

ICS 13.100

P 13



中华人民共和国水利行业标准

SL/T 790—2020

水工隧洞安全鉴定规程

Code of hydraulic tunnel safety evaluation

2020 - 06 - 30 发布

2020 - 09 - 30 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部
关于批准发布《农田排水工程技术规范》等
3项水利行业标准的公告

2020年第10号

中华人民共和国水利部批准《农田排水工程技术规范》（SL/T 4—2020）等3项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	农田排水工程技术规范	SL/T 4—2020	SL 4—2013	2020.6.30	2020.9.30
2	水利水电工程金属结构制作与安装安全技术规程	SL/T 780—2020		2020.6.30	2020.9.30
3	水工隧洞安全鉴定规程	SL/T 790—2020		2020.6.30	2020.9.30

水利部
2020年6月30日

前 言

根据水利行业标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，制定本标准。

本标准共 5 章和 2 个附录，主要技术内容有：

- 总则；
- 现状调查；
- 安全检测；
- 安全复核；
- 安全评价。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部运行管理司

本标准解释单位：水利部运行管理司

本标准主编单位：南京水利科学研究所

本标准参编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司

天津市引滦工程隧洞管理处

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：汤 雷 官福海 李 军 张建辉

王 宏 赵明志 王海军 赵建波

本标准审查会议技术负责人：汪自力

本标准体例格式审查人：牟广丞

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），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	现状调查	4
2.1	一般规定	4
2.2	技术资料收集	4
2.3	现场检查	5
2.4	运行管理评价	6
3	安全检测	7
3.1	一般规定	7
3.2	现场检测	8
3.3	工程质量评价	10
4	安全复核	11
4.1	一般规定	11
4.2	水力复核	11
4.3	结构安全复核	12
4.4	渗流安全复核	13
4.5	抗震安全复核	13
4.6	金属结构安全复核	14
4.7	机电设备安全复核	15
5	安全评价	16
	附录 A 安全鉴定报告编制要求	17
	附录 B 现场安全检测的技术要求与方法	26
	标准用词说明	35
	条文说明	37

1 总 则

1.0.1 为做好水工隧洞安全鉴定工作，规范其技术工作的内容、方法及要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于已建成运行的 1 级、2 级、3 级水工隧洞安全鉴定，4 级、5 级水工隧洞可参照执行。

1.0.3 水工隧洞安全鉴定范围应包括进口段、洞身段、出口段及附属建筑物。

1.0.4 水工隧洞安全鉴定应包括安全评价、技术成果审查和鉴定报告书审定。

1.0.5 水工隧洞在建成投入运行达 5 年，此后间隔 10~15 年，应进行全面安全鉴定。当水工隧洞出现下列情况之一时，也应进行全面安全鉴定或专项安全鉴定：

- 1 发生较大险情。
- 2 水情、工情发生较大变化，影响安全运行。
- 3 遭遇泥石流、地震等严重自然灾害。
- 4 有其他需要的。

1.0.6 水工隧洞管理单位应负责所管理的水工隧洞安全评价的组织和实施，委托具有能力的安全鉴定承担单位开展安全评价工作。上级主管部门应负责水工隧洞安全鉴定成果的审查和审定。

1.0.7 水工隧洞安全鉴定成果报告和鉴定报告书的编排格式，应符合附录 A 的规定。

1.0.8 本标准主要引用下列标准：

- GB 18306 中国地震动参数区划图
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB/T 25295 电气设备安全设计导则
- GB/T 33112 岩土工程原型观测专用仪器校验方法
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范

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 50201 防洪标准
GB/T 50315 砌体工程现场检测技术标准
GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
GB 50487 水利水电工程地质勘察规范
GB/T 50662 水工建筑物抗冰冻设计规范
GB 51247 水工建筑物抗震设计标准
SL 41 水利水电工程启闭机设计规范
SL 44 水利水电工程设计洪水计算规范
SL 55 中小型水利水电工程地质勘察规范
SL 74 水利水电工程钢闸门设计规范
SL 101 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程
SL 191 水工混凝土结构设计规范
SL 212 水工预应力锚固设计规范
SL 226 水利水电工程金属结构报废标准
SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
SL 253 溢洪道设计规范
SL 279 水工隧洞设计规范
SL 281 水电站压力钢管设计规范
SL 285 水利水电工程进水口设计规范
SL 326 水利水电工程物探规程
SL 352 水工混凝土试验规程
SL 377 水利水电工程锚喷支护技术规范
SL 381 水利水电工程启闭机制造安装及验收规范
SL 386 水利水电工程边坡设计规范
SL 401 水利水电工程施工作业人员安全技术操作规程
SL 510 灌排泵站机电设备报废标准
SL 511 水利水电工程机电设计技术规范
SL 582 水工金属结构制造安装质量检验通则

SL 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范
SL 725 水利水电工程安全监测设计规范
DL/T 5251 水工混凝土建筑物缺陷检测和评估技术规程
DL/T 5424 水电水利工程锚杆无损检测规程
JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程
CECS 02 超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程

1.0.9 水工隧洞安全鉴定除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 现状调查

2.1 一般规定

2.1.1 水工隧洞工程现状调查内容应包括工程技术资料收集、现场检查及运行管理评价。

2.1.2 收集的工程技术资料应全面、真实、完整，满足安全评价的要求。

2.1.3 现场检查应全面，重点检查工程的薄弱部位和隐蔽部位。对检查中发现的问题、缺陷或不足，应初步分析其成因和对工程安全运行的影响。

2.1.4 现状调查完成后应进行运行管理评价，编制工程现状调查分析报告，报告编制应符合附录 A.1 的要求。工程现状调查分析报告应明确发现的工程安全问题、隐患和疑点，并提出需要进一步检测和复核的内容与要求。

2.2 技术资料收集

2.2.1 技术资料收集应包括工程规划设计、建设、运行管理及规划与功能变化等资料。

2.2.2 工程规划设计资料应包括工程地质与水文地质勘察资料、试验与分析资料、工程设计文件和图纸，以及其他有关资料。

2.2.3 工程建设资料应包括下列主要内容：

- 1 工程施工技术资料。
- 2 工程检测、监理和质量监督资料。
- 3 工程安全监测设施的安装埋设与监测资料。
- 4 金属结构与机电设备的制造、安装资料。
- 5 工程质量事故和处理资料。
- 6 工程竣工验收资料和工程竣工图。

2.2.4 工程运行管理资料应包括下列主要内容：

- 1 管理单位机构设置、人员配备和经费安排情况，工程管理确权划界情况。
 - 2 运行管理与调度的规章制度。
 - 3 控制运用技术文件和运行记录。
 - 4 历年的定期检查、应急检查、专项检测和历次安全鉴定资料。
 - 5 工程安全监测数据整编和分析资料。
 - 6 工程养护、修理和重大工程事故处理资料。
 - 7 应急预案和遭遇泥石流、滑坡、地震等应急处理资料。
 - 8 水文测报及通信设施等资料。
- 2.2.5 工程规划与功能变化资料应包括下列主要内容：
- 1 水文、气象资料。
 - 2 工程规划变化资料和最新规划数据。
 - 3 环境条件变化情况，包括地下水水位、水质、内外部载荷等。
 - 4 工程运用条件变化情况。

