



第三章 给水工程

3.1 一般规定

3.1.1 基本原则

1. 给水设施震后修复、加固的安全等级和使用年限应与建（构）筑物原设计相匹配，新建的建（构）筑物的安全等级和设计使用年限应按现行相关规范和标准执行。

2. 建（构）筑物修复的抗震设防烈度应不低于原设计的标准和现行相关抗震设计规范的规定，加固、重建的建（构）筑物的抗震设计应按调整后的《中国地震动参数区划图》执行，并相应确定抗震设防烈度。

3. 对新建和重建给水主要干线工程及大型水处理工程应根据“中华人民共和国主席令”（第九十四号）（1997年12月29日），在四川地区还应遵循“四川省人民政府令”（第78号）（1996年3月4日）进行场地地震安全性评价。

3.1.2 修复与重建基本技术措施

1. 给水工程建（构）筑物主要包括：管井、大口井、取水头部、取水泵房（含变配电房）、输水管道、配水井、沉淀池、滤池、清水池、送水加压泵站、水塔（高位水池）、变配电房、加药间、中央控制室、化验室等建（构）筑物。

2. 在地震后首先应进行应急危险度的评估。应急危险度评估方法：建筑物部分应按照《建筑抗震鉴定标准》（GB 50025）进行，构筑物部分可参照《室外给水排水工程设施抗震鉴定标准》GB J43进行并应满足《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032的要求。应急危险度评估结果分为三类：危险、警告、可继续使用。判定为危险的建（构）筑物不允许人员进入，可能采取的措施是拆除；判定为警告的建（构）筑物可进入，但不能长时间停留，待后续抗震鉴定后可采取加固改造或拆除的措施；判定为可继续使用的建（构）筑物一般无震害或震害较轻，经过修复就可使用。

3. 对于震后被彻底破坏或严重破坏的取水建（构）筑物、净水厂建（构）筑物、输水管道、高位水池，或修复成本过高，或经过地震安全评估认定原场地地处断层、滑坡等不适宜在原址重建的，应进行规划搬迁重建。

4. 对水源地重建工程的水源保护区需要重新划定。

5. 对于抗震烈度为8度及以下地区，重建工程中采用的水塔设计必须符合相关的抗震要求，一般采用钢筋混凝土结构。8度以上地区禁止采用水塔作为供水设备，而应该采取其他供水方式（如无塔供水器等）进行替代。

6. 给水管网重建时必须进行网络层次的抗震可靠度分析与评估，通过对管网整体抗震性能进行功能可靠度评价，明确系统的抗震性能，如果抗震性能无法满足要求，采用增加管线、增大管径的拓扑优化方法来重新规划设计，直到满足



抗震要求为止。

7. 对于备用水源严重受损或遭受彻底破坏的备用水源应进行重建。对于还没有备用水源的城市和受灾县,要按照四川省人民政府或当地的要求建设备用水源。备用水源保护区的划定应按照《饮用水水源保护区划分技术规范》HJ/T 338执行。

3.1.3 规范和标准

工程修复、加固和重建必须遵循下列规范和标准:

建筑抗震设计规范	GB50011-2001
建筑抗震加固技术规范	JGJ116-98
混凝土结构加固设计规范	GB50367-2006
构筑物抗震设计规范	GB50191-93
室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范	GB50032-2003
水工建筑物抗震设计规范	DL5073-2000
建筑物移位纠倾增层改造技术规范	CECS225:2007
办公建筑设计规范	JGJ67-2006
民用建筑设计通则	GB 50352-2005
屋面工程技术规范	GB50345-2004
建筑内部装修设计防火规范	GB50222-95 (2001年版)
公共建筑节能设计标准	GB 50189-2005
建筑物防雷设计规范	GB50057-94
建筑灭火器配置设计规范	GB50140-2005
建筑设计防火规范	GB50016-2006
地表水环境质量标准	GB3838-2002
生活饮用水卫生标准	GB5749-2006
室外给水设计规范	GB50013-2006
建筑给水排水设计规范	GB50015-2003
泵站设计规范	GB/T50265-97
给水排水管道工程施工及验收规范	GB50268-97
给水排水工程埋地铸铁管管道结构设计规程	CECS142: 2002
埋地给水排水玻璃纤维增强热固性树脂夹砂管 管道工程施工及验收规程	CECS129: 2001
埋地聚乙烯给水管道工程技术规程	CJJ101-2004 J362-2004
埋地硬聚氯乙烯给水管道工程技术规程	CECS17:2000
给水排水工程埋地矩形管管道结构设计规程	CECS145: 2002
采暖通风与空气调节设计规范	GB50019-2003



10kV及以下变电所设计规范	GB50053-94
供配电系统设计规范	GB50052-95
低压配电设计规范	GB50054-95
通用用电设备配电设计规范	GB50055-93
电力装置的继电保护和自动装置设计规范	GB50062-92
工程建设标准强制性条文 (城市建设部份)	建标[2000]202号
其余国家和地方现行的相关技术规范、规程和标准	

3.2 应急阶段基本技术措施

2008年5月12日14时28分，四川省汶川县发生的里氏8.0级强烈地震，波及四川、甘肃、陕西、重庆四省（直辖市）区。四川省有18个市、州的8个市区、100个县城受灾，其中成都市、德阳市、绵阳市、广元市、雅安市、阿坝州（即“五市一州”）的多数市、县（市）是极其严重的重灾区，除人民群众生命财产蒙受巨大损失外，城镇供水行业遭受到严重的破坏。据四川省城市供排水协会统计，四川省供水受灾人口达1059万余人，损坏供水管道约7880km，毁掉自来水厂各类蓄水池839个，破坏取水工程1281处，供水设施经济损失总计约26.78亿元，重灾地区镇（乡）的供水设施更是遭受到了毁灭性的破坏。

灾害发生后因断电、供水机电设备损坏和建（构）筑物受损、管网受损等原因，致使灾区多数城市不能正常供水。因此在地震灾害发生后的应急供水是首先需要解决的重要环节。

3.2.1 在本地的供水设施严重受损状态下的应急供水

因水源地遭受破坏或供水设施及管线严重受损，在灾后一段时期内不能靠现有供水设施提供符合卫生安全要求的饮用水的局面称为应急供水。在此期间只能是采取一些临时措施，保障人们生存、生活的需求。

在现有供水设施不能供水的情况下，首先应该紧急调运瓶装水、桶装水至灾区，或采用送水车向灾区临时送水。在有条件的地方，可以敷设临时供水管网从外地调水，或从未受损的自备水源向城镇临时供水。

