第一章　灌区渠首工程管理

第一节　渠首工程的运行管理

无坝引水渠首工程包括引水渠、进水闸、渠首段干渠及沉沙池等。有坝引水渠首工程由拦河坝、进水闸、冲沙闸及导流坝等部分组成。渠首工程的管理主要是水闸的运行管理和其他建筑物的使用管理。

一、水闸的控制运用

(一)水闸运用的控制指标

(1)上、下游最高水位、最低水位。

(2)最大过闸流量、相应的单宽流量。

(3)最大水位差及相应的上、下游水位。

(4)上、下游河道和渠道的安全水位、流量。

(5)兴利水位及兴利引水流量。

(6)允许双向运行的水闸应有相应的双向指标。

水闸管理单位应根据运行指标，结合工程具体情况和有关部门的合理要求，参照历史水文规律和工程运行经验，以及当年水情预报等，制定年度控制运用计划。在实际运用过程中，应根据水情及工程情况，在年度运用计划范围内制定具体运用计划，进行操作运用。如因特殊要求，需要在超过规定的上、下限指标运用时，必须经过验算和鉴定，必要时应采取加固措施。

(二)水闸运用的一般原则

(1)必须在保证工程安全的条件下，合理地综合利用水资源，充分发挥工程效益，当兴利与防洪矛盾时，兴利应服从防洪。

(2)按照有关规定和协议以及上级主管部门的指示，合理分配水量，经济用水。在分配水量时，一般应照顾下游和原有用水户。

(3)水闸的运用，应与上、下游工程相配合，并与河道堤防的防洪能力，上、下游排水、蓄水能力和渠道的输水能力相适应。

(4)有淤积问题的水闸，应研究采用妥善的运用方式防淤、冲淤、排沙。

(三)水闸运用的一般规定

(1)应按运用计划和上级主管部门的指令进行，不得接受任何单位和个人的指令。指令应详加记录、复核，并妥善保存。

(2)单向运用的水闸，需要双向运用时，必须经过验算和鉴定，提出相应的运用指标和办法。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(3)闸门启闭前,要对启闭机械、闸门位置、电源、动力设备、仪表、上下游水位、流态、有无船只或漂浮物、行水障碍物等情况详加检查。有条件的水闸工程，启闭设备要做到手动和电动两用，同时应有备用电源。

(4)闸门启闭后,要对闸门启闭时间、次序、开度、流态、上下游水位变化以及建筑物和启闭等情况，详加记载，妥善保管。

(5)水闸在放水、停水、加大或减少流量以及泄冰凌前，均应事先通知上、下游有关部门做好准备，互相配合，防止人为事故。

(四)闸门操作运用的基本要求

(1)过闸流量必须与下游水位相适应，使水跃发生在消力池内。

(2)过闸水流要平稳，避免产生集中水流、折冲水流、漩涡等不正常现象。涵洞及涵洞式水闸，应避免洞内长时间处于明、满流交替状态。

(3)避免河道水位降落过快，以防止对岸坡的稳定造成不利影响。同时，要避免渠道水位骤涨骤落，影响渠道安全输水。

(4)当闸门运行接近最大开度或关闭接近闸底时，要减速运行，及时停车。

(5)避免闸门在发生震动的位置运用。

二、闸门及启闭机的运行

(一)闸门的型式及应用

现将常用的一些闸门，按其结构型式，将其适用情况、优点、常见故障及维修注意事项分述如下。

1.平面滑动闸门

(1)适用情况。钢结构平板滑动闸门，在较小孔口上，可作为工作门和事故门；在较大孔口上，可作为事故门和检修门。铁木混合结构或铸铁平板滑动闸门，可在低水头或较小孔口上用作工作门和检修门。钢筋混凝土和钢丝网水泥平板滑动闸门，多在低水头的溢洪闸和拦河闸上用作工作门。

(2)优点。顺水流向闸墩长度较短；闸门结构较简单，制造、安装运输较容易；门体可移出孔口，便于检修维护；门体可沿高度分为数节，减轻启门力；对移动式门机的适应性较好。

(3) 常见故障。支承滑块容易损坏，水封橡胶老化损坏会引起漏水，钢闸门容易锈蚀。

2.平板滚动闸门（包括定轮和滚轮）

(1)适用情况。用作进水闸、深孔泄水闸、溢洪闸和拦河闸的工作门、事故门、检修门，钢筋混凝土平板滚动闸门多用于溢洪闸和拦河闸上。

(2）优点。除具有平板滑动闸门的优点外，由于是滚动摩擦，需要启闭力比滑动闸门小。

(3)常见故障。滚轮轴瓦缺润滑设备容易磨损破坏,水封橡胶老化、损坏会引起漏水，闸门易于产生震动，钢闸门容易锈蚀。

3. 弧形闸门

(1)适用情况。用作溢洪闸、拦河闸和深孔泄水闸的工作闸门；钢结构弧形门多用于

水头较高和孔口较大的工程，钢筋混凝土和钢木结构弧形门多用于露顶的溢洪闸和拦河闸上。

(2)优点。所需闸墩高度和厚度较小，流态较好，启闭力较小，使用较广。

(3）常见故障。水封橡胶老化及损坏，易引起漏水，闸门在某一开度时容易发生震动，支铰轴应定期加润滑油，钢闸门容易锈蚀，起吊钢丝绳容易生锈。

(二)启闭机型式及应用

启闭机是控制闸门运行的设备。由于闸门的结构型式、尺寸大小、闸孔多少、负担任务和现场布置等有所不同，启闭机的型式也各不一样，类型较多。现将常用的启闭机型式及其应用简况列入表 1-1。

表 1-1　常用启闭机型式及应用

机　型	适　用　情况	优　点	常见故障及维修注意事项
卷扬式启闭机	卷扬式启闭机适用于启闭平板滑动闸门、平板滚动闸门、弧形闸门及船闸人字门等	1.利用滑轮组不同倍率,使启闭机适应范围较广 2.不受扬程的限制 3.可布置多种不同起吊型式	1.钢丝绳容易生锈或磨损 2.机械传动部分应经常注油润滑
台车式或门式卷扬启闭机	1.启闭各种类型 检修闸门 2.水情变化缓慢，使用不频繁的多孔闸工作闸门,沿海地区不宜采用	一般启闭机可以先后起吊多孔闸门、拦污栅等其他设备	1.钢丝绳容易生锈或磨损 2.在机械传动部分，应经常注油润滑 3.在露天放置时应注意防锈保护 4.因不经常使用，电器设备易于失灵,要定期检修
螺杆式启闭机	1.启闭小孔口的平板滑动闸门、平板滚动闸门和高压弧形闸门 2.启闭各种类型闸阀 3.不宜用于启闭快速事故闸门	1.启闭力小的螺杆启闭机结构简单,价格低廉 2.具有下压力，对需要闭门力的闸门较为适用	1.当螺杆长度较大时，在关闭闸门过程中，螺杆容易失稳、弯曲变形 2.注意防尘，加注润滑脂以防止螺母及推力轴承磨损 3.应设可靠的限位装置，以防螺杆压弯损坏等

