*＜*LpA*或≤*LC*的泵噪声评价为C级；

——*LpA*或＞*LC*的泵噪声评价为D级。

对≤27101.3的泵例外，因为它们的*LC*≤85 dB，可不去区别其噪声的A、B级别，所以对这些泵，当满足：

——*LpA*或≤85 dB的泵噪声评定为合格；

——*LpA*或＞85 dB的泵噪声评定为不合格。

对≤27101.3的泵噪声限值*LA*、*LB*、*LC*在图H.1中用虚线绘出，这些限值仅在如下情况中使用：

1. 能够精准测定泵声源的噪声级（声功率级或声压级），并且需要评价泵声源的噪声水平时；
2. 评价低噪声泵（如特殊设计的）的噪声水平时；
3. 对泵采取低噪声措施后，评价它的噪声水平；
4. 有关协议或合同有规定时。

H.2.3 主电动机转子试验项目及要求见表H.2.2。

表H.2.2 转子试验项目及要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 要 求 | 说 明 |
| 转子绕组的绝缘电阻 | 宜不低于0.5MΩ |  |
| 转子绕组的直流电阻 | 测量值与制造厂测得值相比较，应不超过2% | 在冷状态下时 |
| 转子绕组交流耐压试验 | 试验电压为额定励磁电压的7.5倍，应不低于1200V，但应不高于出厂试验电压的75% |  |
| 绕线式电动机的转子绕组交流耐压试验电压 | 转子不可逆的试验电压为1.5Uk+750；转子可逆的试验电压为3.0Uk+750 | Uk为转子静止时，在定子绕组上施加额定电压时，转子绕组开路时测的电压 |

H.2.4 主电动机定子试验项目及要求见表H.2.3。

表 H.2.3 定子试验项目及要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 要 求 | 说 明 |
| 单个定子线圈交流耐压试验 | 备用线圈和自制线圈均应符合设备制造厂的标准 | 下线后接头连接前进行，下线前可不作耐压试验 |
| 定子线组的绝缘电阻和吸收比测量 | 1.额定电压为1000V以下者，常温下绝缘电阻应不低于0.5MΩ：  2. 额定电压为1000V及以上者，在接近运行温度的绝缘电阻值，定子线圈应不低于1MΩ/kV；  3.1000V及以上的电动机应测量吸收比，对沥青浸胶及烘卷云母绝缘吸收比应不低于1.3，对环氧粉云应不低于1.6；有条件时宜分相测量；  4. 多绕组设备进行绝缘试验时，非被试验绕组应短路接地。 | 定子线圈绝缘电阻温度换算系数K（换算至运行温度）：   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 定子线圈 温度/℃ | 换算系数 K | | | 热塑性绝缘 | B级热固性绝缘 | | 70 | 1.4 | 4.1 | | 60 | 2.8 | 6.6 | | 50 | 5.7 | 10.5 | | 40 | 11.3 | 16.8 | | 30 | 22.6 | 26.8 | | 20 | 45.3 | 43 | | 10 | 90.5 | 68.7 | | 5 | 128 | 87 | |
| 定子线组的直流电阻 | 电动机各相或各分支绕组的直流电阻，在校正了由于引线长度不同而引起的误差后，相互间差别应不超过其最小值的2%；与产品出厂时测得的数值换算至同温度下的数值比较，其相对变化应不大于2%。 | 1. 在冷状态下测量，绕组表面温度与周围温度之差应不大于±3℃；  2. 当采用降压法时，通入电流应不大于额定电流的20%。 | |
| 定子绕组的交流耐压试验 | |  |  | | --- | --- | | 额定电压/kV | 试验电压/kV | | 3 | 5 | | 6 | 10 | | 10 | 16 | | 1. 耐压试验前应测量绝缘电阻及吸收比，并应满足要求；  2. 交流耐压试验应分相进行，升压时起始电压应不超过试验电压值的1/2，然后逐步连续升压至满值，升压速度从1/2至满值历时10 s～15s, 无特殊说明时应加至额定试验电压后持续1min。 | |
| 定子绕组的直流耐压试验及泄漏电流 | 1. 3倍额定电压值；  2. 各泄漏电流不随时间延长而增大；  3. 在规定的试验电压下各相泄漏电流的差别不大于最小值的50%。当最大泄漏电流在 20μA以下，各相间差值与出厂试验值比较应不有明显差别；  4. 当不符合上述规定之一时，应找出原因，并将其消除。 | 1. 在冷状态下进行；  2. 试验电压按每级0.5倍额定电压分阶段升高，每阶段停留1min，读取泄漏电流值；  3. 在机组升压前，必要时可用2～2.5倍额定电压的直流耐压作检查性试验；  4. 试验时微安表接在高压侧或采用清除杂散电流影响的其他接线方式。 | |

## 标准用词说明

|  |  |
| --- | --- |
| 标准用词 | 严格程度 |
| 必须 | 很严格，非这样做不可 |
| 严禁 |
| 应 | 严格，在正常情况下均应这样做 |
| 不应 |
| 宜 | 允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做 |
| 不宜 |
| 可 | 有选择，在一定条件下可以这样做 |

中华人民共和国水利行业标准

水利工程质量检测技术规程

SL734— 2016

条 文 说 明

修订说明

SL/T 734-20XX《水利工程质量检测技术规程》经水利部XXXX年XX月XX日以第XX号公告批准发布。

本标准在修订过程中，编制组根据新阶段水利高质量发展对水利技术标准的要求，总结了水利工程质量检测过程中存在的问题和实践经验，融合了水利工程质量检测技术的发展新理念、新需求，同时参考和引用了其他相关技术规范。为便于广大设计、施工、科研、监管等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《水利工程质量检测技术规程》编制组按照章、节、条、款、项的顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行过程中需要注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总 则................................................................94](#_Toc9913)

[2 术 语................................................................95](#_Toc21812)

[3 基本规定..............................................................96](#_Toc13746)

[4 地基与基础工程........................................................98](#_Toc1595)

[4.2 地基处理.........................................................98](#_Toc5892)

[4.3 灌 浆...........................................................98](#_Toc16764)

[4.4 防 渗 墙.........................................................99](#_Toc846)

[4.5 基 桩...........................................................99](#_Toc13082)

[4.6 支护工程.........................................................99](#_Toc22811)

[5 土石方工程...........................................................101](#_Toc18263)

[5.1 一般规定........................................................101](#_Toc6804)

[5.2 土 石 坝........................................................101](#_Toc19198)

[5.3 堤防与渠道......................................................101](#_Toc28563)

[5.4 砌石工程........................................................101](#_Toc973)

[6 混凝土工程............................................................102](#_Toc5856)

[6.1 一 般 规 定.....................................................102](#_Toc11599)

[6.2 混凝土坝........................................................104](#_Toc11164)

[6.3 水闸............................................................104](#_Toc14837)

[6.5 输水建筑物.......................................................105](#_Toc32101)

[6.6 通航、过鱼设施....................................................105](#_Toc22763)

[6.7 水下建筑物表观缺陷检测.............................................105](#_Toc2191)

[7 金 属 结 构..........................................................107](#_Toc29026)

[7.1 一 般 规 定......................................................107](#_Toc31648)

[7.2 闸 门................................................ ........108](#_Toc28980)

[7.3 压力钢管........................................................109](#_Toc27708)

[7.4 启 闭 机........................................................110](#_Toc24007)

[7.5 清 污 机........................................................110](#_Toc16242)

[8 机 械 电 气.........................................................112](#_Toc7424)

[8.1 一般规定........................................................112](#_Toc19540)

[8.2 水力机械及附属设备...............................................112](#_Toc14155)

[8.3 电机及附属设备...................................................115](#_Toc22722)

[8.4 高压电气设备....................................................116](#_Toc9659)

[8.5 电气二次设备....................................................116](#_Toc24934)

[9 外观测量.............................................................117](#_Toc25233)

[9.2 检测项目及测区布置和数量...........................................117](#_Toc11962)

[9.3 检测方法........................................................117](#_Toc22197)