随后应征集、调运应急净水设备到灾区进行应急供水，可以在较长时间内解决灾区的临时供水问题。应急净水设备应能以符合生活饮用水水源标准的地表水作为水源进行水处理，目前通常采用膜法处理工艺，具有处理水量大、设备紧凑、移动方便、适应力强、处理水质好等优点。这次汶川大地震后，有十多家国内外的设备供应商捐赠了大量的应急净水设备到灾区，日处理能力从10m³/d至120m³/d不等。

应急供水应进行消毒处理。对临时供水设施的出水可进行集中消毒处理，对



瓶装水、桶装水可用消毒片进行消毒。需要注意的是，目前使用的饮用水消毒药品多为二氧化氯消毒粉（片），是一种杀菌消毒药品，具有一定的腐蚀性，所以在保管、使用时，一定严格按照使用说明书的方法执行，特别是使用量要严格掌握，避免发生不必要的危险。

3.2.2 城市供水设施的应急供水

1. 供水设施的抢修

地震灾害会造成大面积停电、水源地破坏、净水厂受损、管网破损等局面，需要进行抢修才能恢复供水。

抢修前首先需要对受损建（构）筑物进行应急危险度评估，评估结果分为三类：危险、警告、可继续使用。判定为危险的建（构）筑物不允许人员进入，可能采取的措施是拆除；判定为警告的建（构）筑物可进入，但不能长时间停留，待后续抗震鉴定后可采取加固改造或拆除的措施；判定为可继续使用的建（构）筑物一般震害较轻或无震害，经过修复就可使用。

然后要正确判断系统受损情况，及时对造成停水的关键设备如加压设备、加药设备、消毒设备、厂内变配电设备及化验设备（装置）等进行抢修，以便能够尽快恢复城镇供水。

应尽快查明管网漏损点，进行抢修。短时无法完成抢修的部分应该关断。

地震造成的管网破损可能会使管网内部遭受污染，因此在震后正式供水前，应该对管网进行消毒处理，确保灾后饮用水水质安全。

2. 备用水源的启用

已经建成备用水源的地方，应该加强对备用水源水质的检测，确保备用水源能够作为生活饮用水水源使用。加强对备用水源设备的检查，进行必要的维护和维修，保证备用水源在需要时能投入运行。

无备用水源的地方，要寻找临时水源进行应急供水。临时水源包括地面水、农灌机井、浅层地下水等。临时水源应该水量充沛、水质良好，并且便于进行水源保护。水源水质应符合《地表水环境质量标准》GB3838-2002、《生活饮用水水源水质标准》CJ 3020的要求，保护区的设置应按照《饮用水水源保护区划分技术规范》HJ/T 338进行。

3.2.3 应急供水的水质安全保障

地震灾害对供水水质安全的潜在威胁在于原水水质恶化，水源遭受污染，管网破损等。应根据城市供水水源水质可能遭受污染威胁的种类及可能造成的影响，立即针对性地制订保证城市供水水质安全的应急预案，要加强对城市供水水质安全的监管及对城市供水应急工作实行统一部署、统一指挥、统一调度和统一对外宣传，各地应在抗震救灾指挥部之下成立由政府主要负责同志负责，建设、



环保、卫生、水利等相关部门参加的城市供水应急保障指挥中心，负责城市供水的保障和应急指挥工作。

地震造成的山体滑坡、地层扰动，会使地面水和地下水的浊度升高。因此，以地面水作为水源的净水厂应该强化常规处理管理，适当增加混凝剂投加量，降低出厂水浊度。以地下水（或河边的大口井）作为水源的水厂，应该进行洗井操作，待井水达到生活饮用水标准后，再经消毒处理向管网供水。对于以河边的大口井作为水源的水厂，如果有过滤设施，则应马上投入运行，如果没有过滤设施，则应进行洗井操作。

水源地上游存在因危险品泄漏、杀虫防疫造成的化学污染和动植物尸体腐烂、大面积疫情造成微生物污染的可能性，因此需要做好预防化学污染和微生物污染的应急工作。要建立建设、环保、卫生、水利等相关部门之间的联动机制，采取查明潜在威胁，进行水源保护，扩大水源监测范围，增加原水检测项目，提高原水监测频率，做好应急药品储备，做好投加准备工作，强化水处理过程等措施。针对突发污染事件的应急处理技术，可参考《城镇供水应急技术手册》（刘文君、张丽萍编著，中国建筑工业出版社出版，2007年1月第一版）。现有城市供水水源出现的污染不能通过应急水处理手段消除时，应使用备用水源或临时水源供水。

因为地震灾害造成城市供水管网大面积破损，除了需要强化水处理过程之外，还要强化消毒过程，提高出厂水余氯水平，增加供水管网水质检测频率，确保饮用水安全。应急供水期间的出厂水余氯含量不应低于0.7mg/L。

因地震造成的水厂化验设备、化验药品严重受损，致使多数水厂不能正常开展化验工作，因此需要采用水质监测车、水质化验车协助进行化验工作，也需要其他供水企业开展大量的对口支援工作，确保供水水质安全。

应急供水期间还应加强公共宣传，使每个人都知道饮水卫生的重要性，增强自我保护意识。

3.3 水源地

3.3.1 抗震鉴定

1. 地震后首先应进行应急危险度评估。应急危险度评估主要依靠技术人员的经验以及简单的测试工具和仪器，短时间内对水源地进行快速的危险度评价，初步评定破坏程度，满足震后对水源地的快速评定要求。

2. 对应急评估判定为危险和警告的水源地，应进行抗震鉴定，抗震鉴定应按《建筑抗震鉴定标准》GB50023—95、《室外给水排水工程设施抗震鉴定标准》GBJ43—82执行，并应符合《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032—2003的规定。



3. 抗震鉴定主要检查管井、大口井、取水头部和吸水管沿线的场地和地基情况、取水口的整体布置、穿管处堤岸结构及防渗、管材和接口等是否符合现行抗震设计规范，检查管井是否断裂、倾斜。

4. 抗震鉴定应按调整后的《中国地震动参数区划图》为依据进行。根据水源地构筑物特点，地震破坏程度可划分为基本完好（含完好）、轻微破坏、中等破坏、严重破坏、垮塌五个等级。其划分标准如下：

(1) 基本完好： 承重结构完好；个别非承重结构轻微破坏；附属构件有不同程度破坏。

(2) 轻微损坏： 个别承重结构轻微裂缝；个别非承重结构明显破坏；附属构件有不同程度破坏。

(3) 中等破坏： 多数承重结构轻微裂缝，部分明显裂缝；个别非承重结构严重破坏。

(4) 严重破坏： 多数承重结构破坏或部分垮塌。

(5) 垮塌： 多数承重结构垮塌。

5. 抗震鉴定完成后，鉴定单位应出具相应的鉴定报告和结论，并根据不符合鉴定要求的程度、部位对结构安全性和抗震性能影响的大小，结合使用功能、城市规划和加固难易等因素，通过技术经济比较，提出相应的维修、加固、改造或重建等抗震减灾对策。

