

续表 C.0.1

基层材料	除锈等级	涂层构造									使用年限(a)			
		底层			中间层			面层			涂层总厚度(μm)	强腐蚀	中腐蚀	弱腐蚀
		涂料名称	遍数	厚度(μm)	涂料名称	遍数	厚度(μm)	涂料名称	遍数	厚度(μm)				
混凝土	—	环氧底涂料或与面层同品种的底涂料	1	30	—	—	—	环氧、聚氨酯、丙烯酸环氧、丙烯酸聚氨酯、聚氯乙稀萤丹等面涂料	2	60	90	2~5	5~10	10~15
			2	60					120	5~10	10~15	>15		
			2	60					160	10~15	>15	>15		
			3	100					200	>15	>15	>15		

注:1 涂层厚度系指干膜的厚度。

2 富锌底涂料的遍数与品种有关,当采用正硅酸乙酯富锌底涂料、硅酸锂富锌底涂料、硅酸钾富锌底涂料时,宜为1遍;当采用环氧富锌底涂料、聚氨酯富锌底涂料、硅酸钠富锌底涂料和冷涂锌底涂料时,宜为2遍。

3 在混凝土涂刷底涂料之前,宜先涂刷稀释的环氧涂料或稀释的面涂料一遍(无厚度要求),并用腻子局部找平。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准
工业建筑防腐蚀设计规范

GB 50046 - 2008

条文说明

目 次

1	总 则	(59)
2	术 语	(61)
3	基本规定	(63)
3.1	腐蚀性分级	(63)
3.2	总平面及建筑布置	(69)
4	结 构	(72)
4.1	一般规定	(72)
4.2	混凝土结构	(73)
4.3	钢结构	(77)
4.4	钢与混凝土组合结构	(81)
4.5	砌体结构	(81)
4.6	木结构	(83)
4.7	地基	(83)
4.8	基础	(85)
4.9	桩基础	(86)
5	建筑防护	(89)
5.1	地面	(89)
5.2	结构及构件的表面防护	(93)
5.3	门窗	(94)
5.4	屋面	(94)
5.5	墙体	(95)
6	构筑物	(96)
6.1	储槽、污水处理池	(96)
6.2	室外管架	(99)

6.3	排气筒	.....	(100)
7	材 料	.....	(102)
7.1	一般规定	.....	(102)
7.2	水泥砂浆和混凝土	.....	(103)
7.3	耐腐蚀块材	.....	(106)
7.4	金属	.....	(106)
7.5	塑料	.....	(107)
7.6	木材	.....	(107)
7.7	树脂类材料	.....	(107)
7.8	水玻璃类材料	.....	(108)
7.9	沥青类材料	.....	(109)
7.10	防腐蚀涂料	.....	(109)

1 总 则

1.0.1 在化工、冶金、石油、化纤、机械、医药、轻工等许多工业部门的生产中,普遍存在着各种酸、碱、盐类腐蚀性介质;这些介质对建筑物和构筑物的构配件有不同程度的腐蚀破坏作用。本规范是从设计的角度对建筑、结构的布置和选型直至表面防护等采取一系列合理有效的措施,保证建筑结构的安全性、耐久性。

结构的设计使用年限,应按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 确定。建筑防腐蚀措施主要采取提高结构自身耐久性和采取附加措施。有些附加措施(如:钢结构的涂层)需根据防护层的使用年限,进行多次修复或更换才能满足设计使用年限的要求。

1.0.2 腐蚀的范围很广,介质种类繁多,腐蚀形式多种多样。本规范是针对工业生产常见的介质对建筑结构的防腐蚀设计。

1.0.3 “预防为主”是指采取先进的工艺技术措施,采用密闭性好的设备和管道,做到工艺流程中无泄漏或少泄漏,并通过合理地布置生产设备和对腐蚀性介质进行有组织的回收或排放等技术,避免或减轻腐蚀性介质对建筑、结构的腐蚀。

“防护结合”是腐蚀性介质不可避免对建筑物、构筑物产生作用时,防腐蚀设计应根据介质的性质、含量、作用程度和防护层使用年限等因素,因地制宜采取各种有效的保护措施,并在使用中经常维护。

建筑防腐蚀设计考虑的因素比较多,除了介质的种类、作用量、温度、环境条件等因素外,还要预估生产以后的管理水平和维修条件等,而且还应和工艺、设备、通风、排水等专业一起采取综合措施,才能取得较好的效果。

由于构配件的表面防护比一般装修昂贵得多,因此,对重要构件和次要构件应区别对待,重要构件和维修困难、危及人身安全的部位应采用耐久性较高的保护措施。

1.0.4 本规范与现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 配套使用。与其他建筑结构规范配合使用时,凡处于工业腐蚀条件下,应遵守本规范的设计规定。

有些腐蚀环境,如杂散电流的腐蚀以及酸雨、冻融、海洋环境等自然环境介质的腐蚀,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 在国内外有关的防腐蚀标准中,腐蚀性介质对建筑材料劣化的程度(即腐蚀性程度),有的分为3级,有的分为4、5、6、7级。

本规范仍按原规范的规定,将腐蚀性程度分为4级(即:强、中、弱、微)。其理由是既可与国内一些规范配套使用,而且便于操作。从现代科学的防腐蚀技术水平来看,对于某一腐蚀环境下的防护手段,无非只有几种。因此如果级别分得太多,其相应的防护措施并不可能分得那么细。

本规范将原规范腐蚀性等级的“无腐蚀”改为“微腐蚀”。使用词更科学、更准确。在自然界中,材料在任何情况下都会有腐蚀,只是腐蚀的程度不同,无腐蚀是不存在的。微腐蚀并不是一点腐蚀都没有,而是指腐蚀很轻微、可忽略。

腐蚀性分级,尤其是对非金属材料的腐蚀性分级,至今尚无国内外的统一标准。因此除有约定外,不同规范中的“强腐蚀”,其内容也不尽相同。

2.0.2 防护层使用年限是预估的使用年限,应在设计、施工、使用、维护等各个环节上得到保证。

“合理设计”是指建筑防腐蚀设计应以本规范为依据,正确分析设计条件,采取合理的防护措施。如果设计不合理,实际使用效果一定很差。例如:某肉类加工厂的地面为了防止脂肪酸的腐蚀作用而采用了耐酸混凝土(即水玻璃耐酸混凝土);这种地面是耐脂肪酸的。但设计人员忽略了清洗地面时需要用碱水去掉油脂的要求,而水玻璃类材料是不耐碱性介质的,所以这块地面使用不久就被腐蚀破坏了。

