

# 给水工程抗震和震后给水

谢志平 谢 宇 编著



地震出版社

1996

# 给水工程抗震和震后给水

谢志平 谢 宇 编著

地震出版社

1996

## 内 容 提 要

本书根据我国给水和抗震情况,论述给水设施抗震和震后给水两部分,主要内容包括:给水工程抗震概况;地震时给水管道的损坏原因及规律,给水管道的抗震设计、计算和管理;净水取水设施的抗震设计和计算;震后应急给水和应急修复的方法,城市应急给水池的设计、计算和管理。

本书可供给水和抗震工程研究、设计人员,给水厂的管理人员参考,也可供大专院校有关专业师生参考。

### 给水工程抗震和震后给水

谢志平 谢宇 编著

责任编辑:王 伟

责任校对:庞娅萍

\*

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

\*

787×1092 1/32 7.625印张 4插页 178千字

1996年4月第一版 1996年4月第一次印刷

印数:0001—2000

ISBN 7-5028-1215-6/TU·109

(1635) 定价:10.00元

# 前 言

地震对给水设施的危害极大,近年来有记载的地震中,均能查到由地震引起的给水设施的损坏和由此产生的次生灾害。

水是人们生活的必需品,它和电或燃气不同,后者可用其他物品代替,而水则不能。给水工程是“生命线地震工程”的重要组成部分。地震后由给水设施损坏而引起的大区域停水,往往给人民的生命安全带来极大威胁,给震后救灾工作带来很大影响。因此,给水设施的抗震具有重大意义。

由于给水设施布及范围极广,给水管网贯穿整个城市,因此给水设施抗震困难很大。加上目前地震区的给水设施大多未作抗震计算和设计,给水设施在地震中的损坏情况比较严重。

近年来,随着地震科学技术的发展和人们对给水设施抗震重要性认识的加深,国内外有关学者在给水抗震方面进行了大量研究。本书根据我国给水抗震中的经验,引借国外新技术和新成果而编写,重点讲述给水设施和给水工艺中的抗震问题以及地震后如何供水;对给水构筑物的结构抗震,只做简单的介绍,因为具体内容在各种结构设计手册和专门著作中均已

# 目 录

<b>第一章 给水工程抗震概况</b> .....	( 1 )
§ 1-1 给水工程震害 .....	( 1 )
§ 1-2 给水工程抗震对策与措施要点 .....	( 7 )
<b>第二章 给水管道抗震</b> .....	(15)
§ 2-1 管道震害的一般规律、特点及影响因素 .....	(15)
§ 2-2 地震时给水管内水压变化分析 .....	(22)
§ 2-3 管道抗震算法 .....	(26)
§ 2-4 抗震给水管材和接口 .....	(56)
§ 2-5 管道支墩的抗震设计 .....	(70)
§ 2-6 地震区老朽给水管更新方法 ——聚乙烯塑料衬里管法 .....	(77)
§ 2-7 给水管网抗震设计、施工和管理要点 .....	(95)
<b>第三章 净水取水设施的抗震</b> .....	(109)
§ 3-1 净水取水设施抗震设计概述 .....	(109)
§ 3-2 净水取水设施的抗震计算方法 .....	(112)
§ 3-3 水源和取水工程抗震 .....	(119)
§ 3-4 加氯间和氯瓶库的抗震对策 .....	(126)
§ 3-5 水塔的抗震设计 .....	(129)
§ 3-6 水池的抗震设计 .....	(135)
§ 3-7 水池自动紧急关闭阀 .....	(146)
§ 3-8 给水厂电气设备及其他设备、 设施的抗震 .....	(160)

**第四章 震后给水**..... (169)

- § 4-1 应急措施 ..... (169)
- § 4-2 城市应急给水池 ..... (189)
- § 4-3 给水抗震重点和地震给水调查实例 ..... (216)
- § 4-4 地震家用小型贮水器 ..... (221)
- § 4-5 震后给水计划实例 ..... (230)