(三)闸门,启闭机的操作运行

1. 闸门启闭制度

(1)必须按照运行计划主管部门的指示启闭闸门。

(2）对上级主管部门有关启闭闸门指示，应详细记录，并由技术负责人确定运行方式,启闭次序，按规定程序下达执行。

(3)操作人员接到启闭闸门的任务后，应迅速召集有关人员做好各项准备工作，必要时行政领导和技术负责人应到现场指挥。

(4)当闸门开启高度较大，其流量、水位变化对上下游有危害或影响时，必须预先通知

有关单位，做好准备，以免造成不必要的损失。

2. 闸门启闭设备和其他方面的检查工作

(1)闸门的检查。检查闸门的开度是否在原定的位置；闸门周围有无漂浮物卡阻，门体有无歪阻，门槽是否堵塞。有旁通阀门的建筑物，要检查是否正常。冰冻地区在冬季启闭闸门时，要检查闸门的活动部位有无冻结现象。

(2)启闭设备的检查。检查启闭闸门的电源或动力有无故障；电动机是否正常，次序是否正确；机电安全保护设施、仪表是否完好；机械转动部位的润滑油是否充足、符合规定要求 牵引设备是否正常,如钢丝绳有无锈蚀、断裂,螺杆、连杆和活塞等有无弯曲变形,吊点结合是否牢固；液压启闭机的油泵、阀、滤油器是否正常，油箱的油量是否充足，管道油缸是否漏油；移动式启闭机的缓冲器、阻挡器和各种限位开关是否灵活可靠，机架是否准确地移到启闭位置。

(3)其他方面的检查。检查上、下游有无船只、漂浮物或其他障碍物等影响行水情况；观测上、下游水位,流量、流态 有通气孔的建筑物,要检查气孔是否堵塞。

3. 闸门的运行原则

(1)工作闸门和阀门在动水情况下启闭。

(2)事故闸门在动水情况下关闭，在静水情况下开启；平压阀门应在动水情况下开启，静水情况下关闭。

(3)检修闸门及尾水闸门，一般在静水情况下启闭。

4. 工作闸门的操作运行

(1)闸门在不同开度泄水时，应注意对下游的冲刷和闸门、闸身的震动。

(2)闸门泄流时，必须与下游水位相适应，使水跃发生在消力池内。一般可根据实测的闸下水位与安全流量关系图表和水位一闸门开度一流量关系图表，进行分次开启。如无实测资料，可按设计资料试开，通过实践逐步修正。

(3)局部开启的工作闸门，不得中途停留使用。

(4)控制压力输水洞的闸(阀)门,在充水、放水时,不应使洞内的流量增减太急。停水过程应适当延长，并应保持通气孔畅通，以避免洞内产生超压、负压、气蚀和水锤等现象。

5. 多孔闸门的运行

(1) 如不能全部同时启闭，应由中间孔依次向两边对称开启，或由两端向中间依次对称关闭。

(2)对立体布置的双层孔口或上、下双扉布置的闸门，应先开底层或下扉的闸门，再开上层或上扉的闸门。关闭时顺序相反。

(3)多孔闸门（水平排列）下泄流量时，只有在水跃能控制在消力池内的情况下，才允许开启部分闸孔。

(4)允许局部开启的多孔闸门，应根据闸下水位与安全流量关系图表确定分次允许增加的流量，然后根据水位一开度一流量关系图表，确定闸门分次启闭的高度，或根据运行经验确定。分次启闭间隔时间，应视下游水位趋向稳定情况而定。

6. 启闭机的操作程序

电动启闭的操作顺序是：①先打开锁定装置，后合电器开关。②当闸门运行至预定位

置后，及时断开开关，装好锁锭，切断电源。用人工操作手、电两用启闭机时，应先切断电源，合上离合器，才能操作。如使用电动时，应先取下摇柄，拉开离合器后，才能按电动操作程序进行。

7. 闸门操作运行时应注意的事项

(1)操作人员必须熟悉业务，思想集中，坚守工作岗位。

(2)在操作过程中,无论是遥控、集中控制或机旁控制,均应有专人在机旁和控制盘处进行监护。

(3)启动后应注意：启闭机是否按要求的方向动作；开度指示器及各种仪表所指示的位置是否正常；电器、油压和机械设备的运行是否良好；用两部启闭机控制一个闸门的，是否同步启闭。当启闭力已达到设计规定的标准，而闸门仍然固定不动或发生其他不正常现象时，应立即停机检查处理，不得强行启闭。

(4)闸门应避免停留在容易发生震动的开度上。如闸门、启闭机发生震动响声，应立即停机检查，消除后再行启闭。

(5) 使用卷扬式启闭机关闭闸门时，不得在不给电源的情况下单独松开制动器降落闸门(无离心装置的除外)棘轮、棘爪制动器,不得在闸门下降过程中突然刹停,以免损坏棘爪,引起事故。

(6)当开启闸门接近最大开度或关闭闸门接近闸门底时，应注意闸门指示器或标志，掌握及时停机，以避免闸门或启闭机械损坏。

(7)在冰冻时期,如要开启闸门,应将闸门附近的冰破碎或融化后再开启闸门 在解冻流冰时期泄水时，应将闸门全部提出水面，或控制小开度放水，以避免流冰撞击闸门。

(8)闸门启闭完毕后,应校核闸门开度。

(9) 闸门启闭操作后应注意做好以下工作：每次启闭闸门后，应将操作人员、启闭依据、时间、开度、次序、水流情况、启闭前后的上下游水位变化,以及建筑物、闸门、启闭机有无不良现象，详加记载，妥为保管。根据需要发出启闭终止信号或向有关单位发报水情。做好现场清理工作。