“正确施工”是指建筑防腐蚀工程应以现行的国家标准《建筑

防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 为依据,精心施工,确保工程质量。防腐蚀工程的施工与一般建筑装饰工程的施工是有区别的。某防腐蚀工程在混凝土面上施工防腐蚀涂层时采用普通装饰工程的油灰打底,虽然表面很平整,但使用不到 3 年,就成片脱落。

“正常使用和维护”是指防腐蚀工程的使用单位应提倡文明生产,制定相应的生产、管理制度。例如:某硝酸车间地面上的固态硝酸,应干扫去除,但却采用自来水冲洗,造成液态介质干湿交替作用腐蚀,使厂房破坏严重。

根据国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001 的规定,“正常维护”应包括必要的检测、防护及维修。

防护层使用年限是预估的年限,不是防护层的实际使用年限。当使用年限超过预估年限时,应对防护层进行全面评估,以确定是否需要大修或继续使用。

3 基本规定

3.1 腐蚀性分级

3.1.1 腐蚀性介质按其存在形态可分为三大类：气态介质、液态介质和固态介质。将原规范的腐蚀性水和酸碱盐溶液并为液态介质。各种介质再按其性质、含量和环境条件进行腐蚀性等级分类。

凡规范中未列入的介质，由设计人员根据介质的性质和含量等情况按相近的介质确定类别。

设计时应根据生产工艺条件确定腐蚀性介质的类别。为了便于使用，表 1 列举了各行业有腐蚀性生产装置部位以及室外大气的腐蚀性介质类别。但由于生产工艺、设备的不断更新以及管理水平的差异，可能导致腐蚀的介质浓度以及泄漏程度等会有所变化，因此腐蚀类别还应根据实际条件确定。

表 1 生产部位腐蚀性介质类别举例

行业	生产部位名称	环境相对湿度(%)	气态介质		液态介质		固态介质	
			名称	类别	名称	类别	名称	类别
化工	硫酸净化工段、吸收工段	—	二氧化硫	Q10	硫酸	Y1	—	—
	硫酸街区大气	—	二氧化硫	Q11	—	—	—	—
	稀硝酸泵房	—	氮氧化物	Q6	硝酸	Y1	—	—
	浓硝酸厂房	—	氮氧化物	Q5	硝酸	Y1	—	—
	食盐离子膜电解厂房	—	氯	Q2	氢氧化钠、氯化钠	Y7、16	—	—
	盐酸吸收、盐酸脱吸	>75	氯化氢	Q3	盐酸	Y1	—	—
	氯碱街区大气	—	氯、氯化氢	Q2、4	—	—	—	—
	碳酸钠碳化工段	—	二氧化碳、氨	Q16、17	碳酸钠、氯化钠	Y10、16	碳酸钠	G5
	氯化铵滤铵机、离心机部位	—	氨	Q17	氯化铵母液	Y15	—	—

续表 1

行业	生产部位名称	环境相对湿度(%)	气态介质		液态介质		固态介质	
			名称	类别	名称	类别	名称	类别
化工	硫酸铵饱和部位	>75	硫酸酸雾、氨	Q12、17	硫酸、硫酸铵母液	Y1、11	—	—
	硝酸铵中和工段	—	氮氧化物、氨	Q6、17	硝酸、硝酸铵	Y1、13	—	—
	尿素散装仓库	60~75	氨	Q17	—	—	尿素	G8
	醋酸氧化工段、精馏工段	—	醋酸酸雾	Q14	醋酸	Y5	—	—
	氢氟酸反应工段	—	氟化氢	Q9	硫酸	Y1	—	—
石油化工	己内酰胺车间(环己酮羟胺法)	—	—	—	亚硝酸钠	Y12	亚硝酸钠	G8
	氯乙烯工段	—	氯化氢	Q4	盐酸	Y1	—	—
	精对苯二甲酸生产PTA工段	—	醋酸酸雾	Q15	醋酸	Y5	—	—
有色冶金	铜电解、铜电积、铜净液	>75	硫酸酸雾	Q12	硫酸、硫酸铜	Y1、11	—	—
	铜浸出	>75	硫酸酸雾	Q12	硫酸	Y1	硫酸铜	G7
	锌浸出、压滤、锌电解	>75	硫酸酸雾	Q12	硫酸、硫酸锌	Y1 参 Y11	—	—
	镍电解、镍净液、镍电积	>75	氯、氯化氢、硫酸酸雾	Q2、4、12	硫酸、盐酸	Y1	—	—
	钴电解、钴电积	>75	氯、硫酸酸雾	Q2、12	硫酸	Y1	—	—
	铅电解	60~75	硅氟酸酸雾	参 Q9	硅氟酸	参 Y4	—	—
	氟化盐制酸车间吸收塔部位	—	—	—	氢氟酸	Y4	—	—
	氧化铝叶滤厂房、分解过滤厂房	—	碱雾	Q18	氢氧化钠、碳酸钠	Y7、10	—	—
	镁浸出	—	氯、氯化氢	Q1、3	—	—	氯化镁	G6
机械	各种金属件的酸洗	>75	酸雾、碱雾	Q12、18	酸洗液、氢氧化钠	Y1、7	—	—
	电镀	>75	酸雾、碱雾	Q12、18	酸洗液、氢氧化钠	Y1、7	—	—
医药	氯霉素生产的反应釜部位	—	氯、氯化氢	Q1、3	盐酸	Y1	—	—
	阿斯匹林生产的离心机、反应釜部位	—	醋酸酸雾	Q14	醋酸	Y5	—	—