# 第一章 给水工程抗震概况

地震和刮风、下雨一样，是一种自然现象。地震由地下岩层突然破裂，或局部岩层塌陷、火山喷发等引起，并以波的形式传到地表引起地面颠簸和摇晃。据统计，世界上每年发生数百万次地震，人们对许多小地震并无感觉，只有仪器才能记录到；3级左右的有感地震每年发生约5万次，但它对人们的生命安全和工程建设并无危害；能造成严重破坏的地震，世界上每年平均约数十次。我国河北邢台、唐山、云南通海、昭通、四川甘孜和辽宁海城等地区发生的几次地震，都属于这种破坏性的强烈地震。

地震中，给水设施破坏，会引起十分严重的后果，有时由缺水引起的死亡和疾病蔓延，比地震本身的损失更大。

本章主要介绍地震对给水设施的危害及给水工程抗震的概况。

## § 1-1 给水工程震害

地震对给水设施的危害极大，每次地震总伴有给水设施的损坏。下面按地震发生的先后顺序，介绍近70年来国内外几次大地震中给水设施损坏的情况，由此可以看出地震对给水设施的危害。

## 一、日本关东地震

1923年9月1日，日本关东地区发生7.9级大地震，震后又发生大火灾，人员死伤和财产损坏极为惨重。

这次地震中，给水设施的损坏情况如下：

(1) 由素混凝土和砖砌筑的过滤池和清水池，大部分倒塌或开裂。

(2) 用铅接口的普通铸铁输配水管道，大多损坏。

(3) 庭院和室内给水管在震后火灾中大多烧坏。许多地上卫生设备和给水设备也被烧坏。由于断水，烈火无法扑灭，45万栋房屋被烧毁。

(4) 震后整个东京市应急给水量平均每日只有 $170\text{m}^3$ ，不能维持市民生存所需，因断水而失去生命的人数不少。

(5) 关东大地震波及横滨市，使横滨市内的给水管道震害遍及全城。为了修复接头和换去破损管件，几乎将全部给水管均挖掘出来更换成新管道。市内5根口径较大的水管折断，涌出的水冲毁桥台、冲走民房、形成水灾。

## 二、日本福井地震

1948年6月26日，日本福井县发生7.3级地震。

这次地震中给水设施损坏情况如下：

(1) 福井市附近的地区，大多由冲积层发展而成，地层的力学性能很差，加之此次地震的震中就在其下面，地震后福井市给水厂几乎全部毁坏，取水设施下沉。

(2) 福井市内的给水管道都是采用离心法加工而成的钢筋混凝土管，由于其抗震性能差，地震时，大部分管道被震坏。



市内的管道震害与地震波传播方向有一定关系。直管在凸缘处被剪切，弯管在弯曲部破损，尤其是用混凝土支墩锚固的管段，受灾最严重。

(3) 过桥管因地基下沉而破损。倒虹吸管因基础不佳，损坏严重。输配水管道上的控制阀在轴向力作用下阀体开裂。三通管受剪切，其前后的承插接头均发生松脱。给水栓受到剪切而损裂或弯曲的甚多。

(4) 距福井较近的丸冈町地区，给水设施也几乎全毁。

### 三、日本新潟地震

1964年6月16日，日本新潟发生7.5级地震。新潟市是在冲积平原上建立和发展起来的城市。由于地下水位很高，从地表向下只需挖掘很浅即可见到含水的砂层，地震中大量饱和砂土发生液化，因此给水构筑物 and 给水管网损坏极严重。

新潟市给水设施地震时损坏情况如下：

(1) 新潟市内共有鸟屋野、关屋、青山三个给水厂，这三个给水厂的地基土较好，几乎未受震害，但输配水管大多埋设在软土地基土中，受灾很大，总长470km的管道中，有68%受到不同程度的损坏。管材大部分是普通铸铁管，接头为承插式，很少一部分为机械接口。以受灾数量多少的排列顺序为：①接头拔开；②三通、四通折弯；③异型管件破损；④闸阀破损；⑤管子折断。对于管道的接口，橡胶圈机械接口比承插式接口好。

管道中使用的石棉水泥管与铸铁管同样受到很大的震害，其特征为：石棉水泥管直径在150mm以上的，接头被拔出的为多；直径在100mm以下的，管子被折断的为多。

(2) 新潟市的工业用水系统中，取水塔倾斜，原水管

(铸铁管) 开裂, 配水管折断、拔开严重。工业用水的配水管几乎都是混凝土管, 而且多数埋设在地基土较软的地段, 所以受灾特别严重。

#### 四、日本十胜近海地震

1968年5月16日, 日本十胜近海发生7.8级地震, 给水设施损坏情况如下:

(1) 给水管道根据其埋设的地基土性质不同而受到不同程度的破坏, 土中含水量大的地区, 管道损坏严重。

(2) 凡建造在对场地土进行选择或处理地段的给水设施, 震后损坏较微。在回填土中的给水设施(如联络管、闸门等), 因土层下沉而损坏的情况严重。

(3) 青森市、八户市内给水管道, 不论其材质或管种, 总计有一半以上被震坏(接口脱离或断裂), 其中铸铁管大多在接口处损坏或脱离, 石棉水泥管大多被折断。因此, 地震区的给水管道在材质和管种的选择方面应慎重考虑。

#### 五、美国圣费尔南多地震

1971年2月9日, 美国洛杉矶市近郊圣费尔南多发生6.6级地震。该地区的给水设施损坏情况如下:

(1) 圣费尔南多下部土坝于1945年建成, 水库贮水量为2500万 $m^3$ , 是水源之一。

坝堤长300m, 地震时迎水面侧以圆弧状发生滑动而崩坏。当时水库中贮水量约为满水量的一半, 因此未产生库水大量流失。水库有取水口两个, 其中东侧的因土体滑动而崩断倒塌。

(2) 圣费尔南多上部土坝于1951年建成, 贮水量较小,

为 230 万  $\text{m}^3$ 。地震时，坝内呈满水状态，土坝向下侧滑动，移动 1.5m，土坝崩坏。

(3) 乔什帕·杰恩塞给水厂在震中西南 20km 处，地震时全部给水工程约完成 85%，混凝土已全部捣制完。给水厂中损坏最严重的是地下贮水池，侧壁下部最大移动 60cm，上端支撑柱破坏。

洛杉矶市的给水干管漏水 708 处，给水支管损坏 828 处，消火栓损坏 49 处，闸阀损坏 39 处。圣费尔南多市的输配水管道绝大部分均震坏。洛杉矶市震后给水修复时，全部更换了新的给水管道。

## 六、海城地震

1975 年 2 月 4 日，我国辽宁省海城地区发生 7.3 级强烈地震。该地区埋于地下的管道，遭到折断、接口脱落或拉开、管体破裂等不同程度的破坏，造成输配水管网大量漏水，不能保证正常的供水水量和水压，严重地区供水中断。震害如下：

(1) 在烈度为 9 度区的海城镇，21km 给水管道破坏 217 处，破坏率达 10 处/km；8 度区的营口市，160km 给水管道破坏 372 处，破坏率为 2.35 处/km，7 度区的盘山镇，25.9km 给水管道破坏 35 处，破坏率达 1.6 处/km。

(2) 铸铁管  $\phi 200$  以下的小管道破坏严重， $\phi 250$  以上的大中型管道破坏较轻；刚性接口破坏严重，柔性接口破坏较轻；埋设年久的老朽管道破坏严重，新敷管道破坏较轻。管道破坏部位，绝大多数在管道接口或接口附近，管道中部较少。

(3) 给水水源及构筑物受到不同程度的破坏。营口市某厂的给水站，一、二级泵房、快滤池、清水池和管道几乎遭

到不可修复的破坏。营口市第二水厂总输水泵站震后倒塌，供水中断，直接影响居民正常生活、震后消防和工业生产。

## 七、唐山地震

1976年7月28日，我国河北唐山发生7.8级强烈地震，唐山市给水设施遭到严重破坏，造成短期停水，给震后的救灾和市民的生活带来严重影响。在这次地震中，给水设施损坏情况如下：

(1) 水源井和原水输送管道损坏较严重，水质下降。

(2) 二级泵房遭到破坏，给应急供水造成困难。震后在清水池顶上增建临时二级泵房进行应急供水。

(3) 管道的接口拔出、断裂、损漏情况十分严重。接口的损坏占管道总损坏的79.6%。

(4) 供电系统遭到破坏，给应急供水带来很大困难。

## 八、日本宫城地震

1978年6月12日，日本宫城发生7.4级地震。震后，宫城县内给水设施损失总额达14.7亿日元，给水管道损坏十分严重，震后管网漏水比比皆是，且多处发生断水。被损坏的管道，大多集中在城市中心区。震害如下：