(10) 在泄水期间值班人员应注意的事项：通气孔的工作是否正常；闸门的震动情况和闸门是否自动下降；上、下游水位变化及水流形态；有无船只或其他漂浮物临近闸前。

(11)做好安全保护工作,为保护工程、设备和人身的安全,必须采取安全技术措施,防止火灾、人身伤亡事故和工程设备损坏事故的发生。

第二节　渠首工程的检查与观测

一、渠首工程检查与观测的任务

(1)监视水情、雨情和水流状态，工程状态变化及其工作情况，为正确管理、经济运行、优化调度提供科学依据。

(2)及时发现异常迹象,分析原因,采取措施,防止发生事故,保证工程安全。

(3)通过原体观测，对建筑物设计理论、计算方法和技术经济指标进行验证。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(4)根据水质变化动态,提出水质恶化预报。

二、渠首工程的检查

一般分经常检查、定期检查、特别检查和安全检查。

(1)土工建筑物的检查。对渠堤要注意堤身有无雨淋沟、塌陷、滑坡、裂缝、渗漏、风浪冲刷，有无兽洞、鼠穴等隐患，导渗排水系统和减压设施有无堵塞、损坏和失效，以及渠堤闸端接头有无渗漏、管涌迹象等。

(2)圬工建筑物的检查。应注意护坡护坦砌石有无松动、塌陷、隆起和人为破坏，浆砌石结构有无裂缝、倾斜、滑动、勾缝脱落等现象。

(3)混凝土和钢筋混凝土建筑物的检查。应注意有无裂缝、渗漏、剥落、冲刷、磨损和气蚀 伸缩缝止水有无损坏,填充物有无流失 墩墙、基座是否稳固 坝身、闸身、泵站有无集中渗漏等。

(4)闸门和启闭机的检查。应注意金属结构有无变形、裂纹、锈蚀、油漆剥落、焊缝开裂、铆钉或螺栓松动；闸门框架及面板有无变形；闸门有无歪扭，闸槽是否堵塞；止水是否完整；启闭机运转是否灵活；钢丝绳有无断丝；转动部分润滑油是否充足；机电及安全保护设施是否完好；钢丝网水泥闸门与钢筋混凝土闸门有无露筋、露网、裂缝、脱壳、漏水和其他损坏等。对浮体闸和翻板闸等还应注意支铰有无磨损卡阻。对橡胶坝坝袋应注意有无破裂、脱胶脱层、老化和磨损，锚固体有无锈蚀和松动等现象。

(5)水流流态的检查。应注意进口段水流是否平顺；闸后、堰后、洞后水流形态是否正常；跃后水流是否平稳，有无不正常流态和冲刷淤积现象；拦污栅、拦鱼设施、漂浮物是否壅水和堵塞。检查附属设施、动力、照明、交通、通讯、安全防护和观测设备等是否完好。

三、渠首工程的观测

(一)基本要求

(1)应进行全面的观测，对存在相互关系的项目应配合进行，观测工作应保持系统性和连续性，按照规定的项目、测次和时间进行。

(2)掌握特征测值和有代表性的测值，研究工程或设备运转情况是否正常，了解工程重要部位和薄弱部位的变化情况。

(3)观测成果要真实、准确,精度要符合规定,不得任意修改、补插观测值。

(4) 对观测成果应及时进行整理分析，并定期做好观测资料的整编工作。

(二)观测项目

(1)大型水闸和位置重要的中型水闸必须观测的项目有：上、下游水位，过闸流量；沉陷、伸缩缝、扬压力 冰流形态,上、下游河床变化。

结合水闸的具体情况和需要,必要时,增测位移、裂缝、冰凌、绕渗、震动、波浪、闸附近的地下水脉动压力等有关项目。

(2)大型泵站和位置重要的中型泵站必须观测的项目有 位移、沉陷、裂缝、渗漏、扬压力、冲刷、淤积、混凝土碳化、水质、含沙率、冻胀及泵房温度、噪音等。

水泵在运行中必须观测的项目有 扬程、流量、压力、效率、吸程和气蚀、震动等。

电动机在运行中必须观测的项目有 电流、电压、温升、功率、功率因数、轴承温度等。

第三节　渠首工程的养护

一、土工建筑物的养护

(1)土工建筑物表面有雨淋沟、浪窝坍陷时，应立即进行修补。发生渗漏、管涌现象时,要及时处理,办法是在上游堵截渗漏,下游反滤导渗。

(2)土工建筑物发生裂缝、滑坡，应分析原因，根据情况，采取开挖回填或灌浆方法处理，滑坡裂缝一般不宜采用灌浆方法处理。

(3)土工建筑物遭受水流冲刷危及安全时，应立即抢护。

(4)对土堤、土坝等,应定期锥探检查有无蚁穴、兽洞等隐患,采取灌浆或开挖回填等方法处理。

(5)在土堤、土坝背水坡,应铺植草皮,防止雨水冲刷。

二、圬工建筑物的养护

(1)浆砌石护坡如有塌陷、隆起，应重新翻砌。无垫层或垫层失效的应补设和整修。遇有勾缝脱落或开裂，应洗净后重新勾缝。浆砌石岸墙有倾覆或滑动迹象时，可采取降低墙后填土高度或增加拉撑等办法处理。

(2)干砌石护坡、护底,如有塌陷、隆起、错动等,应予整修。如石块重量不足时,应予更换或灌水泥砂浆。

三、混凝土建筑物的养护

(1)混凝土建筑物表面应保持清洁完好，应定期清除苔藓、蛎贝等附着生物。

(2)混凝土表面有脱壳、剥落、蜂窝、麻面、冲刷损坏时,可根据缺陷情况,采取水泥砂浆、环氧砂浆混凝土、喷浆等措施进行修补。

(3) 对混凝土的裂缝，应分析原因及其对建筑物的影响，制定修补措施。对于不影响结构强度的裂缝，可采用灌水泥浆、表面涂环氧砂浆方法处理。对影响结构强度的应力裂缝和贯通裂缝，应采用凿开锚筋回填混凝土、钻孔锚筋灌浆等方法补强。