6. 根据破坏程度，可按表3-1采取相应的处理措施。

表3-1 破坏程度及处理措施

破坏程度	处理措施
基本完好	一般不需修理即可使用
轻微损坏	不需修理或需稍加修理，仍可继续使用
中等破坏	需一般修理，采取安全措施并经加固后方可使用
严重破坏	需大修或重建
垮塌	需拆除重建

3.3.2 修复和加固方法

1. 水源地工程设施包括给水厂的管井、大口井、取水头部、吸水管以及吸水管需穿越的堤岸等相关工程。

2. 给水厂的水源地工程为城市重要基础设施，修复、加固应按设防烈度提高1度采取构造措施。工程修复、加固应符合《水工建筑物抗震设计规范》DL5073—2000和《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-2003的规定。

3. 遭受泥石流、泥砂淤积等灾害的水源地，应首先清掏水源地影响范围内



的河床及取水口。对清掏石块、泥砂可能引起取水设施更大破坏的工程，应视工程具体情况，选择合理的清掏时间进行取水条件的恢复。

4. 取水头部遭受破坏时，应先修复、加固吸水管的支承结构。必要时，修复、加固前可临时拆除取水头和吸水管，保证取水设施不受更大破坏和施工安全。

5. 取水头部支承结构混凝土出现细小裂缝时，应采用压力注浆修补，注浆材料可采用环氧树脂类液剂。支承混凝土结构出现较大裂缝时，可视裂缝的宽度，采用微膨胀细石混凝土或混凝土灌缝，并在混凝土中掺加早强剂。

6. 头部支承混凝土结构发生局部塌落或破损时，应采用比原设计高一个等级的混凝土浇筑修补。用于修补的混凝土应具有微膨胀性，并掺加早强剂。修补时应先将原结构表面凿毛，对素混凝土支承结构，还应先进行植筋，保证新浇混凝土与原结构连接可靠。

7. 头部支承结构发生倾斜时，应采取可靠措施进行调校恢复（钢架）或纠倾，纠倾施工应参照《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS225:2007执行，使取水头部符合安全取水的条件。

8. 吸水管穿越堤岸时应保证堤岸的安全和满足防渗的要求。震后穿越处的堤岸发生损坏时，应立即在堤岸临水侧进行围堰和排水，避免发生管涌和更大的次生灾害，然后抢修堤岸。堤岸加固、修复应按《堤防工程设计规范》GB50286—98执行，加强防渗处理，并符合《水工建筑物抗震设计规范》DL5073—2000的规定。

9. 管井发生倾斜影响正常工作时，应参照《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS225:2007进行修复。对断裂和倾斜严重修复困难的管井，应拆除重建。

10. 水源地的管道修复、加固技术措施按3.5.2的内容实施。

11. 大口井的修复、加固技术措施按3.4的内容实施。

3.3.3 重建技术

1. 水源地的工程场地应选择在对抗震有利的地段，避开地震时可能发生崩塌、滑坡、泥石流和震陷等对抗震不利和危险的地段。

2. 给水厂的水源地工程为城市重要基础设施，并且修复、加固较为困难，水源地工程的抗震设防类别应为乙类。

3. 水源地工程的重建应严格按照《堤防工程设计规范》GB50286—98执行，并符合《水工建筑物抗震设计规范》DL5073-2000和《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-2003的规定。

4. 水源地取水头部一般应以基岩或密实卵石层为地基持力层，并满足抗冲刷的要求。水源地取水头部支承结构宜采用混凝土、钢筋砼或钢结构。

5. 水源地取水管穿堤岸处应采用钢管，堤外设柔性接头。

6. 水源地工程的重建尚应符合国家现行的有关规范、标准、技术规程的规定。

3.4 给水处理厂及给水泵站

3.4.1 构（建）筑物抗震鉴定及修复加固的一般规定

1. 震害分析

给水处理厂及给水泵站[以下简称水厂（站）]的建（构）筑物在地震中有不同程度的破坏，建筑物的破坏形式和特点与一般工业与民用建筑类似，如：框架结构填充墙开裂和倒塌、框架结构梁柱裂缝、砖混结构墙体开裂等，因为水厂（站）的建筑一般体量不大，楼层不高，地震破损的程度相对较轻。水厂（站）内的构筑物也有震损，尤以上部结构更为严重，图3-1为某给水厂送水泵房的墙



图3-1 某送水泵房的墙体破坏

体破坏情况，有的建（构）筑物在地震后变成了危房。水厂（站）的建（构）筑物之间通常设有连接走道，连接走道往往是抗震的薄弱环节，走道和支座容易破坏，图3-2是某给水厂两构筑物之间的连接走道支座的破坏照片。从震后破坏现象分析，地震对建（构）筑物的地基也产生了一定的影响，图3-3是某给水厂的送水泵房，泵房的中部设有一道变形缝，地震发生后，变形缝的宽度由下至上逐渐变大，说明构筑物地基产生了不均匀的轻微震陷。钢筋混凝土水池墙板由于结构抗力大，整体性好，地震后基本完好。仅发现有的地面式水池加设砌体保温墙，震后保温墙与钢筋混凝土壁板产生分离，见图1-11。



图3-2 某连接走道支座破坏



图3-3 某送水泵房变形缝变化情况



2. 水厂（站）在地震后首先应进行应急危险度评估。应急危险度评估主要依靠技术人员的经验以及简单的测试工具和仪器，短时间内对建（构）筑物进行快速的危险度评价，初步评定和分类筛选建（构）筑物的破坏程度，满足震后对建（构）筑物的快速评定要求。

3. 对应急评估判定为危险和警告的建（构）筑物，应进行抗震鉴定，抗震鉴定应遵照《建筑抗震鉴定标准》GB50023—95、《室外给水排水工程设施抗震鉴定标准》GBJ43—82执行，并应符合《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032—2003的规定。

4. 建筑物的抗震鉴定要求参照《地震灾后建筑修复加固与重建手册》执行。

5. 抗震鉴定应按调整后的《中国地震动参数区划图》为依据进行。根据构筑物的特点，构筑物的地震破坏程度可划分为基本完好（含完好）、轻微破坏、中等破坏、严重破坏、垮塌五个等级。其划分标准如下：

