CECS 295 : 2011

中国工程建设协会标准

建(构)筑物托换技术规程

Technical specification for underpinning
for buildings and structures

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会公告

第 80 号

关于发布《建(构)筑物托换技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2009 年工程建设协会标准制订、修订计划(第一批)〉的通知》(建标协字[2009]55号)的要求,由广东金辉华集团有限公司与北京交通大学等单位编制的《建(构)筑物托换技术规程》,经本协会地基基础专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 295 : 2011,自 2011 年 9 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇一一年五月二十日

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

前　言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2009年工程建设协会标准制订、修订计划(第一批)〉的通知》(建标协字[2009]55号)的要求，制定本规程。

本规程共分7章和3个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、桥梁托换技术、城市隧道穿越托换技术、建筑物托换技术、托换工程监测等。

根据原国家计委[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给工程建设、设计、施工、质量检测等单位及工程技术人员采用。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会(CECS/TC27)归口管理，并由北京交通大学负责解释(地址：北京市西直门外北京交通大学隧道与岩土工程研究所，邮政编码：100044)。在使用中，如发现需要修改和补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：广东金辉华集团有限公司
　　北京交通大学

参编单位：广州市胜特建筑科技开发有限公司
　　上海天演建筑物移位工程有限公司
　　山东建筑大学
　　中冶集团建筑研究总院
　　中铁西北科学研究院有限公司
　　辽宁省建设科学研究院
　　五邑大学

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

北京城建设计研究总院有限责任公司
同济大学
黑龙江省四维岩土工程有限责任公司
美国物理声学公司北京代表处
北京中建建筑科学研究院有限公司

主要起草人： 唐业清　崔江余　李　甫
（以下按姓氏笔画排序）
王　桢　卢文权　叶观宝　李安起　吴如军
何新东　杨桂芹　周　利　张　鑫　景建国
董卫平　蓝戊己　楼永林　费慧慧

主要审查人： 刘金砺　贺长俊　周锡全　钟　亮　朱金铨
苗启松　惠云玲　王存贵　钟铁毅　李今保

目　次

1　总　　则 …… (1)
2　术　　语 …… (2)
3　基本规定 …… (4)
4　桥梁托换技术 …… (6)
4.1　一般规定 …… (6)
4.2　桥梁托换设计 …… (6)
4.3　梁桥托换施工 …… (9)
4.4　拱桥托换 …… (13)
4.5　质量控制 …… (13)
5　城市隧道穿越托换技术 …… (15)
5.1　一般规定 …… (15)
5.2　托换工程前的准备工作 …… (15)
5.3　穿越区建筑物托换 …… (17)
5.4　影响区建筑物托换 …… (21)
5.5　质量控制 …… (22)
6　建筑物托换技术 …… (23)
6.1　一般规定 …… (23)
6.2　建筑物结构改造托换 …… (24)
6.3　灾损建筑物托换 …… (30)
6.4　质量控制 …… (33)
7　托换工程监测 …… (35)
7.1　一般规定 …… (35)
7.2　桥梁托换工程监测 …… (35)
7.3　城市隧道穿越托换工程监测 …… (36)

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7.4 建筑物托换工程监测 …… (37)
7.5 托换工程裂缝动态监测 …… (37)
附录A 托换工程中千斤顶的选用 …… (39)
附录B 城市隧道工程自身风险和环境风险等级 …… (47)
附录C 城市隧道周边设施监测控制标准 …… (50)
本规程用词说明 …… (53)
引用标准名录 …… (54)
附:条文说明 …… (55)

Contents

1 General provisions ····· (1)
2 Terms ····· (2)
3 Basic requirement ····· (4)
4 Underpinning technology for bridge ····· (6)
4.1 General requirement ····· (6)
4.2 Design of bridge underpinning ····· (6)
4.3 Construction of bridge underpinning ····· (9)
4.4 Arch bridge underpinning ····· (13)
4.5 Quality control ····· (13)
5 Underpinning technology for urban tunnel traversing ····· (15)
5.1 General requirement ····· (15)
5.2 The works before underpinning engineering ····· (15)
5.3 Underpinning of buildings at underground traversing area ····· (17)
5.4 Underpinning of buildings at impact area ····· (21)
5.5 Quality control ····· (22)
6 Underpinning technology for buildings ····· (23)
6.1 General requirement ····· (23)
6.2 Underpinning of building structure renovation ····· (24)
6.3 Underpinning of damaged buildings ····· (30)
6.4 Quality control ····· (33)
7 Dynamic monitoring of underpinning process ····· (35)
7.1 General requirement ····· (35)

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7.2 Dynamic monitoring of bridge underpinning ····· (35)
7.3 Dynamic monitoring of urban tunnel underpinning ····· (36)
7.4 Dynamic monitoring of building underpinning ····· (37)
7.5 Dynamic monitoring of crack in underpinning process ····· (37)
Appendix A Selection of Jack of underpinning engineering ····· (39)
Appendix B Self risk and surrounding area risk classification of urban tunnel engineering ····· (47)
Appendix C Control standard for surrounding construction monitoring of urban tunnel ····· (50)
Explanation of wording in this specification ····· (53)
List of quoted standards ····· (54)
Addition: Explanation of provisions ····· (55)

1 总　　则

1.0.1 为在桥梁、城市隧道、建筑物等托换工程的设计、施工、质量控制、监测与验收中，贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全可靠、经济适用、技术先进、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于桥梁、城市隧道、建筑物等托换工程的设计、施工、质量控制、监测与验收。

1.0.3 桥梁、城市隧道、建筑物等托换工程，应因地制宜、就地取材、节约资源，做到精心设计、精心施工。

1.0.4 桥梁、城市隧道、建筑物等托换工程的设计、施工、质量控制、监测与验收，除执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 术　　语

2.1.1 托换技术　　underpinning technology

通过加固或增设构件等措施改变原结构传力途径或增强原结构承载力的改造加固技术。

2.1.2 托换体系　　underpinning system

在托换工程中采用新增构件包括梁、板、柱和桩等与原受力构件共同组成的结构体系。

2.1.3 主动托换　　active underpinning

在原基础和结构托换之前，通过千斤顶对新增基础和构件预加荷载，消除托换体系的部分变形，分级分步实施荷载转移，使托换后桩和结构的变形控制在较小的范围内。

2.1.4 被动托换　　passive underpinning

在原基础和结构托换之前，对新增基础和构件的托换体系不预加荷载，当原基础拆除后，通过被托换构件微小变形使新增基础和构件的托换体系发挥作用，达到托换目的。

2.1.5 基础托换　　foundation underpinning

对既有建(构)筑物基础进行加固或重新设置基础所采取的托换技术措施。

2.1.6 桩式托换　　type of pile underpinning

通过采用桩基础，对原有基础进行托换的技术。

2.1.7 桩梁式托换　　type of pile and beam underpinning

通过采用桩和梁组合，对原有基础进行托换的技术。

2.1.8 桩筏式托换　　type of pile and raft underpinning

通过采用桩和筏板基础，对原有基础进行托换的技术。

2.1.9 桩箱式托换　　type of pile and box underpinning

通过采用桩和箱基础，对原有基础进行托换的技术。

2.1.10 抽墙法　　pumping wall method

通过增加托换梁、托换桁架、墙梁及端柱等托换结构拆除承重墙体的托换方法。

2.1.11 抽柱法　　pumping column method

通过增加托换梁、托换桁架及端柱等托换结构拆除承重柱的托换方法。

2.1.12 抽梁法　　pumping beam method

通过加固周围梁、柱拆除梁、板的托换方法。

2.1.13 浸蚀　　etching

建筑物地基基础、墙、柱等遭遇洪水、化工污水、油污或盐碱水浸泡腐蚀，导致强度降低。

2.1.14 声发射动态监测　　dynamic process monitoring of acoustic emission

利用结构裂纹扩展或断裂导致材料内部瞬态塑性变形产生声发射的原理对裂纹的活动与发展状况进行实时监测的过程。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 基本规定

3.0.1 建(构)筑物托换包括因增高、改扩建、移位，地下隧道穿越、桥梁等施工，地基过量沉陷及各种灾损处理等所采用的技术措施。

3.0.2 建(构)筑物托换设计前，应进行现场调查、收集相关资料，并对原有地基补充勘察，对结构进行必要的检测。

3.0.3 建(构)筑物托换工程的设计、施工、监理与监测，应由具有相应资质的单位承担。

3.0.4 建(构)筑物托换工程设计应以既有建(构)筑物的鉴定结论为依据，充分利用既有建(构)筑物的承载力，并应制定既有结构应变超前和托换结构应力滞后的消减措施。

3.0.5 临时托换结构设计时，荷载取值应根据施工期间的实际荷载确定。

3.0.6 建(构)筑物的托换工程设计，应按相关国家现行有关标准，满足建(构)筑物整体性和抗震性能的要求。

3.0.7 建(构)筑物托换工程的设计和施工方案应根据上部结构、基础和地基的共同作用，并应经技术经济分析比较确定。必要时应进行专门的论证。

3.0.8 建(构)筑物托换前，应查明施工场地的架空电缆、地下天然洞穴、防空洞、管道、电缆沟和化粪池等。

3.0.9 建(构)筑物托换工程采用的主要材料、成品、半成品、配件、器具和设备应进行现场验收。凡与安全有关产品，应按相关标准进行复验。

3.0.10 托换工程的验收分为分部分项工程验收和工程整体验收。验收应符合国家现行有关标准的规定。

3.0.11 建(构)筑物托换施工各工序应按技术标准进行质量控制,每道工序完成后应进行检查。

3.0.12 托换工程施工全过程,应按国家现行有关标准和设计要求进行施工监测。必要时,应进行第三方监测。

3.0.13 托换工程采用移位技术时的设备,可由液压泵站(动力源)、千斤顶(执行机构)、支撑和连接部件、液压控制和移位监测系统等组成。千斤顶应结合工程情况,按附录A合理选用。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

4 桥梁托换技术

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁托换技术根据桥型，可分为梁桥托换、拱桥托换和悬吊桥托换。

4.1.2 桥梁托换前，应对桥梁进行检测鉴定，并对其使用功能、桥梁形式、荷载等级、地基基础、上部和下部结构状况等进行调查分析，作为编制托换方案的依据。

4.1.3 托换设计应根据工程条件、托换目的、技术标准等要求选择桥梁托换方案。选用的托换方案应具有可靠性、实用性和经济性。

4.1.4 桥梁托换时，应对托换体系的承载力要求、整体稳定性进行验算，并应满足本规程及国家现行有关标准的规定。

4.2 桥梁托换设计

4.2.1 桥梁托换设计应遵循下列原则：

1 根据地质勘察报告、桥梁检测报告、水文资料、使用要求及国家现行有关标准进行设计。

2 托换设计可分为永久性托换设计和临时性托换设计，荷载选取时，前者采用设计值，后者采用标准值。

3 托换工程导致永久荷载变化时，应对主要受力构件、地基与基础进行验算。

4 原结构不能满足使用要求时，托换设计应与加固设计同时进行。

4.2.2 临时性托换节点设计时，对于桩、柱上传递竖向荷载的抱柱梁结构，当不植筋时，其新旧混凝土结合面竖向承载力可按式

(4.2.2)式估算，同时应满足构造要求。

$$\gamma P \leqslant 0.16 f_c A_c \tag{4.2.2}$$

式中：γ——综合系数，取值1.0～1.3；

P——新旧混凝土结合面竖向承载力(kN)；

f_c——梁、柱混凝土抗压强度设计值(kPa)，可取较低值；

A_c——新旧混凝土交接面的有效面积(m^2)。

4.2.3 永久性托换节点设计时，对于桩、柱传递竖向荷载的抱柱梁结构，当有植筋时，其新旧混凝土结合面竖向承载力可按下列公式计算：

$$\gamma P \leqslant 0.16 f_c A_c + 0.56 f_s A_s \tag{4.2.3-1}$$

$$f_s A_s \leqslant 0.07 f_c A_c \tag{4.2.3-2}$$

式中：f_s——结合面配置的植筋抗拉强度设计值；

A_s——结合面上同一截面植筋总截面面积。

4.2.4 在应用公式(4.2.2)和公式(4.2.3-1)、(4.2.3-2)时，应满足以下使用条件：

1 对新旧混凝土结合面处，原构件的表面应凿成凹凸差不小于6mm的粗糙面。

2 抱柱梁的高宽比应符合混凝土梁的构造要求。

3 被抱柱梁包围的原结构，其平面径向尺寸宜小于1.5m。若超过1.5m时，应进行特殊设计。

4.2.5 托换设计应对全桥进行整体承载力及特殊构件的强度和稳定性验算，地基承载力和地基变形应满足桥梁托换后整体结构的使用要求。新增桥墩的变形不应超过原桥墩的最终沉降量并应满足现行行业标准《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22、《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1和《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225等的要求。

4.2.6 桥梁托换设计中的地基承载力特征值、压缩模量等参数可通过检测鉴定确定，或根据原桥梁设计采用的地基承载力特征值进行调整，调整系数可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

123 或《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225 中的有关规定确定。

4.2.7 桩基托换设计应根据托换工程基底附加应力分布情况合理布置托换桩点，桩位宜采用对称方式布桩，减少偏心。当无法对称布桩时，可采用加深基础法、加长桩基法等进行基础托换。

4.2.8 托换采用的支架、支撑等构件应根据不同工况，验算其强度、刚度及稳定性。

4.2.9 基础托换可采用增大基础底面积、增加基桩、增设支撑梁等方法进行。

4.2.10 增大基础托换应按两阶段受力设计，基底面积应根据地基承载力验算确定。增大基础时，应将原基础存在的缺陷清理至密实部位，将结合面凿毛，按设计要求植筋，并与新增的钢筋骨架连成整体。

4.2.11 增补桩基托换应按两阶段受力设计，考虑新旧桩基支撑条件和桩径差异等方面的因素设计。增补桩基数量及群桩基础沉降量计算应根据现行国家有关标准的规定进行。

4.2.12 增补桩基托换时，应考虑新增桩的类型和布置等对既有基础的影响。

4.2.13 用支撑梁扩大承台时，钢筋混凝土支撑梁顶面高程不宜高于原承台顶面高程。应增加承台厚度或在重力式承台两侧加设钢筋混凝土侧墙。承台增大截面施工应符合下列规定：

1 应先处理原承台存在的缺陷。

2 混凝土表面凿毛处理后，应冲洗干净，灌注混凝土前应保持湿润清洁。

3 对原有钢筋应进行除锈处理，并应逐根分区分层进行焊接。

4.2.14 拱桥托换设计时，应计算拱脚水平推力对结构的影响，拱桥吊杆更换后的抗拉安全系数不应小于 2.5。

4.2.15 拱桥、悬吊桥设计计算应考虑结构损伤、材料劣化、新旧

材料的结合性能及材料性能差异因素的影响。结构材料、几何尺寸等参数应通过实测确定。

4.2.16 拱桥增大主拱截面时，新增混凝土与原混凝土或砌体结合面的抗剪能力应满足要求，应计入新增混凝土收缩变形引起的结构内力重分布。

4.3 梁桥托换施工

4.3.1 当有下列情况时，可采用切断式托换：

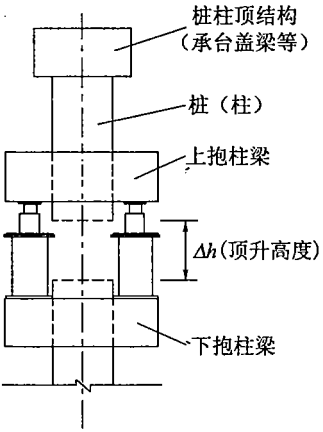
1 当梁体需要降低；

2 梁体顶升量较大；

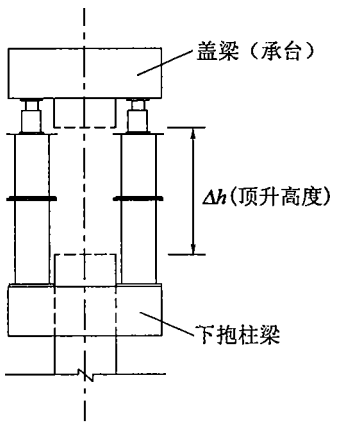
3 梁体需要整体移位；

4 下部结构需要更换改造。

4.3.2 切断式托换可采用上抱柱梁与下抱柱梁式[图 4.3.2(a)]、下抱柱梁与盖梁式[图 4.3.2(b)]、承台与盖梁式[图 4.3.2(c)]、抱柱梁与承台式[图 4.3.2(d)]等方法施工。