续表 1

行业	生产部位名称		环境相对湿度(%)	气态介质		液态介质		固态介质	
				名称	类别	名称	类别	名称	类别
农药	甲基异氰酸酯合成、精制		—	氯化氢	Q4	—	—	—	—
	杀螟松生产的氯化物		—	氯化氢	Q3	氯化盐	Y15	—	—
化纤	粘胶纤维	熟成工段	—	硫化氢	Q7	氢氧化钠	Y8	—	—
		酸站	—	氯、硫化氢	Q2、7	硫酸	Y1	—	—
		纺丝间	>75	氯、硫化氢	Q2、7	硫酸	Y1	—	—
印染	漂炼		>75	氯化氢、二氧化硫、硫化氢、碱雾	Q4、11、18	氢氧化钠、次氯酸钠、亚硫酸钠	Y8、12	—	—
	染色调配、印花调浆		>75	醋酸酸雾、碱雾	Q15、18	醋酸、氢氧化钠、硫化碱	Y5、8	—	—
钢铁	酸洗		>75	氯化氢	Q3	硫酸	Y1	—	—
	半连轧酸洗槽		>75	硫酸酸雾	Q12	盐酸	Y1	—	—
制盐	硫酸钠溶解槽、蒸发部位		—	—	—	硫酸钠	Y11	硫酸钠	G3
	氯化钠蒸发、干燥		—	—	—	氯化钠	Y16	氯化钠	G2
制糖	糖汁硫熏器及燃硫炉		—	二氧化硫	Q11	—	—	—	—
日用化工	洗衣粉生产的磺化部位、尾气排空管屋面附近		—	二氧化硫	Q11	硫酸、苯磺酸	Y1	—	—
	肥皂生产的化油槽、煮皂锅部位		>75	—	—	脂肪酸、氢氧化钠	Y6、7	—	—
造纸	碱法、硫酸盐法化浆	蒸煮、洗选工段	—	硫化氢	Q8	硫化钠、氢氧化钠、硫酸钠	Y8、11	—	—
		漂白、制漂工段	—	氯、二氧化硫	Q1、11	硫酸、氢氧化钠、硫酸镁	Y1、7、11	硫酸镁、氧化钙	G7
		苛化工段	—	碱雾	Q18	氢氧化钠、碳酸钠	Y7、10	碳酸钙、氧化钙	G1

续表 1

行业	生产部位名称		环境相对湿度(%)	气态介质		液态介质		固态介质	
				名称	类别	名称	类别	名称	类别
造纸	化学机械浆	化机浆车间	—	—	—	氢氧化钠、亚硫酸钠	Y7、12	—	—
食品	乳制品收乳与预处理工段、酸牛乳车间、冰淇淋车间		—	—	—	硝酸、乳酸、氢氧化钠	Y1、6、8	—	—
	味精提取车间		—	氯化氢	Q4	盐酸、氢氧化钠	Y1、8	—	—
制革	鞣制车间		>75	硫化氢、铬酸气	Q7、参Q12	铬酸	Y1	—	—
其他	脱盐站的酸储槽及投配排放部位		—	—	—	盐酸、硫酸	Y1	—	—

注：环境相对湿度表中未注明者，可按地区年平均相对湿度确定。

3.1.2 在介质环境中，建筑材料的腐蚀性等级与污染介质的成分、含量或浓度、潮润时间等综合因素有关。本规范仍按原规范的规定分为4级：强、中、弱、微，将原规范的“无腐蚀”改为“微腐蚀”。

一般从概念上可理解为：在强腐蚀条件下，材料腐蚀速度较快，构配件必须采取附加的防腐蚀措施，如有可能宜改用其他耐腐蚀性材料；在中等腐蚀条件下，材料有一定的腐蚀，可采用附加的防腐蚀措施；在弱腐蚀条件下，材料腐蚀较慢，可采用提高构件的自身质量，个别情况也可采取简易的附加防腐蚀措施；微腐蚀条件时，材料无明显腐蚀。

建筑材料是指建筑结构或构配件的常用材料：钢筋混凝土、素混凝土、钢、铝、烧结砖砌体、木。其中烧结砖砌体的腐蚀性等级是综合烧结粘土砖和水泥砂浆的耐腐蚀性能而定的。预应力混凝土与钢筋混凝土的耐腐蚀性，虽有差异，但基本相同。

同一形态的多种介质同时作用同一部位时，腐蚀性等级应取最高者，但防护措施应综合满足各种不同的要求。例如：有酸碱作

用的地面,一般说来,酸为强腐蚀,碱可能是中腐蚀,因此该地面的腐蚀性等级为强腐蚀,但该地面的防护要求,不但需要满足酸(强腐蚀)作用的要求,还需满足碱(中腐蚀)作用的要求。

3.1.3 环境相对湿度,是指在某一温度下空气中的水蒸气含量与该温度下空气中所能容纳的水蒸气最大含量的比值,以百分比表示。环境相对湿度应采用构配件所处部位的实际相对湿度,不能不加区别都采用工程所在地区年平均大气相对湿度值。例如:湿法冶炼车间的相对湿度常大于地区年平均相对湿度,而有热源辐射反应炉附近的相对湿度常小于地区年平均相对湿度。因此,在生产条件对相对湿度影响较小时才可采用工程所在地区的年平均相对湿度。

对于大气中水分的吸附能力,不同物质或同一物质的不同表面状态是不同的。当空气中相对湿度达到某一临界值时,水分在其表面形成水膜,从而促进了电化学过程的发展,表现出腐蚀速度剧增,此时的相对湿度值就称为某物质的临界相对湿度。值得注意的是金属的临界相对湿度还往往随金属表面状态不同而变化,如:金属表面越粗糙,裂缝与小孔愈多,其临界相对湿度也愈低;当金属表面上沾有易于吸潮的盐类或灰尘等,其临界值也会随之降低。

表 3.1.4 和表 3.1.6 中环境相对湿度的取值主要依据碳钢的腐蚀临界湿度确定,其他材料略有差异。

3.1.4 气态介质指各种腐蚀性气体、酸雾和碱雾(含碱水蒸气),主要作用于室内外的上部建筑结构及构配件,其腐蚀性与介质的性质、含量以及环境相对湿度有关。

酸雾和碱雾本是以液体为分散相的气溶胶,但其腐蚀特征和作用部位更接近气态介质,因此列入气态介质范围内。酸雾、碱雾的含量仍以定性描述,目前尚不具备定量的条件。

这次修编,将原规范 Q3 氯化氢的含量 $1\sim 15\text{ mg/m}^3$ 改为 $1\sim 10\text{ mg/m}^3$,理由:①国内几十个工程调查表明,Q3 氯化氢含量

一般仅为 $1\sim 2\text{ mg/m}^3$ ，不超过 10 mg/m^3 ；②与国外一些标准匹配。

另外，将原规范 Q9 氟化氢的含量 $5\sim 50\text{ mg/m}^3$ 改为 $1\sim 10\text{ mg/m}^3$ ，理由：①某电解车间室内氟化氢含量为 1.84 mg/m^3 ，对厂房已有腐蚀；②某厂氟化氢洗涤塔，净化前的含量为 $20\sim 30\text{ mg/m}^3$ ，净化后的含量为 $1.40\sim 2.24\text{ mg/m}^3$ ，所以厂房内不会达到 50 mg/m^3 那么高的浓度。

