

# 第 四 篇

## 边坡支挡结构设计 施工基础



## 第一章 支挡结构的发展和展望

支挡结构包括挡土墙、抗滑桩、预应力锚索等支撑和锚固结构,是用来支撑、加固填土或山坡土体,防止其坍滑以保持稳定的一种建筑物。在铁路、公路路基工程中,支挡结构被广泛应用于稳定路堤、路堑、隧道洞口以及桥梁两端的路基边坡等,主要用于承受土体侧向土压力。在水利、矿场、房屋建筑等工程中,支挡结构主要用于加固山坡、基坑边坡和河流岸壁。当以上工程或其他岩土工程遇到滑坡、崩塌、岩堆体、落石、泥石流等不良地质灾害时,支挡结构主要用于加固或拦挡不良地质体。支挡结构是岩土工程中的一个重要组成部分,随着我国国民经济水平的提高与基本建设的不断发展,以及支挡结构技术水平的提高和减少环境破坏、节约用地观念的加强等,支挡结构在岩土工程中的使用越来越广泛,特别是在铁路、公路路基及建筑基础工程中所占的比重也越来越大。

### 第一节 重力式挡土墙

由于我国的一些地区石料来源丰富,就地取材方便,再加上施工方法简单,因此,在过去很长一段时期内,石砌的重力式挡土墙(如图 4-1-1 所示)是我国岩土工程中广泛采用的主要支挡结构。这种挡土墙形式简单,设计一般采用库仑土压力理论。当墙体向外变形墙后土体达到主动土压力状态时,假定土中主动土压滑动面为平面并按滑动土楔的极限平衡条件来求算主动土压力。在侧向土压力作用下,重力式挡土墙的稳定性主要靠墙身的自重来维持,墙身一般采用浆砌片石来砌筑,有时也用混凝土。20 世纪 50 年代为

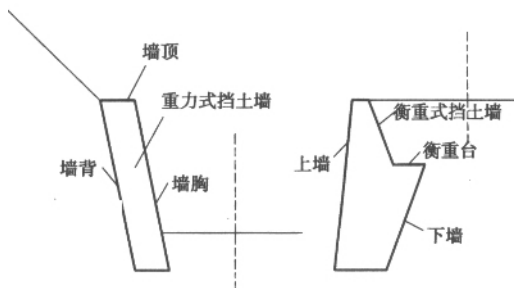


图 4-1-1 重力式挡土墙和衡重式挡土墙

适应西南山区地形陡峻的特点,出现了我国独创的衡重式挡土墙(如图 4-1-1 所示)。衡重式挡土墙最初在宝(鸡)成(都)铁路广元至略阳段使用。1959 年,铁道部第二勘测设计院(现改名为“铁道第二勘察设计院”)在西安召开的全国坍方滑坡会议上介绍了这种挡

墙新形式,得到了大会的赞许,以后在铁路路基工程中逐步推广,又由铁道部科学研究院、专业设计院、铁二院等单位联合开展了科研攻关,完善了衡重式挡墙按第二破裂面计算的理论,编制了有关标准图,加快了在铁路系统的推广。衡重式挡土墙是我国山区铁路应用较广泛的一种挡墙形式,并已在公路等其他行业中得到推广运用。

## 第二节 新型支挡结构

长期以来重力式挡土墙在支挡工程中一直占有主导地位,但由于其截面大、圬工数量多、施工进度慢,在地形困难、石料缺乏地区应用不便,其使用上的缺点也是明显的。因此,研究、引进和推广新型、轻型支挡结构,一直是岩土工程技术人员在工程实践中的一个主要内容。20世纪五六十年代,水利、铁道、公路、建筑等部门就开始引进推广锚杆挡土墙、桩基挡土墙等钢筋混凝土挡土结构,取得了一定的进展,成(都)昆(明)铁路大力推广运用新结构就是一典型实例。成昆铁路修建时,铁道部集中了全路科研精英以及部分其他系统的专家,组成50多个新技术战斗组,开展线路、桥梁、隧道、路基等各专业的新技术攻关,其科研成果《在复杂地质、艰险山区修建成昆铁路新技术》获得了国家科技进步特等奖。支挡工程方面,成昆线大力推广了锚杆挡土墙、桩基挡土墙、托盘式路基墙、挖孔抗滑桩等,为支挡工程的新型化跨出了一大步。但由于当时我国总体经济技术水平还比较落后,新型支挡结构的进展也较缓慢。近20多年来,随着我国国民经济的不断发展,机械、材料工业水平及岩土加固技术水平的不断提高,我国岩土工程中支挡技术水平也获得了迅速发展,支挡结构形式也从过去单纯靠重力维持平衡的挡土墙,发展为采用支撑、土筋复合结构以及锚固技术等多种新型、轻型支挡新技术。例如,悬臂式、扶壁式、锚杆式、加筋土式、锚定板式等新类型的挡土墙以及抗滑桩、桩板式墙、土钉墙、锚索桩等新型的支挡结构迅速得到推广运用。这些新型支挡结构具有结构轻、施工快捷、便于预制和机械化施工、节省材料和劳动力、造价低等优点,很快在各类岩土工程中得到广泛应用。现以几种挡墙作为例子,概略介绍新型支挡结构在我国发展的情况(以下介绍的几种新型支挡结构图型参见本章第二节“二、常用支挡结构类型介绍”)。

### 1. 卸荷板式挡土墙

衡重式挡土墙较以往的重力式挡土墙可节省圬工20%~30%,但当挡墙较高时,墙身截面还是很大,因此,又出现了一种改进型的结构形式——卸荷板式挡土墙。在地基承载力较高的情况下,卸荷板式挡土墙由于卸荷板的作用,使卸荷板上的填料作为墙体重量,而卸荷板又减少了衡重式挡墙下墙的土压力,增加全墙的抗倾覆稳定性,可节省墙体圬工,从而节省工程投资。前苏联、日本等国家在港工建筑物中对有卸荷板或卸荷平台的挡土结构研究较多,国内在港工建筑工程方面的应用也较早,主要用在重力式码头、坞墙及岸壁结构。交通部设计院、天津大学等单位对具有卸荷板或卸荷平台的港工结构的受力状态和计算方法进行过一些研究。铁路部门从20世纪60年代起曾对带卸荷板的挡土墙进行过一系列的研究,20世纪80年代末又对卸荷板挡土墙特别是短卸荷板式挡土墙

的受力状态进行了系统的分析。1990年由铁道部第一勘测设计院主持并与西南交通大学、铁道部第四工程局合作,在侯(马)月(山)铁路上进行了结合工程的科学试验,总结出了短卸荷板挡土墙的设计计算方法,有关内容已纳入《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2001)。1996年由铁道部第二勘测设计院设计、第二工程局施工,在南昆铁路建成我国第一座高托盘与卸荷板相接合的高托盘卸荷板式铁路路肩挡土墙。

## 2. 锚杆挡土墙

20世纪四、五十年代,美国、法国、原德意志联邦共和国等国家就开始利用锚杆加固水电站边坡、隧道及洞口边坡等。例如,1945年,法国修建某大型混凝土建筑物时,发现附近的悬崖出现移动,为了保证其稳定,采用锚杆加固边坡。20世纪50年代中期,在隧道衬砌中,开始采用小型永久性灌浆锚杆,随后,锚杆挡土墙和锚杆护壁在西方国家得到广泛运用。我国20世纪50年代开始引进锚杆技术,最初在煤炭系统中使用,随后又在水利、铁道、建筑、国防工程中逐渐推广。1966年铁路部门在成昆铁路上首次将锚杆挡土墙用来加固边坡,成昆铁路共修建小锚杆(锚孔直径为40~50mm)挡土墙14处、大锚杆(锚孔直径为100~150mm)挡土墙3处,总长度为1029m。锚杆类型为灌浆楔缝式、灌浆钢筋束式等,最大墙高为16m。继而在川黔、湘黔、太焦、京九、南昆铁路等线上推广运用锚杆挡土墙,例如,衡(阳)广(州)复线旧横石车站的整体肋板式锚杆挡土墙(长119m,高10m)等,使用效果都很好。1990年铁道部将锚杆挡土墙纳入《铁路路基支挡结构设计规范》中,并编制了相应的标准图供设计中运用,加速了这种结构在铁路中的推广使用。建筑、冶金等行业70年代末和80年代初在高层建筑的深基坑支护中大量采用了锚杆加固技术。由于锚杆在土质边坡中的加固作用比较复杂,《土层锚杆设计与施工规范》(中国工程建设标准化协会标准)对永久性锚杆的使用作了一些限制,例如,永久性锚杆设计时必须先进行基本试验,永久性锚杆的锚固段不应设置在未经处理的有机质土、液限 $w_L > 50\%$ 的土层、相对密度 $D_r < 0.3$ 的土层等。铁路部门在2001年《铁路路基支挡结构设计规范》中规定锚杆挡土墙仅适用于一般地区岩质路堑地段,目前锚杆挡土墙在土质边坡的支挡工程中常用于临时加固工程。

## 3. 加筋土挡土墙

加筋土工程起源于法国,亨利·维特儿于1963年提出加筋土结构新概念,1965年在法国建起了世界上第一座加筋土挡墙。尔后,加筋土挡墙在世界各国迅速发展。我国从70年代初就开始了加筋土挡土墙的研究工作。1979年云南省煤矿设计院在云南田坝矿区建成了我国第一座加筋土挡土墙储煤仓,该挡墙长80m,高2.3~8.3m,采用钢筋混凝土墙面板,素混凝土块穿钢筋作拉筋。该挡墙的建造成功,推动了加筋土挡墙在我国的推广运用。20世纪80年代,先后在公路、水运、铁路、水利、市政、煤矿、林业等部门运用这项技术,加筋土工程的设计计算理论和施工技术也日臻成熟。1990年铁道部将加筋土挡土墙纳入《铁路路基支挡结构物设计规则》中,交通部也于1991年正式颁发了公路加筋土工程设计规范和施工技术规范。近年来,加筋土技术不断提高,据不完全统计,全国已建成加筋土挡土墙上千余座。许多部门都在相应的设计规范和施工技术规范中列入了有关加筋土技术的内容或条款。结构中已广泛采用钢筋混凝土、复合土工带、土工格栅等材料作为拉筋,墙面板除采用钢筋混凝土面板外,也出现了采用土工合成材料的无面板包裹式

加筋土挡土墙。

#### 4. 锚定板挡土墙

锚定板在港口码头护岸工程中用来锚定岸壁钢板桩或混凝土板桩的顶部,已有很久的历史,一般要求锚定板埋设在被动土压区,大多数只用单层。20 世纪 70 年代,铁路系统首先把锚定板结构作为支挡结构运用于铁路路基工程,这种结构由墙面系、钢拉杆、锚定板和填土共同组成。填土的侧压力通过墙面传至钢拉杆,钢拉杆则依靠锚定板在填土中的抗拔力而维持平衡。1974 年,铁道部科学研究院、第三工程局和铁三院共同试验研究在太焦铁路稍院首次建成了一座 12m 高的多层锚定板挡墙。1976 年以后,铁路、公路、建筑、航运等在不同线路和边坡工程上修建了一些锚定板桥台、锚定板挡墙,例如,北京枢纽西北环线锚定板挡墙、武汉南环铁路和武豹公路立交桥的锚定板桥台、贵州六盘水小云尚煤矿专用线锚定板挡墙、南平造纸厂锚定板挡墙等,加速了锚定板挡墙的推广。1990 年,锚定板挡墙设计的有关要求已纳入《铁路路基支挡结构物设计规则》。由于锚定板结构是我国修建铁路支挡工程中发展起来的一种新结构,墙面、拉杆、锚定板以及其间的填土组成一种复合结构,受力比较复杂,铁科院、铁三院、铁四院等单位通过试验提出了不同的计算模式,尚有待在实践中进一步研究、验证。

#### 5. 土钉墙

1972 年,法国瓦尔赛市铁路边坡开挖工程中成功地应用土钉墙来加固边坡,成为世界上首次将土钉墙作为支挡结构运用于岩土边坡的先行者。此后,土钉墙在法国和世界各地迅速推广。我国 80 年代初期开始引进这项技术,1980 年山西柳湾煤矿的边坡稳定工程中首次运用土钉墙来加固边坡。1987 年,总参工程兵科研所在洛阳王城公园首次采用注浆式土钉墙和钢筋混凝土梁板护壁结构相结合的措施成功加固了 30m 高的护岸。冶金、建筑、铁路、公路等行业也将这项技术运用于基坑边坡加固及路基边坡加固工程中。20 世纪 90 年代基坑采用土钉加固防护的深度为 10~18m,北京新亚综合楼工程,地下基坑深 15.2m,采用土钉支护。南宁至昆明铁路,铁道部第二勘测设计院等单位,为解决软弱破碎岩质高边坡的稳定问题,结合工程开展了分层开挖分层稳定新技术的研究,在 DK333、DK339 等工点采用土钉墙作为路堑边坡的支挡结构,最大墙高 27m,属国内路堑土钉墙之最,并根据试验成果,提出了土钉墙设计计算建议公式,其有关成果已纳入新修编的《铁路路基支挡结构设计规范》中。其后,土钉墙在内昆铁路、株六铁路复线工程、渝怀铁路等路堑边坡支挡工程中大量使用。

#### 6. 抗滑桩

抗滑桩是我国铁路部门 20 世纪 60 年代开发、研究的一种抗滑支挡结构,1966 年铁道部第二勘测设计院在成昆铁路沙北 1 号滑坡及甘洛车站 2 号滑坡中首次采用钢筋混凝土桩来加固稳定滑坡,桩截面分别为  $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 、 $2.5\text{m} \times 4.0\text{m}$ 、 $2.5\text{m} \times 3.1\text{m}$  等,桩长为 9~17m,桩间距为 4~8m,锚固深度为桩长之半。据统计,成昆线在六处滑坡中采用了 120 根抗滑桩,累计长度为 1364m,抗滑效果良好。这种结构很快在铁路路基工程中迅速推广,20 世纪 70 年代湘黔线贵州境内全段采用抗滑桩处理各类问题 31 处,共计 340 根桩,总延长 3 342m。襄(樊)渝线位于汉江边的赵家塘滑坡,滑坡主轴长 250m、宽 500m、厚度约 50m、体积约 250 万立方米、滑坡月平均位移最大 30mm,如果改线则出现

高桥和长隧,并将延误工期,后采用了 63 根抗滑桩,桩身总延长米 1681m,最大桩截面  $3.5\text{m} \times 7.0\text{m}$ ,最大桩长 46.7m,稳定了滑坡。襄渝线共采用 408 根抗滑桩,总延长 7796m。其后,枝柳、阳安、太焦等线均积极采用抗滑桩整治滑坡,并迅速在岩土工程的各个领域得到推广运用。铁二院、铁道部科学研究院西北分院、西南交大等单位对抗滑桩的设计及计算理论进行了深入的研究。1977 年,铁二院、西南交大、成都铁路局等单位在成昆线狮子山滑坡工点进行了抗滑桩的破坏性试验,实测桩的弹性曲线、位移、转角、弯矩、土压力等资料,为理论研究提供了基础数据。抗滑桩设计及计算研究科研项目曾获铁道部科技进步二等奖,有关成果已纳入《铁路路基支挡结构设计规范》。20 世纪 90 年代以来,通过南昆线软弱破碎岩质深路堑高边坡的结合工程试验,研究开发了分层开挖、分层稳定、坡脚预加固新技术,抗滑桩与钢筋混凝土挡板、桩间挡土墙、土钉墙、预应力锚索等结构结合组成桩板墙、锚索桩等复合结构,大量使用在路堑边坡的坡脚预加固工程中。这些复合结构后来在内昆、株六复线、渝怀线等新线建设工程中,得到推广运用。

### 7. 预应力锚索

预应力锚索技术用于岩土工程在国外已有很长的历史,1933 年阿尔及利亚首次将锚索用于水电工程的坝体加固。20 世纪 40 年代至 70 年代,锚索技术得到迅速推广,加固理论和设计方法逐步完善。我国从 20 世纪 60 年代开始引进这项技术,1964 年梅山水库使用锚索技术加固右岸坝基获得成功。20 世纪 70 年代开始,该项技术在我国的水电、矿产、铁路等领域逐步推广。20 世纪 80 年代以来预应力锚索更是广泛应用于岩土工程中,铁道部第二勘测设计院 1988 年在四川阿坝州草坡水电厂马岭山隧洞滑坡整治工程中,采用预应力锚索稳定滑体取得成功,另外对岩石预应力锚索技术研究和应用的科研成果获国家科技进步三等奖。进入 20 世纪 90 年代后,一方面因为预应力锚索理论研究的不断深入,另一方面国内预应力锚索技术所需的高强度低松弛钢绞线材料及施工机械的发展和价格的降低,大大促进了预应力锚索技术的运用。1992 年福建梅剑铁路采用 137 根预应力锚索加固处于临界平衡状态的开裂边坡,1993 年外福线绿水车站西溪右岸采用预应力锚索整治滑坡,均取得了成功。由于预应力锚索具有施工机动灵活、消耗材料少、施工快、造价低等特点,20 世纪 90 年代中期,在南昆铁路工程建设中,广泛应用于整治滑坡、加固顺层边坡、加固危岩,以及与抗滑桩相结合组成锚索桩等,在加固软质岩路堑高边坡等工程中发挥了巨大的作用,锚索加固技术得到较大发展,并迅速在全国山区铁路、公路路基支挡工程中推广应用。

### 第三节 支挡结构将不断发展和不断创新

#### 一、支挡结构的形式将不断创新

新型支挡结构是由于不同的岩土工程需要而不断发展的。岩土工程技术人员为了在某些特殊地形或特殊地质条件下保证边坡的稳定,往往要设计一些新的结构形式,有些已逐步推广应用,如上面介绍的一些新型支挡结构。有些结构如对拉式挡土墙、带洞路基墙、檐式挡土墙、竖向预应力挡土墙等,在一些特定的条件下起了较大的作用,但由于其结构比较特殊或理论研究未跟上,尚未得到推广或后来被其他结构逐渐代替。

对拉式挡土墙(见图 4—1—2)也是一种新型轻型支挡结构,由墙面板(有助柱或无肋柱)、拉杆和基础组成,由中间的拉杆将两侧墙面系连成一个整体,填土对墙面板的土压力通过墙面系作用于拉杆,由拉杆的抗力来平衡。对拉式挡土墙适用于地形受限制而需要两侧修筑挡土墙的地方,如市政道路桥头路堤,公路互通立交匝道,穿越良田的铁路和公路等。对拉式挡土墙的墙背土压力、填土对拉杆的次应力等是大家争论的问题之一,当工点的地面横向坡度较大时也不太适用,目前工程实例不多。20 世纪 80 年代,陕西省千(阳)陇(县)南线上采用了这一结构形式。对拉式双墙面路堤高度为 10m、长 62m、宽 8m,拉杆为  $\phi 10$  圆钢及  $25\text{mm} \times 6\text{mm}$ 、 $23\text{mm} \times 6\text{mm}$  工业废钢带。20 世纪 90 年代,铁道部第二勘测设计院在广通至大理铁路设计了一座铁路路肩对拉式挡土墙。