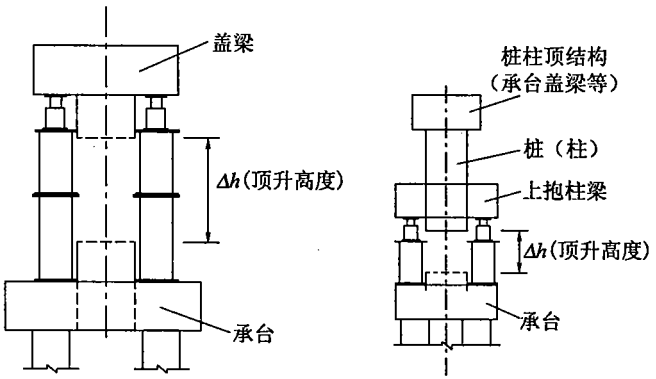


(a) 上抱柱梁与下抱柱梁式



(b) 下抱柱梁与盖梁式

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载



(c) 承台与盖梁式　　(d) 抱柱梁与承台式

图 4.3.2　切断式托换类型

4.3.3　当有下列情况时，可采用非切断式托换：

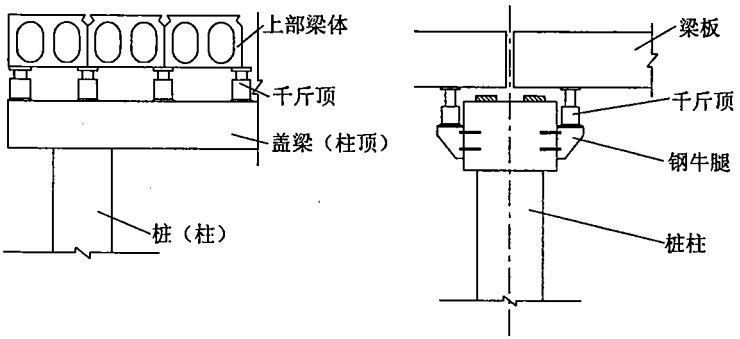
1　梁体顶升量较小；

2　需更换支座；

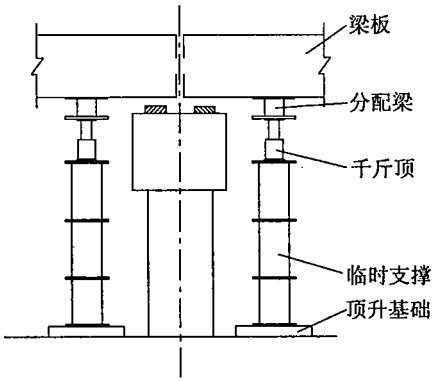
3　梁体纵横向坡度需调整；

4　沉降量需控制与调整。

4.3.4　非切断式托换可采用直接顶升式[图 4.3.4(a)]、牛腿式[图 4.3.4(b)]与分配梁式[图 4.3.4(c)]等方法施工。



(a) 直接顶升式　　(b) 牛腿式



(c) 分配梁式

图 4.3.4　非切断式托换类型

4.3.5　切断式施工可包括顶升基础处理、抱柱梁制作、支撑系统设置、施力系统设置、监测系统设置、切断、顶升或降低、结构连接和临时结构拆除等工序。

4.3.6　非切断式施工可包括顶升基础处理、支撑系统设置、施力系统设置、监测系统设置、顶升、结构连接和临时结构拆除等工序。

4.3.7　切断式托换结构选用应符合下列要求：

1　无承台、无盖梁结构可采用上、下抱柱梁式。

2　无承台、有盖梁结构可采用盖梁-抱柱梁式。

3　有承台、有盖梁结构可采用盖梁-承台式。

4　有承台、无盖梁结构可采用抱柱梁-承台式。

5　当墩柱较高时，宜采用上下抱柱梁式、盖梁-抱柱梁式、抱柱梁-承台式。

4.3.8　桩基切断托换结构，应符合下列规定：

1　当桩、柱间无承台构造或仅有系梁时，必须采用上、下抱柱梁式。

2　当桩、柱间有承台构造且经验算可以作为传力构件时，可将承台作为盖梁，采用盖梁一抱柱梁式。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

4.3.9 切断托换时，墩柱(桩)的切断位置按下列两个原则确定：

1 墩柱的受力要求；

2 墩柱构造要求和施工作业条件要求。

4.3.10 切断部位的构造应满足下列要求：

1 盖梁底部及承台顶部应采用钢筋混凝土或钢结构，形成适宜承载力的水平支撑面。

2 切断部位应根据墩台构造、施工作业等因素确定，一般应避开弯矩最大处。

3 墩台切断后，应设置纵横向限位装置。切断面上、下部位产生相对位移不大于10mm。

4.3.11 非切断式托换，其构造应满足下列要求：

1 直接顶升式托换应在墩台帽上用千斤顶同步顶升主梁、置换支座或加高垫石。

2 牛腿式托换应在墩台侧面安装钢制牛腿或钢筋混凝土牛腿，在牛腿上置放千斤顶，同步顶升主梁、置换支座或加高垫石。

3 分配梁式托换应将墩台侧地面临时处理作为支撑面基础，在支撑面上置放千斤顶，千斤顶上置放横向分配梁，同步顶升横向分配梁、置换支座或加高垫石。

4 非切断式托换必须采用可靠措施保证千斤顶同步施力、同步顶升。

4.3.12 对于连续梁桥的托换，宜将两个伸缩缝间的 $n(n\geqslant 1)$ 跨同步顶升。当无法实现 n 跨同步顶升而只能实现 $m(1\leqslant m\leqslant n)$ 跨同步顶升时，顶升量必须小于该顶升点的允许挠度值。

4.3.13 对于不中断行车进行托换时，同步顶升的 $m(1\leqslant m\leqslant n)$ 跨应设置从零到最大顶升量的递增递减曲线，减少行车对支撑系统的冲击。

4.3.14 对于连续梁桥和超静定异形板实施多跨多点同步托换时，其顶升量计算应综合考虑各点的设计高程、竣工高程、当前高程和托换后的高程，对各点不均匀沉降量的数值进行调整。

4.4 拱桥托换

4.4.1 拱桥杆件托换时，应分析该杆件的受力状态，并采取必要措施，确保托换前后其内力不变。

4.4.2 拱桥需移位托换时，应采取措施平衡拱脚水平推力。

4.4.3 拱桥托换前应对拱圈及拱脚裂缝、钢管混凝土脱空和基础不均匀沉降等进行处理。

4.4.4 当拱桥托换需拆除拱上建筑时应符合下列规定：

1 拱上建筑拆除应严格按设计卸载程序进行，并遵循对称、均衡原则。

2 对跨径较大的拱桥，应做专门的卸载程序设计与相应的结构验算。

3 应监测 1/4 跨、拱顶及其他控制截面的挠度和拱圈横向位移和结构开裂情况。

4 多孔拱桥上建筑不能同时对称拆除时，应监测相邻跨拱圈和墩台的变位。

4.5 质量控制

4.5.1 采用直接顶升式托换时，一个施工期周期内的地基沉降量不应大于 20mm。

4.5.2 托换结构在整个施工期间的不均匀沉降量不应大于原桥的沉降设计值，并不大于 25mm。

4.5.3 桥面构造在施工过程中的同步顶升误差应控制在±5mm之内。

4.5.4 托换施工完成后，桥梁的平面位置偏差应控制在±10mm之内。

4.5.5 托换施工过程中应加强巡视，如出现下列情况之一时，应立即停止施工，并采取有效的补救措施。

1 梁桥铰缝出现裂损；

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 连续梁受拉区出现新的裂缝；

3 支座安装不实；

4 吊杆、系杆及拉索防护层破损。

5 城市隧道穿越托换技术

5.1 一般规定

5.1.1 城市隧道穿越托换技术可分为穿越区托换和影响区托换。

5.1.2 城市隧道穿越托换工程设计、施工前应确定施工影响区的范围，并宜对影响区范围内既有建(构)筑物进行安全风险评估。

5.1.3 应根据城市隧道工程安全风险评估结果进行托换工程设计、施工和质量控制。

5.1.4 托换工程施工安全控制标准应满足原城市隧道风险评估和相关专项设计提出的要求。

5.1.5 当城市隧道工程的施工对既有建筑物产生影响时，应查明既有建筑物的基础型式、结构状态、建成年代和使用情况等，根据城市隧道工程施工的具体情况确定影响程度，并提出相应的预防措施。

5.1.6 托换工程施工应进行施工方监测和第三方监测，第三方监测单位应具有相应资质。

5.1.7 托换结构可采用桩梁式、桩筏式及桩箱式等，竖向传力结构除采用单桩或多桩形式外，可根据场地条件选用桩排式、连墙式、墩柱式、大型井柱或沉井等形式。

5.1.8 当托换工程施工监测数据大于监控控制值或工后降低了原设计的标准，或建设方提出要求时，应进行工后评估。

5.2 托换工程前的准备工作

5.2.1 城市隧道托换工程前应准备下列工作：

1 城市隧道工程的自身风险及其环境风险评估，可按附录B表B-1、表B-2确定。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

2 城市隧道工程与既有建(构)物相对位置、施工影响范围和程度等的评估。影响程度分级和范围可按附录B表B-3确定。

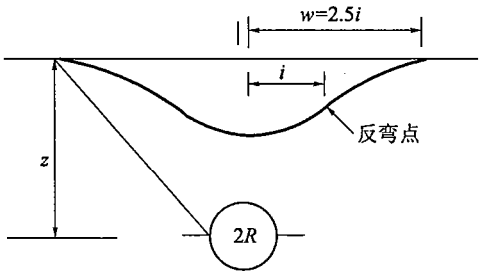
3 既有建(构)物重要性的评估,可按附录B表B-4确定。

4 城市隧道工程施工方法的特点及其对环境的影响评估。

5 工程地质和水文地质对工程和环境的影响评估。

6 城市隧道工程的风险评估及相关专项设计给定的安全控制指标的确定。

5.2.2 城市隧道施工引起地面沉降的范围和影响程度可按附录B表B-3确定。对盾构隧道施工引起地面沉降的影响范围 w(图5.2.2),也可按下列公式估算,并结合附录B表B-3确定的结果取大值。



5.2.2 盾构隧道施工引起的地面沉降影响范围

$$w = 2.5i \tag{5.2.2-1}$$

$$i = R\left(\frac{z}{2R}\right)^n \tag{5.2.2-2}$$

或

$$i=\frac{z}{\sqrt{2\pi}\tan(45^\circ-\bar{\varphi}/2)} \tag{5.2.2-3}$$

式中:R——盾构隧道外半径(m);

z——隧道中心埋深(m);

n——土体系数,取0.8~1.0;

$\bar{\varphi}$——隧道埋深范围内土体内摩擦角加权平均值(°);

i——沉降槽宽度系数(可取隧道中心至沉降曲线反弯点的距离)(m)。

5.2.3 托换工程施工前应核查原城市隧道风险评估的调查与结构检测结果,并根据需要做必要的补充调查与结构检测。

5.3 穿越区建筑物托换

5.3.1 托换设计前应具备下列资料:

1 托换工程所在区域的工程地质和水文地质资料。

2 托换工程前的风险识别(城市隧道施工影响程度范围、风险等级)和安全评估结论。

3 城市隧道工程设计、风险专项设计的技术要求。

4 托换工程前安全评估、专项设计提出的安全控制标准。

5.3.2 托换设计应符合下列规定:

1 托换方案应根据结构类型、荷载情况、基础形式、施工空间大小和地质条件等因素确定。

2 托换桩为摩擦桩时必须采用主动托换方式。

3 经计算评估被托换建筑物变形大于规定变形控制值时,应采用主动托换方式。

4 当隧道施工引起托换桩的下沉时,应采用主动托换的方式。

5 经计算评估被托换建筑物变形满足规定变形控制值时,可采用被动托换方式。

6 对一级既有建筑物、风险等级为特级和一级的托换工程,应采用主动托换的方式。

5.3.3 城市隧道穿越建筑物的平面布置方式可分为沿建筑物侧向边缘穿越、沿建筑物纵向轴线中间穿越、与建筑物斜向交叉穿越。

5.3.4 当城市隧道沿建筑物侧向边缘穿越时,可采用下列托换方法:

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1　当城市隧道施工对建(构)筑物造成的影响比较轻微时，可采用加强建筑物整体刚度、强度或采用隔断保护措施的方法。

2　当城市隧道施工对建筑物造成的影响较大时，可采用在建筑物影响区内进行地基与基础加固处理，并增加隔断保护措施。

3　当城市隧道施工仅对建(构)筑物地面造成影响时，可采用在建筑物地面影响区内预先进行地面和地基与基础加固处理方法。

5.3.5　当城市隧道沿建筑物纵向轴线中间穿越时可采用表 5.3.5 的托换形式，并可采用下列托换方法：

1　当城市隧道施工需切断建筑物下桩体穿越时，必须采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系。

2　当城市隧道施工在桩尖以下土层(岩石)穿越时，视穿越对桩的影响程度，可采用桩梁式托换体系或者扩大承台增加新桩加固、基础灌浆、加强建筑物整体刚度和强度等方法。

3　当城市隧道施工穿越建筑物边沿轴线，且建筑物边缘轴线处不具备施工条件时，可采用室内设置桩支点做桩梁托换体系或者桩梁加斜撑托换体系。

4　对于城市隧道施工穿越天然地基、复合地基等建筑物基础的托换，视影响情况可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系。

表 5.3.5　托换结构形式

序号	托换结构形式	适　用　条　件
1	桩梁式托换结构	土质较好，上部结构较轻的一般建(构)筑物
2	桩筏式托换结构 (包括带格构式的筏板)	土质较好，有地下箱筏结构的建筑物
3	扩大承台式托换结构	采用多桩支承，扩大承台上托梁式或格构式筏板
4	排桩式托换结构	为防流沙或桩间塌土，保证作业空间，上托梁式或梁板式托换结构

续表 5.3.5

序号	托换结构形式	适 用 条 件
5	连续墙式托换结构	地下水位较高，确保作业空间，上托梁式或梁板式托换结构
6	墩柱式托换结构	上部结构较重，需扩大基底支承面积，上托梁或梁板式托换结构
7	空心井柱式托换结构	上部结构较重，需扩大基底支承面积，上托梁或梁板式托换结构成孔后可在现场装配预制井壁
8	沉井式托换结构	上部结构较重，需扩大基底支承面积，上托梁或梁板式托换结构，现场边开挖边下沉井筒，适用于复杂场地

5.3.6 当城市隧道与建筑物斜向交叉穿越时，可采用下列托换方式：

1 对于城市隧道通过建筑物轴线中间穿越时，可按本规程第5.3.5条进行托换处理。

2 对于城市隧道通过建筑物轴线边缘穿越时，可按本规程第5.3.4条进行托换处理。

5.3.7 当采用桩梁托换法、桩筏托换法时，应评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响，对产生影响的基础应先加固处理后进行托换桩的施工。

5.3.8 布置托换桩时，托换桩与隧道开挖净距不应小于1m。托换桩桩尖进入隧道底下土层不宜小于1m。当隧道穿越岩层，且托换桩与隧道开挖净距大于2m时，可根据岩层特征情况设计桩身长度，且满足承载能力的要求。

5.3.9 对大跨度托换梁应采用主动托换方式，消除新桩沉降和提前完成托换梁的变形，并应在隧道穿越施工过程中配合隧道施工进行主动顶升。

5.3.10 当采用桩基进行被动托换时，宜采用桩底后压浆技术。

5.3.11 同一托换桩梁采用多桩或大直径单桩构成支点的桩基托换预顶施工时，应设置预顶承台，并应根据预顶承台平面面积设置

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

不少于3个预顶千斤顶。

5.3.12 主动托换顶升施工应符合下列要求：

1 托换顶升应分级加载，每级顶升荷载增量为总荷载的10%，分级顶升加载间隔时间不应少于5min。初始顶升荷载可为每级顶升荷载增量的50%。

2 预顶过程中应增设辅助支点，辅助支点可为混凝土短柱、小型钢柱与打钢楔配合。

3 预顶支点处上下支点应根据荷载情况设置钢垫板，具体确定，尺寸不应小于200mm×200mm，板厚不应小于10mm。

4 辅助支点与传力钢垫板与底部托换预顶承台应可靠连接，辅助支点与托换梁应垂直。

5 顶升完成后，辅助支点与托换梁之间通过打钢楔连接并焊接牢固。

6 当钢筋连接接头不能错开只能设置在同一连接范围内时，应根据受力特点在连接处增设加强钢筋、角钢等。

7 顶升后预顶承台与托换梁之间转换承台混凝土强度等级不应小于C30，且为细石混凝土，并对转换承台顶部进行二次压力注浆。

8 隧道开挖与主动托换法配合施工时，隧道开挖与支护进度应与上部托换顶升柱位置的设置相互协调对应，并应满足托换构件的变形要求。

5.3.13 托换梁与被托换结构连接应符合下列规定：

1 新旧结构连接面的混凝土表面应凿毛或凿槽，连接面抗剪验算应满足承载力要求。

2 当托换梁采用包柱式与托换柱连接时，托换梁与柱的连接处应增设加强箍筋。

3 浇筑混凝土前，原结构面应保持潮湿，新旧混凝土界面应涂刷界面处理剂或素水泥浆。

4 新旧结构之间应增加植筋、螺栓等抗剪连接件。

5　托换梁应采用微膨胀混凝土，且强度等级不应低于C30。

6　在同一区域内托换梁的钢筋穿越原结构受力构件时，应有可靠的安全措施。

5.4　影响区建筑物托换

5.4.1　对按本规程第5.2.2条确定的影响区范围内的既有建筑物应进行影响程度分析，并提出预防措施。必要时应对既有建筑物的地基或基础预先进行加固处理。

5.4.2　当城市隧道工程施工对既有建筑物造成的影响范围较大时，可采用隔断墙将既有建筑隔开。隔断墙可采用钢筋混凝土灌注排桩、钢板桩、树根桩、水泥土搅拌桩、高压喷射注浆、注浆加固或地下连续墙等方法。

5.4.3　当既有建筑物位于Ⅰ级和Ⅱ级影响区内时，应对既有建筑地基进行加固。加固方法可选用锚杆静压桩、树根桩、高压喷射注浆或注浆加固等。

5.4.4　当既有建筑物位于Ⅲ级影响区内时，可采用增加剪力墙、斜撑、柱梁及加强既有建筑结构刚度和强度的方法。

5.4.5　对在城市隧道工程施工影响区范围内的通信电缆、有压管道、易燃和易爆管道等对地层变形极其敏感的重要管线，应采取预防措施，宜将其暴露并采用悬吊等措施。

5.4.6　对影响区托换工程施工时，应对其施工影响区范围内既有建筑物的沉降和水平位移进行严密的监测。

5.4.7　城市隧道工程影响区建(构)筑物保护措施可按表5.4.7选取。

表5.4.7　影响区建筑物保护措施

序号	工程保护措施	方　法
1	建筑物地基加固	建(构)筑物基础埋置深度较浅时，可采用注浆法、树根桩法、灌注桩法等加固地基。加固深度应至地铁隧道底板下1m～2m

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

续表 5.4.7

序号	工程保护措施	方　法
2	建筑物基础加固	基础下增加基桩，可采用静力压桩法、锚杆静压桩法等； 基础加深法、箜梁法、扩大基础面积法等
3	上部结构调整加固	增加剪力墙、加斜撑、加柱梁、加强上部结构刚度等
4	设置隔离保护结构	在城市隧道与建(构)筑物间设置隔离保护结构，可采用： (1)水泥土搅拌桩墙法；　(2)高压喷射注浆法； (3)钢筋混凝土排桩法；　(4)地下连续墙法； (5)钢板桩墙法；　(6)注浆法
5	综合法	根据工程具体条件，采取上述两种方法综合处理