[9.4 结果评价........................................................117](#_Toc1805)

[10 信息化系统.........................................................118](#_Toc21531)

[10.1 一般规定.......................................................118](#_Toc3553)

[10.2 感知系统......................................................118](#_Toc3118)

[10.3 系统和应用软件.................................................118](#_Toc8991)

[10.4 硬件设施.......................................................119](#_Toc10931)

[10.5 数据资源.......................................................119](#_Toc26860)

## 1 总 则

1.0.1【修订】 水利工程质量检测工作最先按照2000年1月4日水利部发布的《水利工程质量检测管理规定》（水建管[2000]2号）实施，2009年1月1日按照新颁布的《水利工程质量检测管理规定》（水利部令第 36号）实施，但一直没有操作层面的规程可依。随着国家对水利工程质量管理工作日趋重视，质量检测工作更加重要，编制一本关于质量检测技术的规程已是迫在眉睫。水利部于2016年6月7日批准发布《水利工程质量检测技术规程》(SL734-2016),并于9月7日起实施。该标准发布实施8年多来，对水利工程质量检测管理，规范水利工程质量检测行为，发挥了积极作用，为水利工程高质量发展提供了强有力的支撑。随着发展进入新阶段，水利部为推动水利高质量发展，统筹水利发展和安全，对水利工程质量管理工作提出了新的更高要求，旧版标准已不适应水利工程技术发展的需求。为了进一步加强水利工程质量检测管理，规范检测行为、保证检测工作质量，使检测工作标准化、规范化、程序化，满足现阶段高质量发展要求，同时与有关法律法规相适应，与相关规程规范相协调，需要对《水利工程质量检测技术规程》（SL734-2016）进行修订。

1.0.2【修订】 原标准对适用范围提出了工程规模的要求。按照《水利工程质量检测管理规定》(水利部令36号)，原标准提出的工程规模的适用范围其实质是缩小了检测规程的适用范围，与水利部36号令的精神相违背，在此做出调整。

1.0.3【修订】 因本标准不涉及工程的质量评价，本次修订将引导语中质量评价改为结果评价。在质量检测过程中，当有多个技术标准可选用时，优先选用水利行业标准，其次是国家标准、其他行业标准；当设计指标与技术标准不一致时，优先选用设计指标。

## 2 术 语

2.0.2【修订】 检测单元是本标准的新提法。检测过程中检测对象的统计单位众多，有的按长度米、有的按面积平方，有的按单个构（部）件根、个，设备按台（套）等，为了统一称谓，便于检测工作开展，用检测单元统一称谓检测对象划分的最小单位。与以前检测工作开展时所用的测区、测线、测点等有所区别，通常意义上，检测单元所表示的范围要大于测区、测线和测点。

2.0.3～2.0.5 测区、测线、测点布置是按照采用的检测方法确定，不是所有的检测单元都需要布置测区、测线、测点。

2.0.6【新增】 本标准不涉及工程质量的评价，只是对检测对象的质量符合性作出评价。从原标准定义理解，原标准“质量评价”定义内涵即为判定检测成果是否合格所进行的活动，此处用“结果评价”更准确，“质量评价”与工程的“质量评价”混淆，与行业其他标准不协调，因此，本标准不再采用“质量评价”的表达，而采用“结果评价”的表达。

2.0.7、2.0.8【新增】 全数检测是对所有样本百分之百进行逐个检测；抽样检测按照GB/T 2828《逐批检查计数抽样程序》从一批样本中随机抽取适量样品进行检测。全数检测强调的是覆盖面，抽样检测主要强调抽样的调随机性和代表性。检测项目是指检测对象的某个或多个质量特性。质量检测目标是对某个或多个质量特性进行检测，以判断样本的符合性。上述两条主要是定义取样检测的方式，检测项目是目标结果，因此删除原定义中的检测项目。

## 3 基本规定

3.0.2【新增】 本条为标准新增。按照《水利工程质量管理规定》（水利部令第52号）：施工单位必须按照经批准的设计文件、有关技术标准和合同约定，对原材料、中间产品、设备以及单元工程（工序）等进行质量检验，未经检验或者检验不合格的，不得使用。原材料、中间产品和设备的质量检测是工程实施过程中必须开展的基本任务，大部分由施工单位完成。本规程主要针对工程实体检测，但也涉及原材料、中间产品和设备的检测。在此将原材料、中间产品和设备质量检测作为基本规定要求。

3.0.3【修订】 实体质量检测时，为了尽量避免对工程实体造成破坏，优先选用无损检测的方法，如确有需要，辅以钻孔、挖凿、裁切、拆卸等方法。实体质量检测一般不进行原材料质量检测，但经检测发现实体质量不满足要求，认为有必要对原材料、构（部）件进行检测，同时现场具备检测条件，则可以进行原材料及构（部）件检测。本标准红的工程实体包括了金属结构和机械电气设备。

3.0.4【修订】 随着科技发展，新的检测技术和检测手段也不断涌现，标准往往做不到全部吸收和消化，实际工作中不限于本标准所列的检测项目和检测方法。在选择检测方法时，原标准考虑了对精度高的要求，未强调精度高的检测方法的成熟可靠度，是否经过试验对比论证。因此，本次修订突出强调了所选检测方法经过论证，最好有单行本试验规程可供执行。

3.0.5 工程质量检测过程中，如过某个检测项目出现不合格情况，由检测单位依据质量管理体系规定，启动相关确认程序，确认不合格检测结果。委托方可组织有关单位查阅检测单位相关资料后确认，也可委托有资质的检测单位进行复验后确认。如仍不合格，委托方应及时组织整改。如无法整改，可组织设计单位进行论证，并提出意见。加测检测费用需另行支付。

3.0.6【新增】 原标准条文强调检测单位和个人对质量检测结果负责。按照《建设工程质量检测管理办法》（住房和城乡建设部令第57号）第二十二条：“检测机构应当建立建设工程过程数据和结果数据、检测影像资料及检测报告记录与留存制度，对检测数据和检测报告的真实性、准确性负责。”检测结果是客观存在的，检测单位和个人对检测结果合格与否无法承担责任。按照《建设工程质量检测管理办法》要求：检测单位和个人对检测数据和检测报告的真实性、准确性负责。表述更准确。

3.0.9【新增】 《水利工程质量检测管理规定》（2023年水利部令52号）第三条：取得甲级资质的检测单位可以承担各等级水利工程的质量检测业务。大型水利工程（含一级堤防）主要建筑物以及水利工程质量与安全事故鉴定的质量检测业务，必须由具有甲级资质的检测单位承担。取得乙级资质的检测单位可以承担除大型水利工程（含一级堤防）主要建筑物以外的其他各等级水利工程的质量检测业务。在开展质量检测工作过程中，往往出现委托的检测单位资质等级与其承担质量检测业务的水利工程等级不匹配。新增此条加以强调。

3.0.10【新增】 《水利工程质量检测管理规定》（2023年水利部令52号）第四条：“从事水利工程质量检测的专业技术人员，应当具备相应的质量检测知识和能力，并按照国家职业资格管理或行业自律管理的规定取得从业资格。”本条新增目的强调检测人员具备质量检测知识、能力的重要性。通过取得质量检测从业资格，保障质量检测的质量和水平，避免检测人员误判，影响检测结果的公正性。

3.0.12【新增】 本条为新增。随着科学技术的不断进步，新技术在水利工程中的应用也越来越广泛。加入“五新”技术应用的内容，采用现代科学技术的新成果以提高效率，降低成本，不断提升工程检测水平，从而提高工程质量。

3.0.13【新增】本条为新增。《建设工程质量检测管理办法》（住建部令57号）第二十七条：“检测机构应当建立信息化管理系统，对检测业务受理、检测数据采集、检测信息上传、检测报告出具、检测档案管理等活动进行信息化管理，保证建设工程质量检测活动全过程可追溯。”为顺应新阶段高质量发展需求，积极构建质量检测机构自身的数字化、信息化智慧系统，不断提高水利工程质量检测管理水平，更快融入国家提出的构建智慧水利体系中去。