（1）基本完好： 承重结构完好；个别非承重结构轻微破坏；附属构件有不同程度破坏。

（2）轻微损坏： 个别承重结构轻微裂缝；个别非承重结构明显破坏；附属构件有不同程度破坏。

（3）中等破坏： 多数承重结构轻微裂缝，部分明显裂缝；个别非承重结构严重破坏。

（4）严重破坏： 多数承重结构破坏或部分垮塌。

（5）垮塌： 多数承重结构垮塌。

6. 抗震鉴定完成后，鉴定单位应出具相应的鉴定报告和结论，并根据不符合鉴定要求的程度、部位对结构整体安全性和抗震性能影响的大小，结合使用功能、城市规划和加固难易等因素，通过技术经济比较，提出相应的维修、加固、改造或重建等抗震减灾对策。

7. 根据构筑物的破坏程度，可按表3-2采取相应的处理措施。

表3-2 构筑物破坏程度及处理措施

破坏程度	处理措施
基本完好	一般不需修理即可使用
轻微破坏	不需修理或需稍加修理，仍可继续使用
中等破坏	需一般修理，采取安全措施并经加固后方可使用
严重破坏	需大修或重建
垮塌	需拆除

8. 地震中遭到山体崩塌、滚石、泥石流等地质灾害损坏的水厂（站），应对其山崖采取削方、剥离、锚固、清理等技术措施，消除其威胁及影响。



9. 对局部损坏较严重的构(建)筑物原则上宜拆除受损部分并采用原构(建)筑物相同的建筑材料和结构形式进行修复。

10. 对水厂(站)中个别受损严重的构(建)筑物,可根据其受损严重程度采取局部修复或拆除重建等措施。

3.4.2 生产系统破坏程度检查与评估

1. 生产系统破坏程度评估

(1) 水厂(站)地貌改变或泥石流、崩塌等次生灾害使系统全部毁损而完全失去水厂(站)的供水功能。

(2) 地震波使水厂(站)构(建)筑物及设备彻底毁损而完全失去水厂(站)的供水功能。

(3) 构(建)筑物、制水供水设备,供电系统、管道系统不同程度受到破坏,暂时丧失或影响水厂(站)向管网供水,但可修复,经修复和加固后能恢复和部分恢复水厂(站)供水能力。

2. 供电系统的检查及评估

在地震后水厂(站)内电气与自控系统损坏现象:

(1) 在大地震发生时,由于上级电气系统受损或破坏,或者由于保护系统检测到异常,自动切除负荷,会发生大面积长时间停电,因而使水厂(站)失去供电电源,导致无法运转。

(2) 发生强烈地震时,导致水厂(站)主要电气设备如主变压器、开关柜等设备主体出现位移、扭转、变形、倾倒、绝缘支柱断裂、裂纹等损害。

(3) 由于地震时墙体的倒塌、天棚跌落等造成电气设备设施损坏。

(4) 地震造成部分电缆特别是控制电缆、信号电缆受损。

(5) 现场控制箱、柜连接接头、端子松动、脱落,导致控制操作失灵、失效。

(6) 部分检测仪表受损,失准、失效。

3. 机械设备的检查与评估

震后机械设备损坏主要表现在结构和功能上,对受损设备可以分成四类。

I类: 设备结构完好无损坏,只存在位移和位移过程中带来的紧固定位系统损坏而影响正常运行。

II类: 结构基本完好,只有小量变形和损伤,而未影响结构强度,经校正后即可投入正常运行。

III类: 结构受损,但经修补、加固后不影响正常使用或者基本恢复设备原有功能可继续使用。

IV类: 结构严重损坏,已无法使用,或修补后虽然可以勉强运转但严重影响原有功能和在运行中存在有安全隐患。



4. 管道系统检查与评估

首先对地面管道进行检查，再进行地下管道检查。损坏的管件为刚性的结构性破坏时，应对管件进行修补或更换；破坏为柔性位移性破坏时，一般以校正修复后即可恢复运行。

管道检查包括管路上的联络设备（如阀门）、支墩及与各构（建）建筑物之间的连接处。内容如下：阀门有无漏水和破损、支墩是否有效，与构（建）建筑物连接处有无松动、渗漏或脱落。

管道的破坏，除被直接砸损破坏外，主要是位移造成的损坏，地下管道由于受地下土壤周边的约束，所以通常较地面管道破坏轻微。

5. 化验设备与仪表检查与评估

(1) 化验设备一般由玻璃器皿为主组成，地震的直接外力机械性破坏造成化验设备严重损坏。

(2) 地震的外力机械性破坏同样造成精密检测仪器严重破坏，破坏程度由影响测量精度到完全不能使用。

(3) 在线仪表除外力机械性破坏外，尚存在有外电源失电、短路等造成的破坏，所以损坏面很大。

3.4.3 构(建)建筑物修复和加固方法

1. 建筑物修复和加固方法

建筑物修复和加固可以参考《地震灾后建筑修复加固与重建技术手册》中的相关内容进行。

2. 构筑物修复和加固方法

本节所称构筑物指水厂（站）中的各种水池、泵房和井类。地震后经检查评估属轻微破坏、中等破坏或虽属严重破坏但具有修复和加固价值的构筑物可按下列方法进行修复和加固：

(1) 对在地震中受坍塌土体挤压或地面变形等原因引起倾斜且具修复价值的构筑物，可采取掏土、射水、降水等技术措施进行纠偏复位，设计、施工应遵照《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS225：2007的有关规定。

(2) 对水厂（站）中个别受损严重的构筑物，可根据其受损严重程度采取局部修复或拆除重建等措施。

(3) 对局部损坏严重的构筑物原则上宜拆除受损部分并采用原构筑物相同的建筑材料和结构形式进行修复：

1) 局部受损构筑物，可将受损部分凿去，将创面刷洗干净，充分润湿但无积水，浇筑新混凝土前在创面上刷一层水泥素浆，再用比原混凝土强度等级高一级的微膨胀混凝土灌注，加强养护不少于14昼夜；

2) 受损严重的构件，应拆除重新布筋浇筑，个别被拉断的钢筋可采用焊接



或植筋予以补充和加强。

(4) 对基本完好或局部轻微损坏或出现中等破坏的构筑物可采取下列针对性技术措施, 加固方法和实施要点可参照《地震灾后建筑修复加固与重建技术手册》的相关部分:

1) 构筑物的底版、壁板、梁、柱上的细小裂缝对构件的耐久性有影响时, 可采取化学灌浆进行修复, 以防钢筋锈蚀;

2) 构筑物主要受力构件上出现结构性裂缝, 对构筑物或构件承载力有影响时, 可通过粘贴钢板或粘贴碳纤维复合材等补强措施进行加固处理;

3) 化学注浆、粘贴碳纤维材料、粘钢必须由专业施工队伍施工。

(5) 构筑物中的非承重墙受到破坏的, 可视破坏轻重程度分别对待:

1) 破坏较轻, 仅出现少量裂缝, 不影响墙体稳定的, 可对裂缝采取注浆等方法进行修补;

2) 破坏较重, 裂缝较多, 但不影响墙体稳定的, 可采用面层加固砖墙体法或加钢筋砂浆墙垛等措施进行加固或局部拆除重砌等措施;

3) 对破坏严重, 裂缝较多, 影响墙体稳定的, 须拆除重新砌筑。与承重构件间拉结筋断裂或原无拉结筋的, 需通过植筋等措施加强墙体与承重构件间的连接。不同材料的墙体, 应根据其长度、高度、厚度等不同情况分别按各自的规范或标准图要求在墙内设置构造柱、拉结筋、墙带以及墙顶的稳定构造措施;

4) 地震中, 非承重墙体(如构筑物内的导流墙等)局部倒塌的, 应重新砌筑, 并在墙内设置构造柱及顶部设置拉梁等必要的稳定构件。

3.4.4 机电设备的修复和更换

设备的修(恢)复和更换, 首先应能尽快的在第一时间满足城、镇(乡)的基本供水要求, 然后再按进度需要进行完善。

1. 电气系统的修复、加固与更换

(1) 在电气系统恢复运行前, 应首先对变配电站、配电室等建筑物受损情况进行评估, 以确定建(构)筑物能否继续使用或经修复加固后继续使用。

(2) 震后恢复供水、设备抢修、检修等都需要对水厂(站)快速恢复供电。如果地震对外部电网的损害不大, 应尽量争取使用原供电网络进行供电。如原供电网络不能满足供电, 应尽快采用临时措施, 如寻求第二电源、临时电源或采用柴油发电机组应急供电, 力求尽快对水厂(站)恢复供电。

(3) 变压器的震后修复。变压器作为水厂(站)电气系统的主要元件其震害表现一般为位移、扭转、脱落轨道、倾倒、顶部绝缘瓷瓶破坏、散热器或外壳受损等, 震后应对变压器受损程度进行检查, 对受损部位进行修复、更换。震后的变压器须进行电气性能检测, 对通过检测可继续使用的变压器要进行复位、基础修复处理。



(4) 开关柜设备的震后修复。开关柜设备由于外壳的保护作用，如果没有大质量的建筑构件和坠落物的撞击，一般不会受到太大的损害，但可能出现基础断裂、移位、变形、联接电缆松动、脱落等损害。修复时须清理建筑碎块，检查设备受损状况，检查柜内电气元件受损情况，对设备进行复位，检查和紧固联接缆线，对受损的电气元件进行修复和更换，检查工作接地和安全接地系统是否良好，做必要的电气性能检测。

(5) 水厂（站）内配电电缆线路、控制电缆线路的震后修复。水厂（站）内电缆线路的震害表现一般为电缆沟、电缆托盘托架的垮塌、变形、脱落，电缆绝缘层的损害，电缆与设备接头松动、脱落等。修复时须对电缆线路沿线进行检查，对电缆与设备的接头进行检查、加固，对损害不能继续使用的电缆进行更换。

(6) 水厂（站）检测仪表的震后修复。水厂（站）内通常设有一些流量、压力、液位、pH、浊度、余氯等现场检测仪表。地震发生时这些检测仪表可能受到损坏或损害，一般表现为仪表支撑体松动、脱落、仪表连接电缆脱落、断线、仪表失准、失灵等。修复时须对仪表安装状况进行检查、复位，对电气、管道联接进行检查，对仪表进行校准。对受损不能继续使用的仪表进行更换。

2. 机械设备的修复、加固与更换

对受损程度 I、II 类设备只需进行按原样正位固定和作少量修理后即可投入运行；对 III 类设备应进行认真修补，确保基本上达到设备的原有功能时可投入运行，以后可根据具体情况决定更换与否；对于 IV 类设备原则上不能使用，立即更换或用相似设备暂时取代。如设备暂时无法更换需带病运行的应在严格的监测下进行运行并从速更换。

3. 管道系统的修复与更换

(1) 管道之间的连接处应进行修复，防止渗漏。

(2) 管道本身破坏根据破坏程度首先作针对性的修补和更换，震情稳定以后再进行完善。

(3) 管道与构筑物连接处进行止漏、稳（固）定。

(4) 管道位移处进行复位、固定。

(5) 管线上受损阀门进行修复或更换。

(6) 修复或更换管道上必要的仪表，如压力表和流量计等以确保满足城镇（乡）的基本供水要求。

4. 化验设备与仪表的恢复

根据损坏程度编制修理和购制清单。应首先满足生产过程中最基本的设备和仪表。

3.4.5 修复加固期间满足城镇（乡）供水的对策和措施

1. 源水水质水量变化时的对策与措施



(1) 地震后可能出现的源水水质变化, 主要是由无机、有机、生物、疫病污染所造成, 表现为:

- 1) 浊度: 可能短期突然改变, 浊度提高很多, 一般为暂时性, 很少永久性, 有的很快恢复原状, 有的逐步恢复原状。
- 2) pH: 可能出现变化, 一般以pH下降为多。
- 3) $\text{NH}_3\text{-N}$ 或 $\text{NO}_3\text{-N}$: 地面污染引起数值有一定提高, 一般具有相对较短的持续时间。
- 4) 大肠菌指数: 地面污染引起数值增高, 一般时间较短。
- 5) 有机物: 地面污染使生化需氧量、化学耗氧量浓度增加, 一般时间相对较短, 但有一定的持续时间。
- 6) 疫病影响: 传染病菌、病毒可能突发出现。

(2) 对于水源水质变化的对策与措施

- 1) 对于浊度和pH值变化, 一般可采用加强絮凝处理, 增加絮凝剂投加量, 监测pH值的变化, 可用药物调节pH值, 首选投加石灰来调节, 既经济又方便。
- 2) 对于大肠菌指数增高应加强消毒控制, 一般采用增加加氯量, 提高出厂水的余氯值并定期检测管网末端的余氯值。消毒剂不宜采用存在较多安全隐患的液氯和其它在运输和贮存过程中可能存有隐患的消毒剂, 宜选用相对稳定的消毒剂, 如漂粉精、消毒片及用消毒剂临时制备设备。
- 3) 对于 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$, 除加强絮凝、过滤外, 可以适当增加加氯量, 当 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 很高, 以上方法不能满足时, 则可临时投加粉末活性炭。
- 4) 对于生化需氧量、化学耗氧量增加, 首先加强絮凝沉淀, 必要时投加粉末活性炭。
- 5) 对于疫病造成的影响应与当地防疫及卫生部门配合进行处理。