5.5 质量控制

5.5.1 托换工程的质量控制应按国家现行有关标准的相关规定执行，并应满足设计要求。

5.5.2 对重要工程或周边环境复杂的工程，对风险等级评定为特级和一级的建筑物质量控制标准应通过专项设计确定。

5.5.3 隧道施工的周边工程和设施的监测控制标准应符合设计要求，并可按附录C确定。

6 建筑物托换技术

6.1 一般规定

6.1.1 建筑物托换按部位可分为上部结构托换、基础托换与地基处理。

6.1.2 改变原结构使用功能的结构改造托换可采用局部或整体顶升、开洞、扩洞、抽柱法、抽墙法、抽梁法、增加或改变结构构件等方法。

6.1.3 恢复灾损建筑物原结构安全状态的托换可包括震损、浸蚀、地下洞穴及采空区、软弱地基沉陷等灾损的处理托换。

6.1.4 建筑物托换设计应符合下列规定：

1 应对托换结构或构件进行设计、计算，根据计算结果采取相应处理措施。

2 应避免结构中出现薄弱构件、薄弱层、刚度突变部位。

3 对被托换梁、柱、墙拆除后导致的该层刚度减小，应采取措施提高其他构件的刚度，使刚度均匀、对称。

4 当被托换结构出现不满足国家现行有关标准的质量指标时，应采取相应措施，或降低使用功能，但应满足使用安全要求。

6.1.5 基础托换、地基处理的设计与施工除满足本规程的要求外，尚应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225、《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269 的要求；当扩大基础底面积采用混凝土围套时，尚应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6.1.6 下列情况可进行整体顶升托换：

1 建筑物因地震灾害造成某层柱严重破坏，而其他层相对完好时；

2 因建筑使用功能变化而需增加层高时；

3 软弱地基上基础沉降过大，或因周围地坪高度提升等，影响使用功能时；

4 重要建筑物或古建筑物，由于城市规划或其他原因要求提高其建筑高度时。

6.1.7 下列情况可进行局部支顶托换：

1 梁、柱或墙体承载力严重低于设计要求；

2 梁、柱或墙体因地震或其他灾害损坏严重；

3 墙体开设宽度不大于 1.0m 的洞口。

6.1.8 下列情况可通过增加传力结构或构件进行托换：

1 墙体开设宽度大于 1.0m 的洞口；

2 拆除承重墙体；

3 拆除承重柱。

6.1.9 建筑物遭受洪水、化工污水或盐碱地积水的浸蚀影响安全使用，应同时采用结构托换补强与治理浸蚀环境的措施。对受到洪水、浸蚀的建筑物，必要时可增设防撞坝、防撞墙、防撞墩或涂抹防护剂等保护性措施。

6.1.10 拆除施工前应进行可靠支顶，托换结构完成并达到设计要求后方可进行拆除施工；拆除施工时应分期、分批进行，先拆成水平缝，然后对托换结构及受影响结构进行变形、裂缝监测，必要时应进行应力(应变)监测。当确认满足相关标准及设计要求后，方可拆除下部剩余部分。拆除完成后，应继续监测至变形稳定。

6.2 建筑物结构改造托换

6.2.1 建筑物上部结构改造托换宜包括增加层高、改变开间或进深、墙体开设洞口等。

6.2.2 增加层高可采用下列托换技术：

1 建筑物某层增加层高时，可采用整体顶升。顶升的设计与施工可按国家现行标准《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225 中升降移位的要求进行。

2 建筑物局部增加层高时，可采用局部顶升法、抽梁法、抽墙法和抽柱法处理。

6.2.3 建筑物改变开间或进深可采用抽墙法、抽柱法处理。

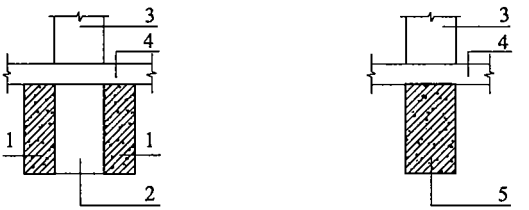
6.2.4 建筑物墙体开设洞口时，可按下列规定采用相应托换技术：

1 开设洞口宽度为 1.5m～2.4m，且宽度不大于墙体长度的 1/2 时，应对洞口上方的墙体进行支顶，应加设过梁与边框柱；

2 开设洞口宽度大于 2.4m 或宽度大于墙体长度的 1/2 时，应按抽墙法进行托换。

6.2.5 采用抽墙法进行托换时，宜符合下列规定：

1 托换构件可采用钢筋混凝土夹墙梁、钢筋混凝土矩形截面梁(图 6.2.5-1)、钢托梁等。



(a) 夹墙梁　　(b) 矩形截面梁

图 6.2.5-1　抽墙法钢筋混凝土托梁截面

1—夹墙梁；2—夹墙梁范围内保留墙体；3—上层保留墙体；4—楼板；5—矩形截面梁

2 采用钢筋混凝土夹墙梁时，在欲拆除墙体上端两侧设置钢筋混凝土夹墙梁，在夹墙梁的两端设置钢筋混凝土边柱。在夹墙梁范围内隔 1m～1.5m 设置拉梁(图 6.2.5-2)，拉梁截面宽度不

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

宜小于 250mm，高度不宜小于夹墙梁高度；

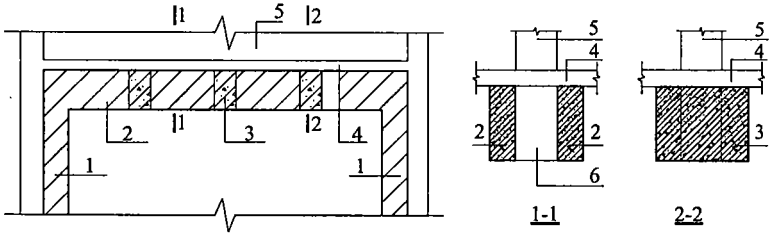


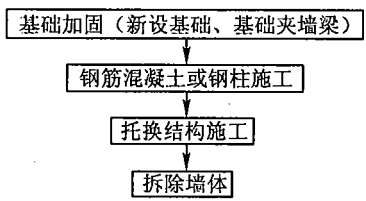
图 6.2.5-2　夹墙梁法

1—边框柱；2—夹墙梁；3—拉梁；4—楼板；5—上层保留墙体；
6—夹墙梁范围内保留墙体

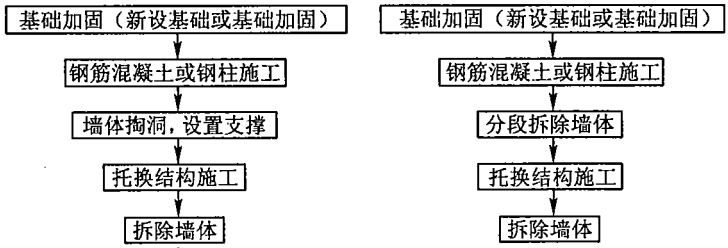
3　当采用钢筋混凝土矩形截面托梁时，可采取分段或掏洞设置支撑后做托梁的施工方法。支撑分段施工时，每段长度不宜大于 1m，且不大于墙体长度的 1/3；掏洞设置支撑时，支撑间距不宜大于 1m。

4　当采用钢托梁时，钢托梁宜在墙体两侧对称设置，并通过穿墙螺栓等措施进行拉结。

5　计算托梁内力时，支座应按实际情况确定或支座弯矩按固定端计算，跨中弯矩按简支梁计算。当上部层数较多时，可按墙梁进行计算，墙梁的计算应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定进行。托梁自身、上部墙体、顶梁应满足相应构造要求。



（a）夹墙梁施工



（b）矩形截面梁掏洞设置支撑施工　　（c）矩形截面梁分段施工

图 6.2.5-3　抽墙法施工顺序

6　采用钢筋混凝土夹墙梁或钢托梁时，应采取措施防止夹墙梁或钢托梁范围内保留部分的砌体脱落。

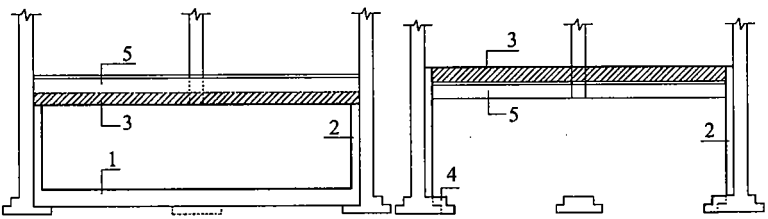
7　抽墙法施工顺序可按图 6.2.5-3(a)、(b)、(c)的程序进行。

8　采用钢筋混凝土托换结构时，待混凝土强度达到设计要求后方可拆除墙体或支撑。

6.2.6　采用抽柱法进行托换时，应符合下列规定：

1　在欲拆除柱上端，根据空间情况可在梁板下或梁板上设置托换结构。根据托换结构所承担的欲拆除柱荷载及梁跨度，可选用钢筋混凝土梁、预应力钢筋混凝土梁、钢桁架、钢筋混凝土桁架或整层高的 X 形支撑托架等托换结构（图 6.2.6-1～图 6.2.6-3）；托换结构宜利用原梁的承载力，必要时应对原梁进行加固处理。

2　抽柱法的施工顺序应按图 6.2.6-4 的程序进行。



(a) 板下设置　　(b) 板上设置

图 6.2.6-1　钢筋混凝土托梁托换

1—新设基础梁；2—端柱；3—托梁；4—扩大基础；5—原梁、楼板

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

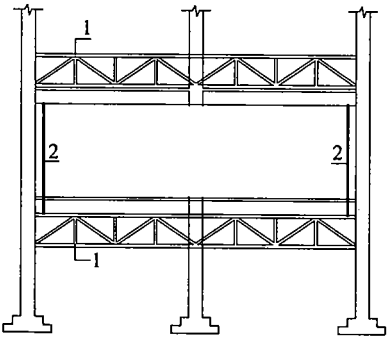


图 6.2.6-2　钢、钢筋混凝土桁架托换

1—钢(钢筋混凝土)桁架;2—端柱

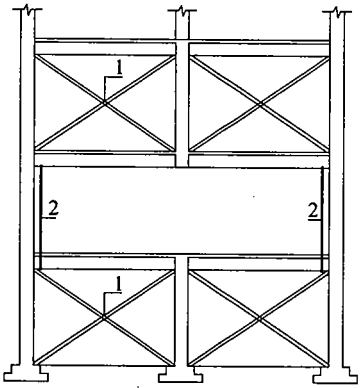


图 6.2.6-3　X 形托架托换

1—X 形钢托架;2—端柱

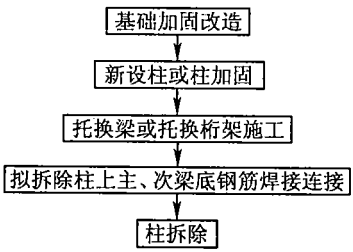


图 6.2.6-4　抽柱法施工顺序

3　采用钢筋混凝土托换结构时,待混凝土强度达到设计要求后方可拆除柱。

6.2.7　建筑物结构改造托换设计应符合下列规定:

1　墙体开洞、抽墙、抽柱影响整体结构的受力状况,可按下列规定处理:

1) 洞口宽度≤1.0m,且该墙所有洞口总宽度不大于墙体总长 1/3 时,应对该墙体竖向承载力进行验算;

2) 洞口宽度>1.0m,或抽除 1 根承重柱时,应对局部结构

进行验算，并根据验算结果增加托换结构端柱；

3）当不符合本款第1）、2）项的要求时，应对托换改造后的结构进行整体验算，并采取相应措施。

2 当利用钢筋混凝土框架梁作为托梁，并利用原梁底纵向钢筋作为托梁受拉钢筋时，应复核原框架梁在该支座处的钢筋面积与搭接长度，当梁底钢筋不满足搭接长度要求时，应采取下列措施：

1）采用附加钢筋与原纵向钢筋焊接，附加钢筋与原纵向钢筋的级别、直径相同；

2）在搭接范围内增设U形箍筋或U形纤维片材。

3 托换结构周围的影响构件或整体顶升后的竖向构件，应复核其计算高（长）度变化后的承载力及箍筋加密等构造措施。

4 多跨连续梁、多跨框架梁、多跨连续板拆除部分跨梁、板后，计算简图发生变化，中间跨变为边跨，应复核其承载能力，当为框架结构时，应复核框架柱承载能力。

6.2.8 支撑设计与施工应符合下列规定：

1 支撑计算的荷载取值，不应小于欲拆除墙段或柱子承受的实际荷载值。当支撑在地面时，支撑的地基应进行承载力验算，必要时应设临时基础。

2 应根据支撑力验算上、下端原有梁（板）的剪切（冲切）承载能力。

3 支撑构件可根据荷载情况选用钢管、圆木等，上、下端应用钢板、木板等垫板。

4 支撑布置应根据上部梁、板的情况，宜布置在梁下，无梁时可布置在板下。

5 支撑下端应在相对方向用铁楔或木楔楔紧并焊接（钉）牢固。

6 重要工程宜在工程支撑旁设置千斤顶临时支撑。支顶力加至设计要求后，应楔紧工程支撑。当千斤顶顶力值回零时，应固

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

定工程支撑，再卸除千斤顶临时支撑。

6.2.9 建筑物增加荷载使既有地基、基础承载力不足或变形过大时，根据原基础、地基状态和荷载大小，宜进行基础托换或地基处理，处理时可按国家现行标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 执行。当有可靠经验时，也可采用其他方法。

6.2.10 对房屋使用多年后的地基，其承载力确定时应对非刚性基础的抗冲切、抗弯承载力进行复核验算。

6.3 灾损建筑物托换

6.3.1 根据建筑物震损情况可采用下列托换方法：

1 当建筑物某层严重损毁，其他各层基本完好时，可采用顶升托换技术，顶升设计与施工可按现行协会标准《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225 升降移位的规定执行。

2 当砖混结构房屋窗间墙或横墙出现严重的 X 形裂缝，局部砖块破碎或脱落时，可将墙体上部的梁板进行临时支顶，并重新砌筑墙体，砌筑砂浆强度等级应较原墙体等级提高一级。

3 当框架结构房屋中承重柱混凝土破损、钢筋屈服或混凝土强度严重不足时，应先进行支顶或顶升，待梁板复位后，拆除破损或强度严重不足的混凝土柱，修补钢筋后重新浇筑混凝土，新混凝土强度等级应较原柱混凝土强度等级提高一级，且不应小于 C25。

4 当地震引起框架结构、底框结构某层及上下相关楼层出现水平位移时，托换宜通过增大下部楼层框架柱的截面，减小上部楼层的框架柱或墙体与下部框架柱间的偏心影响，偏心荷载大时可采用恢复原位措施。

5 当地震引起建筑物地基土液化而产生过量沉降或倾斜时，可对地基进行注浆、静压桩等加固措施、基础抬升和纠倾处理措施。

6.3.2 根据建筑物浸蚀状况的不同，可采用下列托换方法：

1 对浸蚀的砖墙体可采取分段拆换重新砌筑的托换技术，分

段长度不宜大于1.0m，并可按拆一留三的方式分批进行拆换；整体拆除某片墙体并砌筑新的砌体时，应先采取临时托换支顶措施；新砌体材料应选用耐腐蚀性材料，块材强度不宜低于MU10，砌筑砂浆强度宜采用不低于M5的水泥砂浆或其他专用耐酸、耐碱水泥砂浆；新砌体的上端应用膨胀性水泥砂浆、混凝土与原墙体充填密实。

2 钢筋混凝土柱、墙遭受浸蚀损害时，托换处理应符合下列规定：

应根据损害程度采用临时支撑措施，然后进行托换处理；采取防止浸蚀物质继续腐蚀混凝土、钢筋的措施；对锈蚀钢筋进行除锈，根据锈蚀程度增焊钢筋，再支模浇灌混凝土，新浇筑混凝土的强度等级应提高一级，且不低于C25；钢筋混凝土墙体受浸蚀后的托换施工可按本条第1款的砖墙分段分批方法进行。

3 对受洪水浸蚀或位于洪水潜在淹没范围内的建筑物，托换设计应符合下列规定：

托换后的基底标高应在最大洪水冲刷线1.0m以下；当地基受浸蚀后强度降低、变形增大或基底掏空时，应对地基进行加固处理；对浸蚀损害的基础，应先清除腐蚀物，后根据损害程度采取填充、加固、托换的处理措施；处理方法可按国家现行标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269进行。

4 位于化工污水或盐碱地积水等浸蚀环境的建筑物，托换时应将被腐蚀部分剔除清理干净，剔除深度超过浸蚀面不应小于10mm；在托换结构或构件表面应涂抹防护剂，也可根据浸蚀速率，采取增大截面尺寸等减轻浸蚀损害的措施。

6.3.3 根据地下洞穴及采空区的不同状况，宜采取下列处理措施：

1 当地下洞穴及采空区位于建筑物下方，且范围广、深度大，洞顶地层开裂且不稳定时，应及时回避、疏散。

2 当地下洞穴、采空区稳定或虽不稳定但不会发生塌陷危害

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

时，应先对地下洞穴、采空区进行治理，可先采用充填粗骨料并注浆等方法，后对建筑物进行加固托换处理，可选用增加上部结构或基础整体刚度、扩大基础底面积、锚杆静压桩、树根桩等加固技术措施；当地下洞穴或采空区影响范围小时，可采用抬墙梁式托换法将建筑物基础荷载传递转移到地下洞穴、采空区以外的地层；当建筑物局部受地下洞穴、采空区影响时，可进行局部托换或移位处理。移位时按现行协会标准《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225 进行。

3 当洞穴边缘为岩体时，可采用加基础梁，将洞穴上建筑物基础的荷载传递转移到洞穴边稳定的岩体上。当洞穴边缘为土体时，宜将基础荷载通过托换结构传递到洞穴底部的坚实持力土层，也可通过桩梁托换结构将基础荷载传递到洞穴两侧的坚实土层上。

4 当地下洞穴较深时，应进行成桩的可行性分析，采用桩基础托换，桩端进入不受地下洞穴、采空区影响的稳定密实土层不应小于 1.0m。

6.3.4 根据建筑物下软弱地基的情况采用下列托换方法：

1 当建筑物基础下存在液化砂层、软弱夹层或暗塘、暗沟时，应根据软弱地层的埋深和厚度，采用挖除换填、加深基础、静压桩、锚杆静压桩、旋喷桩、树根桩等方法加固处理。

2 当建筑物基础下存在厚层或深厚软弱土层时，可采用增加建筑物结构刚度、强度、基底面积、卸除部分荷载等加固方法，也可将基础改造成可顶升的结构，当沉降量过大影响正常使用时，用千斤顶将建筑物顶升至所需高度，顶升设计及施工可按国家现行标准《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225 或《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 执行。