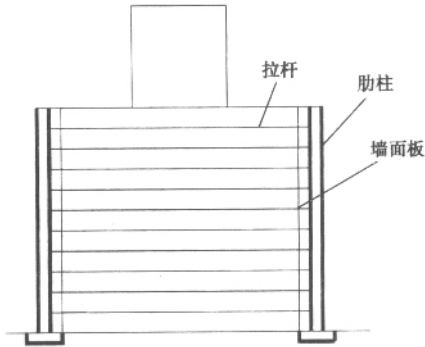


图 4—1—2 对拉式挡土墙

带洞路基墙为墩式浆砌片石墙身上设置拱型混凝土托盘式墙体的挡土墙(见图 4—1—3),墩间孔跨为 3m、4m、5m。由于路基墙横断面方向上在路肩位置设有托盘,使路基墙墙体位于线路中心,在地面横坡很陡的地方,其建筑高度比路肩挡墙低得多,且纵向又是带洞的,圬工量比路肩挡墙小,在一定的地形、地质条件下,带洞路基墙可与谷架桥、顺



河桥比较选用。成昆线上设计了多处带洞路基墙,但由于其地基承载力要求较高,目前常被桩基托盘挡土墙代替。

檐式挡土墙(见图 4-1-4)常用在山势陡峻的路堑边坡或隧道洞口边坡。当边坡上方有小量的坍方落石,而路基外侧堆积层厚,基岩埋藏较深,以往多设置长腿明洞,但施工

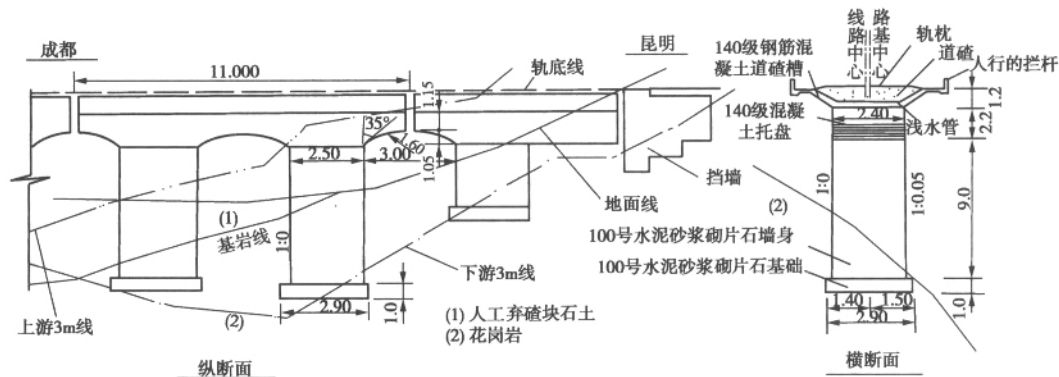


图 4-1-3 带洞路基墙(尺寸单位:m)

复杂,造价较高,在这种情况下,采用檐式挡土墙。与长腿明洞比较,其施工简便,投资较低,效果比较好。但檐式挡土墙的钢筋混凝土挑檐比较单薄,抵挡危岩落石的能力较低

竖向预应力挡土墙由墙身和预应力锚杆(锚索)组成(见图 4-1-5)。竖向预应力挡土墙借助锚杆(锚索)的预拉应力对墙身施加竖向力,增加了墙身抗倾覆和抗滑能力,起到代替部分墙身圬工重量的作用,从而减小墙身的断面尺寸。竖向预应力挡土墙具有节省圬工、造价低廉和施工方便等优点,适用于岩石地基上承受较大侧向推力的挡土墙。

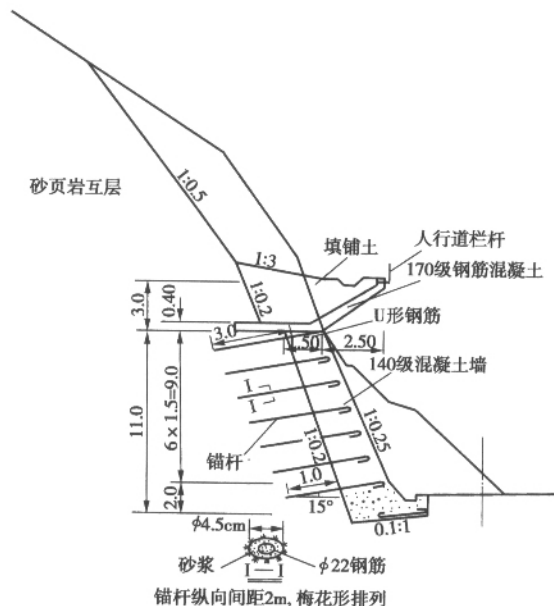


图 4-1-4 檐式挡土墙(尺寸单位:m)

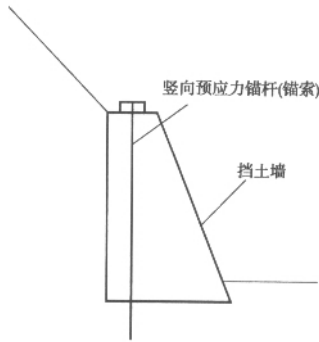


图 4-1-5 竖向预应力锚杆挡墙

以上介绍的是一些曾经使用过的特殊挡土墙,随着工程的需要以及技术革新的不断发展,近年来国内外都出现过一些新的挡土墙结构,例如,倒 Y 形挡土墙、槽形挡土墙、钢筋混凝土预制块拼装式挡土墙等。倒 Y 形挡土墙(见图 4-1-6)是用于高填土的边坡,因其墙身为倒 Y 形,踵板上的土体垂直压力加上墙身的重量使得墙踵部的土压力大于趾部的土压力,所以墙身的抗倾覆稳定性较高。又由于其合力几乎垂直作用于踵板,其抗滑能力也很大。倒 Y 形挡土墙既利用了扶壁式挡土墙的优点,又减轻了重量,经济效益好。便于机械化施工。槽形挡土墙常用在陡峻山坡地区。当路基靠山一侧需设置路堑挡土墙,而路基外侧也需设置路肩挡土墙,但地基软弱、稳定性差,这时可考虑采用槽形挡土墙(见图 4-1-7)。槽形挡土墙由上挡、下挡、连接底板及齿墙四部分组成,下挡顶端可设置人行道,以争取外侧地基襟边宽度。上挡承受的土压力较下挡大,故连接底板可做成变截面的,由上挡一端逐渐向下挡一端减薄,这样也使槽内底板形成向外倾斜的排水坡。在地铁地下隧道与地面线的过渡地段,当地基软弱时,也常采用槽型挡土墙,这时由于地面较平,两侧墙高相等,也称其为 U 形挡土墙。钢筋混凝土预制块拼装式挡土墙在国内见到的有框架式挡土墙等,国外也有用大型混凝土预制块砌筑挡墙的。由于劳动力的成本越来越高,随着施工机具的不断发展,混凝土预制块的大型化、拼装化的可能性越来越大,采用钢筋混凝土预制块拼装式挡土墙将是支挡结构发展的方向之一。

从以上一些特殊的新型支挡结构使用情况可以看出,新型支挡结构往往是适应某种特殊条件工程需要而出现的。反过来,支挡结构中大量推广运用新技术、新结构、新工艺,增添了岩土工程克服陡峻地形和不良地质艰难工程的技术手段,也促进了支挡工程技术的不断发展和提高。今后,随着我国建设工程的不断发展,科技水平的不断提高,还会有一些新的结构形式不断出现,我国的支挡技术水平也将不断地迈上新的台阶。

## 二、新型支挡结构设计计算理论的创新

传统的重力式挡土墙的设计一般采用库仑土压力理论,当墙体向外倾斜变形使墙后土体达到主动土压力状态时,假定土中的主动土压滑动面为平面,按滑动土楔的极限

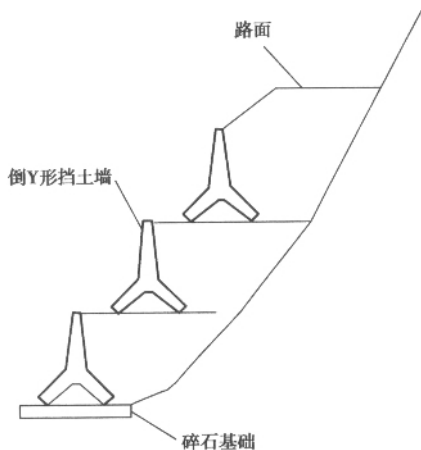


图 4—1—6 倒 Y 形挡土墙

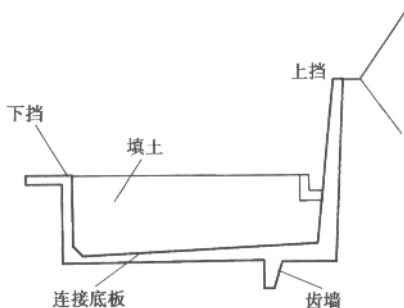


图 4—1—7 槽形挡土墙

平衡条件求算主动土压力(如果墙背坡俯斜较大,则按第二破裂面土压力公式计算),当墙体向内倾斜变形使墙后土体达到被动土压力状态时,则按假定的平面或复合土压滑动面来计算被动土压力。新型支挡结构的不断出现,带动了对支挡结构设计理论的试验研究,加筋土挡土墙、锚定板挡土墙、土钉墙等复合型挡土墙都根据各种结构的特点进行了室内模型试验和现场测试,对其墙背松弛区(或破裂面)和土压力提出了新的计算公式。而抗滑桩、土钉墙、预应力锚索等结构的大量推广应用,使得支挡结构与被支挡体之间已不能简单用极限平衡条件来解释,支挡结构与被支挡岩土体相互共同作用的机理开始得到比较深入的研究。例如,滑坡体和抗滑桩相互作用的位移机理、边坡开挖松弛区的弹性理论分析及数值分析、坡体与加固支挡结构相互作用机理等的研究,对进一步合理确定作用于支挡结构上的荷载以及合理进行新型支挡结构的内力分析具有非常积极的意义。

## 第四节 分层稳定施工法和信息施工法

支挡结构的设计,除了要保证结构的稳定外,还要考虑该结构如何施工,也就是如何

把设计在图纸上的结构放到现实中去。

支挡结构工程所处位置的工程地质条件往往很差。例如山区铁路有许多线路是沿河谷陡坡行进的,南昆线从广西盆地爬上云贵高原,线路行进在乐里河谷和南盘江峡谷,内昆线水富一岔河段是在横江河谷行进,线路定线要完全避开断层带是不可能的。这些地段由于地质构造作用,岩层节理发育,风化严重,在边坡开挖过程中,常难以保持边坡自身的临时稳定而出现坍滑。尤其目前因施工机械化程度的提高,边坡的开挖速度很快,但后续支挡防护工序间隔大,软质岩边坡开挖后暴露时间长,边坡临时稳定受各种因素影响,问题更为突出。所以,受地质构造影响风化严重、节理发育、岩体破碎的软质岩挖方边坡在设计中常作为一种不良地质工点来设计。通过前几年的工程现场试验,我们提出了“软弱破碎岩质边坡分层开挖、分层稳定、坡脚预加固”的设计思路,其中,关键是边坡坡脚的稳定。在上部边坡分层施工完成后,如果路堑坡脚部分在施工过程中出现失稳,则会造成上两级已完工的护墙出现开裂、倒塌,甚至造成整个边坡的坍滑,因此要采用坡脚预加固的方法。上述实例说明,支挡结构设计要根据工程地质特性、施工条件来选择支挡结构的形式,确定施工工序。“分层开挖、分层稳定、坡脚预加固”的设计思路目前已被岩土工程界广泛接受,《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)中把这种方法称为“逆作法”,即自上而下分阶开挖与支护的一种施工方法。

随着现代自然科学的发展,各门学科相互交叉、渗透、联系,目前信息的概念和一些基本理论已超出了原来的领域而逐步推广于其他领域,信息施工法就是一种逐渐被大家接受的新观念。岩土工程体系本身是一个信息库。岩土工程信息一般从以下几个方面获取:一为观察信息,由地质调查、勘探等方法得到的信息;二为经验信息,即技术人员设计和施工的经验总结;三为理论信息,根据理论计算、试验研究得到的信息;四为施工信息,通过工地开挖和施工获得的信息。由于岩土工程地质情况的复杂性、隐蔽性,设计者从前三方面获得的信息不一定能完全符合工地的实际情况,而从施工中则可以获得更多更可靠的信息。信息施工法就是主张从开挖施工过程中获取尽量多的信息,及时进行分析处理,用以修正设计,指导施工。通过近几年一些试验工程的实践,信息施工法在处理地质复杂的工地中发挥了很大的作用,既能保证施工安全,又能提高工程质量,是今后支挡结构设计、施工的发展方向。

## 第五节 岩土工程生态环境保护问题

岩土工程生态环境保护问题已在岩土工程界得到广泛重视,支挡结构的设计和施工如何与边坡植被防护有机结合,这是当前支挡结构设计面临的新课题。日本、韩国在处理高边坡坡面绿化时,将支挡加团结构与植被技术结合得较好,整个坡面尽量突出绿色植被。欧美国家的公路沿线大多是低矮边坡,坡面绿化一般采用经济实用的方法,例如活枝扦插、树枝压条等,另外也发展了液压喷播技术。国内在植被护坡技术应用方面,20世纪90年代前一般多采用撒草种、穴播或沟播、铺草皮、片石骨架内植草等护坡方法。20世纪

90年代,液压喷播技术、土工网植草护坡技术在铁路、公路、水利等工程的边坡工程中陆续获得应用。而对于岩石边坡植被护坡问题,西南交通大学岩土工程研究所、铁道第二勘察设计院及四川省励自生态技术有限公司等单位于2000年开发出了岩石边坡厚层基材喷射护坡工程技术,该项技术实现了工程边坡防护与恢复植被的有机结合,适用于岩石边坡和劣质土坡。国内对植被护坡技术的应用研究,已经做了许多工作,提出了相应的技术措施和施工方法,有了一个很好的开端,有些部门已开始规范这方面的工作,以利其健康发展。例如,为了加强铁路交通的绿色通道建设,铁道部组织有关部门编制了《铁路路基边坡绿色防护技术暂行规定》。该规定把全国分为一般地区、干旱地区和寒冷地区,对这些地区的岩土边坡的绿色防护设计和施工做了较合理的规定,另外对工程竣工验收、质量检验和评定标准也作了相应规定,这将促进植被防护技术在铁路设计施工方面的规范化。

## 第二章 支挡结构类型及使用范围原则

### 第一节 支挡结构的分类

支挡结构类型划分方法很多,一般有按支挡结构的材料、结构形式、设置位置、设置地区等进行划分的多种方法,现说明如下。

#### 一、按结构形式分

1. 重力式挡土墙(包括衡重式挡土墙);
2. 托盘式挡土墙和卸荷板式挡土墙;
3. 悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙;
4. 加筋土挡土墙;
5. 锚定板挡土墙;
6. 抗滑桩和由此演变而来的桩板式挡土墙;
7. 锚杆挡土墙;
8. 土钉墙;
9. 预应力锚索加固技术和由此发展而来的锚索桩等桩索复合结构;
10. 桩基托梁挡土墙。

#### 二、按设置支挡结构的地区条件划分

分为一般地区、地震地区、浸水地区、以及不良地质地区和特殊岩土地区等。

#### 三、按支挡结构的材料划分

分为浆砌片石支挡结构(如浆砌片石挡土墙)和混凝土支挡结构(如混凝土挡土墙、桩板墙、抗滑桩等)、土工合成材料支挡结构(如包裹式加筋土挡土墙)以及复合型支挡结构

(如卸荷板式或托盘式挡土墙、土钉墙、预应力锚索、锚索桩等)。

## 四、按支挡结构设置的位置划分

1. 用于稳定路堑边坡的路堑边坡支挡结构;
2. 用于稳定路堤边坡的路堤边坡支挡结构,又可分为培顶与路肩一样平的路肩式支挡结构及墙顶以上有一定填土高度的路堤式支挡结构;
3. 用于稳定建筑物旁的陡峻边坡减少挖方的边坡支挡结构;
4. 用于稳定滑坡、岩堆等不良地质体的抗滑支挡结构;
5. 用于加固河岸、基坑边坡、拦挡落石等其他特殊部位的支挡结构。

## 第二节 常用支挡结构类型介绍

### 一、重力式挡土墙(图 4—2—1)

1. 依靠墙身自重承受土侧压力;
2. 一般用浆砌片石砌筑,在缺乏石料地区或墙身较高时也用混凝土灌注;
3. 形式简单、取材容易、施工简便;
4. 适用于一般地区、浸水地区、地震地区等地区的边坡支挡工程,当地基承载力较低时或地质条件较复杂时应适当控制墙高。

### 二、衡重式挡土墙(图 4—2—2)

1. 利用衡重台上的填土重量及墙体自重共同抵抗土压力以增加墙身的稳定性;
2. 由于墙胸坡陡、下墙背仰斜,在陡坡地区可降低墙高,减少基坑开挖面积;
3. 主要用于地面横坡较陡的路肩墙和路堤墙,也可用于拦挡落石的路堑墙。

### 三、卸荷板式挡土墙(图 4—2—3)

1. 在衡重式挡墙的墙背设置一定长度的水平卸荷板,卸荷板上的填料作为墙体重量,

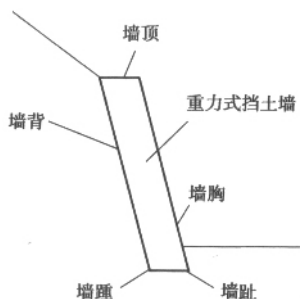


图 4-2-1 重力式挡土墙

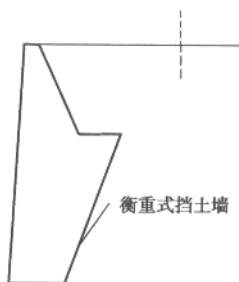


图 4-2-2 衡重式挡土墙

而卸荷板又减小了衡重式挡墙下墙的土压力,增加全墙的抗倾覆稳定性;

2. 地基强度较大地段、墙高大于 6m 时,卸荷板式挡土墙与衡重式挡墙比较显示出优越性,铁路系统目前在《铁路路基支挡结构设计规范》中规定本结构使用范围为墙高大于 6m、小于 12m 的路肩墙。

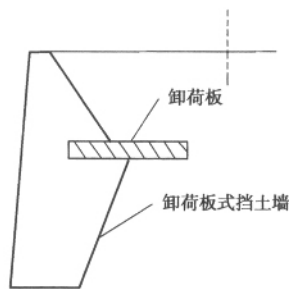


图 4-2-3 卸荷板式挡土墙

#### 四、托盘式挡土墙(图 4-2-4)

1. 在挡墙顶部设置钢筋混凝土的托盘及道碴槽,承受线路上部建筑和列车的重量;
2. 在山区地面陡峻地带或受既有线建筑物影响横向空间受限制时,设置托盘式挡土墙可降低墙高、缩短横向距离;
3. 要求挡墙的地基承载力较高。