3.0.14【新增】 本条为新增。“十四五规划”提出：构建智慧水利体系，以流域为单位提升水情测报和智能调度能力。水利部印发的《关于推进水利工程标准化管理指导意见》指出：省级水行政主管部门和流域管理机构要按照智慧水利建设总体布局，统筹已有应用系统，补充自动化监测监控预警设施，完善信息化网络平台，推进水利工程智能化改造和数字孪生工程建设，提升水利工程安全监控和智能化管理水平。

## 4 地基与基础工程

### 4.2 地基处理

4.2.3【修订】 桩身抗压强度检测是指对桩身材料的检测，可采用钻芯取样的方法进行检测；竖向增强体是指各种形式的桩体（柱体）或墩体结构，是通过在天然地基中设置加筋材料或桩体等竖向结构。

4.2.4【新增】 本标准规定的检测工作布置和频次，主要针对施工自检以及那些需要纳入工程验收评估资料的试验检测项目。至于监理单位的平行检测、项目法人的全过程检测，以及竣工验收检测，则需依据水利工程施工监理规范等其他规程规范的具体要求确定其检测工作布置和频次。对于其他类型的检测活动，可参考本标准执行。

### 4.3 灌浆工程

4.3.1【修订】 本条参照SL/T 62《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》、SL/T 291.1《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》以及SL 631.3《水利水电单元工程施工质量验收评定标准—地基处理与基础工程》中灌浆工程的主要性能指标和质量控制项目等技术标准规定，结合建成后的实体工程检测的可操作性而确定的检测项目。如有特殊要求时，可相应增加检测项目。

4.3.3【修订】 本条根据现行有关技术标准提出了相应检测项目的检测方法。 由于灌浆工程钻孔取芯及压水试验检测场地多狭小、检测设备笨重、工作量较大、工期较长,难以做到对检测单元内所有灌浆孔进行质量检测，故应同时采用单孔声波、跨孔声波、钻孔电视、层析成像（声波、电磁波、弹性波CT）、弹模、变模等检测方法对岩体波速、结构面发育及孔间岩体质量等进行检测，岩体声波波速的高低可反映岩体密实程度，根据灌后岩体波速提高率、结构面水泥结石充填情况、电磁波吸收系数等对灌浆质量进行评价。

封封孔质量采用在原灌浆孔内钻孔取芯方法进行检查,钻孔过程中严格控制钻压，随时测量孔斜，尽可能保证钻孔至原灌浆孔孔底，这样可同时对原钻孔深度是否满足设计要求进行检查；如因地质条件等原因，钻孔过程中偏离原孔孔向，在原灌浆孔中钻孔深度应不少于15m。

4.3.4如有特殊要求时，应结合灌浆工程特点以及检测单元内工程质量评价需要确定检测数量。

4.3.5【新增】本条根据现行有关技术标准提出了相应检测项目的单元质量评价标准，如设计技术文件有相关要求，应遵照设计技术文件要求执行。

### 4.4 防 渗 墙

4.4.3【修订】 检测方法依据墙体材料、深度、施工方式、环境条件等情况进行选择。应注意以下情况：防渗墙的施工方式、墙体材料特性、设计、地质水文资料对检测方法选择、参数设置、资料解释有直接影响。防渗墙异常存在多解性，应采用综合物探方法检测可降低多解性。

4.4.4 2 检测孔的布置应考虑到各检测项目的需要，统筹布置。取样检测孔可用于进一步开展跨孔声波、弹性波CT等方法，为保证弹性波CT检测效果，检测孔孔距不宜过大。

3【修订】 防渗墙墙体渗透系数检测时，注水试验适用于不能进行压水试验的防渗墙墙体。对于防渗系数设计指标较低、墙体较薄的塑性混凝土防渗墙，宜采用注水试验或围井试验。塑性混凝土试样的抗渗性测试宜采用稳定渗流法。试验完毕后，应采用合适的材料进行封孔处理，保证墙体的防渗性能，可以采用黏土、砂浆或高聚物材料进行封孔。利用钻孔芯样测试的渗透系数，一般存在小于原位测试结果的情况，评价时应注意修正系数或相应降低指标要求。防渗效果也可根据工程情况，选用注水(压水)试验、围井试验等方法进行检测评价。

### 4.5 基 桩

4.5.1【修订】 设计或委托方要求开展桩身内力测试等未列出项目的，可根据相应技术标准开展检测。其他类型基桩的检测项目可参照条件相近基桩的项目执行。

4.5.3【新增】 钻芯法、低应变法、声波透射法、高应变法检测，以及单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验，应执行JGJ 106的规定，磁测井法应执行CJJ/T 7的规定，自平衡静载试验应执行JGJ/T 403的规定，灌注桩成孔质量检测应执行JGJ 94的规定。

4.5.4【修订】 采用低应变法检测桩长范围时，应在现场开展试验进行确定。对于桩径大于2m和桩长大于40m的基桩，宜用声波透射法检测。进行灌注桩的承载力检测时，应具有现场实测经验和本地区相近条件下的可靠对比验证资料；对于大直径扩底和Q-S曲线具有缓变型特征的大直径灌注桩，不宜采用高应变法进行竖向抗压承载力检测。基桩桩身混凝土钻芯试件的加工和测量应符合现行JGJ 106的规定；混凝土芯样试件的抗压强度试验应按现行GB/T 50081执行。

### 4.6 支护工程

4.6.1【修订】 国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086-2015中12.1.19规定“工程锚杆必须进行验收试验。其中占锚杆总量5%且不少于3根的锚杆应进行多循环张拉验收试验，占锚杆总量95%的锚杆应进行单循环张拉验收试验。”也就是所有锚索都必须进行验收试验。

4.6.3【修订】锚杆、锚筋桩检测工作应优先选择无损检测方法,当发现或怀疑有质量问题锚杆时,再增加拉拔力试验。无损检测与拉拔力检测对锚杆外露长度要求不同,进行无损检测时,锚杆外露长度不应过长,宜小于0.2m；拉拔力检测时,锚杆外露长度不宜过小,应符合检测设备的要求。

锚索锚固质量检测包含基本试验、蠕变试验和验收试验。试验检测应根据试验目的采用不同的分级加载方式，根据相关技术标准及规范实施。锚索外露长度应满足千斤顶安装要求。锚索基本试验的地层条件、锚索杆体和参数、施工工艺应与工程锚杆相同且试验数量不少于3根；蠕变试验是反映锚索蠕变特性的一个主要参数，它表明蠕变的变化趋势，由此可判断锚索的长期工作性能。验收试验是强制性条文，是检验锚索的抗拉承载力，筋体受拉自由段长度和蠕变率能否满足设计与规范要求，判别锚索质量是否合格的唯一科学而可靠的方法。

4.6.4

1～2【新增】 对于特殊受力结构使用异形预应力筋或索的检测应根据其具体弯曲或折角形式遵循相应技术标准实施检测。如荷载分散型锚索包括压力分散型和拉力分散型锚索，可有三种方式进行，一种是对每个单元锚索单独进行常规的锚固质量检测，第二种方式采用多个千斤顶并联或千斤顶组完成锚索张拉试验，第三种方式是采用补偿张拉方式，按设计拉力条件下各单元锚索受力相等的原则，确定各单元锚杆起始荷载，依次对单元锚索进行预张拉，然后按常规试验方法进行试验。

关于锚杆、锚筋桩检测结果不满足设计及规范要求，应对不合格部位进行处理，处理完成后应进行双倍抽检。关于锚索锚固质量检测结果不满足规范及设计要求，则应对不合格锚索进行工程处理，处理完成应再进行相关试验检测。

3【修订】 与围岩黏结强度检测应优先采用预留试件拉拔法，没有预留试件的，应采用钻芯拉拔法。粘结力检测方法安装特制的锚固件，然后用液压千斤顶施加拉力，直到混凝土破裂，由此计算粘结力大小。注意事项是拉拔试验应避开接缝处，确保结果的有效性。