3 对因暖气、上水、下水管道和水池漏水造成局部地基土软化引起建筑物不均匀沉降，应先消除漏水源，后采用锚杆静压桩、石灰桩、挤密桩、旋喷桩等可行加固方法处理。

4 当建筑物基础位于湿陷性黄土地基上时，可采用灰土桩、

树根桩、锚杆静压桩或灌注桩等方法加固地基，加固深度应穿透湿陷性黄土层。

5 当建筑物基础位于膨胀土地基上时，对弱、中等膨胀土可采用设置宽散水、加强上部结构及基础刚度等措施；对强膨胀土，可采用锚杆静压桩、树根桩、坑式静压桩或加深基础等方法。桩端或基底应埋置在非膨胀土层或伸入到周围环境影响深度以下的土层 0.5m。基础梁底面应高于膨胀土层，脱空 100mm。

6.4 质量控制

6.4.1 建筑物托换工程施工的质量控制应满足设计要求或国家现行有关标准的规定。

6.4.2 基础托换应进行沉降观测，直至沉降稳定。稳定后的整体沉降、局部沉降和倾斜值应满足设计要求和国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定。

6.4.3 托换梁或托换桁架的挠度变形应符合表 6.4.3 的规定。

表 6.4.3 托换梁、托换桁架的挠度允许值

托换梁或托换桁架	挠度容许值
钢桁架、钢托换梁	$l/400^{*}$；$l/500^{**}$
钢筋混凝土托梁	
$l<7$m 时	$l/250$
7m$\leqslant l\leqslant$9m 时	$l/300$
$l>9$m 时	$l/400$

备注：1 表中“*”为永久荷载和可变荷载标准值组合后产生的挠度；“**”为可变荷载标准值产生的挠度；

2 l 为托换梁或托换桁架的计算跨度（对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的 2 倍）；

3 如果构件制作时预先起拱，且使用上也允许，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值；对预应力混凝土构件，尚可减去预加力所产生的反拱值。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6.4.4 混凝土构件设计时的裂缝控制应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，进行裂缝检测时其宽度应符合现行国家标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7 托换工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 根据建(构)筑物托换工程的要求和特点，应对涉及托换工程及结构安全的重要部位进行静态监测或静态与动态同时监测。

7.1.2 施工单位应进行托换过程的实时监测，必要时应由具有相应资质的专业监测单位进行第三方监测。

7.1.3 对托换工程的监测数据，应进行相互验证、分析并及时反馈。监测标准应满足工程设计要求及本规程和相关技术标准的规定。

7.1.4 重要建(构)筑物的托换工程完工后尚应继续监测，监测时间应满足工程设计要求和国家现行有关标准的规定。

7.1.5 监测所要求的测量仪器、测量精度、测点布置、监测时间、测量标准等除应满足工程设计要求外，尚应符合国家现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 等的规定。

7.2 桥梁托换工程监测

7.2.1 桥梁托换监测应包括施工前监测、施工中监测和施工后监测，对桥面构造、支撑构造的变形及内力变化提供实时数据。

7.2.2 测点布置应遵循下列原则：

1 在桥面、盖梁、墩台、承台等处应布置水准测量点。

2 在连续梁的跨端、跨中及 1/4 跨处应设置应变测点，对于固定的墩及钢架结构，应变测点应根据计算分析设于内力最大处。

3 在产生相对位移的构件上应设置位移监测点。

7.2.3 在一些重要的部位应进行全自动实时监测，可采用电子水

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

准仪、经纬仪、全站仪、静力水准仪、应变采集仪、位移传感器、百分表、光纤传感器等。

7.2.4 斜拉索更换时，监测索位移应符合设计要求；锚具轴线与孔道轴线偏位应小于5mm。

7.2.5 吊杆更换时应监测吊杆长度、吊杆拉力、位置和高程，两侧高差应小于20mm。

7.2.6 主缆防护应监测缠丝间距、缠丝张力和防护层厚度。

7.3 城市隧道穿越托换工程监测

7.3.1 穿越既有地铁线和地面铁路时应对结构、道床和轨道进行托换施工全过程的监测。

7.3.2 托换工程变形监测点的布置应符合下列规定：

1 应根据被托换建(构)筑物的重要程度、地基基础类型、结构形式和现状、托换位置和方式、隧道施工穿越时间和托换时间等因素布置监测点。监测点的布置应方便监测。

2 烟囱、水塔等高耸构筑物，应在其基础周边对称布置监测点。

3 城市桥梁应在桥墩、盖梁、梁、板结构上布置监测点。

4 地下管线应在管线的接头处及管线对变形敏感部位布置监测点。

5 有压管线和抗变形能力差、质量现状差的管线应重点布置监测点。

6 当采用桩梁式托换体系主动托换方式时，监测布点每梁不应少于3点，每柱和桩头不少于1点，在可能产生局部倾斜的位置应布点。

7 当为被动托换方式时，监测布点每柱不应少于1点，在可能产生局部倾斜的位置应布点。

7.3.3 城市隧道穿越托换工程监测应符合国家现行有关标准的规定。

7.4 建筑物托换工程监测

7.4.1 建筑物托换工程的监测项目宜符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 建筑物托换工程的监测项目

托换方法	监测项目				
	沉降	倾斜	变形	裂缝	应变(应力)
整体顶升	√	√	△	√	△
抽墙法	√	△	√	√	△
抽柱法	√	△	√	√	△
抽梁法	△	△	√	√	△
基础托换	√	√	√	√	△

注:√—应选项目;△—可选项目。

7.4.2 建筑基础和建筑主体以及墙、柱等的变形监测,应按一定周期测定其变形值。观测周期应根据荷载情况、设计、施工要求确定。

7.4.3 基础托换时,建筑物的整体沉降、局部沉降、倾斜值应满足设计要求和相关现行国家标准的规定。基础变形的测点应沿基础轴线或边线布设,每一轴线或边线上不得少于 3 点。

7.4.4 上部结构托换监测变形时,监测点应布置在拆除施工影响范围之外,每个构件的测点数不得少于 3 点,并分别布置于构件两端和跨中某特征点。变形值应符合国家现行有关标准的规定。

7.4.5 托换施工时应对托换结构或构件及影响构件进行裂缝监测,裂缝监测宜包括裂缝宽度、深度、长度、走向及其变化,裂缝宽度不得超过国家现行有关标准的要求。

7.5 托换工程裂缝动态监测

7.5.1 裂缝(裂纹)动态监测可包括对反映裂缝存在及扩展的位移、应变、倾斜度、裂缝宽度等几何参量的监测;也可包括对裂缝或裂纹的活动性、发展性以及对悬吊桥、后张力桥的缆索、缆丝崩断

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

等状态变化过程的监测。

7.5.2 对于几何参量的动态监测应按国家现行有关标准的规定执行。对于裂缝(裂纹)的活动性与发展状况的监测,宜采用声发射动态监测技术并按本规程的要求执行。

7.5.3 裂缝声发射动态监测可在托换前、托换过程及托换完成后等不同阶段进行。

7.5.4 用以裂缝动态监测的声发射系统性能应符合国家现行标准《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》GB/T 18182、《无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法》JB/T 10764 的规定。

7.5.5 根据被监测对象与结构材料的不同,可按下列原则选用声发射传感器、相应的滤波器及声发射定时参数(PDT-峰值定义时间,HDT-撞击定义时间,HLT-撞击闭锁时间):

1 钢结构的监测宜选用频率为 150kHz 或 300kHz 的共振型或宽带传感器,声发射定时参数宜选用 PDT-200μs、HDT-800μs、HLT-1000μs。

2 混凝土结构的监测宜选用频率为 30kHz 或 60kHz 共振型或宽带传感器,声发射定时参数宜选用 PDT-500μs、HDT-1000μs、HLT-2000μs。

3 悬吊桥、后张力桥缆索、缆丝的监测宜选用频率为 20kHz 以下的共振型传感器,声发射定时参数宜选用 PDT-1000μs、HDT-2000μs、HLT-10000μs。

附录 A　托换工程中千斤顶的选用

A.1　千斤顶的选用要点

A.1.1　千斤顶的承载力(或吨位)大小和数量应根据被托换的托换建筑物整体结构的受力状况分析计算确定。

A.1.2　千斤顶的行程应根据托换所需的高度或长度选择。

A.1.3　千斤顶的本体高度应根据放置千斤顶的空间选择。

A.1.4　千斤顶的作业方式应根据被托换物整体结构具体工况确定。

A.2　常用千斤顶的主要参数

A.2.1　超薄型千斤顶的主要参数可按表 A.2.1 确定。

表 A.2.1　超薄型千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	油缸内径 (mm)	外径 (mm)	额定压力 (MPa)
5	6～60	26～80	35	50	63
10	11～60	30～84	45	70	63
20	11～60	42～91	60	92	63
30	10～60	36～96	75	102	63
50	10～60	41～101	100	127	63
75	10～60	50～110	115	146	63
100	10～60	54～114	130	165	63
150	10～60	68～138	160	205	63
200	10～60	104～164	200	245	63

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

A.2.2 薄型千斤顶的主要参数可按表 A.2.2 确定。

表 A.2.2 薄型千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	油缸外径 (mm)	油缸内径 (mm)	额定压力 (MPa)	活塞外径 (mm)
5	20～80	46～106	59	35	63	25
10	20～80	52～130	70	45	63	35
20	20～80	60～135	92	60	63	45
32	20～80	68～136	102	75	63	50
50	20～80	74～142	127	100	63	70
75	20～80	84～160	146	115	63	70
100	30～80	100～164	165	130	63	90
150	30～80	114～170	205	160	63	115
200	16～80	135～199	245	200	63	150

A.2.3 自锁式千斤顶的主要参数可按表 A.2.3 确定。

表 A.2.3 自锁式千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	液压缸面积 (cm^2)	液压油容量 (cm^3)	本体高度 (mm)	外径 (mm)	重量 (kg)
65	50	87	433	125	140	15
110	50	147	734	137	175	26
170	45	231	1040	148	220	44
220	45	286	1284	155	245	57
280	45	367	1649	159	275	74
430	45	559	2515	178	350	134
560	45	731	3285	192	400	189

A.2.4 大吨位千斤顶的主要参数可按表 A.2.4 确定。

表 A.2.4 大吨位千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	活塞外径 (mm)	额定压力 (MPa)
50	160	335	70	63
100	160	345	100	63
150	160	345	125	63
200	200	385	150	63
320	200	410	180	63
500	200	440	200	63
600	200	460	200	63
800	100～1000	500～1300	320	63
1000	100～1000	500～1500	360	63

A.2.5 大行程千斤顶的主要参数可按表 A.2.5 确定。

表 A.2.5 大行程千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	本体高度 (mm)	活塞外径 (mm)	额定压力 (MPa)
50	250～1000	590～1340	100	33
100	250～1500	585～1835	120	40
200	250～2500	645～2895	160	45
320	250～2500	705～2955	200	52
400	250～1200	955～1655	220	50
500	250～2500	715～2965	250	50
600	250～2000	715～2465	280	50
800	500～1000	965～1465	300	50

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

A.2.6 穿心式千斤顶包括松卡式千斤顶和穿心式牵引千斤顶。松卡式千斤顶的主要参数可按表 A.2.6-1 确定；穿心式牵引千斤顶的主要参数可按表 A.2.6-2 确定。

表 A.2.6-1 松卡式千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	工作油压 (MPa)	液压行程 (mm)	提升(牵引)杆直径 (mm)	提升(牵引)杆
16	16	100	32	钢棒
25	25	100	38	钢棒
100	25	200	55	钢棒
30	25	100	18	钢绞线

表 A.2.6-2 穿心式牵引千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	行程 (mm)	工作压力 (MPa)	穿心孔直径 (mm)	钢绞线根数 (根)	钢绞线直径 (mm)
20～26	150～250	50～63	16～18	单根	15
100	200	51	90	3～5	15
150	200	51	128	6～7	15
250	200	54	136	8～13	15
350	200	54	190	14～15	15
400	200	52	190	19	15
500	200	49	196	21～22	15
650	200	49	240	25～27	15
900	200	54	280	37～43	15
1200	200	51	275	55	15

A.2.7　同步千斤顶的主要参数可按表 A.2.7 确定。

表 A.2.7　同步千斤顶的主要参数

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直径 (mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站的功率
50	225	100	140	70	100	40	63	50t～200t 可选配 0.55kW 0.75kW 1.5kW 4kW 5.5kW 7.5kW 11kW
	285	160	140			46		
	325	200	140			53		
	425	300	140			68		
	625	500	140			79		
	725	600	140			91		
	925	800	140			103		
	1125	1000	140			114		
	1625	1500	140			150		
	2125	2000	140			196		
100	250	100	180	100	140	66	63	
	310	160	180			71		
	350	200	180			88		
	450	300	180			106		
	650	500	194			113		
	750	600	194			143		
	950	800	194			176		
	1150	1000	194			199		
	1650	1500	194			286		
	2150	2000	194			378		
150	285	100	233	125	180	71	63	
	345	160	233			81		
	385	200	233			91		
	485	300	233			123		
	685	500	245			165		
	785	600	245			199		
	985	800	245			233		
	1185	1000	245			273		
	1685	1500	245			368		
	2185	2000	245			470		

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直径 (mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站的功率
200	285	100	250	150	200	110	63	50t～200t可选配0.55kW 0.75kW 1.5kW 4kW 5.5kW 7.5kW 11kW
	345	160	250			133		
	385	200	250			156		
	485	300	273			191		
	685	500	273			241		
	785	600	273			292		
	985	800	273			342		
	1185	1000	273			392		
	1685	1500	273			510		
	2185	2000	273			690		
320	310	100	325	180	250	216	63	可选配 1.5kW 4kW 5.5kW 7.5kW 11kW
	370	160	325			260		
	410	200	325			288		
	510	300	350			331		
	710	500	350			466		
	810	600	350			498		
	1010	800	350			528		
	1210	1000	350			558		
	1710	1500	350			750		
	2210	2000	350			960		
400	355	100	377	200	280	218	63	可选配 4kW 5.5kW 7.5kW 11kW 15kW
	415	160	377			251		
	455	200	377			310		
	555	300	402			387		
	755	500	402			486		
	855	600	402			510		
	1055	800	402			540		
	1255	1000	402			570		

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直径 (mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站的功率
500	360	100	420	250	320	420	63	可选配 4kW 5.5kW 7.5kW 11kW 15kW
	420	160	420			441		
	460	200	426			461		
	560	300	426			511		
	760	500	426			719		
	860	600	426			760		
	1060	800	426			810		
	1260	1000	426			869		
630	417	100	480	280	360	560	63	可选配 5.5kW 7.5kW 11kW 15kW
	477	160	480			633		
	517	200	480			696		
	617	300	505			898		
	817	500	505			1250		
	917	600	505			1660		
	1117	800	505			2070		
	1317	1000	505			2450		
800	488	100	540	320	400	896	63	可选配 7.5kW 11kW 15kW
	598	200	540			1040		
	698	300	550			1380		
	898	500	550			1520		
	998	600	550			1750		
	1198	800	550			1980		
	1398	1000	550			2280		

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

续表 A.2.7

承载能力 (t)	本体高度 (mm)	行程 (mm)	油缸外径 (mm)	活塞杆直径 (mm)	油缸直径 (mm)	重量 (kg)	工作压力 (MPa)	推荐泵站的功率
1000	530	100	600	360	450	1286	63	可选配 7.5kW 11kW 15kW
	630	200	600			1332		
	760	300	625			1663		
	960	500	625			2063		
	1060	600	625			2480		
	1260	800	625			2890		
	1460	1000	625			3090		

附录 B　城市隧道工程自身风险和环境风险等级

表 B-1　城市隧道工程自身风险等级

等级	施工方法	地　铁　工　程
一级	矿山法	双层隧道
		净跨大于 15.5m 单层隧道(如地铁车站)
		净跨大于 14m 单层隧道(如地铁区间)
	盾构法	较长范围非常接近并行或交叠隧道
二级	矿山法	净跨大于 9m 的隧道
	盾构法	不良地质地段联络通道
		不良地质地段始发段和到达段
		较长范围接近并行或交叠隧道
三级	矿山法	净跨小于 9m 的隧道
	盾构法	一般隧道
		较长范围较接近并行或交叠隧道

表 B-2　城市隧道工程环境风险等级

等级	周边工程和设施	周边工程和设施所处风险区	穿越形式	施工方法
特级	1 既有地铁和地面铁路	—	下穿	矿山法
	2 桥梁	强烈影响区	下穿、侧穿	
一级	1 重要市政管线	强烈影响区	下穿	盾构法 矿山法
	2 重要既有建(构)筑物	显著影响区	下穿	
	3 河流、湖泊	—	下穿	
	4 既有地铁	—	上穿	
	5 既有地面线	显著影响区	邻近	
	6 重要桥梁	显著影响区	邻近	
	7 既有地铁和地面铁路	—	下穿	盾构法

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

续表 B-2

等级	周边工程和设施	周边工程和设施所处风险区	穿越形式	施工方法
二级	1 重要既有建(构)筑物	一般影响区	下穿	盾构法、矿山法
	2 重要市政道路	显著影响区	下穿	
	3 重要的市政管线	显著影响区	下穿	
	4 既有地铁线	显著影响区	邻近	
	5 重要桥梁	显著影响区	邻近	
三级	1 一般市政管线	显著影响区	下穿	盾构法、矿山法
	2 一般市政道路及基础设施		下穿	
	3 一般既有建(构)筑物	显著影响区	邻近	
	4 重要市政道路			

表 B-3 城市隧道施工影响范围和影响程度

施工方法	影响程度	区域范围	备注
矿山法	Ⅰ级(强烈影响区)	隧道正上方及外侧 0.7z 范围	z——隧道底板埋深(m)
	Ⅱ级(显著影响区)	隧道外侧(0.7～1.0)z 范围	
	Ⅲ级(一般影响区)	隧道外侧(1.0～1.5)z 范围	
盾构法	Ⅰ级(强烈影响区)	隧道正上方及外侧 0.5z 范围	z——隧道中心埋深(m)
	Ⅱ级(显著影响区)	隧道外侧(0.5～0.7)z 范围	
	Ⅲ级(一般影响区)	隧道外侧(0.7～1.2)z 范围	