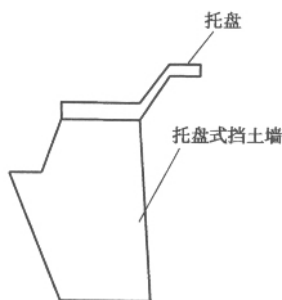


图 4-2-4 托盘式挡土墙

## 五、悬臂式挡土墙(图 4-2-5)

1. 采用钢筋混凝土材料、由立臂、墙趾板、墙踵板三部分组成,墙的断面尺寸较小;
2. 墙高时立臂下部的弯矩较大;
3. 宜在石料缺乏、地基承载力较低的填方地段使用;
4. 墙高不宜大于 6m、当墙高大于 4m 宜在墙面板前加肋。

## 六、扶壁式挡土墙(图 4-2-6)

1. 当悬臂式挡墙的立臂较高时沿墙长方向每隔一定距离加一道扶壁把墙面板和墙踵板连接起来,以减小立臂下部的弯矩;

2. 扶壁式挡墙宜在石料缺乏、地基承载力较低的地段使用,墙高不宜大于 10m。装配式的扶壁式挡土墙不宜在不良地质地段或设计地震动峰值加速度为  $0.2g$ (原八度)及以上地区采用。

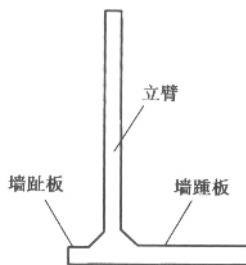


图 4-2-5 悬臂式挡土墙

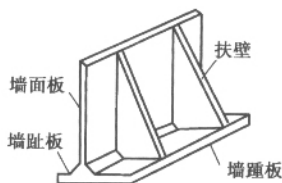


图 4-2-6 扶壁式挡土墙

## 七、锚杆挡土墙(图 4-2-7)

1. 锚杆挡土墙是由钢筋混凝土肋柱、墙面板和锚杆组成,靠锚杆拉力来维持稳定,肋柱、挡板可预制,有时,根据地质和工程的具体情况,也采用无肋柱式锚杆挡土墙;

2. 锚杆挡土墙适用于一般地区岩质或土质边坡加固工程(铁路支挡规范规定目前仅使用于岩质路堑边坡),可采用单级或多级,在多级墙的上下级之间应设平台,每级墙高不宜大于 8m,总高度宜控制在 18m 以内。

## 八、锚定板挡土墙(图 4-2-8)

1. 锚定板挡土墙是由钢筋混凝土墙面板和锚杆及锚定板共同组成,靠固定在稳定区的锚定板提供的抗拔力来维持墙体的稳定,有时,根据地质和工程的具体情况,也采用无肋柱式锚定板挡土墙;

2. 锚定板挡土墙适用于一般地区墙高不大于 10m 的路肩墙或路堤墙,设计时可采用单级或双级,在双级墙的上下级之间应设平台,单级墙高不宜大于 6m,双级墙总高度宜控制在 10m 以内。

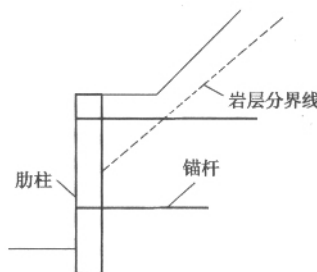


图 4-2-7 锚杆挡土墙

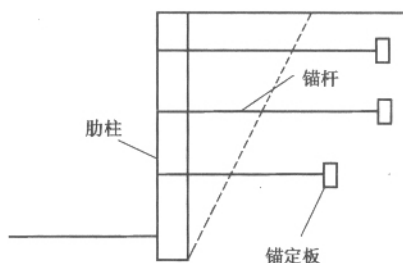


图 4-2-8 锚定板挡土墙

## 九、加筋土挡土墙(图 4-2-9)

1. 加筋土挡土墙是由墙面系、拉筋和填土共同组成的挡土结构,由拉筋和填土间的摩阻力维持墙体的稳定;墙面板宜采用钢筋混凝土板,拉筋宜采用钢筋混凝土板条、钢带、复合拉筋带或土工格栅,目前也有采用土工合成材料作拉筋的包裹式(无面板)加筋土挡墙;

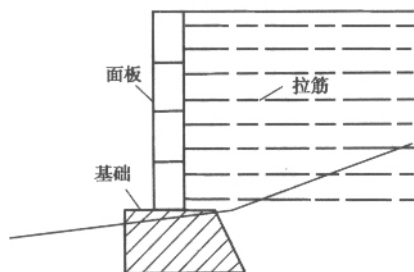


图 4-2-9 加筋土挡土墙

2. 加筋土挡土墙适用于石料缺乏地区,由于其为柔性结构,对地基承载力的要求不高,能适应地基轻微的变形,一般对墙高没有限制,但铁路工程中加筋土挡墙仅限于使用在一般地区的路肩墙,在铁路一级干线上加筋土挡墙的高度不宜大于 10m 高度大于 10m 或用在其他地区时按特殊设计考虑。

## 十、土钉墙(图 4-2-10)

1. 土钉墙一般由土钉及墙面系(钢筋网和喷射混凝土构成的面层)组成,靠土钉拉力维持边坡的稳定;

2. 土钉墙可用于一般地区及破碎软弱岩质边坡加固工程,在地下水较发育或边坡土质破碎时不宜采用,单级土钉墙墙高宜控制在 12m 以内,多级土钉墙上下墙之间应设置平台,每级墙高不宜大于 10m,总高度宜控制在 20m 以内。

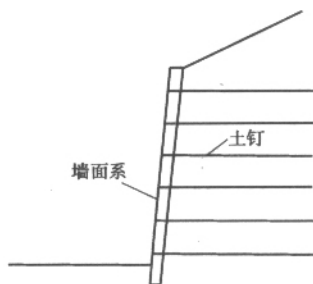


图 4—2—10 土钉墙

## 十一、抗滑桩(图 4—2—11)

1. 抗滑桩是一种由其锚固段侧向地基抗力来抵抗悬臂段的土压力或滑坡下滑力的横向受力桩(当用在非滑坡工程时常称其为锚固桩),在土质和破碎软弱岩质地层中常设置锁口和护壁;

2. 抗滑桩常用于稳定滑坡、加固其他特殊边坡(例如作为软弱破碎岩质路堑边坡的预加固桩),桩间距一般为 6~10m,桩的截面最小边长不小于 1.25m。

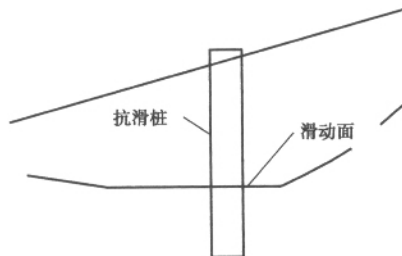


图 4—2—11 抗滑桩

## 十二、桩板式挡土墙(图 4—2—12)

1. 桩板式挡土墙是一种在桩之间设挡板或土钉等其他结构来稳定土体的挡土结构;

2. 桩板式挡土墙可用于一般地区、浸水地区和地震区的路堑和路堤支挡,也可用于滑坡等特殊路基的支挡工程;桩的自由臂长度不宜大于 15m,桩间距宜为 7~8m;当桩的地面以上长度大于 15m 或桩侧土压力较大时,可在桩上部加设锚索(杆)组成预应力锚索(杆)桩。

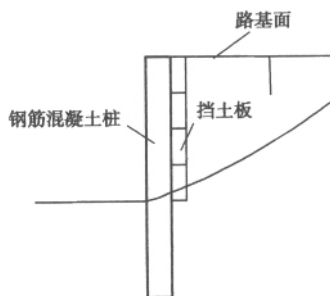


图 4-2-12 桩板式挡土墙

### 十三、桩基托梁挡土墙(图 4-2-13)

1. 桩基托梁挡土墙是一种由基桩、托梁及挡土墙组成的复合结构来稳定土体的挡土结构

2. 桩基托梁挡土墙一般用在地基承载力不满足需要地段,当地面陡峻或地表覆盖层为松散体时,采用桩基础将基底置于稳定地层,挡土墙墙高控制在 12m 以下,托梁底一般置于原地面。

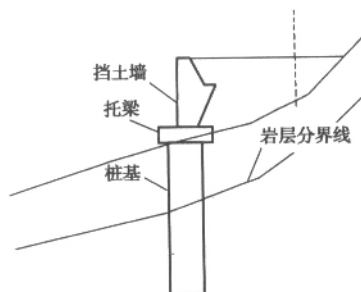


图 4-2-13 桩基托梁挡土墙

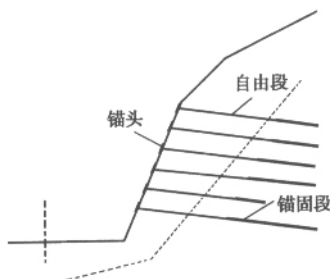


图 4-2-14 预应力锚索

## 十四、预应力锚索(图 4—2—14)

1. 预应力锚索由锚固段、自由段及锚头组成,通过对锚索施加预应力以加固岩土体使其达到稳定状态或改善结构内部的受力状态,预应力锚索采用高强度低松弛钢绞线制作;
2. 预应力锚索可用于土质、岩质地层的边坡及地基加固,其锚固段宜置于稳定地层中,预应力锚索也常与抗滑桩结合组成锚索桩,以减小抗滑桩的锚固段长度及桩身截面。

## 第三章 支挡结构设置原则

### 第一节 设置原则

1. 陡坡路堤,地面横坡较陡,路堤边坡形成薄层填方,采用支挡结构收回坡脚,提高路基的稳定性。

2. 路堑设计边坡与地面坡接近平行,边坡过高,且形成剥山皮式的薄层开挖,破坏天然植被过多,采用支挡结构以降低路堑边坡,减少对环境的破坏。

3. 稳定基坑边坡。

4. 不良地质地段,为提高该地质体的稳定性或提高建筑物的安全度:

(1)为加固滑坡、岩堆、软弱地基等不良地质体;

(2)为拦挡危岩、落石、崩塌等;

(3)在特殊土地段或软弱破碎岩质地段的路堑边坡,采用坡脚预加固技术。

5. 滨河滨海地段填方,其坡脚伸入水中,水流冲刷影响填方边坡的稳定,为了收回坡脚或减少对水流的影响。

6. 为了避免对既有建筑物的影响、破坏或干扰。

7. 为了减少土石方数量或少占农田。

8. 其他特殊需要。

### 第二节 支挡结构设置位置的选择

1. 路堑支挡结构的位置通常设置在路基侧沟边,有时结合边坡的地质条件也可设置在边坡的中部,但要保证墙基以下边坡的稳定。

2. 路堤挡土墙与路肩挡土墙比较,当其墙高、工程数量、地基情况相近时,宜设路肩挡土墙。当路肩挡土墙、路堤挡土墙兼设时,其衔接处可设斜墙或端墙。

3. 滨河挡土墙要注意使设墙后的水流平顺,不致形成漩涡,发生严重的局部冲刷,更不可挤压河道。

4. 滑坡地段的抗滑支挡工程,应结合地形、地质条件、滑体的下滑力,以及地下水分布情况,与清方减载、排水等工程综合考虑。

5. 带拦截落石作用的挡土墙,应按落石宽度、规模、弹跳轨迹等进行考虑。

6. 受其他建筑物(如公路、房屋、桥涵、隧道等)控制的支挡结构的设置,应注意保证既有建筑物的稳定和安全。



## 第四章 支挡结构设计要求及注意事项

### 第一节 支挡结构设计要求

1. 支挡结构的设计,应贯彻国家技术经济政策,按全面规划、远期近期结合、统筹兼顾的原则。

2. 支挡结构设计应满足在各种设计荷载组合下支挡结构的稳定、坚固和耐久。结构类型的选择及设置位置的确定,应安全可靠、经济合理、便于施工养护,结构材料应符合耐久、耐腐蚀的要求。同时,支挡结构设计也要满足相关规范、规定的要求。

#### 3. 支挡结构荷载分类

##### (1)主力:

- 1)支挡结构承受的岩土侧压力或滑坡推力;
- 2)支挡结构重力及结构顶面承受的恒载;
- 3)轨道、列车、汽车、房屋等荷载产生的侧压力;
- 4)结构基底的法向反力及摩擦力;
- 5)常水位时静水压力及浮力(常水位指每年大部分时间保持的水位)。

##### (2)附加力:

- 1)设计水位的静水压力和浮力;
- 2)水位退落时的动水压力;
- 3)波浪压力;
- 4)冻胀力和冰压力(不与波浪压力同时计算)。

##### (3)特殊力:

- 1)地震力(洪水与地震不同时考虑);
- 2)施工荷载及临时荷载;
- 3)其他特殊力。

作用在支挡结构上的力系一般只考虑主力的影响,在浸水和地震等特殊情况下,应考虑附加力和地震力的作用。

4. 铁路列车动荷载应采用中华人民共和国铁路标准活载(即“中—活载”),可不计冲击力、离心力、制动力和摇摆力。轨道和列车荷载用换算土柱来代替。公路车辆荷载标准应按现行《公路桥梁设计通用规范》的规定采用,车辆荷载按换算等代匀布土来代替。

5. 挡土墙结构计算时应根据可能出现的作用荷载,选择荷载组合,并取最不利荷载组

合进行设计。

6. 必须查明山体 and 地基的工程地质、水文地质条件,获取必要的岩土物理力学参数。支挡工程的基础部分,尤其是抗滑桩及预应力锚索的锚固段,应有足够的勘探资料以提供准确的地基基础、锚固段位置(深度)和岩土力学指标。

7. 支挡结构设计应符合国家环保及其他有关规定。

## 第二节 设计方案的比选

### 一、认真调查研究,充分进行方案比选

设计前应认真进行调查研究,广泛收集资料,查明山体 and 地基的工程地质、水文地质条件,获取必要的岩土物理力学参数,充分进行方案比选。铁路、公路路基工程要避免高填深挖,根据线路具体工程地质条件,路堑、路堤边坡宜控制在适当高度以内,超过此限应进行平纵剖面优化设计与修建桥、隧工程进行比较;确实无法避免时,应切实做好边坡防护和加固工程,不留后患。因此,高填深挖工点在设计中,在采取支挡结构方案前,既要做好线路平纵面优化和与修建桥、隧方案的比较工作,同时也要做好支挡结构方案本身的比选工作。各类支挡工程设计都应根据工程用途、工程地质条件等做好支挡结构的方案与清方减载或其他能代替支挡结构的结构物方案的比选工作。

### 二、支挡结构设计中应进行以下各种方案的比选工作

#### 1. 平面位置的确定

根据工程的需要,结合工程总平面布置图、工点的地形图、纵横断面图及相应的工程地质资料,确定支挡结构的起、终点位置。抗滑支挡工程宜设置在横断面上下滑力较小的地段。

#### 2. 支挡结构类型的选择

根据工程特点、地质条件、当地材料供应情况、进行支挡结构类型的方案比选。

#### 3. 支挡结构建筑材料及截面尺寸的比选。

### 三、方案的比选要综合考虑各因素

设计方案的比选,在满足技术可行、安全可靠的前提下,应综合考虑施工条件、环境影

响及造价等因素。

### 第三节 设计步骤

1. 搜集设计工点的地形、地质资料(1/200 的横断面图、1/200~1/500 的纵断面图、1/500~1/2000 的平面图)；
2. 大致确定支挡结构在平面和横断面上的位置；
3. 初步选择支挡结构的类型,在高填、深挖或不良地质情况下支挡结构工程难度大时应与改线移位或设桥、隧等进行比较；
4. 经比选后具体确定支挡结构形式；
5. 计算各种工况下的土压力或下滑力,确定最不利工况；
6. 支挡结构强度设计；
7. 支挡结构稳定性设计；
8. 绘制支挡结构横断面图、正面图、平面图,计算工程数量,编写设计说明。

### 第四节 设计注意事项

1. 同一地段支挡结构的形式不宜过多,以免施工困难及影响美观；
2. 支挡结构与路堤连接可采用锥体填土连接,支挡结构与桥台、隧道洞门、既有支挡结构的连接应协调配合；城市与风景区的支挡结构宜考虑与其他建筑物的协调；
3. 当墙身位于弧形地段,例如公路回头弯、桥头锥体坡脚处的挡墙,因受力后容易出现竖向裂缝,宜缩短伸缩缝间距或采取其他加固措施；
4. 当路基两侧同时设置路堤和路堑挡土墙时,一般应先施工路肩墙,以免在施工路肩墙时破坏路堑墙的基础(如图 4-4-1a)；同时要求过路肩墙踵与水平成  $\phi$  角的平面,不得深入到路堑墙的基础面以下,否则应加深路堑墙的基础,或将两者设计成一体结构(如图 4-4-1b)；

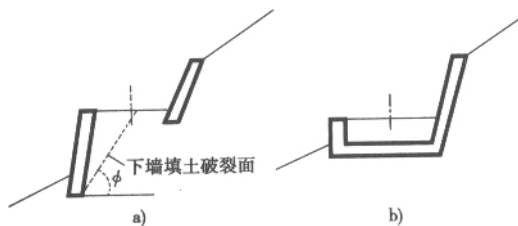


图 4-4-1 路肩、路堑挡土墙布置图

5. 铁路站场路肩支挡结构的设计应注意调车作业的安全与方便;

6. 电气化铁路区段和埋设电缆区段的路肩墙,应预留电杆及电缆的坑、槽、沟、洞位置,并注意与工程的配合;

7. 改建铁路、公路和增建新线工程中,支挡结构设计应注意采取措施减少对既有线路的行车干扰,保证既有线路的行车安全;

8. 由于岩土工程的复杂性,支挡结构设计所需的岩土物理力学参数受各种因素影响,设计方案难以完全符合工程实际,因此重点支挡工程和新型支挡结构,设计时应包括一定的现场监测要求,以便及时获取支挡结构的受力、变形、位移情况;施工过程中,应按照信息施工法的要求,及时反馈信息,必要时变更设计和施工方案,以确保工程安全,取得最佳支挡效果;

9. 为了控制水土流失,加强环境保护,支挡结构及其有关的边坡防护设计,有条件时应优先采用绿色防护工程。

## 第五章 挡土墙施工基础

### 第一节 概 述

#### 一、挡土墙的基本概念与作用

挡土墙是用来支撑陡坡以保持土体稳定的一种构造物,它所承受的主要荷载是土压力。

在公路、铁路、水利、矿山、航运及建筑部门的土木工程中,挡土墙的应用是十分广泛的。当山区地面横坡过陡,常在下侧边坡设置挡土墙;或在靠山侧,由于刷坡过多,不仅土石方工程数量大,而且破坏了天然植被容易引起灾害,因此设置挡土墙以降低路堑高度;在平原地区多为良田,为了节约用地,往往也在路基一侧或两侧设置挡土墙;在滨河地段或有其它建筑物时,修建挡土墙可以收回坡脚,以避免冲刷威胁或避开建筑物;当高路堤、深路堑土石方数量大,取、弃土困难时,也可设置挡土墙以减少土石方数量;挡土墙还经常用来整治崩塌、滑坡等路基病害等等。