(1) 这次地震中，原水、输水、配水管道损坏达1600处。监釜市原水输送管在地震中损坏，导致该市长时间停水。另外，不少输水干管断裂损坏，使不少市内地段长时间停水。

(2) 仙台市近郊有些区域，是由回填土堆积推压而成，该地区中土质变化复杂，各种土的力学性能不一，管道损坏也严重。另外，在海口或河口处，因地基软弱，管道也大量损坏。因此，地质条件复杂、软弱场地土中的给水设施的抗震

是一个极需重视的问题。

(3) 4个给水厂中的斜板(斜管)沉淀池损坏。其中大多是斜板(斜管)发生弯曲或损坏,致使沉淀池停止工作。

(4) 1968年建成的圆型预应力钢筋混凝土水池侧壁开裂。

## § 1-2 给水工程抗震对策与措施要点

### 一、给水工程抗震对策

给水工程设施属于城市公用设施的重要内容之一,也是“生命线地震工程”的重要组成部分,关系到地震区人民生活、控制次生灾害和抗震救灾工作的开展。因此,根据给水工程设施的特点,应分震前、震时、震后三个阶段制定相应的对策与措施,切实做好抗震工作,最大限度地减轻地震灾害损失。

#### 1. 震前对策

地震造成给水系统的破坏,会给震后的抢险救灾以及恢复重建带来困难。因此,应根据给水设施震害经验,在震前有针对性地采取措施,提高整个系统的综合抗震能力,使之有地震中免遭破坏并能够在震后迅速恢复功能。

(1) 检查和加固取水、贮水构筑物:

对设置于岸边的井管、取水头等,要检查其所在岸坡有无滑坡、液化的可能。加强井管、取水头的锚固和岸坡加固。

(2) 综合治理给水管网:

合理选择管道材料与接口形式,全面检查给水管网,及时发现并消除诸如锈蚀等隐患。同时,对地震中易发生震害

的薄弱环节，采取必要的抗震措施，以提高给水管网整体抗震性能。

### (3) 选择有利场地，避开不利地段：

选择有利场地建设给水工程设施，是提高给水系统整体抗震能力的有效措施。历次震害证明，建在塌陷区、回填土、淤泥土及易液化土等不利地段上的工程设施往往加剧震害，而建在良好、坚硬等有利场地上的工程，其震害较轻。

### (4) 新建给水工程采取抗震设防措施：

国家规定，地震区的所有工程设施，都必须按照国家、行业有关规范、规定要求，采取抗震设防措施。因此，给水系统的新建工程，要按照当地的抗震设防烈度，执行有关抗震设计规范、规程和有关规定，采取抗震措施。

## 2. 震时对策

地震发生后，应尽快恢复整个城市供水，根据城市各自特点，有步骤、分轻重缓急地采取措施。

### (1) 启用备用水源、抢建临时供水管网：

水源地和给水管网遭到破坏，不能正常供水，给灾区人民生活、医疗救护、防止次生灾害等工作造成极大困难。为保障居民生活和救灾工作基本需求，在供水系统修复之前，尽快解决临时供水。

保护好储水池内的存水，防止滥用和污染，以备急用；启用分散的备用水源（井，泉等），分区供水；根据水厂和水源的分布情况，分别以水厂或水井为基地，利用已有管网实行分区供水；根据震后群众临时居住区结合抢修管网，布设水栓，方便群众取水；在管网严重损坏或在无管网地区，选定水源后，就近铺设临时管线，用泵向周围居民供水。离水源较远的地区，用消防车或水车送水，严冬季节应注意做好临