注:本表适用于粉土、砂性土等较密实的土层的城市隧道施工影响范围和影响程度的确定。

表 B-4 既有建(构)筑物重要性等级

工程条件	重要性等级		
	一级	二级	三级
破坏后果	后果很严重。有重大国际或非常大的国内政治影响,经济损失严重	后果严重。严重政治影响,经济损失较大	后果一般。有一定的政治影响和经济损失

续表 B-4

工程条件	重要性等级		
	一级	二级	三级
既有建(构)筑物	古建筑、近代优秀建筑、重要工业建筑、10层以上高层建筑、高度大于24m的地上构筑物、重要地下构筑物、大跨度建筑	一般工业建筑、4层～6层多层建筑、7层～9层中高层建筑、10m～24m的地上构筑物、一般地下构筑物	次要的工业建筑、1层～3层低层建筑、小于10m的地上构筑物、次要地下构筑物
地下管线	有压管线、重要通信电缆	无压雨水、污水管线	无压其他管线
城市道路	停机坪、城市快速路、主干路、高速路	城市次干道	城市支路、人行道
城市桥梁	城市高架桥、立交桥主桥(连续箱梁)。铁路桥梁	立交桥主梁(简支T梁)、异形板、立交桥匝道桥	人行天桥、其他一般桥
既有城市轨道交通	地下区间轨道岔区	地下车站、地下区间其他部位、地面车站	通风竖井、风道、联络通道、地下车站出入口

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录C　城市隧道周边设施监测控制标准

1　既有建(构)筑物重要性等级见附录B表B-4；

2　以下各表适用于粉土、砂性土等较密实的土层的控制标准；

3　沉降平均速率为7d沉降数值的平均值。沉降最大速率为某一天的最大沉降值。

表C-1　建(构)筑物监测控制标准

监控项目	重要性等级			备　注
	一级	二级	三级	
允许沉降控制值(mm)	≤15	≤20	≤30	
差异沉降控制值(mm)	≤5	≤8	≤10	指测点间的沉降差值，测点间距离一般为20m左右
沉降最大速率控制值(mm/d)	≤1	≤1.5	≤2	
倾斜率控制值	≤0.002	—	—	基础倾斜方向的沉降差值与基础长(或宽)之比

表C-2　地下管线监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
允许位移控制值(mm)	≤10	≤20	≤30
倾斜率控制值	≤0.002	≤0.005	≤0.006

表 C-3　城市道路沉降监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
允许沉降控制值(mm)	≤10(停机坪) ≤20(其他)	≤30	≤40
沉降平均速率控制值(mm/d)	≤0.5(停机坪) ≤1 (其他)	≤2	≤2
沉降最大速率控制值(mm/d)	≤1(停机坪) ≤2(其他)	≤3	≤4

表 C-4　城市桥梁监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
桥梁墩台允许沉降控制值(mm)	≤15	≤25	≤30
纵向桥梁墩台差异沉降控制值(mm)	2	2	3
横向梁墩台差异沉降控制值(mm)	3	3	4
承台水平位移控制值(mm)	3	3	4

表 C-5　既有城市轨道交通结构监测控制标准

监控项目	重要性等级		
	一级	二级	三级
隧道结构允许沉降控制值(mm)	≤5	≤10	≤20
隧道结构允许上浮控制值(mm)	≤5	≤5	≤5
隧道结构允许水平位移控制值(mm)	≤3	≤4	≤5
差异沉降控制值(mm)	≤1	≤2	≤4
位移平均速率控制值(mm/d)	1	1	1
位移最大速率控制值(mm/d)	1.5	1.5	1.5

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

表 C-6　既有城市轨道交通线路轨道、道床监测控制标准

监　控　项　目	控制标准
轨道坡度允许控制值	1/2500
道床允许剥离量控制值(mm)	1
结构变形缝开合度控制值(mm)	5～7
轨道结构允许垂直位移量控制值(mm)	5～10

表 C-7　既有城市轨道交通地表沉降(隆起)监测控制标准

监控项目	重要性等级	
	矿山法	盾构法
地表沉降(mm)	≤30(区间)和≤60(车站)	≤30
地表隆起(mm)	—	≤10
位移平均速率控制值(mm/d)	2	1
位移最大速率控制值(mm/d)	5	3

表 C-8　既有铁路监测控制标准

监控项目	控制标准
路基沉降控制标准(mm)	10～30
路基位移平均速率控制标准(mm/d)	1.0
路基位移最大速率控制标准(mm/d)	1.5
轨道坡度允许控制标准	1/2500

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

引用标准名录

《砌体结构设计规范》GB 50003
《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204
《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》GB/T 18182
《建筑变形测量规范》JGJ/T 8
《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22
《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1
《无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法)》JB/T 10764
《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》CECS 225
《灾损建(构)筑物处理技术规范》CECS 269

中国工程建设协会标准

建(构)筑物托换技术规程

CECS 295：2011

条文说明

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

目　次

1　总　　则 …… (59)
3　基本规定 …… (60)
4　桥梁托换技术 …… (62)
4.1　一般规定 …… (62)
4.2　桥梁托换设计 …… (63)
4.3　梁桥托换施工 …… (67)
4.4　拱桥托换 …… (69)
4.5　质量控制 …… (71)
5　城市隧道穿越托换技术 …… (72)
5.1　一般规定 …… (72)
5.2　托换工程前的准备工作 …… (73)
5.3　穿越区建筑物托换 …… (77)
5.4　影响区建筑物托换 …… (79)
5.5　质量控制 …… (81)
6　建筑物托换技术 …… (82)
6.1　一般规定 …… (82)
6.2　建筑物结构改造托换 …… (83)
6.3　灾损建筑物托换 …… (84)
6.4　质量控制 …… (85)
7　托换工程监测 …… (86)
7.1　一般规定 …… (86)
7.2　桥梁托换工程监测 …… (87)

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7.3 城市隧道穿越托换工程监测 …… (88)
7.4 建筑物托换工程监测 …… (88)
7.5 托换工程裂缝动态监测 …… (88)
附录A 托换工程中千斤顶的选用 …… (96)

1 总　　则

1.0.1 当前我国江河上已建的桥梁工程，水上通航净空多数不能满足迅速发展的航运要求，许多桥梁工程都面临着进行顶升托换改造或拆除重建的严重局面；全国许多城市都在修建地下铁道工程、城市轻轨工程，与城市既有建(构)筑物都有可能产生影响，如地面塌陷或地下结构相交等。为保护既有建(构)筑物的安全和地铁、轻轨工程的顺利施工，常常需要进行托换改造；此外建(构)筑物因洪水、地震、滑坡、矿区城市废弃巷道的坍塌等，都有可能对地面建(构)筑物进行托换改造加固工程，本规程就是为适应上述需要而编制的。

1.0.2 在桥梁、地铁、轻轨、建(构)筑物的托换改造等工程中，需要进行有别于新建工程的设计、施工和工程监测与检验验收等工作，本规程是在总结国内已取得的先进工程经验、科技成果基础上完成的，为上述工程提供了实用、可靠、经济合理的设计、施工和监测检验验收方法。

1.0.3 本条要求在进行桥梁、地铁、轻轨、建筑物的托换改造工程中，应根据具体环境和工程条件，做到因地制宜、就地取材、节约资源，精心设计、精心施工，降低工程造价和缩短工期。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

3 基本规定

3.0.2 建(构)筑物托换工程是一项综合性很强的特殊工程,设计施工前应了解详细的工程地质水文地质资料和既有结构的原设计、使用状况和现状,进行必要的结构检测。对于地基与基础应进行查勘和检查,必要时要做补充勘察。对工程环境也要进行调查,其影响施工或对施工可能有安全风险的环境,应制定有效措施。

3.0.3 从事建筑活动的建筑设计单位、施工企业、勘察单位、工程监理单位、监测单位、结构检测单位等,应经资质审查合格,取得相应等级的资质证书后,方可在其资质等级许可的范围内从事建筑活动。这是我国《建筑法》中对企业从业资格的普遍规定,托换工程也不例外。但托换工程是特种工程,具有一定的特殊性、风险性,设计、施工、监理和检测监测单位的选择要特别慎重、严格。

3.0.5～3.0.7 充分利用既有结构的承载力,设计时应考虑上部结构、基础和地基的共同作用,可以在安全可靠的条件下降低托换工程的实际成本。临时托换结构在完成托换施工后要拆除,承担荷载的时间短,进行托换时一些活荷载可能已卸除。因此不必按一般设计的荷载取用,可按实际荷载取用。对于托换施工完成后,需要保留的构件应满足使用阶段的受力要求。

3.0.12 托换工程不同于新建工程,过程中的应力、变形控制非常重要。如何保证施工按照预计目标进行,动态监测将发挥重要作用。实时动态监测可以全面反馈施工过程中的各种信息,及时调整托换施工的各种参数和解决出现的安全问题。动态监测可以积累、总结设计施工经验,为托换工程的技术发展提供可靠、有益的数据。

3.0.13 移位技术是托换工程中常用的比较成熟的技术。移位可

以是顶升、平移、迫降、旋转等。移位技术的关键设备是千斤顶。附录 A 列出六类千斤顶的主要参数供选择和参考。

千斤顶在整套移位设备中是执行机构，是完成建(构)筑物移位的关键。在移位工程中一般采用分离式电动液压千斤顶。该千斤顶的油泵(泵站)与液压缸是分离的，中间用高压软管相联。此千斤顶结构紧凑，能顶升重物，又能顶推(平移)重物，最大承载能力可达 10000kN(1000t)，最大行程为 2.5m。但在长期支持重物时，容易漏油，不宜选用。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

4 桥梁托换技术

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁托换技术是一项复杂的综合技术，我国桥梁的分布区域较广，桥型形式多种多样，因此桥梁托换要考虑地域及使用环境特点，选择合适的托换方案。

桥梁托换方式按不同的分类有多种形式，应根据托换部位、传力体系、施工条件、施工能力(经验)等各种情况综合确定。

4.1.2 桥梁托换是对在役桥梁出现问题或由于某种需要对桥梁进行的处理，与新建桥梁相比情况要复杂得多，施工前必须对原桥复查与检测鉴定，作为托换设计的依据。检测鉴定报告应真实、全面。其作用有三：全面了解桥梁使用现状，为托换方案设计提供依据；反映托换前桥梁现存状态，作为托换后及过程中和施工完成后验收的依据；作为第三方检测依据。

为此，设计方、施工方、第三监测方均应对其检测报告进行现场复查。

4.1.3、4.1.4 此两条是规定托换设计与施工时应考虑的基本要求。桥梁托换前应根据竣工资料及现场检测鉴定结果，按照原来的荷载等级对桥梁承载力进行验算，验算时考虑材料劣化，荷载变化等影响并对其进行折减；再根据托换目的及原技术标准和新技术标准，确定改造方案。其方案除考虑安全可靠性外，还要做技术经济比较，并具备施工可行性。在施工中，除做好施工组织外，要根据所确定的荷载及临时支架形式，检算临时结构的稳定性，同时，还需验算托换施工过程中桥梁的强度、刚度和稳定性，保证托换过程中结构实体和临时工程的安全。

4.2 桥梁托换设计

4.2.1 本条规定了托换设计应遵循的原则：

1 对特大桥或技术复杂的桥梁一般应根据桥梁技术状况及承载能力评定结论，综合考虑各种因素编制托换工程可行性研究报告，在初步设计中对桥梁主要承重部分的托换应不少于两个方案比选，从中择优选出推荐方案进行施工图设计。

2 永久性托换将永久改变原结构体的传力方式，临时托换在工程完工后不改变原结构的传力方式。

3 一般情况下，托换施工将会增加永久荷载，当然也有可能减少某些结构物，使原有永久荷载减少。永久荷载的变化，将会对原结构的强度造成影响。

4 随着设计标准的提高和原结构承载能力的降低，对部分结构体在托换时需进行加固，这是考虑到托换的安全性和结构物使用年限。

4.2.2、4.2.3 抱柱梁计算引用公式分植筋和不植筋两种情况。

1 式 4.2.2 的确定考虑了下以几个方面：

1）《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010 第 6.3.1 条，当 $h_w/b \leqslant 4$，$V \leqslant 0.25\beta_c f_c b h_0$，一般情况下，抱柱梁为矩形断面，其宽高比不超过 4，当混凝土强度不超过 C50 时，$\beta_c = 1.0$，则 $V \leqslant 0.25 f_c b h_0$。

2）2002 年，广州地铁公司和华南理工大学结构实验室实验验证，并通过市科委成果鉴定，给出环抱型新旧混凝土结合面抗剪公式 $V = 0.24 f_c A_c$。

3）2005 年同济大学建筑物移位技术研究中心曾做相关试验研究，给出环抱型新旧混凝土结合面抗剪公式 $V = (0.12 \sim 0.16) f_c A_c$。因实验断面较小，边界条件有差异故数据有较大的离散性。

4）上海天演建筑物移位工程有限公司历经 13 年的实践和

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

853 个构件样本的结果分析，其实用系数多在 0.12～0.18 之间。应用条件是柱直径或边长一般不大于1.5m。因考虑施工安全等因素，引入了综合系数 γ。

2 公式(4.2.3-1)中的后部分有两项组成。第一项所反映的是混凝土抗压强度转化为新旧混凝土结合面竖向的关系，第二项所反映的是原混凝土表面植筋形成的抗剪能力。

对于第二项，《钢结构设计规范》GB 50017 给出了一般常用钢材的抗剪强度与抗拉强度的关系，大致在 0.58 左右。中国建筑科学研究院关于新旧混凝土之间的剪力传递公式中，其系数为0.56，《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于预埋件公式中，有系数$\alpha_V\alpha_r$，其中：

α_V 为锚筋层数的影响系数，当锚筋按等间距布置时：两层取 1.00，三层取 0.90，四层取 0.85。因有公式(4.2.3-2)对配筋率的限制，这里取值 1.0 参与计算。

$$\alpha_V = (4.0 - 0.08d)(f_c/f_y)^{1/2} \qquad (1)$$

取 $f_c = 9.6\text{N/mm}^2$ (C20)、$f_c = 11.9\text{N/mm}^2$ (C25)、取 $f_y = 300\text{N/mm}^2$ (HRB335) 时，影响系数见表 1，$f_y = 210\text{N/mm}^2$ (HPB235)时，影响系数见表 2。

表 1 锚筋层数的影响系数

锚筋直径 d	f_c	f_y	α_V	$\alpha_V\alpha_r$
20	9.6(C20)	300	0.429	0.429
	11.9(C25)	300	0.478	0.478
16	9.6(C20)	300	0.487	0.487
	11.9(C25)	300	0.542	0.542

表 2 锚筋层数的影响系数

锚筋直径 d	f_c	f_y	α_V	$\alpha_V\alpha_r$
20	9.6(C20)	210	0.513	0.513
	11.9(C25)	210	0.571	0.571
16	9.6(C20)	210	0.582	0.582
	11.9(C25)	210	0.647	0.647

从上表看出，采用 HPB235 钢筋，直径在 20mm 时，植入 1～2 层锚筋时，混凝土强度取 C25，其系数达到 0.571，略超过 0.56，这

也是公式(4.2.3-2)对钢筋面积进行限制的原因之一。

3 对于植筋的数量或面积，首先从设计上说，应考虑构造要求，应满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 中关于预埋件的锚筋排列的要求。从施工上说，对一个断面过多的钻孔植筋，其质量的不确定因素增加。其次，植筋的承载能力不宜高于混凝土的承载能力。根据一般板类受弯构件受剪承载力公式：

$$V \leqslant 0.7 B_h f_t b h_0 \tag{2}$$

一般地，当梁高 $h<800\text{mm}$ 时，$B_h=1.000$；梁高 $h=1000\text{mm}$ 时，$B_h=0.958$，取 $f_t=0.1 f_c$。令 $V=P$，则：

$$P \leqslant 0.07 f_c A_c \tag{3}$$

即：
$$f_s A_s = P \leqslant 0.07 f_c A_c$$

4 此抱柱梁结构是上海天演建筑物移位工程有限公司在实践中提出使用的名词，其含义是在工程中强调一个“抱”的作用。作为一种环梁结构，其抗剪力作用是一个复杂的受力体系，新旧结构的接触面不单是剪力的作用，由于新施工的环梁收缩对原有混凝土结构产生握裹力、收缩力、粘结力、摩擦力等，将导致新旧结构之间承载力增加，但如何计算该部分力尚待深入的试验与研究分析。

4.2.4 第 1 款中对于粗糙面的要求，与《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22 一致。

第 2 款中抱柱梁仍作为梁使用，其构造要求主要是高宽比，长高比等。

第 3 款中对于“柱”的截面尺寸，有一定的限制。在公式(2)的应用中，都把 $h_0=1.5\text{m}$ 作为一个分界点。目前的应用报道中，只有上海天演建筑物移位有限公司在湖州南林大桥改造中有过 2.0m的工程范例，对再大尺寸的柱还研究不够，这里取值 1.5m，是通常尺寸中较大的，一般可满足施工的需要。

4.2.5 桥梁托换技术设计是一项专项应用设计，其设计应考虑梁整体、基础和地基三方面在托换过程中和托换后的使用要求，新旧

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

构件的变形应协调一致。除应符合混凝土工程、桥梁工程等国家现行有关标准的规定外，还应满足相应行业特殊规定。

4.2.6 托换设计中地基承载力特征值应考虑使用年限的影响，通常地基承载力提高值的经验值可按本条引用的标准确定。在条件允许的情况下，应通过现场试验确定。

4.2.7 桩基托换一般考虑有新做承台梁或利用原有承台作为上部承载力转换部位。其托换桩点采用对称布置时，一是考虑结构本身平衡，二是考虑外加施力点的位置与平衡。若不能对称布置，则要考虑到局部加强以满足上部传力要求。

4.2.8 托换时对临时支撑结构本身也应满足在不利工况下的强度、刚度和稳定性要求。

4.2.9 涉及到基础托换的方法，可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 中的规定执行。

4.2.10 增大基础托换的两阶段设计方法是采用桥梁增大截面法的思想，主要考虑两个阶段进行计算：

增大基础托换的作用(或荷载)效应，按下列两个阶段进行计算：

第一阶段：新浇混凝土层达到强度标准值之前，构件按原构件截面计算，荷载应考虑加固时包括原构件自重在内的恒载、现浇混凝土层自重及施工荷载。

第二阶段：新浇混凝土层达到标准值后，构件按加固后整体截面计算，作用(或荷载)应考虑包括加固后构件自重在内的恒载、二期作用的恒载及使用阶段的可变作用效应分项系数按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 取用。