表 3.1.4 中 Q12、Q13、Q14、Q15、Q18 所在行第三列介质含量原为“大量”或“少量”作用，不够准确，现改为“经常”或“偶尔”作用。这里经常作用是指在一定的浓度范围内，同种腐蚀性介质经常或周期性作用下，对建筑结构的腐蚀较大；偶尔作用是指同种腐蚀性介质不经常或间断作用，对建筑结构的腐蚀较小。

3.1.5 液态介质指的是生产过程中直接作用或泄漏的液态介质，多作用于池、槽、地面和墙裙，是以介质不同性质和 pH 值或浓度进行分类的。

硫酸、盐酸、硝酸等无机酸的 pH 值为 1 时，其浓度约为 $0.4\%\sim 0.6\%$ 。

当生产用水(包括污水)采用离子浓度分类时，其腐蚀性等级可按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 地下水的离子浓度进行分类。

3.1.6 固态介质包括碱、盐、腐蚀性粉尘和以固体为分散相的气溶胶，主要作用于地面、墙面和地面以上的建筑结构及构配件。固态介质只在溶解后才对建筑材料产生腐蚀，因此，腐蚀程度与水与环境相对湿度有关。不溶和难溶的固体基本上不具腐蚀性，完全溶解后的易溶固体按液态介质进行腐蚀性评定；处于户外部分的易溶固体因有雨水作用，按液态介质考虑。在无水环境中，固体吸湿性大小与环境相对湿度有关。易吸湿的固体在环境相对湿度大于 60% 时通常都会有不同程度地吸湿后潮解成半液体状或局部溶解。

这次修编将 G1 的“硅酸盐”，改为“硅酸铝”，因为硅酸钠、硅酸钾是溶于水的；删去 G1 的“铝酸盐”，因为铝酸钠是溶于水的。

这次修编将表 3.1.6 中 G2 的氯化锂删除，因其平衡时相对湿度为 12%，属易吸湿介质，不是难吸湿介质。

3.1.7 为了与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 协调一致，本规范不再另列入水、土对建筑材料的腐蚀性等级。

3.1.8 干湿交替作用的情况有多种多样。地面受液态介质作用，时干时湿属于干湿交替作用；基础和桩基础在地下水位变化的部位，有干湿交替作用；储槽、污水池、排水沟在液面变化的部位，也有干湿交替作用。

在介质的干湿交替作用下，材料会加速腐蚀；但不同的干湿交替作用情况，加速腐蚀的程度是不同的。如果干湿交替作用能产生介质的积聚、浓缩（如：构件一个侧面与硫酸根离子液态介质接触，而另一个侧面暴露在大气中），则腐蚀速度快。如果干湿交替作用基本上不能产生介质的积聚、浓缩（如：土壤深处地下水位的变化对桩身的腐蚀），则腐蚀速度慢。由于干湿交替作用的情况不同，因此其加强防护的措施也有区别。

3.1.9 微腐蚀环境下，材料腐蚀很缓慢，因此构配件可按正常环境下进行设计，即可以不采取本规范所规定的防护措施。

3.2 总平面及建筑布置

3.2.1 工程实践表明，大量散发腐蚀性气体或粉尘的生产装置对邻近建筑物和装置的设备仪表均有影响，总平面布置合理对减轻腐蚀极为有利，其中风向和风频是主要考虑因素；由于有一些地区的最大风频与次风频是正对的，所以这些生产装置应布置在厂区全年最小频率风向的上风侧，而不应是最大风频的下风侧。总平面布置时，除了考虑厂区内各街区之间的影响外，也要考虑相邻工厂之间的相互影响。实践证明，在正常情况下，地下水的扩散影响较小，因此没有强调提出。

3.2.2 “设备”也包括储罐、储槽等。腐蚀性溶液的大型储罐发生过泄漏事故,这类储罐如果设在厂房内或靠近基础,一旦发生泄漏,腐蚀严重,其后果往往会造成地基沉陷或膨胀,很难维修加固。

设围堤是针对突发性大量腐蚀性液体外漏事故时防止造成次生灾害的措施。围堤也可以不采用耐腐蚀材料,但要能保持溶液在短时间内不致大量流失,能及时采取回收措施。

3.2.3 淋洒式冷却排管和水池所在的环境水雾弥漫,遍地是水。凡设在室内而且在有腐蚀介质作用条件时,严重加剧腐蚀。近年来设计已吸取经验将排管和水池移到室外,但是过于靠近厂房,水雾对墙面仍有明显腐蚀作用。水池距离建筑物外墙面不小于4m,可以减少影响。

3.2.4 建筑的形式,如厂房开敞和半开敞的问题,虽然从厂房而言是有利于稀释腐蚀性气体而减轻了腐蚀,但是开敞除应符合环保和生产、检修条件外,还应注意当厂房开敞后的雨水作用,特别是有腐蚀性粉尘条件下,反而会加剧腐蚀。

3.2.5 调查表明,在液态介质作用的楼层,容易因渗漏(尤其是在孔洞周围和地漏附近)对下层的顶棚、墙面,甚至设备和电线等造成腐蚀。控制室和配电室若与具有腐蚀性的场所直接相通,气体、粉尘会逸入室内,液体会被带入(如从鞋底)。控制室和配电室内的仪表和配线对腐蚀比较敏感,一旦腐蚀,后果严重。

3.2.6 将同类腐蚀性介质的设备相应集中,能减少或避免不同腐蚀性介质的交替作用,简化设防,减少选材上的困难。

地下室的地面标高较低,排除地面上腐蚀性液体困难较大,而且通风条件差,难以排除腐蚀性气体或粉尘。因此,将有腐蚀性介质的设备布置在地下室,客观上给防腐蚀造成困难。

3.2.7 局部设防是为了缩小腐蚀影响,减少设防范围。气态介质和固态粉尘主要用隔墙隔开,液态介质主要在地面设置挡水。

3.2.8 大量实例表明,强腐蚀性介质渗入厂房地基后,容易引起地基变形,厂房开裂。为避免这一现象发生,要求输送上述液体的

管道设在管沟内,离厂房基础的水平距离不小于 1m。

3.2.9 楼面开孔是遭受液态介质腐蚀的薄弱部位,墙面开孔也对防护不利。将各类管线相对集中,减少开孔,有利于防护。

4 结 构

本章提出了各类结构设计的规定；地面以下的构件（基础和桩基等）应按本章的规定进行防护，地面以上的构件（柱、梁、板等）应按本规范第 5 章的规定进行防护。

4.1 一般规定

4.1.1 本条提出了在腐蚀环境下结构耐久性设计的基本原则，从材料的选择、结构的布置、选型、构造及构件更换等诸方面提出要求，这种“概念性”设计对提高结构防腐蚀能力是十分重要的。