例如,对于地面横坡陡峻的陡坡路堤段,当路基边坡不能与地面横坡相交或薄条填土不稳定时,一般可设挡土墙拦蓄或加固路堤填土;路堑边坡与地面横坡接近平行,或边坡过高对山体及天然植被有较大破坏,且经比较设置护面墙不经济或不安全时,也可考虑设置挡土墙以降低路堑边坡高度;当路基材料的借方或弃方量过大,材料来源或弃土困难时,设置挡土墙能取得较好的经济效益和环境效益;在不良地质条件下,填筑或开挖路基可能产生滑坡,设置挡土墙能起到防止滑坍发生的作用;续接于桥台之后的挡土墙,作为与路堑边坡相衔接的构造物,可省去桥台锥坡,路桥连接也较为流畅;隧道洞口之外的挡土墙结构,不仅保证路基的稳定,也有利于洞口建筑的安全;对于沿河路基,受洪水冲刷时可能危及路基稳定,应根据路基设计水位与冲刷深度,考虑设置挡土墙,来保证路基的安全;合理设置挡土墙,少占用地,特别是农用地,减少拆迁与征地,还可能降低工程造价,加快施工进度;公路路线受走向与技术标准的控制,有时无法做到完全绕避重点保护文物、纪念性建筑、景观构造物、天然风景等,设置挡土墙并配合隔音设施或植被,能维护既有建筑或景观的现状,起到较好的环境保护作用等等。

因此,挡土墙的用途可简要归纳如下:

1. 降低挖方边坡高度,减少挖方数量,避免山体失稳滑坍;
2. 收缩路堤坡脚,减少填方数量和占地面积,保证路堤稳定;
3. 避免沿河路基挤缩河床,防止水流冲刷路基;
4. 防止山坡覆盖层下滑和整治滑坡。

虽然挡土墙的应用范围较广,但其它设计方案也可以替代挡土墙的功能,一般需要经过经济、技术比较后方能确定。此外,环境效益、社会效益也是选择方案的重要考虑因素。尤其对高度、长度较大的挡土墙工程,方案比选更为重要。


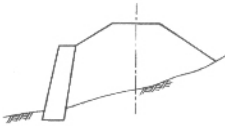


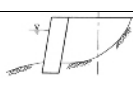
## 二、挡土墙的类型及使用条件


根据在路基横断面上的位置,挡土墙可分为路肩墙、路堤墙及路堑墙。当墙顶置于路肩时,称为路肩式挡土墙;若挡土墙支撑路堤边坡,墙顶以上尚有一定的填土高度,则称为路堤式挡土墙,又称坡脚式挡土墙;如果挡土墙用于稳定路堑边坡,称为路堑式挡土墙;设置在山坡上用于防止山坡覆盖层下滑的挡土墙,称为山坡挡土墙。

根据所处环境和作用可分为一般地区挡土墙、浸水地区挡土墙、地震地区挡土墙,还有用于整治滑坡的抗滑挡土墙。

各类挡土墙的图式和使用场合如表 4—5—1 所示。

表 4—5—1 挡土墙使用场合

序号	名 称	示 意 图	使 用 场 合
1	路肩挡土墙		陡山坡上,为保证路堤稳定,收缩坡脚;压缩路堤坡脚,减少占用土地或避免与其它建筑物干扰;防止沿河路堤水流冲刷、淘刷
2	路堤挡土墙		受地形限制或其它建筑物干扰,必须约束坡脚时;防止陡坡路肩下滑
3	路堑挡土墙		山坡陡峻,用以降低边坡高度,减少山坡开挖,避免破坏山体平衡;地质条件不良,用以支挡可能坍塌的山坡土体
4	山坡挡土墙		用以支挡山坡上有可能坍滑的覆盖层土体或破碎岩层;根据山坡情况可分设数道,以满足实际需要
5	浸水挡土墙		沿河路堤,须收缩坡脚,以免水流冲刷和淘刷

序号	名称	示意图	使用场合
6	抗滑挡土墙		滑坡地段,用以稳定滑动土体

挡土墙的类型一般以结构形式划分为主,常见的挡土墙形式有:重力式、半重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、加筋土式、锚杆式、锚定板式和桩板式,此外还有板式、垛式、竖向预应力锚杆式及土钉式等。各类挡土墙的适用范围,取决于墙址地形、工程地质、水文地质、建筑材料消的用途、施工方法、技术经济条件及当地的施工经验等因素。

(1)重力式挡土墙

重力式挡土墙依靠墙身自重支撑土压力来维持其稳定。一般多用片(块)石砌筑,在缺乏石料的地区有时也用混凝土修建。重力式挡土墙圬工量较大,但其形式简单,施工方便,而且可就地取材,适应性较强,故被广泛采用。

为适应不同地形、地质条件及经济要求,重力式挡土墙具有多种墙背形式。其中墙背为直线形的是普通重力式挡土墙,如图 4—5—1a)和 4—5—1b)所示,其断面形式最简单,土压力计算简便。带衡重台的挡土墙,称为衡重式挡土墙。如图 4—5—1d)所示。衡重

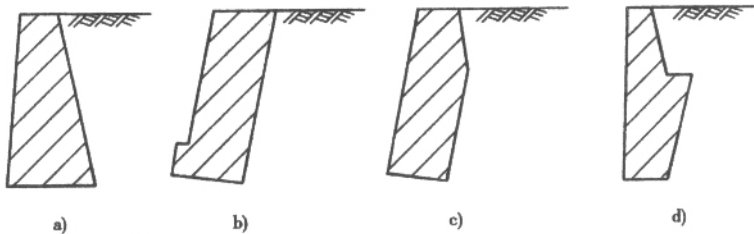


图 4—5—1 重力式挡土墙

a)、b)普遍重力式挡土墙;c)折线形墙背挡土墙;d)衡重式挡土墙

式挡土墙由上墙、下墙和衡重台三部分组成,其主要稳定条件仍凭借于墙身自重,但由于衡重台上填土的重力使全墙重心后移,增加了墙身的稳定,且因其墙面胸坡很陡,下墙背仰斜,所以可以减小墙的高度,减少开挖工作量,避免过分牵动山体的稳定,有时还可以利用台后净空拦截落石。衡重式挡土墙在山区公路中常被采用,但由于其基底面积较小,对地基承载力要求较高,故应设置在坚实的地基上。不带衡重台的折线形墙背挡土墙,则介乎上述两者之间,如图 4—5—1c)所示。

半重力式挡土墙一般采用混凝土建造,由立壁和底板组成,如图 4—5—2 所示。与重力式挡土墙比较有以下两个特点:其一是墙身断面较小,自重较轻,圬工数量较少;其二是强度满足要求处,一般不配置钢筋或配置少量构造钢筋,强度不满足要求处,配置少量受力钢筋。半重力式挡土墙断面一般比重力式挡土墙断面小 40%~50%,因而可充分利用混凝土的抗拉强度。与重力式挡土墙相比,同样高度的半重力式挡土墙其地基应力小,且分布较均匀,因此在同样地基条件下其建筑高度可大于重力式挡土墙。适用范围与重力式挡土墙相似,常用于不宜采用重力式挡土墙的地下水位较高或软弱地基上,或者缺乏石

料的地区,一般多用于低墙(3~8m)。

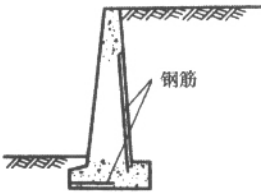


图 4—5—2 半重力式挡土墙

(2)锚定式挡土墙

锚定式挡土墙通常包括锚杆式和锚定板式两种。

锚杆式挡土墙是一种轻型挡土墙(图 4—5—3),主要由预制的钢筋混凝土立柱、挡土板构成墙面,与水平或倾斜的钢锚杆联合组成。锚杆的一端与肋柱连接,另一端被锚固在山坡深处的稳定地层(岩层或土层)中。墙后侧压力由挡土板传给肋柱,由锚杆与地层间的锚固力,即锚杆的抗拔力,使墙获得稳定。它适用于墙高较大、石料缺乏或挖基困难地区及具有锚固条件的路基。锚杆式挡土墙一般多用于路堑挡土墙。

锚定板式挡土墙的结构形式与锚杆式基本相同,只是锚杆的锚固端改用锚定板,埋入墙后填料内部的稳定层中,依靠锚定板产生的抗拔侧压力,保持墙的稳定,如图 4—5—4 所示。它主要适用于缺乏石料的地区,同时它不适用于路堑挡土墙。

锚定式挡土墙的特点在于构件断面小,工程量省,不受地基承载力的限制,构件可预制等,有利于实现结构轻型化和施工机械化。

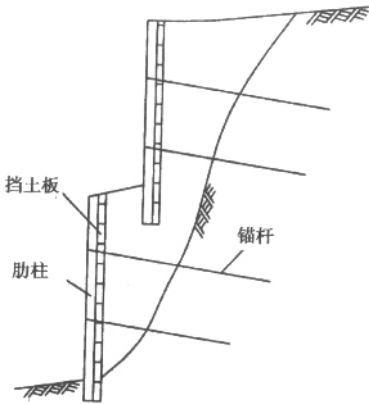


图 4—5—3 锚杆式挡土墙

(3)薄壁式挡土墙薄式挡土墙是钢筋混凝土结构,包括悬臂式和扶壁式两种。

悬臂式挡土墙结构形式如图 4—5—5 所示,它是由立壁和底板组成,具有三个悬臂,即立壁(墙面板)、墙趾板和墙踵板。当墙身较高时,沿墙长每隔一定距离增设扶肋(扶壁)连接立壁及墙踵板,称为扶壁式挡土墙,如图 4—5—6 所示。它们的共同特点是:墙身断面较小,结构的稳定性不是依靠墙身的自重,而主要依靠墙踵板上的填土重力来保证。它们自重轻、圬工省,但需使用一定数量的钢材,可适用于不同墙高的填方路段,经济效果较



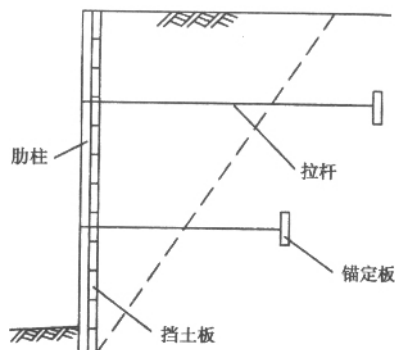


图 4-5-4 锚定板式挡土墙

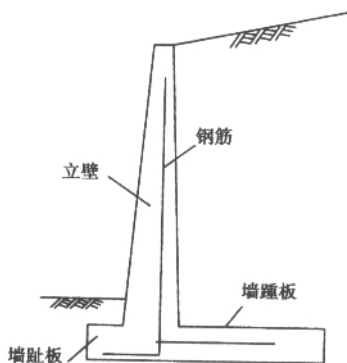


图 4-5-5 悬臂式挡土墙

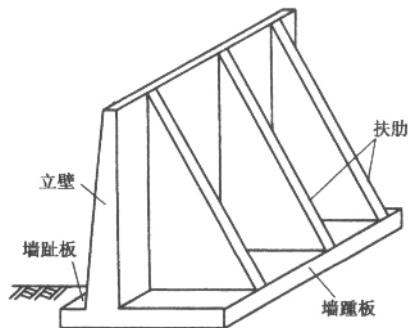


图 4-5-6 扶壁式挡土墙

好。

#### (4)加筋土挡土墙

如筋土挡土墙是由填土、填土中布置的拉筋条以及墙面板三部分组成,如图 4-5-7 所示。在垂直于墙面的方向,按一定间隔和高度水平地放置拉筋材料,然后填土压实,通过填土与拉筋间的摩擦作用,把土的侧压力传给拉筋,从而稳定土体。拉筋材料通常为镀锌薄钢带、铝合金、高强塑料及合成纤维等。墙面板一般用混凝土预制,也可采用半圆形铝板、软钢板。加筋土挡土墙属柔性结构,对地基变形适应性强,建筑高度大,适用于填方

路基。加筋土挡土墙结构简单,污工量少,与其它类型的挡土墙相比,可节省投资费用20%~50%,经济效益好。

柱板式板土墙、桩板式挡土墙和垛式(又称框架式)挡土墙的结构形式如图 4-5-8、图 4-5-9 和图 4-5-10 所示。

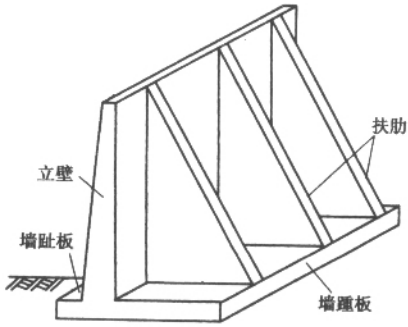


图 4-5-7 加筋土挡土墙

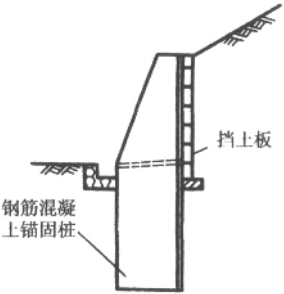


图 4-5-8 柱板式挡土墙

挡土墙类型的选择应根据支挡填土或土体的稳定平衡条件,考虑荷载的大小和方向、基础的埋置深度、地形地质状况、冲刷深度与既有建筑物平顺衔接、基底的承载能力、容许的不均匀沉降。可能的地震作用、墙壁的外观、施工的难易、工程造价和环境特点等因素,经综合比较后确定。

除此以外,挡土墙类型还可按墙体材料进行划分,分为石砌挡土墙、砖砌挡土墙、混凝土块砌挡土墙、混凝土挡土墙、钢筋混凝土挡土墙以及木质挡土墙。其中石砌挡土墙、砖砌挡土墙、混凝土砌块挡土墙一般属于重力式挡土墙。缺乏砖石材料时,重力式挡土墙也可采用混凝土和钢筋混凝土结构;一般情况下,半重力式挡土墙,采用片石混凝土和钢筋混凝土浇筑;悬臂式和扶壁式挡土墙则为钢筋混凝土结构;木质挡土墙一般用于临时性工程,可作桩板式挡土墙;加筋土式、锚杆式、锚定板式、桩板式、土钉式等挡土墙一般以混凝土或钢筋混凝土以及钢材为主要材料。

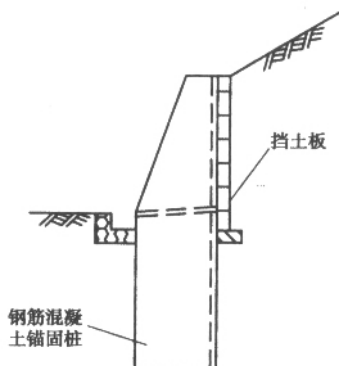


图 4-5-9 桩板式挡土墙

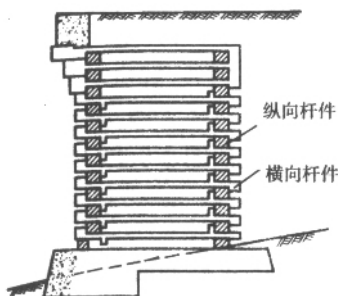


图 4-5-10 垛式挡土墙

### 三、挡土墙的发展概况

重力式挡土墙是最古老的结构形式,因其料源丰富、取材方便、形式简单、施工简便,所以仍然是目前应用最广泛的结构形式。为了适应地基承载力要求和地形条件,在重力式挡土墙基础上,发展形成了半重力式和衡重式挡土墙。半重力式挡土墙可利用展宽墙趾和墙踵来减小基底应力,降低地基承载力的要求;衡重式挡土墙可利用衡重台以上的填土重力,节省部分墙身圬工,而且墙身建筑高度大,适用于地面横坡较大地段—实际上,半重力式和衡重式均属于重力式的范畴。

为了适应不同的使用要求(如建筑高度、稳定性等)和不同地区的建筑条件(如地基、料源、地形等),研究开发了各种形式的挡土墙,如悬臂式、扶壁式、加筋土式、锚杆式和锚定板式等,这些形式都是钢筋混凝土结构。

悬臂式和扶壁式挡土墙在国外应用十分广泛,但在我国应用尚未普及,不过随着高等级公路向中西部地区推进,其应用会越来越多。悬臂式和扶壁式挡土墙,适用于缺乏石料的地区。它通过墙趾板和墙踵板宽度来调节、控制基底应力,墙高 6m 以内时,多采用悬臂式挡土墙,当墙高大于 6m 时,需在立壁(墙面板)与墙踵板之间增设扶肋,形成扶壁式挡土墙。

加筋土式挡土墙利用的是加筋土技术,加筋土是 20 世纪 60 年代由法国工程师亨利·维达尔(Henri Vidal)首先提出的一项土体加固新技术。1965 年法国在比利牛斯山的普拉聂尔斯修建了世界上第一座加筋土挡土墙,获得成功后,很快在欧洲范围内得到了普及,随后加拿大、日本、美国等相继应用。我国的加筋土技术研究和应用始于 20 世纪 70 年代中期,1978 年在云南田坝贮煤场修建了我国第一座试验性加筋土挡土墙,1980 年在山西晋城—陵川公路上修建了第一座公路加筋土挡土墙。加筋土挡土墙已在公路、铁道、建筑、水利和煤矿等部门都得到应用。尤其是公路部门应用最为广泛。

在 20 世纪 50 年代之前,锚杆技术只是作为施工过程的一种临时措施;20 世纪 50 年代中期以后,西方国家在隧道工程中开始采用小型永久性的灌浆锚杆和喷射混凝土代替衬砌结构;20 世纪 60 年代以后,锚杆技术迅速发展并广泛应用于土木工程的许多领域中。作为轻型的支挡结构,锚杆挡土墙现已取代笨重的重力式挡土墙,并广泛应用于公路、铁路、煤矿和水利等支挡工程中。

锚杆挡土墙适用于路堑地段或者地面横坡较陡的路堤,而锚定板挡土墙适用于填方路段,因而锚杆式和锚定板式是两种互补的挡土墙结构形式。

锚定板挡土墙是我国铁路部门首创的,它发展于 20 世纪 70 年代初期,1974 年首次在大秦铁路上使用,目前在铁路部门应用比较广泛,公路、水利、煤矿等部门在立交桥台、边坡支挡、坡脚防护等多种工程中应用。

土钉技术是 20 世纪 70 年代出现的。原德意志联邦共和国、法国和美国几乎在同一时期各自独立地开始了土钉墙的研究和应用。土钉技术在许多方面与隧道新奥法施工类似,可视为是新奥法概念的延伸。20 世纪 60 年代初期出现的新奥法,采用喷射混凝土和粘结型锚杆相结合的方法,能迅速控制隧洞变形并使之稳定。特别是 20 世纪 70 年代及其稍后的时间内,先后在德国法兰克福及纽伦堡地铁的土体开挖工程中应用获得成功,这对土钉墙技术的出现产生了积极的影响。此外,在 20 世纪 60 年代发展起来的加筋土技术对土钉墙技术的萌生也有一定的推动作用。

1972 年法国首先在凡尔塞附近的一处铁路路堑的边坡开挖工程中应用了土钉墙。原德意志联邦共和国于 1979 年首先在 Stuttgart 建造了第一个永久性土钉工程(高 14m),仅次于法国。原德意志联邦共和国还进行了长达 10 年的工程观测,获得了许多有价值的数据。至 1992 年,德国已建成 500 个土钉墙工程。美国最早应用土钉墙在 1974 年,其中一项有名的土钉墙工程是匹次堡 PPG 工业总部的深基开挖,由于与其紧挨的是既有建筑物,所以开挖时对土体用了注浆处理,并对土钉区内已有建筑物基础用微型桩作了托换。