公路桥梁结构的恒载作用比较大，采用增大截面加固法时不可能卸除全部恒载作用。但在某些特殊情况下，例如同时进行桥面铺装更换、拱上填料更换等，可以在加固前卸除部分桥上恒载，待加固成桥后，再开放交通。因此进行基础托换前卸除原桥上的部分恒载以及车辆活载是有利于加固效果的。但就加固构件而言，结构构件实际上是分阶段受力，加固的设计计算应符合构件受力历史。

根据基础托换的分析及施工情况，本规程将桥梁结构带载加固的增大截面法二次受力计算分成受力的两阶段计算：第一阶段是以原构件截面受力的结构计算；第二阶段是以加固后构件截面受力的结构计算。

4.2.11 增补桩基时可参照原设计方案。当旧桩承载稳定后，新旧桩间距可适当减少。其中要考虑新桩的沉降量及应力变化不对旧桩的沉降量增加为宜，其设计计算应符合《建筑桩基设计规范》JGJ 94 的规定。

4.2.12 本条主要考虑到在原承台下部开挖后，承台受河水冲刷影响或回填不完全密实紧固时，会对承台或承台托换梁的不利影响。

4.2.14 拱上建筑与主拱圈的联合作用是旧拱桥承载潜力的重要组成部分，在新桥设计中往往被忽略。在加固设计中为充分利用原桥的承载潜力，对于刚度较大的拱上结构（如拱式拱上建筑等）可以酌情考虑联合作用（主要通过采用合理的结构分析模型加以考虑）。

拱桥是受压为主的结构，为提高结构的耐久性，加固设计中应严格控制原拱圈截面的应力水平，确保不出现弯曲拉应力。在特殊情况下，其拉应力也不应超过材料弯曲抗拉强度设计值。

4.2.16 由于新增混凝土的收缩变形，将有可能引起拱圈外侧结合面的剪力加大，从而引起原拱圈结构的收缩变形。对于新旧结合面的处理，在《公路桥梁加固设计规范》JTJ/T J22 中对于一般混凝土结合面已有计算和处理办法。

4.3 梁桥托换施工

4.3.1～4.3.4 这几条主要将梁桥托换分为两大类：切断式托换和非切断式托换，并说明了各类的适用情况。

条文规定是根据桥梁顶升条件选择切断方式，一般情况当梁体顶升量为 $0 \leqslant h \leqslant 1000$mm 时，可采用非切断式托换；当顶梁体顶升量大于 1000mm 时，可采用切断式托换。由于某种需要桥梁需要降低标高时，必须对墩、柱在适当位置切断，故只能采用切断

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

式托换。条文中给出了顶升的几种支撑形式，是针对现场施工条件的进一步细化。

4.3.5 切断式施工应根据切断位置和不同的受力转换工况对地基基础进行验算，并采取相应措施进行处理，原受力构件应保证平稳转换到新设置构件上，包括抱柱梁的制作，支撑系统的设置及动力系统的受力转换，应加强监测，做到信息化施工。条文中给出了一般的切断施工过程。

4.3.6 非切断式施工由于不存在原受力系统转换，但要保证反力装置的稳定性，设计整个托换体系应能将原桥梁平稳顶升到要求位置。条文中给出了一般的非切断施工过程。

4.3.7、4.3.8 根据不同的被托换桥梁结构形式，可分别选用这五种形式。对于无承台时，力转换只能增加上、下抱柱梁形成反力体系。

对于有承台和有盖梁的结构体系，可根据托换力的大小及原结构体系的受力特点分别选用不同的形式。

4.3.9 切断式托换的切断位置应考虑被托换桥梁的实际受力状况和结构特点，表 3 是根据我国近几年部分梁桥托换工程进行了初步总结。墩身不同部位切断的选择应根据托换桥梁顶升高度、工期、造价、原有墩身安全储备以及是否需改变基础形式和周边环境条件等因素综合分析选定。一般桥梁托换可利用承台顶部作为支顶基面，配合墩身切断托换施工。

表 3 墩身不同部位切断托换适用条件

序号	墩身切断部位	优点	缺点
1	距盖梁底部 d 处切断	切断部位重量轻，上部结构稳定性好	距地面较高，高处作业、施工不便，有安全隐患
2	墩身 $1/2H$ 高度处切断	弯矩相对较小，可降低作业高度	距地面较高，施工作业不便
3	距基础顶面处 D 处切断	保护墩身完善，施工安全性好，易于利用基础顶面支顶托换施工，适合改变基础形式的施工	上部结构稳定性较差，顶升力增大

续表 3

序号	墩身切断部位	优点	缺点
4	距承台底面处 d 切断	适用于桥台式托换，并适合增补新桩基施工，有利于采用插入抬梁托换法施工	土方开挖较深，需支挡或防水

注：1 H—墩身顶面至地面的高度；

2 d—盖梁或承台底至切断面的构造高度；

3 D—基础顶面至切断面的构造高度。

4.3.10 本条规定切断部位的构造。对钢筋混凝土结构，应满足结构设计原理的基本要求，同时应考虑托换过程中的受力状况，采取必要的构造措施。在施工过程中应采取有效措施保证托换过程中不产生不必要的变形，以保证托换过程和托换后的安全。

4.3.11 本条针对非切断式托换的主要形式及构造要求进行了规定。非切断式托换对桩、墩(柱)不破坏，直接顶升主梁(板)，要保证主梁顶升过程中的平衡过渡，以防与支座出现差错，对多点施力一定要保证同步平稳顶升，严格控制纵横向偏位。

4.3.12 本条规定为保证变形协调，最好将伸缩间的整跨进行同时顶升，以确保连续梁内因顶升产生的附加应力最小。当无法实现整体同步顶升时，必须根据原设计要求和实际使用状况，经过计算分析对托换顶升部位的顶升量严格控制，以保证顶升过程和顶升后桥梁的安全；

4.3.13 对于不中断行车进行托换时，为保证正常行车安全，应严格控制顶升速率，以减少行车对支撑系统的冲击。

4.3.14 本条主要考虑了桥梁竣工高程误差，使用期的沉降对托换后高程的影响。

4.4 拱桥托换

4.4.1 对于已建成并运营多年的拱桥，在托换过程中必须对桥梁的线形和内力进行调整，要达到托换目的就必须对拱桥的内力进

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

行优化。从理论上讲，任何一根斜拉索索力的变化都会导致全桥线形和索力的变化。将各索索力的变化量视为各索的调整量，若能找到一组索力增量，结构在这组索力调整增量的作用下，线形和内力（索力及梁、塔内力）达到或接近设计的理想状态，这样就能达到托换时对结构的线形和内力进行改善的目的，当然各索的索力调整量必须在各索的承载力容许范围内。

必须充分了解拱桥运营后、托换前、托换后的内力变化，以便确定托换的调整方案。在全桥线形、索力测量精度得到保证的前提下，托换设计应以托换前实测的内力与索力为依据，准确地模拟托换结构前后的内力变化，对结构进行优化分析，确定托换过程中各吊杆、各索力的调整值，以通过托换达到所需要的目的。

4.4.2、4.4.3 拱桥根据内力传递形式，可分为有系杆拱和无系杆拱。对于无系杆拱进行托换，使拱及上部变成可移动的整体部分，必须要平衡拱脚推力问题。

对于托换前的上部结构和下部结构的病害，应当根据对拱桥托换后的影响程度进行处治。处治内容包括条文中的部分，但也不限于条文所述内容。

4.4.4 拱上建筑拆除应进行设计，给出逐级拆除的顺序和拆除荷载量，其拆除的顺序与修建时相反。若拆除拱上建筑不当，可能使拱的压力线严重偏离拱轴线，导致某些截面弯矩过大，造成截面破坏或拱圈失稳。拆除应根据对称、均衡的原则，从拱顶开始，对称向拱脚进行，也可对称分段进行。

拱上建筑拆除时应全程加强监测，做到信息化施工。拆除多孔拱桥的拱上荷载，使各孔恒载推力不平衡，所以应加强相邻拱圈、桥墩的监测，一般需观测三孔或五孔。若出现异常，应及时调整卸荷程序。多孔拱桥也可能要采取支撑等措施承受不平衡推力。

实际工程曾不止一次发生过因为拆桥施工不当而造成桥梁垮塌的事故，应予以高度重视。

4.5 质量控制

桥梁托换工程属加固工程。其质量检验项目根据涉及范围及改造过程内容而定；其中应强调的是过程检验及最终效果检验。其实施中应有单独的检验方案，并对其作出详细的规定。

对于改造过程，主要是强调设备或设施结构后续的功能恢复与可使用状况，对于具体验收标准或数据宜稍放宽。

对于50万元以上需招投标的的较大项目或明显可划分为检验批、分项工程、分部工程的项目，应按检验程序执行，其他较小的项目或经认定的项目也可按检验方案执行。

主控项目与一般项目的划分，主要应依据项目所属行业而定。

4.5.1 顶升结构时，对于基础的沉降应通过监控设备来反映，然后通过顶升千斤顶及时给予调整。沉降过大，说明原设计或基础处理有问题。顶升是一个临时过程，以安全控制为主。

4.5.2 对于托换结构，有新施工的部分和原结构改造的部分。新施工的部分如桩基，一部分沉降量将在施工期后完成。其沉降量应于原设计保持一致，以免未托换结构再发生不均匀沉降。原结构改造部分有一部分已经完成沉降，新结构的沉降量是施工过程中可以避免或预先可控的。条文中最终限值25mm，是指整体结构统一值。

4.5.3 顶升结构时，如遇千斤顶升降不同步，桥面结构的裂纹或裂缝会比较明显的反映出来。理论上，应该完全同步，实际上，要求完全同步是不现实的。规定一个误差，且标准较松，是考虑到目前的业界现状、工艺水平等。桥面结构也可视影响程度通过适当的方式给予修补。

4.5.4 桥梁的平面位置偏差多产生于端部、分跨处、伸缩缝处等。因有桥面结构的限制，其他部位不易出现。

4.5.5 桥梁改造过程中，施工作业点多、面宽、线长，未知因素较多，除应有必要的监控设备外，加强人工巡视，及早发现问题并予以处理，是施工组织必要的环节。同时，也是桥梁改造工程质量控制的重要保证措施。本条列出了几条有可能出现的不利情况，但也不限于这些。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

5 城市隧道穿越托换技术

5.1 一般规定

5.1.1～5.1.5 城市隧道施工必然穿越既有建(构)筑物。可出现上穿、下穿、斜穿、侧穿等复杂情况。而穿越的既有建(构)筑物有建筑房屋、古建筑、古塔、古树、市政道路和桥梁、市政管线和设施、地面铁路和铁路桥梁涵洞，有既有轨道交通工程(地面线、高架线、地下线)，甚至有河流、湖泊、水库等，可见工程十分复杂。这些都构成了对城市隧道穿越托换工程的技术性、综合性、复杂性、经济性、安全性等的高标准要求。尤其是安全风险问题，直接关系到城市人民生命、财产的安全、社会的稳定，关系到城市的进步和发展，应引起足够的重视。因此，条文提出了城市隧道工程应进行安全风险评估，评估结果是托换工程设计、施工和质量控制的依据。

5.1.6 托换工程施工过程中，为确保施工安全，提出除托换施工单位和隧道施工单位做好施工监测外，还需由业主邀请具有相关资质的单位进行第三方监测。其监测数据可以检验施工质量，同时是防范施工事故和处理的重要参考依据。

5.1.7 本条根据托换工程特点，托换结构按托换形式分类，可采用桩梁式、桩筏式及桩箱式等，竖向传力结构除采用单桩或多桩形式外，可根据场地条件选用桩排式、连墙式、墩柱式、大型井柱或沉井等形式。

5.1.8 对周边工程的工后评估应在新建工程完成、变形趋于稳定后进行。工后评估包括以下内容：环境风险现状调查；施工方监测和第三方监测数据分析；既有建(构)筑物安全评估报告；提出技术措施、处理范围，处理的可行性、安全性、经济合理性等。

5.2 托换工程前的准备工作

5.2.1、5.2.2 附录B表B-3为粉土、砂性土等较密实的土层城市隧道施工影响范围和影响程度的确定提供了参考。其他土层累积的经验尚不够多，可根据本地经验、工程具体情况及土层情况，参照本表综合分析确定。

城市隧道施工对周围环境的影响是非常复杂的问题，与城市隧道的施工方法、所处工程地质水文地质状况、与建(构)筑物的距离、性质状况、穿越要求等有密切关系。而这些因素又是千变万化，使确定影响范围和程度很困难。近些年来，城市隧道项目很多，特别是随着城市建设的发展，地下铁道的发展已成为"雨后春笋"，各大城市纷纷上马。但至今，因为城市隧道施工对周围环境的影响和程度的复杂性、综合性、个体性，经验积累还不够成熟，也不够多。附录B表B-3是参照了北京地铁的经验和科研课题的研究成果。

附录B表B-3尚可用图1、图2表示：

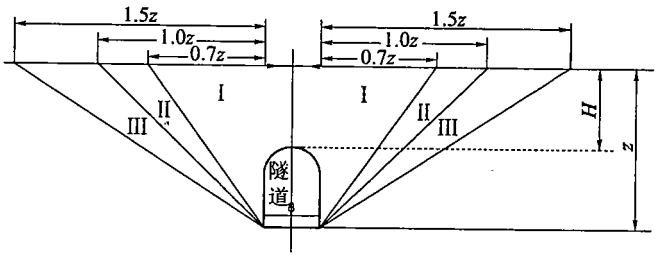


图1 矿山法施工影响区范围和影响程度

z—矿山隧道底板埋深(m)；*H*—隧道顶埋深；

B—隧道毛洞跨度；

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ—影响程度(分别为强烈影响区、显著影响区和一般影响区)

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

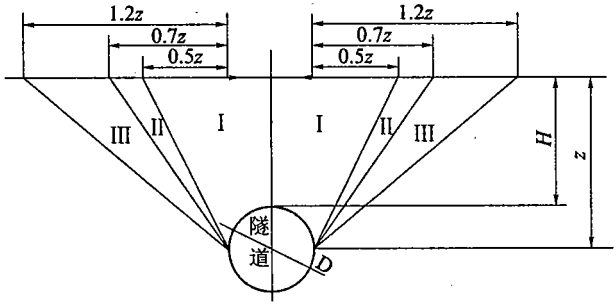


图 2　盾构法施工程影响区范围和影响程度

z—盾构隧道中心埋深(m)；H—盾构隧道顶埋深；D—盾构隧道的外直径(m)；

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ—影响程度(分别为强烈影响区、显著影响区和一般影响区)

已有研究成果表明，盾构施工引起的地表沉降槽呈似正态曲线形态，地表沉降的横向影响范围约为距隧道轴线两侧各 $2z$(z为隧道底板埋深)范围内。对于后期的固结沉降部分研究则相对较少，已有相关研究表明，后期沉降占总沉降量比率可达 35%以上，沉降槽的范围也相应扩大；此外，隧道埋深较大时，沉降槽范围扩展幅度不大，埋深浅时则扩展幅度较大。

Peck 认为，施工引起的地面沉降是在不排水情况下发生的，所以沉降槽的体积应该等于地层损失的体积。根据这个假定并结合采矿引起地面位移的一种估算方法，Peck 提出了盾构施工引起施工阶段地面沉降的估算方法。这一方法自提出以来，得到了多个国家众多学者的验证，成为盾构法隧道引起地面沉降的经典计算方法。

横向地表沉降量的 Peck 公式为：

$$S(x) = \frac{V_i}{\sqrt{2\pi}i} e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \tag{4}$$

式中：$S(x)$——沉降量(m)；

V_i——盾构隧道单位长度地层损失量(m^3/m)；

x——距隧道中心线的距离(m)；

i——沉降槽宽度系数(隧道中心至沉降曲线反弯点的距离)(m)。

图 5.2.2 中所示的 $2.5i$ 即为盾构施工引起的地面沉降影响范围,宽度系数是表征隧道工程地面沉降的主要参数。国内外关于 i 值有多种计算公式,主要有以下几种:

1 Peck(1969):$i = R\left(\frac{z}{2R}\right)^n$。

2 O'Reilly 和 News(1982):当 $3\text{m}<z<34\text{m}$ 时,对粘性土 $i=0.43z+1.1$;当 $6\text{m}<z<10\text{m}$ 时,对粒状土 $i=0.28z-0.1$。

3 G. W. Clough 和 B. Schmidt(1981):$i = R\left(\frac{z}{2R}\right)^{0.8}$。

4 P. B. Attewell 等(1986):当固结度影响小时,$i=0.45z+0.57\pm1.01$;当固结度影响大时,$i=0.48z+0.64\pm0.91$。

5 刘建航(1991):$i=\dfrac{z}{\sqrt{2\pi}\tan(45^\circ-\bar{\varphi}/2)}$。

6 R. J. Mair 等(1993):$i=0.5z$。

7 Loganahan 和 Poulos(1998):$i = 1.15R\left(\frac{z}{2R}\right)^{0.9}$

式中:R——隧道的外半径(m);

z——隧道中心埋深(m);

n——系数,取 0.8~1.0,土越软,n 取值越大;

$\bar{\varphi}$——土体内摩擦角加权平均值(°)。

通过计算对比分析,本规程推荐以 Peck 公式或刘建航公式计算影响范围。

上海地区隧道穿越土层性质主要为淤泥质粘性土、砂质粉土、砂土层,当盾构穿越粘土时,地面沉降影响范围最大,而最大沉降量最小;当穿越砂质粉土和砂土层时,影响范围较粘土亦较小,而最大沉降量却非常显著,将近是粘土的 2 倍,且穿越砂土的地面沉降量较砂质粉土大。由此可知盾构施工穿越地层的土性越好,其引发的地面沉降影响范围较小,而其横向沉降槽的最大沉降量