## 5 土石方工程

### 5.1 一般规定

5.1.1 本条是对各节中有共性的检测项目的检测方法和结果评价提出要求。

### 5.2 土 石 坝

5.2.1 除了应对各种填筑料的材质进行检测外,影响堆石料等粗粒土力学性质主要因素是其干密度和颗粒级配,影响黏性土防渗体土力学性质主要因素是其干密度,影响反滤料的主要因素是颗粒级配和含泥量,故要求对其进行检测。

土石坝体内部缺陷一般包括局部填筑土性不符合设计要求或技术标准规定、存在严重不密实区、渗漏通道或管涌及各种原因形成的洞穴等。

5.2.2【修订】 以基本能够全面控制土石坝质量为原则,进行全数检测时可以按深度最小值划分,进行抽检时可以按深度最大值划分。

### 5.3 堤防与渠道

5.3.1 堤身(渠身)土性分析指通过颗粒分析、液塑限试验对土进行分类定名。堤顶(渠顶)道路对钢筋直径有特殊要求的,应进行检测。每个测区取一组3个试样,试验方法应执行JGJ/T 152《混凝土中钢筋检测技术规程》的规定。堤顶(渠顶)道路路面的检测,适用于水利工程场内道路路面的检测。

5.3.2【修订】 检测应综合考虑工程特点、施工方法、质量控制和检测等方面。

### 5.4 砌石工程

5.4.1【修订】有特殊质量要求时,要相应增加检测项目。砌筑质量具体见SL/T 631.1的规定；另对于浆砌石或混凝土砌石,必要且具备条件时还应增加砌石用砂浆或混凝土的抗渗性能检测。

5.4.2【修订】 检测应综合考虑工程特点、施工方法、质量控制和检测方法等方面情况。

## 6 混凝土工程

### 6.1 一 般 规 定

6.1.1【修订】 本条是对各节中有共性的检测项目的检测方法、测区 (测线、测点)布置和数量、质量评价提出要求。

结构混凝土强度检测方法有很多种，这些检测方法有的在水利行业中应用较多，有的在建筑行业广泛应用，且各自都存在优缺点和适用范围，需要根据工程特点和合同约定，选择适宜的方法进行混凝土强度检测。

混凝土抗渗性能、抗冻性能和抗拉强度，通常的做法是预留标准混凝土试件在实验室内进行检验。当对结构实体质量产生怀疑、对既有工程进行质量检测或安全性评估时，需要对实体结构的抗拉强度进行检测，此时，可以通过在结构实体上钻取芯样，再按SL/T 352进行检验。

当采用无损检测方法检测混凝土缺陷时，可以采用钻芯法直观验证检测结果。

洞室衬砌的衬砌厚度、脱空、内部缺陷检测，当洞室衬砌为无钢筋或较稀疏的单层钢筋混凝土时，可选用探地雷达，技术要求应参考SL/T 291.1；当洞室衬砌为较密的单层或多层的钢筋混凝土时，可选用冲击-回波法，重要的异常部位宜选用声波 CT和跨孔声波法复测，利用钻孔采用声波反射法、冲击-回波法、声波CT和跨孔声波法检测的技术要求应参考SL 326。

混凝土外观质量是混凝土质量的一个重要组成部分（摘自SL 632条文说明第4.7节），外观缺陷调查的目的是为将进行的专项检测提供翔实、可靠和有效的调查数据及基础资料（摘自原SL 713条文说明第4.1.1条）。

6.1.2【修订】本条规定了检测单元的质量评价。

要求芯样混凝土抗压强度检测结果达到设计值，但对芯样混凝土抗压强度评价时应保证取芯部位实体混凝土已有足够的养护成熟度，具体可参见JGJ 104。

SL/T 631.2规定的混凝土工程抗渗性能验收合格评标准为“满足设计要求”，本条进行了借鉴。

SL/T 631.2规定的混凝土工程抗冻性能验收合格评定标准为“设计龄期抗冻性合格率80%”； DL/T 5113.8规定的评定标准为“不小于设计值”，抗冻试件采用的是室内成型标准试件，而实体混凝土的抗冻评定标准目前暂无规定。

对于混凝土保护层厚度的评价，水利行业与建筑行业有所区别。因此，对于闸墩、工作桥梁等水工结构混凝土，保护层厚度合格率不小于70%为达到规范要求，而对于桥头堡、泵站厂房等需要按GB 50204执行的，保护层厚度合格点应不小于90%。

面板混凝土的裂缝长度、宽度和深度依据SL 228中的要求确定。对于其他钢筋混凝土结构，当设计规范对裂缝的宽度和深度有要求时，也应依据相应的规范进行评价。

对于碾压混凝土表观密度，SL 53规定碾压混凝土铺筑现场压实容重采用核子水分密度仪或压实密度计检测，每铺筑100m2～200m2碾压混凝土至少应有一个检测点，每层应有3个以上检测点，测试宜在压实后1h内进行，并以“每个铺筑层测得的容重应有80%不小于设计值”为评定标准；SL 53还采用相对压实度来评价碾压混凝土的压实质量，对于内部碾压混凝土，规定“相对压实度不得小于97%”；DL/T 5113.8规定，湿表观密度大于配合比设计值的97%；本标准采用SL/T 352对碾压混凝土表观密度进行检测，因此，本条规定表观密度达到配合比设计值的97%。

对于碾压混凝土钻孔压水试验，SL 632中硬化碾压混凝土性能评定未涉及钻孔压水试验；SL 53钻孔取样评定碾压混凝土综合质量中包括了压水试验，但对压水试验结果的评定未作规定；DL/T 5113.8规定钻孔压水试验单位吸水率不大于1.0Lu为合格，因此，本条借鉴了DL/T 5113.8的有关规定，并考虑到施工工艺等因素，规定钻孔压水试验透水率不大于设计值。

对于碾压混凝土层间原位直剪试验(平推法)，SL/T 631.2中碾压混凝土工程性能评定未涉及层面摩擦系数与凝聚力；SL 53碾压混凝土质量管理与评定中未包含针对层面结合性能的检测方法与评定参数；考虑到碾压混凝土层间结合性能对整体力学强度、抗渗性、抗滑稳定性均具有重要影响，本标准采用摩擦系数、凝聚力不低于设计值的质量评价要求。

混凝土内部缺陷的评价一般为定性评价，当结构混凝土内部无明显不密实区或连续缺陷形成的空洞时，评价为混凝土密实性总体较好。

外观质量评价可依据SL 632第4.7节。

6.1.3 护坡、挡墙

检测单元划分时，应综合考虑工程特点、施工方法、质量控制和检测等方面。

采用超声回弹综合法测定混凝土强度时，测区间距不宜大于2m，测区距护坡端部或施工缝边缘的距离不宜大于0.5m，且不宜小于0.2m。

### 6.2 混凝土坝

6.2.1【修订】本条规定了混凝土重力坝、拱坝、面板坝和碾压混凝土坝等大坝实体检测的项目。主要参照SL/T 631.2、DL/T 5113.8中的工程质量等级评定参数，以及SL 319、SL282、SL228、SL 314中的坝体混凝土应考虑的主要性能指标，结合建成后的实体工程检测的可操作性而确定。

6.2.2 本条规定了混凝土大坝实体检测的基本检测单元。目前，钻芯取样孔深最大可达100m左右，综合考虑钻芯机钻取深度、检测成本、芯样钻取后坝面外观和质量等因素来确定检测单元。混凝土坝过水建筑物检测单元划分主要根据检测项目所需的试件数量确定。面板混凝土主要以滑模施工为主，所以以滑模宽度作为检测单元的宽度。

6.2.3【修订】 本条规定了混凝土坝实体检测项目的测区(测线、测点)布置与数量。

在确定取芯孔孔位时，要充分考虑坝体、廊道、钢筋密集部位和混凝土品种、级配、强度等级等内部结构的实际情况，使取芯孔尽可能覆盖不同部位和不同品种的混凝土，取得全面可靠的数据，同时检查基础混凝土与基岩结合情况、地质缺陷部位固结灌浆的质量情况等，取芯时应避开监测电缆、排水孔、止水等预埋件。