(3) 源水水量变小取不到足够的源水时或水质已不能作饮用水源时, 经评估应开辟新水源满足要求。

2. 水厂(站)内处理构(建)筑物的修复、加固期为满足正常供水的对策与措施

(1) 进行构筑物超越, 如水厂(站)内原无该构筑物超越管时, 应临时铺设超越管, 在超越运行过程中应加强管理, 特别应对絮凝剂投加系统加强检测和管理。当絮凝剂投加和消毒系统设施遭到破坏不能使用时, 应设临时加注点及临时加注设施。

(2) 化验、检测设备、仪表受损时必须加强人工检测, 并及时更换和购置有关设备或借助相关部门的设备能力。

3. 外部系统破坏时水厂(站)的配合对策与措施

(1) 配水管网严重受损送水(增压)泵站无法建压时, 除积极配合管网检查和修复外, 应保证提供合格水质的基本水量。在失压情况下提供合格水质的水



量时，应严密监测提升设备的运行工况，充分利用水厂（站）内可利用的调压设备，防止水泵及电器在失压的极端情况下运行带来的设备损坏。

（2）在外电源未恢复供电时，利用时间对水厂（站）内的设备进行全面检查和修复，为电源恢复实现供水准备条件。

3.4.6 重建技术

1. 重建原则

以下情况需进行重建。

（1）地震中被毁城镇需整体移址重建时，给水系统随之移址重建。

（2）地震中因地貌变化或被次生灾害所毁被埋，使构（建）筑物全部破坏或虽然部分破坏，但存在有致命的安全隐患时，需移址重建。

（3）由于地震烈度大于设计时考虑的烈度或其他原因造成构（建）物全面破坏时，但经有关鉴定机构鉴定认可地质条件许可建设水厂（站）时可进行就地重建。

（4）水源地发生变化，无法取到满足水质或必要水量要求的源水时，应考虑移址重建。

（5）单体构（建）筑物严重破坏，无法修复，或加固成本经比较不经济时，应对该构筑物进行单体重建。

（6）水厂（站）重建必须满足所在地调整后的地震烈度的抗震要求和规划，并必须按照有关的规程、规范及建设程序进行。

2. 重建技术

（1）本节中的水厂（站）包括给水厂、取水泵站、加压泵站内各种构筑物及辅助建筑物。

（2）水厂（站）重建应贯彻“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设计方针。

（3）水厂（站）选址应满足下列条件：

- 1) 避开地震断裂带，选择对抗震有利的地质、地形、地貌的地段；
- 2) 不受滑坡、危岩、泥石流等地质灾害的地段；
- 3) 历史上最大地震破坏烈度不超过9度的地段；
- 4) 不受洪水淹没、冲刷的地段；
- 5) 经地质勘察适宜建筑的地段。

（4）建筑设计应力求形体简单、整齐，避免复杂平面、长悬挑、宽门脸、高女儿墙、高塔楼等不利抗震的建筑造型。

（5）结构设计应慎用底框结构；建筑物纵横向应适量、对称设置抗侧力构件；注重“强柱弱梁、强剪弱弯、更强节点”的设计理念。

（6）水厂（站）内各构（建）筑物应采用表3-3所列的结构形式：



表3-3 构（建）筑物结构形式

项目	子项	结构形式	备注
水厂（站）	取水泵房	下部钢筋混凝土结构，上部框架结构	底板、壁板、柱、梁、板全现浇
	加压泵房		
	吸水井	钢筋混凝土结构	整体现浇
	预沉池		
	沉淀池		
	滤池		
	清水池		
	送水泵房	下部钢筋混凝土结构，上部排架结构	整体现浇
	配电室	框架结构	整体现浇
	加药间		
	管理综合楼		
	机修、仓库	框架或砖混结构	框架全现浇（注）
	食堂、值班宿舍		
	门卫室		
	围墙	砖墙加配筋扶壁柱和压顶	扶壁柱间距3.0~3.6m
水塔	钢筋混凝土结构	基础、支筒、水柜全现浇	

注：①当采用砖混结构时，±0.00以下采用M10水泥砂浆砌MU10实心页岩砖，±0.00以上采用M7.5混合砂浆砌MU10实心页岩砖；

②按规范设置的DQL、GZ、GL、QL及屋盖梁、板采用全现浇结构；

③所用石料强度等级不得低于MU30；

④水塔仅用于8度及以下地区。

(7) 水厂（站）重建应按国家、地方的现行规范和标准执行。

(8) 水厂（站）的设计、施工图审查、施工及监理各环节的实施程序均应按国家的相关规定执行。

3.5 给水管网

给水管网由输水管道及配水管道组成。

3.5.1 抗震鉴定

1. 给水管网的抗震鉴定应按《室外给水排水工程设施抗震鉴定标准》GBJ



43-82执行,并应符合《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》B50032-2003的规定。

2. 主要检查输配水管道沿线的场地和地基土质情况、管网的整体布置、阀门及其附属设施的设置和管材、接口等是否符合现行抗震设计规范。

3. 抗震鉴定后,对不符合抗震鉴定标准、抗震设计规范规定的,应结合城市给水规划、管网布局及当地的实际条件进行修复、加固,必要时应进行重建。

4. 输水管道的震害

输水管道的震害主要有以下几种:

- (1) 因山体滑坡、泥石流、场地液化以及不均匀沉降引起的震害;
- (2) 因地震断层地表破裂,地面变形引起的震害;
- (3) 因管道结构抗震设计不足所引发的震害;
- (4) 因地震反应过大,引发埋地管破裂,管道接头拉脱,架空管道滑落、架空管道支墩倒塌、过河拱管(圆弧管及折形管)倒塌、扭曲。

5. 震后管道受损状态

- (1) 管道开裂,接口拉脱、切断,闸阀及管网附属设施损漏,管道断裂。
- (2) 不同管材震后受损程度也不同,从损害严重程度由重到轻排序为:水泥管(特别是自应力水泥管),灰口铸铁管,硬聚氯乙烯管(PVC-U管),聚乙烯管(PE管),球墨铸铁管。
- (3) 所处管网位置不同震后受损程度也不同,从损害严重程度由重到轻排序为:入户管,支管,配水干管,输水主管。图3-4是一根铺入构筑物的给水管震损的情况。



图3-4 一根入构筑物管破坏情况。



(4) 管道受损与其埋深有关，浅埋的管道受损较重。

3.5.2 修复和加固方法

1. 给水管网的修复和加固原则

(1) 给水管网修复和加固工程应根据地震鉴定后所确定的项目进行。

(2) 给水管网的修复、加固或重建应根据管网受损程度、管网检漏情况及管材、接口是否符合抗震要求等综合因素确定。

(3) 水厂恢复生产后，首要任务应抢修爆管、修复渗漏管道，使管网压力恢复或接近震前水平，为抗震救灾提供必要条件。

2. 管网检漏

水厂恢复生产后，震后管网压力一般偏低，故对城市管网应全面检漏，为管网快速、及时修复提供条件，检漏重点为：

- (1) 主干管；
- (2) 水泥管、灰口铸铁管、硬聚氯乙烯管；
- (3) 不良地基地段；
- (4) 敷设在河堤、穿越河道、铁路、重要交通干线地段；
- (5) 敷设年代已久的管道。