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

越大。

随着盾构半径增长，横向沉降槽的宽度系数逐渐变大，盾构施工引起的地面沉降范围不断增大，最大沉降量亦随之增长。

随着地层损失率的增加，宽度系数略有减小，地面沉降影响范围亦略有减小，而最大沉降量快速增大。

盾构埋深对地面沉降有着显著影响，且是最关键因素。随盾构埋深增加，宽度系数不断增大，地面沉降影响范围随之不断扩大，而最大沉降量相应逐渐减小。

因此，上海市出台相关规定，规定轨道交通安全保护区范围如下：

1 地下车站与隧道外边线外侧 50m 内；

2 地面车站和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内；

3 出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 内。

5.2.3 核查风险评估的调查和结构检测结果，其内容可包括下列各项：

1 既有建(构)筑物工程概况、工程建造年代、结构和基础型式、荷载及其实况、工程地质和水文地质条件、原设计与使用情况等；

2 结构外观检查包括结构外观状况(裂缝、脱皮等)、混凝土结构钢筋外露、锈蚀情况、建(构)筑物整体状况和管线渗漏情况等；

3 混凝土结构检测包括强度、裂缝、碳化深度和钢筋锈蚀程度、钢筋保护层厚度等；

4 地基与基础检查包括基础形式、地基土层分布情况、沉降和差异沉降等；

5 既有轨道交通工程、地面铁路线路的道床、轨道结构完好状况及变形等；

6 根据工程需要可做工程地质补充勘察；

7　调查监测项目和方法等可参考相关标准，如有关建筑、地铁、铁路标准等。

由于轨道交通和地面铁路有线路、行车、震动荷载等特殊情况，对其线路路基、轨道结构的调查有特殊要求。线路路基指直接支撑轨道的基础结构物。轨道结构指轨、扣件、轨枕、道床组成的承载列车荷载的结构。线路路基和轨道结构是保证列车运行安全的重要部位之一。

5.3　穿越区建筑物托换

5.3.2　为确保建筑物的安全，根据托换工程的特点，将托换工程分为主动托换和被动托换，并规定如下：

1　托换方案不但要安全可靠，经济合理，而且要施工方便，尽可能减少施工扰民，满足环境要求。

2　一般情况，被托换建筑物基础已稳定，但摩擦桩产生沉降较大，当托换桩为摩擦桩时，建筑物因摩擦桩的沉降变形可能会引起局部不均匀沉降。此时需通过主动托换方式解决提前完成摩擦桩的下沉变形来达到托换建筑物的目的，所以托换桩为摩擦桩时必须采用主动托换方式。

3　对托换梁的设计，由于受穿越隧道的影响，往往托换梁具有一定的长度，此时，在托换梁跨中荷载作用下，托换梁将产生变形，若变形过大，将对建筑物产生局部变形影响，甚至开裂、破坏，此时，应通过主动托换方式，首先完成托换梁的变形，使建筑物不产生过大变形。

4　根据地质情况以及对隧道施工方式进行评估，当隧道施工可能会引起托换桩的下沉时，应通过主动托换方式首先完成桩的下沉，确保建筑物不产生沉降。

5　当通过计算评估被托换建筑物变形完全满足规定变形控制值时，不需要提前完成托换结构的变形来达到托换目的，此时可采用被动托换方式进行托换施工。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6　对特殊的建筑物，为确保万无一失，如对一级建筑物、风险等级特级和一级的既有建筑物，应采用主动托换的方式提前完成托换结构的变形，以保证建筑物的安全可靠。

5.3.3～5.3.6　不同穿越方式对建筑物的影响程度不一样，同一种穿越方式由于隧道与建筑物垂直距离不同，场地工程水文地质情况不同，建筑物基础型式及结构状况不一样，其托换方法也不一样，对于城市隧道沿建筑物轴线边缘穿越，当城市隧道施工对建(构)筑物造成的影响比较轻微时；可采用加强建筑物整体刚度、强度或采用隔断保护措施的方法；当城市隧道施工对建筑物造成的影响较大时，可采用在隧道施工影响区内进行地基与基础加固处理，并增加隔断保护措施；当城市隧道施工仅对建(构)筑物地面造成影响时，可采用在建筑物地面影响区内预先进行地面和地基与基础加固处理方法。对于城市隧道沿建筑物轴线中间穿越时给出可采用本规程表 5.3.5 的不同托换方式，同时规定当城市隧道施工需切断建筑物下桩体穿越时，必须采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系；当城市隧道施工在桩尖以下土层(岩石)穿越时，视隧道穿越时对桩的影响程度，可采用桩梁式托换体系或者扩大承台增加新桩加固、基础灌浆、加强建筑物整体刚度和强度等方法；当城市隧道施工穿越建筑物边沿轴线，且建筑物边缘轴线处不具备施工条件时，可采用室内设置桩支点做桩梁托换体系或者桩梁加斜撑托换体系；当城市隧道施工穿越天然地基、复合地基等建筑物基础的托换，视影响情况可采用桩梁式托换体系、桩筏式托换体系或者扩大承台增加新桩加固托换体系。对于隧道与建筑物斜向交叉穿越又分为沿柱边缘穿越、从柱中间穿越两种情况，其托换方式与前两种方式相同。

5.3.7　在建筑物周边或在建筑物内做桩基础时，成桩施工对相临基础会产生附加下沉影响，所以当采用桩梁托换法、桩筏托换法时，应评估托换桩的施工对托换基础及相邻基础的影响，对产生影响的基础应先进行加固处理后进行托换桩的施工。

5.3.8 由于托换桩施工会产生偏差，为保证在合格偏差范围内桩与隧道能保持较小距离，所以设计布置托换桩时，托换桩与隧道开挖净距不应小于1m。同时考虑隧道施工可能对土体产生扰动或滑移，提出托换桩桩尖宜进入隧道底下土层不小于1m的要求。当隧道穿越岩层，且托换桩与隧道开挖净距大于2m时，可根据岩层特征设计桩身长度，且满足承载能力的要求。

5.3.9 由于大跨度托换梁变形较大，采用主动托换的方式在隧道未施工前，很难一次性完成桩的下沉与托换梁的变形，需要在隧道施工时随着隧道的施工进程进行再次顶升，消除因托换梁跨度大，桩轻微下沉变化，对被托换建筑物造成开裂变形，所以提出对大跨度托换梁应采用主动托换方式进行桩梁托换施工，消除新桩沉降和提前完成托换梁的变形，并应在隧道穿越施工过程中，配合隧道施工进行主动顶升。

5.3.10 当采用桩基进行被动托换时，桩基施工时若成孔清底不干净，可能造成桩底沉渣过厚，将会造成被托换建筑物托换位置产生过大沉降引起建筑物开裂、破坏，所以提出宜采用桩底后压浆技术控制桩基下沉量。

5.3.11 在托换顶升施工中，由于托换梁及托换桩都比较大，在设置托换支点时，必须保证托换梁及桩均匀受力，所以规定同一托换桩梁采用多桩或大直径单桩构成支点的桩基托换预顶施工时，应设置预顶承台，并应根据预顶承台平面面积设置不少于3个预顶千斤顶，确保预顶承台托换梁支点荷载受力均匀。

5.4 影响区建筑物托换

5.4.1 目前城市用地越来越紧张，建筑物密度也越来越大，城市隧道工程施工的影响应引起高度重视。主要事故有沉降、不均匀沉降、局部裂损、局部倾斜或整体倾斜等，施工前应分析可能产生的影响并采用必要的预防措施，当出现事故后应采取补救措施。

在深厚淤泥、淤泥质土、饱和粘性土或饱和粉细砂等欠固结土

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

的地层中进行城市隧道工程施工，极易发生事故，对这类场地的城市隧道工程必须充分重视，对可能发生的危害事故应有分析、有准备、预先做好危害事故的预防措施。

5.4.2 近年来国内在城市隧道工程施工中采用了多种施工方法，如盾构法、矿山法、顶管法、沉井法等各种施工方法都会使周围土体产生扰动，随之而来的是地层的位移和变形。因此，在影响范围内的地面建筑物就会引起变形或丧失使用功能而影响正常工作。尤其对国内一些古老城市的旧房基础和保护建筑更为复杂，必须采取切合实际的工程保护预防措施，以保护施工影响范围内建筑物的安全。

隔断法是在既有建筑附近进行城市隧道施工时，为避免或减少土体位移与变形对建筑物的影响，而在既有建筑与隧道间设置隔断墙（如钢筋混凝土灌注排桩、钢板桩、地下连续墙、树根桩或深层搅拌桩等墙体）予以保护的方法，一般称侧向托换。墙体主要承受隧道施工引起的侧向土压力和地基差异变形。上海市延安东路外滩天文台由于越江隧道经过其一侧时，就是采用树根桩进行隔断法加固的。

5.4.3 当城市隧道工程施工时，会产生影响范围内的地面建筑物的位移和变形，可在施工前对既有建筑的地基基础进行加固。当隧道埋置深度较浅且土质较差时，其加固深度宜大于城市隧道工程的底面埋置深度，则既有建筑的荷载可直接传递至隧道工程的埋置深度以下。此时，城市隧道工程的施工不再会危及邻近既有建筑物的安全或使用功能。

5.4.4 当预估城市隧道工程施工对既有建筑造成的影响较为轻微时，则可采用加强既有建筑的刚度和强度，以减少不均匀沉降，且能承受由于不均匀沉降而产生的结构次应力。如上海市延安东路外滩人行天桥，为了保证天桥在其侧隧道施工期间的正常使用，在盾构推进前对天桥的结构和柱基采用加强刚度和强度的方法进行加固。

5.4.6 在城市隧道工程施工过程中，为了及时掌握邻近建筑物的沉降和水平位移情况，必须及时进行相应的监测。首先需在待测的邻近建筑物上设置观测点，其数量和位置的确定应能正确反映邻近建筑物的沉降和位移情况，进行信息化施工。

5.5 质量控制

5.5.1～5.5.3 本节所列城市隧道周边工程与设施即环境工程的监测控制标准适用于粉土、砂性土等较为密实土层，是参考值。主要依据的是有关施工的经验、工程类比、有关科研课题的成果，参考相关标准和某些工程项目的规定等。由于地下隧道工程很复杂，尤其各个地区的工程地质、水文地质状况相差很多，工程环境、施工方法、风险控制手段、建设方的要求等均不相同，所以安全控制指标也不尽相同。在确定质量控制时，可按本规程和国家现行有关标准，根据工程具体情况，结合施工方法和工程经验类比，综合分析确定。在施工过程，可根据监测数据、结构检测数据和工程的具体情况，对控制指标进行调整。调整后的指标必须保证工程和环境的安全。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 建筑物托换技术

6.1 一般规定

6.1.1 建筑物托换的目的是改变原结构的使用功能，或使灾损建筑物恢复原结构的安全状态。对于水塔、烟囱、筒仓等特种结构，可根据其结构特点参照本规程进行，如结构有其特殊要求，尚应遵循其相关要求。

6.1.3 本条说明了建筑物灾损后的托换修复方法。施工质量事故和临近基坑开挖需进行托换时，可按本规程执行。

6.1.4 建筑物托换会对原结构的规则情况有一定影响，但应采取措施尽可能保证建筑物的规则；对托换中、托换后的建筑物必要时应进行整体验算，以便对薄弱部位进行加固处理。

因建筑物托换时，既有基础就已经发生沉降、倾斜等，既有结构已经发生了变形、开裂等，或者因遭受灾害而发生损坏，已经超过新建建筑相应的质量控制指标，因此建筑物托换工程的质量控制应以托换后的沉降、倾斜、变形、开裂为准，而不宜按新建建筑物的质量控制标准进行质量控制。当托换前的沉降、倾斜、变形、开裂等指标超过国家现行有关标准的规定时，托换设计时应考虑到其影响，或者在设计时采取相应措施，或者根据托换工程的特点，降低使用功能。

6.1.5 基础托换、基础加固、地基处理的设计与施工除了满足本规程的要求外，尚应符合国家现行有关标准的要求。本条列出了相关规范。

6.1.6～6.1.8 每条分别给出了采取顶升、局部支顶托换和增加传力构件进行托换的情况，实际工程中可能会有更多的情况按上述三种方法进行处理，具体实施时宜根据实际情况确定托换处理

方法。

6.1.9 本条对遭受长期浸蚀而影响安全使用的墙体，提出了托换处理的一般规定。

6.1.10 托换施工时，拆除施工是关键阶段，也是容易出现危险的阶段，因此应分期、分批进行。先分期、分批拆一水平缝，监测托换结构的状况，再确定下步施工，确保安全。拆除完成后，监测应持续至变形稳定为止。

6.2 建筑物结构改造托换

6.2.2～6.2.4 这几条指出几种建筑物不同改造目的时的托换处理方法，实施时根据具体情况选用一种或几种托换处理方法。

因为局部增加层高时，往往也需增大开间或进深，因此当第6.2.2条第2款中的处理方法中除可用抽梁法，还包括抽墙法、抽柱法。

第6.2.4条是针对砌体结构开设洞口做出的规定。对于钢筋混凝土剪力墙开设洞口，因其受力复杂，必须慎重对待。

6.2.5 本条主要针对砌体结构，规定了抽墙法的设计及施工应遵循的原则和措施。对常用的托梁给出设计计算方法。当符合墙梁的要求时，可按墙梁进行托换设计，必要时可通过加固上部墙体，增设构造柱等方法，使其满足墙梁的要求。

夹墙梁中的拉梁截面高度，当原墙体无圈梁时应与夹墙梁高度相同；当欲拆除墙体有圈梁且圈梁顶标高与板底标高相同时，拉梁截面高度可取夹墙梁高度减去圈梁截面高度；当圈梁顶标高低于板底标高时且位于夹墙范围内时，拉梁截面高度与夹墙梁高度相同，此时圈梁可从拉梁中穿过(图3)。

6.2.6 本条规定了抽柱法的设计及施工应遵循的原则和措施，给出了几种托换结构的形式。

6.2.7 本条对托换设计的要求进行了规定。

托换过程中，对影响整体程度的不同，可采取对竖向承载力进

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

行验算、局部进行验算和整体进行验算等几种情况。

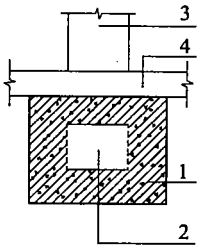


图 3　拉梁与圈梁示意图

1—拉梁；2—圈梁；3—上部墙体；4—楼板

与第 6.2.4 条相同，开设洞口是针对砌体结构做出的规定。

原框架梁在中柱支座部位受负弯矩，而托换后该支座部位将受正弯矩。原梁下部钢筋可能不能满足托换后的搭接长度的要求，因此必须采取处理措施。

托换引起建筑物有关构件边界条件发生变化，因此，设计时应对其影响进行复核，并根据复核结果采取措施。

6.2.8　托换过程中的支撑将承担原构件的大部分或全部荷载，因此其设计与施工必须满足相应要求。

6.2.9　国家现行标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 给出了地基基础加固处理的常用方法，选择时可按该规范执行。同时新的托换、加固方法会不断出现，本规范对其持开放态度，但必须有可靠经验方可使用。

6.2.10　增加荷载时，加大基础底面积、加固地基可提高基础承载力。但对于非刚性基础，其材料强度不会有较大提高，因此，也应验算非刚性基础的抗冲切能力和抗弯能力是否满足要求，否则应进行加固处理。

6.3　灾损建筑物托换

6.3.1　本条根据建筑物遭遇地震时，可能出现的 5 种不同损毁情

况，给出了相应的托换处理措施，并强调托换后的梁、柱混凝土强度或砌体强度应比原结构构件提高一个等级。要求混凝土强度不低于C25。

6.3.2 本条针对建筑物受到4种不同环境的浸蚀后，原结构受到较大损害，而采取不同的托换加固方法，恢复结构的承载能力，确保建筑安全使用。

6.3.3 本条根据地下洞穴及采空区的不同地质条件、稳定状况及与建筑物的相对位置关系，提出了4种应对措施。

6.3.4 本条针对建筑物基础下存在软弱地基的不同成因及现状，提出了5种不同的托换处理措施。

6.4 质量控制

当被托换建筑在托换前，其与托换相关的质量控制指标已经不满足国家现行有关标准的规定时，应采取措施使其满足规定，并进行控制；也可会同各相关单位采取降低使用功能的措施，并应在设计文件中提出，按降低使用功能后的要求进行质量控制。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

7 托换工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 托换工程是一项风险性、技术性很高的工作，也是依赖信息化程度很高的工作。施工监测是工程成败的重要一环。监测内容包括建(构)筑物的倾斜和裂缝观测；地面沉降和裂纹观测，地下水位观测，托换梁变位和裂纹观测，托换桩、托换梁(支座处)、既有桩、既有柱高程监测，分步液压监测等。

沉降监测结果应绘测沉降与时间关系曲线。

裂纹观测应在裂缝位置予以标明，进行编号，记录大小及发展，以便掌握结构在托换施工过程中位移和内力变化。

7.1.3 监测工作另一个重点是信息反馈，即及时向建设、设计、监理单位提出施工对既有结构的影响程度、既有结构变位变化态势、预警信号以及对应的施工参数调整和安全措施等。第三方监测还应向施工单位提供监测信息。

7.1.4 托换施工完成后，应对被托换建(构)筑物和影响区建(构)筑物进行监测，监测时间一般不少于半年。

7.1.5 1965 年，在北京开始修建我国第一条地铁，至今已有四十多年历史，积累了丰富的建设管理、设计、施工经验，并进行了建设、设计、施工科研课题研究，最后编制了北京市地方标准《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/490—2007，所以，托换工程的监测，特别是城市隧道穿越托换工程的监测可参照 DB 11/490—2007 执行。

托换工程通常是与加固或改造配套进行的，是对既有工程改造或加固的分部工程的施工，所以其验收应该执行相关的工程施工质量验收规范。包括：《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《砌体工程施工及验收规范》GB 50203、《地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299，以及《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 等。

7.2 桥梁托换工程监测

7.2.1～7.2.6 桥梁托换工程监测为桥梁托换施工前、过程中及施工后提供可靠的实测资料，为分析桥面构造、支撑构造的变形及内力变化提供实时数据用于指导托换施工，保证桥面安全具有重要作用。

对于永久结构的监测按照各专项工程的规范要求进行。

对于安全监测、结构使用(施工)质量评定等，按工程施工前监测、施工过程监测、施工完成后监测等不同阶段的不同要求进行。监测设备与仪器应与检测内容相匹配；监测设备与仪器的型号要具有先进性，并按规定的使用年限对监测设备与仪器进行年检。