(4)对于混凝土的渗漏，应弄清渗漏种类和原因，根据情况，拟定修补措施。对于建筑物本身的渗漏，应尽量在迎水面封堵，既阻止渗漏，又防止建筑物本身的侵蚀或溶滤，并有利于建筑物的稳定。当迎水面封堵有困难，且渗漏水不影响工程结构稳定时，也可在背水面封堵。对于接缝渗漏或绕坝渗漏，应尽量采取封堵措施，以减少水量损失，防止渗漏增大。对于基础渗漏的处理，以截渗为主，辅之以导渗排水。由于导渗排水虽可降低基础扬压力，但会增加渗漏量，甚至引起建筑物变形，故须慎重对待。

(5)水闸上游，特别是底板、闸门槽和消力池内的砂石杂物，应定期清理打捞，防止表面磨损。

(6) 伸缩缝填料，如有流失，应及时填充。止水片损坏时，应凿槽补设或采取其他有效

措施修复。

四、闸门的养护

(1)闸门应定期检修,经常清理,保持清洁,运行灵活,防止锈蚀、腐蚀、震动。在操作运行范围内不得堆放他物。

(2)闸门的钢木结构,应定期油漆,防锈防腐。闸门、滚轮、吊耳、弧门支铰等活动部件应定期清洗,经常加油润滑。闸门门叶如发生变形、杆件变曲或断裂、焊缝开裂,铆钉或螺栓松动及脱落等,都应立即恢复或补强。部件和止水设备损坏的应及时修理或更换。

(3)钢丝网水泥闸门,应经常清理表面污垢及苔藓等水生物。如有保护层剥落、脱壳、露筋、露网、裂缝、渗水等现象,应用高标号水泥砂浆或环氧砂浆修补。钢丝网闸板较为单薄,在运行中要防止闸门下坠、漂浮物撞击。船闸闸门要防止蒿尖铁件捣击。钢丝网水泥闸板的保护层要完整无损,必要时用涂料保护。常用的涂料配方见表 1-2。

表 1-2 各种涂料配方

涂料名称	配合比
H-4 环氧铝粉漆	环氧树脂:乙二胺:二丁酯:甲苯:铝粉=1:0.1:2:0.05:适量
HO4-3 环氧沥青漆	环氧沥青漆:环氧固化剂=7:1
聚苯乙烯	苯乙烯厚焦油溶液:长石粉:颜料:轻溶剂油=8:1.4:0.6:适量(底漆)=7:2.4:0.6:适量(面漆)
环氧煤焦油(1)	环氧树脂:煤焦油:118 溶剂=1:1:1;乙二胺为上述三者总量的 2%
环氧煤焦油(2)	环氧树脂:煤焦油:二丁酯:乙二胺=1:1:0.15:0.07
环氧水泥砂浆	环氧树脂:煤焦油:四苯:乙二胺:水泥:黄砂=1:2:1:0.2:2.68:2.68(底漆)=1:3:1.4:0.2:2.86:2.86(面漆)

(4)橡胶坝袋,应定期涂防老化剂防止老化打捞漂浮物,防止刺伤坝袋防止坝袋漂动、拍打,避免坝袋与混凝土面产生磨损、冲击。坝袋如有损坏、脱胶等,应及时修补。坝袋锚固装置、压板、螺栓、螺帽等,如有松动脱落,必须立即旋紧补齐。

五、启闭机的养护

(1)启闭机的传动机构,一般可分为机械传动和液压传动。各传动部件如滚动轴承、联轴器、变速箱、变速齿轮、蜗轮、蜗杆、轴与轴瓦、油(水)泵、阀门及管道等,必须加强润滑或其他防护工作,以减少部件的磨损和保证传动部位的正常运行。

(2)制动器(刹车)要求动作灵活,制动准确。如发现闸门自动沉降,应立即对制动器进行彻底检查修理。

(3)悬吊装置的钢丝绳、链条、拉杆、螺杆、齿杆、活塞杆等构件,要防止松动变形、锈蚀、断丝,并经常涂油润滑防锈。

(4)电源、电气线路、机电设备、动力设施、各类仪表和集控装置等,均应经常养护,定期检修,使其运用灵活,准确有效,安全可靠。

第四节　渠首工程的修理

渠首及分水枢纽工程的养护修理，应本着“经常养护，随时维修，养重于修，修重于抢”的原则进行。

一、混凝土表层损坏

（一）混凝土表层损坏现象及原因

混凝土表层损坏现象及原因见表 1-3。

表 1-3　混凝土表层损坏现象及原因

现　象	原　因	常见部位
拆模后混凝土表面有蜂窝、麻面、骨料架空和外露、模板走样、接缝不平	施工质量不好，混凝土强度不够	各部位均可发生
高速水流冲刷、淘刷磨损、气蚀等，使混凝土表层形成麻面，骨料外露、疏松脱壳等	1. 流速大于混凝土表面允许流速 2. 水流边界条件不好，高速水流时，引起气蚀破坏 3. 水流中挟有大量砂石等推移质或漂浮物 4. 消力池、护坦上有砂石、混凝土块等杂物	1. 与水流接触的表面，特别是底板表面 2. 过水建筑物急变部位，断面突变、不平整部位
冻融、风化剥蚀，使混凝土表层疏松脱壳或成块脱落	1. 严寒地区冰冻及干湿交替循环作用 2. 有浸蚀性水的化学浸蚀作用	水位变化区及与冰经常接触的部位
撞击破坏使混凝土表层成块脱落形成凹凸不平	机械、船舶或其他坚硬物体撞击	各部位均可发生

（二）修补方法的选择和修补材料的要求

（1）当修补面积较大时，深度大于 20cm 的，可采用普通混凝土（包括膨胀水泥混凝土和干硬性混凝土）、喷混凝土、压浆混凝土或真空作业混凝土回填；深度在 5～20cm 的，可采用喷混凝土或普通混凝土回填；深度为 5～10cm 的，可采用普通砂浆、喷浆或挂网喷浆填补；深度在 5cm 以内的可采用预缩砂浆、环氧砂浆或喷浆填补。

（2）当修补面积较小时，深度大于 10cm 的，可用普通混凝土或环氧混凝土填补；深度为 5～10cm 的，可用预缩砂浆或环氧砂浆填补；深度在 5cm 左右的，也可用环氧石英膏填补。由于环氧材料价格较高，只有在修补质量要求高的部位，或其他材料不能满足要求时使用。