混凝土坝过水建筑物如溢流面等部位混凝土厚度有限，因此，在每个检测单元内可适当增加测点数，以满足检测项目所需试件数量的要求，测点应布置均匀。

碾压混凝土钻孔压水试验尽可能结合混凝土性能试验的取芯孔进行。

钻芯孔的单孔和跨孔超声波波速可用于检测混凝土内部缺陷，评判混凝土强度均匀性，该方法适用的跨孔间距在2m～3m范围内；利用雷达探测混凝土质量时，目前手持式混凝土雷达的探测深度为300mm，因此，这些检测方法是否适合大坝内部缺陷的检测，应根据实际的检测需要而定。

对于混凝土裂缝的分布、长度和宽度的测量，应进行全数检查，以便准确分析裂缝成因，制定后期的修补方案；而对于裂缝深度，因检测难度远大于长度和宽度的，一般则是选择一定数量的典型裂缝的典型段进行抽样。

### 6.3 水闸

6.3.1【修订】 本条规定了水闸结构混凝土除一般规定中规定的其他检测项目。混凝土内部缺陷也适用于灌注桩混凝土缺陷检测和钢管混凝土缺陷检测。对于混凝土耐久性方面，应进行钢筋锈蚀检测与评估，有抗冻、抗渗要求的还应包括抗冻、抗渗性能。

钢筋锈蚀：SL/T 352和JGJ/T 152提出的钢筋锈蚀检测方法都是参照美国标准ASTMC 876—91(Reapproved1999)编写的。我国很多省份还根据需要制定了地方标准，提出了电阻率法、锈蚀电流密度法等钢筋锈蚀检测方法和动态的健康监测方法，如安徽省地方标准DB34/T 1929—201《混凝土中钢筋腐蚀检测技术规程》。

6.3.3 抗渗性能、抗冻性能检测的测点布置按照6.2.3条2款1)项中的重力坝、拱坝和碾压混凝土坝等大坝实体布置。

### 6.5 输水建筑物

6.5.1【新增】 考虑混凝土结构的相似性，将原“6.5 涵、管、倒虹吸”、“6.6 渡槽”、“6.8 洞室衬砌”和“6.9 渠道衬砌”整合为“6.5 输水建筑物”。

6.5.2 本节中的“涵 ”包括涵洞和箱涵，“管 ”包括明管和涵管。

6.5.3【新增】 检测单元划分宜与结构设计(分缝、分段、分块)或功能相结合，对于梁、柱、桩或板类的结构体，可将单根梁、柱、桩或单块板划分为一个检测单元。本节整合后参照上述原则进行了“规定数值”的删除，并进行表述精简。

6.5.3 初测结果发现缺陷需实施进一步追溯检测时，可布置辅测线，其方向、长度、数量及间距可根据需要现场确定 。

### 6.6 通航、过鱼设施

6.6.1【新增】 原规程混凝土结构形式考虑不全面，新增“6.6 通航、过鱼设施”。

### 6.7 水下建筑物表观缺陷检测

6.7.2【新增】 多波束声呐技术用于水下三维扫测，常用的多波束声呐技术为多波束测深声呐、三维多波束声呐、隧洞版多波束声呐。多波束测深声呐可联合 RTK（实时动态差分，Real Time Kinematic，利用基准站和流动站之间的实时数据链路和载波进行相对定位快速解算技术）、PPK（动态后处理差分，Post Processed Kinematic，利用载波相位进行GNSS事后差分）定位技术通过水深探测完成水下地形、水下结构物体型表观检测，但卫星定位精度受高耸的水工建筑物遮挡会影响数字信息的采集。三维多波 束声呐可用于狭窄流道、闸门前等水域的扫测，扫测方式可分为测站式或移动式，测站式主要通过特征点定位，移动式主要通过惯导或水声通信定位。隧洞版多波束声呐用于隧洞、管道等有限空间的扫测，主要联合惯导系统完成水工隧洞或管道三维数字信息采集。

成像声呐用于水下的二维、三维成像,主要用于详查阶段，包括前视声呐、二维图像声呐、多频数字图像声呐、三维全景成像声呐、三维实时成像声呐，三维全景成像声呐即同测站式三维多波束声呐，通常安置于潜水器上，可通过固定杆件安置在水面搭载平台上，也可通过潜水员手持。

空气中的光学成像技术已经比较成熟，但在水下环境中能见度却非常有限，主要原因是水对光的散射、折射和水中杂质的影响。水工建筑物水下检测光学成像技术主要包括水下可见光成像、水下激光成像和水下红外成像，本节中光学成像技术主要指水下可见光成像，水下红外成像在实际水工建筑物检测中应用较少。 水下检测中光学成像需抵近观察，补足光源，浑水域中建议使用浑水摄像机，光照较弱的环境建议使用微光摄像机。

6.7.3【新增】 水下检测技术采用的仪器设备，需保障其作业安全的基础上，符合极限作业水域环境的要求，对于超出仪器设备作业安全要求的水域环境，谨慎下水检测，待具备作业条件后再开展水下检测作业，以防对硬件设备造成损伤。水域流速对水下检测的搭载平台提出具体要求，若流速过快的水域，搭载平台的抗流能力不足，容易造成设备损失，故为了保证无人船、潜水器的作业安全，根据行业内主流仪器设备的抗流指标，提出作业水域的水流速不宜大于1m/s，实际开展作业的过程中，对不同水流速的水工部位进行水下检测时，可根据作业设备的抗流能力对仪器设备进行选型。

## 7 金 属 结 构

### 7.1 一 般 规 定

7.1.1 本条是对各节中有共性的检测项目的检测方法、检测数量提出要求。

7.1.2

1【修订】 钢板(材)厚度检测针对闸门、启闭机和压力钢管等金属结构的主要承力构件，如闸门的主梁、边梁、支臂、面板、吊耳板；启闭机的主梁；压力钢管的凑合节、岔管。推荐采用国家标准GB/T 11344《无损检测 超声测厚》中关于对钢板超声测厚的技术方法。

4【修订】 主要考虑现场快速进行水工金属结构产品的钢板(材)化学元素分析，不排除取样带回实验室进行室内试验的可能性。检测钢板(材)的主要化学元素成分，主要是指检测钢材的C、S、P、Si、Mn及其他合金元素的化学元素成分，其目的是为了推定和判别钢材牌号是否用错，必要时还应通过硬度测试后换算强度，综合进行分析。水利工程钢板化学成分光谱检测方法标准推荐选用GB/T 4336，多次测试取平均值，按规定修约；如进行钢板(材)硬度辅助测试,推荐采用硬度计法,依据GB/T 17394.1《金属材料里氏硬度试验第1部分:试验方法》或 GB/T 230.1《金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)》相应的试验方法进行检测,对主要构件按每种规格抽检1块钢板，均匀布置 5个测点；钢板(材)硬度检测结果按 GB/T 1172换算成对应强度值，再按钢材产品标准的相应规定进行评价。

5【新增】 重要的闸门、启闭机和压力钢管的钢板材料应在制造下料中留样保存，主要对钢板板材的拉伸试验（含伸长率）、弯曲试验和冲击韧性性能试验，现行常用的方法标准为GB/T 228.1、GB/T 232、GB/T 229对拉伸、弯曲和冲击性能进行了具体方法描述，在不具备条件的情况下一方面可以采用国标GB/T 39635中仪器压入法测定钢板的拉伸性能，可以查阅出厂合格证明文件和制造单位抽检试验报告。

7.1.3【新增】

1 铸件表面质量目视检测后配合磁粉检测和渗透检测，磁粉检测、渗透检测按照铸件特性针对性的方法标准GB/T 9444和GB/T 9443执行；

2 锻件表面质量目视检测后配合磁粉检测和渗透检测，磁粉检测、渗透检测按照铸件特性针对性的方法标准NB/T 47013.4和NB/T 47013.5执行；

3 铸件内部质量无损检测主要采用射线检测和超声波检测，厚大铸件一般采用γ源或X射线加速器，水利工程铸件通常采用超声波检测，行业推荐GB/T 7233.1中规定的技术方法。