监测方法应包括基准点布置、监测点布置、监测仪器配置、数据分析及处理、现场巡视、预警判定及信息反馈等。监测部位主要包括应力、应变、强度、挠度、裂缝较大裂缝处；结构、荷载变异点；结构薄弱部位，已发生或可能发生结构变形处等。对于隐蔽点监测，要有专用仪器或工具设备。检查方案中应有人工监测或设备仪器监测、加载过程及监测目标要求等。

对于监测结果，要进行回归分析，并去除某些不符合一般规律的变异数据。不能满足工程需要时，应重新进行监测。监测报告应满足下列要求：

1 监测报告的记录要以现场记录为依据。

2 监测报告的内容要具有完整性。

3 监测报告的结论要具有针对性。

4 参加监测工作的技术人员要具有相应专业的初、中级技术职

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

称，其技术负责人应有中、高级专业技术职称，并在监测报告上签字。

5 承担监测工作的机构或单位要有相应的专业监测资质。

7.3 城市隧道穿越托换工程监测

7.3.1、7.3.2 托换工程的监测包括施工监测和第三方监测。监测对象为被托换的建(构)筑物及周边工程设施。监测内容包括整体监测、局部监测和结构监测。整体监测包括整体沉降、倾斜、变形、裂缝等。局部监测包括局部裂缝、变形、沉降等。同时应根据需要进行结构构件应力监测。

监测仪器设备的选择应满足监测项目的要求。有水准仪、经纬仪、全站仪、裂缝观测仪、裂缝测宽仪、裂缝测深仪、多层沉降仪、倾角仪、测斜仪、电子位移计、水平仪、应变计等，根据监测建(构)筑物的具体情况选用。

托换工程的监测应贯穿施工全过程。监测数据应及时反馈，指导施工和为设计提供资料。

7.4 建筑物托换工程监测

7.4.1 建筑物托换工程的监测项目分为应选项目和可选项目，对于可选项目应根据工程实际情况进行选择，实际工程中也可确定其他监测项目。

7.4.2～7.4.5 这几条规定了建筑物托换工程的观测周期、测点布置、裂缝监测项目。

7.5 托换工程裂缝动态监测

7.5.1 裂缝(裂纹)的活动性、扩展性监测包括裂缝扩展的时刻、频度、位置与信号强度等信息。缆索、缆丝崩断监测包括崩断发生的时刻、崩断次数与位置等信息。

7.5.2 声发射监测是利用结构裂缝扩展或断裂导致材料内部瞬态塑性变形产生声发射的原理对裂缝的活动与发展状况进行实时

在线监测。声发射系统具有蓄势待发捕捉瞬态突发裂缝扩展信号的能力并可根据监测的信号到达不同通道的时间差，实现对裂缝变化状况的监测与定位。

7.5.3 托换前的裂缝监测主要是对关键部位或可见裂缝进行筛选普查，以确定重点观测部位并建立托换前裂缝状态档案。由此为托换后的比对检验提供参考基准。

托换中的裂缝监测主要是对一些关键部位与薄弱环节进行实时观察，以判断托换过程或托换施工是否对结构带来损伤。

托换后的裂缝监测主要包括在托换后的荷载试验过程中对关键部位的监测及此后对结构的长期监测。

7.5.5 根据实际情况的不同，可以采用不同的声发射监测策略。首先，对于目视检查发现的诸多裂缝或可疑部位可通过声发射巡检来确定需要重点监测的部位。其次，可将有限的设备与时间资源用于对筛选出来的重点部位在托换过程实施前后进行较长时间的监测。第三，在托换过程完成后的静载试验时可用声发射对结构关键部位进行监测以检验托换效果。第四，对于一些关键部位或薄弱构件，如悬吊桥的缆索、后张力混凝土结构的缆丝等，即使在托换验收完成后仍可进行长期连续监测以建立历史性结构健康档案。

声发射系统由多通道的传感器，前置放大器及计算机控制的，集信号调理、采集、处理、分析于一体的信号采集处理器组成。声发射系统各个通道必须具有时钟同步与独立阈值触发功能以保证准确地记录每个通道捕捉到同一个瞬态信号的时间差。系统性能应满足如下条件：

1 系统的信号采集处理单元的动态范围应不小于 72dB；

2 数字化分辨率应不小于 16 位；

3 数据采集速度应至少为最大感兴趣频率的 5 倍以上(含 5 倍)；

4 通道间的时钟同步误差应不大于 0.25/μs；

5 声发射监测传感器到前置放大器的电缆长度应不大于 2m；

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

6 声发射系统应具有至少一个通道的外参数(荷载、应变、位移等)采集功能;

7 外参数通道应具有与声发射通道时间同步的特性。

声发射具有较宽的频率(1kHz～1000kHz)范围。钢结构裂缝扩展的声发射频率较高,因此宜采用较高共振频率如 150kHz 或 300kHz 的传感器。混凝土结构裂缝扩展的声发射频率较低,宜选用较低共振频率如 30kHz 或 60kHz 的传感器。当声发射用于悬吊桥缆索、缆丝崩断监测时,为提高两个传感器之间的监测距离以减小监测成本,宜选用共振频率为 20kHz 以下的传感器。

根据结构状况、托换过程、技术条件等因素的不同,声发射监测可按如下步骤实施:

1 在实施声发射监测前,需确定适当的监测模式,几种主要的声发射监测模式为:

1) 用于对可见裂缝或关键部位进行普查以确定重点监测区域。对于目视检查发现的裂缝、腐蚀、剥落或怀疑有问题的薄弱环节或关键部位,宜采用手持式电池供电声发射系统对这些部位进行普查、筛选。由此确定少量的、关键的部位进行更深入的重点监测。

2) 对于普查筛选出的重点部位、灾损结构,或当托换过程本身可能对构件造成损伤时,可在托换实施过程中进行声发射监测。

3) 当托换完成后,在对结构进行静载或动载试验的过程中可使用声发射监测检验托换效果及更新补充重点监测部位的健康档案。

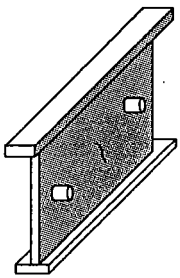
4) 对于一些关键部位或薄弱构件,如悬吊桥缆索、后张力混凝土结构的缆丝等,即使在托换验收完成后仍可进行长期连续监测以建立历史性结构健康档案。

2 在待监测部位确定后,应通过现场观察确定传感器的数量与安放位置。在已知裂缝位置时,传感器应尽量靠近被监测的区

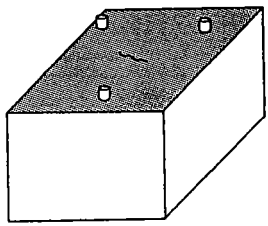
域。当裂缝位置不确定或被监测的部位尺寸较大时，传感器的最大间距应根据现场信号衰减测试确定。

3 信号衰减特性的测量应由传感器位置向远离传感器的方向进行。信号源可为手持式模拟声发射信号发生器、中心冲或活动铅笔断铅信号。在沿远离传感器的方向每隔 250mm 为一激励信号点，每一点激励 3 次。记录每次信号的幅度，直至信号幅度相对于传感器处的信号幅度衰减 30dB 或以上。衰减特性测试的路径应不包含裂缝、孔洞及结构不连续的部位。传感器间的最大间距，可定为信号衰减 30dB 时距离的两倍。衰减特性的检查结果应以表格或曲线的方式记录于监测报告中。

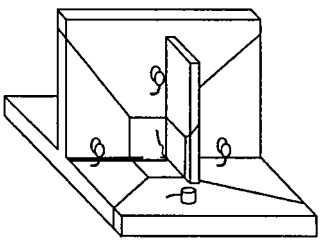
4 根据结构的形状及被监测部位的不同，可以使用不同的传感器排放布置方式。典型的传感器布置方式可参考图 4：



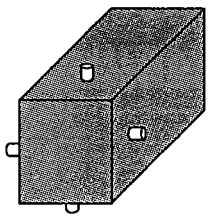
(a) 线性定位布置



(b) 平面定位布置



(c) 平面定位布置



(d) 空间定位布置

图 4 传感器布置方式示意图

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

1) 对于桁架钢梁结构来说[图 4(a)],传感器可沿一维方向线性排放,并实现对裂缝的一维线性定位。

2) 对于混凝土表面裂缝[图 4(b)]或钢梁节点焊缝[图 4(c)],传感器可以二维或平面方式分布于被监测区域的周围,并实现对裂缝的二维平面定位。

3) 对于具有深度裂缝或内部缺陷的混凝土结构[图 4(d)],传感器可以三维或立体方式围绕被监测结构分布,并实现对裂缝的三维立体定位。

4) 在安装条件许可的情况下,应尽量保证被监测部位处于传感器阵列的几何中心位置。

5 传感器可直接附着于钢材与混凝土材料表面或油漆层上。应保证表面平整无灰尘、无腐蚀、无离散的突起颗粒。对混凝土结构,传感器附着部位应是密实的。以上条件如不能满足,应对表面进行平整处理,或改变传感器附着位置。

6 在结构的传感器附着表面与传感器之间应使用真空脂,凡士林或黄油等耦合剂。耦合剂的用量应以传感器被挤压后能观察到少许从传感器边缘溢出的耦合剂为宜。

7 应使用可靠的传感器固定方式保证传感器与结构接触表面在整个监测过程中不存在相对位移。对钢结构监测可使用磁性吸座固定传感器。对混凝土结构监测可使用强力胶、环氧树脂粘结;绷带、胶带包缠等方式固定传感器;连接传感器的信号线亦应有效固定,避免信号线晃动引入噪声。

8 在正式监测前,应对传感器的耦合状况及声速进行现场检验。在监测完成后,还应对系统及传感器的耦合性能进行复查确认。

9 耦合检验可采用手持式模拟声发射信号发生器或折断铅笔芯的方式(铅笔芯硬度应为 HB 或以上,铅笔芯突出长度约为 2.5mm～3mm。)在距被测传感器 20mm 处激励产生声发射源以观察接收信号的大小及耦合状态。在耦合良好的情况下,声发射幅度应达到或接近由特定信号源所能获得的最大值且每一通道三

次幅度响应之间的误差应不超过±2dB。

10 声速的测量可在已知两个传感器距离的情况下，在其中之一的传感器处用手持式模拟声发射信号发生器、中心冲或折断铅笔芯方式产生声发射信号并由所测得的信号到达两个传感器的时间差计算出声速。

11 声发射监测的阈值应根据监测目的，载荷过程及现场背景噪声的实际情况来确定。阈值设置的基本原则为：

1）在结构不受任何附加荷载的情况下，最低阈值应高于背景噪声，亦即声发射系统在此时不会被触发并采集数据。

2）在轻载或正常运行荷载，如桥梁正常交通流量及非重载车辆通行的情况下，阈值的设置应保证每一通道所接收的声发射信号数或声发射率应不大于每秒一个或每分钟60个。

3）在进行重载或超重荷载监测时，根据轻载或正常运行荷载的条件设置阈值。

4）除断缆、断丝监测外，声发射监测的阈值不宜大于60dB。如监测时背景噪声大于60dB，则应找出噪声源并实施降低噪声的措施或对声发射系统采用适当滤波后再进行监测。

12 声发射监测的时间长度在满足监测设计要求的前提下，还可按现场状况及下述原则确定：

1）当用于普查、筛选重点监测部位时，每一测点的监测时间可在几分钟至几十分钟。在监测的时间区段内应保证有正常或高于正常的荷载。

2）当对重点或灾损部位进行跟踪监测时，监测时间可为数小时至数天。

3）当对托换过程进行监测时，监测时间应从托换开始起到托换结束止。

4）在静载荷试验监测时，整个试验过程应至少包括两次重复的加载一卸载过程。且第二次荷载的最大值应不小于第一

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

次的最大值。荷载加到最大值并保持至少 5min 后方可卸载。静态荷载应逐渐、缓慢的施加或卸除。荷载过程应有详细记录。声发射监测应持续到最后一次卸载完全结束。

5）当进行声发射长期监测时，监测时间为数月至年复一年的每天 24h 监测。

上述第 12 步第四种情况所述的两次完整的加载一卸载周期外，信号的分析评估可根据如下步骤进行：

1 记录上一次加载时的最大荷载及在当前次加载时开始出现声发射定位事件的最大荷载。计算载荷比(Load Ratio)LR 为：

$$\text{载荷比}(LR)=\frac{\text{当前次加载时开始出现声发射定位事件的最大荷载}}{\text{上一次加载时的最大荷载}}$$

2 对上一次整个加载一保载一卸载过程所得的声发射事件数进行累加，以及对当前次卸载区段的声发射事件数进行累加。计算平静比(Calm Ratio)CR 为：

$$\text{平静比}(CR)=\frac{\text{累计当前次卸载区段的声发射事件数}}{\text{累计上一次加载—保载—卸载全过程所得的声发射事件数}}$$

3 以载荷比为横轴，平静比为纵轴构成图 5 所示的被监测部位的声学活性或损伤程度评估图。图中分有三种状态区，即声发射无活性与弱活性；中度活性；高活性。这三种状态对应于结构的轻微损伤或无损伤；中等损伤；严重损伤。

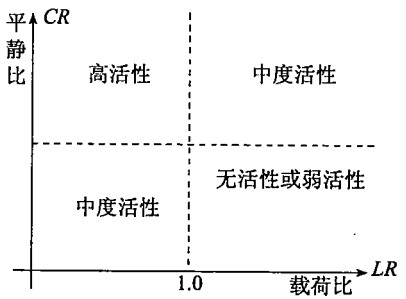


图 5 静态荷载试验时声发射活性评估图

4 在加载及至维持荷载不变的阶段如果出现接收到较多的声发射信号，应检查信号来源。如在荷载维持不变的情况下，信号源确实来自于结构被监测部位，则应采用其他无损检测方法检查裂缝或结构的状态。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

附录 A　托换工程中千斤顶的选用

A.1　千斤顶的选用要点

A.1.1 千斤顶的顶升力是根据被顶升物整体结构的受力状况来分析计算取值，对于需要考虑动荷载的影响时也应一并考虑，确定所选择千斤顶的承载能力（吨位或起重量）、台数和分布的位置。在静定结构中，可以稍大于其上部结构恒载重量，而在超静定结构中，则应根据上部的具体结构受力状况来决定顶升力的取值。

千斤顶的牵引力（或顶推力）是根据被平移物的整体结构总荷载（总重量）和牵引（或顶推）时采用滚动（或滑动）方式移动的摩擦系数，计算出总的牵引力（或顶推力）。再根据被平移物的整体结构形式，确定所选择千斤顶的承载能力（吨位）、台数和分布的位置。

A.1.2　千斤顶的行程是根据被托换建（构）筑物需提升的高度，选择千斤顶的行程范围。使用时应严格遵守主要参数中的规定，切忌超高超载，否则当顶升高度或顶升吨位超过规定时，千斤顶会发生严重漏油。千斤顶使用时必须垂直受力，严防失稳，否则会出安全问题。

A.1.3　根据放置千斤顶的空间高低，可选择薄型、超薄型或不同本体高度的千斤顶。

A.1.4　千斤顶的作业方式包括顶升、提升、平移等。合理选用同步顶升（或平移）的成套设备（一台、二台泵站统一控制，必要时采用 PLC 液压同步控制系统进行控制多台液压泵站组成的成套设备）。PLC 液压同步控制系统由液压系统（油泵、油缸和管路等）、电控系统、反馈系统、计算机控制系统等组成。液压系统由计算机控制，从而全自动完成同步移位施工。

A.2 常用千斤顶的主要参数

根据托换移位工程的具体结构特征，可参考千斤顶的主要参数选用相应的千斤顶，本规程列出了常用千斤顶的主要参数。对于有特殊要求的千斤顶可由制造商专项加工制作。

A.2.1、A.2.2 超薄型、薄型千斤顶体积矮小、承载能力大，特别在空间位置狭窄的工况使用，具有轻便灵活、顶力大等功能。

A.2.3 自锁式千斤顶，一般的千斤顶增加一组相应的自锁装置，就能达到自锁的效果。

A.2.4 大吨位千斤顶具有承载能力大、工作压力高，行程不大、重量轻、可远距离操作，配以超高压油泵站，可实现顶、推等多种形式的作业。

A.2.5 大行程千斤顶，一般千斤顶的行程在 200mm 以内，而大行程千斤顶最大可有 2500mm。

A.2.6 穿心式千斤顶由一个穿心式油缸和两个卡头（或锚具）组成，分为松卡式千斤顶和穿心式牵引千斤顶。

松卡式千斤顶由一个穿心式油缸、两个卡头和提升杆或牵引杆（也可钢绞线）组成，具有操作简便，安全平稳，杆可反复使用，可自动松卡和紧卡（自锁），循环往复连续作业的特点。

松卡式牵引（提升）设备的工作原理：使用时，牵引（提升）杆插入松卡式千斤顶后，使上、下卡头处于工作（卡紧）状态。当油泵供油时，液压油从下油嘴进入缸体内，此时，上卡头自动锁紧牵引杆，而下卡头自动松开，在液压力作用下，活塞杆向前（上）移动的同时由上卡头带着牵引（提升）杆向前（上）移动，当活塞杆移动一个行程后油泵停止供油，牵引（提升）杆也停止移动。回油时，液压油从上油嘴进入，下卡头锁紧牵引（提升）杆静止不动，在液压力作用下，活塞杆回程，此时，上卡头自动松开，液压油从下油嘴排出，至此，完成一个行程的平移（提升）工作。如此往复循环，不断地连续向前移动，直至就位，全部平移（提升）工作结束。

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

穿心式牵引千斤顶由一个穿心式张拉千斤顶配以合适的锚具(或夹具)和一组钢绞线组成的牵引设备,具有牵引力大,但操作较麻烦,平移的平稳性稍差。因一组钢绞线由多根钢绞线组成,使用时特别注意多根钢绞线受力的同步均匀性和安全性。

A.2.7 同步千斤顶系统由泵站带动多台千斤顶同步作业。同步电动泵特点自动找零功能;阀件控制自动找平衡功能;采用超高压平衡阀回路,同步精度可达±1%;车轮式移动方便施工。采用PLC液压同步控制系统可同时控制几十台千斤顶同步作业。