选材要扬长避短，充分发挥材料的特性。如混凝土耐氯气的腐蚀比钢强；密实性较高的材料抗结晶腐蚀比孔隙多的材料好。

在腐蚀条件下，结构设计应从布置、截面形状、连接方式及构造上力求简洁，尽量减少构件的外表面积、棱角和缝隙，以避免水和腐蚀性介质在结构表面的积聚并利于其迅速排除。

钢结构杆件放置方向不能积水；构件表面平整与否以及杆件节点和布置，要利于腐蚀性介质、灰尘和积水的排除。

设计时要考虑固定走道、升降平台等设施 and 照明，以便于防护层的施工、检查和维修，不能出现无法施工和维修的区域。

彩涂压型钢板、檩条等次要构件，往往不能与主体结构的使用年限相同，因此，当业主要求使用时，应采取便于更换的措施。

4.1.2 在腐蚀环境下，超静定结构构件内力若采用塑性内力重分布的分析方法，要求某些截面形成塑性铰并能产生所需的转动，在混凝土结构中会产生裂缝，在腐蚀环境中不利于结构的耐久使用；由于裂缝处变形较大，也可造成表面防护层的开裂。

对于钢结构，截面内塑性发展会引起内力重分配，变形加大，

造成应力集中,电化学腐蚀严重。

4.2 混凝土结构

4.2.1 混凝土结构的耐久性,除了在材料上应有保证以外,还应由结构和构件的选型、裂缝控制和构造措施以及表面防护来保证,其中结构和构件的选型有时会起主导作用。规范吸取了国内外的经验教训,提出若干要求。

1 现浇钢筋混凝土框架结构具有整体性好和便于防护的优点,没有钢埋件和装配节点可能形成的薄弱环节,因此其耐久性相对较好。

本次规范修订,对钢筋混凝土框架结构只推荐现浇式。因装配整体式在国内实践中已很少采用,而现浇式已具备速度快、质量好的优势,配套设施相当完善,施工经验十分丰富。

2 预应力混凝土构件具有强度等级高、密实性和抗裂性较好的特点。混凝土在应力条件下的腐蚀性,根据一些试验表明,受拉部分要比受压部分严重,因此从耐久性角度来讲,预应力混凝土构件要比钢筋混凝土构件优越。

3 柱截面的形式宜采用实腹式,其目的是为了减少受腐蚀的外露面积,同时规整的截面也便于防护。腹板开孔的工字形柱的表面积大,容易遭受腐蚀,所以在腐蚀性等级为强、中时不应采用。

4.2.2 近年来,随着施工水平的提高,国内预应力混凝土的应用得到较大发展,其中使用最为广泛的是后张整体式。

1 先张法预应力混凝土结构在预制工厂完成,质量较易保证,混凝土密实度较高,预应力筋的保护较为严密,在工业腐蚀环境中,耐久性能较强。前苏联《建筑防腐蚀设计规范》(73版、85版)均推荐先张法。

2 预应力混凝土结构推荐采用整体结构。因块体拼装式结构存在拼接缝隙,此缝隙难以密封,腐蚀性介质会从缝隙渗入,腐蚀预应力钢筋。某厂21m跨度的拼装式梯形屋架,因腐蚀性介质

从拼缝中渗入腐蚀预应力钢筋,使用 10 年后,预应力钢筋蚀断而突然掉落。所以块体拼装后张法预应力构件在腐蚀的条件下不应使用。

3 无粘结预应力混凝土结构采用多重手段防护且施工方便,可检测,可更换。目前国内科研、设计、施工水平逐步提高,应用也愈趋广泛。根据国家行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92—2004 和国内外的应用经验表明,对处于腐蚀条件下的无粘结预应力锚固系统应采用连续封闭体系,经过 10kPa 静水压力下不透水试验,可保证其耐久性。

4 由于预应力筋处于高应力状态,容易产生应力腐蚀,若钢丝(或钢筋)直径较细($\phi < 6\text{mm}$),稍有腐蚀,其截面面积损失比例较大,故不应使用直径小于 6mm 的钢筋和钢丝作预应力筋。

预应力混凝土构件的钢绞线应控制单丝直径。

5 后张法预应力混凝土结构的预应力筋要密封防锈。抽芯成形的预应力钢筋孔道密封性能差,金属套管的耐腐蚀性能不佳,均不应采用;可选用耐老化性能较好的塑料波纹管。

6 后张法预应力混凝土结构的锚具及预应力筋外露部分,均为防腐薄弱环节,它的失效将导致整个结构的破坏。因此要进行严格封闭,宜采用埋入式构造,可按国家行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92—2004 第 4.2.5 条的有关规定执行。

4.2.3 保证结构混凝土的耐久性是防腐设计的重要环节。与原规范相比较,本规范在最低混凝土强度等级、最小水泥用量、最大水灰比等方面的要求均有所提高,并根据腐蚀性等级的不同区别对待。这是由于国内对这些问题已有共识(海港、铁路等行业标准都提高了对结构混凝土的基本要求),本规范与国际标准不能差距过大,适当进行了调整。

本次修订还增加了对最大氯离子含量的规定,与国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 接轨。

某些试验表明,原 200 号混凝土的密实性较差,它的抗碳化能力约为原 300 号混凝土的 1/2、原 400 号混凝土的 1/8。国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 规定,处于环境类别为三类的结构混凝土强度等级不应低于 C30。所以本规范规定在弱腐蚀等级时,最低混凝土强度等级为 C30。