4 锻件内部质量无损检测主要采用射线检测和超声波检测，厚大锻件一般采用γ源或X射线加速器，水利工程铸件通常采用超声波检测，行业推荐GB/T 6402中规定的技术方法。

7.1.4【新增】

2 磁粉检测检测铁磁性材料焊缝表面开口及近表面缺欠，渗透检测检测焊缝表面开口缺欠，对于闸门、启闭机和钢管的受力焊缝表面质量非常重要，在运行过程中在各种力的作用下使表面缺陷逐步扩展，最终工件破坏失效。焊缝类磁粉检测和渗透检测方法标准推荐采用GB/T 26951和GB/T 18851.1中的要求执行。

3 焊缝内部检测在表面检测合格后进行，主要采用射线和超声波检测技术，常用的射线检测技术方波标准推荐GB/T 3323.1，超声波检测技术方法标准推荐GB/T 11345,衍射时差法和相控阵检测是近年从国外引进的超声波成像检测技术，衍射时差法（TOFD）检测技术具备高检测速度、高定量精度、高定位准确性以及能够确定缺陷尺寸；相控阵检测具备同时进行[B扫](https://www.baidu.com/s?sa=re_dqa_generate&wd=B%E6%89%AB&rsv_pq=af4faed80001125a&oq=%E7%9B%B8%E6%8E%A7%E9%98%B5%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%9A%84%E4%BC%98%E5%8A%BF&rsv_t=9b111e9I9JD5uFQo7Glk+96ujMmArWjms4gv8G3x5kyZxU39Ys6MGESLXsvb/wDEvVYeRz4/a6M8&tn=02003390_46_hao_pg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)、[D扫](https://www.baidu.com/s?sa=re_dqa_generate&wd=D%E6%89%AB&rsv_pq=af4faed80001125a&oq=%E7%9B%B8%E6%8E%A7%E9%98%B5%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%9A%84%E4%BC%98%E5%8A%BF&rsv_t=9b111e9I9JD5uFQo7Glk+96ujMmArWjms4gv8G3x5kyZxU39Ys6MGESLXsvb/wDEvVYeRz4/a6M8&tn=02003390_46_hao_pg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)、[S扫](https://www.baidu.com/s?sa=re_dqa_generate&wd=S%E6%89%AB&rsv_pq=af4faed80001125a&oq=%E7%9B%B8%E6%8E%A7%E9%98%B5%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%9A%84%E4%BC%98%E5%8A%BF&rsv_t=9b111e9I9JD5uFQo7Glk+96ujMmArWjms4gv8G3x5kyZxU39Ys6MGESLXsvb/wDEvVYeRz4/a6M8&tn=02003390_46_hao_pg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)和[C扫](https://www.baidu.com/s?sa=re_dqa_generate&wd=C%E6%89%AB&rsv_pq=af4faed80001125a&oq=%E7%9B%B8%E6%8E%A7%E9%98%B5%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%E7%9A%84%E4%BC%98%E5%8A%BF&rsv_t=9b111e9I9JD5uFQo7Glk+96ujMmArWjms4gv8G3x5kyZxU39Ys6MGESLXsvb/wDEvVYeRz4/a6M8&tn=02003390_46_hao_pg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)，通过建模，缺陷显示非常直观，提高了检测的精度和可靠性，具有这种设备和具备这种检测能力的检测单位可采取这两种技术进行验证检测，衍射时差法推荐GB/T 41115规定的技术方法，相控阵技术方法推荐使用GB/T 40733。

7.1.5

1【修订】 金属结构防腐过程中需要进行钢板(材)的锈蚀处理的清洁度等级检验，按 GB/T 8923.1 《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除 原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》、GB/T 8923.2《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分：已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》、GB/T 8923.3《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》规定的标准图片与处理表面进行目视比较，从而评定该钢板(材)的锈蚀处理等级。

2 对防腐层附着力检验结果有争议需要进行破坏性验证试验时宜采用拉开法进行测试。

7.1.8【修订】 SL 635《水利水电单元工程施工质量验收评定标准—水工金属结构安装工程》对水工金属结构安装工程质量有一些规定，故在进行检测单元质量评价时也做出相应规定。

### 7.2 闸 门

7.2.1 本条将平面 、弧形 、人字 、三角 、升卧等不同形式钢闸门、铸铁闸门以及拦污栅有共性的检测项目和个别特殊的检测项目均放在一起罗列，以避免重复。

钢闸门检测项目中闸门及埋件安装质量的主要检测参数是指轨道工作表面平面度检测 、轨道间距、轨道垂直度和平行度、底槛工作表面平面度、闸门支撑行走装置安装质量、闸门止水安装质量、支铰轴孔同轴度等；铸锻件内部质量的主要检测参数是指闸门的支铰和铰轴、滚轮轴等内部质量。

3 考虑到轨道以及底槛工作表面平面度对闸门运行和止水的重要性，故要求每孔对全部埋件进行检测。

7.2.4

4【修订】 根据 GB/T 14173对焊缝未焊透深度的规定，对一类 、二类焊缝内部质量，在按 GB/T 11345和 GB/T 29712的规定进行内部质量评定的基础上进行了适当放宽。

7.2.5

3【修订】 实际工作中应优先选用GB/T 14173，如设计选用了NB/T 35045标准，则可按设计要求选用。以下有关条款类同。

5 闸门及埋件安装质量。在闸门及埋件安装质量检测中，诸如对支铰轴孔同轴度检测, 不排除使用其他先进的检测方法，如光电投影法等。

6 启闭运行试验。主要检查吊头连接情况、滚轮滚动情况、升降有无卡阻、止水橡皮有无损伤、止水橡皮压紧程度、电气设备是否异常情况等。以灯光照射和透射、目测观察为主,结合相机拍照，必要时辅以钢直尺、电气检测仪器等仪器设备检测。

### 7.3 压力钢管

7.3.1 对压力钢管而言，所有检验项目均必做。

7.3.2 对不同类别钢管的检测单元划分，规定就是按照钢管轴线长度，每一个拼装节的长度作为一个检测单元。这样划分是为了结合施工便于检测。

7.3.3

1【新增】 压力钢管水压试验是压力钢管在设计压力作用下观察其变形、渗漏等情况，以评估钢管的质量和安全性；水压试验的长度应根据设计和合同要求划定，在试验过程中通过有限元分析建立模型，对应力集中部位进行实时应力监测，确保应力值下安全许用应力值范围内；另外附加一套声发射装置监测仪器，当压力钢管受到压力作用时，如果其内部或表面存在缺陷或应力集中区域，这些区域会因为快速释放能量而产生瞬态弹性波，通过检测这些声发射信号，可以评估压力钢管的完整性、检测潜在缺陷，并监控其承压能力。

### 7.4 启 闭 机

7.4.1 本条仅列出几种常用启闭机的检测项目，对特殊形式的启闭机可参照执行，如固定门座式启闭机可参照移动式启闭机。

3【修订】 固定卷扬式启闭机要求做钢丝绳内部质量探伤超出了SL 381的规定，但是考虑到钢丝绳安全性至关重要，不能舍去。

4【修订】 移动式和固定式启闭机可能包括固定卷扬式启闭机,本部分未将与固定卷扬式启闭机相同的检测项目再重复列出,在执行时可根据具体启闭机的情况决定检测与固定卷扬式启闭机相同的检测项目。

7 液压式启闭机检测项目之所以超出 SL 381《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》规定要求做液压油清洁度、活塞杆镀铬层厚度,是考虑到液压油对保证液压系统运行性能至关重要，而活塞杆镀铬层是防止活塞杆锈蚀破坏的关键。液压式启闭机检测项目中安装质量的主要检测参数是指推力支座安装质量、机架和油缸铰座横向中心线与高程偏差等影响启闭运行性能的参数。