2.3 现场检查

- 2.3.1 现场检查对象应包括岩土体、支护与衬砌结构、混凝土结构、砌体结构、金属结构、机电设备、工程管理设施和安全监测等。应重点检查岩土体的稳定性、支护结构的安全性和建筑物、设备、设施的完整性及运行状态等。
- 2.3.2 岩土体现场检查应包括进出口边坡、隧洞围岩等。
- 2.3.3 支护与衬砌结构现场检查应包括锚杆、锚索、钢筋（丝）网、衬砌、分缝等。
- 2.3.4 混凝土结构现场检查应包括进出口建筑物、洞身及其附属建筑物等。
- 2.3.5 砌体结构现场检查应包括隧洞进出口连接段两侧岸、翼墙等。
- 2.3.6 金属结构现场检查应包括钢衬（钢板和衬砌）、闸门和启

闭机等。

2.3.7 机电设备现场检查应包括电动机、柴油发电机、变配电设备、控制设备（含自动化监控）和辅助设备。

2.3.8 工程管理设施现场检查应包括办公、生产和辅助用房，通信设施，水文测报系统，交通道路与交通工具，维修养护设备等。

2.3.9 工程安全监测现场检查应包括安全监测项目、监测设施、监测流程和资料整编分析等。

2.4 运行管理评价

2.4.1 水工隧洞运行管理评价应在现状调查分析的基础上，结合工程主要病害特点进行。

2.4.2 水工隧洞运行管理评价应重点分析评价下列内容：

1 管理范围是否明确可控，技术人员是否满足管理要求，运行管理和维修养护经费是否满足要求。

2 运行管理制度是否完备，水工隧洞调度运用计划是否满足标准要求，应急预案是否满足要求。

3 维修是否按方案如期进行，维修后的效果是否得到科学的评价，工程建筑物、金属结构和机电设备是否经常维护，并处于安全和完好的工作状态。

4 管理设施是否满足要求，工程安全监测是否按要求开展。

2.4.3 运行管理应按下列标准进行分级。以下三款全部或基本满足的，运行管理可评为规范，定为 A 级；满足或基本满足第三款和其余两款之一的，运行管理可评为较规范，定为 B 级；仅满足一款或均不满足的，运行管理评为不规范，定为 C 级。

1 工程管护范围明确可控，技术人员满足管理要求，管理经费满足要求。

2 规章、制度齐全并落实，水工隧洞按审批的调度运用计划合理运行，应急预案满足要求。

3 工程设施完好并得到定期维护，管理设施、安全监测等满足运行要求。

3 安全检测

3.1 一般规定

3.1.1 安全检测内容，应根据现状调查分析报告，结合工程运行情况和影响因素综合研究确定，并与安全复核内容相协调。宜包括洞身围岩、进出口边坡的安全性，支护与衬砌结构的安全性，混凝土结构的安全性和耐久性，砌体结构的完整性和安全性，防渗、导渗与消能防冲设施的完整性和有效性，金属结构的安全性，机电设备的可靠性，监测设施的有效性和其他有关设施专项测试。

3.1.2 对无地质勘察资料或地质勘察资料不满足要求的水工隧洞，应补充地质勘察，根据隧洞级别按照 GB 50487、SL 55 的有关规定检测岩土体的基本工程性质指标。

3.1.3 安全检测应符合下列要求：

1 检测部位选择应能真实反映工程实际安全状态，应包括现状调查分析中发现的工程安全问题、隐患和疑点部位。

2 检测工作宜选在条件有利于检测和对水工隧洞运行干扰较小的时段进行，必要时进行水下检测。

3 检测内容应满足附录 B.2 的要求。

4 现场检测宜采用无损检测方法。

3.1.4 水工隧洞安全检测应划分检测洞段，并应符合下列要求：

1 检测洞段的划分主要根据地质条件、工程布置、工程质量现状以及洞段长度大致相近的要求进行划分。

2 应选取能较全面反映工程实际安全状态的洞段进行抽样检测，并应包括衬砌质量较差、缺陷较多、不良地质条件隧洞段或是病害较为严重的洞段。

3 检测洞段抽样比例应综合洞段数量和长度、运行情况、检测内容和条件等因素确定，并符合表 3.1.4 的规定。检测比例

涉及病险分类与加固范围时，可根据实际需要检测，不受抽样比例限制。

表 3.1.4 检测洞段抽样比例

洞段数	5 段以内	6 段~10 段	11 段~20 段	20 段以上
抽样比例	50%~100%	30%~50%	20%~30%	20%

3.1.5 现场检测应做好安全防护措施，符合 SL 401 的有关规定。

3.1.6 承担现场安全检测的机构资质和人员资格应符合有关规定，安全检测完成后应编制安全检测分析报告，报告编制应满足附录 A.2 的要求。

3.2 现场检测

3.2.1 隧洞围岩和进出口边坡检测方法宜按附录 B.3 的有关规定执行，检测内容宜包括下列内容：

- 1 环境与外部作用。
- 2 几何尺寸和整体变形。
- 3 裂缝、坍塌、渗水、滑坡等病害。
- 4 防渗、排水系统。

3.2.2 支护与衬砌结构检测方法宜按附录 B.3 的有关规定执行，检测内容宜包括下列内容：

- 1 几何尺寸。
- 2 外观质量。
- 3 材料性能与结构变形情况。
- 4 内部缺陷。
- 5 衬砌厚度、脱空、渗漏等。
- 6 衬砌分缝变形情况。

3.2.3 混凝土结构检测方法宜按附录 B.3 的有关规定执行，并应符合下列要求：

- 1 检测内容宜包括下列内容：

- 1) 混凝土性能指标，包括强度、碳化深度等。
- 2) 混凝土外观质量和内部缺陷，包括裂缝等。
- 3) 钢筋布置、保护层厚度、钢筋锈蚀程度等。
- 4) 结构变形和位移、基础不均匀沉降以及渗漏等。

2 混凝土闸门安全检测可按 DL/T 5251 的规定执行，同时还应检测零部件和埋件。

3 混凝土结构发生腐蚀的，侵蚀性介质的成分、含量应按 SL 352 的规定测定，并检测腐蚀程度。

3.2.4 砌体结构安全检测可参照 GB/T 50315 对砌体完整性、接缝防渗有效性进行检测，必要时可取样进行砌体密度、强度检测。

3.2.5 金属结构安全检测应符合下列要求：

1 钢板衬砌检测宜按照 SL 582、SL 281 等的有关规定执行。

2 钢闸门、启闭机检测应按 SL 101、SL 381 的规定执行。

3 检测内容宜包括下列内容：

- 1) 外观检测。
- 2) 材料检测。
- 3) 腐蚀检测。
- 4) 无损探伤检测。
- 5) 应力检测。
- 6) 闸门启闭力检测。
- 7) 启闭机考核。
- 8) 其他项目检测。

