

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

P

MH/T××××—202×

民用机场填海工程技术规范

Technical Specification for Marine Reclamation Engineering of Airport

(征求意见稿)

202×—××—××发布

202×—××—××实施

中国民用航空局 发布

中华人民共和国行业标准

民用机场填海工程技术规范

Technical Specification for Marine Reclamation Engineering of Airport

MH/T××××—202×

(征求意见稿)

主编部门：中国民航机场建设集团有限公司

参编单位：北京新机场建设指挥部

北京中企卓创科技发展有限公司

民航机场规划设计研究总院有限公司

建设综合勘察研究设计院有限公司

中交公路规划设计院有限公司

中国铁道科学研究院深圳研究设计院

中交第四航务工程勘察设计院有限公司

上海港湾基础建设（集团）有限公司

民航机场建设工程有限公司

批准部门：中国民用航空局

施行日期：202×年×月×日

中国民用航空局

公告

202×年第×号

中国民用航空局关于发布 《民用机场填海工程技术规范》的公告

现发布《民用机场填海工程技术规范》MH/T××××-202×，
自××××年×月×日起施行。

本标准由中国民用航空局机场司负责管理和解释，由××××
出版社出版发行。

中国民用航空局

202×年×月×日

前 言

为了适应填海机场建设的需要，规范机场填海工程技术标准，受中国民用航空局机场司委托，编制本规范。编制组深入调研，认真总结和吸收了多年来我国填海机场工程建设经验，在编写过程中参考了国内外有关技术规范和资料，经广泛征求意见和多次专家审查，并反复讨论和修改后定稿。

本规范的主要技术内容包括 10 章：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.建设条件调查与勘察；5.海堤设计；6.陆域形成设计；7.场地地基处理设计；8.工程施工；9.工程质量检测与监控；10.工程监测。

本规范为推荐性民航行业标准，由中国民用航空局机场司负责管理，由中国民航机场建设集团有限公司负责日常管理和具体技术内容的解释。

本规范为首次编制，请各有关单位在实践中注意积累资料，总结经验，将发现的问题和修改意见、建议即时函告中国民航机场建设集团有限公司科技信息部（地址：北京市朝阳区北四环东路 111 号，邮政编码：100101），以便修订时参考。

本规范主编单位：中国民航机场建设集团有限公司

本规范参编单位：北京新机场建设指挥部

北京中企卓创科技发展有限公司

民航机场规划设计研究总院有限公司

建设综合勘察研究设计院有限公司

中交公路规划设计院有限公司

中国铁道科学研究院深圳研究设计院

中交第四航务工程勘察设计院有限公司

上海港湾基础建设（集团）有限公司

民航机场建设工程有限公司

本规范主要起草人员：

本规范主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	1
2.1 术语	1
2.2 符号	1
3 基本规定	2
4 建设条件调查与勘测	6
4.1 一般规定	6
4.2 资料收集	6
4.3 填海海域测量	8
4.4 填海海域勘察	10
4.5 料源调查与勘测	11
5 海堤设计	13
5.1 一般规定	13
5.2 技术标准与设计计算	15
5.3 斜坡式海堤设计	17
5.4 直立式海堤设计	18
6 陆域形成设计	21
6.1 一般规定	21
6.2 场区高程与排水	22
6.3 分隔围堰	24
6.4 填筑设计	26
7 场地地基处理设计	32
7.1 一般规定	32
7.2 沉降分析	33
7.3 地基处理试验	34
7.4 地基处理设计	36
8 工程施工	42
8.1 一般规定	42
8.2 施工组织	42

8.3	海堤施工	44
8.4	陆域形成施工	45
8.5	场地地基处理施工	49
8.6	绿色施工	51
9	工程质量检测与监控	53
9.1	一般规定	53
9.2	海堤工程质量检测	53
9.3	陆域形成质量检测	54
9.4	地基处理质量检测	56
9.5	工程监控	57
10	工程监测	60
10.1	一般规定	60
10.2	监测系统设计与实施	60
10.3	监测分析与反馈	62
	附录 A 民用机场工程填料分类	64
	本规范用词用语说明	66
	规范性引用文件	67

1 总则

1.0.1 为提升机场填海工程设计、施工的技术水平和工程质量，规范民用机场填海工程的勘测、设计、施工、检测与监测，本着安全适用、技术可靠、经济合理、节约资源和保护环境的原则，制定本规范。

【条文说明】填海机场，即是在海域通过填筑方式形成的陆域上建成的机场。

随着我国经济社会的发展，土地资源的大量开发，可利用的土地资源日渐缺少，在沿海地区的机场建设，“下海”已成为选择之一。继我国厦门高崎机场、上海浦东机场、香港机场、澳门机场等填海机场建设并运行后，目前已有新的填海机场陆续进入规划与建设阶段。

填海机场除包含一般机场的工程（专业）外，还涉及海洋水文（潮汐、海浪等）、水工建筑物（海堤、护岸等）、地基处理和陆域形成等。填海机场一般具有占海域面积大、软土深厚、填筑材料多样且工程量巨大等特点，以及由此带来的场地稳定、地基与填筑体沉降、水工建筑物稳定与强度等问题。目前，我国尚缺乏填海机场的技术标准。为规范、指导机场填海工程，研究并编制《民用机场填海工程技术规范》是非常必要的。

《民用机场填海工程技术规范》总结了已有机场填海工程以及相关行业工程研究、建设实践经验，针对填海机场的特点和要求，特别是填海机场的水工建筑物、地势标高与防浪（潮）排涝的关系，提出有针对性的要求和技术指标。本规范重点针对机场功能分区建设要求，对填海陆域形成按场地区提出填料、填筑等技术要求；根据机场规划、料源和海域环境条件，研究机场建设和填海工程实施间的关系，提出填海实施要求；根据机场建设时序，结合陆域形成工程，对软土土层和陆域形成填筑体的沉降分析提出要求；结合机场功能分区和陆域形成工法特点，对软弱土层处理和陆域形成后的地基处理提出技术要求；提出与地基处理、填筑工法相适应的检测和监测要求。

制定本规范的目的，是适应民用机场填海工程技术发展和工程管理的需要，统一民用机场填海工程的勘测、设计、施工、检测和监测技术标准，满足机场安全使用要求，做到技术先进、经济合理、节约资源和保护环境。

编制本规范，主要是针对现有标准不能满足民用机场填海工程建设专业性和系统性要求的现状，从根本上解决民用机场填海工程没有行业规范可依的问题。因此，本规范试图协调和处理国家海洋管理法律法规、相关海洋工程技术标准和民航行业标准《民用机场勘测规范》（MH/T5025）、《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T5027）和《民用机场高填方工程

技术规范》(MH/T5035)的关系。《民用机场勘测规范》对挖方区土石材料性质提出了原则性规定;《民用机场岩土工程设计规范》对机场场地进行了分区并提出相应设计标准,对填海工程专项设计提出了原则要求;《民用机场高填方工程技术规范》对填料分类进行了规定,并据此对填筑工法的选择提出了指导性意见。编制本规范,是在遵循既有规范的基础上,重点提出填料性质、填筑工法、地基处理方法与机场场地分区相结合的思路,并对填海工程的勘测、设计、施工、检测和监测作出专业性和系统性的规定。

1.0.2 本规范适用于新建和改(扩)建民用机场(含军民合用机场民用部分)的填海工程。

1.0.3 民用机场填海工程应统筹考虑机场功能需求、防潮、防洪、水资源利用、工程造价与运行成本等影响因素,实现填海机场整体效能最优化。

【条文说明】由于填海机场临海建设,在机场运行过程中必然面临着防潮、防洪等问题,为了确保机场的安全运行,需要合理确定机场陆域形成高程、机场排水模式,前者涉及填海工程造价,后者涉及机场运行期间的成本。因此,需要综合考虑机场填海工程造价、运行成本及其它相关因素,统筹规划,建设、运行整体经济合理。

1.0.4 民用机场填海工程应满足环境保护、地质灾害防治、水土保持、海事管理等要求。

【条文说明】由于民用机场填海工程用海面积大、工程土石方量大,在水上料源开采、运输和填筑过程中会对海域环境、航道造成一定的影响,或在陆上料源开采中形成边坡而可能产生地质灾害、水土流失等问题,故条文强调机场填海工程应重视环境保护,防止地质灾害和水土流失的发生,同时满足海事管理要求。

1.0.5 机场填海工程应满足平安、绿色、智慧、人文机场建设要求。

1.0.6 机场填海工程除应符合本规范的规定外,尚应符合国家、行业及地方现行有关技术标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 填海工程 Marine Reclamation Engineering

在淤积型潮滩岸段或河口地区，建设围堰框围一定范围，利用潮汐带来的泥沙淤积形成陆地或在海堤框围的海域内填筑沙石等材料形成陆域的工程。

2.1.2 海堤 Sea Dike

为防御风暴潮水和波浪对防护区的危害而修筑的堤防工程，可分为斜坡式海堤、直立式海堤和混合式海堤。

2.1.3 水工建筑物 Hydraulic Structure

指为阻挡海水入侵、减免水害而修建的承受水和波浪作用的建筑物，包括各种闸、泵站和海堤等。

2.1.4 护岸 Bank Protection Works

为防止岸滩冲蚀而修建的防护工程。

2.1.5 陆域形成 Land Formation

在规定界线以内的海（水）域，通过吹填或填筑并达到设计标高形成陆域的活动。

2.1.6 吹填 Hydraulic Fill

用挖（吸）泥船通过泥浆泵和管道将含有大量水分的泥砂输送到海岸等指定区域的活动。

2.1.7 越浪量 Overtopping Discharge

波浪水体越过堤顶的单宽流量。

2.1.8 允许越浪量 Permissible Overtopping Discharge Limit

在设计条件下，允许越过堤顶的单宽流量。

2.1.9 设计高潮（水）位 Design High Water Level

设计重现期相对应的高潮（水）位值，即高潮累计频率 10% 的潮位或历时累计频率 1% 的潮位，为观测统计值。

2.1.10 设计低潮（水）位 Design Low Water Level

设计重现期相对应的低潮（水）位值，即低潮累计频率 90% 的潮位或历时累计频率 98%

的潮位，为观测统计值。

2.1.11 极端高水位 Extreme High Water Level

重现期为 50 年的年极值高水位，为观测极值。

2.1.12 极端低水位 Extreme Low Water Level

重现期为 50 年的年极值低水位，为观测极值。

征求意见稿

2.2 符号

H_R ——陆域形成场地设计高程；

H_S ——机场工程地面设计高程；

Δh ——原地基土、填筑材料自身以及由于地基加固沉降所需的预留高度；

H_b ——陆域形成后，为达到机场工程地面设计高程需要增加的填方高度、结构高度或需要卸载的土方高度；

H ——围堰顶高程；

H_c ——预留沉降量；

H_a ——安全超高；

V ——吹填设计工程量；

V_1 ——填筑容积量；

Δ_1 ——因原地基沉降而增加的工程量；

ΔV_2 ——超填工程量；

P ——填筑料进入吹填区后的流失率。

3 基本规定

3.0.1 机场填海工程应根据机场总体规划、机场场地分区和所在海域开发规划等进行勘察、设计和施工。

3.0.2 机场填海工程应根据机场总平面规划和填海工程特点，按表 3.0.2 进行场地分区。

表 3.0.2 机场填海工程场地分区

分 区	范 围
飞行区道面影响区	道肩两侧各外延不小于 3m 的范围，在外延线处以不小于 1:0.6 向道肩外侧斜投影至海底面的范围
飞行区土面区	飞行区内道面影响区以外的区域
航站区	航站区用地的投影范围
工作区	工作区用地的投影范围
预留发展区	预留发展区用地的投影范围
海堤稳定影响区	根据海堤稳定性计算分析成果确定

3.0.3 机场填海工程设计、施工前，应对工程现场、水文条件、环境条件及料源地等进行调查。

3.0.4 机场填海工程地基应稳定，海堤等水工建筑物应坚固和稳定，陆域形成的填筑体应满足机场各功能区的建设要求。

【条文说明】一般而言，海底地形地貌较为复杂，存在海底冲刷深槽、古河道、软弱土层以及可能的砂土液化层等潜在灾害地质因素，同时机场填海工程所用填料多样且工程量巨大，并面临海上风浪和潮水冲击，由此带来填海工程场地稳定、水工建筑物稳定，以及原地基软弱土层与填筑体沉降、差异沉降等问题。因此，机场填海工程应保证场地稳定、水工建筑物坚固和稳定、陆域形成填筑体的变形和强度满足各功能区的建设要求。

3.0.5 机场填海工程应根据场地分区、填料分类和海域环境等条件，因地制宜，节约资源。

【条文说明】由于机场填海工程面积大、场地分区多，陆域形成所需填料量大、性质复杂，且多受海域环境影响，较陆地机场建设涉及更多、更复杂的因素。本条文强调应综合考虑机场场地分区建设要求、海域环境以及填料性质等，做到因地制宜、节约资源。

3.0.6 机场填海工程应根据机场场址所在海域环境条件、填海工程特点等，研究填海过程中以及机场建成后对海洋水动力环境、海洋生物、海水交换和海底地形地貌的影响，制定填海工程用海生态型建设方案。

【条文说明】机场填海工程一般规模较大,属于区域性填海类,且多位于海岸带或近岸海域。机场填海工程对海洋环境资源的影响主要集中在近岸海域水文动力改变、海域生态系统和渔业资源受损、湿地景观被破坏和水质下降等。为降低机场填海工程对海洋环境的影响,需要通过多学科、多专业的充分研究与论证,采取系统性、综合性的生态用海和生态修复措施,最大程度地减少填海工程对海洋资源和海洋生态系统的影响。

填海工程用海生态建设方案应与填海工程统一规划、同步设计,在可行性研究、工程设计阶段应同步设计工程生态建设内容,分析论证生态建设措施的合理性和可行性,明确生态建设内容和空间布局方案。

3.0.7 机场填海工程应根据填海工程对海事、景观的影响,制定相应工程方案。

3.0.8 机场填海工程设计指标应符合《民用机场岩土工程设计规范》(MH/T 5027)对不同场地分区指标的规定。

3.0.9 机场填海工程勘测方案应根据机场工程性质、规模和环境条件等确定,并符合下列要求:

- 1 对大型机场填海工程或复杂海域,可分为初步勘察、详细勘察等阶段;
- 2 对海堤等水工建筑物区域进行专项勘察;
- 3 对料源区进行专项勘察;
- 4 陆域形成前,应根据机场各功能区对地基的要求开展专项勘察;
- 5 陆域形成后,可根据机场各功能区的建设要求、相关技术标准以及设计要求开展专项试验检测或补充勘察。

【条文说明】机场填海工程中面临的海域环境条件比较复杂,海底可能存在分布复杂、含水量特别大的流泥(流动性淤泥,含水量>85%)、软弱土层等,对地基处理、陆域形成方案的确定和投资有重要的影响,应重点进行勘察。

对于填海工程所用填料,可能来自陆地开采的土石混合料,亦可能来自吹填砂(土),其性质、储量对填筑工法的选择和陆域形成后的地基处理将产生重要影响,是勘察工作的主要内容。

在机场填海的陆域形成过程中,由于填料的复杂性和填筑工法的限制,陆域形成后的填筑体作为建筑地基一般不能直接满足机场各功能区的建设要求,往往需要进行地基处理,如吹填后的堆载预压、振动挤密、强夯加固等。为了给陆域形成后的地基处理设计提供依据,需要依据相关技术标准和设计要求开展勘察或专项试验检测。

3.0.10 机场填海工程周界形态、海堤等水工建筑物类型与安全等级,应根据机场等级、海

洋环境条件和工程地质条件等确定。

【条文说明】海堤等水工建筑物是保护海上机场安全的屏障。为了抵御海水入侵，海堤等水工建筑物一般高于机场跑道。水工建筑物的安全问题，不仅关系到其自身的安全，而且直接影响到机场的安全。为了确保海堤等水工建筑物和机场设施的安全，应在详细分析机场所在海域环境条件的基础上，合理确定海堤等水工建筑物等级和安全标准（防洪安全标准、抗滑稳定安全系数、抗倾覆稳定安全系数、强度安全系数）。

3.0.11 机场填海工程应在保障机场防洪、防潮和防浪安全的前提下，基于生态化原则选择海堤等水工建筑物的结构和型式。

【条文说明】海堤等水工建筑物对保障机场安全具有重要作用，但也可能产生一些生态问题，如海堤建设可能改变自然海岸线，侵占湿地，切断海堤外缘生物随海平面上升的后撤途径，影响海陆过渡带生物廊道、海岸景观和生物多样性等。所以，在机场填海工程中，应在确保机场海堤保护功能的前提下，促进机场及周边海域的生态建设。

3.0.12 机场填海工程设计时，应结合海底原地基软弱土层处理、陆域形成填筑工法进行变形计算和稳定性分析。

【条文说明】由于海底原地基土多为厚度较大的软弱土层，在陆域形成后将经历较长时间的固结变形，由此可能造成机场道面产生过大且不确定的沉降或差异沉降，威胁机场的安全运行。日本某填海机场由于海底存在的厚层淤泥，致使机场从建设之日起就处于持续沉降之中，机场建设期间沉降约 11.5m，建成后的 7 年时间内沉降约 2.0m 左右，机场为此花费巨资进行后续维护。因此，控制填海机场的沉降变形是填海工程设计的重要内容之一。

3.0.13 陆域形成设计和施工应符合下列要求：

- 1 合理确定陆域形成控制高程参数，并预留陆域形成过程中的原地基和填筑体的沉降量；
- 2 陆域形成分区、填料选择应满足机场各功能分区的建设要求；
- 3 陆域形成分区宜结合机场场地分区、临时和永久排水、防潮与防洪工程建设需要进行划分

【条文说明】作为机场建设用地，其填海工程中的陆域形成高程设计对建设工程造价或后期的运行有着重要的影响。若陆域形成高程高，对场地排水比较有利，但由于填料量大致使工程造价高；若陆域形成高程低，或因场地排水困难而需要机械排放，后期运行成本较高。因此，需要根据机场所在海域的气象和环境条件，综合平衡，合理确定陆域形成高程设计参数。