7.4.3 液压式启闭机。关于用显微镜颗粒计数法或自动颗粒计数器取得液压油颗粒计数数据，说明如下：用显微镜计数所报告的污染等级代号,由不小于5μm和不小于15μm两个颗 粒尺寸范围的颗粒浓度代码组成，这两个代码按次序书写，相互间用一条斜线分隔。用自动颗粒计数器计数所报告的污染等级代号由三个代码组成,第一个代码按不小于 4μm(c)的颗粒数来确定，第二个代码按不小于6μm(c)的颗粒数来确定，第三个代码按不小于14μm(c) 的颗粒数来确定，这三个代码按次序书写，相互间用一条斜线分隔。

7.4.5 各个启闭机运行试验是对安装质量好坏的直接验证，包括对安装位置定位准确性的验证，故要求按照 SL 381的规定进行检测和评价，但是其中有关负荷试验的评价可根据工程具体条件的允许进行实际评价。

LF是指钢丝绳中的局部损伤,诸如断丝、磨损、锈蚀,疲劳或其他钢丝绳局部物理状态的退化等；LMA是指钢丝绳金属横截面积损失,即钢丝绳上特定区域中标准(质量)缺损的相对条斜线分隔。度量 ,它是通过比较检测点与钢丝绳上象征最大金属横截面积的基准点来测定的。

### 7.5 清 污 机

7.5.1【修订】 本条仅列出两种常用清污机的检测项目，对特殊形式的清污机可参照执行。

3 未将回转式清污机与耙斗式清污机相同的检测项目再重复列出,在执行时可根据具体启闭机的情况决定检测与耙斗式清污机相同的检测项目 。

7.5.4

1【新增】 回转式清污机与耙斗式清污机在水利水电行业的常用金属结构设备，原标准SL 382中对水利水电工程中清污机制造安装质量验收有相应的要求，2020年5月对该规范作废，推荐使用NB/T 11009标准对清污机制造安装质量进行检查验收。

## 8 机 械 电 气

### 8.1 一般规定

8.1.1【新增】 水电站和泵站机电设备质量检测主要包括设备制造和安装过程中的控制性质量检测、启动试运行阶段的综合性能质量检测，以及合同规定的设备性能保证值的质量检测。对机电设备质量检测做出一般规定，分别从设备制造质量、安装质量、性能参数三个方面进行规定。

8.1.2【新增】 机电设备质量检测工作通常是在设备加工厂或水电站和泵站现场，检测工作需提前编制检测大纲或实施方案，并经有关单位审核批准方可实施。根据国家有关安全生产属地管理的原则，检测实施单位和电站/泵站管理单位需制定全保护措施。

8.1.5【新增】 电站/泵站现场情况较为复杂，需考虑现场检测工作的安全问题，明确检测人员的安全责任，确保现场设备、检测设备和人员安全。

8.1.6【新增】 现场检测仪器仪表可能会受周围环境的影响，比如电磁、振动、噪声等的干扰，检测过程中，需观察和判断仪器设备的工作状态，确保检测数据真实可信。

### 8.2 水力机械及附属设备

8.2.1

1【修订】 本条由原8.1.1条拆分。水轮机质量检测包括设备制造及安装调试过程中的质量检测，以及设备投运后性能参数的质量检测，将原8.1.1条的检测项目拆分为两条，表达更为清晰。

本条规定了水轮机/水泵水轮机制造及安装质量检测的主要项目，若上述检测涉及设备制造中的质量问题，可增加对设备制造阶段的原材料、部（构）件进行检测，如材料力学性能、焊缝质量、转轮几何尺寸和残余应力等的检测。

2【修订】 水头/扬程、流量、出力（轴功率）、顶盖振动、水导摆度、压力脉动、转速、噪声为必检项目，必要时可增加水轮机效率和耗水率、空蚀和磨蚀、导叶漏水量检测，空蚀和磨蚀检测适用于运行年久的机组安全性检测。

3【新增】 本条规定了水泵制造及安装质量检测的主要项目，若上述检测涉及设备制造中的质量问题，可增加对设备制造阶段的原材料、部（构）件进行检测，如材料力学性能、焊缝质量等的检测。

4【新增】 水泵效率为泵输出功率除以泵轴功率，即泵机组效率乘以电机效率。水泵效率测试需测量扬程、流量、电动机输入功率、电机效率，根据水泵效率计算公式计算得到。

计算扬程时，泵站水位测量以标准水准点为基础。如果泵站兴建时在进出水池附近设有固定的水准点，可直接利用；如果没有水准点，可选定一个参考点。进水池和出水池均按参考点作相对校核，施测时应按四等水准测量要求进行。

5 调速系统动态特性包括开停机试验、增减负荷试验、甩负荷试验、空载扰动试验。

7【新增】 机组启动试运行试验在水轮发电机组及相关机电设备安装完工检验合格后进行。

转桨式水轮机宜进行相对效率试验，以便用于修正导叶开口与叶片转角间的协联关系。其他型式水轮机，可与业主协商进行相对效率试验或绝对效率试验。

8【修订】 泵站机组装置效率是反映抽水设备及泵站各部分效率的综合指标，是泵站更新改造或拆除重建必须进行的测试项目。本条中所列出的前四项均是测算泵站机组装置效率的必要参数。

水泵机组装置效率为泵输出功率除以电动机输入功率，需要测量的参数包括电动机输入功率、水泵流量与扬程,根据泵机组效率计算公式计算得到。

8.2.4【新增】

1

1) 通流部件几何型线及尺寸：具体见GB/T 15613。

5) 平面度、圆度/同轴度、垂直度、中心偏差、高程、止漏环间隙：具体见SL 636。

6) 残余应力：具体见SL 499或GB/T 24179。

2

2) 顶盖振动：具体见GB/T 17189。

3) 水导摆度：具体见GB/T 17189。

4) 压力脉动：具体见GB/T 17189。

8) 空蚀和磨蚀：反击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.1；水泵水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.2；冲击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 19184；小型水轮机空蚀检测具体见GB/T 22140。反击式水轮机磨蚀检测应执行DL/T 444。

3

3) 振动：具体见GB/T 29531。

5) 压力脉动：具体见GB/T 17189。

6

2) 水轮机性能试验

c） 振动、摆度、压力脉动：具体见GB/T 17189。

e） 空蚀和磨蚀：反击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.1；水泵水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.2；冲击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 19184；小型水轮机空蚀检测具体见GB/T 22140。反击式水轮机磨蚀检测应执行DL/T 444。

3) 水轮发电机性能试验

b） 发电机振动和摆度：具体见GB/T 17189。

8.2.5 水轮机及发电机振动评价标准引用不同，水轮机振动评价标准按GB/T 15468《水轮机基本技术条件》执行，发电机振动评价标准按 GB/T 8564《水轮发电机组安装技术规范》执行，因为前者针对水轮机振动的规定较全面且与后者无矛盾，所以分别引用。

压力脉动检测需通过测定各部位在不同水头、不同负荷下的压力脉动值分析水轮机稳定运行情况。甩全部或部分负荷时，除检测各测点的压力脉动情况外，还应检测蜗壳进口压力的最大值、压力上升率及尾水锥管的真空度，蜗壳进口压力最大值与压力上升率及尾水锥管真空度应满足设计要求。

甩全部或部分负荷时，水轮机转速上升率β应满足调节保证设计值的要求。对于小型水电机组，可参照SL 524第3.2.10条的有关规定执行：机组额定功率甩全部负荷时，最大转速上升率β不应超过50%，机组容量占电力系统容量比重小时，机组额定功率甩全部负荷时，最大转速上升率β不应超过60%，超过时应按GB 50071《小型水力发电站设计规范》要求进行论证或按设计要求执行，但不宜超过70%。机组过速试验时，应检测导叶关闭时动作转速及机组的最高转速，动作转速与最高转速应符合设计要求。