腐蚀性介质对构件的腐蚀,一般是由外表向内部逐渐进行的。混凝土的抗渗性能对腐蚀速度起重要影响。混凝土的抗渗性能主要决定于混凝土的密实度,而对混凝土密实度起控制作用的是水灰比和水泥用量,其中水灰比起主要作用。水灰比与碳化系数之间有近似的线性关系;水泥用量与碳化系数之间也近似呈线性关系,但水泥用量小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 时,系数明显增加。国内外关于混凝土耐久性的设计规定中都对最大水灰比和最小水泥用量有明确规定,结构混凝土水灰比一般控制在 0.55(抗渗等级相当于 0.6 MPa) 以内,预应力混凝土为 0.45(抗渗等级相当于 0.8 MPa) 以内。本条按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002,处于环境类别为三类的结构混凝土最大水灰比和最小水泥用量限值的规定作为弱腐蚀等级的取值。

在结构混凝土的基本要求中规定“最低混凝土强度等级”(而非抗渗标号),便于设计人员采用较高强度的混凝土,且施工中利于控制。预应力混凝土构件最大氯离子含量 0.06% 指水溶性试验方法,不能采用酸溶性试验方法。

当混凝土中需要掺入矿物掺和料时,应符合国家现行有关标准规范的规定。表 4.2.3 注 2 中的“胶凝材料”是水泥和掺入的矿物掺和料的总称;“水胶比”即为水与胶凝材料之比。

4.2.4 本条所指“裂缝”均为受力产生的横向裂缝。构件的横向裂缝宽度对耐久性有一定的影响,宽度过大将导致钢筋的锈蚀。

控制裂缝及裂缝宽度也是防腐蚀设计的一个要点。与原规范相比较,本次修订控制级别严了一些,并与国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002、行业标准《无粘结预应力混凝土结构

技术规程》JGJ 92—2004 接轨。

预应力混凝土构件中的配筋,处于高应力工作状态,而又大都采用高强钢材,对腐蚀比较敏感,在腐蚀性介质和拉应力共同作用下,容易产生应力腐蚀倾向。如果混凝土裂缝过大,预应力混凝土构件的腐蚀程度要比钢筋混凝土构件严重,所以应从严控制。

4.2.5 混凝土对钢筋的保护,除需要一定密实度的混凝土外,还需要有一定厚度的保护层,这是提高混凝土结构耐久性的重要措施。根据调查,保护层厚度若减少 1/4,则混凝土中性化层到达钢筋表面的时间可缩短一半。

本条混凝土保护层的厚度针对所有钢筋,即纵筋、钢箍、分布筋均要满足该表的要求。因为从防腐蚀机理出发,钢箍锈蚀不仅会导致构件抗剪能力的下降,而且钢箍的锈蚀会诱导纵向受力钢筋锈蚀,从而导致构件丧失承载能力。国际上的观点都很明确,必须包括全部钢筋。

表 4.2.5 面形构件中只提板、墙,取消了壳。因壳体较薄,混凝土保护层厚度一般不能满足要求,且在腐蚀条件下应用很少。

混凝土保护层厚度的增加对防腐蚀设计十分重要,目前国际上都有加厚保护层的趋势。但厚度也不能增加过多,因为保护层太厚时,受弯构件横向裂缝会加大,涂料防护层也易脱落。

4.2.6 有液态介质或有冲洗水作用时,设备或管道留孔周围的梁板可能经常受到液态介质的作用,腐蚀情况较为严重。为了保护边梁不受腐蚀,可将边梁离开孔洞边缘布置而将板挑出,这种布置方法在铜电解厂房中取得了良好的效果。

4.2.7 主要承重构件纵向受力钢筋不要采用多而细的钢筋,防止细钢筋较快被腐蚀而丧失承载力。

4.2.8 固定管道、设备支架的预埋件和吊环,部分暴露在外。当腐蚀性介质作用时,在混凝土内、外形成阴极和阳极,其腐蚀情况比较严重。如果预埋件与受力钢筋接触,会引起受力钢筋的腐蚀。

直接预埋在梁上的起重吊点,其腐蚀情况也较为严重,会造成

吊点周围混凝土的开裂。在梁上预埋耐腐蚀的套管,钢吊索便可穿过套管固定,既便于更换,对梁又无不良影响,效果较好。

4.2.9 钢预埋件腐蚀后,很难修复,也无法更换,造成许多隐患,甚至还可能影响到构件本身。对预埋件的防护,根据工程经验可采用树脂或聚合物水泥的砂浆、混凝土包裹,也可采用防腐蚀涂层、树脂玻璃鳞片胶泥等防护。防腐蚀涂层包括涂料层或涂料和金属的复合涂层。复合涂层防护(即在喷、镀、浸的铝、锌金属覆盖层上再涂刷涂料层),可在腐蚀较为严重时采用;屋架支座和设备地脚螺栓可采用树脂砂浆、树脂混凝土包裹;非常重要且检修困难的预埋件推荐采用耐腐蚀金属,如不锈钢制作。

在装配式结构中,构件之间的连接件,如大型屋面板与屋架或梁的连接节点、天窗架与屋架的节点、屋架与柱的节点,是保证结构整体性的关键部件。调查时,发现焊缝与埋件均有不同程度的锈蚀,如太原市某水厂安装两年后网架支座(未做镀锌处理,未用混凝土包裹)就发生锈蚀,严重的甚至全部锈蚀,所以必须认真保护。

4.2.10 后张法预应力混凝土的外露金属锚具,先张法端部钢筋的外露部分,都是关键部位,采用树脂或聚合物水泥的混凝土包裹,以确保其可靠。

4.3 钢 结 构

4.3.1 钢结构构件和杆件形式,对结构或杆件的腐蚀速度有重大影响。如山西某化肥厂散装仓库为三铰拱结构(角钢格构式),某厂酸洗车间采用格构柱,均腐蚀严重。

按照材料集中原则的观点,截面的周长与面积之比愈小,则抗腐蚀性能愈高。薄壁型钢壁较薄,稍有腐蚀对承载力影响较大;格构式结构杆件的截面较小,加上缀条、缀板较多,表面积大,不利于防腐。

4.3.2 一些试验表明,由两根角钢组成的 T 形截面,其腐蚀速度

为管形的 2 倍或普通工字钢的 1.5 倍,而且两角钢之间的缝隙很难进行防护,形成腐蚀的集中点。因此规范对上述结构和杆件,均限制了使用范围。杆件截面的选择应以实腹式或闭口截面较好。

当必须采用型钢组合截面的杆件时,其型钢间的空隙宽度应满足防护层施工检查和维修的要求。国际标准《涂料与清漆—用防护涂料系统对钢结构进行防腐蚀保护》ISO 12944 中提出:对于型钢组合截面,型钢间的空隙宽度应满足图 1 的要求。