填海工程的目的是为机场提供建设用地，各功能区对填料性质的要求可能存在差异，如

航站区、塔台等建设中可能需要采用桩基础而要求填料不对桩基础形成造成困难。因此，在陆域形成设计、施工中应根据功能区建设的要求采用性质适宜的填料。

在填海工程实施过程中，往往需要根据填料、填筑工法进行陆域形成分区。为了减少后期工程难度，应根据机场功能分区、场区临时和永久排水工程建设等要求，使陆域形成分区与机场功能分区一致，确保机场各功能分区内的填料和填筑工法一致。

3.0.14 陆域形成后的地基处理方案，应根据机场各场地分区的建设用地要求，结合陆域形成工法进行选择。

3.0.15 机场填海工程实施前，宜结合机场工程特点和环境条件开展现场试验研究。

3.0.16 机场填海施工时，宜采用实时监测技术对施工过程进行监控。

3.0.17 机场填海工程应满足绿色施工要求，减少和控制施工过程对环境的不良影响。

3.0.18 机场填海工程实施过程中，应根据填海工程特点、机场建设要求开展质量检测和施工过程监控。

3.0.19 机场填海工程施工过程中，应开展海洋环境、水土保持等监测。

3.0.20 在机场填海工程设计、施工中，应研究环境与工程间的相互影响，并符合下列要求：

1 研究海域水文条件对填海工程的影响，制定确保工程安全的控制措施；

2 研究工程地质条件变化对工程的影响，分析、评价可能存在的海洋工程地质问题，提出防治不良地质现象的工程措施。

3.0.21 机场填海工程应针对下列问题开展专项研究：

1 海洋水文环境复杂的填海工程；

2 海底地形地貌复杂的填海工程；

3 海洋生态环境敏感的填海工程；

4 填料来源及性质复杂，且影响陆域形成填筑工法及后期地基处理的填海工程；

5 采用新技术、新材料和新工艺的填海工程；

6 设计、施工过程中遇到重大技术和工程质量控制问题的填海工程。

4 建设条件调查与勘测

4.1 一般规定

4.1.1 机场填海工程应先期调查、搜集填海海域的气象、水文、海底地形、地质等资料，缺少相关资料时应进行必要的观测、测绘、勘察及专项研究等工作。

4.1.2 机场填海工程勘测范围应包括海堤区、填筑区和料源区。

4.1.3 机场填海海域勘测工作的范围、内容、方法，应根据场地分区并结合工程设计、施工的要求，参考当地工程建设经验综合确定。

4.1.4 海堤、飞行区的勘察工作应满足海堤工程、飞行区工程设计、施工要求，其他区域的勘察工作应满足陆域形成的要求。航站区、工作区等其他区域的工程勘察在陆域形成后按照国家、行业和地方相关规范和标准执行。

【条文说明】海堤工程是填海工程的关键，也是填海工程的第一步，填海工程勘察首先要满足海堤工程的设计和施工要求。在填筑区中，飞行区的填筑工程应完成至道基底标高，填海工程的勘察应满足飞行区原地基处理及填筑的设计与施工相关要求。对于航站区、工作区等其他区域填海工程完成至陆域形成即可，其后的航站楼、办公及住宅设施、交通设施、电力设施、供水设施等等的工程勘察工作均在陆域形成后，根据各自的具体需要，按照国家、行业和地方相关规范和标准执行即可。

4.2 资料收集

4.2.1 机场填海工程基本资料调查与收集，宜包括下列主要内容：

- 1 机场接口条件；
- 2 自然条件；
- 3 海域使用条件；
- 4 环境条件；
- 5 相关规划；
- 6 相关政策与法律、法规；
- 7 外部配套条件。

4.2.2 机场接口条件调查与收集，宜包括下列主要内容：

- 1 机场选址论证成果及批复；
- 2 机场总体布置条件；
- 3 机场排水方式及出水口布置条件；
- 4 机场对填海工程的交工标高、地基承载力、沉降要求等。

4.2.3 自然条件调查与收集，宜包括下列主要内容：

- 1 气象资料；
- 2 水文资料；
- 3 地形、地貌及工程泥沙资料；
- 4 地质资料；
- 5 地震资料；
- 6 鸟情资料。

4.2.4 气象资料调查与收集，应包括风、雨、雾、气温、湿度、雷暴和灾害性天气等内容，并应调查长年的台风、寒潮等大风过程的逐时风速、风向等资料。缺少气象资料时，应根据工程需要进行必要的现场观测。

4.2.5 水文资料调查与收集，应包括潮汐、水位、冰况、水温、盐度、水流、波浪等内容。缺少水文资料时，应根据工程需要进行必要的现场观测。

4.2.6 地形、地貌及工程泥沙资料调查与收集，应包括海岸概况、地貌、多年海床地形图、含沙量、输沙率、输沙量、颗粒级配与海床构成等内容。

4.2.7 工程地质资料调查与收集，应包括地貌、地层、地质构造、岩土性质、地下水、不良地质作用、岩土工程评价等内容。

4.2.8 地震资料调查与收集，应包括区域构造、地震史、地震基本烈度等内容。

4.2.9 海域使用条件调查与收集，应包括下列主要内容：

- 1 工程海域使用现状；
- 2 周边现有设施；
- 3 管道、电缆、光缆等海底管线；
- 4 水雷、沉船等障碍物；
- 5 水下文物、矿藏等。

4.2.10 环境条件调查与收集，应包括环境保护现状、环境容量状况和承载机场填海工程的能力等内容。

4.2.11 相关规划调查与收集，宜包括下列主要内容：

- 1 海洋功能区划；
- 2 城市总体规划；
- 3 土地利用规划；
- 4 综合交通规划；
- 5 产业发展规划；
- 6 港口总体规划；
- 7 海洋环境保护规划等。

4.2.12 外部配套条件调查与收集，宜包括下列主要内容：

- 1 铁路、公路、水运等交通条件；
- 2 给排水、供电、电信等配套条件；
- 3 建筑材料、回填料来源、材料码头、施工道路、施工便桥、预制场、加工厂、大型船舶、机械设备等施工条件；
- 4 社会环境与人文条件；
- 5 施工现场位于边远地区的，还应调查当地生活物资供应条件等；
- 6 海上应急救援条件。

4.3 填海海域测量

4.3.1 填海海域测量的内容应包括：平面控制测量、高程控制测量、地形测量、水位控制测量和水深测量等。

【条文说明】填海工程涉及海域部分测量，因此需要根据工程实际需求和行业特点开展水位控制测量和水深测量工作。水位控制测量主要针对测区的水文测量，包括潮汐、波浪等要素的测量。水位控制测量是高程控制测量的一部分，是为水深测量提供控制点或起算点。目前常用 RTK GPS+测深仪直接测水下地形。

4.3.2 测量范围应根据批准的机场场址、平面布置方案以及测量任务书要求确定。填海海域测量范围应包括海堤区、填筑区及其它区域，并根据工程特点和地形条件作适当外延。

【条文说明】测量范围适当外延是有必要的，例如测量范围外延至施工船舶航行自然水深处，可指导施工船舶的安全通航。

4.3.3 填海海域测量应采用国家坐标系，亦可采用当地坐标系或区域坐标系，并明确与国家

坐标系间的转换关系。在一个测区应采用同一坐标系。

4.3.4 陆域地形测量高程基准应使用 1985 国家高程基准。海域水深测量的深度基准面应采用当地理论最低潮面，并明确当地理论最低潮面与 1985 国家高程基准的转换关系。在同一测图上既有水下地形又有陆地地形时，应采用同一高程基准。

4.3.5 水深测量与陆上地形测量应互相衔接。作业应充分利用岸（陆）上经检验合格的控制点；当控制点的密度不能满足工程需要时，应布设适当数量的加密控制点。

4.3.6 长距离跨水面传递高程可采用电磁波测距三角高程测量法或 GPS 高程测量法，也可利用水面传递高程。跨水面距离大于 3.5km 时，应根据测区具体条件和精度要求进行专项设计。

4.3.7 填海工程设计、施工测量测图比例尺宜按表 4.3.7 确定。竣工测量测图比例尺应按施工测量要求进行。

表 4.3.7 测图比例尺

测量阶段 比例尺 区域	规划和可行性研究	初步设计	施工图设计和施工测量
	海堤及相关水工建（构） 筑物	1: 2000~1: 5000	1: 1000~1: 2000
填筑区	1: 2000~1: 20000	1: 1000~1: 5000	1: 500~1: 2000
施工用码头及港池	1: 2000~1: 20000	1: 1000~1: 2000	1: 500~1: 2000
临时施工航道	1: 5000~1: 20000	1: 2000~1: 5000	1: 1000~1: 5000
抛泥区	1: 5000~1: 20000	1: 5000~1: 10000	1: 2000~1: 10000

【条文说明】相关水工建（构）筑物主要指水闸、排水管涵泄水口等。

4.3.8 填海海域地形测量应符合下列要求：

1 测量内容应包括填筑区、海堤与泄水口建造区、排泥管线与排水渠等平面位置和高程，测区范围应超出海堤外坡脚 50~100m；

2 填筑区泥面高程采用断面法或方格网法测定时，断面间距、点距不应大于图上 20mm。地形高差起伏较大时，应适当缩小点距；

3 填筑区内测量的点位中误差不应大于图上 2mm，高程测量误差不应大于 50mm；

4 应根据填筑区面积和填筑强度，定期进行地形测量以指导陆域形成施工工艺的调整。

4.3.9 施工测量包括施工前、施工中和竣工后的测量，施工平面坐标系、施工高程基准和施工深度基准面应与工程设计保持一致。

4.3.10 海域平面控制测量、高程控制测量、地形测量、水位控制测量和水深测量等未做规定的部分，应依据国家及水运行业现行测量规范有关规定执行。

4.4 填海海域勘察

4.4.1 填海海域勘察应根据海底地质条件、气象及潮汐条件，采用钻探、静力触探、物探等多种手段相结合的方法。

4.4.2 海堤区勘察应符合《水运工程岩土勘察规范》（JTS133）的相关规定。

4.4.3 填筑区初步勘察应满足陆域形成的需要，查明拟建海域海底的地质构造、地层结构、岩土工程特性以及海底不良地质作用的成因、分布、规模和发展趋势，并对场地的稳定性作出评价，对主要的岩土工程问题提出技术解决方案的建议。初步勘察勘探点可采用网格状布置，间距宜为200m~300m，地质条件复杂时应适当加密。勘探孔深度应以满足原地基地基处理及地基变形计算的要求为准。

【条文说明】《民用机场勘测规范》MH/T5025—2011 初步勘察阶段勘探点网格状布置的间距根据不同的勘察等级分别为：一级，150~200m；二级，200~250m；三级，250~300m。填海海域初步勘察主要是满足陆域形成的设计与施工需要，考虑到一定的范围内海域地质条件一般变化较小，勘探孔间距可适当增大，地质条件复杂时予以加密。

4.4.4 填筑区详细勘察应满足飞行区原地基处理及填筑的设计与施工相关要求，查明飞行区海域海底地质构造、地层结构、岩土工程特性，提供详细的岩土工程资料和设计所需的岩土资料，查明拟建机场飞行区海域不良地质作用的类型、成因、分布、规模、发展趋势，并提出处理建议。

【条文说明】民用机场填海工程海堤区的勘察阶段划分及各阶段的勘察工作内容与深度按照《水运工程岩土勘察规程》（JTS133）的相关规定执行。填筑区按照机场功能又分为飞行区、航站区和工作区等等。对于飞行区，初步勘察仅能满足陆域形成的要求，详细勘察需要满足飞行区原地基处理、填筑方案确定、填筑方案设计、道基沉降验算与控制等要求。对于航站区和工作区等其他区域，初步勘察已满足其陆域形成的需要，此阶段不再进行详细勘察工作，填海完成后根据需要再进行拟建设施的勘察工作。

4.4.5 填筑区详细勘察应充分利用初步勘察的成果，勘探点间距宜按表4.4.5确定，海底地质条件复杂时应适当加密。存在不良地质作用时，应进行专项勘察。

表 4.4.5 填海区详细勘察勘探点间距

区域	勘探点布置方式	勘探点间距 (m)	备注	
飞行区道面影响区	跑道	沿跑道中心线及道肩边线布置	75m~150m	跑道中心线 75m~100m; 道肩边线 100m~150m。
	滑行道	沿滑行道中心线布置	75m~150m	影响区范围较大时, 滑行道两侧宜布置勘探点
	停机坪	网格状布置	100m~150m	
飞行区土面区	-	-	根据实际情况适当布置	

注: 1 填海区勘察应采用钻探、静力触探、物探等多种勘探手段相结合的方法, 各种勘探手段的比例不做限制, 由工程师根据具体情况确定。采用物探手段时, 测线间距应满足表中相应要求。

2 表中数值为一般情况下的勘探点间距, 地质条件复杂时应适当加密, 以满足查明地质条件为准。

【条文说明】海堤区按照水工构筑物的勘察要求规定。飞行区填筑前开展的勘察工作, 应根据《民用机场勘测规范》MH/T5025—2011 的详勘要求, 结合填海海域的具体情况综合确定。

4.4.6 详细勘察勘探深度和范围应满足海堤、岸坡稳定性验算及填海区地基变形计算的要求。

4.4.7 采取海水水样进行水化学分析时, 应符合下列要求:

- 1 在高平潮、低平潮时段, 分别在目标海域各采取 3 组代表性水样;
- 2 取水试样前, 应洗净盛水容器, 不得有残留的杂质;
- 3 取水样过程中, 应尽量减少水样的暴露时间, 及时封口, 对需要测定不稳定成分的水样及时加入稳定剂。

4.4.8 填筑区岩土取样测试时, 应符合下列要求:

- 1 取样孔在平面上应均匀分布, 其数量应不少于钻探点总数的 1/6~1/3;
- 2 每一地层每项岩土指标的数量应不少于 12 个;
- 3 测试和试验项目应能提供稳定性验算、承载力验算、变形计算等需要的岩土参数。

4.5 料源调查与勘测

4.5.1 料源调查宜以搜集资料、问询和现场踏勘为主; 料源勘察宜采用钻探、物探、挖探等多手段相结合的方法。填料应按照附录 A 进行分类。

4.5.2 料源地调查应符合下列要求:

- 1 查明可作为填海料源的地点、范围、运距、沿途交通状况等;
- 2 初步估算料源储量及料源类型, 调查的料源储量宜为设计需要量的 2.5~3.0 倍。

4.5.3 料源地测量应符合下列要求:

1 料源地应建立满足地形测量、水深测量的平面控制点和高程控制点；

2 料源地前期设计阶段应测 1:2000~1:20000 的地形图，陆上料源地施工图设计阶段应测 1:500-1:2000 的地形图，海上料源地施工图设计阶段应测 1:2000-1:5000 的水深图，地形复杂区域宜取大比例尺；

3 陆上料源地应详示测区范围内的主要建（构）筑物的结构、位置和主要植被的种类和数量；

4 海上料源地应详示测区范围内的主要建（构）筑物及水下障碍物的情况。

4.5.4 料源勘察应符合下列要求：

1 查明料源地土石料的岩土类别、工程特性及水稳性；

2 查明料源储量，勘察的料源储量宜为设计需要量的 1.5~2.0 倍；

3 查明料源开采的难易程度；

4 提供各类填料的土石比、水下填筑挖填比和陆上填筑挖填比。

【条文说明】机场填海工程填料料源需求量较大，有时单一料源一般难以满足要求，同时为保证场地的均匀性，同一功能区宜采用同种性质和规格的材料。因此，应对料源区进行勘察、试验检测，一是保证料源质量满足填筑要求，二是确保料源区的储量满足需求量。

4.5.5 陆上料源地勘察应符合下列要求：

1 陆上料源地勘探点的布置及土石比、挖填比的确定应符合《民用机场勘测规范》（MH/T5025）的相关规定；

2 岩溶发育地区的料源勘察应充分考虑岩溶洞穴对填料储量的影响；

3 充分考虑填料开采后形成的边坡的稳定影响，并提出工程建议；

4 充分考虑水土保持问题，并提出措施建议。

4.5.6 海上料源地勘察应符合下列要求：

1 勘探点可按网格形布置，间距宜为 200m~400m，勘探点深度应达到取土深度；

2 查明料源地可用岩土层的性质、分布、储量以及开采条件，并对料源地岩土的工程特性进行研究和分类，对其工程适宜性进行评价，对各类岩土的填筑位置提出建议；

3 研究分析可用填料的水力输送特性，对填料的运输方式提出建议；

4 当料源地土层适宜采用物探方法时，宜优先采用，并适当减少勘探点数量；

5 提出水下开挖边坡建议值并进行边坡稳定性评价。

4.5.7 当采用固体废弃物作为填料时，应查明其种类、成分、工程特性等，评价其作为填料的工程可行性及环保可行性，对可用填料宜提出填筑位置的建议。

5 海堤设计

5.1 一般规定

5.1.1 机场海堤应根据使用要求、自然条件和海岸动力特点等进行设计，并符合下列要求：

- 1 有利于岸滩、海床稳定；
- 2 减少波能集中；
- 3 与相邻建筑物和周边环境相协调；
- 4 易于修复和加固；
- 5 美观、生态、环保。

5.1.2 机场海堤结构选型，应根据使用要求、自然条件、材料来源、施工条件、施工机具和装备等，经过技术经济比较后确定；机场海堤可分段采用不同的结构形式；经论证，可结合现场条件、当地文化背景、生态环保要求等，考虑采用具有亲水性、景观效果及生态保护的结构形式。

5.1.3 机场海堤可分为斜坡式海堤、直立式海堤以及混合式海堤。应根据填海工程所在区域的工程地质特点、施工可行性及经济性等综合比较后确定。对于水深较浅、地基条件较差且砂石料来源丰富的地区，可选择斜坡式海堤；对于水深较深、地基较好的情况，可选择直立式海堤；水深、地基及砂石料供应条件介于二者之间时，可选择混合式海堤。

【条文说明】不同的海堤结构型式，具有不同的特点和适用条件，正确选择填海机场海堤结构断面型式对机场的安全运行具有非常重要的意义。

斜坡式海堤，分单坡、带平台的复坡，其特点是：堤身与地基接触面积大、地基应力较小，能较好的适应软土地基条件，整体稳定性较好，能有效吸收波浪，消浪效果好，对强风浪有较强的适应性；筑堤材料可用石料和砂料等，可就地取材；施工工艺简单，不需要大型起重设备；建成后如有损坏易于维修。当水深较浅、原地基较差时，斜坡式结构在节省工程造价、加快施工进度等方面具有优势。