3.2.6 机电设备安全检测应按 GB 50150 等的有关规定执行。

3.2.7 监测设施安全检测应按 GB/T 33112、SL 725 等的有关规定执行。

3.2.8 其他专项测试应按相应标准的有关规定执行。

3.2.9 现场检测工作结束后，应及时修补因检测造成的结构或构件的局部损伤，修补后的结构构件应满足设计和功能要求。

3.3 工程质量评价

3.3.1 工程质量评价应根据现状调查、安全检测结果，结合工程勘察和运行观测等资料综合分析，评价工程质量是否符合有关标准的规定和工程运行的要求。

3.3.2 工程质量应按下列标准进行分析：

1 检测结果均满足标准要求，运行中未发现质量缺陷，且现状满足运行要求的，评定为 A 级。

2 检测结果基本满足标准要求，运行中发现的质量缺陷尚不影响工程安全的，评定为 B 级。

3 检测结果大部分不满足标准要求，或工程运行中已发现质量问题，影响工程安全的，评定为 C 级。

4 安全复核

4.1 一般规定

4.1.1 安全复核应包括水力、结构、渗流、抗震、金属结构、机电设备复核等。复核应根据各项安全复核结果，分别进行安全性分级。

4.1.2 安全复核应符合下列要求：

1 根据现行标准、设计资料、施工资料、运行管理资料、现状调查、安全检测成果等进行安全复核。

2 应重点分析现状调查和安全检测发现的问题、运行中的异常情况、事故或险情的处理效果。

3 复核计算有关的荷载、参数，应根据现状调查或安全检测的结果确定；缺乏实测资料时，可参考设计资料确定，并应分析对复核计算结果的影响。

4.1.3 安全复核完成后应编制安全复核报告，报告编制应符合附录 A.3 的要求。

4.2 水力复核

4.2.1 水力复核应根据水工隧洞及附属建筑物的用途、特点及外部条件变化等，选择进行过流能力、洞内流态、水面线、水力过渡过程、消能防冲、防空蚀及防洪标准复核等。

4.2.2 过流能力、洞内流态、水面线、水力过渡过程及消能防冲复核应按 SL 279 相关规定进行。

4.2.3 对于存在防空蚀要求的水工隧洞，应根据实际运行情况进行防空蚀复核，复核应按 SL 279 的相关规定进行。

4.2.4 对于存在防洪要求的水工隧洞附属建筑物，应进行防洪标准复核，复核应按 GB 50201、SL 252 及 SL 44 的相关规定进行。

4.2.5 水力安全应按下列标准进行分级：

- 1 满足标准要求，且满足近期规划要求，评定为 A 级。
- 2 满足标准要求，但不满足近期规划要求，能通过工程措施解决的，评定为 B 级。
- 3 不满足标准要求，评定为 C 级。

4.3 结构安全复核

4.3.1 结构安全复核应包括围岩稳定性、支护与衬砌结构安全性、进出口边坡稳定性和附属建筑物结构安全性复核等。

4.3.2 结构复核计算应根据工程运用条件、实际结构尺寸和物理力学参数进行，对于有监测资料的，应重视反演分析。复核应选取合适的计算方法和计算模型，必要时采用数值仿真分析。当工程运用条件、结构尺寸与物理力学参数等均未发生变化且运行正常的建筑物，可不进行结构复核计算。

4.3.3 隧洞围岩稳定性复核应按 SL 279 等的规定执行，分析评价隧洞围岩现状稳定性，必要时进行地质勘察。

4.3.4 支护与衬砌结构的安全复核应按 SL 279、GB 50086 和 SL 212 等的规定执行。衬砌结构复核计算应充分考虑衬砌结构特点、荷载作用形式及围岩条件等。

4.3.5 进出口边坡安全复核应结合地质勘察及监测资料按 SL 386 的规定进行边坡稳定性计算分析。对于新老滑坡体或潜在滑坡体、危岩体，应对监测资料进行重点整理分析，判断其稳定性，必要时可开展专题研究。

4.3.6 水工隧洞封堵体的安全复核应按 SL 279 执行。

4.3.7 附属建筑物结构安全复核应按 SL 191 和 SL 285 等执行。消能防冲安全复核可根据出水口建筑物结构型式、材料特性与过流特点按 SL 253 选取合适的计算方法和计算模型。高速水流区还应复核防空蚀能力和底板抗浮安全性。

4.3.8 混凝土结构除应满足强度和裂缝控制要求外，还应根据所在部位的工作条件、地区气候和环境等情况，分别满足抗渗、

抗冻、抗侵蚀和抗冲刷等耐久性的要求，并应符合 SL 279、GB/T 50662、SL 191 及 SL 654 等的有关规定。

4.3.9 结构安全应按下列标准进行分级：

- 1 满足标准要求，运行正常，评定为 A 级。
- 2 满足标准要求，结构存在质量缺陷尚不影响总体安全，评定为 B 级。
- 3 不满足标准要求，评定为 C 级。

4.4 渗流安全复核

4.4.1 对于水工隧洞及附属建筑物，当出现渗流条件变化或渗流安全隐患时，应进行渗流安全复核。

4.4.2 水工隧洞渗流安全复核应按 SL 279 等的规定执行。复核应选取合适的计算方法和计算模型，必要时可采用三维数值仿真分析。

4.4.3 当水工隧洞有可靠的渗流观测资料时，宜采用实测数据反馈分析，进行渗流安全复核。

4.4.4 衬砌分缝、不良地质洞段、存在高内外水压等处防渗止水措施应满足 SL 279 的要求，并重点复核。

4.4.5 渗流安全应按下列标准进行分级：

- 1 满足标准要求，运行正常，评定为 A 级。
- 2 满足标准要求，防渗、排水设施存在质量缺陷尚不影响总体安全，评定为 B 级。
- 3 不满足标准要求，不能正常运行，评定为 C 级。

4.5 抗震安全复核

4.5.1 当水工隧洞及其附属建筑物有抗震设防要求时，应进行抗震安全复核。临近不稳定边坡或其他建筑物可能影响工程安全时，应评估其影响。

4.5.2 水工隧洞抗震设防类别应按 GB 51247 确定，场地地震基本烈度应按 GB 18306 确定。应根据水工隧洞的类型和特点，

选取合适的计算方法和计算模型，必要时可采用数值仿真分析。

4.5.3 水工隧洞及附属建筑物抗震复核应包括抗震稳定性和结构强度计算，抗震复核应符合 GB 51247 的规定。隧洞进出口边坡的抗震稳定性应按照 SL 386 复核。

4.5.4 水工隧洞抗震措施应符合 GB 51247 的相关规定，结构构件抗震构造要求应符合 SL 191 的相关规定。

4.5.5 抗震安全应按下列标准进行分级：

- 1 满足标准要求，抗震措施有效，评定为 A 级。
- 2 满足标准要求，抗震措施存在缺陷尚不影响总体安全，评定为 B 级。
- 3 不满足标准要求，评定为 C 级。

4.6 金属结构安全复核

4.6.1 金属结构安全复核应包括闸门、启闭机、钢板衬砌等安全复核。

4.6.2 闸门安全复核应包括下列内容：

- 1 闸门布置、选型、运用条件能否满足需要。
- 2 闸门与埋件的制造与安装质量是否符合设计与标准的要求。
- 3 闸门锁定装置、检修门配置能否满足需要。

4.6.3 闸门运用条件、结构尺寸与计算参数等发生不利变化时，应复核闸门结构件的强度、刚度和稳定性，按 SL 74 等标准执行。荷载应结合有关观测试验资料，按设计运用条件、结构现状进行复核。