法国、德国、美国、英国等国还十分重视土钉墙的工作性能的试验研究,包括分析方法和程序开发、大型足尺土钉墙试验与模型试验、离心机试验、实际工程长时间的土钉内力实测与土钉墙变形实测等,获得了许多宝贵资料,并编制了包括设计和施工监理手册等有关土钉墙的技术文件。

我国应用土钉的首例工程是 1980 年将土钉用于山西柳湾煤矿的边坡稳定。近年来,一些高等学校、科研院所和设计院等部门在土钉墙的研究开发应用方面也做了不少工作。

随着新型结构的研究发展,出现了一些复合式挡土墙,如竖向预应力锚杆挡土墙、重

力式锚杆挡土墙、悬锚式挡土墙等。

竖向预应力锚杆挡土墙是重力式挡土墙与竖向向设置的预应力锚杆组合形成的一种新型支挡构造物(图 4-5-11),锚杆竖向锚固于地基中,并砌筑于墙身内,最后张拉锚杆,利用锚杆的弹性回缩对墙身施加预应力来提高挡土墙的稳定性。适用于岩质地基,多用于滑坡的整治。1975 年我国铁路部门首先应用于成昆铁路狮子山滑坡病害的整治工程中,之后在其它滑坡治理工程中也陆续使用。

重力式锚杆挡土墙是在重力式挡土墙的基础上,利用锚杆技术而形成的另一种新型支挡构造物,如图 4-5-12 所示。此种挡土墙的墙身是用混凝土浇筑或浆砌片石砌筑的。利用锚杆一端砌筑于重力式墙身内,另一端锚固于墙后稳定的地层中,靠墙身自重和锚杆的锚固力共同来维持挡土墙的稳定。以锚杆的锚固力代替部分挡土墙圬工重力,同时可降低挡土墙对地基承载力的要求。1997 年洛(阳)三(门峡)高速公路应用了重力式锚杆挡土墙。

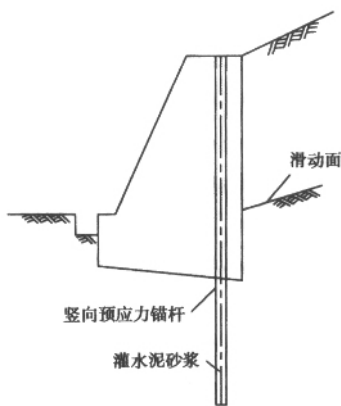


图 4-5-11 竖向预应力锚杆挡土墙



图 4-5-12 重力式锚杆挡土墙

近年来,在悬臂式挡土墙的基础上,利用锚定板技术,研究开发了一种新型的悬锚式挡土墙,它是由钢筋混凝土墙身(即悬臂式挡土墙)、锚定板、拉杆以及填充于墙身与锚定板之间的填料构成的一种复合结构,如图 4-5-13 所示。悬锚式挡土墙充分利用了悬臂式挡土墙对地基承载力要求低、截面形式简单、施工方便的特点,同时引进了锚定板技术,克服了悬臂式挡土墙建筑高度低、悬臂立壁受力条件差的不足,并改善了扶壁式挡土墙墙

后回填压实的施工条件,适用于缺乏石料的地区和承载力较低的软弱地基,以及可在填方和半填半挖路段作路堤墙和路肩墙使用。

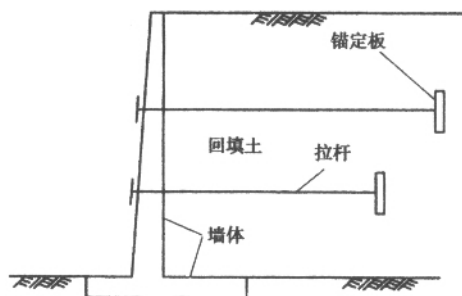


图 4-5-13 悬锚式挡土墙

在传统挡土墙结构形式基础上,还研究开发了新结构形式,如 U 形挡土墙和倒 Y 形挡土墙。U 形挡土墙在结构上类似悬臂式挡土墙,它把侧壁和底板连成整体,构成字母“U”形。在挖方地段需将路面铺筑在地下水位以下时,可以使用 U 形挡土墙。设计时,与传统挡土墙不同之处是考虑水压力影响,同时必须进行上浮稳定性分析。在其侧壁顶部设置支撑时,作用于墙上的土压力为静止土压力。U 形挡土墙底板比传统挡土墙宽,可看成弹性地基梁。当地下水位较高时,为确保上浮稳定性也可加厚底板或横向是出。

倒 Y 形挡土墙是日本神户大学田中博士发明的,首先把混凝土预制成 1~4m 不同尺寸的砌块,再将预制砌块组合铺筑在碎石基础上,回填碎石构成挡土墙。倒 Y 形挡土墙在力学上具有抗倾覆、抗滑动性能强的特点,另外还具有排水性好,防止地下水侵蚀的优点。

在研究开发新的结构形式的同时,开发应用新材料、新工艺也是挡土墙发展的新趋势。

加筋土挡土墙常用的筋材是条带式,而网状加筋和土工合成材料平面加筋可有效提高填土与加筋之间的摩擦作用,从而增强挡土墙的稳定性。此外,由于填土的固结沉降,改变了加筋的受力条件,还使得加筋拉力和墙面板基础压力增大,所以一些国家在墙面板与加筋连接部位安装了可上下滑动的机构来调整墙面板和填土之间的不均匀沉降。

锚杆挡土墙中采用锚索替代传统锚杆,形成锚索挡土墙。目前锚索在防护、加固工程中应用已十分普遍。

为了满足上部荷载的支承力,可减轻墙后填料,因为墙后填料越轻就越能减小墙基支承力和墙背土压力。对软弱地基上的挡土墙,为防止滑移,可利用高炉炉渣等轻质填料,也可采用空心结构物(如箱、管等形式)。

随着聚合物的广泛应用,泡沫聚苯乙烯及泡沫砂浆等轻质填料也已开始应用。由于泡沫砂浆是由水泥砂浆掺入发泡剂而制成、可通过改变发泡率的大小非常灵活地设计成单位体积质量较小的复合材料,而且由于它是无机材料。所以不存在耐久性问题。泡沫聚苯乙烯可直接作为填料,也可以制成块状作为填料,其密度仅为土的百分之几,这对减小构造物的土压力特别有效。挪威于 1972 年就已开始使用,日本也用它来处治滑坡等

工程。

另外,也可通过添加石灰和水泥等稳定剂来改善土的性质,以降低含水量,从而提高填料的强度和稳定性。一般来说,改善后的填料性质普遍得到提高,对减小墙后的土压力十分明显。

近年来,随着社会经济的发展和人民生活水平的提高以及对环境保护的日益重视,工程技术人员开始研究挡土墙与周围景观的协调,研究开发了生态挡土墙。生态挡土墙是在人们环保意识日益加强的环境下应用诞生的,它不仅要满足挡土墙的使用功能,而且还要考虑到与周围环境的协调,要在墙面景观和绿化砌块上采取措施。这方面的发展和研究工作在发达国家尤为重视。近几年,在我国南方和东南沿海的一些地区,也开始兴建这种环保挡土墙。

挡土墙工程应尽可能做到与自然环境相协调,在设计和施工中也应采取各种措施,创造与环境和谐的氛围。例如,应用形式设计手段丰富墙面的质感、色彩,改变造型单调的墙面构造或类型设计,做到统一中寓有变化,防止产生视觉疲劳;利用泄水管或预制墙体的合理搭配,变墙面的平面构成为立体构成,增强墙体的空间感;利用植物工程使墙体掩映在绿色植被中,融合于自然山林的景观之内等。总而言之,应采取有效的环保措施,提高挡土墙环境质量。

## 第二节 挡土墙公共构造与一般要求

### 一、挡土墙布置

挡土墙的布置是挡土墙设计的一个重要内容,通常在路基横断面图和墙址纵断面图上进行。布置前,应现场核对路基横断面图,不满足要求时应补测,并测绘墙址处的纵断面图,收集墙址处的地质和水文等资料。挡土墙的布置包括位置的选定、纵向布置、横向布置以及平面布置等。

#### 1. 墙址的选定

路堑挡土墙大多设在边沟旁,山坡挡土墙应考虑设在基础可靠处。墙的高度应能保证设墙后墙顶以上的边坡或土体的稳定。

路肩挡土墙因能充分收缩坡脚,可以大量减少填方和占地。当路肩墙与路堤墙的墙高或断面土方数量相近、基础情况相似时,应优先选用路肩墙,并可按路基宽度布置挡土墙位置。若路堤墙的高度或土方数量比路肩墙显著降低,而且基础可靠时,宜选用路堤墙。必要时应作技术经济比较来确定挡土墙的位置。

沿河路堤设置挡土墙时,应结合河流的水文、河道工程以及地质情况来布置,注意设墙后仍应保持水流顺畅,不致挤压河道而引起局部冲刷。

2. 纵向布置

纵向布置在墙址纵断面图上进行,布置后绘制挡土墙正面图,如图 4—5—14 所示。布置的内容有以下几点:

- (1)确定挡土墙的起讫点和墙长,选择挡土墙与路基或其它结构物的衔接方式。
- (2)按地基、地形及墙身断面变化情况进行分段,确定伸缩缝和沉降缝的位置。

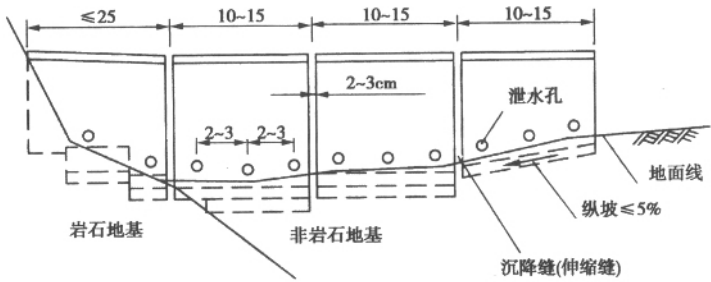


图 4—5—14 挡土墙纵向布置图(尺寸单位:m)

(3)布置各段挡土墙的基础。墙址地面有纵坡时,挡土墙的基底宜做成不大于 5% 的纵坡。但地基为岩石时,为减少开挖,可沿纵向做成台阶。台阶尺寸随纵坡大小而定,但其高宽比不宜大于 1 : 2。

- (4)布置泄水孔,包括数量、间隔和尺寸等。

此外,在布置图上应注明各特征断面的桩号,以及墙顶、基础顶面、基底、冲刷线、冰冻线、常水位或设计洪水位的标高等。

3. 横向布置

横向布置,选择在墙高最大、墙身断面或基础形式有变异处,以及其它必须有桩号的横断面图上进行。根据墙型、墙高、地基及填土的物理力学指标等设计资料,来确定墙身断面、基础形式和埋置深度及布置排水设施等,并绘制挡土墙横断面图。

4. 平面布置

对于个别复杂的挡土墙,如高、长的沿河挡土墙和曲线挡土墙,除了纵、横向布置外,还应作平面布置,绘制平面图,标明挡土墙与路线的平面位置及附近地貌和地物等情况,特别是应标明与挡土墙有干扰的建筑物的情况。沿河挡土墙还应绘出河道和水流方向以及其它防护与加固工程等。

除此以外,还应编写简要说明,说明选用挡土墙方案的理由,选用挡土墙结构类型和设计参数的依据,对材料和施工的要求及注意事项,主要工程数量等。

二、防排水措施

挡土墙防排水的作用在于疏干墙后土体和防止地表水下渗后积水,以免墙后积水使墙身承受额外的静水压力;减小季节性冰冻地区填料的冻胀压力;消除粘性土填料浸水后



的膨胀压力等。

挡土墙的防排水措施通常由地面防排水和墙身排水两部分组成。地面防排水主要是防止地表水渗入墙后土体或地基。地面防排水措施有：

- (1) 设置地面排水沟, 截引地表水;
- (2) 夯实回填土顶面和地表松土, 防止雨水和地表水下渗, 必要时可设铺砌层;
- (3) 路堑挡土墙趾前的边沟应予以铺砌加固, 以防边沟水渗入基础。

墙身排水主要是为了排除墙后积水, 通常在墙身的适当高度处布置一排或数排泄水孔, 如图 4—5—15 所示。泄水孔的尺寸可视泄水量大小分别采用  $5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、 $15\text{cm} \times 20\text{cm}$  的方孔或直径为  $5 \sim 20\text{cm}$  的圆孔。孔眼间距一般为  $2 \sim 3\text{m}$ , 干旱地区可予增大, 多雨地区则可减小。浸水挡土墙孔眼间距则为  $1.0 \sim 1.5\text{m}$ , 并且应上下交错设置。最下一排泄水孔的出水口应高出地面  $30\text{cm}$  (如为路堑挡土墙应高出边沟水位  $30\text{cm}$ , 浸水挡土墙则应高出常水位  $30\text{cm}$ )。下排泄水孔进水口的底部, 应铺设  $30\text{cm}$  厚的粘土层, 并夯实。以防水分渗入基础。泄水孔的进水口部分应设置反滤层, 以防孔道淤塞。干砌挡土墙可不设泄水孔。

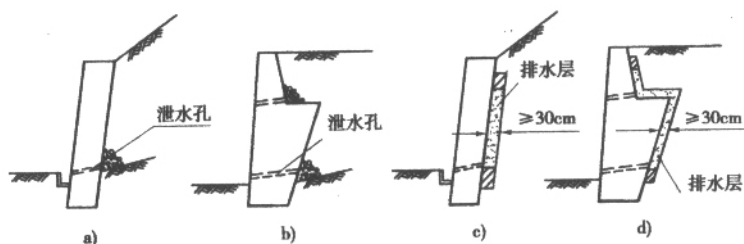


图 4—5—15 泄水孔及排水层布置图

若墙后填土的透水性不良或可能发生冻胀, 应在最低一排泄水孔至墙顶以下  $50\text{cm}$  的高度范围内, 填筑不小于  $30\text{cm}$  厚的砂砾石 [图 4—5—15c) 和图 4—5—15d)] 或无砂混凝土块板或土工织物等渗水性材料作排水层, 以疏干墙后填土中的水。

需要在挡土墙上开口设置涵洞时, 应对挡土墙墙身及基础进行补强和防水处理, 并采取有效措施, 防止涵洞渗漏及保证填料排水顺畅。

### 三、沉降缝与伸缩缝

各类挡土墙应根据构造特点, 设置容纳构件收缩、膨胀及适应不均匀沉降的变形缝, 变形缝包括沉降缝和伸缩缝。

为避免因地基不均匀沉陷而引起墙身开裂, 可根据地基地质、水文条件的变化和墙高、墙身断面的变化情况设置沉降缝。在平曲线地段, 挡土墙可按折线形布置, 并在转折处以沉降缝断开。为防止圬工砌体因收缩硬化和温度变化而产生裂缝需设置伸缩缝, 与其它建筑连接处也需设置伸缩缝。一般将沉降缝和伸缩缝合并设置, 沿路线方向每隔  $10 \sim 15\text{m}$  设置一道, 岩石地某亦不宜超过  $20\text{m}$ , 如图 4—5—14 所示。加筋土挡土墙分段长

度(沉降伸缩缝间距)可适当加大,但也不应大于 25m。沉降伸缩缝宽 2~3cm,自墙顶做到基底。对于高速公路、一级公路,或者在渗水量大、填料易于流失和冻害严重地区,缝内宜采用沥青麻筋或沥青木板等具有弹性的材料。对于二级公路及二级以下公路也可采用胶泥,沿内、外、顶三侧填塞,填塞深度不宜小于 15cm。当墙背为岩石路堑或填石路堤,并且冻害不严重的地区,也可不填塞(即设置空缝)。干砌挡土墙可不设沉降缝与伸缩缝。

为防止墙身表面出现微小的开裂,钢筋混凝土挡土墙表面还应设置垂直的 V 形槽(图 4-5-16),间距不大于 10m。沉降伸缩缝可做成企口式,如图 4-5-17 所示。当墙高较低,地基坚固时,可在前后墙面设置为槽口缝,如图 4-5-18 所示。特别注意 V 形槽和槽口缝在钢筋构造上的区别,即设槽处钢筋不截断,而在设缝处水平钢筋应截断

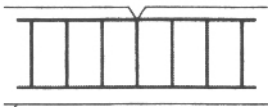


图 4-5-16 V 形槽

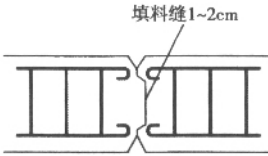


图 4-5-17 企口缝

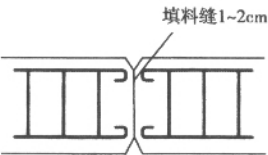


图 4-5-18 槽口缝

## 四、防护设施

为保证交通安全,在非封闭性公路上,挡土墙高于 6m 且挡土墙连续长度大于 20m;挡土墙外为悬崖或地面横坡陡于 1 : 0.75 且挡土墙连续长度大于 20m;靠近居民点,或行人较多的路段且挡土墙高于 3m 时的路肩挡土墙,墙顶应设置人行防护栏杆。

为保持路肩最小宽度,护栏内侧边缘距路面边缘的距离,对于二、三级公路不应小于 75cm;四级公路一般不应小于 50cm,外侧距墙顶边缘不应小于 10cm。高速公路、一级公路防撞护栏应设在土路肩宽度内。

护栏分墙式和柱式两种,重力式挡土墙应采用墙式护栏。

墙式护栏的内侧为路肩边缘,外侧距路基边缘应为 10cm。墙式护栏应用浆砌片(块)石或混凝土预制块砌筑,宽 40cm,高出路肩 50~60cm 每段长 2m,净间距 2m,并用 M7.5

水泥砂浆砌筑、抹面,外涂白色。

柱式护栏中心距内侧路肩边缘应为 20cm,距外侧路基边缘应为 30cm。柱式护栏宜采用钢筋混凝土制作,直径为 15~20cm,高出路肩 70~80cm,埋深约 70cm。柱式护栏间距在平曲线路段为 2m,直线路段为 3m。柱式护栏应用涂料标出红白相间的条纹或加反光材料标识。

高速公路、一级公路,当设置防撞护栏、防撞墙或护索时,其设置要求按现行交通部颁布的《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074—94)规定办理。

五、基础埋置深度

基础埋置深度应按地基的性质、承载力的要求、冰胀的影响、地形和水文地质条件等确定。

挡土墙基础置于土质地基时,其基础深度应符合下列要求:

(1)基础埋置深度不小于 1m。当有冻结时,应在冻结线下不小于 25cm,当冻结深度超过 1m 时,可在冻结线下 25cm 内换填不冻胀材料(例如碎石、卵石、中砂或粗砂等),但埋置深度不小于 1.25m。不冻胀土层中的基础,埋置深度可不受冻深的限制。

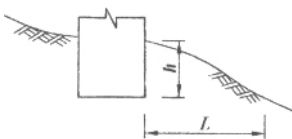
(2)受水流冲刷时、基础应埋置在冲刷线以下不小于 1m。

(3)路堑挡土墙基础顶面应低于边沟底面不小于 50cm。

挡土墙基础置于硬质岩石地基上时,应置于风化层以下,当风化层较厚,难以全部清除时,可根据地基的风化程度及其相应的承载力将基底埋于风化层中。置于软质岩石地基上时,埋置深度不小于 80cm。