直立式海堤的特点是，整体性好；堤身断面较小，占用海域面积小，相同的用海面积能形成更多的陆域；对地基条件要求高，对地基不均匀沉降适应性差，需专业预制场，施工难度大，工期较长，且不利于消浪。当水深较深、原地基较好时，直立式结构在节约砂石料用

量、节省工程造价等方面具有优势。

直立式与斜坡式相结合的混合式海堤，兼有直立式和斜坡式海堤的优缺点，适用条件介于两者之间。

5.1.4 海堤挡浪墙高度应满足机场净空要求，不得遮蔽机场助航灯光，并满足机场精密进近标准的要求。

5.1.5 海堤龙口设计方案，应根据当地水文条件、施工总体布置及施工工艺等进行选择，其设计内容包括护底防护范围及护底结构、堤心（堤身）结构等。

【条文说明】在填海工程中，海堤龙口设计、施工是一个非常重要的内容。由于海堤龙口处水流流速较大，对海堤工程的质量有非常大的影响。海堤工程龙口布置的主要影响因素有设计潮型、堤岸结构、线性、工程地质、堵口方式和时段的选择等。

5.1.6 在机场海堤设计时，应对海堤结构进行波浪模型试验验证，并在此基础上优化海堤结构。

5.1.7 海堤应依据后方区域重要程度进行越浪设计。对于允许越浪的海堤，应考虑越浪水流对机场设施的影响，并设集水、排水设施。

【条文说明】海堤是填海机场工程中的重要结构物，具有防潮、挡浪的功能，但当堤顶高程不足以抵抗大浪时，大量水体越过堤顶，甚至影响后方安全。海堤允许越浪量设计标准一般从三个方面考虑，即结构安全、交通安全和后方区域重要程度。因此，海堤允许越浪量的选取应综合考虑海堤的结构类型、后方陆域的重要程度、排水设施的容量等因素等统筹考虑，视具体情况而定。

5.1.8 当堤前为沙质海底时，应进行堤前冲刷计算，包括立波作用下的冲刷形态及最大冲刷深度等。

5.1.9 机场海堤设计应根据机场排水要求，在海堤结构内布设排水管线，并与机场排水系统相衔接。

5.1.10 机场海堤后方应设置巡场道路，巡场道路应满足海堤巡检、保养及维修等要求。

5.1.11 机场海堤应采取工程措施、种植生物或二者相结合的消浪措施。

5.1.12 应在海堤上系统设置沉降、位移和倾斜监测点。

5.2 技术标准与设计计算

5.2.1 根据海堤破坏后的严重程度，将机场海堤划分为二个安全等级，设计时应根据具体情况按照表 5.2.1 的规定确定相应的安全等级。

表 5.2.1 海堤安全等级划分表

安全等级	破坏后果	飞行区指标
I 级	很严重	4E 及以上
II 级	严重	4D 及以下

【条文说明】国内外相关海堤设计标准中，基本上都与其掩护对象的重要性、一旦破坏后的损失程度或影响程度密切相关。海堤掩护对象越重要、一旦破坏后的损失程度或影响程度越高，相应的设防标准越高，反之，设防标准越低。机场是重要基础设施，据此本规范将机场海堤安全等级分为二级。

5.2.2 机场海堤防潮防洪标准，应根据机场海堤的安全等级，按表 5.2.2 确定。

表 5.2.2 防潮防洪标准划分表

安全等级	重现期（年）
I 级	≥ 200
II 级	≥ 100

【条文说明】民用机场是重要的公共基础设施。根据相关调研成果，同时结合《防洪标准》（GB50201）中有关民用机场 I、II 等级的防洪重现期要求，确定 II 级海堤设计水位重现期标准不低于 100 年，I 级海堤设计水位重现期标准不低于 200 年。

5.2.3 机场海堤防浪标准，应根据机场海堤的安全等级，按表 5.2.3 确定。

表 5.2.3 防浪标准划分表

安全等级	重现期（年）
I 级	≥ 200
II 级	≥ 100

【条文说明】参考国内外相关标准，设计波浪重现期和设计水位重现期一致。

5.2.4 斜坡式海堤设计波高累积频率应按表 5.2.4-1 执行，直立式海堤设计波高累积频率应按表 5.2.4-2 执行，且设计波高均不应超过浅水极限波高。

表 5.2.4-1 斜坡式海堤设计波高累积频率

设计内容	设计波高累积频率 F
确定断面主尺度	13%
护面块石或护面块体稳定重量计算	5%

护底结构稳定性验算	5%
挡浪墙的稳定性验算或结构计算	1%

表 5.2.4-2 直立式海堤设计波高累积频率

设计内容	设计波高累积频率 F
确定断面主尺度	1%
波浪力计算	1%
抗倾和抗滑稳定性验算	1%
明基床护肩、护坡及护底结构稳定性验算	5%

5.2.5 机场越浪量应根据机场使用要求并结合机场排水能力综合确定，其控制标准直接表 5.2.5 确定。

表 5.2.5 越浪量控制标准表

计算工况	越浪量控制标准 ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	计算条件
正常运营	≤ 0.00003	10 年一遇高水位组合 10 年一遇波浪
极端条件	≤ 0.05	计算高水位组合相应波浪

注：1 当排水系统能力较强时，经论证，越浪量控制标准可适当放宽；当后方有特殊防护对象时，越浪量空控制标准应适当提高。

2 计算高水位指 100 年一遇年极端高水位、200 年一遇年极端高水位等，可根据使用要求选择。

【条文说明】海堤越浪量是个较为复杂的问题，本规范对允许越浪量的规定，是根据国内外标准，并结合已建工程的设计和使用经验综合分析给出的，包括正常运营工况和极端天气工况的越浪量控制标准。

综合分析国内外相关规范，现行国内外规范侧重点不同，越浪限值存在差异，各国标准中考虑结构安全的越浪量不高于 $0.05 \text{ m}^3 / \text{m} \cdot \text{s}$ ，并根据海堤具体型式而定。中国香港、欧洲国家标准中考虑了堤后交通安全的允许越浪量；中国现行《防波堤与护岸设计规范》和日本规范中，基于后方重要程度的考虑，对越浪限值有明确规定。总体而言，考虑结构安全的允许越浪量最大，后方区域重要性就低，其中考虑交通安全的允许越浪量最小。

5.2.6 机场海堤设计使用年限应按 100 年考虑。

【条文说明】设计使用年限为正常设计、施工、使用和维护条件下所达到的使用年限，正常维护包括必要的检测、防护和维修。海堤的使用年限取决于机场的使用年限，二者应协调一致。

5.2.7 海堤应采用 100 年超越概率 10% 的地震动参数进行设防。

【条文说明】现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223) 规定，抗震设防烈度一般情况取 50 年内超越概率 10% 的地震烈度。由于机场为重要的公共基础设施，使用年限一般为 100 年，其抗震设防烈度根据使用年限作了相应调整。参考国内外其他规范，当有特殊要求时，可适当提高设防标准。

5.3 斜坡式海堤设计

5.3.1 斜坡式海堤设计的主要内容,应包括断面型式与尺寸确定、斜坡式海堤计算和构造等。

5.3.2 斜坡式海堤的断面形式和尺寸,应根据自然条件、使用要求及施工方法等,按《防波堤与护岸设计规范》(JTS154)确定。

5.3.3 斜坡式海堤顶高程应根据越浪量控制标准计算确定,越浪量控制标准按照 5.2.4 条的规定执行,并应通过模型试验验证。

【条文说明】越浪量计算方法、公式可按照现行行业标准《港口与航道水文规范》(JTS145)执行,也可参照相关的国际标准执行。

5.3.4 斜坡式海堤堤心可采用块石、袋装砂等材料,护面结构可采用抛埋块石、混凝土人工块体等。

5.3.5 对于斜坡式海堤,减少波浪爬高或越浪量的措施包括:设置宽肩台、消浪块体、弧形挡浪墙,或在海堤前设置防波堤、潜堤,当水深较浅波浪较小时可种植植物等。

5.3.6 斜坡式海堤护底范围应结合波浪、水流和土质等条件等确定,必要时通过模型试验验证。

5.3.7 斜坡式海堤的地基处理方式应根据原地基软弱土层厚度确定,并符合下列要求:

- 1 当地基表层软弱土层厚度较小时,可采用抛石挤淤法、开挖换填法处理;
- 2 当地基表层软弱土层厚度较大时,可采用复合地基、爆炸排淤法、排水固结法等进行处理。

5.3.8 斜坡式海堤承载能力极限状态的计算或验算,应包括下列内容:

- 1 护面块体的稳定重量和护面层厚度;
- 2 抛石棱体和垫层块石重量;
- 3 挡浪墙的强度和抗滑、抗倾稳定性;
- 4 护底块石的稳定重量;
- 5 整体稳定性。

【条文说明】护面块体的稳定重量、护面层厚度、抛石棱体块石重量、垫层块石重量、护底块石的稳定重量以及挡浪墙抗滑和抗倾稳定性计算应按现行行业标准《防波堤与护岸设计规范》(JTS154)的有关规定执行;挡浪墙的强度应按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS151)的有关规定执行;整体稳定性应按现行行业标准《港口工程地基规范》(JTS147)的有关规定执行,当堤身结构渗透性较差时,应考虑渗流作用。

5.3.9 斜坡式海堤正常使用极限状态的计算或验算，应包括下列内容：

- 1 地基沉降；
- 2 挡浪墙裂缝宽度；
- 3 堤前冲刷。

【条文说明】地基沉降应按现行行业标准《港口工程地基规范》（JTS147）的有关规定执行；裂缝开展宽度应按《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151）的有关规定执行。

5.3.10 斜坡式海堤承载能力极限状态作用组合中，计算水位的选取应符合下列要求：

- 1 持久组合，计算水位应分别采用设计高水位、设计低水位、极端高水位、极端低水位；
- 2 短暂组合，计算水位应分别采用设计高水位和设计低水位或施工期短暂状态下某一不利水位；
- 3 地震组合，计算水位应按照《水运工程抗震规范》（JTS146）的有关规定执行；
- 4 偶然组合，有特殊要求时，计算水位应采用相应设计条件确定的水位；
- 5 短暂状况，对未成型的斜坡式海堤应进行施工期复核，波浪重现期可采用 2~10 年。

【条文说明】对于短暂状况，应复核未成型的斜坡式海堤在施工期波浪作用下的稳定性，波浪重现期可采用 2~10 年，具体根据项目情况确定。

5.3.11 斜坡式海堤正常使用极限状态可不考虑极端高水位和极端低水位。

5.3.12 斜坡式海堤挡浪墙变形缝设置、倒滤层结构、护面垫层块石重量、护底结构、护底范围及厚度等构造设计，可按《防波堤与护岸设计规范》（JTS154）执行。

5.4 直立式海堤设计

5.4.1 直立式海堤设计的主要内容，应包括断面型式与尺寸确定、直立式海堤计算和构造等。

5.4.2 直立式海堤的断面形式和尺寸，应根据自然条件、使用要求、施工方法等，按《防波堤与护岸设计规范》（JTS154）、《码头结构设计规范》（JTS167）、《插入式钢圆筒结构设计施工规范》（JTS 167）等确定。

5.4.3 对于不同防护要求的直立式海堤，堤顶高程应根据越浪量控制标准由计算或模型试验确定，越浪量控制标准可按 5.2.5 条的规定执行。

5.4.4 直立式海堤可采用沉箱结构，有条件时也可采用坐床式圆筒、桶式结构、钢圆筒结构等，沉箱可采用矩形、圆形、椭圆形、花篮型等。上部可采用现浇混凝土或钢筋混凝土结构，结构临水面根据受力情况和挡浪要求可采用直立面或弧形面等。

5.4.5 对于直立式海堤，减少越浪量的措施应包括：设置反“L”型挡浪墙或弧形挡浪墙，或在直立式海堤前设置防波堤、潜堤等。

5.4.6 直立式海堤护底范围应结合波浪、水流和土质等条件确定，必要时通过模型试验验证。

5.4.7 直立式海堤承载能力极限状态的计算或验算，应包括下列内容：

- 1 墙底面前趾的抗倾稳定性；
- 2 沿墙底面的抗滑稳定性；
- 3 沿基床底面的抗滑稳定性；
- 4 基床和地基承载力；
- 5 整体稳定性；
- 6 构件强度；
- 7 明基床的护肩块体或块石和护底块石的稳定重量。

【条文说明】对墙底面前趾的抗倾稳定性、沿墙底面的抗滑稳定性、沿基床底面的抗滑稳定性、基床承载力计算，应按现行行业标准《防波堤与护岸设计规范》（JTS154）、《码头结构设计规范》（JTS167）、《插入式钢圆筒结构设计与施工规范》（JTS 167-13）等的有关规定执行；地基承载力验算和整体稳定性验算应按现行行业标准《港口工程地基规范》（JTS147）的有关规定执行；整体稳定性应按现行行业标准《港口工程地基规范》（JTS147）的有关规定执行，当堤身结构渗透性较差时，应考虑渗流作用；构件强度应按《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151）的有关规定执行。

5.4.8 直立式海堤正常使用极限状态的计算或验算，应包括下列内容：

- 1 裂缝计算；
- 2 沉降计算；
- 3 堤前冲刷。

【条文说明】裂缝开展宽度应按《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151）的有关规定执行；地基沉降应按现行行业标准《港口工程地基规范》（JTS147）的有关规定执行。

5.4.9 直立式海堤承载能力极限状态作用组合中，计算水位的选取应符合下列要求：

- 1 持久组合，计算水位应分别采用设计高水位、设计低水位、极端高水位、极端低水位；
- 2 短暂组合，计算水位应分别采用设计高水位和设计低水位或施工期短暂状态下某一不利水位；
- 3 地震组合，计算水位应按照《水运工程抗震规范》（JTS146）的有关规定执行；
- 4 偶然组合，有特殊要求时，计算水位应采用相应设计条件确定的水位；

5 短暂状况，对未成型的直立式海堤应进行施工期复核，波浪重现期可采用 5~25 年。

【条文说明】对短暂状况，应复核未成型的直立式海堤在施工期波浪作用下的稳定性，施工期波浪重现期可采用 5~25 年，具体根据项目情况确定。

5.4.10 直立式海堤正常使用极限状态可不考虑极端高水位和极端低水位。

5.4.11 直立式海堤基槽底宽、抛石基床规格、沉箱尺度、沉箱内填料、沉箱与上部结构的连接、沉箱安装垂直缝、变形缝设置、护底结构厚度等构造设计，可参照《防波堤与护岸设计规范》（JTS154）有关规定执行。

征求意见稿

6 陆域形成设计

6.1 一般规定

6.1.1 陆域形成设计方案，应根据场区海域环境条件、工程地质条件、机场功能分区、填料来源和性质、地基处理、施工可操作性、工期和投资等因素确定。

6.1.2 填料类别和填筑工法应根据机场各功能分区的要求确定，优先使用当地建筑材料。

【条文说明】由于机场各功能区有不同的填筑要求，需要根据设计要求对填料性质、规格进行限制，例如：航站区建筑需要打桩或开挖基坑，不宜采用块石料填筑；考虑陆域、水域施工的环境特点，水上填筑应采用水稳性好的填筑材料；吹填填料应严格控制含泥量，防止在填筑过程中产生新的不均匀性。

6.1.3 当原地基存在厚度较大的软弱土层时，应在稳定分析基础上进行分层填筑设计。

【条文说明】一般而言，填海工程中遇到的工程地质条件比较复杂，原地基存在的深厚软弱土层含水量高、强度低，在填筑体荷载作用下极易出现变形和挤压，产生滑移和上拱，最后形成淤泥聚集、强度更低、压缩性更大的淤泥包，这样的淤泥包厚度可达十几米至二十几米，面积可达数万平方米，由此造成新的地基不均匀。在机场填海工程中，涉及的工程面积大、功能分区多且使用要求不同、地下管网复杂，尤其是飞行区对地基的不均匀沉降、航站区对地基填土的均匀性等要求高，如果在陆域形成填筑中出现大面积的淤泥包现象，将对后期工程建设带来极大的困难和高昂的代价。因此，当填海机场原地基存在厚度较大的软弱土时，在工程设计和施工过程中应予以高度重视，并采取可靠的技术措施，包括分层填筑设计，严格控制填筑厚度和填筑速率。

6.1.4 水上填筑工程设计应根据国家、地方及行业的有关环境保护规定，进行环境保护设计，并满足下列要求：

1 对工程可能造成的环境影响进行分析，包括影响范围和类型、影响程度的测定和控制等；

2 对料源区、运料路线、填筑区、储泥坑等作业区域和环节等作业环节进行环境保护设计；

3 选择对环境影响小的施工设备和工艺，确定合理的设计参数；

4 进行施工及相关区域环境监测方案设计。

【条文说明】鉴于机场填海工程涉及的面积大、填料量大、采用大量重型施工设备，环境保护至为重要。在水上填筑工程中，可采取的环保措施主要有：运泥船、管线密封良好，防止漏泥；料源区、泄水口设置防污帘；填筑区泥浆采取物理、化学措施，加速泥浆沉淀等相关措施。

6.1.5 工程区域有环境敏感区的吹填、抛填填海工程，应针对施工环节所产生的悬浮物对水体的水质、浑浊度及其对生物的影响进行论证，必要时应采用数学模型或现场试验的方法进行预测分析，提出科学合理的处理措施。

6.2 场区高程与排水

6.2.1 机场工程地势设计应符合下列要求：

- 1 符合《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001)对各部位坡度和障碍物限制的要求；
- 2 机场各功能区域的地势应满足使用要求，并能合理衔接；
- 3 满足场区排水和内涝防治的需要；
- 4 场地地势应适应未来可能出现的沉降和不均匀沉降；
- 5 通过多方案比较，选择工程全寿命期费用较小的设计方案。

6.2.2 机场的排水模式，应在防潮排涝专项研究的基础上确定，并符合下列要求：

- 1 排水模式可采用直排自流模式、二级缓冲模式；
- 2 采用直排自流的排水模式时，机场工程地面最低设计高程宜高于机场防洪标准相应的潮水位高程；
- 3 采用二级缓冲模式的排水模式时，缓冲水池或内河的设计常水位高程宜高于平均海平面高程；
- 4 机场排水设计暴雨重现期、内涝防治设计暴雨重现期以及机场的防洪标准应符合《民用机场排水设计规范》(MH/T 5036)的规定。