（3）对修补面积不大，并有特定要求的部位，可采用钢板衬护或其他材料镶护，但要保证衬护或镶护材料与混凝土连接密实，结合平整。

(4)损坏部位修补后,要分别达到抗冻、抗渗、抗浸蚀、抗风化、高强度,并要求有耐磨性和具有一定韧性。混凝土的技术指标不得低于原混凝土，所用水泥不得低于原混凝土水泥标号,一般以采用 425 号以上高标号水泥为宜，水灰比应尽量选用较小值。

(5)对由于湿度变化而引起风化剥蚀的部位，修补时，宜在砂浆或混凝土中掺入水泥重量 1/10 000 左右的加气剂，提高砂浆或混凝土的抗冻性和抗渗性，但这样会使强度稍有降低，因此应控制含气量不超过 5%。

(6)环氧材料的选用。一般用于混凝土表层修补的有环氧基液、环氧石英膏、环氧砂浆和环氧混凝土。环氧材料有较高的强度和抗蚀、抗渗能力，能与混凝土等材料很好地粘结，是一种较好的修补材料。但价格较高，工艺比较复杂，在修补工程量大的情况下，宜与其他方法配合使用。如损坏部位面积较大，且深度超过 2cm 时,可先用预缩砂浆填补,而将表面预留 0.5～1.0cm 深度，再涂抹环氧砂浆作保护层

二、混凝土建筑物的裂缝修理

(一)混凝土裂缝的分类及特征

混凝土裂缝的分类及特征见表 1-4。

表 1-4 混凝土裂缝的分类及特征

分 类	特 征
沉陷缝	1.裂缝属贯穿性的,其走向一般与沉陷走向一致 2.裂缝宽度受温度变化影响较小 3.对于大体积混凝土较小的不均匀沉陷引起的裂缝,一般看不出错距;较大的不均匀沉陷引起的裂缝,有较大的错距 4.对于薄壁型结构,往往有较大的错距
干缩缝	1.裂缝属于表面性的,走向纵横交错,没有一定的规律性,形似龟裂 2.缝宽及长度都很小,如发丝一般
温度缝	1.由于裂缝产生的原因不同,分别属于表层、深层或贯穿性的。表层裂缝的走向,没有一定的规律 2.钢筋混凝土的深层或贯穿性裂缝,方向一般与主钢筋方向平行或接近平行,与架立钢筋(构造或温度钢筋)方向垂直或接近于垂直 3.裂缝宽度大小不一,但每一裂缝沿长度方向没有大的变化 4.缝宽受温度变化的影响,热胀冷缩较明显
应力缝	1.裂缝属于深层或贯穿性的,走向基本上与主应力方向垂直 2.钢筋混凝土建筑物的裂缝方向与主钢筋方向垂直或接近垂直 3.裂缝宽度一般较大,沿长度或深度方向有显著的变化 4.缝宽受温度变化的影响较小
施工缝	1.裂缝属于深层或贯穿性的,走向与工作缝面一致 2.竖直施工缝开裂宽度较大(一般大于 0.5mm),水平施工缝一般宽度较小

(二)混凝土裂缝的成因

(1)设计方面的原因。设计考虑不周，如断面过于单薄，孔洞面积所占比例过大，配筋不够，钢筋布置不当，致使结构强度不足，抗裂性能降低；分缝分块不当，块长或分缝间距过大，错缝分块时搭接长度不够；温度控制不当，温差过大，使温度应力超过允许值；基础处理不善，引起基础不均匀沉陷或扬压力增大而使建筑物发生裂缝；设计不当或模型试验不符合实际情况，使用时引起建筑物震动开裂。

(2)施工方面的原因。混凝土保养不当；基础处理、分缝分块、温度控制、配筋等未按设计要求施工；浇筑时质量控制不严，混凝土的均匀性、密实性和抗裂性差；模板强度不够,振捣不慎,变形变位 施工安排不当,上下层混凝土间歇期不够,拆模板过早 使用了收缩性较大的水泥或含有大量碳酸氢离子的水使混凝土产生过大收缩或膨胀；基坑开挖太小，造成积水，排水时，将混凝土中的水泥浆带走影响质量。

(3)其他方面的原因。如维护管理不善，使建筑物承受的应力大于容许应力；地震、爆破、冰凌、台风和超标准洪水等引起建筑物震动或超过设计荷载而发生裂缝。

(三)混凝土裂缝修补方法的选择

首先根据现场实际情况,按照裂缝位置、高程、走向、宽度、深度、错距及分布范围,以及裂缝开度特别是最大开度出现时间及其与温度、水位变化的关系，查明裂缝性质、原因及危害程度。有渗水的裂缝，要观测渗水是清水还是浑水以及碳酸盐等分解情况，确定修补办法。

一般裂缝的修补宜在低水头或地下水位较低时和温度、湿度适合于修补材料凝结固化的时期进行。受气温影响的裂缝，宜在低温季节修补；对不受气温影响的裂缝，宜在裂缝稳定的情况下修补。裂缝修补方法的选择见表 1-5

表 1-5 裂缝修补方法的选择

裂缝种类和特征	渗水现象	对结构强度影响	处理方法	备注
龟裂缝	不渗水	影响抗冲耐蚀能力	表面涂抹环氧砂浆或其他材料	指高流速面
开度大于 0.5 mm 的裂缝	不渗水	无影响	表面粘贴条状砂浆或其他材料	指钢筋混凝土结构
开度大于 0.5 mm 的少数裂缝	小量渗水	无影响	表面凿槽嵌补或喷浆	
数量多、分布广的细微裂缝	渗水	无影响	表面涂抹水泥浆、喷浆或增做防水层	在迎水面处理
渗透压力对稳定无影响的裂缝	渗漏量较小	无影响	表面凿槽引流后嵌补水泥砂浆或其他材料	在渗水口处理
渗透压力对稳定有影响的裂缝	渗漏量较大	无影响	表面粘贴或凿槽嵌补水下环氧材料,或钻孔进行内部灌浆处理	表面处理时,在渗水进口处进行