挡土墙基础置于斜坡地面时,其趾部埋入深度和距地表的水平距离应符合表 4—5—2 的要求。

表 4—5—2 墙趾埋入斜坡地面的最小尺寸

地层类别	$h(\text{m})$	$L(\text{m})$	嵌入图式
较完整的硬质岩层	$\geq 0.25$	0.25~0.5	
一般硬质岩层	$\geq 0.60$	0.6~1.5	
软质岩层	$\geq 0.70$	1.0~2.0	
土层	$\geq 1.00$	1.5~2.5	

挡土墙采用倾斜基底,是提高抗滑稳定性行之有效的措施,但当基底斜坡较大时,将增加墙身与基底土体一起滑动的可能,而且将影响地基承载能力,因此,其倾斜度应得到控制,如表 4—5—3 所示。

表 4—5—3 基底倾斜度

地 层 类 型		基底倾斜度 $\text{tg}\alpha_0$
一般地基	岩石	$\leq 0.3$
	土质	$\leq 0.2$
浸水地基	$\mu < 0.5$	0.0
	$0.5 \leq \mu < 0.6$	$\leq 0.1$
	$\mu \geq 0.6$	$\leq 0.2$

注：  $\alpha_0$ ——基底倾斜角，为基底面与水平线的夹角；  
 $\mu$ ——基底与地基土的摩擦系数。

六、墙背回填

为保证挡土墙正常的使用功能,并使其具有良好的技术经济性能,墙背填料的选择是至关重要的。

一般应选择透水性强、易排水、抗剪强度大且稳定的填料。由于碎(砾)石土、砂类土力学性能稳定、受水的影响较小,因此,墙后应优先选择透水性良好的砂类土、碎(砾)石类土进行填筑。严禁使用腐殖土、盐渍土、淤泥、白至土及硅藻土作填料,因为这些材料性能极不稳定,胀缩反复交替发生,干燥时体积易收缩,雨季易膨胀,而且填料中不应含有机物、冰块、草皮、树根等杂物及生活垃圾。

粘性土的压实性和透水性都较差,具有吸水膨胀性和冻胀性,常产生侧向膨胀压力而影响挡土墙的稳定性的,所以不宜作为填料使用。但从就地取材出发,有时不得不采用粘性土时,则可适当掺入块石、碎石,或掺入石灰拌和均匀后形成石灰土,也可分层加入砂性土排水垫层等措施以改善粘性土填料的物理力学性能。

当墙背采用透水性不良的填料时,除应做到拌和均匀,控制粘土块含量和最佳含水量外,还应在墙背设置连续排水层。浸水挡土墙的墙背应全部用水稳性和透水性良好的材料填筑。

如有条件建议采用 CBR 值来选择的和控制墙背填料,其标准可参考《公路路基设计规范》(JTJ 013—95)和《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—95),如表 4—5—4 所示。

表 4—5—4 填料最小强度

项目分类 (路面底面以下深度)	填料最小强度(CBR)(%)	
	高速公路及一级公路	二级及二级以下公路
上路床(0~30cm)	8.0	6.0
下路床(30~80cm)	5.0	4.0
上路堤(80~150cm)	4.0	3.0
下路堤(>150cm)	3.0	2.0

注： ①二级及二级以下公路作高级路面时,应按高速公路及一级公路的规定;

- ②表列强度按《公路土工试验规程》,对试样浸水 96h、的 CBR 试验方法测定;  
③黄土、膨胀土及盐渍土的填料强度,分别按有关的规定办理。

填料采集前应作标准击实试验,提出填料的最佳含水量和最大干密度,以及相应的物理、化学性能指标,据以控制压实质量。碾压前应进行压实试验,根据碾压机具、填料性质及最佳含水量,控制填料的松铺厚度,并分层压实。施工中亦可根据试验的碾压遍数来指导施工。

挡土墙的墙体应达设计强度的 75%以上时,方可进行墙后回填。路肩式挡土墙顶面标高应低于路肩边缘标高 2~3cm,挡土墙顶面作成与路肩一致的横坡度,以排除路面水。

墙后必须回填均匀、摊铺平整,填料顶面应按设计要求设置横坡,一般为 2%~3%。墙后 1.0m 范围内,不得有大型机械行驶或作业。为防止碰坏墙体,一般应用小于 5t 的小型压实机械。如蛙式打夯机、内燃打夯机、手扶式振动压路机和振动平板夯等碾压。分层厚度不得超过 20cm。

设有拉筋的挡土墙填料填筑要满足平整度的要求,凹凸不平的填料表面使拉筋在压路机的作用下会起伏不平,因而填料表面的平整度应给予控制,并不得使用羊足碾碾压,以防凸轮对拉筋的损伤。

填料压实度应符合表 4-5-5 的要求。当用灌砂法、灌水(水袋)法检查压实度时,取土样的底面位置为每一压实层底部;用环刀法试验时,环刀中部处于压实层厚的 1/2 深度;用核子密度湿度仪检测时,则按说明书要求办理。

表 4-5-5 墙背填料压实度标准

填土范围	路面底面以下深度 (cm)	压 实 度(%)	
		高速公路、一级公路	其它公路
距墙背 1.0m 以外	路床 0~80	≥95	≥93(95)
	上路堤 80~150	≥93	≥90(90)
	下路堤 150 以下	≥90	≥90(90)
距墙背 1.0 以内	全部墙高	≥90	≥90(90)

注: ①表列压实度以《公路土工试验规程》(JTJ 051—93)重型击实试验为准。对于三、四级公路允许采用轻型击实试验法,采用括号内的数值;  
②特殊干旱和特殊潮湿地区的压实度,可按表内压实度数值减小 2%~3%。

### 第三节 施工准备工作

#### 一、施工准备工作的概念

施工过程分为准备、施工和竣工验收三个阶段。施工准备工作是指施工前为保证整

个工程能按计划顺利施工,事先必须做好的各项准备工作,是施工程序中的重要环节。因此,施工准备工作的好坏和充分与否,直接影响到工程的进度、质量和施工企业的经济效益,必须认真对待。

### 1. 施工准备工作的任务及重要性

施工准备工作的基本任务是:调查研究各种有关工程施工的原始资料、施工条件以及业主要求,全面合理地部署施工力量,从计划、技术、物资、资金、劳力、设备、组织、现场以及外部施工环境等方面为工程的顺利施工建立一切必要的条件,并对施工中可能发生的各种变化做好应变准备。

由于施工是在各种各样的环境条件下进行,投入的生产要素多且易变,影响因素多,在施工过程中可能会遇到各式各样的技术问题和协作配合问题等,如果事先缺乏充分的统筹考虑与安排,必然使施工过程陷于被动,使施工无法正常进行。由此可见做好施工准备工作是全面完成施工任务的必要条件,是整个工程顺利实施的基础和保证。认真细致地做好施工准备工作,对充分发挥人的积极因素、合理组织人力、物力、加快施工进度、提高工程质量、降低工程成本、实现文明施工、保证施工安全、增加企业经济效益、赢得企业社会信誉等,均起着非常重要的作用。施工准备工作也是施工企业搞好目标管理。推行承包责任制的重要依据。工程实践充分证明,凡是重视施工准备工作,积极为拟建工程创造一切施工条件的,其工程的施工就会顺利地进行,否则,其施工就会步履艰难,困难重重,甚至损失惨重。

### 2. 施工准备工作的分类

施工准备按其规模及范围的不同。可分为施工总准备、单位工程施工条件准备和分部(分项)工程作业条件准备等三种。

施工总准备:它是以整个建设项目为对象而进行的需统一部署的各项施工准备。其特点是,它的施工准备工作的出发点是为整个建设项目的顺利施工创造有利条件,它既为全场性的施工做好准备,当然也兼顾了单位工程施工条件的准备。

单位工程施工条件准备:它是以单位工程为对象而进行的施工条件准备工作。其准备工作的出发点是为单位工程施工服务的,它不仅要为该单位工程在开工前做好一切准备,而且要为分部、分项工程做好施工准备工作。

分部(分项)工程作业条件准备:它是以一个分部(或分项)工程为对象而进行的作业条件准备。

施工准备按拟建工程的不同施工阶段,可分为开工前的施工准备和各分部分项工程施工前的准备等两种。

开工前施工准备:它是在拟建工程正式开工之前所进行的一切施工准备工作。其目的是为拟建工程正式开工创造必要的施工条件。

各分部分项工程施工前的准备:它是在拟建工程正式开工之后,在每一个分部分项工程施工之前所进行的一切施工准备工作,又称为施工期间的经常性施工准备工作、也称为作业条件的施工准备。其目的是为各分部分项工程的顺利施工创造必要的施工条件。它带有局部性和短期性,又带有经常性。

由此可知,施工准备工作不仅在开工前的准备期进行,它还贯穿于整个过程中,随着

工程的进展,在各个分部分项工程施工之前,都要做好施工准备工作。因此,施工准备工作贯穿于整个工程项目建设的始终,是有计划、有步骤、分阶段进行的。因此,在项目施工过程中,首先,要求准备工作一定要达到开工所必备的条件方能开工;其次,随着施工的进程和技术资料的逐渐齐备,应不断增加施工准备工作的内容和深度。

### 3. 施工准备工作的内容及要点

施工准备工作涉及的范围广、内容多,总的来看,可归纳为以下六个方面:

- (1)原始资料的调查分析;
- (2)技术经济准备;
- (3)施工物资准备;
- (4)施工现场准备;
- (5)劳动组织准备;
- (6)施工场外准备。

施工准备阶段的工作要点为:

#### (1) 健全的严格的施工准备工作责任制

施工准备工作必须要有严格的责任制,按施工准备工作计划将责任落实到有关部门和具体人员,同时应明确各自在施工准备工作中所负的责任。项目负责人应对整个项目的施工准备工作统一部署和安排,并协调建设、设计、施工各方的关系,组织各单位、各部门及队组协作配合,督促检查各项施工准备工作的实施,以便及早完成施工准备的各项工作。

#### (2) 建立施工准备工作检查制度

施工准备工作不仅要有明确的分工,落实责任,而且要有布置、有交底、有检查。其目的在于督促和控制,通过检查可发现问题和薄弱环节,以便及时解决和改进工作。由于施工准备贯穿施工的始终,因此,不但要在开工前搞好检查。在平时也应做好日常检查,而且在检查施工进度计划完成情况的同时,也应检查施工准备工作落实与完成的情况。

#### (3) 编好施工准备工作计划

为了有步骤、有安排、全面地搞好施工准备,在施工准备之前,应首先编制施工准备工作计划。

施工准备工作计划既是对施工前各项施工准备工作的统筹安排,也是施工组织设计的重要内容。施工准备工作计划应依据施工方案、施工进度计划和资源需要量计划进行编制。

施工准备工作计划可用表格的形象计划编制,亦可采用网络计划进行编制,以尽量缩短时间。编好的施工准备工作计划,应纳入施工单位的年度、季度和月度生产计划中,一并贯彻执行。

#### (4) 严格遵守建设程序并严格执行开工报告制度

必须坚持施工准备不足不准开工的原则,只有在各项施工准备满足要求时,才能提出开工报告,经上级审查批准后方能开工。

### 4. 施工准备工作中的关系与协调

施工准备工作的顺利实施,必须将多工种、多专业、多方面的工作进行统筹安排,以协

调配合早日完成。为了有效的实施施工准备工作,使工作不断深入,应注意处理好以下几个方面的关系:

### (1)室内准备与室外准备相结合

室内准备工作是指工程建设的各种技术经济资料的编制和汇集,室外准备工作是指对施工现场和施工活动所必需的技术、经济、物质条件的建立。室内准备与室外准备应同时并举,互相创造条件。室内准备工作对室外准备工作起着指导作用,而室外准备工作则对室内准备工作起促进作用。例如在编制施工组织设计时,必须首先深入调查施工现场的实际情况,在制订材料、构件及其它物资资源计划时,必须了解材料和构件的储存、运输、堆放和使用情况。反过来,现场的准备必须以施工组织设计为指导。当资料不全时不应消极等待,可将施工组织设计分为若干部分,采取分期分阶段进行编制,随之逐步完善。

### (2)前期准备与后期准备工作相结合

由于施工准备工作周期长,有一些是开工前必做的,有一些是开工之后交叉进行的,因而既要立足于前期准备工作,又要着眼于后期的准备工作;既要考虑开工时所需的材料、机械设备的供应,又要考虑开工后分阶段所需的。应统筹安排,准备太早了将造成堆放场地的紧张和资金的积压,太晚了又将会影响施工进度。

### (3)现场准备和加工预制准备相结合

在现场准备的同时,大批预制加工构件就应委托生产并提出供应进度要求。对于一些大型构件应进行技术经济分析,如分析现场有无加工条件;预制厂加工运输有无困难等;及时确定是在现场预制还是在加工厂预制;对构件的加工场地应认真碾压和平整等。构件加工应考虑现场的存放能力及使用要求。

### (4)班组准备与工地总体准备相结合

在各班组做施工准备工作时,必须与工地总体准备相结合,要结合图纸交底及施工组织设计的要求,熟悉有关的技术规范、规程,协调工种之间衔接配合,力争连续、均衡的施工。

班组作业的准备工作包括:

- ①进行计划交底和技术交底,下达工程任务书;
- ②施工机具进行保养和就位;
- ③将施工所需的材料、零配件和预制构件,经过质量检查合格后,供应到施工地点;
- ④具体布置操作场地,创造操作环境;
- ⑥检查前一工序的质量,搞好施工放样以及标高与轴线的控制。

## 二、原始资料的调查分析

调查收集原始资料工作,是开工前的施工准备工作的主要内容之一,尤其是当施工单位进入一个新的地区,此项工作就显得尤为必要,它关系着施工单位的全局性部署与安排。

为了获得符合实际情况、切实可行的最佳施工组织设计方案,在进行建设项目施工准



备工作过程中必须进行自然条件和技术经济调查,以获得必要的自然条件和技术经济条件的资料。这些资料为原始资料,对这些资料的分析称为原始资料的调查分析。

调查时,要向设计单位、勘察单位收集资料,还要向当地气象部门收集气象资料,并向当地有关部门了解有关规定和收集类似工程的实践经验资料等。此外,还须到实地勘察和调查。

对收集到的原始资料应进行细致的分析研究,找出它们的规律及与设计 and 施工的关系,充分发挥资料的作用。同时为了保证原资料的完整和正确,不仅在设计和施工准备过程中,而且在施工过程中,还要不断地对有关情况进行补充调查、核对和研究。

自然条件的调查是为了查明建设地区的自然条件,并且提供有关资料。技术经济的调查是为了查明建设地区的工业、自然资源、交通运输、动力资源和生活福利设施等地区经济因素,获得建设地区的技术经济条件资料。施工单位进行自然条件与技术经济调查的主要目的是:

(1)为签订承包合同提供依据。由于许多内容都直接与当地的技术经济情况有关。

(2)为编制施工组织设计提供依据。施工组织设计中许多内容如材料供应、交通运输、构件预制、机械设备选择、劳动力筹集等等的确定,都要以技术经济调查资料为依据。

工程调查和资料收集,包括设计进度和概算、投资计划和工期计划;工程建设地区的自然条件(如气候条件、地形、地质、水文地质等)、技术经济条件和施工现场情况等调查,是为编制实施性施工组织设计服务的,具体内容主要有:

- (1)工程地点的水文、地形、气候条件和地质情况;
- (2)自采加工料场、当地材料、可供利用的房屋情况;
- (3)当地劳动力资源、加工能力、运输条件和运输工具情况;
- (4)施工场地水源、电源以及生活物资供应情况;
- (5)当地风俗习惯等。

### 三、劳动组织准备

施工企业通过投标方式获得工程施工任务后,应根据签订的施工合同的要求,迅速组建符合本工程实际的施工管理机构,组织施工队伍进场施工。同时,为保证工程按设计要求的质量、计划规定的进度和低于合同运价的成本,安全、顺利地完施工任务,还应针对施工管理工作复杂、困难的特点,建立一整套完善的施工管理制度,采用科学的管理方法,进行切实有效地工作,才能达到预期的目的。

劳动组织准备主要是建立和健全施工队伍和管理机构,明确施工任务,针对施工任务的情况,制订必要的规章制度,确定施工所应达到的目标,明确分工,落实责任。

根据工程规模和特点,建立施工组织机构,确定机构领导人选和名额。坚持合理分工与密切协作相结合的原则,因事设职和因职选人,将富有经验、有工作效率、有创新意识的人选入领导机构。

应根据现有的劳动组织情况及施工组织设计的劳动力需要量计划确定基本施工队

伍。

建立健全管理制度是劳动组织准备的重要内容,施工管理制度主要有:

### 1. 施工计划管理制度

施工计划管理是施工管理工作的中心环节,其它管理工作都要围绕计划管理来开展。计划管理包括编制计划、实施计划、检查和调整计划等环节。由于公路施工受自然条件的影响大,其它客观情况的变化也难于准确预测,这就要求施工计划必须经过充分调查研究后制订,同时在执行过程中应随时检查,发现问题及时采取措施解决。必要时应对计划进行调整修改,使之符合新的客观情况,保证计划的实现。

### 2. 工程技术管理制度

施工技术管理是对施工技术进行一系列组织、指挥、调节和控制等活动的总称。其主要内容包括:施工工艺管理,工程质量管理,施工技术措施计划,技术革新和技术改造,安全生产技术措施,技术文件管理等。要搞好各项技术管理工作,关键是建立并严格执行各种技术管理制度。有了健全的技术管理制度且能认真执行,才能很好地发挥技术管理作用,圆满地完成技术管理的任务。

#### (1) 技术责任制

技术责任制就是在一个施工单位的技术工作系统中,对各级技术人员规定明确的职责范围,使其各负其责、各司其事,把整个施工技术活动和谐地、有节奏地组织起来。它对调动各级技术人员积极性和创造性,促进技术的发展和保证工程质量,都有极其重要的作用。

根据施工单位的组织机构情况,制订分级技术责任制。上级技术负责人应履行向下级技术负责人进行技术交底和技术指导的职责,监督下级按施工图纸、施工规范和操作规程进行施工,处理下级请示的技术问题等责任。下级技术负责人应该接受上级技术负责人的技术指导和监督,执行自己所在技术岗位上的任务。各级技术负责人的责任,应根据组织机构和施工任务情况,明确规定在技术责任制中。