【条文说明】澳门国际机场的跑道位于通过填海形成的填筑体上，采用完全自流排放的排水方式，设计水位以澳门海图基面为准，设计高水位采用 4.75m（重现期 214 年一遇），校核高水位采用 5.00m（重现期 500 年一遇）。跑道中心线高程为 8.0m，纵坡为 0，堤顶高程为 10m。

上海浦东国际机场采取的是强排为主的排水方式。机场内雨水排放采用二级排水体制，场内各区域地面径流的收集、泵站提升排入围场河为一级排水系统，四周封闭的围场河作为机场一级排水的受纳水体；二级排水由围场河、节制闸、翻水闸泵站组成大的排水系统，利用建在江镇河入长江的翻水闸泵站和薛家泓翻水闸泵站控制机场围场河水位。在长江高潮位时，围场河由泵站提升排入长江，当长江低潮位时，则可由排水闸重力自流排入长江。围场河设计低水位为 1.50m，常水位为 2.35m，设计高水位为 3.20m，二跑道中心线高程为 5.5m，四跑道中心线高程为 5.4m。以上高程为上海吴淞高程系。

深圳宝安国际机场采取的是强排为主的排水方式。一跑道时的排水情况为：飞行区 1 号雨水泵站位于飞行区西北，设有闸门，低潮位时可自流排水。2 号泵站位于飞行区西南，没有闸门，完全采用强制排水。机场陆侧雨水经内排河，通过机场北端的 3 号雨水泵站提升排入福永河，最终排入大海。二跑道建设完后排水情况为：在新建海堤内侧设置调节水池（含围场河），并尽量扩大其面积，增加场内雨水调蓄能力，在海水处于高潮位、机场雨水不能直接排出时具有蓄水功能，暴雨时开泵强排，在海水处于低潮位时开闸放水。调节水池常水位标高控制在 0.5m（与平均海水位基本一致），设计高水位为 2.0m，调节水池池底标高为 -1.5~-2.0m 不等。一跑道中心线高程为 3.72m，二跑道中心线高程为 3.95m，T3 航站楼站坪边高程为 4.63m。以上高程为 1985 国家高程基准。

跑道设计高程是机场建设中最敏感的内容之一，从安全角度看，跑道设计高程越高越有利；从投资角度看，跑道设计高程越高，工程造价越大。跑道设计高程与机场排水模式密切相关，采用直排自流排水模式时，跑道设计高程应由机场防洪标准相应的潮水位高程推算；采用二级缓冲排水模式时，跑道设计高程应由缓冲水池或内河的水位高程推算。跑道设计高程需要适当考虑一定的安全超高。机场作为重要的交通基础设施，场地平坦无障碍，水头不高的少量海水就可能淹没整个机场，腐蚀敏感的仪器设备，难以短时间恢复运行。海平面的上升将对沿海机场的安全造成影响。海平面随全球气温升高有上升的趋势，据初步监测，近 30 年我国沿海海平面平均上升速度为 2.6mm/年。风暴潮是一种灾害性的自然现象，虽然风暴潮和天文潮叠加时的概率小，但对机场的破坏性极大。据初步统计，自 1949 年至今，我国发生增水超过 1m 的台风风暴潮达 269 次，其中风暴潮位超过 2m 的 49 次，超过 3m 的 10 次，造成特大潮灾的 14 次，严重潮灾的 33 次。此外，工后沉降的理论预测值与机场运行过程中产生的实际沉降值的偏差可能导致机场高程进一步降低，从而影响机场的运行安全。

6.2.3 机场地面设计高程，应根据机场工程地势设计方案、排水模式、场地防洪防潮要求、道面结构层设计、填料性质、地基处理工艺和沉降控制标准等进行确定。机场地面设计高程

宜不低于 50a 一遇的高水位，并应考虑施工期沉降值。

6.2.4 陆域形成场地设计高程，应根据机场工程地面设计高程、预留沉降量，以及陆域形成后需要增加或卸载土方的高度等确定，其关系式如下所示：

$$H_R = H_S + \Delta h - h_b$$

式中： H_R ——陆域形成场地设计高程（m）；

H_S ——机场地面设计高程（m）；

Δh ——陆域形成过程中原地基土、填筑材料自身及由于地基加固沉降所需的预留高度（m），可根据地基处理方法计算或根据经验确定；

h_b ——陆域形成后，为达到机场工程地面设计高程需要增加的填方高度、结构高度（正值）或需要卸载的土方高度（负值）。

6.2.5 飞行区道面影响区和土面区的工后沉降和工后差异沉降控制，应按《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）执行。

6.2.6 陆域形成过程中的临时排水系统宜结合机场平面布局、填筑方案进行设置，并应符合下列要求：

- 1 临时排水系统宜包括地表水、地下水的排放，相互结合形成完整的排水体系；
- 2 排水工程结构应安全可靠，便于施工、检查及维修；
- 3 临海出水口受海潮水位顶托时，宜在其出口设置挡潮设施。

6.3 分隔围堰

6.3.1 填海工程场区宜结合机场场地功能分区及分期、分区建设要求和陆域形成方法等设置分隔围堰。

【条文说明】鉴于机场填海工程面积大、功能分区多且填料多样，陆域形成中必然需要通过围堰实现分区。设置分隔围堰的作用是根据各区域的填筑、地基处理和工期等要求，将大面积的填海区域快速分隔，以便形成各区域的独立、同步流水作业区；同时形成联系陆域和海堤的施工道路。

6.3.2 分隔围堰为临时性构筑物，应在外围海堤具备掩护条件下进行建设，设计使用年限根据施工工期确定。

6.3.3 分隔围堰的平面布置应符合下列要求：

- 1 满足机场功能区的区域划分、陆域形成填筑和地基处理要求，同时与填筑工法相协调；

- 2 有利形成多区域的独立、同步流水施工作业；
- 3 充分考虑后期的地基处理要求；
- 4 宜与施工道路、正式道路等建（构）筑物结合布置；
- 5 控制规模，降低工程造价。

6.3.4 分隔围堰设计内容，应包括断面结构型式与尺度确定、围堰计算、围堰构造等，并结合现场的水文、地质等条件进行护面结构、护脚、护底结构等计算。地质条件、水文条件变化较大时，分隔围堰宜分段设计，并做好各段间的衔接处理。

6.3.5 分隔围堰结构型式应根据地形地质条件、建筑材料来源、施工进度要求、施工资源配置等因素进行选择，可采用土石围堰、土工织物充填袋围堰、抛石围堰等型式。

6.3.6 分隔围堰宜采用与陆域形成相同或相近的材料。

6.3.7 分隔围堰的堰顶高程应按式计算：

$$H = H_R + H_C + H_A$$

式中：H——围堰顶高程（m）；

H_R ——陆域形成场地设计高程（m）；

H_C ——预留沉降量（m），根据原地基土及围堰材料性质确定；

H_A ——安全超高（m），取 0.0~1.0m。

【条文说明】分隔围堰安全超高值的取值应充分考虑陆域形成采用的填筑工法，当采用水上吹填填筑工法时，安全超高值不小于 0.5m，采用其余填筑工法时要考虑填筑时陆域形成区域内水面上升情况。

6.3.8 围堰型式宜为斜坡式，其边坡坡比和顶宽可按表 6.3.8 确定。

表 6.3.8 围堰尺度表

项目	边坡坡比		顶宽（m）
	内侧	外侧	
土石围堰	1:1.5~1:2	1:2.5~1:3	>3
袋装土/土工织物充填袋/抛石围堰	1:1~1:2	1:1.5~1:3	

注：当有功能需求时，堰顶宽度应根据需要确定，并适当加宽。

6.3.9 对于吹填填筑区，分隔围堰高度较大且有条件进行分层吹填、分层处理时，宜优先采用吹填料修筑围堰，并按分层筑堰、分层吹填的方式进行设计，分层吹填围堰见图 6.3.9 所

示:

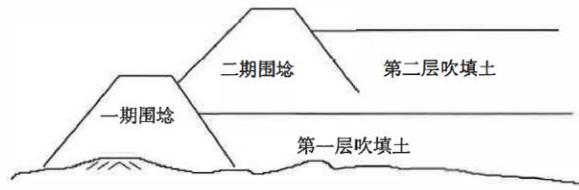


图 6.3.9 分层吹填围堰示意图

6.3.10 分隔围堰与相邻区域的差异沉降应满足机场各功能区的要求。

6.3.11 分隔围堰兼做施工通道时，应进行稳定性计算。

6.3.12 分隔围堰地基处理应按《水运工程地基设计规范》（JTS147）的有关规定执行。

【条文说明】在机场填海工程中，应根据海域环境、原地基土特性、填料性质及来源等，合理确定分隔围堰地基处理方法，分隔围堰地基处理方法主要包括开挖换填法、抛石挤淤法、爆炸排淤法、排水固结法以及复合地基法等。

6.3.13 分隔围堰边坡可采用抛石、砌石、砂袋、混凝土块体（板）、模袋混凝土等护面，护面结构与堤身之间宜根据需要设置倒滤层，倒滤层可采用碎石倒滤层或土工织物倒滤层。

【条文说明】碎石倒滤层可采用分层倒滤层和混合倒滤层。倒滤层设置应按《防波堤与护岸设计规范》（JTS154）的有关规定执行。

6.3.14 围堰顶部有行车要求时，应根据管理、施工需要设置错车道。堰顶宽不大于 4.5m 时，错车道路面宽度不应小于 6.5m，有效长度不应小于 20m。

6.3.15 堰顶路面结构应根据管理、使用要求，并结合围堰填料、气象等条件进行选择。

6.4 填筑设计

6.4.1 陆域形成填筑设计的内容主要包括填料选择、料源区选择与布置、填筑工艺设计等。

6.4.2 陆域形成填筑可采用水上吹填法、水上抛填法和陆上推填法三种填筑工法或几种填筑工法的组合。

【条文说明】应根据填筑材料类型、来料方式、上部使用功能对回填材料的要求和地基处理方式等选择填筑工法。

水上吹填法，即是利用大型专业挖泥船把料源处的泥砂抽挖出来，然后通过排泥管线输送到指定地点进行填筑，或使用运砂船运至近岸区域、通过泥浆泵及输送管线运至指定区域

进行填筑，经过沉积固结处理，形成大面积陆域的作业。

水上抛填法，系指从水上或陆上料源处挖掘填料，利用大型方驳将填料运至填海区域按设计要求进行抛填的工作。

陆上推填法，即从陆上料源处挖掘填料，利用大型工程车辆将填料运至填海区域设计要求进行填筑的工作。

6.4.3 机场填海陆域形成填料应符合下列规定：

1 填筑材料的组成应满足设计要求，并应进行耐久性和无害性试验检测。材料成分检测指标及参数要求可参见《围填海工程填充物质成分限值》；

2 填筑材料应根据机场功能分区、地质条件、地基处理方式、工期、造价等因素进行选择；

3 飞行区道面影响区应选用受海水浸泡影响较小且性能稳定、级配良好、易于密实的材料。

【条文说明】在机场填海工程中，所用材料中不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾（惰性拆建物料除外）、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质。

6.4.4 料源区的选择与布置，应符合下列要求：

1 料源区应避开建（构）筑物、障碍物、爆炸物、水产养殖区及环境敏感区；

2 料源区不应影响附近建（构）筑物、边坡、航道、河势、堤防及海岸的稳定；

3 料源区填筑材料的质量、可开采量以及可供应强度应满足工程建设要求；

4 优先选择无覆盖层或覆盖层薄的料源区；

5 选择海上料源时，宜优先选择距填筑区较近、水深条件适宜、风浪较小、水流较平缓、管线布置较方便的区域；应结合同类型工程经验对料源区的海床进行稳定性分析；对于取土量大、工程条件复杂和敏感地区，应开展潮流、泥沙数学模型或物理模型研究；

6 当疏浚土满足填筑材料要求时，海上料源区可与疏浚区结合；

7 陆上料源区距离填海工程区域间的距离应适宜，运输道路应合理规划，独立设置，避免与市政道路交叉；

8 料源区布置的设计内容宜包括：取土区范围、平面尺寸、取土高程及边坡坡比。

6.4.5 陆域形成填筑工程设计应包括下列主要内容：

1 陆域形成填筑工程总平面布置；

2 确定满足填筑需要的取土填料质量标准和数量；

- 3 确定陆域形成场地设计高程；
- 4 填筑工艺设计；
- 5 结合地基处理方案进行土方平衡设计，并确定填筑设计工程量；
- 6 储料坑设计；
- 7 临时排水设施设计。

【条文说明】陆域形成过程中，挤淤或清淤等地基处理方式一般会产生大量的淤泥，且淤泥也为经处理可利用的建筑材料，宜结合不同分区的功能要求和设计要求，规划好存泥区，做好淤泥存储工作，充分利用。

6.4.6 采用水上吹填法时，应根据吹填工程规模、设备组合以及填筑区域环境进行工程设计，并符合下列要求：

- 1 从经济、技术等方面对施工船舶、设备的组合进行综合分析，提出优化的水上吹填工艺设计；
- 2 施工船舶、设备应适应施工区域的水深、风、浪、水流以及拟吹填材料土质特性等环境条件；
- 3 水域环境应适宜大型吹填设备布设且不影响正常航运、水产等；
- 4 有良好的回水、沉淀和排放条件；
- 5 对水上吹填材料的可挖掘性、输送适应性和填筑适应性进行分层特性分析。

6.4.7 当存在下列情况时，宜采用分层吹填设计：

- 1 当吹填厚度、工程规模大时，可采用分层吹填，各层厚度通过设计计算划分；
- 2 当在软土地基上进行吹填作业时，应分析加荷速率和各级加载的间隔时间，采用分层吹填作业。

【条文说明】目前，国内常用的吹填法一般是将陆域形成区域划分为若干分区，然后以逐步推进的方式进行吹填，由此可能造成不同分区间的土质差异较大，容易引起后期的地基沉降不均匀，地基处理难度大。

分层吹填设计的核心主要体现在两个方面，一是利用不同土质的固结、沉降特点，使吹填物质分层、等厚分布，不同区域的吹填土的固结时间和沉降量基本相同；二是通过分层吹填，控制加荷速率和各级加载的间隔时间，避免原地基软弱土的破坏而出现局部隆起和挤出，减少地基的不均匀沉降。

6.4.8 水上吹填设计工程量宜按下式计算：

$$V = \frac{V_1 + \Delta V_1 + \Delta V_2}{1 - P}$$

式中：V——吹填设计工程量（m³）；

V_1 ——填筑容积量，即陆域形成场地设计高程与原始地面之间的容积；

ΔV_1 ——在施工期内因吹填土自身沉降和填筑土荷载造成原地基下沉而增加的工程量之和（m³）；

ΔV_2 ——超填工程量（m³），根据填筑工程的高程平均允许偏差值计算；

P——填筑料进入吹填区后的流失率（%），根据吹填材料的粒径、排水口的位置、高度及距排泥管口的距离、吹填面积、排泥管的布置、吹填高度及水力条件等施工条件和经验确定。

【条文说明】填筑容积量可采用断面面积法、平均水深法或网格法等方法计算；

6.4.9 采用挖运抛吹施工的吹填法时，宜设置储料坑，其位置选择应符合下列要求：

- 1 应避开水下建筑物、障碍物、爆炸物、水产养殖区及环境敏感区；
- 2 优先选择土质较软、水下地形平坦、与取料区有航路联通、风浪较小、水流平缓的区域；
- 3 距取料区和填筑区较近且管线布置较为方便。

6.4.10 储料坑设计应符合下列要求：

- 1 储料坑宜由 2 个相邻的尺度相同的矩形储料坑组成，水域条件限制时，可设 1 个储料坑；
- 2 平面尺度及深度应满足抛泥船舶及吹填船舶安全作业的要求；
- 3 储料坑的容泥量应满足抛泥船舶以及吹填船舶连续作业的要求，可取月吹填能力的 50%~80%；
- 4 储料坑抛料顶高程宜低于天然泥面 1m 以下，风浪较大时应适当降低；
- 5 边坡应满足稳定性要求。

【条文说明】储料坑为 2 个相邻的矩形储料坑时，单个储料坑长度不小于吹填船舶船长的 3 倍，且不小于抛泥船舶船长的 2 倍，宽度应不小于抛泥船舶船长的 2 倍。按 1 个储料坑设计时，其两侧各半个储料坑的尺寸应满足抛泥船舶和吹填船舶交替并同时安全作业的要求。

6.4.11 水上吹填排水口位置及结构设计，应符合下列要求：

- 1 排水口应选在便于排水、有利于加长泥浆流程和泥沙沉淀的位置，可布设在吹填区的死角或远离排泥管线出口的地方，同时减少吹填施工水对周边环境的影响；

2 排水口数量应满足安全、快速排水的需求，且应考虑潮位变化对泄水能力的影响；

3 排水口可选用溢流堰式排水口、薄壁堰式排水口、埋管式排水口和闸管组合式排水口等形式。

6.4.12 采用水上抛填法时，应符合下列要求：

1 抛填过程质量能够得到有效控制；

2 填筑区水深满足施工船舶的安全抛填要求，且具有通航条件；

3 原地基受水上抛填施工的影响小或通过采取措施可克服该种影响。

【条文说明】水上抛填方式有耙吸挖泥船重载航行到填料区直接抛填和通过泥驳重载航行到填料区抛填两类具体形式，各有相应的适应范围和施工特点。

6.4.13 水上抛填工法设计应符合下列要求：

1 原地基软弱土处理设计；

2 分层抛填工艺设计；

3 抛填后防止抛填料流失以及污染附近海域的工程措施设计；

2 进行抛填后的吹填或推填填筑工法设计，即对水上抛填后标高不足部分，同一分区宜采用同一性质的回填料进行水上吹填或陆上推填，其施工应满足相应工艺要求。

【条文说明】采用水上抛填工法时，因为工艺的需要，必须留有施工船舶安全航行的临时航道，外海围堤不能合拢，因此需要考虑抛填后防止抛填料流失以及污染附近海域的工程措施。