3. 管道检漏方法

(1) 音听法

采用音听仪器寻找漏水声，并确定漏水范围及漏点。

(2) 相关分析检漏法

在漏水管道两端放置传感器，利用漏水噪声传到两端的时间差来推算出漏点位置的方法。

(3) 区域检漏法

在一定条件下，测定小区内最低流量，以判断小区管网漏水量，并通过关闭区域内阀门缩小漏水探测范围的方法。

(4) 区域装表法

在检测区域的进、出水管上都装置流量计，用进水总量和用水总量差，判断区域管网漏水的方法。

(5) 区域检漏兼区域装表检漏法

在检漏区同时具有区域装表法及区域检漏的装置。当进水量与用户水量之比超过规定要求时，采用区域检漏法检漏。

上述管网检漏方法的具体要求，使用条件等应遵循《城市供水管网漏损控制及评定标准》CJJ92-2002的规定。目前，检漏一般采用音听法。当检漏难以查出漏点，而管网仍处于全面失压，管网压力仅为震前的70%，说明管网受损特别严



重。

4. 管道修复和加固方法

(1) 对于因地基土液化及不均匀沉降造成的管道破坏,除修复或更换管道外,尚应对地基进行抗液化及抗不均匀沉降的处理。

(2) 对于因地震断层地表变形引起的管道破坏,除对管道进行修复或更换外,对管道穿越断层段应按《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032进行设计与施工。

(3) 管壁漏水、管材破裂和接头渗漏时,应根据管道的管材、损害程度及部位等因素确定修补方法。

(4) 更换损坏的管材及管件应按照各种管材的施工敷设要求进行。

(5) 管道修复、加固后,还应采取相应措施消除由于地震造成的各种外部因素。

(6) 管道修复、加固具体方法因管材不同而异,应遵循各种管材的有关规范、技术规程的规定。

3.5.3 重建技术

1. 通过给水管网的重建,使给水管道的布局、阀门的设置、管材、接口的选择符合《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-2003的要求。

2. 给水管网重建策略

(1) 先严重后一般。震后严重影响连续供水的易爆、漏水严重的管段,严重影响输水水质的管段,严重影响输配水的瓶颈管段,均要首先安排重建。

(2) 先易后难。投资少、费时少、见效快的先办。

3. 给水管网重建方法

(1) 编制管网重建计划,经调查分析及上述策略,确定管道重建范围,针对不同情况,采用不同的重建方案。

(2) 管道重建应因地制宜。可选用拆旧换新、管内衬软管、管内套管等方式。

4. 重建原则

(1) 地震中被毁城镇需整体移址重建时,给水管网随之移址重建。

(2) 对于因滑坡、泥石流等次生灾害造成的管道破坏,可采用改线重建的方法,以恢复正常运行。

(3) 对于不能进行修复、加固或修复、加固成本过高的输水管道,需进行重建。重建时选用的管材应具有较好耐震性能的材料。

(4) 位于高烈度(8度及以上)地震区的输水管道,应尽量不采用架空敷设,穿越河道时尽量采用倒虹管,倒虹管两端应设置柔性接头。

(5) 给水管网已建的灰口铸铁管(为淘汰管材)、自应力混凝土管(易出现二



次膨胀及横向断裂)应拆除重建。

(6) 敷设年代已久的管道应逐步拆除重建。

5. 重建技术

(1) 调整、移址及重新规划的城市给水管网,在重建前应按照《室外给水设计规范》GB50013-2006的要求进行管网水力平差计算,以复核管网是否满足水量及水压的要求。

(2) 大、中城市的给水主干管应敷设成环状,达不到此要求的,应增建主干管,形成环网,以达到城市供水安全的要求。

(3) 管材、接口型式

重建管道的抗震性能好;安全可靠、维修量少;运输、施工方便;使用年限长;阻力小、输水能力强;价格相对低等原则选择管道材质。

根据山区特点,管径 $DN \leq 300$ 宜采用聚乙烯管材(PE管)及管件,热熔或电熔接口。

$DN400$ 至 $DN1200$ 宜采用球墨铸铁管材及管件,承插式橡胶柔性接口。

下列地段应采用钢管:过河倒虹管或架空管;穿越铁路或主要交通干线及位于地基土为液化土地段的管道;不能避开活动断裂带的埋地给水管道及其套管。钢管采用焊接连接。

(4) 重建管道在下列部位设置柔性接头:

- 1) 地基土质突变处;
- 2) 穿越铁路及其他重要的交通干线两端;
- 3) 承插式管道的三通、四通、大于 45° 的弯头等附件与直线管段连接处;
- 4) 当设防烈度为7度且地基土为可液化地段或设防烈度为8度、9度时,泵的进、出管上;
- 5) 管道穿越墙体或基础为嵌固时的穿越管道上。

(5) 管网上的阀门均应设置阀门井。

(6) 断裂带两侧的管道上(距断裂带有一定的距离),应设置紧急关断阀。

(7) 架空管道的支座上,应设置侧向挡板。

6. 供水管网的重建需要进行整体抗震性能评价。评价方法需要采用考虑地震作用下管网出现渗漏情况的分析方法进行。渗漏模型可以采用点式渗漏模型,评价地震作用下管网的渗漏流量,考虑地震的随机性,在此基础上进行管网的抗震功能可靠度评价。如果管网抗震功能可靠度不能满足要求,有必要采用通过增加管线和改进管径的管网拓扑优化方法来实现管网的优化设计。

7. 重建给水管网的设计、施工尚应符合国家现行的有关标准、规范、技术规程的规定。

3.6 水塔

3.6.1 抗震鉴定及震害

1. 震害分析

水塔的结构重量和荷载集中在顶部，荷载的分布对抗震极为不利，作为支撑构件的筒壁或支柱在地震时容易发生破坏，若水塔发生倒塌，还可能发生更大的次生灾害。从图3-5可以看到，水塔的钢筋混凝土筒壁在开孔部位产生了应力集



图3-5 水塔钢筋混凝土筒壁产生裂缝

中，出现地震裂缝，提醒我们要加强水塔结构的抗震措施和构造设计。

2. 水塔抗震鉴定应严格遵照《建筑抗震鉴定标准》GB50023-95执行。
3. 水塔震害调查应着重检查筒壁、支柱的裂缝及损坏情况；基础的倾斜严重程度；上下进出水管接头拉脱及损坏程度。
4. 水塔的震害破坏等级应按下列标准划分为五个等级。