#### (2) 技术交底制度

工程开工前,为了使参与施工的人员了解所承担的工作任务的技术特点、施工方法、施工程序、质量标准、安全措施等,必须实施技术交底制度,认真做好交底工作。

技术交底不仅要针对技术人员,而且包括所有从事施工的操作人员,从而提高他们自觉研究技术问题的积极性和主动性,为更好地完成施工任务和提高技术水平创造条件。

技术交底按技术责任制的分工,分级进行。施工单位的技术总负责人,应将施工质量标准、施工方法、施工程序、进度要求、安全措施,各分部工程施工组织的分工和配合,主要施工机具的安排和调配等,连同整个工程的施工计划,向所属工程队长及全体技术人员进行交底。工程队技术负责人应将本队承担的工程项目,向所属班组长及全体技术人员进行交底。班组技术负责人、应将本班组承担工程项目的施工方法、劳动组合、机具配备等,对全组人员进行交底。班组技术交底是技术交底制度的最重要环节,班组人员应在接受交底后进行讨论,目的是要使参加施工实际操作的所有人员,充分了解自己施工中应掌握的正确方法和应尽的具体责任,并对改进施工劳动组织和操作方法,以及提高工程质量和保证施工安全等方面提出合理化建议,因为工人是对施工操作最熟悉、经验最丰富的实践

者,他们的意见和建议往往能切中要害,能提出和解决工程师和技术人员考虑不到的问题,对完善施工计划能起到良好的促进作用。

分级交底时,都应做好记录,作为检查施工技术执行情况和检查技术责任制的一项依据。

### 3. 工程成本管理制度

工程成本管理是施工企业为降低工程成本而进行的各项管理工作的总称。工程成本管理与其它管理工作有密切联系,施工企业总的技术水平和经营管理水平的高低,均能直接或间接地反映在成本这个指标上。工程成本的降低、表明施工企业在施工过程中活劳动和物化劳动的节约。活劳动的节约说明劳动生产率的提高,物化劳动的节约说明机械设备利用率的提高和建筑材料消耗率的降低。因此,建立成本管理制度,加强工程成本的管理,对不断降低工程造价具有十分重要的意义。

工程成本即工程建设过程中耗费的物化劳动(生产资料)和活劳动(付给劳动者的报酬)的货币表现,是施工企业完成一定数量的工程所耗费的各项生产费用的总和,由直接成本和间接成本所组成。直接成本分为人工费、材料费、施工机械使用费和其它直接费四部分;间接成本分施工管理费和其它间接费两部分。若工程发生质量事故及返工等损失也应计入直接成本。

工程成本是由生产全过程中各个环节、各个部门所有人员的工作质量决定的,所以成本是反映企业工作质量的综合性指标,是衡量企业管理水平的尺度和制订计划价格的依据。

### 4. 施工安全管理制度

加强施工安全、劳动保护对工程质量、成本和工期有重要意义,也是企业管理的一项基本原则。其基本任务是:正确贯彻执行“安全为了生产,生产必须安全”和“预防为主”的方针。建立安全施工责任制,加强安全检查,开展安全教育,在保证安全施工的条件下,创优质工程。

#### (1) 施工安全责任制

施工工地应设安全工程师、班组应设不脱产或半脱产的安全检查员。安全检查员负责本班组或单位工程施工的安全工作,督促和帮助操作人员遵守操作规程和各项安全施工制度,组织班前和班后的安全检查,一旦发现事故苗头应及时向工程管理人员报告,采取预防措施,防止事故的发生。

#### (2) 安全教育、检查及事故处理

安全教育是提高施工人员安全施工知识和预防作业时发生事故的重要手段,安全检查是预防各种事故发生的重要措施。发生伤亡事故时应立即采取紧急措施,组织力量抢救,并将情况向有关方面报告。

#### (3) 加强安全技术工作

安全施工是一项技术性很强的工作,应根据公路工程作业的各种特点来制订安全规范、作业章程。

### 5. 自检质量保证体系

为了保证公路工程的施工质量,施工企业必须有高度的质量意识,使所建工程经得起

监理的抽检和政府质监部门的检查,为此,必须建立自检质量保证体系。自检质量保证体系主要由企业的主要负责人,有关的技术质量检查人员,施工设备及检测仪器等组成。

此外,还应加强施工队伍的教育。施工前,企业要对施工队伍进行劳动纪律、施工质量和安全教育,要求本企业职工和外包施工队人员必须做到遵守劳动时间、坚守工作岗位、遵守操作规程、保证产品质量、保证施工工期、保证安全生产、服从调动、爱护公物等。同时企业还应做好职工、技术人员的培训和技术更新工作,只有不断提高职工、技术人员的业务技术水平,才能从根本上保证建设工程质量,不断提高企业的竞争力。此外,对于某些采用新工艺、新结构、新材料、新技术的工程,应该先将有关的管理人员的操作人员组织起来培训,使之达到标准后再上岗操作。这也是施工队伍准备工作的内容之一。

对职工的衣、食、住、行、医、文化生活等生活后勤供应和保障工作,必须在施工队伍集结前做好充分的准备。这是稳定职工队伍、保障生活供给、提高职工生活质量和调动职工工作积极性,使他们劳动好、休息好的一项极为重要的准备工作。

## 四、技术经济准备

技术经济准备工作,即通常所说的“内业”工作。它是现场施工准备工作的基础,它可以为施工生产提供各种指导性文件。其主要内容包括以下五点:

### 1. 熟悉设计文件与现场核对

组织有关人员学习设计文件,是为了对设计文件、图纸及资料进行了解和研究,使施工人员明确设计者的设计意图,熟悉设计图纸的细节,掌握设计人员收集的各种原始资料,并对设计文件和图纸进行现场核对。

设计文件是组织工程施工的主要依据。熟悉、审核施工图纸是领会设计意图,明确工程内容,分析工程特点的重要环节,一般应注意如下几个方面:

(1)核对设计计算的假定和采用的处理方法是否符合实际情况,施工是否有足够的稳定性,对保证安全施工有无影响等。

(2)核对设计是否符合施工条件,如需采用特殊施工方法和特定技术措施时,技术上和设备条件上有无困难。

(3)结合生产工艺和使用上的特点,核对施工中有哪些技术要求以及施工能否满足设计规定的质量标准。

(4)核对有无特殊的材料要求,这些材料的品种、规格、数量能否解决。

(5)核对图纸说明有无矛盾,图纸规定是否明确和齐全。

(6)核对图纸主要尺寸、位置、标高有无错误。

(7)通过熟悉图纸确定与施工有关的准备工作项目。

在熟悉设计文件的基础上,会同设计单位进行现场核对。现场核对的重点是根据实际地形,核查设计图中挡土墙设置是否合理,沉降缝与伸缩缝、泄水孔等设置是否合理,基础埋置深度及地质描述与实际地基情况是否相符,挡土墙与路基或构造物连接是否平顺、稳定等。当设计与实际情况不相符时,应作必要修改。

## 2. 学习、熟悉技术标准、规范、规程和有关技术规定

技术标准、规范、规程是国家制订的建设法规,是实践经验的总结,在技术管理上具有法律作用,施工各部门必须按标准、规范与规程施工,要严格制止和纠正违反标准、规范与规程的行为,对由于违反标准、规范和规程造成严重后果的,要视情节给予行政处分、经济制裁直至追究刑事责任。

工程施工中常用的技术标准、规范、规程主要有以下几种:

- (1)工程施工技术规范及验收规范;
- (2)工程质量检验评定标准;
- (3)施工操作规程和试验规程;
- (4)设备维护及检修规程;
- (5)安全技术规程;
- (6)上级技术部门所颁发的其它技术规范与规定。

各级工程技术人员在接受施工任务后,一定要结合本工程的实际,认真学习、熟悉有关的技术标准、规范和规程,为保证优质、安全,按时完成工程任务打下坚实的技术基础,同时这也是提高工程技术人员自身素质的一个有效手段。

## 3. 设计交桩和设计技术交底

工程在正式施工之前,应由勘测设计单位向施工单位进行交桩和设计技术交底。

交桩应在现场进行,设计单位将路线测设时所设置的导线控制点和水准控制点以及其它重要点位的桩志逐一移交给施工单位,施工单位在接受这些控制点后,要采取必要措施妥善加以保护。

设计技术交底一般由建设单位主持,设计、监理和施工单位参加。交底时设计单位应说明工程的设计依据、设计意图和功能要求,并对某些特殊结构、新材料、新技术以及施工中的难点和需注意的方面详细说明,提出设计要求。施工单位则将在研究设计文件中发现的问题及有关修改设计的意见提出,由设计单位对有关问题进行澄清和解释。对于合理的修改设计的意见,经过讨论认为确有必要,可在统一认识的基础上,对所讨论的结果逐一记录,并形成纪要,由建设单位正式行文,参加单位共同会签,作为与设计文件同时使用的技术文件和指导施工的依据,也是进行工程结算的依据。

## 4. 编制施工组织设计

施工组织设计是指导工程施工的组织、技术、经济的一个综合性设计文件,也是对施工施行科学管理的重要手段,对施工的全过程起指导作用。它既要体现工程建设计划 and 设计要求,又要符合施工活动的客观规律,对施工全过程起到战略部署和战术安排的双重作用。因此,编制施工组织设计的目的在于全面、合理、有计划地组织施工,从而具体实现设计意图,按质、按量、按期完成施工任务。

施工组织设计是施工准备工作的重要组成部分,也是及时做好其它有关施工准备工作的依据。因为它规定了其它有关施工准备工作的内容和要求,所以它对施工准备工作也可起到保证作用。实践证明,一个工程如果施工组织设计编制得好,能正确地反映客观实际,并能得到认真执行,施工就可以有条不紊地进行,否则就会出现盲目施工的混乱局面,造成不必要的损失。

根据核对的工程量、工地特点、工期要求及施工条件,结合企业的设备能力,做出实施性施工组织设计。由于挡土墙一般都附属在路基工程范围内,所以挡土墙的施工组织设计可配合路基施工方案统一编制。施工组织设计包括施工方法和相应的技术措施、工程数量、开工和完工日期、所需劳力、机械设备、材料数量、临时工程、场地布置以及车辆运输等。

### 5. 编制施工图预算和施工预算

工程预算是反映工程经济效果的技术经济文件,也是我国现阶段确定工程预算造价的法定形式。工程预算从广义上讲是一个总称,按照不同编制阶段和不同作用,可分为设计概算、施工图预算和施工预算三种。

施工图预算是在拟建工程开工前的施工准备工作时期编制的,施工图预算的主要作用是,确定工程造价和主要物资需要量。施工图预算一经审定,就成为了签订工程承包合同,进行企业经济核算,以及编制施工计划和银行拨贷款的依据。

施工预算是施工企业在工程确定承包关系以后,在施工图预算的基础上,根据施工图纸、施工组织设计或施工方案、施工定额等文件并结合企业和工程实际情况编制的,是企业内部控制各项成本支出、考核用工、签发施工任务单、限额领料和进行经济核算的依据,因而是企业内部使用的一种预算。

因此,施工图预算与施工预算存在很大的区别。施工图预算是甲乙双方确定预算造价、发生经济联系的技术经济文件,而施工预算则是施工企业内部经济核算的依据。

施工图预算和施工预算消耗与经济效益的比较,通称“两算”对比,是促进施工企业降低物资消耗,增加积累的重要手段。

## 五、物资准备

施工物资准备是指施工中必需的劳动手段(施工机械、工具、临时设施)和劳动对象(材料、构配件)等的准备。物资准备是一项非常重要的工作,也是一项较为复杂而又细致的工作。

物资准备包括各种材料与机具设备的购置、采集、加工、调运与储存,劳动力配备以及生活后勤供应等。

### 1. 材料准备

由于建筑施工需消耗大量的材料,所以材料储备和运输是现场施工准备的重要内容。故材料的储运须满足一定的要求:

首先,应按工程进度分期分批进场。现场储备的材料多了会造成积压,并增加材料保管的负担,同时也占用了流动资金,而储备少了又会影晌正常生产,故材料储运应分批分期进行。

其次,做好现场保管工作,以保证材料的原有数量和原有的使用价值。

再次,现场材料的堆放应合理。现场储备的材料,应严格按照施工平面布置图的位置堆放,且应堆放整齐,标明标牌,以免混淆。此外亦应做好防水防潮及易碎材料的保护工

作。

对于外购和自采材料,在采集前应先通过试验鉴定,合格后方可进场。提前做好砂浆或混凝土配合比设计、墙背填料的击实试验等。

挡土墙用水泥应符合现行国家标准的规定,并应有生产厂家的品种、强度等级、日期、数量的证明及厂家的品质试验报告。运至工地后还应及时进行复检。一般水泥存放期为3个月,当存放3个月以上为过期水泥,强度将降低10%~20%,过期愈长,强度降低也愈大,如表4-5-6所示。因此,当超过生产期3个月或受潮时,须重新取样检验,以便掌握水泥活性,确定是否可用或按实际强度等级使用。

表 4-5-6 水泥强度依储存期不同的降低率参考值

储存时间(月)	3	6	12	18
强度降低率(%)	10~20	15~30	25~40	约 50

水泥受潮程度简易鉴别方法如表4-5-7所示,受潮水泥的处理和使用方法如表4-5-8所示。

表 4-5-7 水泥受潮程度简易鉴别法

序号	受潮程度分类	水泥外观	手感	相当于强度降低范围
1	未受潮或轻微受潮,但不影响使用	水泥新鲜,有流动性,肉眼观察水泥完全呈细粉状	用手掐碾无硬粒感	强度未降低,或降低不超过5%
2	开始受潮	水泥结有小球,但小球粒易散成粉末	用手掐碾无硬粒感	强度降低15%以内
3	受潮加重	水泥细度变粗,有大量小球粒和松块	用手捏碾,球粒成粉末,无硬粒	强度降低15%~20%
4	受潮较重	水泥结成粒状,有少量硬块,但块较松,容易击碎	用手捏碾,不能变成粉末,有硬粒	强度降低30%~50%
5	受潮严重	水泥中有许多硬粒硬块,而且难以压碎	用手捏碾不动	强度降低50%以上

表 4-5-8 受潮水泥的处理和使用方法

受潮程度	处理方法	使用方法
有松块、小球,可以捏成粉末,但无硬块	将松块、小球等压成粉末,使用时,加强搅拌	经试验后根据实际强度等级使用
部分结成硬块	筛去硬块,并将松块压碎	经试验后根据实际强度等级使用;用于不重要的工程,受力小的部位; 用于砌筑砂浆
硬块	将硬块压成粉末,掺入硬块质量的25%的新鲜水泥作强度试验	经试验后根据实际强度等级使用

注:受潮水泥不宜用于高强砂浆、混凝土和主要工程中。

水泥应按不同厂家、品种、强度等级进行分批分堆存放,防止日晒、风吹、受潮,不宜与其它化学药品、糖类及有挥发性物质混在一起。室外临时存放的水泥,支承底板应比原地面垫高 20~30cm,用苫布严密覆盖。室内储存库应设在较高地点,经常保持通风干燥,并且墙壁及地板要严密、防潮隔热水泥堆置不宜过高,以 10~12 袋为宜。水泥堆与墙面至少有 20cm 的间隔距离。水泥堆之间应留有 50~60cm 的人行通道。散装水泥必须采用适当的密闭仓储设备储存,以防止受潮变质、流失或污染环境。水泥材料应按进场日期先到先用。

钢筋应按类型、钢号、直径分别挂牌堆放,堆放高度应在地面以上 30cm,并加遮盖,避免锈蚀和污染。存放时应应对钢筋外表的缺陷进行检查,发现有严重锈蚀、麻坑、劈裂、夹砂等,要作明显标记,并加以剔除。

每批钢筋进场,均应做拉力、冷弯、可焊性等试验,如不符合要求,则应加倍取样再做试验,如其中仍有一根不合格,这批钢筋可不予验收或根据试验结果降低等级使用。对经检验合格用于锚杆、拉杆、拉筋等的钢筋,应分别配套加工制作,并进行除锈和防锈处理、刷防锈漆两遍,存放在通风干燥之处,覆盖严密,禁止日晒雨淋。

## 2. 预制构件准备

包括各种预制混凝土和钢筋混凝土构件、金属构件、水泥制品等。这些构件均要在图纸会审后立即提出预制加工单。大型构件在现场预制时,应做好场地规划与底座施工,并提前加工预制。

## 3. 施工机具准备

包括施工中确定选用的各种土方机械、混凝土和砂浆搅拌机械、垂直及水平运输机械、吊装机械、动力机具、钢筋加工机械、木工机械、焊接机械、打夯机、抽水设备等等。应提前制订机械使用计划,以便平衡落实。如需租赁,也应提前签约准备。

## 4. 模板及架设工具准备

模板和架设工具,属施工中的周转材料。模板宜采用通用化组合式钢模板,支撑宜采用钢管脚手。当采用木模板时,应根据模板设计要求和原则提前加工准备。

大钢模一般要求立放,并防止倾倒,在现场也应规划出必要的存放场地。钢管脚手、毛竹脚手、桥式脚手、吊栏脚手等,都应按指定的平面位置堆放整齐,扣件等零件还应防雨,以免锈蚀。

# 六、施工现场准备

工程开工前,一定要做好现场的各项施工准备工作。施工现场的准备应按施工组织设计的要求和安排进行。其主要内容为“三通一平”、测量放线及临时设施的搭设等。

## 1. 现场“三通一平”工作

在建设工程的用地范围内,平整施工场地,接通施工用水、用电和道路,这项工作简称为“三通一平”。

### (1) 平整施工场地



施工现场的平整工作。首先通过测量,计算出挖土及填土的数量,设计土方调配方案,组织人力或机械进行平整工作。

清理挡土墙范围内的场地,铲除有机质和树根草丛,挡土墙两端清理范围应适当延长,并碾压平整,合理布置堆料场和施工现场。路堑挡土墙内侧边坡应清刷整齐,干净,并注意保持边坡的稳定性。在受地表积水和地下水影响的土质不良地段,开工前应在墙趾外围开挖排水沟等排水设施。

当作业面有积水时,必须排除积水。通常采用小型排水系统(如排水沟或抽水机)强制排水,为机械施工创造良好的作业条件。

### (2)修通道路

施工现场的道路,是保证施工期间工地与外界的正常交通和组织大量物资进场的运输动脉,为了保证建筑材料、机械、设备和构件早日进场,必须先修建临时交通道路。修建临界道路时应遵循以下原则:

- ①应以最短路径通往主体工程施工场所,并连接主干道路,使内外交通畅行;
- ②充分利用原有道路,对不满足使用要求的原有道路,应尽量在原有基础上改建,以节约投资和减少施工准备时间;
- ③尽量避开洼塘水地和河流,不建或少建临时桥梁;
- ④因地制宜,充分利用现场地形、地物,就地取材,节约投资。

### (3)水通

施工现场的水通,包括给水和排水两个方面。施工用水包括生产与生活用水,其布置应按施工总平面图的规划进行安排。施工给水设施,应尽量利用永久性给水线路。临时管线的铺设,即要满足生产用水点的需要和使用方便,也要尽量缩短管线。选择施工用水时应考虑以下因素:

- ①水量充足可靠;
- ②取水、输水等设施安全经济;
- ③施工与运输管理及维护方便;
- ④生产用水与生活饮用水应符合水质标准。

施工现场的排水也是十分重要的,尤其在雨季。如果排水存在问题,将会影响运输和施工的顺利进行,因此,需要做好有组织的排水工作。

### (4)电通

保证施工用电和生活用电。生活用电主要是照明用电,施工用电包括施工设施用电、主体工程施工用电及其它临时设施用电。

根据各种施工机械用电量及照明用电量,计算选择配电变压器,并与供电部门联系,按施工组织设计的要求,架设好连接电力干线的工地内外临时供电线路。应注意对建筑红线内及现场周围不准拆迁的电线、电缆加以妥善保护。此外,还应考虑到因供电系统供电不足或不能供电时,为满足施工工地的连续供电要求,应考虑使用备用发电机。