6.4.14 采用陆上推填法时，应根据机场功能分区建设要求、水域地形、工程地质条件、料源条件等进行论证，并符合下列要求：

1 填海区原地基土层不存在易产生滑移挤出、隆起的厚层状软弱土层，或对存在的原地基软弱土层采取处理措施；

2 场址附近土石料储量充足，满足工程建设需求；

3 水下填筑材料受海水浸泡影响较小且性能稳定，且应减少对地基处理和后续工程的不利影响。

6.4.15 陆上推填设计应结合地基处理方案，明确提出推填分层、推填顺序和回填速率等施工工艺参数要求。

6.4.16 水上抛填、陆上推填设计工程量应根据填筑容积量、原地基沉降量、填筑土体沉降量等因素综合确定。

6.4.17 陆域形成填筑工程设计时，应严格执行国家、地方及行业的有关环境保护规定，进行环境保护设计，并符合下列要求：

- 1 对工程可能造成的环境影响进行分析,包括影响范围和类型、影响程度的测定和控制;
- 2 料源区、运料路线、填筑区等作业环节的环境保护设计;
- 3 选择对环境影响小的施工设备和工艺,确定合理的设计参数;
- 4 施工及相关区域环境监测方案设计。

征求意见稿

7 场地地基处理设计

7.1 一般规定

7.1.1 机场填海工程地基处理方法，应根据填海机场场地工程地质条件、填料类型、填筑工法、场地分区以及环境条件及质量控制难易程度，通过经济技术比较综合确定，可采用一种或联合多种地基处理方法。

【条文说明】机场场地地基处理，指的是陆域形成区域的地基处理，即原地基软弱土和陆域形成后的填筑地基处理，但不包括海堤地基处理。机场地基处理标准高，对工后沉降、差异沉降控制严格，对地基处理的质量和可靠性要求高。机场投入运营后，一旦沉降过大，造成道面破坏、地下管线破裂以及场内积水等，影响机场的运营，更严重者甚至会造成飞机不能起降、机场关闭等。同时，机场一旦投入运营，出现地基问题后的维修难度大，对机场运营会有较大影响。

由于机场设功能分区多、使用要求各不相同，同时填海场地环境条件复杂，其地基处理主要具有以下特点：

- 1) 场地面积大，功能分区多，且建设要求各不相同；
- 2) 工程所在区域环境条件复杂（水上、陆地或同时包含），原地基软弱土分布复杂，性质差且差异大；
- 3) 陆域形成中填料的多样性和填筑工法各不相同，导致填料分布不均匀，性质差异大。

目前，国内外已建有填海机场数十座。各机场根据所在地的工程地质条件、用地要求以及经济状况，采用不同的地基处理方案，具体见以下列表。

说明表 7.1.1 近年来沿海机场飞行区道面及影响范围的地基处理方案

机场名称	建造年代	地质条件	地基处理方案
深圳宝安国际机场一期	1991	淤泥深度 6-12m	跑道、联络道、滑行道大换填，停机坪、站坪排水固结堆载预压
深圳宝安国际机场二期	2006	淤泥深度 6-12m	主跑道换填，联络道、滑行道、停机坪、站坪排水固结堆载预压，一跑道与二跑道之间穿越道采用管桩桩网
深圳宝安国际机场三跑道	在建	淤泥平均厚度约 6m，最大厚度 13.9m	跑道清淤换填+振冲密实，滑行道插板堆载预压+振冲密实，土面区插板堆载预压

香港赤腊角国际机场 一期、二期	1997	淤泥深度 15-20m	跑道、联络道大换填
	在建		深层水泥搅拌法
澳门国际机场	2001	淤泥质土深度 30m	排水固结和换填砂后振冲法
上海浦东国际机场	1996	软粘土 20-30m	一跑道采用垫层强夯法，二跑道采用堆载预压法结合降水强夯，三跑道采用冲击碾压方法（古河道采用真空预压）、四、五跑道排水固结堆载预压处理
温州龙湾国际机场	1991	软粘土 40m	排水固结堆载预压处理
宁波栎社国际机场	1992	软粘土超过 30m	排水固结堆载预压处理
厦门翔安机场一期	在建	吹填淤泥厚度 5m, 原状 淤泥 2-8m	排水固结堆载预压处理

7.1.2 填海机场飞行区地基处理标准应按《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）执行；航站区和工作区满足场地平整要求，其后续的建筑（构）筑物应根据具体使用要求和相关技术规范进行处理。

【条文说明】航站区、工作区的场地处理后，应能够给后续施工提供条件，有利于基坑开挖、桩基础施工、地下管网开挖埋设等。

7.1.3 对原地基工程地质条件复杂、填筑材料多样、填筑体构成复杂的机场陆域形成场地，在大面积地基处理施工前，应通过现场地基处理试验确定地基处理方法、工艺、参数和检测标准等。

【条文说明】基于填海机场场地条件的复杂性，不同地基处理方法的环境适应性、工程造价差异巨大，故应开展地基处理试验及技术经济综合比较。通过开展机场填海地基处理试验，将验证、优化地基处理设计方案，为全场大面积地基处理施工提供适宜的地基处理方法、工艺和参数，以及控制指标和检测方法，并验证和修正勘察报告给出的土工参数。

7.2 沉降分析

7.2.1 机场填海工程地基沉降计算内容应包括施工期沉降、最终沉降量、工后沉降及工后差异沉降等。

7.2.2 机场填海工程地基沉降计算土层应包括陆域形成的填筑层、原地基软弱土层及下卧土层。

7.2.3 地基沉降计算时，应根据地质条件、土层的压缩性、地基排水条件、使用功能、荷载大小及加载过程等，将场地划分若干代表性区域分别计算。

7.2.4 地基沉降计算方法应根据场地工程地质条件、地基处理方法和使用工况等确定，计算

方法和计算土层深度参照现行行业标准《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T5027）、《建筑地基处理技术规范》（JGJ79）、《吹填土地基处理技术规范》（GB/T51064）等。

7.2.5 地基沉降计算的附加荷载取值，应符合下列要求：

1 飞行区道面影响区沉降计算的荷载应取填筑体自重、飞机活荷载（机坪区），其中填筑体自重包括由于高程不足或因预压沉降地表低于设计高程而回填或补填土的自重、道面结构层自重等；

2 航站区、道路等场地，沉降计算的荷载取值应取填土自重、使用荷载；

3 工作区、预留发展区、飞行区土面区沉降计算的荷载取值应不低于填筑体自重。

7.2.6 地基沉降计算时的地下水水位宜采用 20 年一遇平均低潮位。

7.2.7 在确定土工参数、经验系数等计算参数时，应有效利用地基处理试验工程取得的成果。

【条文说明】场地原地基软弱土层及填筑体沉降受土层性质、应力历史、荷载水平、加载方式、试验方法等多因素影响，计算沉降量与实际有一定的差异，应充分利用试验段取得的沉降数据及沉降计算参数修正设计计算。

7.3 地基处理试验

7.3.1 机场填海地基处理试验应结合工程实际需要进行，并符合下列要求：

1 地基处理试验对象宜包括原地基软弱土、分隔围堰地基、陆域形成填筑地基等；

2 选取的试验段位置的工程条件应具有代表性；

3 根据功能分区、地质条件选择地基处理方法，并对多种地基处理方法进行现场试验对比；

4 采用同一种地基处理方法但参数不同，且该参数对工程质量、工期、造价影响较大时，宜设置不同的试验区；

5 宜采用多种不同检测方法对比研究地基强度、变形特性，推算地基土变形、稳定性计算参数；

6 采用新技术、新工艺、新设备、新材料时，应进行专项试验研究。

7.3.2 机场填海地基处理试验方案应结合各类地基处理方法的特点，合理确定试验规模和边界条件。

【条文说明】对于强夯或强夯置换法，每个试验区的面积不宜小于 20m×20m，试验区数量应根据填海工程场地复杂程度、处理规模等确定。

对于复合地基、注浆加固、淤泥固化等，宜根据试验目的和环境条件确定试验区尺寸，以为确定设计参数、检验施工方法、设备能力等提供依据。

对于堆载预压、真空预压或联合预压法，宜根据试验目的和环境条件确定试验规模，并合理确定各试验分区间的间距，以为确定加载控制指标、推算土的固结系数、固结度以及沉降量等提供依据。

7.3.3 机场填海地基处理试验工程的主要工作内容，应包括制定试验大纲、试验区详细勘察、制定试验方案、试验施工、检测与监测和试验总结等。

7.3.4 试验大纲的内容，应包括试验目的及意义、地基处理试验方案、检测与监测、候选试验地点、详细勘察要求、工期、费用和预期成果等。

7.3.5 应对每个试验区进行详细勘察，勘探点不少于 3 个，同时应给出地层分布和参数指标的测试结果。

7.3.6 地基处理试验设计的主要内容，应包括试验区布置、规模、地基处理试验工法设计、技术指标、施工技术要求等，并符合下列要求：

- 1 制定试验工程的工艺流程；

- 2 对采用的地基处理方法的关键技术、关键参数、材料型号与规格、特殊材料的质量要求、检验方法、质量控制标准、施工设备种类与功率、施工方法、施工工艺和施工顺序等，进行详细说明；

- 3 提出填筑材料质量标准、填筑速率控制标准、填筑工艺流程、预压时间与质量检验等。

7.3.7 试验检测设计应包括检测项目、方法、检测频率等；监测设计应包括监测项目、测点位置、监测精度、监测频率、分析要求等。

7.3.8 采用施工过程中实时监控技术时，宜结合施工工艺进行现场相关性校验试验，并符合下列要求：

- 1 建立传感器输出特征参数与常规质量检验指标的相互关系；

- 2 确定施工过程中控制参数；

- 3 确定监控设备的定位精度和数据传输能力。

7.3.9 试验实施过程中，应对勘察、施工、检测和监测等全过程及环境进行详细纪录。

7.3.10 试验总结报告应符合下列要求：

- 1 全面反映勘察、试验施工、检测和监测等；

- 2 分析地基处理前后，地基强度、变形特性；

- 3 对试验成果进行分析评价，提出合理建议。

7.4 地基处理设计

7.4.1 机场填海工程地基处理设计,应根据填海机场原地基、陆域形成后的地基状态和机场各功能区的要求等有针对性进行,其中飞行区道面影响区的地基处理应重点控制地基工后沉降和差异沉降,提高地基土的均匀性和密实性。

7.4.2 地基处理应按照机场建设时序要求进行,并符合下列要求:

- 1 飞行区近期建设区域应一次处理到位;
- 2 近期航站区、工作区、预留发展区可达到场平处理的要求;
- 3 应统筹安排近期、远期地基处理范围。

7.4.3 原地基软弱土地基、陆域形成后的填筑体地基的处理顺序,宜根据填料性质、陆域形成工艺和地基处理要求等确定,并符合下列要求:

1 当填筑材料为石料和土石混合料时,宜在填筑前完成排水板、砂井、搅拌桩等施工,薄层软弱土可换填或与陆域形成填筑体一并进行处理;

2 当填筑材料为土料、砂料时,对原地基软弱土可在陆域形成前或形成过程中同时处理,或在陆域形成后与陆域填筑体一并进行处理;

- 3 当填筑材料为特殊土料时,应进行专项试验。

【条文说明】石料、土料、土石混合料、特殊土料的分类要求见《民用机场高填方工程技术规范》(MH/T 5035-2017)。

7.4.4 原地基软弱土的处理方法,应根据原地基软弱土层厚度、填料性质和填筑工法等确定,并符合下列要求:

1 对原地基软弱土,可选用清淤换填、预压法、复合地基加固等一种或多种联合地基处理方法;

- 2 处理后的原地基软弱土,应能够为陆域形成填筑施工创造条件;

3 原地基软弱土处理施工过程应不与陆域形成填筑施工在时序、建设土地使用等方面产生障碍;

- 4 分隔围堰地基处理方法宜与周边陆域形成场地地基处理方法一致;

- 5 不同地基处理分区、陆域形成与非陆域形成交界处、分隔围堰等应采用过渡处理措施。

7.4.5 陆域形成填筑体的地基处理方法,应根据填料性质、机场用地要求等确定,并符合下列要求:

- 1 当填筑材料为石料时,可采用强夯方法进行处理;

- 2 当填筑材料为砂料时，可采用振冲、强夯等方法处理；
- 3 当填筑材料为土料时，可采用排水固结、固化、复合地基加固等方法处理；
- 4 当填筑材料为混合土时，应进行专项研究，并通过现场试验验证，确定处理方案。

【条文说明】对于砂料及土料填筑，当填筑出水面后，可采用分层碾压方法进行处理。

7.4.6 当地基土的差异沉降较大时，应设置地基处理差异沉降过渡带，同时可考虑回填轻质材料、增加整体刚度、强度等结构构造措施，以及调整施工程序与进度等措施。

7.4.7 当原地基存在需要清除的淤泥、高液限粘土和流泥时，可采用清淤换填法。清淤换填法可分为水下清淤换填和抽水后陆上清淤换填。清淤换填处理方式应根据工程情况选择。

【条文说明】采用水下清淤换填时，宜均匀抛填，回淤严重的地段应控制抛填的间歇时间，避免出现淤泥夹层；采用抽水后的陆上清淤换填时，应分层填筑、分层压实。

7.4.8 清淤换填法应根据场地工程地质条件、海域环境等进行设计，并符合下列要求：

- 1 根据工程情况验算边坡稳定性，确定清淤边坡坡比；
- 2 进行回填材料以及回填材料地基处理方法设计；
- 4 进行检测和监测设计；
- 5 根据监测数据动态调整设计参数。

7.4.9 当地基土为强度较低、压缩性较高的粘性土时，可采用预压法进行处理。预压法可分为堆载预压法、排水堆载预压法、真空预压法、真空联合堆载预压法等。

【条文说明】预压法的设计和施工应符合《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79）相关规定。

7.4.10 预压法应根据工程地质条件、填海工程特点和工程要求进行设计，并符合下列要求：

- 1 竖向排水设计，计算地基固结度、沉降、强度增长、抗滑稳定性等；
- 2 排水垫层设计；
- 3 采用真空预压或真空联合堆载预压时，应确定真空管网结构、密封措施等；
- 4 确定预压荷载、加荷速率与稳定性验算；
- 5 确定预压满载时间、卸载标准；
- 6 质量检测和监测设计，并根据根据监测资料动态调整设计参数。

7.4.11 采用竖向排水体型式的预压法时，应根据土层性质、工期要求等进行设计，并符合下列要求：

- 1 合理确定其间距、排列方式和深度等设计参数；
- 2 竖向排水体可采用塑料排水板或袋装砂井，处理深度超过 15m 时宜采用塑料排水板；

3 塑料排水板应由原生材料制作并可测深度。

7.4.12 预压法水平排水垫层的厚度宜根据垫层材料性质、水上和或陆上作业条件等确定。

【条文说明】水平排水垫层宜采用中粗砂、碎石，渗透系数宜大于 $5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，含泥量应小于 5%。陆上排水垫层厚度宜不小于 0.5m，水下排水垫层厚度宜不小于 1.0m。

7.4.13 预压荷载应根据不同的设计工况确定，并符合下列要求：

1 施加的荷载应包括预压荷载、由于高程不足或因预压沉降地表低于设计高程而回填或补填土的自重等，预压荷载宜不小于使用荷载；

2 飞行区道面影响区使用荷载应包括地基处理交工面以上结构层自重、飞机荷载造成的地基附加压力等；

3 当在规定时间内不能满足加固要求时，可采用超载预压，预压荷载应通过试算确定。

7.4.14 预压分级加荷速率应根据土层性质确定，同时进行加载稳定性验算，并符合下列要求：

1 加载速率应与地基土的强度增长相适应，加载各阶段应进行地基稳定性验算，稳定性安全系数应符合《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T5027）规定；

2 进行稳定分析时，施工期荷载应包括填土荷载、超载、沉降附加荷载等，运营期荷载应包括沉降附加荷载、道面结构荷载和飞机荷载等；

3 浸水地段应考虑水位变化对稳定的影响；

4 当地基浅层软土性质差、软土厚度小或附近有开挖作业时，应验算水平滑动、软土挤出等非圆弧滑动的安全性，安全系数应不小于 1.3。

7.4.15 预压满载时间、卸载标准应根据土层性质、机场各功能区的场地使用要求等确定，并符合下列要求：

1 飞行区道面影响区的工后沉降、工后差异沉降应符合《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T5027）规定；

2 其他区域预压时间应满足工后沉降标准。

7.4.16 强夯法可分为普通强夯法、降水强夯法、强夯置换法。当地基土为碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、杂填土和素填土时，可采用普通强夯法进行处理；饱和的粉土等中等渗透性土可采用降水强夯法处理；饱和软土的厚度较薄时，可采用强夯置换法处理。应根据地质特点和工程要求，选择合理的强夯处理方式。

【条文说明】降水强夯法，即是采用强夯密实和降水相结合的方式对地基处理的方法。在降水强夯过程中，降水形成负压固结，在进一步的夯击作用下，土体内形成较高的动力水头，

使其在较短时间内快速降低土体中的含水量，并密实土体；在进一步的夯击作用下，进一步提高土体中的孔隙水压力，以更高的动力水头进行排水和密实土体；经多遍夯击后，将有效消除深层软土的工后沉降，提高土体的固结度、强度和刚度。该方法施工速度快、费用低、效率高且加固深度可控。降水强夯法的主要工艺要求如下：

1 降水宜先采用人工降水或铺设一定厚度的砂石垫层，通过现场试验确定施工参数和处理效果；

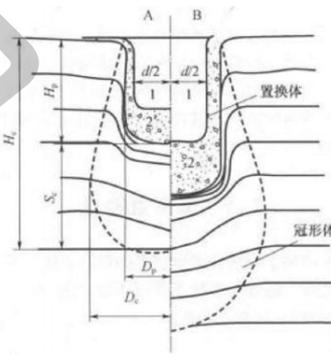
2 降水深度及降水持续时间应根据土质条件和地基有效加固深度确定，并应在降水施工期间对地下水位进行动态监测；