- (1) 基本完好：筒身、柱子完好，基础无倾斜；
- (2) 轻微损坏：筒身、柱子个别部位轻微裂缝、基础基本无倾斜；
- (3) 中等破坏：筒身、柱子明显裂缝，基础出现肉眼可观察倾斜；
- (4) 严重破坏：筒身、柱子严重裂缝并错位，砖柱子支承的水塔其砖柱严重裂缝并酥碎，水柜移位，基础明显倾斜；
- (5) 倒塌：水柜塌落或整体倒塌。

3.6.2 水塔修复加固方法

1. 水塔修复、加固原则

(1) 水塔的修复、加固应根据水塔受损程度、结构型式及材料是否符合抗震鉴定标准等综合因素确定。

(2) 如果水塔短时间内难以修复、加固，供水应超越水塔，直接向管网送水，为抗震救灾提供必要条件。

2. 水塔修复、加固方法

(1) 进水管、出水管、溢水及泄水管，如不是钢管应全部更换。如是钢管可切割、更换破坏部分的钢管、管件或更换阀门。托架、支架按受损程度进行加固或增设。弯头、三通、阀门等配件前后应补设柔性接口。埋地管道可采用PE管或承插式橡胶柔性接口的球墨铸铁管。

(2) 当水塔基础的倾斜程度在抗震鉴定标准允许值范围之内时，应对水塔进行纠倾并对地基进行加固。纠倾加固应严格按《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS225：2007进行。

(3) 对经鉴定受损不甚严重可修复加固的砖支筒水塔，可根据受损轻重程度分别采用压力灌浆、钢筋砂浆面层、钢筋混凝土套、扁钢网箍等技术措施进行加固处理；具体做法可参照《地震灾后建筑修复加固与重建技术手册》进行。

(4) 对经鉴定受损不甚严重可修复加固的钢筋混凝土支柱水塔，可根据受损轻重程度分别采用化学注浆、钢筋混凝土梁柱外包加固、粘贴钢板等技术措施进行加固处理；具体做法可参照《地震灾后建筑修复加固与重建技术手册》进行。

(5) 对经鉴定受损不甚严重可修复加固的钢筋混凝土支筒水塔，可根据受损轻重程度分别采用化学注浆、钢筋砂浆面层、扁钢网箍、钢筋混凝土套、粘贴钢板等技术措施进行加固处理；具体做法可参照《地震灾后建筑修复加固与重建技术手册》进行。

(6) 对水塔个别部位或构件已损坏，但整体鉴定结果尚可继续使用时，可对需加固的部位进行加固，加固方法严格按《混凝土结构加固设计规范》GB50367-2006执行。

3.6.3 水塔重建技术



1. 重建水塔应采用钢筋砼支筒的水塔，砼强度等级应大于C35。不得采用砖或石砌支筒、支柱水塔。
2. 水塔所在场地应避开地震断层、滑坡、泥石流及液化土地段。
3. 水塔设计应严格按以下国家标准进行：
 - 《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB50069-2002
 - 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-2003
 - 《给水排水工程水塔结构设计规程》CECS139: 2002
4. 水塔离其他建筑物的距离不应小于水塔高度的1.5倍，避免发生次生灾害。
5. 如需在大于8度地区修建水塔，应进行专门研究。
6. 对大于8度地震区一般不采用水塔作为供水设备。对大、中型水厂可采用高位水池（地形条件许可时）、调节水池泵站；对于无地形条件可利用的村镇，可采用变频调速给水设备及自动控制电磁调速给水设备。

3.7 日本阪神-淡路地震中供水系统震后恢复实例

1. 受损情况

1995年1月17日日本发生阪神-淡路7.3级大地震，是日本自1923年关东大地震以来最严重的地震灾害。地震造成的给水管网使兵库县内的神户、尼崎、西宫、芦屋、伊丹宝塚、川西、明石、三木等9市和津名、淡路、北淡、一宫、东埔等5町断水一个多月。这个地区供水总户数为135.56万户，人口约为342.6万人，供水量136.3万m³/d。震后约有总户数的85%断水，资料显示，此次地震供水管网破坏严重，管道破坏统计见表3-4。

表3-4 不同类型管道的破坏统计

破坏类型	管道破坏率（处/公里）				
	延性铸铁管	铸铁管	聚氯乙烯管	钢管	石棉水泥管
管道长度（km）	1874	405	232	30	24



破坏	处/ 公里	处	处/ 公里	处	处/ 公里	处	处/ 公里	处	处/ 公里	处
管身	0	9	0.63	257	0.38	88	0.33	10	1.24	30
管件	0	1	0.31	124	0.17	40	0.03	1	0.04	1
接头拉脱	0.47	880	0.49	199	0.33	76	0	0	0.37	9
接头破坏	0	2	0.06	25	0.50	115	0.07	2	0.08	2
接头插入	0	5	0	1	0.01	3	0	0	0	0

从表中可见，延性铸铁管在地震中的破坏将近一半是接头拔出，其他管材则以管身破坏居多。净水厂的破坏主要有：水处理设施池体的接口处破坏、漏水；构筑物进出水管接口处断裂；房屋地面下沉；楼盖沉降；未锚固的机电设备移位、倾倒；管道支座下沉；管道接口拉脱；管体破损及挡土墙移位等。

2. 应急措施

紧急供水的主要方法是利用水罐车和便携式水罐进行水的运输，但由于交通堵塞使得其效率比较低。此后，为了扩大供水区域，采取了从消火栓向供水车灌水，利用消火栓设置暂时的供水阀门和临时供水管道，以及确保住宅区内部的供水措施，达到了紧急供水效率的提高和市民运水距离的减少。另外，应急供水也得到了其他城市以及民间的各种协助。支援高峰在1月25日，由83个城市、20个民间团体和804名自卫队员，加上432台紧急供水车展开了紧急救援。除陆上供水之外，也展开了海上供水救援，由海上自卫队提供6艘船舰、海上保卫厅2艘船只、



民间3艘船只组成了海上供水小组。由消火栓制成的临时供水阀门的数量在第七周达到了高峰，共建900处。此外，还发放了桶装水和瓶装水。

3. 修复与加固

为了修复破损的供水设施，日本水道集团向其他城市申请援救，同时其他水道管理机构请求援助指定的各个修复点，然后进行供水设施修复。对于室内给水的破坏，主要以市民为个体进行个别修复。自来水管道局针对供水设施被损的状况采取了针对性的措施来进行修复。

中国城镇水网
www.chinacitywater.org