4.6.4 启闭机结构件安全复核应按 SL 41 的规定执行。荷载应结合有关观测试验资料，按设计运用条件、结构现状进行复核。

4.6.5 钢板衬砌安全复核应按照 SL 279、SL 582 的规定执行。

4.6.6 金属结构报废应按 SL 226 的规定执行。

4.6.7 金属结构安全应按下列标准进行分级：

- 1 满足标准要求，运行状态良好，评定为 A 级。

2 满足标准要求，存在质量缺陷尚不影响安全运行的，评定为 B 级。

3 不满足标准要求，或不能正常运行，评定为 C 级。

4.7 机电设备安全复核

4.7.1 机电设备安全复核应评价能否满足安全运行要求。

4.7.2 安全复核应包括下列内容：

1 电动机、柴油发电机等设备的选型、运用条件能否满足工程需要。

2 机电设备的制造与安装是否符合设计与标准的要求。

3 变配电设备、控制设备和辅助设备是否符合设计与标准的要求。

4.7.3 机电设备安全复核应按 GB 19517、GB 50150、SL 511、SL 381 及 SL 510 的规定执行。泄洪及其他应急闸门的启闭机供电可靠性、电气设备安全应符合 GB/T 25295 的规定。

4.7.4 机电设备安全应按下列标准进行分级：

1 满足标准要求，运行正常，评定为 A 级。

2 满足标准要求，存在质量缺陷尚不影响安全运行，评定为 B 级。

3 不满足标准要求，或不能正常运行，评定为 C 级。

5 安全评价

5.0.1 水工隧洞安全类别可划分为以下三类：

1 一类洞：管理规范，运用指标能达到设计标准，无影响正常运行的缺陷，按常规维修养护即可保证正常运行。

2 二类洞：管理较规范，运用指标基本达到设计标准，工程存在一定损坏，经大修后，可达到正常运行。

3 三类洞：管理不规范，运用指标达不到设计标准，工程存在严重损坏或严重安全问题，需加强管理，控制运用，经除险加固后，才能实现正常运行。

5.0.2 水工隧洞安全类别应根据现状调查的运行管理评价、安全检测的工程质量评价和安全复核的安全性评价分级结果，按照下列标准综合确定：

1 运行管理评价、工程质量评价与安全复核各项安全性评价分级均为 A 级，评定为一类洞。

2 运行管理评价为 B 级或 C 级，或工程质量评价与安全复核各项安全性评价分级有一项为 B 级（不含 C 级），评定为二类洞。

3 工程质量评价与安全复核各项安全性评价分级有一项为 C 级，评定为三类洞。

5.0.3 水工隧洞安全评价应编制水工隧洞安全评价报告，报告编制应符合附录 A.4 的规定。对评定为二类、三类的水工隧洞，安全评价应根据所评定的类别提出针对性的处理建议与处理前的应急措施，并根据运行管理评价结果对工程管理提出建议。

附录 A 安全鉴定报告编制要求

A.1 工程现状调查分析报告

A.1.1 基本情况

1 工程概况

包括水工隧洞所处位置，建成时间，工程规模和主要结构，工程设计效益和实际效益，最新规划成果，工程建设程序，工程建设单位，工程特性表等。

2 设计、施工情况

包括工程等别，建筑物级别，设计的工程特征值，围岩与进出口边坡情况与处理措施，施工中发生的主要质量问题与处理措施等，工程改扩建或加固情况及发生的主要质量问题与处理措施等。

3 运行管理情况

包括运行管理制度制定与执行情况，工程管理与保护范围，主要管理设施，工程调度运用方式和控制运用情况，运行期间检查检修情况，工程遭遇洪水、地震或发生事故情况与应对处理措施等。

A.1.2 工程安全状态初步分析

应结合所收集的技术资料和现场检查情况，对水工隧洞的岩土体结构、支护与衬砌结构、混凝土结构、砌体结构、金属结构、机电设备的安全状态和完好程度，以及观测设施的有效性等逐项详细描述，并对工程存在问题、缺陷产生原因和观测资料等进行初步分析。

A.1.3 运行管理评价

应对水工隧洞运行管理状况进行分析评价。

A.1.4 结论与建议

提出水工隧洞运行管理状况评价结果；明确安全检测和安全

复核项目，给出工程处理的初步意见与建议。

A.2 安全检测报告

A.2.1 项目背景

简单介绍安全评价的背景和安全检测工作情况。

A.2.2 基本情况

同 A.1.1。

原有检查、检修、检测和观测资料的成果摘要。

A.2.3 本次检测方案

1 应明确检测目的与检测内容。

2 应简述各项检测方法和依据的规程规范或相关的行业管理规定等。

3 应说明抽样方案及检测数量（洞段数、测区数或测点数、钻芯数量等）。

A.2.4 检测结果与分析

按建筑物分部组成对检测结果进行叙述并分析。

A.2.5 工程质量评价

对照相关标准的规定进行水工隧洞工程质量评价。

A.2.6 结论与建议

按建筑物给出安全检测主要结论，明确水工隧洞工程质量分级，提出处理建议。

A.2.7 附图

工程检测点布置图、工程质量缺陷图、照片或录像。

A.3 安全复核报告

A.3.1 工程概况

1 工程地理位置、管理单位等基本情况。

2 本次水工隧洞安全鉴定前历次设计（包含改扩建设计、除险加固设计等）的特征值（包括工程等别与建筑物级别、设计流量等）；围岩与边坡处理设计情况；工程特性表。

3 水工隧洞施工情况，施工过程中出现问题、处理措施和遗留问题。

4 工程现状调查和现场安全检测成果反映出的水工隧洞存在的主要病险问题，工程复核计算的目的。

A.3.2 复核依据

1 最新工程规划、功能等要求。

2 规程规范，规划成果，参考的经典理论手册、教材等。

3 现状调查和现场安全检测成果，要对工程安全复核计算使用的相关成果进行说明并列出必要的的数据，包括建筑物级别、原设计标准、围岩情况和安全检测有关资料等。

A.3.3 安全复核分析

1 复核内容按水力、结构、渗流、抗震、金属结构、机电设备安全复核进行编排。

2 复核计算应交代计算条件、计算参数、计算方法、复核标准，并对计算条件、计算参数进行说明，交代主要计算过程（非商业软件应交代软件的可靠性与应用情况，商业软件应给出版本号），给出计算输入数据、计算简图与计算结果图。

3 结构措施复核应对比规程规范要求，进行相应分析。

A.3.4 安全复核评价和建议

判断复核内容是否符合标准要求，进行各项安全性分级，并给出工程处理措施建议。

A.4 安全评价报告

A.4.1 前言

简介水工隧洞安全鉴定的委托情况、安全鉴定的原因、现场安全检测主要结论，简述安全评价复核的内容与针对性。

A.4.2 工程概况

同 A.3.1。

A.4.3 现状调查分析评价

1 工程安全问题、隐患和疑点。

- 2 现场安全检测和安全复核项目要求。
 - 3 水工隧洞运行管理评价。
- A. 4. 4 安全检测分析与质量评价**
- 1 现场安全检测项目。
 - 2 安全检测成果与分析。
 - 3 工程质量分析。
 - 4 工程质量评价结论与建议。
- A. 4. 5 安全复核分析**
- 重点交代复核项目、复核运用条件、复核结果与复核标准。
- 1 水力复核。
 - 2 结构安全复核。
 - 3 渗流安全复核。
 - 4 抗震安全复核。
 - 5 金属结构安全复核。
 - 6 机电设备安全复核。
 - 7 其他。
- A. 4. 6 安全综合评价和建议**
- 1 在专项安全分级基础上划分水工隧洞安全类别。
 - 2 提出建议，对二类、三类水工隧洞应提出处理建议与处理前的应急措施，并根据运行管理评价结果对工程管理提出建议。