3 当土的渗透性较差或者工程需要时，需多次降水；

4 强夯施工时，地下水位应低于规定的深度；

5 应坚持“先轻后重，少击多遍”原则。

强夯置换法或强夯块石墩法，是指利用重锤夯击软土，同时向夯坑内回填块石、碎石、砂或其他颗粒材料，最终形成块(碎石)墩(如下图所示)，块(碎石)墩与周围混有砂石的夯间土形成复合地基，其承载力和变形模量有较大的提高，而块(碎石)墩中的空隙为软土孔隙水的排出提供了良好的通道。经过强夯置换法处理的地基，既提高了地基强度，又改善了排水条件，有利于软土固结。强夯置换法或强夯块石墩法已经在填海机场、高速公路等地基处理中获得了应用。强夯置换法或强夯块石墩法施工过程中引起的孔隙水压力，在水平方向一般局限在距离强夯置换点附近的水平距离范围内，而其深度方向的影响则比较大，即比之常用的强夯法有较大的加固深度，兼有强夯压密效果和复合地基整体性好的特点。



说明图 7.4.16 强夯置换法或强夯块石墩法过程剖面图

强夯置换墩体材料可采用级配良好的块石、碎石、矿渣、建筑垃圾等坚硬粗颗粒料，且粒径大于 300mm 的颗粒含量不宜超过 30%；强夯能级及点夯夯击次数应确保墩底穿透软弱土层。

随着技术的发展,在机场工程出现了高能级强夯应用技术。高能级强夯,指单击夯击能大于 6000kN.m 的强夯,其通过更大的冲击能量,提高有效加固深度至 10~20 米,甚至更大,可显著提高地基土强度和均匀性,降低压缩性,减少工后沉降,改善土体抵抗振动液化能力等,在加固处理抛石填海地基方面具有显著优势。近年来,为了有效提高填海工程中的厚层状填土以及湿陷性黄土地基的承载力,减少工后沉降,国内已相继开发了夯击能力为 18000kN.J、25000kN.J 和 30000kN.J 的强夯设备,并进行了高能级强夯施工试验,开展了地基沉降、位移和孔隙水压力的动态监测,以及加固前后的原位试验检测、监测。试验结果表明,高能级强夯处理后,地基的压缩变形显著,有效地消除了地基的沉降,提高了地基土的密实度。

7.4.17 强夯法设计应符合下列要求:

- 1 根据地下水状态和土层性质进行降水设计。当填筑材料为石料、土石混合料、砂料等渗透性强的填料时,可采用人工降水、止水结合的方式降水;
- 2 提出单击夯击能、夯击点间距、单点夯击击数、单点夯击遍数等技术要求;
- 3 提出强夯过程监测技术要求,监测项目宜包括地表沉降和隆起、孔隙水压力等,并根据监测资料确定收锤标准和各遍点夯之间的间歇时间等;
- 4 当采用强夯置换法时,应进行强夯置换墩体材料设计、强夯置换深度计算;
- 5 提出强夯效果检测技术要求;
- 6 根据检测和监测资料动态调整设计参数。

7.4.18 采用复合地基处理法时,应根据使用要求、工程地质和水文地质条件、工期、地区经验和环境保护要求等,经技术经济比较后确定复合地基处理工法。复合地基处理工法主要有水泥土搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩、预制桩、砂桩、碎石桩等。

【条文说明】水泥搅拌桩、旋喷桩适用范围:适用于处理淤泥、淤泥质土、粉土、黏土、砂土等地基;对地下水具有腐蚀性、有机质土、泥炭质土,应采取针对性措施并通过现场试验确定其适用;不宜在渗流较强的砂土中使用。

砂桩、碎石桩等散粒体加固体适用范围:处理松散砂土、粉土、粘性土、填土等地基;当处理飞行区道面影响区软粘土层时,应进行专项研究,必要时采用联合预压法处理。

7.4.19 复合地基设计应符合下列要求:

- 1 根据地质条件和使用要求,确定桩体材料、桩体截面尺寸、桩长、桩间距等;
- 2 根据复合地基的型式、桩土相对刚度和工程地质条件等因素,确定复合地基基层范围、厚度和垫层材料;

- 3 进行承载力和沉降计算，对位于坡地的复合地基均应进行稳定分析；
- 4 提出检测和监测技术要求；
- 5 根据检测和监测资料动态调整设计参数。

7.4.20 采用振冲法时，应根据填料性质、填筑体状态和机场各功能区场地的承载力、沉降控制要求确定振冲法工艺。振冲法可分为振冲密实法、振冲置换法。

【条文说明】振冲密实法是指经过振冲法处理后地基土本身强度有明显提高，适用于处理粉砂、细砂等粗颗粒地基，其加固效果对粗颗粒地基的含泥量大小较为敏感；振冲置换则是指经过振冲法处理后地基土强度没有明显提高，主要通过用强度高的碎(卵)石置换出部分原土体，从而形成由强度高的碎(卵)石桩柱与周围土体组成的复合地基，从而提高地基强度，适用于处理剪切强度不小于 20kPa 的细颗粒土地基。

7.4.21 振冲法设计应符合以下要求：

- 1 应根据填料性质、填筑体状态和机场各功能区场地的承载力、沉降控制要求，确定振冲法的加固深度和孔间距；
- 2 应提出检测技术要求；
- 3 应进行振冲抗液化能力验算等。

【条文说明】振冲法设计时，宜采用正三角形或正方形布桩方式，孔距设计一般由以下几种方法确定：

- 1 现场试验法；
- 2 填料量估算法；
- 3 经验公式法。

8 工程施工

8.1 一般规定

- 8.1.1 机场填海工程施工应实现工地建设、施工工艺和施工过程管理的标准化、信息化。
- 8.1.2 在机场填海工程施工中，提倡采用新技术、新工艺、新设备、新材料。
- 8.1.3 在机场填海工程施工中，宜采用数字化技术，实现过程控制的实时监控和可追溯管理。
- 8.1.4 机场填海工程施工应满足绿色施工的要求。
- 8.1.5 对改（扩）建机场的填海工程，应满足不停航施工的要求，填海及软基处理工程不得影响机场的正常运营。

8.2 施工组织

- 8.2.1 机场填海工程施工组织总体布局，应符合下列要求：
 - 1 施工总平面布置宜结合功能区划分、施工流向，分阶段规划；
 - 2 施工分区界面清晰合理，施工段的划分宜尽可能减少交叉干扰；
 - 3 陆上施工组织应“五通一平”，宜永临结合、合理冗余、分期调整；
 - 4 生活区、办公区宜集中设置；
 - 5 临时码头、预制场宜结合设置，优先选用已有场地。

【条文说明】“五通一平”，即路通（路上、航道）、水通、电通、网通、排水通和场地平整。临时便道考虑材料运输、使用时间、排水的影响，避免临时便道影响填筑效率；按照不同阶段进行施工现场总体平面布置，包括拟建永久性、临时建筑物布置；临时供水、供电、施工道路、排水系统；施工机械设备配置等内容。

大型水工构筑物预制构件多采用水上运输、安装作业方式，预制与出运应一体设计。由于建设费用较大，条件允许时优先选择已有设施。

在空间组织管理上合理确定分区、分段和施工流向、施工顺序；根据结构形式、区域、施工工艺、工作量大小、界面衔接、建设周期等内容，对项目施工组织标段合理划分。

- 8.2.2 机场填海工程应根据项目规模、环境条件、工期等，制定总进度综合管控计划。
- 8.2.3 填海工程工期计划与施工顺序，宜符合下列要求：

1 施工组织应以航站区和飞行区道面影响区为主线，确定工期计划，并考虑地基稳定期要求；

2 海堤应优先施工，再进行分隔围堰及其它施工；

3 优先对飞行区道面影响区和航站区进行施工。

【条文说明】制定工期计划时，应对关键工序的施工强度、资源配置及工效等进行分析，考虑各工序工艺技术间歇时间、复杂气象或潮汐影响时间，对地基稳定要求高、沉降时间长、工艺技术间歇时间长、上部结构建设周期长的区域先期实施。优先安排飞行区道面影响区、航站区的施工，不同功能区之间、过渡段处理按质量要求较高区域控制。

由于原地基软弱土在填筑体荷载作用下以及填筑体本身均可能产生沉降，为减少机场场地的工后沉降和创造良好的运行条件，应设置一定时段的自然沉降期。

8.2.4 施工材料和组织运输，应在施工工效分析、设计与测算的基础上合理配置，并符合下列要求：

1 需要水上远距离运输材料时，宜设置储料（池）场，填料储存量应满足施工进度需求；

2 优先规划和完善施工道路、航道系统；

3 临时码头、场外道路、场内道路应满足工程材料运输量、重载反复行驶要求。

8.2.5 工程设备应根据填海工程规模、施工强度、海域水文条件等要素进行配置，并符合下列要求：

1 填海工程设备选型、数量应在施工强度分析基础上进行，选择性能好、环境适应性好、节能、环保型设备；

2 合理选择运输设备，适应运输路线、运输道路（航道）等环境条件；

3 材料运输、海堤填筑、陆域形成、地基处理等设备宜采用信息化技术，设置防碰撞、定位系统，满足安全要求；

4 根据施工工艺要求，应对不同机械设备制定安全、环保措施。

【条文说明】由于机场填海工程规模大、施工强度高、工期较长且施工环境复杂，需要大量大型施工和运输设备。目前填海工程所用大型设备种类繁多，例如用于水上吹填的设备有机械式挖泥船（反铲挖泥船、抓斗挖泥船、链斗挖泥船等）、水力挖泥船（吸砂船、绞吸挖泥船、耙吸挖泥船）以及其它相关设备（环保挖泥船、抛石船等），各类设备有不同的适用范围。因此，应根据不同型号的设备规格、效率、成本费用、环保性能以及对环境条件的适应性等，在多方案组合分析的基础上，确定设备选型。

随着物联网技术的发展，将数字化应用到工程设备中，可通过可视化提高日常操作的准

确度，采用集成的解决方案替代传统系统，可有效提高运行效率、改善设备预防性维护和健康状况、最大限度减少停机时间和降低维修成本，并提高设备的作业安全度。因此，鼓励在机场填海工程中采用基于数字化、物联网的信息化技术。

8.3 海堤施工

8.3.1 海堤工程应根据设计要求和相关技术规范进行施工，并符合下列要求：

1 确定海堤施工顺序，应做好各施工工序的转换和搭接，合理分段和配置资源，工序流水和搭接紧凑，尽快形成全断面稳定结构；

2 根据风潮的影响，堤身的加载速率应满足堤身稳定与进度要求。

【条文说明】海堤施工可参照的技术规范，主要包括《防波堤设计与施工规范》（JTS154-1）、《海堤工程设计规范》（GB/T 51015）、《堤防工程设计规范》（GB50286）、《重力式码头设计与施工规范》（JTS 167-2）。

8.3.2 在海堤施工过程中，应设置平面、高程控制点，同时在断面高程变化处设置断面标，在海堤中心线位置设置里程标。

8.3.3 海堤顶标高应根据海堤地基的工后沉降量控制，堤身和堤基的预留沉降量应满足设计要求，并满足改（扩）建施工的安全性要求。

8.3.4 斜坡式海堤施工应按《防波堤设计与施工规范》（JTS 154）执行，并符合下列要求：

1 海堤施工应分级加载，并根据水平位移、垂直沉降和孔隙水压力等监测信息控制填筑速率；

2 软土地基上堤身分层施工时，相邻施工标段高差与时间差应控制在允许范围内；

3 海堤堤身内侧应根据潮汐变化设置护面反滤层，护面反滤层的级配、结构满足设计要求；

4 临海侧堤脚应及时进行抛石护堤，可通过试验段施工总结确定抛石稳定重量、厚度、宽度等；

5 斜堤胸墙或压顶中的减压孔位置、数量以及通畅性应逐一检查检测。

8.3.5 直立式海堤施工应按照《防波堤设计与施工规范》（JTS 154）、《重力式码头设计与施工规范》（JTS 167-2）要求进行，并满足下列要求：

1 直立堤与斜坡堤衔接时应先施工衔接处的直立堤；

2 陆域填筑施工前，直立堤接缝处的倒滤层应施工完成。

8.3.6 龙口的选址、规模、截流应符合下列要求：

1 龙口选址应考虑龙口进出水流平顺、易于防冲保护、便于截流快速施工、方便截流坝结构与龙口两侧海堤结构可靠衔接，不宜设在两个标段衔接处；

2 正对涨落潮方向的海堤上不宜设龙口，龙口不宜设置在直立堤处；

3 龙口规模和防护应控制龙口上流速和龙口内外水位差在合理范围，满足龙口防冲、截流结构施工和施工期海堤防渗稳定要求；

4 龙口护底施工应先于相邻海堤施工；

5 截流应选在潮差较小的时段。

8.3.7 沿海堤轴线应设置满足设计要求的永久性监测点，在施工期和使用期间对海堤的沉降、位移和倾斜进行定期监测。

8.4 陆域形成施工

8.4.1 陆域形成施工包括围堰施工、陆域形成填筑施工，其中陆域形成填筑施工依据填料性质、来源、填筑要求等，采用水上吹填、水上抛填、陆上推填等一种或多种工艺。

8.4.2 陆域形成施工应根据设计要求，对填筑料源地选择、开采过程等进行控制，并符合下列要求：

1 合理规划和选择料源地、开采工艺、运输方式、储存场地等；

2 料源宜根据陆域或海域填筑方式进行分类开采，并对填料的性质、规格、有害物质含量进行控制。

8.4.3 围堰施工应根据设计、规范要求，结合环境条件和填料来源等有序组织，并符合下列要求：

1 陆域形成应根据场地条件、料源和场地建设要求，以及围堰几何尺寸、结构形式、填料等选择适宜的工法；

2 围堰填筑材料应结合场地建设要求、料源情况等确定；

3 围堰原地基处理应以压实、稳定；

4 在飞行区道面影响区范围内，围堰的填筑材料应与场区内的填料基本相同；或可采用大砂袋围堰方案，即先清淤、吹填砂后，再吹填通长砂袋；

5 当存在可能的水力冲刷时，应对围堰进行适当的护面处理。

【条文说明】在机场填海工程中，围堰一般是在海堤完成后或同步实施，主要起到填筑施工区域分隔和临时施工道路等作用，围堰地基处理方法主要由抛石法、抛石挤淤法、袋装吹砂（土）法、排水固结法或多种方法组合等，或与围堰结构同步实施的直接成堤法。

8.4.4 陆域形成填筑施工应根据设计要求，结合环境条件和填料性质，选择适宜的填筑施工工艺，合理组织填筑施工，并符合下列要求：

1 根据机场各功能分区的建设要求，选择性质相适应的施工填料，同一功能区应避免采用性质差异大的材料混填，航站区、综合管廊区不宜采用填石方案；

2 同一功能区的填筑工法宜相同；

3 当原地基存在厚层状软弱土时，应保持回填层下部软基厚度的均匀性；

4 根据机场建设时序规划和沉降控制要求，应合理组织陆域形成填筑的施工顺序和施工流向。

8.4.5 采用水上吹填法施工时，应符合下列要求：

1 根据填料性质、原地基土性质、填筑位置、形状、大小、水深等因素，确定吹填设备、管线布置、吹填分区、吹填方向、泄水口位置等；

2 吹填施工前，应对吹填区场地的杂物进行清理，对围堰、排水口、排水通道等应进行确认；

3 根据料源性质、原地基土性质、施工设备性能、输送距离等，综合确定吹填施工的分区；

4 吹填宜分区、分层施工，分层厚度应不大于设计分层厚度；

5 吹填施工的排水口设置应远离飞行区道面影响区及主要建（构）筑物；

6 吹填时应及时调整吹填管口的位置，控制排水口和吹填流距，保证同一功能区的吹填料沉积均匀，减少填料流失；

7 吹填过程中应对填筑高度、内外水位、位移和沉降进行观测，并根据设计要求和现场观测数据，控制吹填加载的速率，防止产生淤泥隆起或危及海堤、分隔围堰的稳定；

8 吹填过程中，应在吹填区内布控制标杆，同时合理规划吹填分支管线的布设走向、控制吹填高程。

【条文说明】在确定吹填施工方式时，应充分考虑工程环境、工程量、工期、土质、水文、气象、水深条件和疏浚土管理方式等因素，以及疏浚设备技术性能。施工船舶设备可参照《疏浚与吹填工程施工规范》（JTS 207）选取。吹填距离超过吹填施工船舶的最大合理吹距时，宜采用接力泵。吹填管线的规格和质量应适应吹填土质、流量和排压的要求；施工中应对管

线进行跟踪检测，因磨耗致管线质量难以满足吹填要求时，应提前更换。

在下列情况下，吹填施工应分区实施：

1 工期要求不同时，按合同工期要求分区；

2 对吹填土质要求不同时，按土质要求分区；

3 吹填区面积较大、原有底质为淤泥或吹填砂质土中有一定淤泥含量时，按避免底泥推移隆起和防止淤泥集中的要求分区。

在下列情况下，应分层吹填：

1 设计要求不同时间达到不同的吹填标高时；

2 不同的吹填标高有不同的土质要求或需对不同土质进行分层地基处理时；

3 吹填区原地基为淤泥类土，吹填易引起底泥推移造成淤泥集中时；

4 海堤或围堰高度不足，需用吹填材料在吹填区分层修筑海堤或围堰时；

5 其他不适合一次性吹填的情形。

吹填区内管线和排水口，宜根据吹填区地形、几何形状、吹填材料性质等条件布设，按有利于吹填材料沉淀、吹填材料均匀分布、吹填平整度好、余水含泥量低及利于吹填后地基处理施工的原则确定。排水口一般布设在填区的死角或远离吹填管线出口，且利于排水的位置。根据管口的位置及方向，排水口底部高程的变化及时延伸吹填管线。排水管的口径尺寸和高程可根据排水要求和沉淀效果确定。

吹填过程中，应对填筑高度、内外水位、位移和沉降进行观测，并根据设计要求和现场观测数据，控制吹填加载的速率，防止产生淤泥拱起的现象。如海堤或围堰发生较大变形等危险迹象，应立即停止吹填，并采取有效措施处理。