空蚀和磨蚀采用最大深度、磨蚀面积和剥落体积三指标来衡量。

转轮残余应力一般需检测叶片进水边上冠处与叶片出水边下环处的焊缝中心、溶合线和热影响区、其他地方检测根据需要而定。转轮残余应力检测常采用盲孔法或压痕法。

1【新增】 水轮机/水泵水轮机

6) 转速：具体见SL 511。

7) 空蚀和磨蚀：反击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.1；水泵水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.2；冲击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 19184；小型水轮机空蚀检测具体见GB/T 22140。反击式水轮机磨蚀检测应执行DL/T 444。

2【新增】 水泵

3) 振动：具体见GB/T 29531。

4) 噪声：具体见GB/T 29529。

6) 空蚀和磨蚀：具体见GB/T 15469.2。

5

2)

c） 空蚀和磨蚀：反击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.1；水泵水轮机空蚀检测具体见GB/T 15469.2；冲击式水轮机空蚀检测具体见GB/T 19184；反击式水轮机磨蚀检测应执行DL/T 444。

3)

b） 发电机振动和摆度：具体见SL 321。

c） 绕组温升：具体见SL 321。

e） 电压波形全谐波畸变因数：具体见SL 321。

### 8.3 电机及附属设备

8.3.1 本节从机械和电气两方面规定了电机及附属设备的检测内容。对于涉及交接验收试验和启动调试试验的内容应在交接验收和启动调试时实施，对于性能试验部分可以在机组投运后择机进行。

2 发电机在额定运行工况下，检测轴承温度。

3 发电机/发电电动机绝缘电阻包括定子绕组、转子绕组、测温元件、轴承的绝缘电阻。直流电阻包括定子绕组、转子绕组的直流电阻。交流耐压试验包括定子绕组、转子绕组的交流耐压试验。GB 50150规定对应容量200MW及以上机组应测量极化指数、极化指数不应小于2.0。为使发电机顺利并列，在启动试验前应用相序表对发电机的相序进行确定。水轮发电机应测量轴对机座的电压，分别在空载额定电压时及带负荷后测定。通常在业主和厂家的合同中包含有电机阻抗参数和时间参数，因此本标准第8.2.3条中规定了采用三相突然短路法确定发电机部分阻抗参数与时间参数。三相突然短路可在机端电压0.1～0.4倍电压下进行。该电压下的三相突然短路试验非用来校核电机机械设计。

4【新增】 根据36号令规定的检测参数以及SL 317对泵站电动机的安装要求，进一步细化明确泵站主电动机安装质量检测参数。

8.3.4【新增】

1

1. 发电机/发电电动机振动和摆度：具体见GB/T 17189。
2. 绝缘电阻：具体见DL/T 474.1。

9) 定子绕组吸收比或极化指数：具体见DL/T 474.1。

2

1)

b)振动：具体见GB 10068。

8.3.5【新增】

1

2) 振动和摆度：具体见SL 321和GB/T 8564。

3) 轴承温度、绝缘电阻、直流电阻、交流耐压试验、定子绕组直流耐压试验、定子绕组泄漏电流、定子绕组吸收比或极化数、相序、短时过电流试验、温升试验、电压波形畸变率、电话谐波因数：具体见SL 321。

4) 噪声：具体见SL 321。

8) 空载特性、三相稳态短路特性：具体见DL/T 596。

2

1) 振动：具体见GB 10068。

3) 电气部分检测项目：具体见SL 317。

### 8.4 高压电气设备

8.5.1

1【新增】 本条新增。电力变压器为主要的高压电气设备，检测项目根据GB 50150、DL/T 596等相关标准确定。

### 8.5 电气二次设备

8.5.1【新增】

3～4 删除原标准8.12.1中直流系统、辅机设备控制系统、视频监视系统和通信系统。直流系统、辅机设备控制系统、视频监视系统和通信系统检测项目现场开展较少。

## 9 外观测量

### 9.2 检测项目及测区布置和数量

9.2.1 几何尺寸中的高度，在一些建筑物也称为厚度或深度。

9.2.2【修订】 挡水建筑物指土坝、混凝土重力坝、拱坝、土石坝（沥青混凝土心墙土石坝、混凝土面板堆石坝）、碾压混凝土坝。

9.2.4【新增】 毛石护坡、干（浆）砌石护坡、混凝土预制块护坡工程验收平整度检测每2000m堤长至少检测3个点。

9.2.6 隧洞如已投入运行通水或隧洞直径、高度小于2m，测点只宜布置在进出口。

### 9.3 检测方法

9.3.4 当测量人员安全能有保证的情况下可使用坡度仪进行测量，例如：测量渠道边坡、坝下游护坡等。在不能保证测量人员安全的情况下应使用全站仪及配套棱镜、觇牌测量坡度，例如：混凝土面板堆石坝上游坡度、溢洪道泄洪陡坡度的测量等。

### 9.4 结果评价

9.4.5【修订】 土建类 SL/T 631.1～631.4《水利水电单元工程施工质量验收评定标准一土石方、混凝土、地基处理与基础、堤防工程》规定合格等级为应有 80%及以上的检验点合格，且不合格点不能集中。

若一次检测不能达到标准要求，可按总测点的2倍数量复测；若仍不能达到标准要求，判为不合格。是参照SL/T223“工程中出现检验不合格的项目时，按以下规定进行处理：原材料、中间产品一次抽样检验不合格时，应及时对同一取样批次另取两倍数量进行检验，如仍不合格，则该批次原材料或中间产品不合格，不得使用”的规定提出的。

## 10 信息化系统

### 10.1 一般规定

10.1.3【新增】 方案编制需基于设计文件、合同条款及相关标准，重点明确以下内容：

建设内容：明确系统功能模块及技术架构。

约束性要求：包括技术规范、安全等级、兼容性等限制条件。

功能验证：覆盖核心业务流程（如预警、决策分析）。

关键技术难点：如多源数据融合、实时性保障、系统容灾等。

10.1.4【新增】 重点验证子系统互操作性（如数据接口一致性）及整体功能完整性，确保满足设计需求。

10.1.5【新增】 参照《水利水电工程网络系统设计规范》（SL434），检查网络设备性能、拓扑结构及安全防护。

10.1.6【新增】 涉密部分需按国家保密法规（如《涉密信息系统分级保护技术要求》）进行专项检测，通过后方可验收。

10.1.7【新增】 关键功能、性能及安全指标（如等级保护测评）须由行政部门认可的第三方机构实施，确保客观性和权威性。

### 10.2 感知系统

10.2.3【新增】

1 采集功能：通过自动巡测（覆盖率≥95%）、人工选测（随机抽测）、远程采集验证数据可靠性。

2 设备防护：抽样20%设备检查防潮、抗电磁干扰等性能。

3 系统性能：计算有效数据缺失率（≤5%）、年平均无故障时间（MTBF≥8000小时）。

### 10.3 系统和应用软件

10.3.3【新增】

1 系统软件：验证版本兼容性及技术参数（如并发处理能力）。

3 业务功能：按需求规格说明覆盖60%功能模块（确保核心功能全验证）。

4 性能测试：通过5-10个案例测试响应速度（≤3秒）、稳定性（72小时无宕机）、容错性（故障恢复≤10分钟）。

### 10.4 硬件设施

10.4.1【新增】 检测重点：硬件性能（如服务器吞吐量）、安装规范性（如温湿度环境）、网络连接可靠性。

10.4.3【新增】 检测方法

1 性能指标：抽检5-10项关键参数（如CPU负载≤70%）。

3 网络拓扑：全面测试链路连通性及冗余设计。

### 10.5 数据资源

10.5.1【新增】 检测内容：数据库技术参数、模型合理性（如无冗余字段）、数据完整性（如关键业务数据缺失率≤1%）。

10.5.3【新增】

1 数据库备份：验证全量/增量备份有效性（恢复时间≤30分钟）。

3 数据质量：抽检2-3项关键业务数据（如水位监测数据），确保准确率≥99%。

10.5.5【新增】 合格标准：数据库逻辑结构合理、权限控制严格，且数据质量符合业务需求。