A.5 安全鉴定报告书

鉴定 种类	全面	
	专项	

安全鉴定报告书

隧洞名称：_____

年 月 日

填表说明：

1. 隧洞名称：除名称外，填明隧洞类型。

2. 工程施工和验收情况：填明工程施工的基本情况和施工中曾发生的主要质量问题及处理措施，工程验收文件中有关对工程管理运用的技术要求等。

3. 隧洞运行情况：填明隧洞运行期间遭遇滑坡、泥石流、强烈地震和重大工程事故造成的工程损坏情况及处理措施等。

4. 隧洞安全分析评价：应根据对现状调查、现场安全检测和复核计算三项成果的审查结果，按规定内容逐项编写。

5. 隧洞安全类别评定：按安全类别评定标准评定的结果填列。单项工程的安全鉴定，可不填列。

隧洞名称		隧洞级别		建成年月	
所涉河流		所在地点			
设计地震烈度		鉴定时间			
隧洞主管部门		隧洞管理单位			
鉴定组织单位					
鉴定承担单位					
鉴定审定部门					
鉴定项目：					
工程概况：					
工程施工和验收情况：					
隧洞运行情况：					

本次安全鉴定安全检测、复核计算基本情况			
现场安全检测单位名称		工程安全复核单位名称	
现场安全检测项目	安全检测成果名称	工程安全复核计算项目	复核计算成果名称
隧洞安全分析评价	围岩稳定性与支护和衬砌结构安全性		
	进出口边坡稳定性和附属建筑物结构安全性		
	防渗安全性		
	抗震能力		
	过流能力与防空蚀及防洪安全		
	金属结构		
	机电设备		
	监测设施		
	运行管理		
	其他		
隧洞安全类别评定：			
隧洞安全鉴定结论：			
专家组组长：（签字） 年 月 日			

附录 B 现场安全检测的技术要求与方法

B.1 相关检测标准

B.1.1 现场安全检测应符合下列相关标准：

- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- SL 101 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程
- SL 326 水利水电工程物探规程
- SL 352 水工混凝土试验规程
- SL 377 水利水电工程锚喷支护技术规范
- JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程
- DL/T 5424 水电水利工程锚杆无损检测规程
- CECS 02 超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程

B.1.2 现场安全检测还应符合相关行业管理规定。

B.2 安全检测要求

B.2.1 混凝土结构安全检测应符合下列规定：

- 1 检测混凝土外观质量与缺陷。
- 2 检测主要结构构件混凝土强度。
- 3 主要结构构件或有防渗要求的结构，或出现破坏结构整体性及影响工程安全运行的裂缝，应检测裂缝的分布、宽度、长度和深度，必要时检测钢筋的锈蚀程度，分析裂缝产生的原因。
- 4 对承重结构荷载超过原设计荷载标准而产生明显变形的，应检测结构的应力和变形值。
- 5 对主要结构构件表面发生锈胀裂缝或剥蚀、磨损、保护层破坏较严重的，应检测钢筋的锈蚀程度，必要时检测混凝土的碳化深度和钢筋保护层厚度。

6 结构因受侵蚀性介质作用而发生腐蚀的，应测定侵蚀性介质的成分、含量、检测结构的腐蚀程度。

7 混凝土衬砌检测应符合下列规定：

- 1) 当采用地质雷达检测混凝土衬砌厚度和衬砌脱空时宜符合附录 B. 3. 15 的规定，且宜采用局部凿孔法或钻孔法校核检测结果。
- 2) 当采用回弹法或超声回弹法检测衬砌混凝土强度时宜采用钻孔取芯法校核检测结果。
- 3) 混凝土衬砌裂缝的调查与检测宜符合附录 B. 3. 16 的规定。

B. 2. 2 锚杆（索）检测应满足下列要求：

1 调查锚杆已有技术资料，根据已有技术资料对锚头、锚杆杆体、锚固段承载力进行验算。

2 锚杆现场检测采用抽样检测法，检测项目及抽样数量满足下列要求：

- 1) 对锚杆外锚头锚固端质量进行全数检查。对发现有质量缺陷的外锚头进行全数检测；对未发现有质量缺陷的外锚头抽其总数的 5%，且不少于 3 个进行检测，并对外锚头锚固性能进行评价。
- 2) 有条件时，对锚杆杆体施工质量进行检测。

3 对于全长粘结型锚杆，抽样比例宜参照 DL/T 5424 执行，且每种类型锚杆不应少于 3 根，可采用声波反射法等无损检测方法进行锚杆长度和注浆密实度的检测，且应符合国家现行行业标准 DL/T 5424 的有关规定，检测记录见表 B. 2. 2。

4 当出现锚杆破坏或围岩变形异常时，在采取有效安全措施或预加固措施后，应抽取锚杆总数的 1%，且每种类型锚杆不应少于 3 根，进行锚杆抗拔试验，检验其抗拔承载力。

5 需评估锚杆的耐久年限时，应根据锚杆（索）修建年代、材料选择、防腐措施、环境类别和作用等级，及当地工程经验类比确定；确有必要，可局部开挖检测锚杆腐蚀情况，按国家现行

有关标准评估其耐久年限。

表 B. 2. 2 锚杆检测记录表

工程名称		锚杆编号		锚杆部位			
检测规程		仪器型号		检测日期			
检测波形及解释示意图							
名称	锚杆类型	直径 /mm	总长度 /m	外露长度 /m	入岩长度 /m	注浆密实度 /%	其他
设计值							
检测值							

检测人：

校核人：

B. 2. 3 挡墙工程检测应满足下列要求：

1 挡墙工程的检测应包括下列项目：

- 1) 坡面倾角。
- 2) 变形缝间距。
- 3) 预制构件的支承长度。
- 4) 支护结构和构件的变形与损伤。
- 5) 砌筑质量与构造。

2 挡墙的几何尺寸可采用无损检测法、探坑法、钻孔法和直接测量法等方法检测。当采用地质雷达检测混凝土挡墙厚度时宜符合附录 B. 3. 15 的规定，且宜采用局部凿孔法或钻孔法校核检测结果。

3 变形缝间距和宽度可用全站仪、钢尺等设备测量。

4 坡面倾角可采用全站仪和吊线法检测。

5 预制构件的支承长度，可在其实际使用部位用钢尺等检测设备检测。

6 对挡墙损伤的检测应符合下列规定：

- 1) 对环境侵蚀，应确定侵蚀源、侵蚀程度和侵蚀速度。
- 2) 对冻融损伤，应测定冻融损伤深度、面积，检测部位宜为水量较大的部位。
- 3) 对地质灾害等造成的损伤，应确定灾害影响范围及影响程度。
- 4) 对于人为因素造成的损伤，应确定损伤的程度和范围。