吹填过程中，宜在填筑区应设若干水尺，观测整个填筑区填料标高的变化，指导吹填管线的调整。

8.4.6 采用水上抛填法施工时，应符合下列要求：

1 根据料源地与填筑区距离、抛填材料性质、原地基土质等因素配置抛填施工船舶、设备，合理设计抛填施工工艺；

2 抛填设备应根据水域深度选择，抛填后水深应满足船舶的安全吃水要求；

3 抛填施工时应根据水深、流速等固定抛填船位置，保证抛填准确性；

4 抛填点位布置应均匀、分层填筑，抛填分层厚度及相邻段高差应符合设计要求；

5 抛填施工时，海堤应设施工船舶进出口门，进出口门的布置、结构、水文条件应满足使用要求；

6 抛填出水后标高不足部分，可陆上推进推填或吹填补齐。

【条文说明】目前，抛填工艺主要有以下几类：

皮带船+铺砂驳工艺：皮带运输船抵达施工点后，向泵砂船输砂，泵砂船通过管线向施工区内泵砂，将皮带船供应的砂料转化为泥沙混合物，通过船上管道及摊铺头进行均匀摊铺。根据吹填管线长度、铺砂驳锚缆长度及可施工角度等限制因素，确定铺砂驳的铺砂面积，再将施工区划分成同等规格小格，制作成施工文件，校对船舶定位系统，调整施工参数，

泵砂船+铺砂驳/平板驳工艺：泵砂船在合适水域选取驻船位置，皮带船转运、打砂至泵砂船砂舱，砂舱底部设有漏口砂门，由液压油缸控制漏口砂门大小。在砂舱底部一侧有砂管和砂泵相通，另一侧有水管与给水泵相通，落入砂舱的砂在水泵的作用下与水混合后再被砂泵吸走，砂舱中的砂通过砂泵和管道输送到指定的施工区。

横鸡趸抛砂工艺：皮带砂船来砂作为砂料来源，将砂料输送至横鸡趸内（前期采用横鸡趸从 BCF 供砂），横鸡趸通过安装的平面定位系统定位。横鸡趸放砂位置根据定位架位置确定，定位架通过尼龙绳绑定在船的一侧，可通过横鸡趸绞移锚确定最终位置。横鸡趸定位架规格为 $18 \times 6\text{m}$ ，分成 $6 \times 2 = 12$ 个抛砂格，每个抛砂格面积为 $3\text{m} \times 3\text{m} = 9\text{m}^2$ ，横鸡趸抓斗斗容 4.5m^3 ，每个抛砂格 1 斗，以此控制砂料铺设厚度为 0.5m 。抛砂时，横鸡趸在定位架上方 0.5m 释放，砂料经过定位架筛网的阻挡、减速，达到海床面以上 2m 释放的效果，满足设计要求。

开体驳+信标机定位的水上船抛石工艺：该工艺为石料开采后装卸汽车运至石料下水码头，机械装入开底驳，运至抛填区抛填，采用信标机定位技术，通过卫星实时定位，抛填石料时可做到“齐”、“准”、“快”，定位准确后立即打开驳体卸掉石料，然后对开驶离抛填区。该工艺效率高、速度快，目前在大型土石方水上抛填中应用广泛。

挖掘机+平板驳的水上船抛石工艺：采用甲板驳抛填时，定位完成后甲板驳抛锚固定位置，再采用挖掘机把甲板驳上的石料卸入抛填区中，卸料过程中甲板驳可通过绞锚机微调船位，直至将甲板驳船上的石料卸完，然后甲板驳驶离抛填区域。该工艺应用在基床抛石上层，具有角度高、平整度好特点。水上抛填石料时，根据当时的水深、水流和波浪等自然条件对块石产生的漂流影响，确定并微调抛石船的驻位。抛石的过程中，要求石料均匀抛填，尽可能使抛石料厚薄均匀。

8.4.7 采用陆上推填法施工时，应符合下列要求：

1 结合水位和填料种类确定水、陆施工分界线；

2 临时施工通道应根据场地分区、施工组织设置，临时施工通道的填筑材料和工艺宜与所在的场地分区相同；

3 根据水深、地质条件确定分层方案和填筑方式，保证地基稳定和填筑均匀；

4 根据海底淤泥厚度和性质选择提前清淤或边填边挤边清处理方式，避免产生淤泥集中混入填筑区内。

【条文说明】硬质海滩可采用陆上推进，局部浮泥须挖除。陆上填筑过程应合理划分施工段、施工流向、搭接宽度，应分层填充，每层须均匀填筑。原地基处理不当或填筑过程部署不合理，填筑过程中会产生挤淤时，导致填筑体中存在夹层，在后期加载时会产生不均匀沉降，对上部结构产生病害。所以应严格控制施工方向、顺序、衔接，宜由海堤、临时施工通道或岸边向内侧填筑推进施工，将挤淤控制在设计区域之内，挤出的淤泥须及时清除。

8.5 场地地基处理施工

8.5.1 原地基深厚软弱土地基在陆域形成前进行处理时，施工流程应与后续填筑体施工相协调。

8.5.2 施工设备选用应进行可行性分析，当浅部是软土地基时，应评估天然地基承载力是否满足施工设备的接地压力要求；当加固深度范围内有较硬的土层时，应评估塑料排水板、复合地基等施工设备穿透硬层的能力。

8.5.3 采用清淤换填法施工时，应符合下列要求：

1 清淤换填法施工过程宜包括挖除淤泥、回填、填筑体密实等；

2 应根据填料性质、填筑厚度、挖深、工程量、工期、自然条件、施工船舶性能等因素，综合分析后合理选择挖泥船类型，并合理进行相关设备的组合；

3 在清淤过程中，宜分段、分条和分层开挖，挖泥船宜平行基槽分条分层自上而下有序开挖，并根据施工断面图、实时接收的潮位变化情况及时调整下斗深度，控制挖深；

4 在清淤开挖过程中，应及时进行施工过程检测和详细记录，并满足下列要求：

(1) 绘制施工过程基槽开挖断面图，准确掌握基槽开挖和地质变化情况；

(2) 对照施工设计图纸，核实地质情况是否与勘察、设计相符合。

5 宜根据检测结果及时优化、调整施工过程和施工参数；

6 清淤施工完成后，应按设计要求及时进行填筑和密实处理。

【条文说明】深圳机场一跑道采用清淤换填开山石方案，二跑道采用水下清淤换填砂方案，三跑道采用清淤换填砂+振冲密实方案，跑道清淤后基槽回填料采用中粗砂。三跑道的清淤换填施工过程和工艺如下：

1. 清淤采用绞吸船为主的施工方法；
2. 清淤宽度：主跑道 60m+两侧道肩 $2 \times 7.5\text{m}$ +超宽 $2 \times 2.0\text{m}=79\text{m}$ ；
3. 清淤深度：清除全部淤泥层；清淤坡比：1: 4；清淤方法：绞吸泥船清淤为主，局部淤泥超深地段可采用抓斗挖泥；

4. 吹填中粗砂；

5. 采用振冲密实法对填筑体进行密实处理，振冲密实后碾压填级配石至交工面。

一般情况下，清淤换填分段长度约 50~60m，分段开挖的基槽至少有 3m 的搭接长度，防止回淤。每层厚度 2m（不到 2m 按设计高程加超深控制开挖），每条宽度约 10m，条与条间重叠 2m。平均超深不大于 0.8m，超宽不大于 2.0m。

8.5.4 采用预压法施工时，应符合下列要求：

1 竖向、水平向排水通道的材料参数、性能应符合设计、规范要求；

2 塑料排水板的插打深度应可监控或可检测，回带幅度应不超过 0.5m；

3 加载速度应按设计要求，并随时跟踪监测结果，发现异常及时告知设计并可采取必要的风险预防措施；

4 宜结合必要的施工勘察，检查真空预压区周边是否有渗透性较强的土层，必要时在相应的位置设置密封措施；

5 在真空膜上堆载时，应在真空膜上铺设一层土工布和不小于 50cm 厚度的砂土层保护层，并防止土方施工设备对真空膜的破坏。

8.5.5 采用强夯法施工时，应符合下列要求：

1 强夯施工参数应在设计文件的指导下，根据现场试验确定；

2 每遍点夯均应进行试夯，记录夯锤贯入深度、隆起量随击数的变化；

3 当出现夯锤贯入深度、隆起量出现异常现象时，应及时通知设计、查明原因，必要时调整施工方案；

4 当地基土渗透性较差时，应采取有效的降、排水措施；

5 采用强夯置换法施工时，应符合下列要求：

(1) 宜采用柱形锤施工；

(2) 置换深度及对应的施工参数应根据现场试验确定；

(3) 坑内填入粗颗粒材料应质地坚硬，材料最大粒径和含泥量控制应满足设计要求。

8.5.6 采用复合地基法施工时，应符合下列要求：

1 地基处理施工前，应进行现场工艺性试桩，试桩数量应不少于 3 根，并对工艺试桩的

质量进行检验，确定施工参数；

2 水泥土搅拌桩的喷浆施工机械应配置具有能检测并记录喷浆量、浆液重度的计量装置及搅拌深度自动记录仪；

3 复合地基的桩径、桩长，桩身材料强度、性能指标应满足设计要求，并确保桩身质量的完整性；

4 复合地基的桩顶垫层厚度、材料性能指标应满足设计要求。

8.5.7 采用振冲法施工时，应符合下列要求：

1 根据土体强度、粒径、设计桩长等，选用合适功率的振冲器；

2 施工设备应配有电流、电压和留振时间等自动记录仪；

3 通过现场试验，确定达到设计要求所需的孔距、桩径等设计参数，水压、密实电流和留振时间等各种施工参数；

4 不加填料的振冲加密宜采用多头振冲器，如遇下沉困难，可在振冲器两侧增焊辅助水管，加大造孔水量，但造孔水压宜小；

5 振冲置换时，振孔内填入的碎石、卵石应保证质地坚硬，含泥量应满足设计的控制要求；

6 施工顺序宜沿直线逐点逐行进行。

8.6 绿色施工

8.6.1 机场填海工程中的绿色施工管理范围和内容，应主要包括料源地、运输、地基处理、海堤、陆域填筑、陆域临时场地等方面的环境保护、资源利用，以及施工设备的合理选择与使用。

8.6.2 在机场填海施工过程中，应严格执行国家、行业 and 地方的生态环境保护政策，并符合下列要求：

1 根据环境条件和施工工艺，详细分析施工过程中的环境敏感因子，有针对性地制定和落实生态环境保护措施；

2 结合场地条件，统一规划临建设施，永临结合，充分利用海堤、围堰等已建设施；

3 采用装配式结构，实现循环利用、节约环保；

4 采用高效、低排放、信息化的施工设备；

- 5 实现污水再利用、雨水利用、海水淡化利用等，使用节水器具；
 - 6 生活污水、生活垃圾、废机油、油污、污（废）水等应集中回收和处理；
 - 7 施工过程中，应开展持续的环境监测，并根据监测数据及时调整施工方案；
 - 8 工程完成后，应及时对施工临时用地进行原状恢复。
- 8.6.3 陆域料源地采掘、运输应符合下列要求：
- 1 陆域料源地应统一规划，对开采后的料源地及时复垦和绿化；
 - 2 根据区域环境条件，制定水土污染预防和水土保持措施；
 - 3 当场地存在污染土时，应按照相关规定进行专门堆存并进行处理；
 - 4 对不适用的材料处置应符合环保要求，存放至指定场地并采取相应的防护措施；
 - 5 对开采区域、裸露场地和集中堆放的土石方，采取覆盖、绿化、降尘等措施。
- 8.6.4 在水域料源地挖掘、运输和抛卸作业过程中，应采取有效的水环境保护措施，并符合下列要求：
- 1 选择对环境影响小的挖泥设备；运输船舶应确保泥门密封性能良好；
 - 2 在料源挖掘中，应制定确保高浓度下作业、降低泥浆扩散的措施；
 - 3 实现挖泥设备的精确定位，减少超挖量；
 - 4 施工中产生的油污水应通过设备自身的油水分离器处理，处理后的油污水运至指定地点处理；及时收集施工过程中的废弃材料，定期处理；禁止将垃圾抛入水中；
 - 5 进入临时蓄料区域的船舶，应在近零速度状态下进行有序抛卸。
- 8.6.5 陆域形成填筑施工应符合下列要求：
- 1 采取有效措施控制废气排放，禁止焚烧废弃物；
 - 2 采取防止扬尘的措施；
 - 3 采用吹填法施工时，应在围堰内侧铺设防渗土工布；不得使用破旧管线；合理设置吹填回水出水口；设置吹填回水沉淀池或遮污帘，严格控制吹填回水中的含泥量；
 - 4 施工达到设计高程后，土面区应适时绿化。
- 8.6.6 地基处理施工应符合下列要求：
- 1 采用先进适宜、高效率、低能耗、低排放、节约资源的地基处理工法；
 - 2 选用低能耗、无污染或少污染、易回收的地基处理材料；
 - 3 及时收集、清理施工中的浆液和废水，集中处理；
 - 4 采用小型化、智能化、快速化的地基处理检验方法。

9 工程质量检测与监控

9.1 一般规定

9.1.1 机场填海工程质量检测应包括：海堤工程质量检测、陆域形成填筑质量检测 and 地基处理工程质量检测等。

9.1.2 机场填海工程质量检测应在分析岩土工程勘察报告、工程设计、相关技术规范，以及了解施工工艺和施工中可能出现异常情况的基础上，根据调查结果和检测目的，确定检测方法和内容。

9.1.3 机场填海工程质量检测应与工程同步实施，及时对检测数据进行记录、整理和汇总。

9.2 海堤工程质量检测

9.2.1 海堤堤基、堤心、护面施工质量检测方法、检测标准及检测数量，应依据《水运工程质量检验标准》（JTS 257）和设计要求确定。

9.2.2 海堤工程的观感质量的检查评价，应按《水运工程质量检验标准》（JTS 257）执行。

9.2.3 斜坡式海堤质量检测，应按《水运工程质量检验标准》（JTS 257）执行，并符合下列要求：

- 1 斜坡式海堤工程的质量检测应包括地基、堤身抛填质量、石料或块体的规格和质量、护面结构、抛石、理坡、安放等；

- 2 斜坡式海堤的检测批次宜按施工段划分，每段的长度不宜大于 200m；

- 3 应对斜坡式海堤整体尺寸的偏差进行检测。

9.2.4 直立式海堤的质量检测，应按《水运工程质量检验标准》（JTS 257）进行，并符合下列要求：

- 1 直立式海堤检测批次宜按结构段划分；

- 2 应对直立式海堤堤身的安装构件型号、质量及基床等进行检测；

- 3 应对沉箱、空心方块安装及海堤竣工整体尺寸偏差进行检测。

9.3 陆域形成质量检测

9.3.1 陆域形成填筑质量检测宜结合陆域形成方法及材料类型等，按照《水运工程质量检验标准》（JTS 257）和设计文件要求进行。

9.3.2 陆域形成填筑材料检测项目和现场检验的抽样组批，应按表 9.3.2 确定。

表 9.3.2 水上填筑材料试验和现场检测抽样组批原则和试验内容

序号	名称	试验或检验项目	抽样组批原则
1	砂	(1) 固结排水和倒滤层等： 筛析、含泥量、渗透系数等 (2) 回填：按设计文件要求执行	(1) 固结、排水： 以数量不大于 8000m ³ 为一批次 (2) 回填： 结合工程用量，以数量 30000m ³ 为一批次， 不足 30000m ³ 按一批次计
2	块石、料石	(1) 必检：表面风化、规格 (2) 其他：岩石抗压强度、级配 (设计有要求时)	(1) 岩石强度： 以每一产源为一批次 (2) 规格和级配： 可结合工程用量，以数量 10000m ³ 为一批次， 不足 10000m ³ 按一批次计
3	碎石	筛析、针片状颗粒含量、含泥量	结合工程量，以数量 3000m ³ 为一批次，不足 3000t 按一批次计
4	粉土	按设计文件要求	结合工程用量，以数量 30000m ³ 为一批次，不足 30000m ³ 按一批次计

9.3.3 水上吹填工程质量检测应按设计要求和《水运工程质量检验标准》（JTS 257）进行，并符合下列要求：

1 填筑材料抽检应在材料运输过程中进行；

2 吹填区的高程应满足设计要求，吹填工程的允许偏差、检验数量和方法应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 吹填工程允许偏差、检验数量和方法

序号	项目		允许偏差 (m)	检验数量	单元测点	检验方法	
1	吹填平均高程	完工后吹填平均高程不允许低于设计吹填高程时	+0.20	图上测点间距 10~15mm	1	用水准仪配合经纬仪、全站仪或 RTK-DGPS 测量, 取平均值	
		完工后吹填平均高程允许有正负误差时	±0.15				
2	吹填高程最大偏差	未经机械整平	淤泥	±0.60	图上测点间距 10~15mm	1	用水准仪配合经纬仪、全站仪或 RTK-DGPS 测量, 取最大偏差值
			细砂、砂质土	±0.70			
			中、粗砂	±0.90			
			中、硬质黏土	±1.00			
			砾石	±1.10			
		经过机械整平	±0.30				

9.3.4 水上抛填工程质量检测应按设计和规范要求进行, 并符合下列要求:

- 1 填筑材料抽检应在材料运输过程中进行;
- 2 抛填区的高程应满足设计要求, 抛填工程的允许偏差、检验数量和方法应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 抛填工程允许偏差、检验数量和方法

序号	项目		允许偏差 (mm)	检验数量	单元测点	检测方法
1	顶部边线		±100	每 5~10m 一个断面	1~2	用经纬仪和钢尺测量
2	顶部标高		+200		2m 一个点且不少于三个点	用水准仪测量
3	坡面轮廓线	水上	±200			
		水下	±300	用测深水砣测量		

9.3.5 陆上推填工程质量检测应按设计和相关技术规范要求进行, 并符合下列要求:

- 1 填筑材料抽检应在材料卸料场地进行;
- 2 推填法压实质量检测可采用环刀法、灌砂法、灌水法、原位测试等方法, 检测结果应符合设计要求, 检测数量应符合表 9.3.5 的规定。

表 9.3.5 推填压实质量检测数量要求

分区		检测数量
飞行区道面影响区		土料、土质混合料每层每 1000m ² 测 1 点，砾质混合料每层每 2000m ² 测 1 点，石料、石质混合料每层每 4000m ² 测 1 点
填筑边坡稳定影响区		
飞行区土面区	跑道端安全区 升降带平整区	土料、土质混合料每层每 2000 m ² 测 1 点，砾质混合料每层每 4000 m ² 测 1 点，石料、石质混合料每层每 6000 m ² 测 1 点
	其他土面区	

9.3.6 陆域形成完成后，应依据《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）、《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH 5007）、《民用机场飞行区土（石）方与道面基础施工技术规范》（MH 5014）和设计文件要求，对陆域形成面进行整体检测评估，为后续设计工作提供依据。