需要全本请访问 www.ertongbook.com

续表 1-5

裂缝种类和特征	渗水现象	对结构强度影响	处 理 方 法	备 注
对结构强度有影响的裂缝	渗水或不渗水	削弱或破坏	浇筑新混凝土或钢筋混凝土补强;钻孔灌浆;喷浆或钢板衬护;锚筋锚固或预应力锚索加固;其他措施。有渗水的还要结合表面堵漏处理	采用一种或结合使用两种以上的修补方法。沉陷时应先加固基础
受温度变化影响的裂缝	渗水	无影响或有影响	环氧砂浆修补,粘贴橡皮等柔性材料,喷浆或钻孔灌浆	对整体性无影响的采用表面处理,有影响的采用内部处理
一般伸缩缝开裂	不渗水	无影响	按不同深度选用不同材料表面凿槽嵌补	
环向温度裂缝和伸缩缝	渗水	无影响	表面凿槽嵌补沥青砂浆或环氧砂浆,钢板压橡皮或胶粘剂粘贴橡皮	指隧洞、涵洞、倒虹吸管及渡槽等
施工冷缝	渗水或不渗水	有影响	钻孔灌浆或其他措施	
	渗 水	无影响	表面凿槽嵌补或喷浆	在迎水面处理

(四)混凝土裂缝的表面处理

1. **表面涂抹**

主要是用水泥浆、水泥砂浆、水泥快凝砂浆、环氧基液及环氧砂浆等涂抹在裂缝混凝土表面。

(1)水泥砂浆涂抹。将裂缝附近的混凝土凿毛，洗净洒水湿润后，先用纯水泥浆涂底层厚 0.5～1.0 mm,再用 1:1～1:2 的水泥砂浆分次抹平，总厚度一般为 1.0～2.0 cm,最后用铁抹压实、抹光、保养。

(2) 防水快凝砂浆涂抹。在水泥砂浆内加防水剂（或称快凝剂）以达到速凝防水目的。防水剂可采用成品，也可自行配制，其配合比见表 1-6。

表 1-6 防水剂配合比

编号	材料名称	分 子 式	配比(质量比)	材料颜色	通 称
①	硫酸铜	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	1	水蓝色	胆 矾
②	重铬酸钾	$K_2Cr_2O_7$	1	橙红色	红 矾
③	硫酸亚铁	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1	绿 色	黑 矾
④	硫酸铝钾	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	1	白 色	明 矾
⑤	硫酸铬钾	$K_2Cr_2(SO_4)_7 \cdot 12H_2O$	1	紫 色	蓝 矾
⑥	硅 酸 钠	Na_2SiO_3	400	无 色	水玻璃
⑦	水	H_2O	40		

防水剂的配制程序 按配比取水加热到 100℃ ,然后将表 1-6 中编号①～⑤的材料(或其中③、④种 ,其总量应占到 5份）加入水中继续搅拌，待全部溶解后降温到 30～40℃ ,再注入硅酸钠并搅拌均匀，半小时后即可应用，不用时应贮在非金属容器内密封保存。防水快凝灰浆、砂浆的配合比见表 1-7。

表 1-7 防水快凝灰浆、砂浆配合比

名　称	配　比　（质量比）				初凝时间 (min)
	水　泥	砂	防　水　剂	水	
急凝灰浆	1		0.69	0.44～0.52	2
中凝灰浆	1		0.2～0.28	0.4～0.52	6
急凝砂浆	1	2.2	0.45～0.58	0.15～0.28	1
中凝砂浆	1	2.2	0.2～0.28	0.4～0.52	3

防水快凝灰浆和砂浆配制，先将水泥或水泥与砂加水拌匀，然后加防水剂并快速搅拌均匀，立即用铁抹涂在混凝土面上压实抹光。由于凝固快，应随拌随用，一般裂缝凿深 2cm ,宽 20cm ，洗净湿润后，先涂一层防水快凝灰浆 1mm，硬化后即涂防水快凝砂浆 0.5～1.0cm，直至混凝土面齐平。

(3)环氧砂浆涂抹。根据裂缝的环境选用不同的配方，修补干燥状态混凝土裂缝可用普通环氧砂浆，其配方见表 1-8、表 1-9 ；对潮湿状态的裂缝，宜采用环氧焦油砂浆或用酮亚胺作固化剂的环氧砂浆，见表 1-10、表 1-11。

表 1-8 环氧基液配比(质量 比)

材料名称	环氧树脂	固　化　剂			增　韧　剂		稀　释　剂	
	6101#	甲苯二胺	二乙烯三胺	乙二胺	304#	二丁酯	690#	丙　酮
1	100	16			30		20	
2	100			6～7		20		
3	100		10			15		10

表 1-9 环氧砂浆配比（质量比）

材料名称	环氧树脂			固化剂		增韧剂		稀释剂			填　料			
	637#	634#	6101#	甲苯二胺	乙二胺	304#	邻苯二甲酸二丁酯	690#	甲苯	丙酮	水泥	石英粉	砂	石棉
1	100			12			10		15			600	900	
2			100	15～17		30		20				500	850	
3		100		18			20	15				150	450	
4			100	14		30						125	375	
5		100			6		15						1 040	
6			100		10		10		5	20	300			100

表 1-10 环氧煤焦油材料配比

材料名称	配合比（质量比）						
	1	2	3	4	5	6	7
环氧树脂	100	100	100	100	100	100	100
650#聚酰胺树脂	50	30	30	30	30	30	100
邻苯二甲酸二丁酯	5	10	10	10	10	10	5
乙二胺	6	14	14	14	14	14	3
苯酚(氯苯)	10						(5)
二甲苯		15	40	30	15	20	
丙 酮		15			15	15	
煤焦油	25	20	40	30	20	20	30
砂	150			500			150～200
石棉粉	15		50				150～200
石棉绳			100				
石棉绒			100	100			
水 泥	250	50	100	100		100	150～200

表 1-11 酮亚胺环氧材料配比（质量比）

材料名称	环氧树脂	酮亚胺	二乙烯三胺	水杨酸	水	二乙醇胺	煤焦油	橡皮粉	水泥	生石粉	砂
1	100	25			10		60	76	76		38
2	100	20			5		60	60	120		
3	100	20			5				400		600
4	100	16		3～5		10			100	20	
5	100	16		3～5		10			100	20	
6	100	10	5	5		10			50	20	100～300

注 先将水杨酸溶于二乙醇胺内，再将酮亚胺加入树脂中，分别搅拌均匀，两者合在一起搅拌后加入填料拌匀。

环氧砂浆涂抹工艺是沿混凝土裂缝凿槽，深 0.5～1.0cm，宽 5～10cm，槽面尽量平整；用钢丝刷或竹刷将松动的粉屑、碎石洗刷干净，待干燥后用丙酮擦一遍使槽内混凝土面无灰尘油污；然后在槽面涂一层环氧基液，厚度 0.5～1.0mm，再涂抹环氧砂浆，使其表面与原混凝土齐平，并用烧热的铁抹子压实抹光。