B. 2. 4 排水系统检测应满足下列要求：

1 对截、排水沟与支护结构的位置关系应采用钢尺、全站仪等设备进行测量。

2 对暗沟（管）、盲沟等地下排水设施宜采用无损检测设备探测其位置，绘制暗沟（管）、盲沟等地下排水设施与支护结构的位置关系，观察其排水效果，并做好相应的检测记录。

3 截、排水沟的断面尺寸、沟底排水坡度应进行检测，每100m不应少于3个测点。

4 对截、排水沟盖板、沟壁和沟底的外观质量应全数检查。对盖板、沟体内出现的堵塞、溢流、渗漏、淤积、冲刷和冻结及其他外观质量缺陷的部位应记录准确。

5 对排水孔的横向和竖向间距、数量、孔径、排水坡度及排水状态应进行全数检查，对存在质量缺陷排水孔的检查结果用图标识。

B. 2. 5 护坡检测应满足下列要求：

1 对护坡坡面的坡度、高度和表面平整度可采用全站仪、测倾仪、钢尺、靠尺和塞尺等进行检测。

2 对变形缝的宽度、填料、数量和外观质量应全数检查。

3 对护坡防护网的外观质量、孔网尺寸和布置位置应全数检查。

B. 2. 6 闸门检查发现下列情况之一时，应做进一步的安全检测分析：

1 门槽及附近混凝土空蚀、冲刷、淘空、开裂、剥蚀、老

化等破坏。

2 闸门进水口、门槽附近及门后水流流态异常。

3 闸门振动。

4 闸门或埋件较重腐蚀。

5 门叶变形、扭曲，面板、横梁、纵梁、支臂等构件损伤、变形、错位，主要受力焊缝缺陷明显，连接螺栓损伤、变形、松动、缺件。

6 闸门止水装置破损、变形、缺件，严重漏水。

7 吊耳损伤、变形、吊具连接不牢，平面闸门的主轮（滑道）、侧向支承、反向支承或弧形闸门支铰损伤、变形、缺件、锈结。

8 轨道、底槛、门楣、止水座板或弧门铰座等埋件损伤、变形、错位、混凝土淘空。

9 闸门平压设备、锁定装置及融冰设施不可靠。

10 通气孔坍塌、堵塞或通气不畅。

11 闸门、门槽上吸附水生生物。

B. 2. 7 启闭机的现场检查如发现下列情况之一时，应做进一步的安全检测分析：

1 启闭机超工作级别运行。

2 启闭机振动异常。

3 双吊点不同步。

4 启闭机较重腐蚀。

5 卷扬启闭机机架损伤、变形、焊缝缺陷明显，制动轮缺陷明显、与制动带接触面积小，轮齿损伤、咬合不紧密，卷筒损伤、开裂，传动轴开裂、变形，滑轮组磨损、变形，钢丝绳磨损、断丝；移动式启闭机的门架或桥架损伤、变形、焊缝缺陷明显，车轮磨损、开裂，轨道变形、错位。

6 液压启闭机液压缸损伤、开裂，活塞杆磨损、变形，液压缸或油路漏油。

7 螺杆启闭机螺母磨损、开裂，螺杆磨损、变形。

8 电气控制设备不完整、不能正常使用，绝缘保护与接地系统不可靠。

9 荷载控制、行程控制、开度指示等设备不完整、不能正常使用。

10 启闭机室错动、开裂、漏雨而影响启闭机正常运行。

B.3 现场安全检测方法

B.3.1 检测方法应根据检测项目、检测内容、场地条件等确定。

B.3.2 检测项目有明确的检测标准或规定的，应按相应标准的检测方法执行；已有标准规定与实际明显不适用时，应根据实际情况适当调整或修正；检测项目缺少标准的，可参照标准检测方法适当扩大使用范围、或采用已通过技术鉴定的检测方法。后两种情况应予以充分说明，给出检测细则，明确检测设备、操作要求、数据处理等，并征得委托方认可。

B.3.3 有相应标准的检测方法应选用国家或行业标准，对有地区特点的检测项目选用地方标准；同一种检测方法，不同标准间不一致时，除有地区特点的检测项目选用地方标准外，应按国家标准或行业标准执行。

B.3.4 检测抽样应具代表性。洞段检测抽样时，对有缺陷部位应进行全部检测；外观无明显差异、质量较好的，可根据情况随机抽样检查，抽样比例应不低于最小抽样比例。金属结构检测最小抽样应按 SL 101 执行。

B.3.5 结构构件混凝土抗压强度的检测，可采用回弹法、超声回弹综合法、射钉法或钻芯法等方法，检测操作应分别遵守下列相应技术规程的规定：

1 回弹法、射钉法和钻芯法检测操作应按 SL 352 的规定进行。

2 超声回弹综合法检测操作应按 CECS 02 的规定进行。

B.3.6 结构构件混凝土抗拉强度的检测，宜采用圆柱体芯样试件施加劈裂荷载的方法检测，检测操作应按 SL 352 的规定进行。

B. 3. 7 混凝土内部缺陷的检测，可采用超声法、雷达法、冲击反射法等非破损方法，必要时可采用局部破损方法对非破损的检测结果进行验证。采用超声法检测混凝土内部缺陷时，检测操作应按 SL 352 的规定进行。采用雷达法检测混凝土内部缺陷时，检测操作应按 SL 326 的规定进行。

B. 3. 8 混凝土结构构件裂缝的检测宜符合附录 B. 3. 16 的规定。

B. 3. 9 钢筋保护层厚度宜采用非破损的电磁感应法或雷达法进行检测，必要时可采用局部凿孔法或钻孔法进行钢筋保护层厚度的验证。

B. 3. 10 钢筋锈蚀状况的检测可根据测试条件和测试要求选择剔凿检测方法或电化学测定方法，并应遵守下列规定：

1 钢筋锈蚀状况的剔凿检测方法，剔凿出钢筋，直接测定钢筋的剩余直径。

2 钢筋锈蚀状况的电化学测定方法宜配合剔凿检测方法的验证。

3 钢筋锈蚀状况的电化学测定可采用极化电极原理的检测方法，测定钢筋锈蚀电流和测定混凝土的电阻率，也可采用半电池原理的检测方法，测定钢筋的电位。相应的检测操作应按 SL 352 和 GB/T 50344—2015 附录 D 的规定进行。

B. 3. 11 混凝土碳化深度的检测，应按 JGJ/T 23 的规定进行。

B. 3. 12 混凝土结构应力的检测，检测内容包括混凝土和钢筋的应变的检测，检测操作应按 GB/T 50152 的规定进行。

B. 3. 13 混凝土结构变形的检测，可参照 GB/T 50152 的规定进行。

B. 3. 14 侵蚀性介质成分、含量、结构腐蚀程度的检测，根据具体腐蚀状况，可参照 SL 352 和其他相应技术规程的规定进行。

B. 3. 15 衬砌混凝土厚度和混凝土挡墙厚度的检测可采用雷达法，检测操作可参照 SL 326 的规定执行。

B. 3. 16 混凝土结构裂缝检测应满足下列要求：

1 裂缝的检测项目应包括裂缝的位置、长度、宽度、深度、

形态和数量。

2 裂缝应采用下列检测方法：

- 1) 裂缝的长度、走向主要通过划分网格坐标检测，辅助钢卷尺量测裂缝的起止点、转折点坐标。
- 2) 裂缝宽度测量主要采用人工目力辅助刻度放大镜进行测量。裂缝宽度的量取应排除混凝土表面浮浆层的影响，其厚度宜为 6mm。
- 3) 裂缝深度可采用超声法检测，必要时可钻取芯样予以验证，超声法检测操作应按 SL 352 的规定进行。
- 4) 裂缝扩展情况检测主要采用的方法为：
 - 裂缝长度变化采用在裂缝端头做标记，配合钢卷尺测量坐标的方法进行；
 - 裂缝宽度变化分为定性观测和定量观测。定性观测可采用跨缝粘贴薄玻璃片或其他薄片状脆性材料观测；定量观测可采用人工读取刻度放大镜或跨缝粘贴裂缝扩展片的电测方法进行测量。