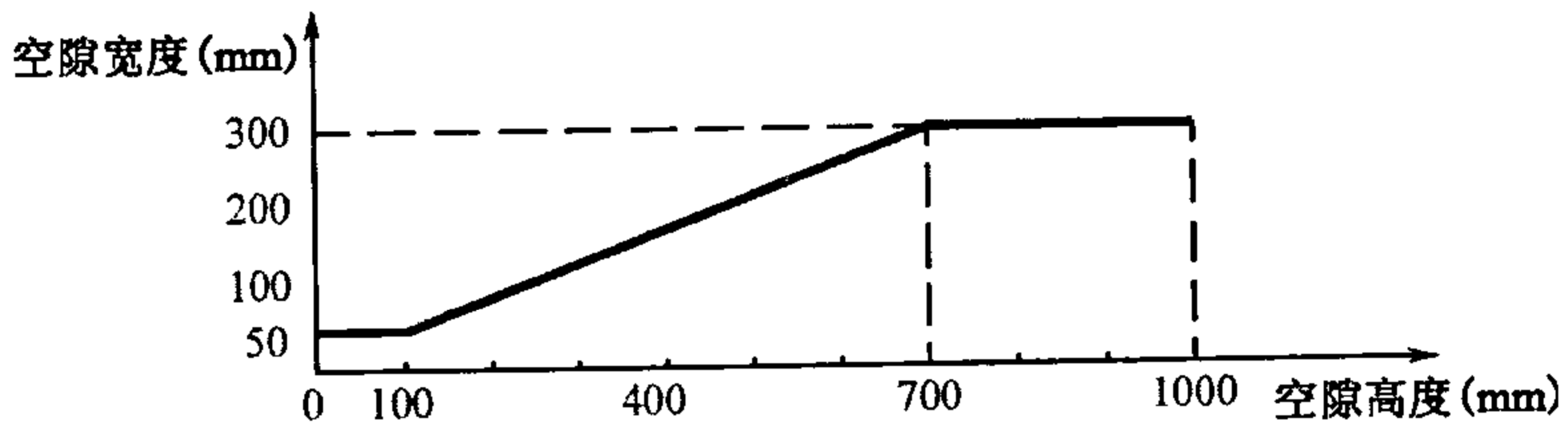


图 1 型钢间的空隙宽度的要求

闭口截面杆件端部封闭是防腐蚀要求。闭口截面的杆件采用热镀锌工艺防护时,杆件端部不应封闭,应采取开孔防爆措施,以保证安全。若端部封闭后再进行热浸镀锌处理,则可能会因高温引起爆炸。

本规范取消了轻型钢结构的条文。因国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003 中已取消了轻型钢结构的章节,且本规范第 4.3.3 条对角钢截面已作了截面厚度不小于 5mm 的规定。

4.3.3 为保证钢构件的耐久性,必须有一定的截面厚度要求。太薄的杆件一旦腐蚀便很快丧失承载力。规范中规定的最小限值,是根据使用经验确定的。

4.3.4 门式刚架是近年来使用较多的钢结构,它造型简捷,受力合理。在腐蚀条件下推荐采用热轧 H 型钢。因整体轧制,表面平整,无焊缝,可达到较好的耐腐蚀性能。

采用双面连续焊缝,使焊缝的正反面均被堵死,密封性能好。

4.3.5 网架结构能够实现大跨度空间且造型美观,近年发展迅

速,应用于许多工业与民用建筑。本次规范修订增加了防腐设计的专门条款。

钢管截面、球型节点是各类网架中杆件外表面积小、防腐蚀性能好又便于施工的空间结构型式,也是工业建筑中广泛应用的型式。

焊接连接的空心球节点虽然比较笨重,施工难度大,但其防腐蚀性能好,承载力高,连接相对灵活。在强、中腐蚀条件下不推荐螺栓球节点,因钢管与球节点螺栓连接时,接缝处难以保持严密,工程中曾出现倒塌事故。

网架作为大跨度结构构件,防腐蚀非常重要,本条提出螺栓球接缝处理和多余螺栓孔封堵问题都是防止腐蚀气体进入的重要措施。

4.3.6 不同金属材料接触时会发生接触反应,腐蚀严重,故要在接触部位采取隔离措施。如采用硅橡胶垫做隔离层并加密封措施。

4.3.7 焊接连接的防腐性能优于螺栓连接和铆接,但焊缝的缺陷会使涂层难以覆盖,且焊缝表面常夹有焊渣又不平整,容易吸附腐蚀性介质,同时焊缝处一般均有残余应力存在,所以,焊缝常常先于主体材料腐蚀。焊缝是传力和保证结构整体性的关键部位,对其焊脚尺寸必须有最小要求。断续焊缝容易产生缝隙腐蚀,若闭口截面的连接焊缝采用断续焊缝,腐蚀介质和水气容易从焊缝空隙中渗入内部。所以对重要构件和闭口截面杆件的焊缝应采用连续焊缝。

加劲肋切角的目的是排水,避免积水和积灰加重腐蚀,也便于涂装。焊缝不得把切角堵死。国际标准《涂料与清漆—用防护涂料系统对钢结构进行防腐蚀保护》ISO 12944 中提出加劲肋切角半径不应小于 50mm。

4.3.8 构件的连接材料,如焊条、螺栓、节点板等,其耐腐蚀性能(包括防护措施)应不低于主体材料,以保证结构的整体性。

本次修订增加了螺栓直径和螺栓、螺母、垫圈的外防护要求等。

弹簧垫圈(如防松垫圈、齿状垫圈)容易产生缝隙腐蚀。

4.3.9 高强螺栓自 20 世纪 60~70 年代开始在国内铁道桥梁上应用以来,已达 40 年。

连接处接触面在采取其他涂料防护时,要保证摩擦系数的要求。

4.3.10 钢柱柱脚均应置于混凝土基础上,不允许采用钢柱插入地下再包裹混凝土的做法。钢柱于地上、地下形成阴阳极,雨季环境温度高或积水时。电化学腐蚀严重。大连某化工厂曾采用这种构造,腐蚀严重。