2. 表面粘补

主要用胶粘剂将橡皮或其他材料粘贴在裂缝部位的混凝土上，达到封闭裂缝防渗堵漏的目的。

(1)橡皮粘补。沿裂缝凿槽，宽 14～16cm，深 2cm，并吹洗干净，使槽面干燥 在槽内涂一层环氧基液随即用水泥砂浆（最好用膨胀水泥砂浆）抹平，待表面凝固后洒水保养 3 天。粘补的橡皮，厚度以 3～5mm 为宜，橡皮宽度以混凝土面凿毛宽度为准，使用前放在

浓硫酸中浸 5～8min ，再用水冲洗干净，待晾干后粘补。环氧基液和环氧砂浆的配制见表 1-8、表 1-9。膨胀水泥砂浆的配比是水泥：砂为 1∶0.8～1∶1 ，水灰比不超过 0.55。

粘补工艺是：在混凝土表面处理后，在铺填的膨胀水泥砂浆表面上刷一层环氧基液，再沿裂缝走向放一根 5mm×5mm 的木条，长度与裂缝一致，并在木条两侧涂 5mm 的环氧砂浆，浆面与木条相平，然后在橡皮的粘贴面上刷一层环氧基液，粘贴在涂抹好的环氧砂浆面上。粘贴时从裂缝的一端开始铺向另一端，并用力均匀压紧，直至环氧砂浆从橡皮边缘挤出为止。在环氧砂浆固化前，橡皮容易滑动或脱落，贴上以后，再用木支撑将橡皮顶紧，环氧砂浆固化后再将支撑拆除。为防止橡皮老化，在橡皮表面再刷一层环氧基液，并抹一层环氧砂浆保护。橡皮粘补裂缝见图 1-1。

（2）玻璃布粘补。玻璃布耐水性好、强度高、施工方便。由于玻璃布在制作过程中加入浸润剂，含有油脂和蜡，影响环氧基液与玻璃布紧密结合。玻璃布在粘贴前必须清除粘附的油蜡，其方法有两种：一种是在 2%～3%的碱水中煮沸半小时到 1 小时，然后用清水洗净；二是在烘烤炉上加热到 190～250℃。

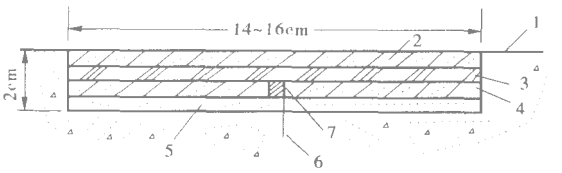

图 1-1　橡皮粘补裂缝

1—原混凝土面；2—环氧砂浆厚 3～5mm；3—橡皮厚 3～5mm；4—环氧砂浆厚 5mm；5—环氧基液；6—膨胀水泥砂浆厚 5mm；6—裂缝；7—板条

粘贴玻璃布的混凝土面，事先凿毛、洗净，清除油污、灰尘。如表面不平，用环氧砂浆抹平。粘贴时先在面上均匀刷一层环氧基液（不能有气泡产生），然后贴上展开拉平的玻璃布，并压平贴紧，再在贴好的玻璃布上刷一层环氧基液，使它浸透玻璃布并溢出，接着再贴一层玻璃布。按同样的方法粘贴第三层玻璃布，但上层玻璃布比下层玻璃布稍宽 1～2cm ，以便压边。玻璃布一般贴 2～3 层即可。如图 1-2 所示。

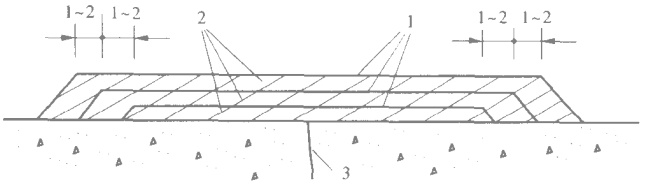

图 1-2　玻璃布贴补示意图（单位：cm）

1—玻璃布；2—环氧基液；3—裂缝

（3）紫铜片与橡皮联合粘补。沿裂缝凿一条宽 20cm、深 5cm 的槽，并把槽两侧各 10cm 宽的混凝土面凿毛，槽内和凿毛面都要清洗干净。槽底先用水泥砂浆抹平，厚度 15mm 左右；待水泥砂浆凝固后刷一层环氧基液，再抹上厚度约 5mm 的环氧砂浆，随即将厚 1mm 的紫铜片紧贴在环氧砂浆上，并用支撑压紧，如紫铜片有脱空，应用基液灌满。在紫铜片上刷一层环氧基液，再填抹 20cm 左右厚的水泥砂浆，水泥砂浆干燥后，在其上刷一层环氧基液，并抹上环氧砂浆 3～5mm 再粘贴厚 4～6mm 的橡皮，为防橡皮老化，可在

橡皮表面加涂环氧基液和环氧砂浆保护。如图 1-3 所示。

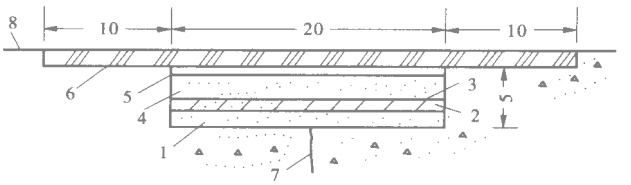

图 1-3 紫铜片和橡皮联合粘补裂缝示意图（单位：cm）

1—水泥砂浆厚 10～17mm；2 一环氧砂浆厚 5mm；3— 紫铜片厚 1mm；4— 水泥砂浆厚 20mm；5一环氧砂浆厚 3～5mm；6— 橡皮厚 4～6mm；7—裂缝 8一原混凝土面

3. 凿槽嵌补

凿槽嵌补是沿混凝土裂缝凿一条深槽，槽内嵌填各种防水材料，如环氧砂浆、预缩砂浆等，以防渗水。它主要用于修理一般对结构强度没有影响的裂缝。槽形根据裂缝位置和填补材料而定，如图 1-4 所示形状。