工地临时供电设施配置的主要任务是确定用电量及其分布,选择电源,设计供电系统。其中用电量分动力用电量和照明用电量。并考虑施工中用电高峰所需的最高数量。电源应尽量使用外供电,没有或不能使用外供电时,才考虑自发电。

除上述“三通一平”外,还应保证通信的方便,因此应架设电话等通信设施,以便及时联系工作。特别是施工出现特殊情况时,减少由于交通或通信不便给工程施工带来的损失和贻误。

## 2. 临时设施搭设

各种生产、生活用的临时设施,包括各种仓库、混凝土搅拌站、预制构件场、机修站、各种生产作业棚、办公用房、宿舍、食堂、文化生活设施等等,均应按批准的施工组织设计规定的数量、标准、面积、位置等要求组织修建。大、中型工程可分批分期修建。

施工设施用房的一般要求:布置紧凑,便于管理,充分利用非耕地,尽量利用施工现场或附近已有的建筑物。必须修建的临时房屋,应以经济、实用为原则。

## 3. 施工放样

开工前应精确测定挡土墙堵墙址处路基中心线及基础主轴线、墙顶轴线、挡土墙起讫点和横断面,每根轴线均应以四个桩点在基线两端延长线上予以固定(每端两点),并分别以素混凝土包封保护。

路基中轴线应加密桩点,一般在直线段每 15~20m 设一桩,曲线段每 5~10m 设一桩,并应根据地形和施工放样的实际需要增补横断面。

放桩位时,应测定中心桩及挡土墙的基础地面标高,临时水准点应设置在施工干扰区之外,测施结果应符合精度要求并与相邻路段水准点相闭合。高速公路和一级公路水准点闭合差为  $\pm 20 \sqrt{L}(\text{mm})$ (其中  $L$  为水准路线长度,以 km 计);二级公路及二级以下公路闭合差为  $\pm 30 \sqrt{L}(\text{mm})$ 。

构造物定位放线是确定整个工程平面位置的关键环节,施测中必须保证精度,杜绝锚误,否则其后果将难以处理。构造物的定位、放线,一般通过设计定位图中平面控制轴线来确定构造物的四廓位置。测定后经自检合格后,提交有关技术部门和监理人员验线,以保证定位的准确性。

# 七、施工场外准备

施工准备除了要进行施工现场内技术经济、物资和环境的准备外,还要做好施工现场外部的准备工作。主要内容有:

## 1. 做好分包工作和签订发包合同

由于施工单位本身的力量所限,有些专业工程的施工、安装和运输等均需要向外单位委托,因此,应选择好分包单位。根据工程量、完成日期、工程质量和工程造价等内容,与分包单位签订分包合同,并控制其保质保量按时完成。

## 2. 创造良好的施工外部环境

施工是在规定的地点进行的,必然要与当地的有关部门和单位打交道,并应服从当地政府部门的管理。因此,应积极与有关部门和单位取得联系,办好有关手续,为正常施工创造良好的外部环境。

## 3. 做好外购材料及构配件的加工和订货

建筑材料、部分预制构件需外购,部分机械设备也需购置,因此,应及早与供应单位签订供货合同,并督促按时供货。

## 第四节 影响质量因素的控制

影响工程质量的因素主要有“人、材料、机械、方法和环境”等五大方面。因此,事前对这五方面的因素进行严格的控制,是保证工程建设项目的施工阶段质量的关键。

### 一、人的控制

人是指直接参与工程施工的组织者、指挥者和操作者。人作为控制对象,应避免产生失误,作为控制动力,应充分调动人的积极性,发挥“人的因素第一”的主导作用。

为了避免人的失误,调动人的主观能动性,达到以工作质量保工序质量、促工程质量的目的,除了加强政治教育、劳动纪律和职业道德教育、专业技术知识培训、健全岗位责任制、改善劳动条件、公平合理的激励等以外,还需根据工程特点,从确保工程质量出发,本着适才适用、扬长避短的原则来合理控制人的使用。

在工程施工质量控制中,应从以下几方面来考虑人的素质对质量的影响。

#### 1. 人的技术水平

人的技术水平、操作技能直接影响施工质量,因此,一些主要技术工种和岗位上的施工人员,例如混凝土工(钢筋工、模板工、各类机械工人等都须经技术培训取得岗位证书,而且还须具备一定的施工经验和熟练的操作技能。如果是定位放线、工序检查验收等工作,必须有专业技术人员亲自来做,并由主管技术工程师核对把关、签字认可。

#### 2. 人的质量意识

人的质量意识是指对工程质量的重视程度,为保证工程质量应加强施工人员、技术人员、管理人员的职业道德教育,加强全员质量意识,增强工作责任心。

同时,应健全岗位责任制,建立工班自检,工序交接互检,专职质检员统检的施工企业内部自检体系。各工序间的衔接、隐蔽工程等,均在自检的基础上,提出原始记录、实测资料,做到数据齐全、准确和真实可靠,工程质量必须经过主管工程师的检查认定。

#### 3. 人的生理缺陷

根据工程施工的特点和环境,应严格控制人的生理缺陷,如有高血压、心脏病的人不能从事高空作业和地下作业;反应迟钝、应变能力差的人不能操作快速运行、动作复杂的机械设备;视力、听力差的人不宜参与校正、测试或用信号、旗语指挥的作业等。否则,将会影响工程质量,引发安全或质量事故。

#### 4. 人的心理行为

由于人要受社会、经济、环境条件和人际关系的影响,也要受组织纪律和管理制度的

制约,因此,人的劳动态度、注意力、情绪、责任心等在不同地点、不同时期也会有所变化。所以,对某些需确保质量万无一失的关键工序的操作,一定要控制人的思想活动,稳定人的情绪。

### 5. 人的错误行为

人的错误行为,是指人在工作场地或工作中吸烟、打赌、错视、错听、误判断和误动作等,这些行为都会影响质量或造成质量事故。所以,对具有危险源的现场作业,应严禁吸烟、嬉戏;当进入强光或暗环境对工程质量进行测试时,应经过一定时间,使视力逐渐适应强光(或弱光)照度的改变,然后才能正常工作,以免发生错视;在不同的作业环境,应采用不同的色彩、标志,以免产生误判断或误动作;对指挥信号,应有统一明确的规定,并保证畅通,避免噪音的干扰,这些措施均有利于预防发生质量和安全事故。

总之,应严格禁止无技术资质的人员上岗操作;对不懂装懂、图省事、碰运气、有意违章等行为,必须及时制止。在使用人的问题上,应从政治素质、业务素质、身体素质等方面综合考虑,全面控制。

## 二、材料、构配件的质量控制

材料及构配件是工程施工的物质条件,没有材料就无法施工;材料质量是工程质量的基础,材料质量不符合要求,工程质量也就不可能符合标准。所以,加强材料的质量控制,是提高工程质量的重要保障。

### 1. 材料质量控制要点

(1)冰泥、钢材、构件等主要外购材料进场时必须具备正式的出厂合格证和材质化验单,否则不准进入工地现场。同时对进场的材料要分批、分出厂时间进行抽检复查。

(2)工程中所有各种构件必须具有厂家批号和出厂合格证。钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土构件,均应按规定方法进行抽样检验。由于运输安装等原因出现的构件质量问题,应进行分析研究,且采取措施处理后方能使用。

对委托外加工的拉杆螺丝端杆、钢垫板等,须进行机械性能和材质方面的质量检验,对于受力钢筋和拉杆的焊接须进行拉力试验,经确认后方能投入使用。

(3)自采加工材料的质量必须满足相应的规定要求。

(4)混凝土配合比设计、水泥砂浆配合比设计、墙背填土的标准击实试验等,所采用水泥、砂、水、土等材料,都必须按有关试验规程规定的方法取自现场材料,与施工实际所用材料保持一致,否则,这些配合比、击实标准不能用于施工。

(5)要使施工人员对施工准备使用材料的性能、质量标准、适用范围必须充分了解清楚,慎重选用,严禁乱用、错用。例如三乙醇胺不能用作抗冻剂;碎石或砾石中含有不定形二氧化硅时,将会使混凝土产生碱—骨料反应等,均会使质量受到影响。

### 2. 材料质量控制内容

材料质量控制的内容主要有:材料的质量标准,材料的性能,材料取样和试验方法,材料的适用范围和施工要求。

### (1)材料质量标准

材料质量标准是用以衡量材料质量的尺度。不同的材料有不同的质量标准,如水泥的质量标准有:

①细度。在 0.08mm 方孔标准筛上的筛余量不超过 15%。

②标准稠度用水量。指在用试锥下沉深度为 $(28\pm 2)$ mm 时的净浆用水量,用以测定水泥的凝结时间和体积的安定性。

③凝结时间。初凝时间不得早于 45min,终凝时间不得迟于 12h。实际上,国产水泥初凝时间为 1~3h,终凝时间为 5~8h。

④体积安定性。要求游离氧化镁含量不得超过 5%,二氧化硫含量不得超过 3.5%,其体积安定性良好。

⑤强度。用软练法测试其抗折、抗压强度,其强度应符合要求。

水泥的质量标准反映了水泥质量的好坏。水泥颗粒越细,水化作用越充分,强度就越高;初凝时间过短,不能满足施工有足够的操作时间,初凝时间过长,又影响施工进度;安定性不良,会引起水泥石开裂,造成质量事故;达不到强度等级要求,会危害结构的安全。为此,对水泥的质量控制,就是要检验水泥是否符合质量标准。

### (2)材料质量的检(试)验

材料质量检验的目的,是通过一系列的检测手段,将所取得的材料质量数据与材料的质量标准相比较,借以判断材料质量的可靠性及材料能否用于工程施工中,同时,还有利于掌握材料质量信息。

材料质量的检验方法有书面检验、外观检验、理化检验和无损检验等四种。书面检验是指对材料质量保证资料、试验报告等进行审核,取得认可方能使用;外观检验是指从品种、规格、标志、外形尺寸等进行直观检查;理化检验是借助试验设备、仪器对材料样品和化学成分、机械性能等进行科学的鉴定;无损检验是在不破坏样品的前提下,利用超声波、X 射线、表面探伤等仪器进行检测。

材料质量的检验项目分:“一般试验项目”,为通常进行的试验项目;“其它试验项目”,为根据需要进行的试验项目。表 4—5—9 列出了几种常用材料的检验项目。

表 4—5—9 材料检验项目

序号	材料名称	一般检验项目	其它检验项目
1	水泥	强度等级、安定性、凝结时间	标准稠度用水量
2	钢筋	屈服强度、延伸、冷弯	冲击韧性、化学成分、硬度、疲劳强度
3	焊条	极限强度、延伸、冲击韧性	化学成分
4	砂	级配、含泥量	
5	石	级配、含泥量	

材料质量检验的取样必须有代表性,即所采样品的质量应能代表该批材料的质量。在采取试样时,必须按规定的部位、数量及采选的操作要求进行。现举例说明几种材料的取样方法:

①水泥:以同一工厂生产的同一品种和等级,数量不超过 400t 为一批,从一批水泥中选取平均试样 20kg,从 20 袋水泥中或 20 处(散装水泥)各取 1kg。

③冷拉钢筋:按同一品种、尺寸分批。当直径 $\geq 14\text{mm}$ 时,每批质量不大于 20t。在每批中,从不同的 3 根钢筋上各取一个拉力试样和冷弯试样。

③砂、石:以产地、规格相同的  $200\text{m}^3$  为一批,不足  $200\text{m}^3$  者亦为一批。做品质鉴定时,取砂 30~50kg。做配合比时,根据需要增加,从料堆上取样时,在均匀分布的不同部位(顶部、中部、底部)抽取数量大致相同的 8 分砂或 15 分石子,试验用量按四分法缩分提取。

④砌筑砂浆:按  $250\text{m}^3$  砌体取样,每一种强度等级的砂浆做一组强度试验。

总之,材料的检验取样应按规定进行,若无明确规定,可按随机抽样法、二次抽样法、分层抽样法等方法取样。

(3)材料抽样检验的判断

抽样检验一般适用于对原料、半成品的质量鉴定。由于产品数量大或检验费用高,不可能对产品逐个进行检验,只能采取抽样检验。通过抽样检验,可判断整批产品是否合格。抽样检验判断的基本原理可以用图 4—5—19 表示。图中, $N$  为一批产品数量(即批量), $n$  为从批量中随机抽取的样本数; $d$  为抽出样本中不合格品数; $c$  为抽样中允许不合格品数(或称合格判定数)。若  $d \leq c$ ,则认为该批产品合格,可以接受;若  $d > c$ ,则说明该批产品不合格,应拒绝接收。

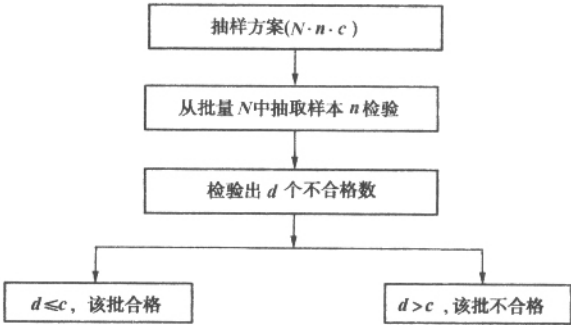


图 4—5—19 抽样检验判断原理

(4)材料的选择和使用要求

材料的选择不当和使用不当,均会严重影响工程质量或造成质量事故。为此,必须针对工程特点,根据材料的性能、质量标准、适用范围和对施工要求等方面进行综合考虑,慎重地选择和使用材料。

例如储存期超过三个月的过期水泥或受潮、结块的水泥,需重新检定其等级,并且不允许用于重要工程中;不同品种、等级的水泥由于水化热不同,故不能混合使用;硅酸盐水泥、普通水泥因水化热大,适宜用于冬期施工,而不适宜用于大体积混凝土工程;矿渣水泥适用于配制大体积混凝土和耐热混凝土,但具有泌水性大的特点,易降低混凝土匀质性和抗渗性,因此,在施工时必须加以注意。

### 三、机械设备的控制

施工机械设备是实现施工机械化的重要物质基础,是现代化工程建设中必不可少的工具,对工程项目的施工进度和质量均有直接影响。为此在工程施工阶段,必须综合考虑现场条件、结构物形式、机械设备性能、施工工艺和方法、施工组织与管理、技术经济等各种因素制订机械化施工方案。使之合理装备,配套使用、有机联系,以充分发挥机械设备的效能,力求获得较好的综合经济效益。从保证工程施工质量角度出发,应着重从机械设备的选型、机械设备的主要性能参数和机械设备的使用、操作要求等三方面加以控制。

#### 1. 机械设备的选型

机械设备的选择,应本着因地制宜、因工程制宜,按照技术上先进、经济上合理、生产上适用、性能上可靠、使用上安全、操作和维修上方便等原则,贯彻执行机械化、半机械化与改良工具相结合的方针,突出机械与施工相结合的特色,使其具有工程的适用性,具有保证工程质量的可靠性,具有使用操作的方便性和安全性。如从适用性出发,正铲挖土机只适用于挖掘停机面以上的土体;反铲挖土机则适用于挖掘停机面以下的土体;而抓铲挖土机则最适宜于水中挖土。又如预应力张拉设备,根据锚具的形式,从适用性出发,对于拉杆式千斤顶,只适用于张拉单根粗钢筋的螺丝端杆锚具、张拉钢丝束的锥形螺杆锚具或DM5A型墩头锚具;锥锚式千斤顶,则适用于张拉钢筋束和钢绞线束的KT-Z型锚具,或张拉钢丝束的锥型锚具。从保证质量和可靠地建立预应力值出发,则必须使千斤顶的张拉力大于张拉程序中所需的最大张拉值,且对千斤顶和油表一定要定期配套校正、配套使用,在使用中,若千斤顶漏油严重,油表指针不能回到零,发生连续断筋,更换新油表时,均须重新校正。

此外,根据混凝土浇筑量大小,选用现场拌和机还是集中拌和站拌和的设备;电焊机是否适应构件焊接的要求,压实机具是否满足墙后填土不同部位工序的特殊需要,振捣机具类型能否适应墙体立测振捣工艺要求等。从可靠性角度出发,墙体混凝土需连续浇筑施工,因此,混凝土施工的主要设备是否满足需要,备用机具是否完好、可靠;供电不保证的情况下,是否配备了备用发电机组;试验检测设备是否经过校验等。从操作方便、安全出发,则易选用体积小、质量轻、移动灵活的机具,比如墙体混凝土振捣机具应选用满足功率要求的振动棒。因此,机具设备选型的控制,它有两方面的要求:一是型方面的二是量方面的,缺一不可,应予严格控制。

#### 2. 机械设备的主要性能参数

机械设备的主要性能参数是选择机械设备的依据,要能满足施工需要和保证质量的要求。机械设备的主要性能参数控制,主要是从机具性能参数上控制其必须满足施工程序和质量标准的要求。如压实机械的压实功能必须满足填土压实度的要求等,这方面主要通过施工程序、工艺要求的质量标准来控制。

又如打桩机械的选择,实质上就是对桩锤的选择,首先要根据工程特点(土质、桩的种类、施工条件)确定锤的类型,然后再定锤的质量。而锤的质量必须具有一定的冲击能,应

使锤的质量大于桩的质量,当桩重大于 2t 时,锤的质量也不能小于桩重的 75%。这是因为,锤重则落距小,“重锤低击”,锤不产生回跃,不至于损坏桩头,桩入土快,能保证打桩质量;反之,“轻锤高击”,锤易回跃,易打坏桩头,桩难以打入土中,不能保证打桩质量。

### 3. 机械设备的使用、操作要求

合理使用机械设备,正确进行操作,是保证工程施工质量的重要环节。应贯彻“人机固定”原则,实行定机、定人、定岗位责任的“三定”制度。操作人员必须认真执行各种规章制度,严格遵守操作规程,防止出现安全质量事故。例如,起重机械,应保证安全装置(行程、高度、变幅、起负荷限位装置、其它保险装置等)齐全可靠;并要经常检查、保养、维修,使运转灵活;操作时,不准机械带“病”工作,不准超载运行,不准负荷行驶,不准猛旋转、开快车,不准斜牵重物等。而对吊装的结构和构件,还应事先进行吊装验算,合理地选择吊点,正确绑扎,使构件在吊装过程中保持平衡,不致因吊装受力过大而使结构遭到损害。又如,用插入式振动器振捣混凝土时,应按“直上直下、快插慢拔、插点均布、切勿漏插、上下抽动、层层扣搭、时间掌握好、密实质量佳”的操作要点进行操作。

## 四、施工方案的控制

施工方案正确与否,是直接影响工程项目的进度控制、质量控制、投资控制三大目标能否顺利实现的关键。往往由于施工方案考虑不周而拖延进度,影响质量,增加投资。为此,施工方案的控制应通过施工组织计划的制订和落实来实现。在制订和审核施工方案时,必须结合工程实际,从技术、组织、管理、经济等方面进行全面分析、综合考虑、确保施工方案在技术上可行,在经济上合理,有利于提高工程质量。