另外,室内外地坪常因排水不畅而积水,所以本规范规定钢柱基础顶面宜高出地面不小于 300mm,以避免柱脚积水锈蚀。

4.3.11 耐候钢即耐大气腐蚀钢,是在钢中加入少量的合金元素,如铜、铬、镍等,使其在工业大气中形成致密的氧化层,即金属基体的保护层,以提高钢材的耐候性能,同时保持钢材具有良好的焊接性能。耐候钢宜采用可焊接低合金耐候钢,其质量应满足现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的规定。

在工业气态介质环境下,耐候钢表面也需要采用涂料防腐。耐候钢表面的钝化层增强了与涂料附着力。另外,耐候钢的锈层结构致密,不易脱落,腐蚀速度减缓。故涂装后的耐候钢与普通钢材相比,有优越的耐蚀性,适宜室外环境使用。

国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 3.3.7 条规定:“对处于外露环境,且对耐腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用下的承重结构,宜采用耐候钢”。国家标准《烟囱设计规范》GB 50051—2002 第 3.3 节中已给出耐候钢的计算指标。

经调查,耐候钢已在上海几个钢厂生产,价格比一般碳素钢约贵 10%,具备了推广使用的条件。

4.4 钢与混凝土组合结构

4.4.1 钢与混凝土的组合屋架和吊车梁,虽然能发挥两种材料的各自长处,具有节省材料和方便施工的优点。但在腐蚀环境中,由于不同材料对腐蚀性介质的敏感性不同,因此这种结构具有特殊的腐蚀特征。据某些工厂的调查,组合结构的腐蚀有时会比单独的钢筋混凝土或钢结构更严重,特别是在混凝土与钢接触的界面上。在现行国家标准图目录中,已没有钢与混凝土组合的屋架和吊车梁标准图。

以压型钢板为模板兼配筋的混凝土组合结构(也称整合板),在钢与混凝土的接触面处形成的缝隙腐蚀,使金属腐蚀加剧,耐久性能差,压型钢板又无法更换,故不允许采用。

4.4.2 钢与混凝土组合梁系指由混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组合而成能整体受力的梁。这种结构在一般建筑中应用较广,但在调查中发现钢梁顶面与混凝土板接触处腐蚀严重,也属缝隙腐蚀,故采取限制使用的规定。

东海某桥的大跨度叠合梁斜拉桥中,对叠合梁采取了提高混凝土板抗渗、抗裂、抗冲击能力,改进构造细节并采取辅助措施,加强混凝土与钢梁结合部位密封性能,提高结合部位钢结构耐蚀能力以确保剪力钉完好。

4.5 砌体结构

4.5.1 为提高砌体结构的耐久性,本次规范修订分别对各类砌体和水泥砂浆标号予以提高。

石砌体目前在工程中极少采用,本次规范修订中予以取消。

1 根据国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003—2001 和防腐蚀需要,本规范在腐蚀条件下,推荐采用烧结普通砖和烧结多孔砖。烧结砖分烧结粘土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖。经烧结后材料陶瓷化,稳定性好,可用于腐蚀环境。为贯彻

国家政策节省粘土,宜采用后几种砖。由自燃煤矸石烧结的多孔砖,烧结后陶体裂缝较多,腐蚀环境中或地下应用时,要在孔洞中浇灌混凝土、抹面或提高标号。

蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖均含一定量的石灰胶结料,同时由于其孔隙率大,吸水率高,在腐蚀条件下承重结构不应采用。

为提高砌体的耐久性,国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003—2001对潮湿房间或层高大于6m的墙,要求砖的最低强度等级为MU10。因此本规范要求承重结构中烧结砖的强度等级不宜低于MU15。

2 混凝土中型空心砌块因重量大不便施工,已在国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003—2001中取消。

轻骨料混凝土砌体在腐蚀环境中无使用经验,不建议使用。

3 由于目前水泥的标号较高,低强度等级砂浆中水泥含量过少,密实性差,容易受到腐蚀,所以要求砂浆强度等级不低于M10。

混合砂浆含有石灰,对防腐蚀不利,本次修编予以删除。

4.5.2 本条提出了承重砌体结构的设计要求。

1 砖和砌块均为多孔材料,极易吸收腐蚀性液体,在干湿交替条件下,容易产生盐的结晶膨胀腐蚀,使砌体迅速破坏,在上述条件下不应使用。

2 独立砖柱截面较小,受力单一,并由于四面遭受腐蚀,在强、中腐蚀条件下使用不够安全,故限制使用。

3 烧结多孔砖孔洞率达25%以上,孔的尺寸小而数量多,孔洞增加了与腐蚀性介质接触的表面积,在强、中腐蚀条件下,不允许采用。

对于混凝土空心砌块,在对混凝土为强、中腐蚀时,也不应采用。

4 配筋砖砌体和配筋砌块砌体,均在砌体(砖)缝中配有钢筋,砌筑砂浆的密实度和厚度不足,钢筋很容易遭受腐蚀,故在对

钢为强、中腐蚀时,不应采用配筋砌体构件。

4.6 木 结 构

4.6.1 针叶类木材比较致密,胶合木无钢构件,均对防腐蚀有利,故本条推荐使用。

4.6.2 木结构构件的节点是防护的薄弱环节,节点和接头处又极易集聚腐蚀性介质,往往腐蚀严重,所以应尽量减少钢连接件的使用。

4.7 地 基

4.7.1 已污染土的评价应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。还应按现行国家行业标准《盐渍土地区建筑规范》SY/T 0317 确定土的溶陷性和盐胀性。土的溶陷性和盐胀性会造成基础上升或下降,致使结构开裂,是个很值得关注的问题。

拟建生产装置可能泄漏的介质是否会对污染土产生影响,产生什么样的影响?应进行分析和评估,必要时要进行一些试验。

下面列举几类腐蚀性液态介质对土壤的作用可能产生的影响:

①硫酸、氢氧化钠、硫酸钠、硫酸铵等介质,与土壤中的一些成分发生作用后,生成了新的盐类,或由于离子交换作用改变了土壤的物理性能。这种反应的结果,一般会使土壤具有膨胀性;另一种情况是介质在土壤孔隙中结晶,使土体膨胀。这两种情况都会使上部结构上升变形、开裂。

②腐蚀性介质(如盐酸)与土壤作用后所产生的易溶性腐蚀产物的流失,使土壤的孔隙增大;或者土壤中某些胶结盐类的溶蚀,使土壤的化学粘聚力丧失。这样可能导致土壤的物理、力学性能发生变化,孔隙比增大,颗粒变细,承载力、压缩模量可能降低,而导致基础下沉,上部结构开裂。