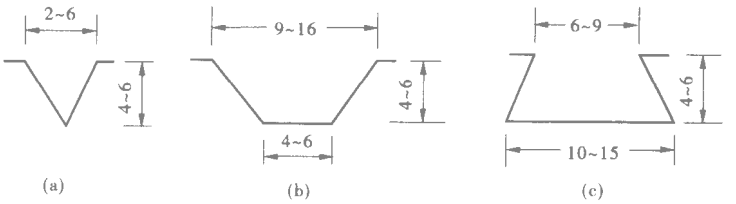

图 1-4 缝槽形状及尺寸图（单位：cm）

“V”形槽多用于竖直裂缝；“⌣”形槽多用于水平裂缝；“⌓”形槽多用于顶面裂缝及有渗水裂缝。槽内应冲洗干净。用水泥砂浆填补，应保持槽内湿润，但不能有流水现象。用环氧焦油砂浆、酮亚胺环氧砂浆填补，槽内干燥或湿润皆可，但不能有流水现象。用沥青或普通环氧材料填补，应在槽内干燥后填补。

(1)沥青油膏嵌补。沥青油膏是以石油沥青为主要材料，掺入适量的松节油、硫化鱼油以改善其粘结性、弹性和老化性。掺入重松节油提高其和易性及结膜性。掺入石棉和滑石粉改善其感湿性和保油性。这种油膏多用于预制混凝土屋面嵌缝和水工建筑物不渗水裂缝的嵌补。沥青油膏的配比见表 1-12。

表 1-12 沥青油膏配比（质量比，%）

油膏类别	油料					填料	
	10#及60#石油沥青	松节油	带鱼油	硫磺粉	重松节油	石棉绒	滑石粉
南方地区	27.04	2.45	1.80	0.52	14.65	21.39	32.15
北方地区	27.15	3.52	2.59	0.74	14.07	15.59	36.34

嵌补工艺 将沥青加热脱水，在温度 180～200℃时加入松节油，搅拌 30～60min 保持 170～180℃；将带鱼油加热 100～110℃，脱水后升温到 140～150℃，加入硫磺粉，搅拌

30min 后掺入重松节油稀释，盛于 80～110℃的搅拌箱内，按比例加入填料，搅拌 15min 左右，即成油膏。

缝槽经清洁干燥后，先用沥青漆刷一层冷底子油，再用刮刀或专用工具将油膏嵌入槽内压实，使油膏面比槽口低 1～2cm，再用水泥砂浆抹平保护。嵌填时油膏表面切不可粘滑石粉，否则不易与混凝土粘结。在竖直面或顶部嵌补时，应用封槽托板，逐段向内填塞油膏，捣实压紧，待油膏完全凝固后，再把托板拿掉。

(2)沥青砂浆嵌补。沥青砂浆是由沥青、砂子及水泥制成的。砂子粒径一般不应大于 2mm 而且要干净。沥青砂浆的配合比（质量比）为：

60 号石油沥青 砂 水泥 = 1∶4∶1 或 1∶4∶1.13

配制时先把沥青放进平底锅用温火逐渐加热至 180～200℃。加热时，要不断搅拌，以免锅底温度过高，把沥青烧焦、变质，而上面的沥青还没有完全熔化。当发现锅内沥青有淡黄色油烟出现时，应适当减火，以免沥青着火。锅内只能装 60%～80%的沥青，防止脱水时泡沫外溢。沥青表面的漂浮物，要用铁丝网清除。

沥青熔化后，再把事先加温脱水过的热水泥(120℃)徐徐倒入沥青内，边倒边搅拌，然后加入热砂，搅拌均匀，即成沥青砂浆。为增加沥青砂浆的韧性，还可加入适量的石棉粉。嵌填时，先将缝槽烘干，在槽内刷一层热沥青，然后将沥青水泥砂浆分层倒入槽内，随倒料、随压实、随抹平，使沥青砂浆面比槽口低 1.0～1.5cm，用水泥砂浆抹平保护。

(3)沥青麻丝嵌补。其操作是将沥青加热熔化，然后将麻丝或石棉绳放入沥青内浸煮，待麻绳或石棉绳全部为沥青浸透后，用铁钳或其他工具夹放于缝内，并用扁凿子插紧。嵌补时每次用量不宜过多，要逐层将其嵌入缝内。填好后用水泥砂浆封面保护。

(4)预缩砂浆（干硬性砂浆）嵌补。水泥以采用与原混凝土同品种新鲜水泥为原则，或按混凝土标号要求选用。砂料用 1.6mm 孔径的筛子过筛，其细度模数 1.8～2.0。水灰比 0.3～0.34，灰砂比 1∶1.2～1∶1.25。并掺入水泥重量 1/10 000 的加气剂。拌剂时，将水泥砂浆搅拌均匀，掺入加气剂的水溶液搅拌 3～4 次，归堆放置 30～90min，使其预先收缩后，即能使用。鉴定砂浆含水量多少的方法，是用手能将砂浆握成团状，手上有潮湿而无水析出为准。嵌补时，先将裂缝凿槽清洗涂一层水泥浆，其水灰比 0.45～0.50。然后分层填入预缩砂浆，并分层夯实，直至表面出现浆液为止。每层铺料厚度 4～5cm，最后一层的表面必须反复压实抹光，并与原混凝土接头平顺密实。嵌补后要专人养护，经常洒水保持湿润。

(5)聚氯乙烯胶泥嵌补。以煤焦油为主要材料，加入少量聚氯乙烯树脂粉、邻苯二甲酸丁酯(增韧剂)、硬脂酸钙(稳定剂)、滑石粉或粉煤灰(填充剂)等组成。它是在 130～150℃温度下，经塑化而制成的一种热浇注材料。具有良好的防水性、弹塑性、耐热性、耐寒性及与混凝土的粘结性，而且原料易得，价格低，容重小，施工简便，是一种良好的防水嵌补材料。适用于水工建筑物表面或缓坡上的嵌补。胶泥的配比及其性能见表 1-13。

胶泥的配制：把煤焦油缓慢加热至 120～140 ℃脱水，降温到 70～80℃备用 另取聚氯乙烯树脂粉及硬脂酸钙，混合拌匀后，加入二丁酯，先搅拌成糊状；然后缓缓加入 70～80℃的煤焦油中，搅拌均匀 再徐徐加入滑石粉，边加热边搅拌，控制温度 130～150℃，经过约 15min 即可完全塑化。当温度开始升高时，料浆由稀变稠，温度达到 130～150 ℃时，

需要全本请访问 www.ertongbook.com