9.4 地基处理质量检测

9.4.1 地基处理质量检测，应按《水运工程质量检验标准》（JTS 257）、《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH/T 5007）、《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）、《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79）及设计要求进行。

9.4.2 陆上换填（垫层）压实检测，材料为土料和土质混合料时宜进行压实度检测，材料为石料、石质混合料和砾质混合料时宜进行干密度或固体体积率检测。检测频次应符合《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH/T 5007）规定。

9.4.3 采用真空预压法、堆载预压法或联合预压法进行地基处理时，其测试仪器的数量、精度和位置应满足设计、规范要求，预压的总荷载、卸载前的固结度和沉降速率满足设计要求，并符合下列要求：

- 1 塑料排水板性能指标测试，应按《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH/T 5007）执行；
- 2 进行砂垫层颗粒分析与渗透性试验时，每批料检测数量应不少于 3 组；
- 3 进行预压前后土的物理力学参数测试时，其中每个区的钻孔数应不少于 3 点；
- 4 进行现场十字板试验、荷载试验时，其中真空预压法每个区的试验数量应不少于 3 点，堆载预压法每 5000m²检测 1 点。

9.4.4 强夯法地基质量检测，应符合下列要求：

1 按《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH/T 5007）对强夯施工进行质量检测；

2 原位测试内容主要包括：静力触探、动力触探、标准贯入、十字板、载荷试验等，应采用其中的不少于 2 种方法进行检测，其中载荷试验每 20000m² 检测 1 点，其余项目每 5000m² 检测 1 点；

3 强夯置换或强夯块石墩地基质量检测内容，宜包括：垫层最大粒径与含泥量、垫层厚度、超重型动力触探、高分辨率地质雷达和瑞利波法等；

4 高能级强夯地基质量检测内容，宜包括：超重型动力触探、高分辨率地质雷达和瑞利波法等。

9.4.5 复合地基桩体的施工质量检测，应符合下列要求：

1 复合地基桩体的施工质量检测，应按《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》（MH/T 5007）执行；

2 水泥石搅拌桩成桩后 3d 内，采用轻型动力触探（N10）进行上部桩身均匀性检测，成桩 28d 后，采用钻孔取芯检验桩身水泥石强度，总检查数量不少于总桩数的 1%；

3 混凝土桩采用低应变动测检测桩身完整性，检测数量不少于总桩数的 30%；

4 砂桩、碎石桩分别采用静力触探或动力触探检测，检测深度应不小于桩长；

5 载荷试验宜在成桩 28d 后进行，试验采用复合地基载荷试验和单桩载荷试验，验收检验总数量不少于总桩数的 1%，复合地基载荷试验数量每一种复合地基参数不少于 3 台。

9.4.6 振冲法施工质量检测，应符合下列要求：

1 振冲填料的粒径及级配应满足设计要求，填料中的含泥量应不大于 5%；

2 密实电流、供水压力、供水量、填料量、孔底留振时间和振动器施工参数等应满足振冲试验施工所确定的参数；

3 施工完成后，应间隔一定时间方可进行质量检验。对粉质粘土地基宜不少于 28d，对粉土地基宜不少于 14d，对砂土和杂填土地基宜不少于 7d；

4 对桩体可采用重型动力触探试验；对桩间土可采用标准贯入或静力触探试验，检测位置应在等边三角形或正方形的中心；

5 检验深度应不小于地基处理深度；

6 检测数量不应少于桩孔总数的 1%。

9.5 工程监控

9.5.1 机场填海工程监控，宜包括视频监控和施工过程动态监控。

9.5.2 机场填海工程施工监控方案，宜根据《民用机场飞行区工程施工智能监控技术指南》（IB-CA-2020-01），结合施工安全和工程质量控制要求确定。

【条文说明】工程监控，是指借助于传感器、计算机、物联网和数字化等信息化技术，准确记录、分析监测对象在施工过程中的变化，并将结果及时反馈，用以指导设计、施工和评价工程质量的工作。本规范涉及的监控对象主要是施工现场状况、施工设备、施工过程参数等。

9.5.3 机场填海施工过程的视频监控，宜符合下列要求：

1 施工现场宜建立视频监控网络，视频监控以固定摄像头的实时监控为主，无人机航拍记录为辅；

2 主要施工面、重要设备的施工过程、施工场地出入口，宜采用实时图像记录；各分部、分段工程非隐蔽工程的进度信息可采用无人机航拍记录；

3 海堤填筑施工的重点监控区域宜包括：取土（料）、卸土（料）区，以及处于合龙期、保护期的龙口区域；

4 陆域形成施工的重点监控区域宜包括：取土（料）、卸土（料）和填筑区；

5 地基处理施工时，宜对地基处理主要机械设备的施工过程进行监控。

9.5.4 机场填海施工过程监控数据的自动采集、远程传输和分析处理系统，应符合下列要求：

1 能实时处理全场施工监控数据，并对相关信息进行统计分析；

2 能实现对施工过程信息的实时查询和展示；

3 能够结合设计和规范标准及时评估质量薄弱点，发现涉及质量问题的施工异常现象。

9.5.5 土石方填筑施工的动态监控内容宜包括：振动碾压机或冲击碾压机的运行轨迹、压实厚度、运行速度、压实遍数和密实度等。

9.5.6 地基处理施工的动态监控内容宜包括：施工点的定位、处理深度或高度、作业速度、处理遍数等。

9.5.7 信息反馈与动态调整，应满足下列要求：

1 及时收集、总结试验区或先导施工区的监测、监控资料，并分析判断施工方法、施工工艺、施工参数是否符合设计或规范要求，并给出技术建议；

2 对于已确定的施工方法、施工工艺和设计施工参数，应分析、总结监控指标与质量控

制指标之间的关系，为全场施工的实时监控提供依据；

4 确定主要监测指标的预警值；

5 收到监测指标超过警示值后，应采取以下应对措施：

a 检查监测数据的可靠性和施工过程的合理性；

b 检查设计警示值的合理性；

c 根据施工参数、监测数据反分析土性参数，对比勘察报告，检查设计取值的合理性；

d 根据产生问题的原因，做出相应的修正。

征求意见稿

10 工程监测

10.1 一般规定

10.1.1 机场填海工程监测包括海堤、陆域形成、地基处理的施工期和运行期的监测等，应结合相关技术规范与设计要求和施工安全、质量控制和运行管理要求确定监测方案。

【条文说明】工程监测，是指在施工及运行过程中，采用监测仪器对工程关键部位或地基各项控制指标进行监测的过程，可以检查、保证工程施工的安全性及合理性，并用以指导设计、施工。本规范涉及的监测对象主要是海堤、陆域形成填筑地基在施工过程及施工结束后的工程参数变化。

10.1.2 施工监测应与运行监测相结合，运行期与施工期有重叠的监测内容应考虑相应衔接，施工期监测终止后不应影响运行期的长期监测和资料分析。

10.1.3 宜采用技术可靠、先进适宜、环境适应性强的监测技术，实现自动化和智能化。

10.2 监测系统设计与实施

10.2.1 机场填海工程监测系统总体设计应符合下列要求：

1 监测点的具体位置应兼顾工程地质条件、功能分区、施工工艺、不利工况的代表性，主要监测点的位置应接近理论上最高值的区域，监测点密度合理，同时减少工程施工的影响；

2 在确保可靠性的前提下，施工期宜采用可自动测读、存储、无线传输的监测系统，并为运行期的监测创造条件；

3 测量基准点的设置应不受场地沉降和工程施工的影响，并定期复测。

10.2.2 海堤监测应符合下列要求：

1 海堤的监测内容、监测点布置要求可按表 10.2.2a 选用。

表 10.2.2a 海堤监测内容与测点布置要求

监测对象		监测内容	监测点布置要求
斜坡式海堤	原地基	原地基顶面沉降、分层沉降、侧向位移、孔隙水压力	只在典型监测断面布置，总典型断面不少于 2 个

	堤身	沉降、水平位移	在所有监测断面布置，纵向监测断面间距不大于 50m，在典型断面处沉降测点布置范围横向应扩大到坡脚。
直立式海堤	沉箱结构体	沉降、倾斜、水平位移	每个沉箱结构体设置 1 个监测断面
	龙口	水位差、流速、流向，以及滩面的冲刷情况	龙口的海堤内外两侧范围内

2 斜坡式海堤的监测频率可按表 10.2.2b 选用；直立式海堤在箱内填石、后方棱体回填期间应为 1~2 次/天，回填结束后应为 1~2 次/月，直至基本稳定；在龙口合龙期、保护期以及大潮期，连续观测时间应不少于 27 小时。

表 10.2.2b 斜坡式海堤监测频率

施工阶段	监测频率
堤身填筑期间	1~2 次/天
堤身填筑施工完成至外坡结构工程施工开始	1~2 次/周
外坡结构工程施工期间	1 次/周
外坡结构工程施工完成后 6 个月内	1~2 次/月
堤内陆域形成期间	1~2 次/周
施工完成 6 个月后	1 次/3~6 个月

注：施工速度较快或出现异常情况时，应加大监测频率。

10.2.3 陆域形成填筑体的监测，宜符合下列要求：

1 监测内容：海底原地基、填筑体表面沉降在填筑期间和填筑后随时间的变化。

2 监测点布置：沉降监测可按网格状设置；当海底土层分布、软土厚度或填土材料差异较大时，各代表性区域均宜设置监测点；飞行区等重点区域的监测点宜结合运行期监测的需要布点。

3 监测频率：施工期间，每周的沉降监测宜不少于 1 次；陆域形成后半年内每月监测 1 次，以后每 3 个月测量 1 次；运行期监测时间视变形稳定情况而定。

10.2.4 地基处理监测宜符合下列要求：

1 地基处理的监测内容、监测频率可按表 10.2.4 选用。

表 10.2.4 地基处理的监测内容、监测频率要求

地基处理工法		监测内容	监测频率
预压法	堆载预压	地表沉降、孔隙水压力、侧向位移和分层沉降	加卸载过程 1~2 次/天， 稳压期间 1~2 次/周，

	真空预压、真空联合堆载	在堆载预压监测内容基础上增加膜下真空度	卸载后 2~3 天测 1 次
强夯法	普通强夯、强夯置换	地表隆起或沉降、孔隙水压力、动应力	地表沉降每遍夯后或地基处理结束后测读，强夯产生的孔隙水压力、动应力要高频或自动监测
	降水强夯	在普通强夯法监测内容基础上增加地下水位	
	振冲法、沉管法砂石桩	地表隆起或沉降、孔隙水压力	地表沉降处理结束后测读，施工产生的孔隙水压力要高频或自动监测

注：混凝土桩、水泥土搅拌桩施工时对周围地基影响较小，对地基监测不做要求。

2 监测点布置：沉降监测宜按网格状设置，其它监测内容应根据地质条件、地基处理工艺和参数有较大差异的代表性区域分别设置不少于 2 组。

10.2.5 地下水位与潮水位的监测，宜符合下列要求：

1 监测内容：陆域形成后地下水位与潮水位的关系。

2 监测点布置：监测点宜根据监测点距海岸的不同距离设置不少于 3 个观测断面，同一断面观测点间距宜不大于 50m。

3 监测频率：地下水位与潮水位关系的监测在陆域形成后观测，选择包含设计高潮位、低潮位的若干天进行连续高频次观测，得到稳定的地下水位与潮水位关系即止。

10.2.6 监测仪器的埋设应符合下列要求：

1 优先考虑监测仪器性能的稳定性和成活率，并经检验和标定合格后才可使用；

2 监测仪器应选择在施工干扰较少的部位，并设置适当的警示和采取保护措施；

3 应保证测点、设备的埋设质量，并做好编号、保护工作，监测过程中发现损坏的应及时更换；

4 监测仪器设备应严格按操作规程安装使用。

10.3 监测分析与反馈

10.3.1 监测数据采集应符合下列要求：

1 保证数据测读、记录存储的真实性、完整性；

2 在数据采集的同时，记录相关的工况信息；

3 应对监测数据进行及时处理；

4 当有监测数据出现异常时，应及时查找原因。如有外界干扰，应在排除干扰后复测，如有损坏，应予以修复或更换。

10.3.2 监测警示指标值应根据技术规范和工程需要确定，并符合下列要求：

- 1 对于施工安全、质量控制等关键的监测内容，应由设计单位确定警示值；
- 2 在软土地基上进行海堤填筑施工时，设置警示值的监测指标宜为：沉降速率、水平位移速率、孔隙水压力变化速率等；
- 3 当观测值接近控制标准时应加测，并及时告知相关单位。

10.3.3 监测数据分析应符合下列要求：

- 1 及时收集原地基类型、填筑方法、地基处理方法、填料类型等勘察、设计、施工、检测等资料；
- 2 根据监测数据及变化规律建立分析模型；
- 3 预测工后沉降及工后差异沉降。

10.3.4 监测成果报告应符合下列要求：

- 1 施工期的监测成果宜提供周报，竣工验收前宜提供监测报告，运行期宜提供季报或年报；
- 2 飞行区道面施工前，应提供道基沉降分析报告，竣工及行业验收前宜提供全场沉降变形监测报告；
- 3 监测报告应主要包括下列内容：
 - a 海堤表面和内部位移、稳定性分析，预测工后沉降和水平位移；
 - b 陆域地基表面沉降时程曲线、沉降速率，预测工后沉降和工后差异沉降；
 - c 地基分层沉降时程曲线、分层压缩量、沉降速率；
 - d 道面沉降时程曲线、沉降速率。

附录 A 民用机场工程填料分类

A.0.1 民用机场工程填筑材料可按表 A.0.1 分类。

表 A.0.1 民用机场工程填料分类

填料类别	分类粒组	填料亚类	亚类分类粒组	级配	岩石强度 f_r (MPa)	填料名称	填料代号		
石料	粒径大于 60mm 的颗粒质量超过总质量的 50%	块石料	块石含量大于碎石含量	—	>30	硬岩块石料	A1		
				—	5~30	软岩块石料	A2		
				—	≤5	极软岩块石料	C1		
		碎石料	块石含量不大于碎石含量	—	>30	硬岩碎石料	A3		
				—	5~30	软岩碎石料	A4		
				—	≤5	极软岩碎石料	C2		
土石混合料	粒径大于 60mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且粒径小于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%	石质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量超过总质量的 70%	—	>30	硬岩石质混合料	A5		
				—	5~30	软岩石质混合料	A6		
				—	≤5	极软岩石质混合料	C3		
		砾质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量超过总质量的 30%，且不超过 70%	良好	>30	—	>30	硬岩良好级配砾质混合料	A7
						—	>30	硬岩不良级配砾质混合料	B1
				不良	5~30	—	5~30	软岩良好级配砾质混合料	A8
						—	5~30	软岩不良级配砾质混合料	B2
		土质混合料	粒径大于 5mm 的颗粒质量不超过总质量的 30%	—	≤5	极软岩砾质混合料	C4		
				—	—	砂土混合料	A9		
				—	—	粉土混合料	B3		
土料	粒径小于 2mm 的颗粒质量超过总质量的 50%	砂土料	砂粒含量大于细粒含量	—	—	砂土料	A10		
		粉土料	砂粒含量不大于细粒含量	—	—	粉土料	B4		
		黏性土料	砂粒含量大于细粒含量	—	—	黏性土料	C6		
特殊土料	—	特殊土料	—	—	特殊土料	D			

注：1 块石为粒径大于 200mm，碎石为粒径大于 60mm 且不大于 200mm，砂粒为粒径大于 0.075mm 且不大于 2mm，细粒为粒径不大于 0.075mm；

- 2 级配良好应同时满足 $\alpha_u \geq 5$ ， $\alpha_c = 1 \sim 3$ 两个条件，不能同时满足时为级配不良；
- 3 f_r 为饱和单轴抗压强度，当无法取得 f_r 时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按《工程岩体分级标准》GB50218 执行；
- 4 粉土料塑性指数 $I_p \leq 10$ ，黏性土料 $I_p > 10$ ；
- 5 当土质混合料中的土料分别以砂土、粉土或黏性土为主时，土质混合料相应命名为砂土混合料、粉土混合料或黏性土混合料；

6 特殊土料包括膨胀土、红黏土、软土、冻土、盐渍土、污染土、有机质土、液限大于 50%且塑性指数大于 26 的黏性土等；

7 代号 A1~A10 为 A 类填料，代号 B1~B4 为 B 类填料，代号 C1~C6 为 C 类填料，代号 D 为 D 类填料。

【条文说明】本表引自《民用机场高填方工程技术规范》MH/T 5035，表中主要依据填料粒径及其含量以及所含石料的岩石强度等进行填料分类，体现的是填料的基本物理力学性质，不仅适用于高填方工程，同样适用于填海及其他民用机场工程。

征求意见稿

本规范用词用语说明

B.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

B.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应符合……的要求”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，但鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

- 《工程测量规范》GB50026
- 《工程岩体分级标准》GB50218
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《海堤工程设计规范》GB/T51015
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223
- 《建筑地基基础设计规范》GB50007
- 《复合地基技术规范》GB/T 50783
- 《吹填土地基处理技术规范》GB/T51064
- 《围填海工程填充物质成分限值》GB 30736
- 《岩土工程勘察规范》GB50021
- 《海洋监测规范》GB 17378
- 《围填海工程生态建设技术指南（试行）》国海规范（2017）13号
- 《民用机场飞行区技术标准》MH5001
- 《民用机场勘测规范》MH/T 5025
- 《民用机场岩土工程设计规范》MH/T 5027
- 《民用机场高填方工程技术规范》MH/T5035
- 《民用机场排水设计规范》MH/T 5036
- 《民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准》MH 5007
- 《民用机场飞行区土（石）方与道面基础施工技术规范》MH 5014
- 《民用机场飞行区工程施工智能监控技术指南》IB-CA-2020-01
- 《水运工程岩土勘察规程》JTS133
- 《港口与航道水文规范》JTS145
- 《防波堤与护岸设计规范》JTS154

《码头结构设计规范》 JTS167

《插入式钢圆筒结构设计与施工规范》 JTS 167-13

《水运工程抗震规范》 JTS146

《防波堤与护岸设计规范》 JTS 154

《建筑地基处理技术规范》 JGJ79

《水运工程质量检验标准》 JTS 257

征求意见稿