时供水设施的防冻工作。

(2) 查时破坏情况，制定逐步修复方案：

震后，应及时组织技术力量，迅速查明给水系统的破坏情况，制定抢修、排险措施，及时开展修复工作。

① 抢修水源设施，为给水创造条件。首先修复水源设施（水源井，水厂），抢修水泵房和水池，以增加送水量。

② 采取各种措施，抢修管网，扩大供水面。根据轻重缓急，按先重点、后一般，先生活，后生产的原则尽快供水。

### 3. 震后恢复与重建

恢复重建应根据震害特点，结合城市发展，统筹规划，全面考虑，对给水工程系统进行重新规划。

(1) 认真分析震害的原因，吸取经验教训，对城市给水系统的重新建设和修复，应从有利于抗震，方便生活和救灾需要，服务于公众等方面出发，合理规划与布局。

(2) 管网的布置应符合设计规范中关于“重要的输水管设两条，配水管网成环状”的规定要求。在管网中，各种闸门、抢修口的设置应考虑方便、安全等因素。

(3) 恢复与重建的给水工程设施场址应进行抗震安全评价，选择有利场地，避免不利场地。

## 二、给水工程抗震措施要点

搞好给水工程设施的抗震，仅致力于单体构筑物的结构抗震性能是不够的，还需要对整个城市规划的合理布局、工艺布置等方面作全面的综合考虑，才能切实做到尽量避免或减轻直接震害及次生灾害。

### 1. 水源设施

保证城市供水，关键是水源。唐山地震中，唐山市、天

津市的汉沽和塘沽地区的供水设施遭受严重破坏后，都是首先抢修补压井、水源井，抓住主要矛盾，解决急需的居民生活饮用水和城市抗震救灾用水（包括消防、医疗、恢复生产等）。尤其要抢修补压井，因为它具有设备简单、环节少、抢修容易的特点。同时还应注意到，在遭受地震影响时，整个城市各地区遭遇的震害程度是不等同的，要考虑各地区场地、地基土质的影响。

(1) 水源布局：

①应适当分散，不宜过于集中。采取多水源、多补压井、多自备井，分布在城市的不同方位，避免集中破坏。

②选择优良的地下水作为城市供水水源。当取地表水作为城市主要水源时，应考虑尽可能在不同方位配设补压井。这是因为地下水水源设备简单，遭受震害后抢修较方便。

③在有条件时，尽量使工业企业中的自备井与城市管网连通，平时设闸门控制，震时可沟通互补有无，以尽量减少次生灾害。

(2) 场地选择：

取水构筑物应尽量避免沿河岸、陡坡地区和地基土液化地段建造。根据震害经验，这些场地由于震时岸坡滑移、地面震陷等严重变形，导致取水构筑物普遍遭受震害。

(3) 井管构造：

①井管应采用金属管材；

②井管直径不宜过小，保证井管与泵管间有足够的空隙，避免在地震动影响下机泵被卡住。

③井管周围要求严格做好封填，避免受震滑落堵死滤水管，导致出水量骤减、水质恶化。

(4) 水源井的机泵选择：



应考虑适当配备一些潜水泵。这种水泵的出水量虽较小(现况产品条件),但构造简单,对抗震和震后抢修都有利。

#### (5) 井室结构:

唐山地震中唐山、天津的水源井井室结构破坏比海城地震时营口的严重,除唐山市高烈度影响外,井室结构构造的抗震性能不好也是一个重要原因。井室结构应考虑:尽量减轻屋盖重量;减少墙体开洞面积(不少井室门、窗洞过大。实际上成了砖柱支承屋盖);砌筑砂浆标号不宜偏低,为保证水源,以采用不低于 50 号为宜。

## 2. 泵房

泵房是供水网络系统的核心,对保证供水、减少次生灾害十分重要。提高泵房的抗震能力,需从下列几方面综合考虑。

#### (1) 场地选择:

应尽量避免在河、湖、沟、坑边缘地带和地基液化地段建造。如无法避免时,需加强抗震措施;加强结构的整体性构造;采用桩基、箱形基础等提高适应地基变形能力的基础;泵房的进、出水管连接处应设置伸缩性柔性构造。

#### (2) 结构形式和构造:

①平面布置复杂的结构,在地震动作用下扭转效应显著,容易导致局部屋盖倒塌。因此首先应选择体型简单的结构形式。

②机房习惯上与控制室、配电室毗连建造,但应避免竖向高差过大造成破坏。一般情况下,高差较大时宜设置抗震缝。

③框架式结构承重的泵房,对填充墙应设置可靠拉结,避免震倒塌砸坏设备,影响正常运转。