3 裂缝检测记录应着重以裂缝图记录裂缝形态特征，以裂缝记录表（见表 B. 3. 16 - 1、表 B. 3. 16 - 2）记录裂缝参数特征。

表 B. 3. 16 - 1 裂缝特征参数记录表

工程名称	裂缝观测部位				观测日期						
	起点坐标		终点坐标			裂缝长度 /m	裂缝宽度/mm		典型缝	裂缝走向	
裂缝编号	X /m	Y /m	X /m	Y /m	<0.1		0.1~0.2	>0.2	宽度 /mm	纵	横
1											
2											
⋮											
n											
合计											
备注											

检测人：

校核人：

表 B.3.16-2 裂 缝 统 计 表

工程名称			观测日期				
构件（或裂缝 观测部位）	裂缝总数 /条	按裂缝宽度（mm）划分			按裂缝走向划分		
		<0.1	0.1~0.2	>0.2	纵	横	斜
合计							
百分比							

检测人：

校核人：

B.3.17 锚杆（索）抗拔力检测，可参照 SL 377 和 GB 50086 的规定执行。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
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

水工隧洞安全鉴定规程

SL/T 790—2020

条 文 说 明

目 次

1	总则	39
2	现状调查	41
3	安全检测	43
4	安全复核	45
5	安全评价	47

1 总 则

1.0.1 目前水库大坝、水闸、泵站和堤防等水利工程均有相应的安全评价标准，但尚无用于指导水工隧洞安全鉴定的标准。为了给水工隧洞运行管理提供技术支撑，进一步加强水工隧洞监督管理，及时掌握水工隧洞工程安全状况，编制《水工隧洞安全鉴定规程》，统一安全鉴定标准。

1.0.2 水工隧洞级别划分按 GB 50201《防洪标准》、GB 50288《灌溉与排水工程设计规范》和 SL 252《水利水电工程等级划分及洪水标准》执行。

1.0.3 水工隧洞安全评价范围包括进口段、洞身段、出口段及附属建筑物，包含岩土体、支护与衬砌结构、混凝土结构、砌体结构、金属结构、机电设备、工程管理和安全监测设施等。

鉴于自动控制设备在水工隧洞管理中的应用日益增多，且主要用于实现机电设备部分的自动控制，本标准将其评价包含在机电设备评价中，并在 2.3.7 条中明确。

1.0.5 较大险情对于不同的隧洞有所不同，典型的情况如：围岩变形导致隧洞衬砌出现裂缝并处于发展过程中，不衬砌隧洞围岩出现坍塌，高流速水工隧洞空蚀破坏，高压隧洞渗透失稳，进出口建筑物不均匀沉降等。

水工隧洞水情、工情发生较大变化的情况也包括水工隧洞的全面更新改造。

1.0.6 水工隧洞管理单位是指具有独立法人资格的水工隧洞管理机构，具体职责包括：制订安全鉴定工作计划，向上级主管部门申请水工隧洞的安全鉴定，委托安全鉴定工作，进行现状调查，向鉴定承担单位提供必要的基础资料；安全鉴定工作结束后，编写水工隧洞安全鉴定工作总结，向上级主管部门上报安全鉴定相关材料等。

水工隧洞管理单位的上级主管部门的职责包括：组织和管理本区域的水工隧洞安全鉴定工作，受理并审批水工隧洞管理单位的安全鉴定申请，组织召开水工隧洞安全鉴定成果审查会，成立水工隧洞安全鉴定专家组，主持会议，以及批准水工隧洞安全鉴定报告书等。水工隧洞安全鉴定专家组是根据工程等别和鉴定内容，由有关设计、施工、管理、科研或高等院校等方面的专家和水工隧洞上级主管部门及管理单位的技术负责人组成。水工隧洞安全鉴定专家组人数一般为 5~13 名，其中高级职称人数比例不少于 2/3。

安全鉴定承担单位是根据水工隧洞工程等别确定的具有相应检测资质的单位，复核计算工作宜委托具有相应勘测设计资质或工程咨询资质的单位。

2 现状调查

2.1 一般规定

2.1.1 现状调查是安全鉴定的基础工作，由水工隧洞安全鉴定组织单位组成经验丰富、专业齐备的专家组开展现状调研，并对安全鉴定工作提出指导性建议。水工隧洞工程现状调查内容包括工程技术资料的收集、工程现状的全面检查和工程存在问题的初步分析、运行管理评价，提出进一步安全检测和复核的项目和内容的建议。

2.1.2 技术资料的真实性和完整性是做好水工隧洞安全鉴定工作的重要保证，要尽可能数据翔实、描述准确，满足安全评价的要求。

2.1.3 根据我国水工隧洞管理与安全鉴定经验，在安全鉴定之初，应进行水工隧洞全面检查，查清水工隧洞存在的问题和缺陷。应重点检查水工隧洞的薄弱部位和隐蔽部位，以及日常不易检查到的部位。

2.1.4 对现场检查中发现的工程问题、缺陷或不足，要初步分析其成因和对工程安全运行的影响，对结论明确的内容，可不再进行分析评价。现状调查报告应明确发现的工程问题、隐患和疑点，对设计用途或使用环境发生改变的结构应在现状调查报告中明确检查和复核要求。报告需得到现状调查专家组的认可，并附现场专家组签名表。

2.2 技术资料收集

2.2.1 管理单位可根据具体情况，按规定要求尽量将资料收集齐全，以利安全鉴定工作的开展。收集资料时，应注意收集工程建设阶段的相关原始资料。

2.3 现场检查

2.3.1 支护与衬砌结构的定义与 SL 279《水工隧洞设计规范》保持一致。

2.3.3 对于无衬砌隧洞，可以直接检查锚杆、锚索和钢丝网的工作状态；对于有衬砌隧洞，当衬砌发生破坏掉落时，主要在衬砌破坏掉落的位置进行检查。对于被衬砌完全封闭的锚杆、锚索和钢丝网，一般需要进行现场检测。

2.3.7 控制设备（含自动化监控）主要包括制动器、启闭荷载限制器、力矩限制器、上下限位装置、行程限制器、缓冲器、防风夹轨器、锚定装置、液压系统保护、电器保护装置和自动化监控设备等安全装置。

2.3.8 工程管理设施为水工隧洞运行管理的重要组成部分，也作为安全检查的内容。

2.3.9 安全监测项目一般包括水位、流量、位移、裂缝、渗流、水流形态、支护结构混凝土应力、围岩压力、锚杆应力等，还包括结合工程特点设置的监测项目。

2.4 运行管理评价

2.4.1 运行管理是水工隧洞工程安全运行的重要因素。运行管理到位，一方面可及时发现工程隐患，做好养护维修，保障工程运行安全；另一方面可减少非正常运用对工程的危害，及时排除险情。因此，本次将运行管理作为水工隧洞安全评价的一个内容。

2.4.3 考虑水工隧洞的实际管理情况，本条主要考虑对工程安全运行影响的三个主要方面。第3款是水工隧洞工程安全运行管理较好以上的必要条件。

3 安全检测

3.1 一般规定

3.1.1 检测目的是为工程质量评价提供翔实、可靠和有效的检测数据与结论。为满足安全评价分析需要，检测内容应针对工程存在的问题确定。本条规定的检测内容是总结诸多水工隧洞安全鉴定的实践做出的。

3.1.2 建设资料齐备的水工隧洞要重点对验收遗留工程施工质量、质量缺陷处理效果和运行中发现的质量缺陷与影响进行评价；资料欠缺的水工隧洞应根据补充的工程地质勘察和安全检测资料，结合水工隧洞运行情况进行分析评价。当发现工程质量存在重大质量隐患时，需结合工程现状进行专门论证，并确定是否需要补充勘探试验或采取处理措施。

3.1.3 水下检测实施难度大，获取的检测数据可靠性较差。为作好水工隧洞安全鉴定工作，检测单位需在管理单位的配合下，尽可能选择在隧洞放空时进行现场检测。

3.1.5 由于水工隧洞现场可能对检测人员造成坠落、中毒等伤害，开展安全检测要按照有关规定做好通风、照明等安全防护措施。

3.1.6 承担现场安全检测的机构资质需符合国家有关部门或机构的规定。由于检测工作技术性强，专业技术人员的技术水平也很重要，因此还要保证检测人员具有相应的检测资格。

3.2 现场检测

3.2.2 支护与衬砌结构工程质量评价的重点是评价实际质量是否满足设计要求，可参考 GB 50086《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》、GB/T 50662《水工建筑物抗冰冻设计规范》、JGJ 94《建筑桩基技术规范》等标准的有关规定。

3.2.3 混凝土结构工程质量评价的重点是评价强度、抗渗、抗冻等是否满足要求；对已发现的混凝土裂缝、渗漏、空鼓、剥蚀、腐蚀、碳化和钢筋锈蚀等问题，还要评估其对结构安全性、耐久性的影响。可参考 SL 279、SL 191《水工混凝土结构设计规范》、GB/T 50107《混凝土强度检验评定标准》及 GB 50204《混凝土结构工程施工质量验收规范》等标准的有关规定。

3.2.4 砌体结构工程质量评价的重点是评价砌体完整性、接缝防渗有效性、结构整体稳定性等，可参考 SL 27《水闸施工规范》、SL 435《海堤工程设计规范》等标准的有关规定。

3.2.5 金属结构质量评价的重点是评价实际质量是否满足设计要求，可参考 SL 36《水工金属结构焊接通用技术条件》、SL 41《水利水电工程启闭机设计规范》、SL 74《水利水电工程钢闸门设计规范》、SL 105《水工金属结构防腐蚀规范》及 SL 381《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》等标准的有关规定。

检测内容中的其他项目可包括：腐蚀检测、结构振动检测、水质检测、特殊项目检测等。对 SL 101《水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程》中没有的检测项目可参考 DL 835《水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程》的相关规定。

3.2.6 机电设备质量评价的重点是评价实际质量是否满足设计要求，可参考 SL 511《水利水电工程机电设计技术规范》、GB 25295《电气设备安全设计导则》等标准的有关规定。

3.2.7 监测设施质量评价的重点是评价实际质量是否满足设计要求，可参考 SL 725《水利水电工程安全监测设计规范》等标准的规定。

3.3 工程质量评价

3.3.1 现场检测结果为安全复核提供符合工程实际的参数，评价工程质量是否满足相关规范的要求，为工程维修养护或除险加固提供指导性意见。

4 安全复核

4.1 一般规定

4.1.1 安全复核目的是复核水工隧洞各结构与设施能否按标准与设计安全运行。安全复核的内容包括复核计算、结构布置、构造要求等内容。安全复核应根据实际情况，在现状调查、安全检测基础上，确定复核计算内容。安全复核一般依据 3.1.2 中的规定，选择代表性断面或典型洞段开展复核。

安全复核一般按水力、结构、渗流、抗震、金属结构、机电设备安全复核顺序进行，并明确相应内容、分析方法与标准。并将过流能力复核内容纳入水力复核、消能防冲复核纳入结构安全复核。

安全性分级为 A、B、C 三级。一般原则为：A 级为安全可靠；B 级为基本安全；C 级为不安全。

4.1.2 安全复核一般依据相关标准进行复核；对尚无标准可参照的专项复核内容可复核其是否满足设计要求。安全复核需对基本资料进行核查，在此基础上，根据现场检查、安全检测和计算分析等技术资料，进行复核。

当荷载、运用条件与方式等改变，需进行重点复核。现场检查、安全检测发现的问题、疑点或异常迹象，以及历史重大质量缺陷、验收遗留问题与运行中异常、事故或险情的处理措施与效果分析，应重点复核。安全复核有关的荷载、计算参数，需根据观测试验或安全检测的结果确定；缺乏实测资料或检测资料时，可参考设计资料取用，但必须分析对复核结果的影响。

4.2 水力复核

4.2.1 水力复核需充分考虑到隧洞用途、有压还是无压、土洞还是岩洞等不同特点，不良地质等外部条件及实际运行和检测情

况，进行有针对性和选择性的复核。

无压隧洞复核一般包括水面线复核，以判断判断洞顶余幅；有压隧洞复核一般包括水力过渡过程分析和消能防冲复核。

4.2.5 水工隧洞安全满足要求，虽不满足近期规划要求或过流能力不足，但可以通过工程措施解决的可评为 B。

不满足近期规划要求主要是指，在水工隧洞投入运行后，与水工隧洞相关的流域规划发生了调整，对水工隧洞的过流能力等指标提出了更高的要求等。

4.3 结构安全复核

4.3.1 水工隧洞结构安全复核应包括围岩稳定性、支护与衬砌结构安全性、进出口边坡稳定性、进水口建筑物结构强度与稳定性和出水口消能防冲复核等。

4.3.2 结构安全复核计算中的结构尺寸、主要受力构件应采用实测尺寸和有效截面，结构物的材料物理力学参数应依据检测资料分析确定。对没有标准可依据的，应根据实际情况进行分析。安全系数可参照现有标准要求确定，并应给出参考依据与理由。

水工隧洞及附属建筑物构件及荷载复杂，可依据其力学特点和数值仿真方法的适用范围，选取有限元法、离散元法等进行安全复核分析，并对数值仿真分析的适用性进行说明。

目前水工隧洞糙率系数变化的检测比较复杂、技术难度较大，必要时可采用专项试验的方法确定。

4.3.3 围岩稳定性复核需收集原设计及施工中揭露的地质信息，必要时补充进行地质勘察。

4.6 金属结构安全复核

4.6.1 本标准将金属结构与机电设备进行了区分。金属结构主要指闸门、启闭机、钢板衬砌，启闭机中的电动机作为机电设备进行评价。金属结构的安全复核应综合其设计选型、安装运用等因素。

5 安全评价

5.0.1 水工隧洞安全类别划分为三类，考虑管理等非工程措施，以使管理单位更加重视安全管理，确保安全运行。

5.0.2 安全类别的确定应综合运行管理评价、工程质量评价和结构、抗震、水力、渗流、金属结构、机电设备等各水工隧洞工程专项安全性分级结果，对水工隧洞整体进行综合分类。

5.0.3 对存在不足或病险的二类、三类水工隧洞应提出处理建议与处理前的应急措施，避免工程的老化加剧，进一步出现严重险情。